

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI MESNET KOŞULLARINA SAHİP L
ŞEKLİNDEKİ BETONARME PLAKLARIN DEĞİŞİK
YÖNTEMLERLE ANALİZİ**

İnşaat Müh. Tarkan GÜRBÜZ

**F.B.E. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Nilgün AKTAN (YTÜ)

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Plak Teorisine Genel Bir Bakış	1
1.2 İnce Plak Teorisi	1
1.3 Plak Diferansiyel Denklemi	3
1.4 İnce Plaklar İçin Elastik Yüzey Denklemi	5
1.5 Diferansiyel Geometri	5
1.6 Gerilmelerle Şekil Değiştirme Bileşenleri Arasındaki Bağlantılar	7
1.7 Gerilmelerle Yer Değiştirme Bileşenleri Arasındaki Bağlantılar	8
2. SONLU ELEMANLAR METODU	9
2.1 Giriş	9
2.2 Karışık Sonlu Elemanlar Metodu	9
2.3 Toplam Potansiyel Enerji Prensibi	10
2.3.1 Toplam Potansiyel Enerjinin Birinci Varyasyonu	10
2.4 İnce Plakların Sonlu Elemanlar Metodu İle Çözümü	13
2.4.1 Deplasman Fonksiyonlarının Seçimi	14
2.4.2 Şekil Fonksiyonları	16
2.4.3 Plak Elemanda Elastisite Bağlıntıları	18
2.4.4 Plak Elemanda Kesit Tesirleri-Yer Değiştirme Bağlıntıları	22
2.4.5 Eleman Rijitlik Matrisinin Oluşturulması	23
2.4.6 Eleman Dış Yük Vektörünün Oluşturulması	26
2.4.7 Sisteme Geçiş	27
2.4.8 Sınır Şartlarının Tüm Sisteme Uygulanması	30
2.4.9 Düğüm Sabitlerinden Yararlanarak Kesit Tesirlerinin Bulunuşu	31
3. SONLU FARKLAR METODU	32
3.1 Tek Boyutlu Elemanlar (Kirişler) İçin Sonlu Farklar	32
3.2 Plaklar İçin Sonlu Farklar	35
3.2.1 Kuvvetler	38
3.2.2 Sınır Şartları	38
4. FARKLI MESNET KOŞULLARINA SAHİP “L” ŞEKLİNDEKİ BETONARME	

PLAKLARIN ANALİZİ	41
4.1 Tip 1 İçin Sonlu Elemanlar ve Sonlu Farklar Analizi Sonuçları	42
4.2 Tip 2 İçin Sonlu Elemanlar ve Sonlu Farklar Analizi Sonuçları	46
4.3 Tip 3 İçin Sonlu Elemanlar ve Sonlu Farklar Analizi Sonuçları	50
4.4 Tip 1, 2 ve 3 İçin Sonlu Elemanlar Analiz Sonuçları ve Karşılaştırılması	54
4.5 Tip 1, 2 ve 3 İçin Sonlu Farklar Analiz Sonuçları ve Karşılaştırılması	56
4.6 Analiz Sonuçlarının Değişim Yüzdeleri	58
5. TİP 1 İÇİN SONLU FARKLAR UYGULAMA ADIMLARI	62
6. SONUÇLAR	66
KAYNAKLAR	68
EKLER	69
Ek 1 Tip 1 İsimli Plağın SAP2000 Programı Girdi Dosyası	70
Ek 2 Tip 2 İsimli Plağın SAP2000 Programı Girdi Dosyası	75
Ek 3 Tip 3 İsimli Plağın SAP2000 Programı Girdi Dosyası	81
ÖZGEÇMİŞ	87

SİMGE LİSTESİ

D	Plak eğilme rijitliği
E	Elastisite modülü
G	Kayma modülü
h	Plak kalınlığı
I	Atalet momenti
J	Jakobi Transformasyonu
k	rijitlik
L	Kiriş uzunluğu
M_x	X doğrultusunda eğilme momenti
M_y	Y doğrultusunda eğilme momenti
M_{xy}	XY düzleminde burulma momenti
P	Birim alana gelen yük
P_d	Hesap Yüğü (1.4G+1.6Q)
P_z	Z doğrultusunda etki eden düşey yük
q	Yayıllı yük
Q_x	X doğrultusu üzerinde meydana gelen kesme kuvveti
Q_y	Y doğrultusu üzerinde meydana gelen kesme kuvveti
U	İç kuvvetlerin potansiyel enerjisi
u	X doğrultusundaki yer değiştirme
v	Y doğrultusundaki yer değiştirme
x, y, z	Kartezyen koordinatlar
V	Toplam potansiyel enerji
W	Dış kuvvetlerin potansiyel enerjisi
w	Z doğrultusundaki yer değiştirme (çökme)
w_0	Şekil değiştirmiş kirişin I durumundaki çökmesi
w_1	Şekil değiştirmiş kirişin II durumundaki çökmesi
w	Çökme
w	Çökme
α	$\Delta x / \Delta y$
β	Plak şekil değiştirme açısı
ϵ_x	X doğrultusunda birim deformasyon bileşeni
ϵ_y	Y doğrultusunda birim deformasyon bileşeni
ϵ_z	Z doğrultusunda birim deformasyon bileşeni
$\phi(x)$	İnterpolasyon Polinomu
γ_{xy}	Kayma deformasyonu
η	y / b
λ	Sonlu farklar ağı genişliği
μ	Poisson oranı
θ_x	X etrafındaki dönme
θ_y	Y etrafındaki dönme
σ_y	Y doğrultusundaki normal gerilme bileşeni
σ_z	Z doğrultusundaki normal gerilme bileşeni
τ_{xy}	XY düzlemindeki kayma gerilmesi
ξ	x / a

