

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SONLU ELEMAN YÖNTEMİYLE ISI İŞİNIMI PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Yaşar İSLAMOĞLU

66487

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Haziran 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Haziran 1997

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Alpin DAĞSÖZ

Doç. Dr. Feridun ÖZGÜÇ

7.7.1997

HAZİRAN 1997

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BİLİMSEL ARAŞTIRMA MERKEZİ

ÖNSÖZ

Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesiyle çok yakın geçmişte zor ve karmaşık olarak bilinen problemler kolay çözülür hale gelmiştir. Sonlu eleman yazılımı olan ANSYS, bellek kapasiteleri ve işlem hızları yüksek olan bilgisayarlarla çeşitli problemlerin nümerik çözümünde kullanılmaya başlanmıştır.

Çalışmalarımın verimli bir şekilde sürebilmesi için gerek duyduğum bütün olanakları en iyi şekilde sağlayan Sayın Doç. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU 'na teşekkürlerimi sunarım.

Adapazarı, 1997

Makina Mühendisi
Yaşar İSLAMOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	i
SEMBOL LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 SONLU ELEMAN YÖNTEMİYLE ISI İŞİNIM PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ	2
2.1 Işınım Matrisi Teorisi	2
2.2 Şekil Sayısı	5
2.2.1 Non - hiden (görünür) yöntem	6
2.2.2 Hidden (görünmez) yöntem	7
2.2.3 Space node (uzay düğüm)	8
2.3 Direkt Yöntem	8
BÖLÜM 3 SONLU ELEMAN YAZILIMI (ANSYS) YARDIMIYLA İŞİNIM PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ	10
3.1 ANSYS Programı	10
3.2 Genel Çözüm Yöntemi	10
3.3 Işınım Problemlerinin Çözümü	12
3.3.1 Analiz yöntemi	12
3.3.2 AUX12 ışıınım matrisinin oluşturulması	12
3.3.2.1 Işınım yüzeylerinin tanımlanması	13
3.3.2.2 Işınım matrisinin hazırlanması	16
3.3.2.3 Işınım matrisinin ısı analiz için kullanılması	17
BÖLÜM 4 ÖRNEK PROBLEMLER	19
4.1 Cisimle Çevre Arasındaki Işınım	19

4.2 Aynı Merkezli İki Silindir Arasında Işınım	22
4.3 Kesik Koni İçerisinde Işınım	30
SONUÇLAR VE İRDELEME	34
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	36



SEMBOL LİSTESİ

$d_{\min}$	: F_1, F_2 Bakan yüzeyler (wieving) arasındaki minimum mesafe	(m)
F_1	: I Yüzeyinin alanı	(m^2)
dF_1, dF_J	: Sırasıyla I ve J yüzeylerinin normal doğrultuları	
φ_{IJ}	: I Yüzeyinden J yüzeyine şekil sayısı	
m	: I Yüzeyindeki toplam nokta sayısı	
n	: J Yüzeyindeki toplam nokta sayısı	
N	: Işınıma katılan yüzeylerin sayısı	
Q_I	: I Yüzeyinden olan ısı akısı	(W)
r	: Işınım alan ve veren yüzeyler arasındaki mesafe	(m)
θ_I, θ_J	: Sırasıyla I ve J yüzeylerinin mutlak sıcaklıklar	(K)
σ	: Stefan - Boltzmann sabiti ($5.67 \cdot 10^{-8}$)	(W / $m^2 K^4$)
ε_I	: Yüzeyinin yayma oranı	
δ	: Kronecker deltası	
β_I, β_J	: Sırasıyla ışıınım alan ve veren yüzeylerin normal doğrultularının bu yüzeyleri birleştiren doğru ile yaptıkları açı	(rad)

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Şekil sayısı	5
Şekil 2.2 Işınım alan yüzey projeksiyonu	8
Şekil 3.1 3-B (3 boyutlu) ve 2-B (2 boyutlu) modeller için ışınlm yüzeyleri	14
Şekil 3.2 Işınım yüzeyleri üzerine konmuş elemanlar (superimposed element)	14
Şekil 3.3 SHELL57 ve LINK32 elemanlarının konumları	15
Şekil 4.1 Cisimle çevre arasında ışınlm probleminin şekli ve sonlu eleman modeli	19
Şekil 4.2 Aynı merkezli silindir arasında ışınlm probleminin şekli ve sonlu eleman modeli	22
Şekil 4.3 Kesik koni içerisinde ışınlmı probleminin şekli ve sonlu eleman modeli	30

ÖZET

Bütün cisimler sıcaklıklarından dolayı elektromagnetik dalgalar şeklinde ısıyı yayırlar. Yayılan ısı maddesel ortam olmaksızın her yönde yayılır. Isı enerjisinin bir kısmı diğer bir cisme geldiğinde cisim tarafından yutulur. Net ısı akısı yüksek sıcaklıktaki cisimden düşük sıcaklıktaki cisme doğru olur. Enerjinin bu şekilde geçişi ısı ısıtım olarak adlandırılır.

Bu çalışmada ısı ısıtım problemlerini çözmek için sonlu elemanlarla çözüm yapan ANSYS yazılım programı kullanılmıştır. Ele alınan problemlerin sonlu eleman modeli oluşturulmuş, gerekli olan sınır şartları uygulanarak ısı akısı ve sıcaklık dağılımı hesaplanmıştır.

İlk örnekte sıcaklıkları bilinen iki nokta arasında geçen ısı akısı hesaplanmıştır. Son iki örnek gerek yüzeyler arasında ve yüzeylerden çevreye ısıtım ile ısı geçişinin olduğu gerekse de ısı akısının olduğu farklı geometrilerde genel ısı ısıtım problemleri için sıcaklık değişimleri hesaplanmıştır.

SOLUTION OF RADIATION HEAT TRANSFER PROBLEMS WITH FINITE ELEMENT METHOD

SUMMARY

Thermal radiation is one of basic mechanisms for the transfer of energy between two bodies or regions at different temperatures, the energy being conveyed by electromagnetic waves. Therefore, radiation does not require an intervening medium for the transfer of energy, as is needed for conduction and convection. A portion of this energy flux when impinging other bodies is absorbed. As a result, net energy flow occurs from a body of higher temperature to a body having lower temperature. This mode of energy transfer is termed heat radiation[13,14].

Expanding the Stefan- Boltzmann Law to two- surface radiation equation, the heat transfer rate between two surfaces I and J is :

$$Q_1 = \sigma \cdot \epsilon_1 \cdot \phi_{1J} \cdot F_{1J} \cdot (\theta_1^4 - \theta_J^4) \quad (1)$$

This equation is not linear and cannot be solved using the linear equation solver. Therefore the equation is expanded as:

$$Q_1 = \sigma \cdot \epsilon_1 \cdot \phi_{1J} \cdot F_{1J} \cdot (\theta_1^2 + \theta_J^2) \cdot (\theta_1 + \theta_J) \cdot (\theta_1 - \theta_J) \quad \text{or} \quad (2)$$

$$Q_1 = K^1 \cdot (\theta_1 - \theta_J) \quad (3)$$

$$K^1 = \sigma \cdot \epsilon_1 \cdot \phi_{1J} \cdot F_{1J} \cdot (\theta_1^2 + \theta_J^2) \cdot (\theta_1 + \theta_J) \quad (4)$$

K^1 cannot be calculated directly since it is a function of the unknowns θ_1, θ_J . The temperatures from previous iterations are used to calculate K^1 and the solution is computed iteratively. The above procedure is not appropriate for complex models where it is impractical to input the view factors or where the view factors may not be available a more general expression of radiation heat transfer using

gray body diffuse radiation theory for an enclosed system of N radiating surface is[7,9]:

$$\sum_{I=1}^N \left(\frac{\delta_{JI}}{\varepsilon_I} - \phi_{JI} \frac{1-\varepsilon_I}{\varepsilon_I} \right) \frac{Q_I}{F_I} = \sum_{I=1}^N (\delta_{JI} - \phi_{JI}) \cdot \sigma \cdot \theta^4 \quad (5)$$

where

N = Number of radiatin surfaces

$$\delta_{JI} = \text{Kronecker delta} = \begin{cases} 1, & \text{when } J = I \\ 0, & \text{when } J \neq I \end{cases}$$

This equation can be used to construct a single row in the following matrix equation:

such that:

$$[C] \{Q\} = [D] \{\theta^4\} \quad (6)$$

$$\text{each row J in } [C] = \left(\frac{\delta_{JI}}{\varepsilon_I} - \phi_{JI} \frac{1-\varepsilon_I}{\varepsilon_I} \right) \frac{1}{F_I}, \quad I = 1, 2, \dots, N \quad (7)$$

$$\text{each row J in } [D] = (\delta_{JI} - F_{JI}) \sigma, \quad I = 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

solving for $\{Q\}$:

$$\{Q\} = [K^{ts}] \{\theta^4\} \quad (9)$$

$$[K^{ts}] = [C^{-1}] [D] \quad (10)$$

Equation (9) is analogous to equation (1) and can be set up for standard matrix equation solution by the process similar to the steps shown in equation (1) thru (3).

$$\{Q\} = [K^1]\{T\} \quad (11)$$

$[K^1]$ now includes T^3 terms and is calculated iteratively. To be able to include radiation effects in elements other than LINK31, The ANSYS Program uses MATRIX50 (the substructure elements) to bring in the radiation matrix. MATRIX50 has an option that instructs the solution phase to calculate $[K^1]$. The AUX12 utility is used to create the substructure matrix. AUX12 calculate the effective conductivity matrix $[K^{1s}]$.