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Plak ve koordinat sistemi	1
Şekil 1.2. Plak boyutları	2
Şekil 1.3. Diferansiyel plak elemanın dengesi	3
Şekil 1.4. Şekil değiştirmeden önce ve şekil değiştirmeden sonra plak eleman.	6
Şekil 2.1 Düzgün yayılı yüklü basit kiriş	11
Şekil 2.2 Dikdörtgen elemanda deplasman bileşenleri.....	14
Şekil 2.3 Eleman ve sistem için düğüm parametreleri	28
Şekil 3.1 İnterpolasyon polinomu, eğri parçası ve düzenli noktalar	32
Şekil 3.2 Plaklarda sonlu farklar ağı.....	35
Şekil 3.3 Plak Elemanında Sınır ve Fiktif Noktalar	39
Şekil 3.4 Basit Mesnet Durumu.....	39
Şekil 3.5 Ankastre Mesnet Durumu	39
Şekil 4.1 Tipik eleman ağı ve numaraları.....	42
Şekil 4.2 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi M_x momenti karşılaştırmaları	44
Şekil 4.3 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi M_y momenti karşılaştırmaları	45
Şekil 4.4 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi M_{xy} momenti karşılaştırmaları	45
Şekil 4.5 Tip2 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_x momenti	48
Şekil 4.6 Tip2 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_y momenti	49
Şekil 4.7 Tip2 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_{xy} momenti.....	49
Şekil 4.8 Tip3 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_x momenti	52
Şekil 4.9 Tip3 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_y momenti	52
Şekil 4.10 Tip3 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_{xy} momenti.....	53
Şekil 4.11 Tip1, 2 ve3 için sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_x momenti	55
Şekil 4.12 Tip1, 2 ve3 için sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_y momenti	55
Şekil 4.13 Tip1, 2 ve3 için sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_{xy} momenti	56
Şekil 4.14 Tip1, 2 ve3 için sonlu farklar analizi karşılaştırmaları: M_x momenti	57
Şekil 4.15 Tip1, 2 ve3 için sonlu farklar analizi karşılaştırmaları: M_y momenti	58
Şekil 4.16 Tip1, 2 ve3 için sonlu farklar analizi karşılaştırmaları: M_{xy} momenti	58
Şekil 5.1 Sonlu farklar eleman ağı ($\Delta x=\Delta y=1m$)	62

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. Eleman rijitlik matrisi.....	25
Çizelge 2.2. Eleman ve sistem için düğüm parametreleri	29
Çizelge 3.1 Tek boyutlu (Kirişler için) türevlerin sonlu farklarla ifadesi için katsayılar şeması.....	35
Çizelge 3.2 Plaklarda Sonlu Farklar Ağı İçin Katsayılar Şeması.....	37
Çizelge 4.1 Plağın mesnetlenme şekli ve geometrik özellikleri.....	41
Çizelge 4.2 Analizde kullanılan beton sınıflarının mekanik özellikleri (TS 500-2000)	41
Çizelge 4.3 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması.....	42
Çizelge 4.4 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması (Çizelge 4.3 'ün devamı)	43
Çizelge 4.5 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için moment karşılaştırmaları	43
Çizelge 4.6 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için moment karşılaştırmaları (Çizelge 4.5 'in devamı)	44
Çizelge 4.7 Tip1 plağı mesnet noktaları için moment değerlerinin karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.8 Tip2 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.9 Tip2 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması (Çizelge 4.8 'in devamı)	47
Çizelge 4.10 Tip2 plağı ara düğüm noktaları için momentlerin karşılaştırılması	47
Çizelge 4.11 Tip2 plağı ara düğüm noktaları için momentlerin karşılaştırılması (Çizelge 4.10 'un devamı)	48
Çizelge 4.12 Tip2 plağı mesnet noktaları için moment değerlerinin karşılaştırılması.....	50
Çizelge 4.13 Tip3 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması.....	50
Çizelge 4.14 Tip3 plağı ara düğüm noktaları için momentlerin karşılaştırılması	51
Çizelge 4.15 Tip3 plağı mesnet noktaları için moment değerlerinin karşılaştırılması.....	53
Çizelge 4.16 Tip1, 2 ve 3 için sonlu elemanlar analizi sonuçları.....	54
Çizelge 4.17 Tip1, 2 ve 3 için sonlu farklar analizi sonuçları.....	56
Çizelge 4.18 Tip1, 2 ve 3 için sonlu farklar analizi sonuçları (Çizelge 4.9 'un devamı)	57
Çizelge 4.19 Tip1 için değişim yüzdeleri.....	59
Çizelge 4.20 Tip2 için değişim yüzdeleri.....	60
Çizelge 4.21 Tip3 için değişim yüzdeleri.....	61
Çizelge 5.1 Plak diferansiyel denkleminin matris formu	63
Çizelge 5.2 Tip1 için hesaplanan çökme değerleri (metre).....	64
Çizelge 5.3 Tip1 için hesaplanan M_x , M_y , M_{xy} momentleri (kNm)	64
Çizelge 5.4 Tip1 için hesaplanan M_x , M_y , M_{xy} momentleri (Çizelge 5.3 devamı).....	65

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca yardımları, gösterdikleri ilgi ve sabırları için değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Nilgün AKTAN 'a; tezimi yaparken bütün bilgi birikimini, emeğini, zamanını benimle paylaşıp kahrımı çeken arkadaşım Cem AYDEMİR'e; tezimi yapıp bitirmem konusundaki öğütlerinden ve teşviklerinden ötürü nişanlım Muazzez BAHTİYAR'a ve hayatım boyunca benden yardım ve desteklerini esirgemeyen aileme içtenlikle teşekkür ederim.

Tarkan GÜRBÜZ

İstanbul, 2005

ÖZET

Bu çalışmada L şeklindeki betonarme plakların farklı mesnetlenme koşullarına göre sonlu farklar ve sonlu elemanlar yöntemleriyle analizi yapılarak, bu yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırmalar yapılırken sonlu elemanlar yönteminin uygulaması SAP2000 programı yardımıyla yapılmıştır.

Bölüm 1 'de Plak teorisine genel bir bakış yapılarak, ince plaklar için elastik yüzey dekleme bağıntıları verilmiş, plak diferansiyel geometrisine girilerek, gerilmelerle yerdeğiştirmeler ve şekil değiştirmeler arasındaki bağıntılar verilmiştir.

Bölüm 2 'de yaklaşık analiz yöntemlerinden sonlu elemanlar metodu kısaca tanıtılmış ve bu metod ile kesit tesirlerinin bulunuşu açıklanmıştır.

Bölüm 3 'de yaklaşık analiz yöntemlerinden sonlu farklar metodu anlatılmıştır. Bu yöntemin plaklar için uygulama şekli anlatılarak plak kesit tesirleri bağıntıları verilmiştir.

Bölüm 4 'de 3 farklı mesnetlenme durumu sahip plaklar için yapılan analiz sonuçlarını içeren tablolar ve grafikler yer almaktadır.

Bölüm 5 'de Tip 1 isimli plak için sonlu farklar metodu uygulama adımları anlatılmıştır.

Anahtar kelimeler: L şeklindeki plaklar, sonlu farklar, sonlu elemanlar.

ABSTRACT

In this study, L shaped concrete plates which have different boundary conditions were analysed by using two different methods and comparison of the solutions were given. These methods are finite differences and finite element methods. Application of finite element method was made by using the computer program called SAP2000.

In chapter 1, general plate theory was explained shortly and equations of elasticity for thin plates were given. Using these equations stress/strain and strain/displacement relationships were written.

In chapter 2, the finite element one of the approximate method was explained. Applying this method on plates and equilibrium of stresses acting on a body was given.

In chapter 3, the finite differences one of the approximate method method was explained. Applying this method on plates and equilibrium of stresses acting on a body was given.

In chapter 4, the analyse results, tables and diagrams are shown for plates which have three different boundary conditions.

In chapter 5, application steps were given for the finite finite differences method. The matrix of coefficients which is used while solving the problem was shown in this chapter.

Keywords : L shaped plates, finite differences, finite elements.

1. GİRİŞ

1.1 Plak Teorisine Genel Bir Bakış

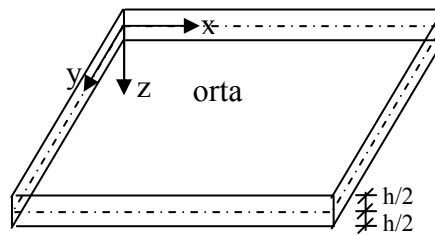
Yapı mühendisliğinde kullanılan taşıyıcı sistemler genel olarak üç grupta incelenir.

- **Doğrusal taşıyıcı sistemler ya da çubuk sistemler** ; iki boyutu taşıyıcı olan diğer boyutunun yanında ihmal edilebilecek kadar küçük olan sistemler, örneğin; kirişler, kolonlar vb.
- **Yüzeysel taşıyıcı sistemler** ; kalınlığı taşıyıcı boyutlarına göre çok küçük olan sistemler, örneğin; plak, levha, kabuk vb.
- **Uzaysal taşıyıcı sistemler** ; her üç boyutu da ihmal edilemeyecek kadar büyük olan sistemlerdir.

Yüzeysel taşıyıcı sistemler ; dış yüklerin etki biçimine göre kendi içinde bölümlere ayrılır.

- a) Dış yükler, kalınlıkların orta noktalarının geometrik yeri olarak tanımlanabilecek “orta yüzey”e dik ise plak çalışması söz konusudur. Yani orta yüzeyin eğilmesi ile bir elastik yüzey meydana gelir. Bu tür taşıyıcılara plak denir. Örneğin betonarme döşemeler plak cinsinden taşıyıcılardır.
- b) Dış yükler, orta yüzey içinde etkiyorsa levha (disk) çalışması söz konusudur. Levhalarda eğilme problemi önemini yitirir (eğilme etkileri oluşmaz), stabilite problemi ön plana çıkar. Örneğin kendi ağırlığı etkisinde kalan perde duvarlar sadece bu yük durumu için levha cinsinden taşıyıcılar olarak kabul edilebilir.
- c) Plak ve levha türü taşıyıcılarda orta yüzey bir düzlemdir. Eğer orta yüzey bir düzlem değilse, herhangi bir formda bir eğri yüzey ise ve yük bu yüzeye genel konumda etkiyor ise kabuk çalışması söz konusu olacaktır. Bu tür taşıyıcılarda hem eğilme hem stabilite problemi önem kazanmaktadır. Örneğin, kubbeler, su depoları, silolar bu tür taşıyıcılara örnek olarak verilebilir.

1.2 İnce Plak Teorisi

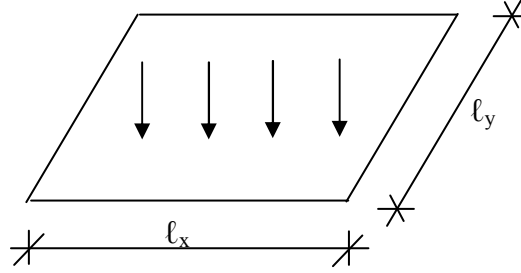


Şekil 1.1. Plak ve koordinat sistemi

İnce plak teorisinde eğilmenin tarif edilebilmesi için, plakla ilgili bazı kabuller yapılması gerekmektedir. Bu kabuller şu şekilde sıralanabilir:

i. Plak geometrisi açısından;

a) Plakın kalınlığı diğer iki boyutunun yanında çok küçüktür. ($h \ll \ell_x, \ell_y$)



Şekil 1.2. Plak boyutları

b) Plak kalınlığının orta noktalarının geometrik yeri bir düzlem oluşturur.

c) Yüklemler plak orta düzlemine diktir.

d) Plak kalınlığına oranla elastik şekil değiştirmeler küçüktür. Denge denklemleri ve şekil değiştirme-yer değiştirme bağıntılarında ikinci mertebe terimleri dikkate alınmaz. ($w \ll h$)

ii. malzeme açısından;

a) Malzeme homojen (her noktada aynı fiziksel özellik gösteren), izotrop (her doğrultuda aynı davranışı gösteren) ve belli sınırlar içinde doğrusal-elastik olup Hooke kanunu geçerlidir.