The view factor, F_{IJ} , is defined as the fraction of total radiant energy that leaves surface I which arrives directly on surface J. It can be expressed by the following equation:

$$\varphi_{IJ} = \frac{1}{F_J} \int_{F_I} \int_{F_J} \frac{\cos \beta_I \cdot \cos \beta_J}{\pi \cdot r^2} d(F_J) \cdot d(F_I) \quad (12)$$

Two methods are available to calculate the view factors: the hidden procedure and the non - hidden procedure. The non- hidden procedure calculates a view factor for every surface to every other surface whether the view is blocked by an element or not, the following equation is used and the integration is performed adaptively.

$$\varphi_{IJ} = \frac{1}{F_I} \sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^n \left(\frac{\cos \beta_{Ip} \cdot \cos \beta_{Jq}}{\pi \cdot r^2} \right) F_{Ip} \cdot F_{Jq} \quad (13)$$

The hidden procedure is a simplified method which uses below equation and assumes that all the variables are constant, so that the equation becomes[9]:

$$\varphi_{IJ} = \frac{F_J}{\pi I^2} \cos \beta_I \cdot \cos \beta_J \quad (14)$$

A space node may be defined to absorb all energy not radiated to other elements. If the model is not closed system then the user must define a space node with its appropriate boundary conditions.

The ANSYS program provides three methods for radiation analysis. A brief description of two method is given below[8,10]:

1. LINK31, the radiation link element, is useful for simple problems involving radiation between two points or several pairs of points. LINK31 calculates heat flow caused by radiation between two points. The element requires you to specify in the form of real constant:
 - An effective radiation surface area
 - Form factor
 - Emissivity
 - The Stefan- Boltzmann constant.
2. The AUX12 radiation matrix generator is meant for more generalized radiation problems involving two or more surfaces. The method involves generating a matrix of form factors (view factors) between radiating surfaces and using the matrix as a superelement in the thermal analysis. You also can include hidden or non- hidden surfaces, as well as a space node that can absorb radiation energy.

The AUX12 analysis method consist of three steps[8]:

- Define the radiating surfaces. To define the radiating surfaces, you create a superimposed mesh of LINK32 elements in 2-D (2- Dimensional) and SHELL57 elements in 3-D (3- Dimensional) models. The orientation of the superimposed elements is important: AUX12 assumes that the viewing direction (i.e., the direction of radiation is along $+Z_e$ for SHELL57 elements and along $+Y_e$ for LINK32 elements. Therefore, you must mesh the superimposed elements in such a way that the radiation occurs from (or to) the proper face. The element orientation is controlled by the order in which the elements nodes are defined (based on the right- hand rule), as shown below:

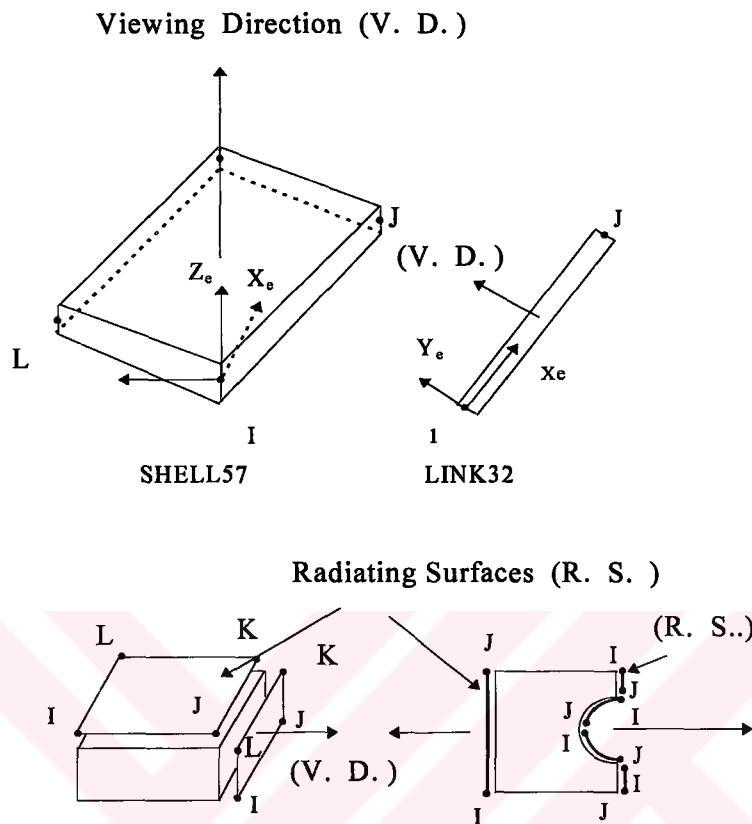


Figure 1. Orienting the superimposed elements

- Generate the radiation matrix. Calculating the radiation matrix requires the following inputs:
 - Nodes and elements that make up the radiating surfaces.
 - Model dimensionality (2-D or 3 -D).
 - Emissivity and Stefan- Boltzmann constant.
 - The method used to calculate the form factors (hidden or non-hidden).
 - A space node, if desired.
- Using the radiation matrix in the thermal analysis.

This study deals with some of practical heat radiation problems. A brief description of the problems contents follows:

The initial problem is a simple problem involving radiation between two points. We get radiation heat transfer rate due to the temperature differences. In the remaining portion of these problems contain general characteristics of heat radiation problems and their complexities involving two or more surfaces. These problems are aimed to get temperature distribution.

The findings were compared with the analytical solution for heat flow rate and temperature distribution. The error was less than 0.4 %. The comparisons of temperature distributions and heat fluxes have all shown good agreement.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Özellikle iletim, taşınım, ısı ışı nım gibi farklı ısı geçişinin aynı anda olduğu birleşik ısı geçişi problemleriyle fazlasıyla karşılaş ılmaktadır. Bu problemlerden bazılarını çözmek için nümerik çözüm yöntemlerine başvurulmuştur[1].

Sonlu eleman yöntemi ısı geçişi problemlerinin çözümünde de kullanılabilen nümerik bir çözüm tekniğidir. Sonlu eleman yöntemi özellikle son yıllarda çok büyük bir geliş me kaydetmiştir. Bu yöntemde gerçek bir problem daha basit bir problem şeklinde modellenip çözüldüğünden yaklaşık çözümü bulmuş oluruz[2]. Esas itibariyle basit olan bu maksatlı ve güçlü yöntem, bilim adamlarına ve mühendislere tamamen yeni bir alan açmıştır[3]. Bilgisayar teknolojisinin hızla geliş mesiyle de çok yakın geçmiş te zor ve karmaş ık olarak bilinen problemler bu yöntemle daha kolay çözü lür hale gelmiştir.

Sonlu eleman yönteminin sözkonusu olan özellikleri dikkate alınarak sonlu elemanlar yöntemiyle çözüm yapan ANSYS yazılım programı ile bazı ısı ışı nım problemleri çözülmüştür.

BÖLÜM 2

SONLU ELEMAN YÖNTEMİYLE ISI IŞINIMI PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

2.1 Işınım Matrisi Teorisi

Bütün cisimler sıcaklıklarından dolayı ışıınım yayarlar[4]. Yayılan ışıınım maddesel ortam olmaksızın her yönde yayılır. Etrafa yayılan ışıınımın bir cisme geldiğinde bir kısmı cismin yüzeyi tarafından yutulur ve yansıtılır. Bir yüzeyin birim alandan birim zamanda yaydığı ışıınım (ışıınım yayma gücü) yüzeyin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvveti ile orantılıdır. Birbirini gören yüzeyler arasında, sıcaklıklarına bağlı olarak karşılıklı ışıınım yaymalarından ve üzerlerine gelen ışıınımı yutmalarından dolayı ışıınımla ısı geçişi meydana gelir.

Işınımla ısı geçişi, elektromagnetik dalga olarak gözlenen fiziksel bir olaydır. Elektromagnetik ışıınım deyimi, genel anlamda elektromagnetik dalga vasıtasıyla olan bütün enerji geçişleri için kullanılmaktadır[5]. Maxwell yayılan ısı ışıınımlarının, ışığın dalga boyundan daha büyük dalga boyunda olan elektromagnetik dalgalar şeklinde olduğunu söyler. Diğer taraftan ısı ışıınımının çeşitli fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda atom veya moleküllerden foton denilen doğrusal ve ışık hızıyla ($2.998.10^8$ m / s) hareket eden tanciklerden yayıldığı söylenir[6]. Isıl ışıınım, 0,1 μ m den 100 μ m' ye kadar (10^{-7} - 10^{-4} m) dalgaboyları arasında elektromagnetik ışıınımdır.