iii. Hesap kolaylığı açısından;

a) Şekil değiştirmeden önce orta düzlemin herhangi bir noktasının normali, şekil değiştirmeden sonra meydana gelen elastik yüzeyin aynı noktadaki normali olarak kalır. Yani şekil değiştirmeden önce orta düzlemin bir noktadaki normali üzerinde bulunan bir nokta, şekil değiştirmeden sonra da elastik yüzeyin aynı noktadaki normali üzerinde kalır. Bu durum çubuk sistemlerde Bernoulli-Navier hipotezine karşılık gelen Kirchhoff-Love hipotezidir.

b) Plak orta yüzeyine dik doğrultudaki σ_z normal gerilmeleri diğer normal gerilmeler yanında ihmal edilebilecek kadar küçüktür. $\sigma_z \cong 0$

c) Yukarıdaki kabule dayanılarak $\varepsilon_z \cong 0$ alınabilir.

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad (1.1)$$

$$\sigma_z \approx 0 \quad \mu \approx 0.10 - 0.15$$

d) Plak kesitinin orta düzleminde deformasyon yoktur.

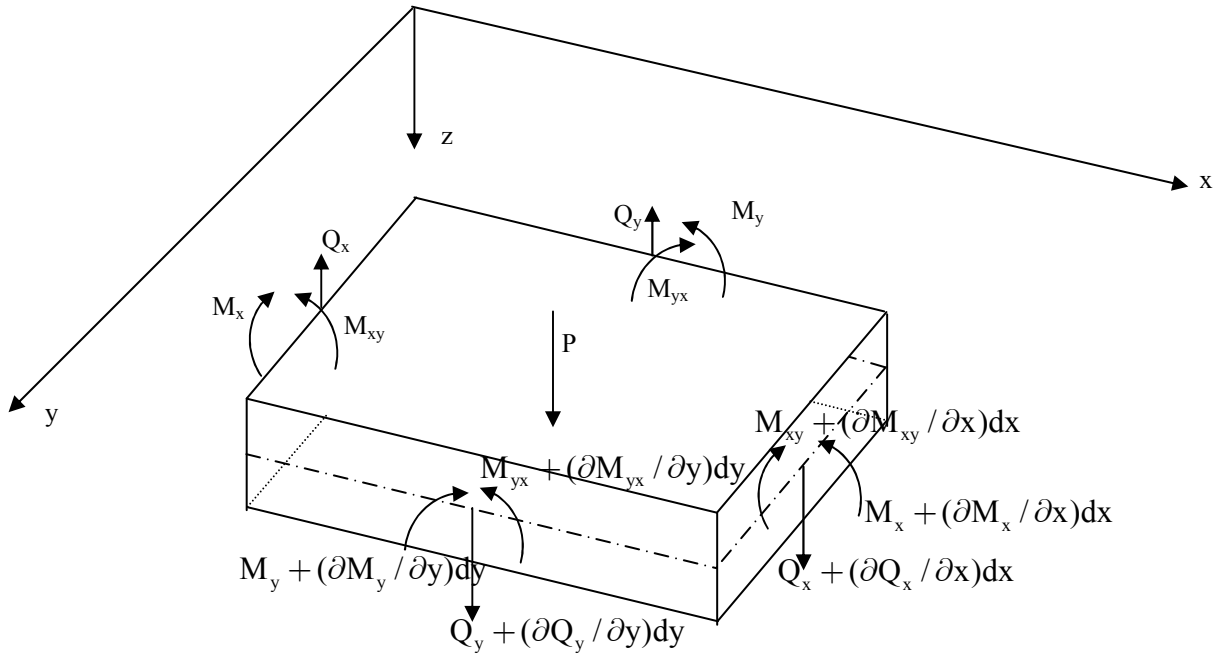
$$\begin{aligned} (\varepsilon_x)_{z=0} &\approx 0 & (\varepsilon_y)_{z=0} &\approx 0 & (\gamma_{xy})_{z=0} &\approx 0 \\ (u)_{z=0} &\approx 0 & (v)_{z=0} &\approx 0 & (w)_{z=0} &\neq 0 \end{aligned} \quad (1.2)$$

Yukarıdaki kabullere göre bazı plak çeşitleri şunlardır:

- 1) Reissner plağı : Kalın plak kabulü söz konusu olup, plağın kalınlığından doğan kayma gerilmeleri ihmal edilmez ve sabit bir değer olarak dikkate alınır.
- 2) Karmann plağı : İnce plak teorisine girer ve çökmeler kalınlığa göre bir merteye daha büyüktür.
- 3) Kirchoff plağı : İnce plak teorisine girer ve çökmeler kalınlığa göre küçüktür.

Bu çalışmada Kirchoff plağına göre sonlu eleman ağı oluşturulacaktır.

1.3 Plak Diferansiyel Denklemini



Şekil 1.3. Diferansiyel plak elemanın dengesi

P (x,y) yükünün etkisi altındaki bir diferansiyel elemanın dengesini yazabilmek için 3 temel denge denklemi,

$$\Sigma P_z = 0 \quad , \quad \Sigma M_x = 0 \quad , \quad \Sigma M_y = 0 \quad (1.3)$$

kullanılarak, plak davranışında etkili olan kesit tesirleri ; eğilme momentleri (M_x , M_y), burulma momentleri (M_{xy} , M_{yx}) ve kesme kuvvetleri (Q_x , Q_y) bulunur. Sonsuz küçük bir diferansiyel elemanın denge konumu dikkate alındığında, aşağıdaki denge bağıntılarını elde etmek mümkündür:

1) $\Sigma P_z = 0$ denge şartı için;

$$P \cdot dx \cdot dy + \frac{\partial Q_x}{\partial x} \cdot dx \cdot dy + \frac{\partial Q_y}{\partial y} \cdot dx \cdot dy = 0 \quad (1.4)$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = -P$$

2) $\Sigma M_x = 0$ denge şartı için;

$$\frac{\partial M_x}{\partial x} \cdot dx \cdot dy + \frac{\partial M_{yx}}{\partial y} \cdot dx \cdot dy - \left(Q_x + \frac{\partial Q_x}{\partial x} \cdot dx \right) \cdot dx \cdot dy - \frac{\partial Q_y}{\partial y} \cdot dy \cdot dx \cdot \frac{dx}{2} - P \cdot dx \cdot dy \cdot \frac{dx}{2} = 0$$

$$\frac{\partial M_x}{\partial x} + \frac{\partial M_{yx}}{\partial y} = Q_x \quad (1.5)$$

3) $\Sigma M_y = 0$ denge şartı için;

$$\frac{\partial M_y}{\partial y} \cdot dx \cdot dy + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \cdot dx \cdot dy - \left(Q_y + \frac{\partial Q_y}{\partial y} \cdot dy \right) \cdot dx \cdot dy - \frac{\partial Q_x}{\partial x} \cdot dy \cdot dx \cdot \frac{dy}{2} - P \cdot dx \cdot dy \cdot \frac{dy}{2} = 0$$

$$\frac{\partial M_y}{\partial y} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} = Q_y \quad (1.6)$$

Moment-çökme ilişkilerinden yararlanılarak Q_x ve Q_y kesme kuvveti tesirleri, çökmeler cinsinden şu şekilde bulunabilir:

$$Q_x = -D \cdot (w'''_{xxx} + \mu \cdot w'''_{yyx}) - D \cdot (1 - \mu) w'''_{xyy} \quad (1.7)$$

$$Q_x = -D \cdot (w'''_{xxx} + \mu \cdot w'''_{yyx})$$

$$Q_y = -D \cdot (w'''_{yyy} + \mu \cdot w'''_{yxx}) - D \cdot (1 - \mu) w'''_{xxy} \quad (1.8)$$

$$Q_y = -D \cdot (w'''_{yyy} + \mu \cdot w'''_{yxx})$$

1.4 İnce Plaklar İçin Elastik Yüzey Denklemi

1900'lü yılların başında yapı mühendisliğinde kullanılan sistemlerde boyutlandırma, işletme yüklemesi altındaki malzemeler için belirlenen emniyet gerilmelerinin aşılmaması esas alınarak yapılmıştır. Elastik Hesap Yöntemi olarak bilinen bu yöntemden yararlanılarak, küçük sehimli ince plakların elastik yüzeyini ifade eden diferansiyel denklem, Lagrange tarafından 1916 yılında ortaya konmuştur.

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P(x, y)}{D} \quad (1.9)$$

Bu bağıntılarda çözümü sağlayan $w=f(x, y)$ ifadesi olup, çökme belirlendikten sonra denge denklemlerinden yararlanılarak moment ifadeleri şu şekilde bulunabilir:

$$\begin{aligned} M_x &= -D \cdot \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ M_y &= -D \cdot \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \\ M_{xy} &= -D \cdot (1 - \mu) \cdot \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \cdot \partial y} \right) \end{aligned} \quad (1.10)$$

ya da kısaca;

$$M_x = -D \cdot (w''_{xx} + \mu \cdot w''_{yy})$$

$$M_y = -D \cdot (w''_{yy} + \mu \cdot w''_{xx})$$

$$M_{xy} = -D \cdot (1 - \mu) \cdot w''_{xy}$$

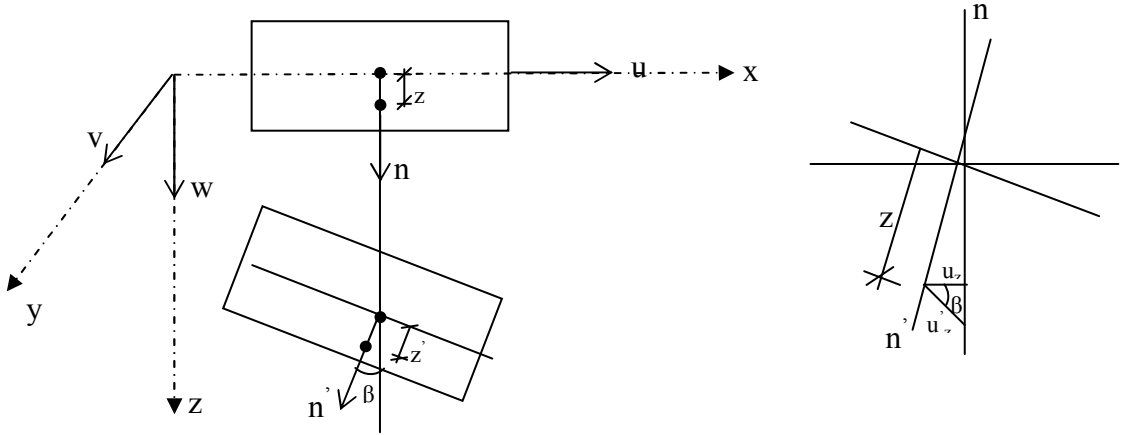
Burada D sembolü plak rijitliğini göstermekte olup,

$$D = \frac{E \cdot I}{(1 - \mu^2)} = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \quad (1.11)$$

olarak yazılabilir.

1.5 Diferansiyel Geometri

Bir plak elemanda diferansiyel geometri yardımıyla, şekil değiştirme bileşenleri ile yer değiştirme bileşenleri arasındaki bağıntıları bulabilmek için plak şekil değiştirmeden önce ve şekil değiştirmeden sonra $y = \text{sabit}$ düzlemiyle kesilirse;



Şekil 1.4. Şekil değiştirmeden önce ve şekil değiştirmeden sonra plak eleman.

Şekil 1.4.'den

$$\operatorname{tg} \beta \cong \beta \cong \frac{\partial w}{\partial x} \quad (1.12)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{u'_z}{z} \quad u'_z = z \cdot \operatorname{tg} \beta = z \cdot \frac{\partial w}{\partial x} \quad (1.13)$$

$$u_z = u'_z \cdot \cos \beta$$

olduğu görülmektedir. Burada $\operatorname{tg} \beta$ plağın x doğrultusundaki eğimini ifade etmektedir.