Stefan-Boltzman kanunu, iki yüzey arasında ışıınım eşitliği için yazılırsa, I ve J yüzeyleri arasında geçen ısı akısı aşağıdaki gibi olur.

$$Q_I = \sigma \cdot \varepsilon_I \cdot F_I \cdot \varphi_{IJ} \cdot (\theta_I^4 - \theta_J^4) \quad (2.1)$$

$$K = \sigma \cdot \varepsilon_I \cdot F_I \cdot \varphi_{IJ} \quad (2.2)$$

olmak üzere, (2.3) eşitliği,

$$Q_I = K (\theta_I^4 - \theta_J^4) \quad (2.3)$$

şeklinde yazılabilir. (2.3) Eşitliği lineer değildir. Lineer olarak çözümün yapılabilmesi için (2.1) eşitliği,

$$Q_I = \sigma \cdot \varepsilon_I \cdot \varphi_{IJ} \cdot F_I \cdot (\theta_I^2 + \theta_J^2) \cdot (\theta_I + \theta_J) \cdot (\theta_I - \theta_J) \quad (2.4)$$

şeklinde yazılır.

$$K^1 = \sigma \cdot \varepsilon_I \cdot \varphi_{IJ} \cdot F_I \cdot (\theta_I^2 + \theta_J^2) \cdot (\theta_I + \theta_J) \quad (2.5)$$

olmak üzere,

$$Q_I = K^1 \cdot (\theta_I - \theta_J) \quad (2.6)$$

olur.

K^1 , θ_I , θ_J bilinmeyenlerine bağlı fonsiyon olduğundan iteratif olarak hesaplanır. Bu yöntem şekil faktörünün kolayca hesaplanamadığı karışık problemler için pratik değildir. Daha genel ısı ışıınımı problemlerinin çözümü için gri cisim difüzyon teorisi kullanılır[7,9].

Düzgün sıcaklık (veya ısı akısı) dağılımında ve ışıınım özellikleri yüzey boyunca aynı olan N yüzeyden oluşan kapalı- yüzey (enclosure) için,

$$\sum_{I=1}^N \left(\frac{\delta_{JI}}{\varepsilon_I} - \varphi_{JI} \frac{1-\varepsilon_I}{\varepsilon_I} \right) \frac{Q_I}{F_J} = \sum_{I=1}^N (\delta_{JI} - \varphi_{JI}) \cdot \sigma \cdot \theta^4 \quad (2.7)$$

ifadesi kullanılır.

N = Işınım yüzeylerinin sayısı

$$\delta_{JI} = \text{Kronecker delta} = \begin{cases} 1, & J = I \\ 0, & J \neq I \end{cases}$$

Bu ifade aşağıdak gösterildiği gibi matris formunda yazılabilir.

$$[C] \{Q\} = [D] \{\theta^4\} \quad (2.8)$$

$$[C] = \left(\frac{\delta_{JI}}{\varepsilon_I} - \varphi_{JI} \frac{1-\varepsilon_I}{\varepsilon_I} \right) \frac{1}{F_I}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2.9)$$

$$[D] = (\delta_{JI} - \varphi_{JI}) \sigma, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2.10)$$

$\{Q\}$ için çözüm yapılırsa,

$$\{Q\} = [K^{ts}] \{\theta^4\} \quad (2.11)$$

$$[K^{ts}] = [C^{-1}] [D] \quad (2.12)$$

elde edilir.

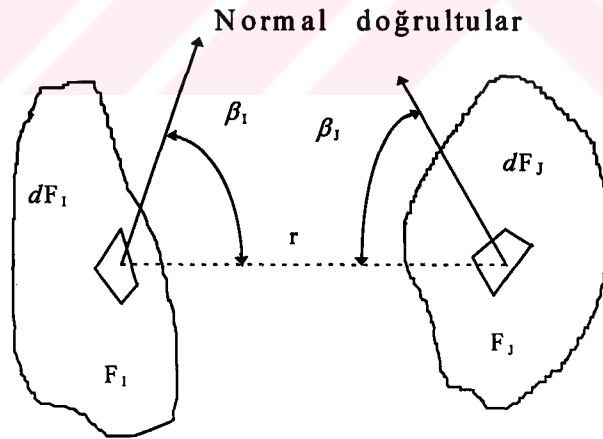
(2.11) bağıntısı (2.3) bağıntısına benzer olup, (2.3) eşitliğinden (2.6) eşitliğinin elde edilmesinde uygulanan benzer işlemler (2.11) bağıntısına uygulanarak standart matris eşitliği elde edilir.

$$\{Q\} = [K^1] \{\theta\} \quad (2.13)$$

$[K^1]$, θ^3 terimlerini içerir ve (2.6) bağıntısına benzer şekilde tekrarlamalı (iteratif) olarak hesaplanır. LINK31 elemanından başka elemanlarla ışıınım etkisinin incelenmesinde, MATRİX50 eleman önceden seçilmiş olan bütün elemanların bir arada toplandığı tek bir eleman) kullanılır. Bu durumda $[K^1]$ matrisinin hesaplanmasında MATRİX50 elemanı kullanılır. (2.11) bağıntısındaki $[K^{ts}]$, iletkenlik matrisinin hazırlanmasında AUX12 ışıınım matrisinin kullanılabilmesi için 2 boyutlu (2-D) modellerde kenarların, 3 boyutlu (3-D) modellerde ise yüzeylerin altında olan düğüm ve elemanların tanımlanması gerekir.

2.2 Şekil Sayısı

Herhangi bir yüzeyi (F_i) yayılı olarak terkeden (yayılan ve yansıtılan) ışıının diğer bir yüzeye (F_j) düşen kısmına şekil sayısı denir[5]. Burada ilk alt indis ışıının geldiği, ikinci alt indis ise ışıının düştüğü yüzeyi belirtmektedir.



Şekil 2.1. Şekil sayısı

Şekil sayısı aşağıda verilen eşitlikle ifade edilir.

$$\varphi_{IJ} = \frac{1}{F_j} \int_{F_i} \int_{F_j} \frac{\cos \beta_i \cdot \cos \beta_j}{\pi \cdot r^2} d(F_j) \cdot d(F_i) \quad (2.14)$$

Şekil sayısı aşağıda sıralanan özelliklere sahiptir.

1. Yüzeyler arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılıdır.

2. β_I ile orantılıdır. Yüzeyi terkeden ışınım enerjisinin en büyük kısmı I yüzeyi normaline boyuncadır. Bu yüzeye paralel doğrultularda neşretme sıfırdır.

3. β_J ile orantılıdır. Işınımın düştüğü yüzeydeki enerjinin büyük bir kısmı J yüzeyinin normaline boyunca soğurulan ışınımdır.

Şekil sayısının hesaplanmasında non- hidden (görünür) ve hidden (görünmez) yöntem olmak üzere iki yöntem vardır:

2.2.1 Non -hidden (görünür) yöntem

Space node (uzay düğüm) gerektirmeyen problemler için şekil faktörünün yeterince doğru hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir. Non-hidden yönteminde şekil faktörü bakan yüzeyler (viewing), bir eleman tarafından engellenip engellenmediğine bakmaksızın, diğer bütün yüzeylere göre hesaplanır. Bu yöntemde aşağıdaki bağıntı kullanılır[8].

$$\varphi_{IJ} = \frac{1}{F_I} \sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^n \left(\frac{\cos \beta_{Ip} \cdot \cos \beta_{Jq}}{\pi \cdot r^2} \right) F_{Ip} \cdot F_{Jq} \quad (2.15)$$

(2.16) eşitliğiyle tanımlanmış, birbirini gören iki yüzey arasındaki boyutsuz mesafe 0.1 den küçük olursa hesaplanan şekil sayısının doğruluğu zayıftır[7].

$$D = \frac{d_{\min}}{\sqrt{F_{\max}}} \quad (2.16)$$

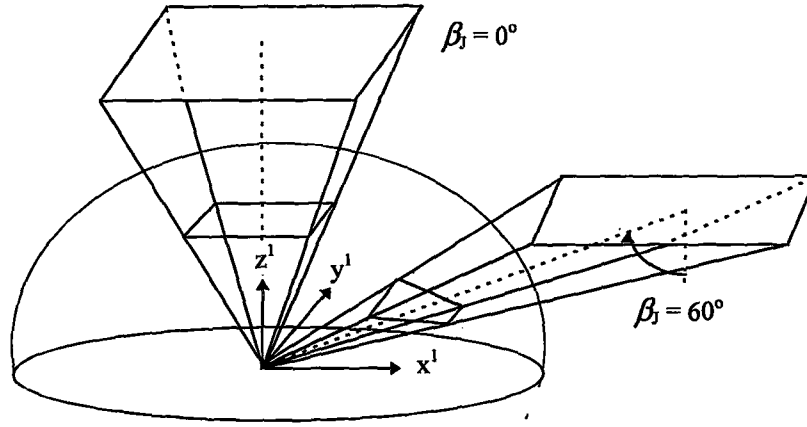
2.2.2 Hidden (görünmez) yöntem

Space node (uzay düğüm) için şekil sayısının doğru olarak hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle şekil sayısının hesap süresi non -hidden yöntemine göre daha fazladır. Bu yüzden görünmez yüzeylerde veya şekil sayısı hesaplanamayan yüzeyler için kullanılması tavsiye edilir. Bu yöntemde ışın sayısı arttığından şekil sayısı daha doğru olarak hesaplanır. Eksenel simetrik modellerde yaklaşık olarak 20 sektör kullanılması şekil faktörünün daha iyi hesaplanmasını sağlar. Bu yöntem (2.14) eşitliği kullanılarak uygulanır ve bütün değişkenleri sabit kabul eder. Bu durumda şekil sayısı,

$$\varphi_{IJ} = \frac{F_J}{\pi I^2} \cos \beta_I \cdot \cos \beta_J \quad (2.17)$$

bağıntısı ile elde edilir.