Ayrıca; β çok küçük olduğundan $\cos \beta \cong 1$; $u_z = u'_z$ ve

u_z, u' nun (+) yönüne ters olduğundan

$$u_z = -\frac{\partial w}{\partial z} \cdot z \quad (1.14)$$

ve benzer şekilde;

$$v_z = -\frac{\partial w}{\partial y} \cdot z \quad (1.15)$$

olarak yazılabilir.

z derinliğinde birim boy değişimleri ise;

$$(\varepsilon_x)_z = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_z = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \cdot z \quad (1.16)$$

$$(\varepsilon_x)_z = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \cdot z \quad (1.17)$$

$$(\varepsilon_y)_z = -\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \cdot z \quad (1.18)$$

şeklinde ifade edilir.

z derinliğinde ve orta düzleme paralel bir elemandaki açı değişimleri ise;

$$\left(\gamma_{xy} \right)_z = \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)_z = -\frac{\partial^2 w}{\partial x \cdot \partial y} \cdot z - \frac{\partial^2 w}{\partial y \cdot \partial x} \cdot z \quad (1.19)$$

$$\left(\gamma_{xy} \right)_z = -2z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \cdot \partial y}$$

olarak hesaplanabilir.

1.6 Gerilmelerle Şekil Değişirme Bileşenleri Arasındaki Bağlantılar

Elastisite teorisinden bilindiği gibi,

$\sigma_z \approx 0$, $\varepsilon_z \approx 0$ kabulü ile birim boya karşı gelen şekil değişirmeler

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_x - \mu \sigma_y) \quad (1.20)$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_y - \mu \sigma_x) \quad (1.21)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} \cdot \tau_{xy} \quad (1.22)$$

şeklinde yazılabilir.

Burada;

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu)} \quad (1.23)$$

olarak alınabilir.

(1.20), (1.21), (1.22) bağıntılarından gerilmeler çekilirse ;

$$(\sigma_x)_z = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_x + \mu\varepsilon_y)_z \quad (1.24)$$

$$(\sigma_y)_z = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_y + \mu\varepsilon_x)_z \quad (1.25)$$

$$(\tau_{xy})_z = G \cdot (\gamma_{xy})_z \quad (1.26)$$

bağıntılarına ulaşılır.

1.7 Gerilmelerle Yer Değiştirme Bileşenleri Arasındaki Bağlantılar

$$(\sigma_x)_z = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left(-h \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \mu \cdot h \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (1.27a)$$

$$(\sigma_x)_z = -\frac{E \cdot h}{1-\mu^2} \cdot \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (1.27b)$$

Benzer şekilde ;

$$(\sigma_y)_z = -\frac{E \cdot h}{1-\mu^2} \cdot \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \quad (1.28a)$$

$$(\tau_{xy})_z = -\frac{E \cdot h}{1+\mu} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \cdot \partial y} \quad (1.28b)$$

Yukarıda belirtildiği üzere gerilmeler plak kalınlığı (h)'a doğrusal olarak bağlıdır. Bu bağlamda kesit yüksekliğince gerilmelerin doğrusal olarak değişeceği düşünülebilir. O halde z indisi kaldırılarak, gerilmeler kısaca şu şekilde ifade edilebilir:

$$\sigma_x = a \cdot h$$

$$\sigma_y = b \cdot h$$

$$\tau_{xy} = c \cdot h$$

(1.29)

2. SONLU ELEMANLAR METODU

2.1 Giriş

1950'lerin ortalarında geliştirilen Sonlu Elemanlar Yöntemi mühendislik problemlerinin çözümünde sıkça kullanılan bir sayısal hesap (nümerik analiz) tekniğidir. Yöntemde, sürekli veya süreksiz bir ortam fiktif sınırlarla sonlu sayıda elemana bölünür. Elemanın şekli, söz konusu ortamın şekline ve sınır şartlarına bağlı olarak seçilir. Bu sonlu elemanların birbirleriyle bağlantısının düğüm noktalarında olduğu varsayılır. Uygulanışı ise elde edilen elemanlar üzerinde iç ve dış kuvvetlerin enerjisinin minimizasyonu ve sonra bu elemanların birleştirilmesi şeklindedir. Birbirlerine düğüm noktalarından bağlı ve bu düğüm noktaları ile karşılıklı etkileşimi sağlayan bu parçaların her birine “sonlu eleman” denir. Buna bağlı olarak sistemle ilgili her türlü özel koşullar kolayca dikkate alınabilir. Bu özelliğinden dolayı günümüzde sonlu elemanlar metodu yapı mühendisliğinin yanı sıra zemin mekaniğinde, hidrolikte, ısı transferinde, nükleer enerjide ve elektrik mühendisliğinde de kullanılmaktadır.

Yöntemde bilinmeyen olarak düğüm noktalarının ötelemeleri ve eğimleri veya iç kuvvetler seçilebilir. Bunlara düğüm parametreleri denir. Düğüm parametrelerinin sayısını arttırmak, sonlu eleman sayısını arttırmak yani sonlu eleman ağını daraltmakla mümkün olabilir. Bu durumda sistemde düğüm noktası sayısı ve buna bağlı düğüm parametrelerinin sayısı artar. Bunun doğal bir sonucu olarak daha gerçeğe yakın çözümler elde etmek mümkün olur. Ancak sonlu eleman boyutu küçüldükçe (sonlu eleman ağı daraldıkça) sistemin toplam serbestlik derecesi artar ki bu da çözüm aşamasının uzun sürmesine neden olur. Ayrıca çözüm stabilitesinin de düşebileceği unutulmamalıdır.

Elde edilen sonlu eleman ağı için kinematik şartları sağlayan uygun bir yer değiştirme fonksiyonu seçilir. Bu fonksiyon yardımı ile düğüm noktası deplasmanları ifade edilir. Bu düğüm parametreleri; deplasman bileşenleri, dönmeler ve burulma eğriliği gibi deplasman vektörlerini içerir. Eğilme hesabında bu deplasman parametrelerinin bulunması, gerçek sistemin kesit tesirlerinin bulunması için yeterlidir.

2.2 Karışık Sonlu Elemanlar Metodu

Sonlu elemanlar metodunun temelini oluşturan düğüm noktalarındaki değişkenler açısından Sonlu Elemanlar Yöntemi 3'e ayrılabilir. Bu yöntemler;

- Deplasmanların değişken olduğu “deplasman modeli”

- Gerilmelerin değişken olduğu “denge metodu”
- Hem deplasmanların hem de gerilmelerin değişken olduğu “karışık metot”tur.

Plak çözümünde sonlu elemanlar metodu uygulanırken hem deplasmanlar, hem de deplasmanlara bağlı olarak gerilmeler değişken olduğu için karışık metot kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar metodunda, seçilen fonksiyon yardımı ile düğüm noktası deplasmanları ifade edildikten sonra, malzeme özelliklerinden ve başlangıç şekil değiştirmelerinden yararlanılarak gerilme durumu ortaya çıkarılır. Elemana etki eden bu kuvvetlerin düğüm noktalarına yığıldığı kabul edilir. Bu kuvvetlerin dış yükler ve sınır gerilmeleri ile dengesi göz önüne alınarak eleman rijitlik matrisleri oluşturulur. Gerçek sisteme etkiyen dış yükler ise düğüm noktaları üzerine alınarak düğüm etki vektörü yani, eleman yük vektörü oluşturulur. Eleman eksenlerinde ifade edilen rijitlik matrisleri ve yük vektörleri oluşturulduktan sonra, biriktirme metodu ya da çevirme matrisleri yardımıyla sistem eksenlerinde tanımlı olan rijitlik ve yük matrisleri oluşturulur. Elde edilen denklem takımına sisteme ait mesnet şartları eklenir, bu işlem yapılırken mesnetlerde sıfır olduğu bilinen deplasman parametrelerine ait satır ve sütunlar silinerek denklem takımı ve bilinmeyen sayısı azaltılır. Denklem takımı çözülerek her düğüm noktasına ait deplasman parametreleri bulunduktan sonra, her eleman için deplasmanlardan yola çıkılarak gerilmeler hesaplanır. Aynı düğüm noktasında birleşen elemanlar için kesit tesirleri değerleri farklı olacağından, o düğüm noktası için bu değerlerin ortalaması alınarak sonuç kesit tesirleri bulunur.

2.3 Toplam Potansiyel Enerji Prensibi

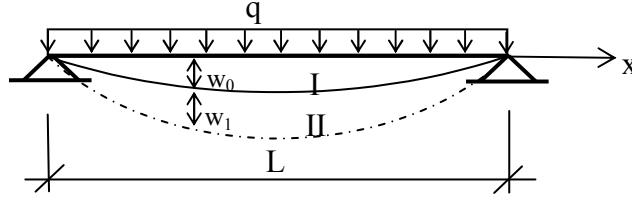
Geometrik açıdan lineer ve lineer olmayan sistemlere uygulanabilen toplam potansiyel enerji prensibi, fiziksel açıdan ise yalnızca lineer sistemlere uygulanabilmektedir. Toplam potansiyel enerjinin birinci varyasyonu denge denklemini, dolayısıyla eğilme problemini; ikinci varyasyonu ise stabilite problemini içerir. Bu çalışmada da eğilme problemi söz konusu olduğundan toplam potansiyel enerjinin birinci varyasyonu ele alınmıştır.

2.3.1 Toplam Potansiyel Enerjinin Birinci Varyasyonu

Elastik bir sistemde toplam potansiyel enerji, geometrik uygunluk ve geometrik sınır şartlarını sağlayan bütün konumlar arasında sadece denge konumu için bir ekstrem değere (stasyoner değer) sahiptir. Böylece eğilme problemi belirli bir integral ifadeyi ekstrem yapan konumun bulunması durumuna indirgenmiş olur. Birçok problemde bu ekstrem değer bir minimum olduğundan, bu prensibe minimum potansiyel enerji prensibi de denilir. Bilindiği gibi sınırlı

bir integral ifadenin stasyonere değerinin aranması problemi bir varyasyon problemidir.

Örneğin, $I = \int_{x_1}^{x_2} f(x, y, y') dx \equiv \text{ekstrem}$ veya $\delta I \equiv 0$



Şekil 2.1 Düzgün yayılı yüklü basit kiriş

Şekil 2.1’de düzgün q yüküyle yüklü basit kirişin boyu L ise; çubuğun diferansiyel denklemi $EIw^{IV} = q$ olarak gösterilebilir. Burada w çökmeyi ifade ettiğine göre;

$w' = \text{dönme}$

$-EIw'' = M$ eğilme momenti

$-EIw''' = V$ kesme kuvveti

$EIw^{IV} = q$

olur.

Toplam potansiyel enerji, iç kuvvetlerin potansiyel enerjisi (U) ile dış kuvvetlerin potansiyel enerjileri (W) toplamı şeklinde düşünülürse,

$$V = U + W \quad (2.1)$$

şeklinde yazılabilir.

Kesme kuvvetinin şekil değiştirmedeki payı ihmal edilirse, iç kuvvetlerin potansiyel enerjisi,

$$U = \int_0^L \frac{M^2}{2EI} dx \quad (2.2)$$

ve ya

$$U = \frac{EI}{2} \int_0^L (w'')^2 dx \quad (2.3)$$

şeklini alır.

Benzer şekilde dış kuvvetlerin potansiyel enerjisi;

$$W = - \int_0^L qw dx \quad (2.4)$$

$V = U + W$ olduğuna göre;

$$V = U + W = \int_0^L \left[\frac{EI}{2} (w'')^2 - qw \right] dx \quad (2.5)$$

olarak ifade edilebilir.