Hidden yöntemi öncelikle hangi yüzeylerin diğer yüzeyler tarafından görüldüğünü saptar. Daha sonra ışınım yapan (viewing) her yüzey (I), birim yarıküre ile çevrilir. Yarıküre (x^1, y^1, z^1) lokal (yerel) koordinat sistemine göre konulanır. Koordinat sisteminin merkezi; z eksenini yüzeyin normali, x eksenini I ' den J ' ye doğru ve y eksenini diğer iki eksene dik olacak şekildedir. Işınım alan (viewed) yüzeyin(j), I yüzeyi üzerindeki bir gözlemleyici tarafından görülebilecek şekilde yarıküre üzerinde görüntüsü (projeksiyonu) oluşturulur. Şekil (2.3) de görüldüğü gibi, projeksiyon alanı küre merkezine göre tanımlanmış olan yüzeyin elemanı veya düğümlerine doğru gelen çizgilerle tanımlanır. Bu düğümleri birleştiren çizgilerin kesiştiği noktaya göre projeksiyon oluşturulup x^1, y^1, z^1 lokal (yerel) koordinat sistemine dönüştürülür.



Şekil 2.2. Işınım alan yüzey projeksiyonu

F_{II} , şekil sayısı, J yüzeyi üzerine gelen ışınlam sayısının sayılmasıyla ve I yüzeyinden yayılan toplam ışınlam sayısına bölünmesiyle hesaplanır. Bu yöntem, ters çevirme kuralını bozar. Yani $F_I \phi_{I-J} \neq F_J \phi_{J-I}$ olur.

2.2.3 Space node (uzay düğüm)

Isıl ışınlam analiz için ele alınan model, gri cisim ihtiva eden (yayıcılık < 1), açık bir model ise space node kullanılır. Bütün ışınlam yüzeyleri kapalı ve uzaya (boşluğa) ışınlam neşretmeyen kapalı bir sistem space node kullanılmasına gerek yoktur.

Problemın yapısından dolayı, uzaya ışınlam ihmal edilebiliyorsa da space node kullanılmayabilir. Bu yaklaşım siyah cisim (yayıcılık $= 1$) modeli için uygundur[8].

2.3 Direkt Yöntem

Işınım problemlerinin çözümünde direkt yöntem, şekil sayısının bilindiği iki nokta ve nokta çiftleri arasında ışınlam problemleri için uygundur.

Stefan-Boltzman kanununa göre, I ve J yüzeyleri arasında geçen ısı akısını veren bağıntı aşağıdaki gibi olacaktır.

$$Q = \sigma \cdot \epsilon \cdot \varphi \cdot F \cdot (\theta_I^4 - \theta_J^4) \quad (2.18)$$

Yukarıdaki bağıntı aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Q = \sigma \cdot \epsilon \cdot \varphi \cdot F \cdot (\theta_I^2 + \theta_J^2) \cdot (\theta_I + \theta_J) \cdot (\theta_I - \theta_J) \quad (2.19)$$

Ayrıca şimdiki ve bir önceki tekrarlama sırasıyla n ve n-1 olmak üzere ,

$$Q = \sigma \cdot \epsilon \cdot \varphi \cdot F \cdot (\theta_{I,n-1}^2 + \theta_{J,n-1}^2) \cdot (\theta_{I,n-1} + \theta_{J,n-1}) \cdot (\theta_{I,n} - \theta_{J,n}) \quad (2.20)$$

bağıntısı elde edilir.

Sonlu eleman formunda yazılırsa,

$$\begin{Bmatrix} Q_I \\ Q_J \end{Bmatrix} = K \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_{I,n} \\ \theta_{J,n} \end{Bmatrix} \quad (2.21)$$

$$K = \sigma \cdot \epsilon \cdot \varphi \cdot F \cdot (\theta_{I,n-1}^2 + \theta_{J,n-1}^2) \cdot (\theta_{I,n-1} + \theta_{J,n-1}) \quad (2.22)$$

olur. Yukardaki bağıntılar yardımıyla tekrarlamalı (iteratif) olarak çözüm yapılır.

BÖLÜM 3

SONLU ELEMAN YAZILIMI (ANSYS) YARDIMIYLA İŞİNİM PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

3.1 Ansys Programı

ANSYS, sonlu elemanlarla analiz ve tasarım yapmak için geliştirilmiş bir bilgisayar programıdır. Yapılan bir tasarımın işletme şartları altında çalışma şeklini bu program yardımıyla anlamak mümkündür. Bilinen işletme şartları için özel bir tasarımın hesaplarını yapmak için de ANSYS programı kullanılır.

ANSYS programı otomotiv, havacılık, demiryolları, elektronik, sportif araçlar, güç üretimi ve iletimi gibi çeşitli endüstriyel alanlarda; biomekanik, ve konstrüksiyon, elektrik, ısı, akışkan gibi mühendisliğin bütün alanlarında kullanılabilen çok maksatlı ve güçlü bir programdır. Bu program üniversitelerde ve çeşitli enstitülerde eğitim amaçlı olarak da kullanılabilir[10].

3.2 Genel Çözüm Yöntemi [11]

ANSYS PROGRAMINA GİRİŞ

- MODEL OLUŞTURMA

Parametre Menüsünden

- Parametre Tanımlama

Ön İşlem (Preprosesör) Menüünden

- Eleman Tiplerinin Seçimi
- Eleman Sabitleri
- Malzeme Özellikleri
- Model Geometrisi
- Meş (Göze) Oluşturma
- Meş (Göze) Kontrolü
- Kayıt
- Meş Oluşturma

SINIR ŞARTLARI VE ÇÖZÜM

Ana Menüdeki Çözüm Menüünden

- Analiz Tipi Belirlenir
- Sınır Şartları Tanımlanır
- Kayıt
- Çözümün Değerlendirilmesi

SONUÇ

Genel işlem menüsünden

- Veri Okutma
- Sonuç İnceleme
- Sonuç Değerlendirme

PROGRAM ÇIKIŞ

Yukarıda açıklanan yöntem problemin türüne göre değişiklik gösterebilir.

3.3 Işınım Problemlerinin Çözümü

3.3.1 Analiz yöntemi

Işınım lineer olmayan bir olay olduğu için iteratif bir çözümün yapılması gerekir. Ayrıca ısıtım problemlerinin analizinde sıcaklık büyük bir rol oynadığından mutlak olması gerekir[8].

Işınım problemlerinin analizinde kullanılan yöntemler:

1. İki nokta veya çeşitli nokta çiftleri arasında basit ısıtım problemlerinin çözümünde LINK31 elementi (elemanı) kullanılır. Lineer olmayan tek serbestlik dereceli, düğümlere sıcaklık değerlerinin girilmesiyle ısı akısı hesaplanır. Bu element gerek 2 boyutlu düzlemsel ve eksenel simetri, gerekse 3 boyutlu geometrilerde kullanılır.
2. İki veya daha çok yüzey içeren genel ısıtım problemlerinin çözümü için AUX12 ısıtım matrisi kullanılır[10].

3.3.2 AUX12 ısıtım matrisinin oluşturulması

AUX12, ısıtım alan ve veren yüzeyleri içeren genel ısıtım problemlerinin analizinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ısıtım yüzeyleri arasında şekil sayısı matrisinin oluşturulması ve ısı analiz için süper eleman olan MATRIX50 matris elemanının kullanılmasıyla uygulanır[8,10].

AUX12 ile çözüm yöntemi üç aşamadan oluşur:

1. Işıtım yüzeylerinin tanımlanması,
2. Işıtım matrisinin oluşturulması,

3. Işınım matrisinin ısı analiz için kullanılması.

3.3.2.1 Işınım yüzeylerinin tanımlanması

Işınım yüzeyleri tanımlanırken iki boyutlu (2-D) modeller için LINK32, üç boyutlu (3-D) modeller için SHELL57 elemanları kullanılarak ısı yüzeyleri üzerinde gözeler (ağlar) oluşturulmalıdır. Işınım yüzeylerinin oluşturulması için sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılır.

LINK32, düğümleri arasında ısı akısının hesaplanmasında kullanılan bir elementdir. Bu elemanın düğümlerine sadece sıcaklık uygulanır. 2 Boyutlu düzlemsel ve eksenel simetri modeller için kullanılır. Yapı problemleri için de kullanılır.

SHELL57, 3 Boyutlu düzlemsel iletimin hesabında kullanılan dört düğümlü ve düğümlere sıcaklık değerlerinin girilmesiyle çözüm yapılan bir elementdir. Gerek ısı analiz gerekse de yapı analizi için kullanılır.

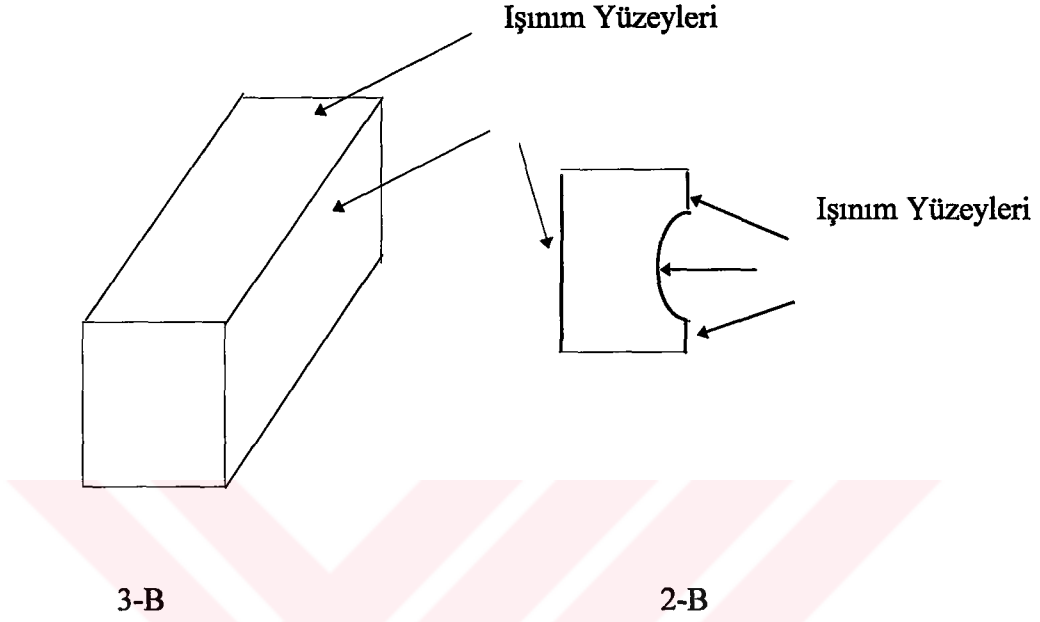
1. Ön işlem (Preprosör) de, ısıtım alan ve veren bütün yüzeyleri kapsayacak şekilde ısı model oluşturulur. Işınım yüzeyleri, üç boyutlu (3-D) modeller için yüzey, iki boyutlu (2-D) modeller için aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi kenar olurlar.

Komut : /PREP7 'de MP, ET

2. 3-D modeller için SHELL57 ve 2-D modeller için LINK32 elemanları kullanılarak ısıtım yüzeyleri üzerine konmuş ağlar oluşturulur. Bunu yapmak için uygun yöntem ısıtım yüzeyleri üzerindeki bütün düğümleri seçmektir. Yüzeyler farklı yayıcılığa sahipse her bir yüzey için farklı bir numara verilir[10].

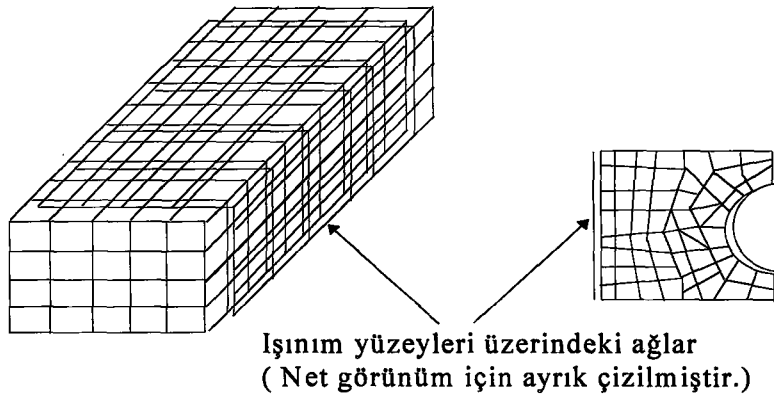
Main Menu > Preprocessor > Create > Elements

Komut : ESURF



Şekil 3.1. 3-B (3 Boyutlu) ve 2-B (2 Boyutlu) modeller için ışıınım yüzeyleri

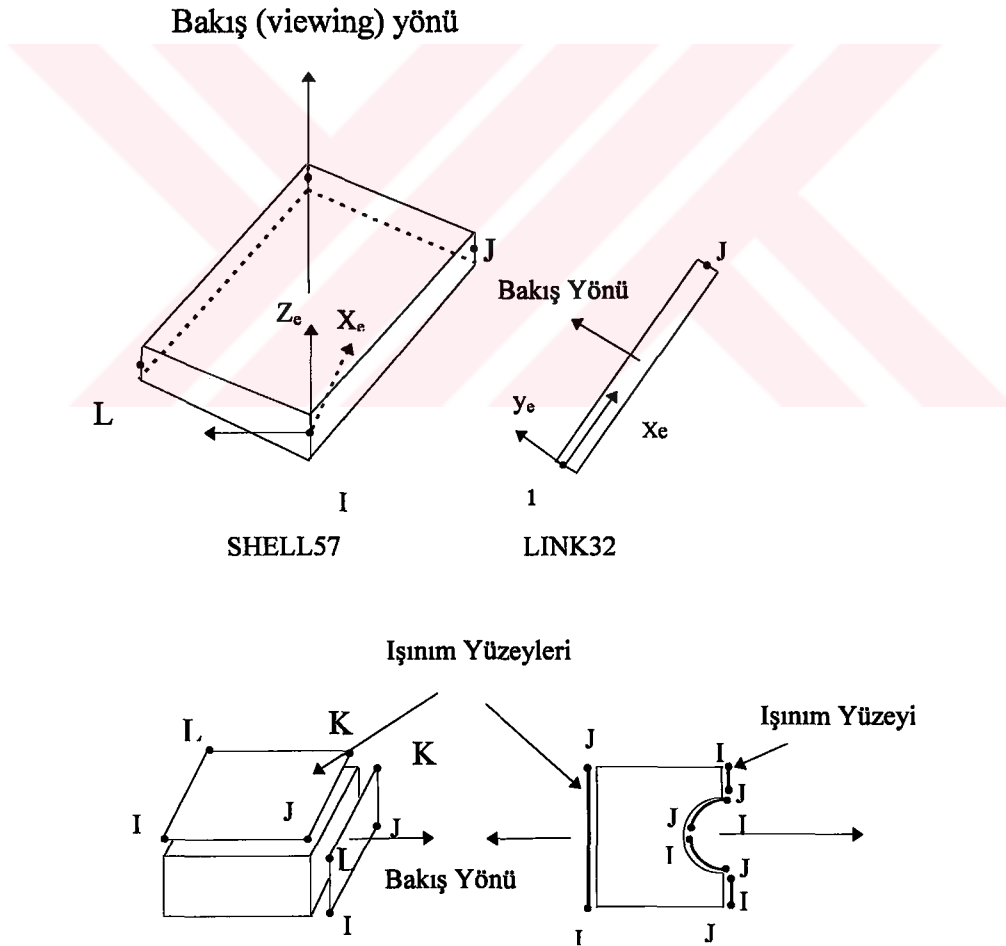
Komut : ESURF



Şekil 3.2. Işınım yüzeyleri üzerine konmuş elemanlar (superimposed elements)

Gerek SHELL57 gerekse LINK32 elemanlarıyla oluşturulan ışıını yüzey meşleri, bu meşlerin altında bulunan katı elemanın meşleriyle düğümünden düğüme eşleştirilmelidir.

Işınım yüzeyleri üzerine konmuş elemanların (superimposed element) yönleri yani ışıını doğrultuları SHELL57 elemanı için $+Z_e$ ve LINK32 elemanı için $+Y_e$ boyunca olmalıdır. Elemanların konulanması şekil 3.3.4 de gösterilen elemanları düğümüne göre tanımlanmış şekilde (sağ el kuralına göre) olmalıdır.



Şekil 3.3. SHELL57 ve LINK32 elemanların konumları

3. Boşluğa doğru ışınlama ısı geçişi olan modellemelerde space node(uzay düğüm) kullanılır[10].

3.3.2.2 Işınım matrisinin hazırlanması[8,10].

Işınım matrisinin hazırlanması için aşağıda sıralanan değerlerin bilinmesi gerekir.

1. Işınım yüzeylerini oluşturan düğümler (nodlar) ve elemanlar(elementler),
2. Modelin boyutu,
3. Yayına sayısı ve Stefan-Boltzmann sabiti,
4. Şekil sayısını hesaplama yöntemi; hidden veya non-hidden,
4. Gerekirse space node (uzay düğüm).

Matrisin oluşturulması için gerekli işlem sırası:

1. Main menü > Radiation matrix,

Komut :/AUX12

2. Işınım yapan yüzeyler için düğüm ve elemanların seçimi,

Utility menü > Select > Entities

Komut : ESEL ve NSLE

3. Modelin boyutu belirtilir

Main menü > Radiation Matrix > Other Settings

Komut : GEOM

4. Yayılcılık değeri tanımlanır

Main Menü > Radiation Matrix > Other Settings

Komut : EMIS

5. Stefan-Boltzmann Sabiti (SBS) belirtilir.

Main Menü > Radiation Matrix > Other Settings

Komut : STEF

6. Şekil faktörünün hesap yöntemi belirtilmelidir

Main Menü > Radiation Matrix > Write Matrix

Komut : VTYPE

Şekil faktörünü hesaplarken hidden veya non-hidden yöntemlerinden biri kullanılır.

7. Gerekirse space node kullanılır

Main Menü > Radiation Matrix > Other Settings

Komut : SPACE

8. Işınım matrisi,menüden," Write Matris" ile Jobname.SUB dosyasına yazılır.Birden fazla ışıınım matrisi kullanılacaksa her matrisin dosya adı ayrı yazılmalıdır.

Komut : WRITE

9. Bütün elemanlar ve düğümler tekrar seçilmelidir.

Utility Menü > Select > Everything

Komut : ALLSEL

3.3.2.3 Işınım matrisinin ısı analiz için kullanılması

Işınım matrisi yazıldıktan sonra ANSYS Preprosesöre tekrar girilerek ısı analiz için aşağıdaki işlemler yapılır:

1. Main Menü > Preprocessör

Komut : /PREP7

2. Eleman tipi MATRİX50 (süper eleman) olarak değiştirilir.:

Main Menü > Preprocessör > Create > Elements > Elem Attributes

Komut : TYPE

3. Super eleman matrisi okunur

Main Menü > Preprocessör > Create > Elements > From.SUB File

Komut : SE

4. Işınım yüzeyleri üzerinde SHELL57 ile LINK32 elemanların silinmeli veya seçilmemelidir.

Main Menü > Preprocessör > Delete > Elements

Utility Menü > Select > Entities

Komut : EDELETE

5. Preprocessor'den çıkılır ve SOLUTION'a girilir.**6. Sınır şartları uygulanarak çözüm elde edilir.**

Main Menü > Solution > Apply

Komut : D

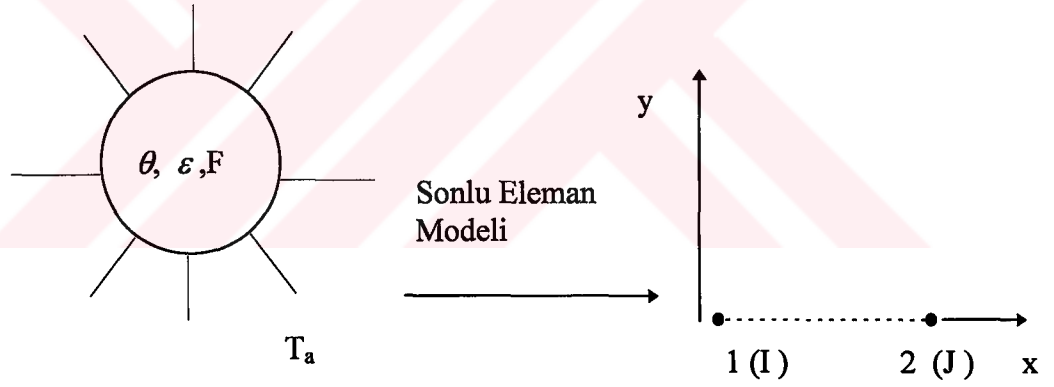
Çözüm yapıldıktan sonra son işlem (postprosesör) menüsüne gidilerek sonuçlar okunur.

BÖLÜM 4

ÖRNEK PROBLEMLER

4.1 Cisimle Çevre Arasında Işınım

$\theta = 3187\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında siyah bir cisimin birim alanından ışınlımla geçen ısı akısını, ortam sıcaklığının (θ_a) $187\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması durumunda bulunuz. ($F = 1\text{ m}^2$, $\phi_{12} = 1$, $\epsilon = 1$)



Şekil 4.1. Cisimle çevre arasındaki ışınlım probleminin şekli ve sonlu eleman modeli

Analiz Tipi : Isıl Analiz,
Sürekli Rejim.
Eleman Tipi : Işınım Link Elemanı
(LINK31)

LINK31 Elemanının Giriş Değerleri

Eleman Adı : LINK31

Düğümler : I, J

Serbestlik Derecesi : Sıcaklık

Sabitler : Alan, Şekil sayısı, Yayma oranı, Stefan- Boltzmann sabiti

Tercih (Keyopt) : Standart ışıınım eşitliği

	Analitik Çözüm	ANSYS ile Çözüm
(W)	$Q_1 = \sigma \cdot \varepsilon_I \cdot \varphi_{IJ} \cdot F_I \cdot (\theta_I^4 - \theta_J^4)$ $= 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot (3460^4 - 460^4)$ $= 0.81236 \cdot 10^7$	0.81237.10 ⁷

ANSYS LOG Dosyası

```

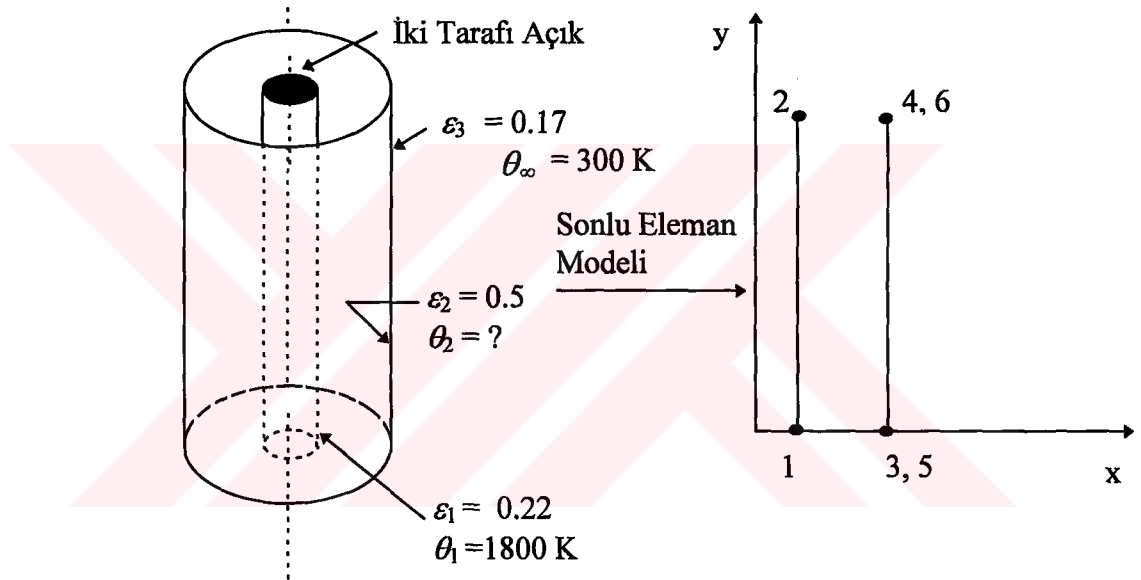
KEYW,PR_SET,1           :ÇALIŞMA TÜRÜ TERCİH EDİLİR
KEYW,PR_STRUC,0
KEYW,PR_THERM,1         :ISIL TERCİH EDİLİR
KEYW,PR_ELMAG,0
KEYW,PR_FLUID,0
KEYW,PR_MULTI,0
KEYW,PR_CFD,0
KEYW,LS_DYNA,0
/PMETH,OFF
/PREP7                  :ÖN İŞLEMCIYE GİRİLİR

```

ET,1,LINK31	:LINK31 ELEMANI SEÇİLİR
R,1,1,1,1,5.67E-8,	:LINK31 ELEMANI İÇİN GEREKLİ OLAN SABİTLER GİRİLİR
N,1,,,,,,,,	:DÜĞÜMLER SEÇİLİR
N,2,1,,,,,,,,	
FLST,2,2,1	
FITEM,2,1	
FITEM,2,2	
E,P51X	:DÜĞÜMLER BİRLEŞTİRİLEREK ELEMENT OLUŞTURULUR
FINISH	
/SOLU	:ÇÖZÜME GİRİLİR
FLST,2,1,1,ORDE,1	
FITEM,2,1	
D,P51X,TEMP,3187,	:BİRİNCİ DÜĞÜM SICAKLIĞI GİRİLİR
FLST,2,1,1,ORDE,1	
FITEM,2,2	
D,P51X,TEMP,187,	:İKİNCİ DÜĞÜM SICAKLIĞI GİRİLİR
FINISH	
/SOLUTION	:ÇÖZÜME GİRİLİR7
NLGEOM,0	
NROPT,AUTO, ,	
LUMPM,0	
EQSLV,FRONT,1e-008,0,	
SSTIF	
PSTRES	
TOFFST,273,	:SICAKLIKLAR KELVİNE (K) ÇEVİRİLİR
/STAT,SOLU	: ÇÖZÜM YAPILIR
SOLVE	
FINISH	
/POST1	:SON İŞLEMCIYE GİRİLİR
PRRSOL,HEAT	:ISI AKISI HESAPLANIR
SAVE	
FINISH	

4.2 Aynı Merkezli Silindir Arasında Işınım

1/4 inç yarıçapında (r_1) ve 5 inç uzunluğunda (l), sıcaklığı (θ_1) 1800 K , yayma sayısı (ε_1) 0.22 olan silindirik bir çubuk, aynı uzunlukta yarıçapı (r_2) 2 inç ve iç yüzeyinin yayma sayısı (ε_2) 0.5 dış yüzeyinin yayma sayısı (ε_3) 0.17 olan silindirin içine konmuştur. Silindirler sıcaklığı (θ_∞) 300 K olan silindirik büyük bir vakum odasında bulunduğunu kabul ederek dıştaki silindirin yüzey sıcaklığını (θ_2) bulunuz.



Şekil 4.2. Aynı merkezli silindir arasında ışıınım probleminin şekli ve sonlu eleman modeli

Analiz Tipi	:Isıl Analiz, Sürekli Rejim
Eleman Tipleri	:2-B (2-Boyutlu) Isı iletim çubuk elementi (LINK32), Işınım matrisi super eleman (MATRIX50)

LINK32 Elemanının Giriş Değerleri

Eleman Adı : LINK32

Düğümmler : I,J

Serbestlik derecesi : Sıcaklık

Sabit : Alan , (-)

Malzeme özellikleri : Isı iletim katsayısı, yoğunluk, özgül ısı ve entropi , (-)

Eleman yükleri : Isı kaynağı (I ve J düğümlerinde), (-)

(- işaretli olan giriş değerleri örnek problem için kullanılmamıştır.)

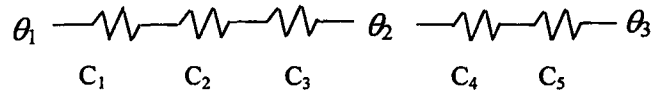
MATRIX50 Elamanı

Tercih (Keyopt) : 1 Işınım yapısı

	Analitik Çözüm	ANSYS İle Çözüm
T (K)	1080.7	1049.7

Analitik Çözüm:

Elektriksel benzeşim yöntemine göre iki yüzey arasında ışınlımla geçen ısı akısı,



C_1 , C_3 , C_4 ve C_5 Yüzey dirençleri,

C_2 ve S_5 Şekil direnci olmak üzere;

$$Q_{13} = \frac{\sigma(\theta_1^4 - \theta_3^4)}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5} \quad (4.1)$$

$$Q_{13} = \frac{\sigma(\theta_1^4 - \theta_3^4)}{\frac{1 - \epsilon_1}{\epsilon_1 F_1} + \frac{1}{F_1 \phi_{12}} + \frac{1 - \epsilon_2}{\epsilon_2 F_2} + \frac{1 - \epsilon_3}{\epsilon_3 F_2} + \frac{1}{F_2 \phi_{23}}} \quad (4.2)$$

$$\frac{1}{F_1 \phi_{12}} = \frac{1}{F_2 \phi_{21}} \quad (4.3)$$

$$Q_{13} = 4172.177 \text{ (W)}$$

$$Q_{12} = \frac{\sigma(\theta_1^4 - \theta_2^4)}{C_1 + C_2 + C_3} \quad (4.4)$$

$$Q_{12} = \frac{\sigma(\theta_1^4 - \theta_2^4)}{\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 F_1} + \frac{1}{F_1 \phi_{12}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 F_2}} = 4172.277 \quad (4.5)$$

$$\theta_2 = 1080.7 \text{ K}$$

Şekil sayısı

$$R = \frac{r_2}{r_1}, L = \frac{1}{r_1}, A = L^2 + R^2 - 1, B = L^2 - R^2 + 1 \text{ olmak üzere,}$$

$$F_{JI} = \frac{1}{R} - \frac{1}{\pi R} \left\{ \cos^{-1} \left(\frac{B}{A} \right) - \frac{1}{2L} \left[\sqrt{(A+2)^2 - (2R)^2} \cos^{-1} \left(\frac{B}{RA} \right) + B \sin^{-1} \left(\frac{1}{R} \right) - \frac{\pi A}{2} \right] \right\}$$

$$F_{JI} = F_{21} = 0.0975$$

$$F_{JJ} = 1 - \frac{1}{R} + \frac{2}{\pi R} \tan^{-1} \left(\frac{2\sqrt{R^2 - 1}}{L} \right)$$

$$- \frac{L}{2\pi R} \left\{ \frac{\sqrt{4R^2 + L^2}}{L} \sin^{-1} \left[\frac{4(R^2 - 1) + (L^2 / R^2)(R^2 - 2)}{L^2 + 4(R^2 - 1)} \right] - \sin^{-1} \left(\frac{R^2 - 2}{R^2} \right) + \frac{\pi}{2} \left(\frac{\sqrt{4R^2 + L^2}}{L} \right) - 1 \right\}$$

$$F_{11} = F_{21} = 0.617$$

Silindirlerin sonsuz uzunlukta olması durumunda ,

$$F_{11} = 1 \quad , \quad F_{12} = \frac{r_1}{r_2} \quad , \quad F_{22} = 1 - \frac{r_1}{r_2} \quad \text{olur.}$$

ANSYS LOG Dosyası

```

KEYW,PR_SET,1                                :ÇALIŞMA TÜRÜ TERCİH EDİLİR
KEYW,PR_STRUC,0
KEYW,PR_THEPM,1                               :ISIL TERCİH EDİLİR
KEYW,PR_ELMAG,0
KEYW,PR_FLUID,0
KEYW,PR_MULTI,0
KEYW,PR_CFD,0
KEYW,LS_DYNA,0
/PMETH,OFF
/PREP7                                         :ÖN İŞLEMÇİYE GİRİLİR
ET,1,LINK32                                  :LINK32 ELEMANI SEÇİLİR
K,1,.0635,,,                                  :ANAHTAR NOKTALAR TANIMLANIR
K,2,0.0635,1.27,,
K,3,.254,,,
K,4,.254,1.27,,
K,5,0.254,,,
K,6,0.254,1.27,,
/PNUM,KP,1
/PNUM,LINE,0
/PNUM,AREA,0
/PNUM,VOLU,0
/PNUM,NODE,0
/PNUM,SVAL,0
/NUM,0
/PNUM,ELEM,0
/REPLOT
LSTR,2,1                                     :IŞINIM YÜZEYLERİ DİKKATE
LSTR,3,4                                     :ALINARAK SAĞ EL KURALINA
LSTR,6,5                                     :ÇİZGİLER OLUŞTURULUR
CM,_Y,LINE
LSEL,,1                                     :ÇİZİLEN ÇİZGİLER TANIMLANIR
CM,_Y1,LINE
CMSEL,S,_Y
CMSEL,S,_Y1
LATT,1,1,1,0,
CMSEL,S,_Y
CMDELE,_Y

```

```

CMDELE, _Y1
CM, _Y, LINE
LSEL, , , , 2
CM, _Y1, LINE
CMSEL, S, _Y
CMSEL, S, _Y1
LATT, 2, 1, 1, 0,
CMSEL, S, _Y
CMDELE, _Y
CMDELE, _Y1
CM, _Y, LINE
LSEL, , , , 3
CM, _Y1, LINE
CMSEL, S, _Y
CMSEL, S, _Y1
LATT, 3, 1, 1, 0,
CMSEL, S, _Y
CMDELE, _Y
CMDELE, _Y1
SAVE
ESIZE, 0, 25, : ELEMENT BOYUTU GİRİLİR
LMESH, 1 : ÇİZGİLER SONLU ELEMANLARA
LPMOT BÖLÜNÜR
LMESH, 2
LMESH, 3
NUMMRG, NODE, , , : ÇAKIŞAN DÜĞÜMLER
FLST, 5, 50, 2, ORDE, 2 BİRLEŞTİRİLİR
FITEM, 5, 1
FITEM, 5, -50
ESEL, S, , , P51X : SİLİNDİRİN İÇ TÜZEYİNDEKİ
ELEMENTLER SEÇİLİR

FINISH
/AUX12 : İŞİNİM MATRİSİNE GİRİLİR
EMIS, 1, .22, : NEŞRETME ORANLARI,
EMIS, 2, .5,
EMIS, 3, .17,
STEF, 5.67E-008, : STEFAN- BOLZMANN SABİTİ,
GEOM, 1, 20, : GEOMETRİ,
SPACE, 1000, : UZAY DÜĞÜMLER,
VTYPE, 0, 80, : GÖRÜNMEZ ŞEKİL FAKTÖRÜ
MPRINT, 0
WRITE, SIL1.SUB. : SUB UZANTILI DOSYAYA KAYIT
ALLSEL, ALL
VSEL, ALL
ASEL, ALL
LSEL, ALL
KSEL, ALL
ESEL, ALL : BÜTÜN ELEMENTLER SEÇİLİR
NSEL, ALL
FLST, 5, 25, 2, ORDE, 2

```

```

FITEM,5,51
FITEM,5,-75
ESEL,S,, ,P51X          :ÇEVREYE İŞİNİM YAYAN
                           YÜZEYLER İÇİN ELEMENTLER SEÇİLİR
VTYPE,1,80,              :GÖRÜNÜR ŞEKİL FAKTÖRÜ
MPRINT,0
WRITE,SIL2.SUB.          :SUB UZANTILI DOSYAYA
ALLSEL,ALL               KAYDET
VSEL,ALL

ASEL,ALL
LSEL,ALL
KSEL,ALL
ESEL,ALL                 :BÜTÜN ELEMANLAR SEÇİLİR
NSEL,ALL
SAVE
ESEL,U,TYPE,,1          :LINK32 ELEMANI SİLİNİR
FINISH
/PREP7                   :ÖN İŞLEMCİYE GİRİLİR
N,1000                   :UZAT DÜĞÜMLER SEÇİLİR
ET,2,MATRIX50           :SUPERELEMENT İŞİNİM TERCİHLİ
KEYOPT,2,1,1            OLARAK SEÇİLİR
KEYOPT,2,6,0
TYPE,2,                  :ELEMEN TİPLERİ DEĞİŞTİRİLİR
MAT,1,
REAL,1,
ESYS,0,
SE,SIL1.SUB., , ,0.0001, :SUPERELEMENTLER OKUNUR
SE,SIL2.SUB., , ,0.0001,
FLST,4,26,1,ORDE,2
FITEM,4,27
FITEM,4,-52
CP,1,TEMP,P51X          :DÜĞÜMLER BİRLEŞTİRİLİR
SAVE                     (COUPLE)
FINISH
/SOLU                   :ÇÖZÜME GİRİLİR
FLST,2,26,1,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-26
D,P51X,TEMP,1800,       :SICAKLIKLAR GİRİLİR
TUNIF,1000,             :TAHMİNİ SICAKLIK GİRİLİR
/SOLUTION
D,1000,TEMP,300         :UZAY DÜĞÜM SICAKLIKLARI
SAVE
/STAT,SOLU             :ÇÖZÜM YAPILIR
SOLVE
/POST1                  :SON İŞLEMCİYE GİRİLİR
PRNSOL,TEMP,           :SICAKLIK HESAPLANIR
SAVE
FINISH

```

DÜĞÜM SICAKLIKLARI

DÜĞÜM SICAKLIK

1	1800.0	İÇTEKİ SİLİNDİRİN YÜZEY
2	1800.0	
3	1800.0	SICAKLIKLARI
4	1800.0	
5	1800.0	
6	1800.0	
7	1800.0	
8	1800.0	
9	1800.0	
10	1800.0	
11	1800.0	
12	1800.0	
13	1800.0	
14	1800.0	
15	1800.0	
16	1800.0	
17	1800.0	
18	1800.0	
19	1800.0	
20	1800.0	
21	1800.0	
22	1800.0	
23	1800.0	
24	1800.0	
25	1800.0	
26	1800.0	
27	1049.7	DIŞTAKİ SİLİNDİRİN YÜZEY
28	1049.7	
29	1049.7	SICAKLILARI
30	1049.7	
31	1049.7	
32	1049.7	
33	1049.7	
34	1049.7	
35	1049.7	
36	1049.7	
37	1049.7	
38	1049.7	
39	1049.7	
40	1049.7	
41	1049.7	
42	1049.7	
43	1049.7	
44	1049.7	

45	1049.7	
46	1049.7	
47	1049.7	
48	1049.7	
49	1049.7	
50	1049.7	
51	1049.7	
52	1049.7	
1000	300.00	ÇEVRE SICAKLIĞI



SURF19 elemanının tercihleri (Keyopt):

Keyopt (1) : 1 Sıcaklık
 Keyopt (2) : 1 Eksenel Simetri
 Keyopt (4) : 1 Ara Düğüm Yok
 Keyopt (5) : 0 Ekstra Düğüm Yok
 Keyopt (8) : 1 Isı Akısı

	Analitik Çözüm	ANSYS İle Çözüm
T ₁ (K)	904	906.85

ANSYS LOG Dosyası

```

KEYW,PR_SET,1
KEYW,PR_STRUC,0
KEYW,PR_THERM,1
KEYW,PR_ELMAG,0
KEYW,PR_FLUID,0
KEYW,PR_MULTI,0
KEYW,PR_CFD,0
KEYW,LS_DYNA,0
/PMETH,OFF
/PREP7
ET,1,LINK32
N,1,,,,,,
N,2,.075,,,,,
N,3,0.075,,,,,
N,4,.05,.075,,,,,
N,5,0.05,0.075,,,,,
N,6,,0.075,,,,,
  
```

:ÇALIŞMA TÜRÜ TERCİH EDİLİR
 :ISIL TERCİH EDİLİR
 :ÖN İŞLEMCIYE GİRİLİR
 :LINK32 ELEMANI SEÇİLİR
 :DÜĞÜMLER GİRİLİR

/PREP7	:ÖN İŞLEMCIYE GİRİLİR
MAT,1	:DÜĞÜMLER BİRLEŞTİRİLEREK
E,1,2	ELEMENTLER OLUŞTURULUR
MAT,2	
E,3,4	
MAT,3	
E,5,6	
VSEL,ALL	
ASEL,ALL	
LSEL,ALL	
KSEL,ALL	
ESEL,ALL	:ELEMENTLER SEÇİLİR
NSEL,ALL	
FLST,5,3,2,ORDE,2	
FITEM,5,1	
FITEM,5,-3	
ESEL,S, , ,P51X	
FINISH	
/AUX12	:İŞİNİM MATRİSİNE GİRİLİR
EMIS,1,.6,	:NEŞRETME ORANLARI,
EMIS,2,.8,	
EMIS,3,.5,	
STEF,5.67E-8,	:STEFAN- BOLTZMANN SABİTİ,
GEOM,1,50,	:GEOMETRİ,
SPACE, ,	
VTYP,1, ,	:GÖRÜNÜR ŞEKİL FAKTÖRÜ
MPRINT,0	
WRITE,KONI.SUB.	:SUB UZANTILI DOSYA KAYDI
SAVE	
FINISH	
/CLEAR,NOSTART	:DATABASE TEMİZLENİR
KEYW,PR_SET,1	:ÇALIŞMA ALANI TERCİH
	EDİLİR
KEYW,PR_STRUC,0	
KEYW,PR_THERM,1	:ISIL TERCİH EDİLİR
KEYW,PR_ELMAG,0	
KEYW,PR_FLUID,0	
KEYW,PR_MULTI,0	
KEYW,PR_CFD,0	
KEYW,LS_DYNA,0	
/PMETH,OFF	
/PREP7	:ÖN İŞLEMCIYE GİRİLİR
ET,1,SURF19	:SURF19 YÜZEY ELEMAN SEÇİLİR
KEYOPT,1,1,1	:TERCİHLER YAPILIR
KEYOPT,1,3,1	
KEYOPT,1,4,1	
KEYOPT,1,5,0	
KEYOPT,1,6,0	
KEYOPT,1,8,1	
KEYOPT,1,9,0	

```

KEYOPT,1,11,1
KEYOPT,1,12,1
ET,2,MATRIX50
KEYOPT,2,1,1
KEYOPT,2,6,0
N,1,,,,,,
N,2,.075,,,,,
FLST,2,2,1
FITEM,2,2
FITEM,2,1
E,P51X
SAVE
TYPE,2,
MAT,1,
REAL,1,
ESYS,0,
SE,KONI.SUB., , ,0.0001,
TUNIF,500,
FLST,2,1,2,ORDE,1
FITEM,2,1
SFE,P51X,1,HFLUX, ,6000, , , ,
/SOLUTION
D,5,TEMP,550,,6
SAVE
/STAT,SOLU
/POST1
PRNSOL,TEMP,

```

:SUPERELEMENT İŞİNİM TERCİHLİ
OLARAK SEÇİLİR

:ISI AKISI OLAN YÜZEY İÇİN
DÜĞÜMLERSE ÇİLEREK ELEMENT
OLUŞTURULUR

:ELEMENT TİPİ DEĞİŞTİRİLİR

:SUPERELEMENT OKUNUR
:TAHMİNİ SICAKLIK DEĞERİ

:ISI AKISI GİRİLİR
:ÇÖZÜME GİRİLİR
:SICAKLIKLAR GİRİLİR

:ÇÖZÜM YAPILIR
:SON İŞLEMCİYE GİRİLİR
:SICAKLIK HESAPLANIR

DÜĞÜMLERDEKİ SICAKLIKLAR

DÜĞÜM SICAKLIK

1	906.83	DİP SICAKLIKLAR
2	906.83	
3	857.51	YALITILMIŞ YÜZEY SICAKLIKLARI
4	857.51	
5	550.00	ÜST YÜZEY SICAKLIKLARI
6	550.00	

SONUÇLAR VE İRDELEME

Isı ışıınım problemlerini çözmek için sonlu elemanlarla çözüm yapan **ANSYS** yazılım programı kullanılmış, bellek kapasiteleri ve işlem hızları yüksek olan bilgisayarla pratik çözüm elde edilmiştir.

Isı akısını ve sıcaklık dağılımının hesaplanması için pratik örnekler ele alınmıştır. Ele alınan örneklerin sonlu eleman modeli oluşturulduktan sonra belirli sınır şartları (sıcaklık, ısı akısı) girilerek çözüm elde edilmiştir. Sonuçlar analitik çözümle elde edilen değerlerle karşılaştırılmış, hatanın % 0.4 ' den az olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar ışıınım problemlerinin nümerik çözümünde **ANSYS** yazılım programı kullanılmasının uygun olduğunu göstermiştir.

12.03.2024 14:05

KAYNAKLAR

- [1] WROBEL L. C., BREBBIA C. A., Boundary Element Methods in Heat Transfer, Computational Mechanics Publications, Southampton Boston, 1992.
- [2] RAO S. S. ,The Finite Element Method in Engineering, Second Edition, Indiana ,USA.
- [3] NATH B., Mühendisler İçin Sonlu Elemanlar Metodunun Temelleri, Çeviren, GÜNAY D., Arı Kitabevi, Adapazarı,1990.
- [4] INCOPERA F. P.,DEWITH D. P., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Third Edition, Indiana , USA.
- [5] ÖZTÜRK A., YAVUZ H., Uygulamalarla Isı Geçişi: Tanıtım ve Işınım , Çağlayan Kitabevi, Beyoğlu- İstanbul,1995.
- [6] DAĞSÖZ A. K., Isı Geçişi (Transferi), 4.Baskı, Alp Teknik Kitaplar, İstanbul, 1990.
- [7] SIEGEL R., Howell J. R., Thermal Radiation Heat Transfer, McGraw- Hill.
- [8] ANSYS Thermal Analysis Guide
- [9] ANSYS User's Manual ,Volum IV , Revision 5.2, August ,1995.
- [10] ANSYS User's Manual , Volume I, Revision 5.2, August ,1995.
- [11] Introduction to ANSYS , Revision 5.2.
- [12] ANSYS Verification Manuel.
- [13] JALURIA Y., TORRANCE K. E., Computational Heat Transfer, Hemisphere Publishing Corporation.
- [14] BIALECKS R. A., Solving Heat Transfer Radiation Problems Using the Boundary Element Method, Southampton UK and Boston USA.

UZGÖRETLİ KUTUPHANE

ÖZGEÇMİŞ

Yaşar İSLAMOĞLU, 1971 yılında Rize - Ardeşen'de doğdu. İstanbul Bahçelievler Lisesinden 1989 yılında mezun olmuş, 1994 yılında İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü dereceyle tamamlayarak aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Programında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 1995 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniğı Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamış olup halen bu görevi sürdürmektedir.

YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
Yüksek Öğretim Kurulu
Yüksek Öğretim Kurulu