Şekil 2.1'de görüldüğü üzere (I) hakiki denge konumuna yakın ikinci bir konum daha (II) dikkate alırsak ; burada w_0 denge konumundaki deplasman olmasına rağmen, ikinci konumu elde etmek için verilen sonsuz küçük artım w_1 'dir.

$$w = w_0 + w_1 \quad (2.6)$$

Buna göre yeni konum için toplam potansiyel enerji ;

$$V_I(w_0) \rightarrow V_{II}(w_0 + w_1) \quad (2.7)$$

$$\Delta V = V_{II}(w_0 + w_1) - V_I(w_0) \quad (2.8)$$

$$\Delta V = \left[\int_0^L \frac{EI}{2} (w_0'' + w_1'')^2 dx - \int_0^L q(w_0 + w_1) dx \right] - \left[\int_0^L \frac{EI}{2} (w_0'')^2 dx - \int_0^L qw_0 dx \right] \quad (2.9)$$

$$\Delta V = \int_0^L EI w_0'' w_1'' dx - \int_0^L q w_1 dx + \int_0^L \frac{EI}{2} (w_1'')^2 dx \quad (2.10)$$

Potansiyel enerjideki değişim seriye açılırsa,

$$\Delta V = \delta V + (1/2!) \delta^2 V + (1/3!) \delta^3 V + (1/4!) \delta^4 V \quad (2.11)$$

olur.

(2.11) bağıntısındaki ilk terim potansiyel enerjinin birinci varyasyonunu, ikinci terim ise potansiyel enerjinin ikinci varyasyonunu göstermektedir.

İç kuvvetlerin işi δU , dış kuvvetlerin işi ise δW ile gösterilirse,

$$\delta U = \int \{\delta \varepsilon\} \{\sigma\} dV \quad (2.12)$$

$$\{\sigma\} = [D](\{\varepsilon\} - \{\varepsilon_0\}) + \{\sigma_0\} - \alpha\Delta t\{D_T\} \quad (2.13)$$

$\{\varepsilon_0\}$ başlangıç şekil değiştirmeleri ve $\{\sigma_0\}$ başlangıç gerilme vektörleri ihmal edilirse;

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} - \alpha\Delta t\{D_T\} \text{ olur.} \quad (2.14)$$

İç ve dış kuvvetlerin eşitliği yazılırsa, aşağıdaki sonuç ifadeye ulaşılır:

$$[k_e]\{d(t)\} + [c_e]\{d^*(t)\} + [m_e]\{d^{**}(t)\} + [s_e]\{d(t)\} = \{q_e(t)\}_0 + \{q_e(t)\}_T \quad (2.15)$$

$$[k_e] = \int_V [\Delta N]^T [D] [\Delta N] dV \quad : \text{ eleman rijitlik matrisi}$$

$$[c_e] = \mu \int_V [N]^T [N] dV \quad : \text{ eleman sönüm matrisi}$$

$$[m_e] = \rho \int_V [N]^T [N] dV \quad : \text{ eleman kütle matrisi}$$

$$[s_e] = c \int_F [N(w)]^T [N(w)] dF \quad : \text{ eleman elastik yataklanma matrisi}$$

$$\{q_e(t)\}_T = \alpha\Delta t \int_V [\Delta N]^T \{D_T\} \quad : \text{ elemanın zamana bağlı sıcaklık değişimi}$$

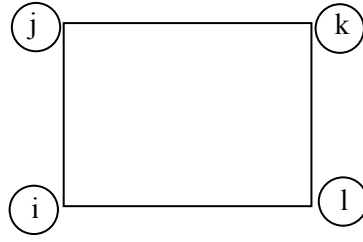
$$\{q_e(t)\}_0 = \int_F [N]^T p(t) dF \quad : \text{ elemanın zamana bağlı dış yükü}$$

(2.15) bağıntısında eleman için verilen matris ve vektörlerden yararlanarak, sisteme geçilirse sonuç denklem (2.16) bağıntısındaki gibi gösterilebilir.

$$[K]\{d(t)\} + [C]\{d^*(t)\} + [M]\{d^{**}(t)\} + [S]\{d(t)\} = \{Q(t)\}_0 + \{Q(t)\}_T \quad (2.16)$$

2.4 İnce Plakların Sonlu Elemanlar Metodu İle Çözümü

Plakların analizinde incelenecek olan sürekli plak, malzeme özellikleri değişmemek kaydı ile sonlu sayıda düzlemsel elemana ayrılır. Bu sonlu elemanların geometrik şekli ortamın şekline ve sınır şartlarına bağlı olarak seçilebilir. Bu çalışmada dikdörtgen sonlu elemanlar kullanılmıştır. Dolayısıyla elemanın her köşesinde bir yer değiştirme ve iki de dönme bileşeni olmak üzere üç deplasman bileşeni dikkate alınmıştır. Her bir dikdörtgen elemanda toplam on iki deplasman bileşeni bulunmaktadır. Yani eleman rijitlik matrisi 12x12 boyutundadır.



Şekil 2.2 Dikdörtgen elemanda deplasman bileşenleri

O halde bu elemanın deplasman parametreleri;

$$\{d\}_i^T = [w_i, \theta_{xi}, \theta_{yi}, w_j, \theta_{xj}, \theta_{yj}, w_k, \theta_{xk}, \theta_{yk}, w_l, \theta_{xl}, \theta_{yl}] \quad (2.17)$$

olur.

Burada w ; z eksenindeki yer değiştirmeyi (çökmeyi), θ_x ve θ_y sırasıyla x ve y eksenini etrafındaki dönmeleri temsil eder. Deplasman parametreleri deplasman fonksiyonları cinsinden de yazılabilir:

$$\{d\}_i = \begin{Bmatrix} w_i \\ \theta_{xi} \\ \theta_{yi} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} w_i \\ \left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)_i \\ -\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)_i \end{Bmatrix} \quad (2.18)$$

2.4.1 Deplasman Fonksiyonlarının Seçimi

Bölüm 2.1.de belirtildiği gibi seçilecek deplasman fonksiyonunun rijit cisim hareketi ve sabit şekil değiştirme sağlayacak şekilde seçilmiş olması gerekmektedir. Bunun için deplasman fonksiyonları ya tam polinom ya da doğal koordinatların fonksiyonu şeklinde olmalıdır. Elemanın içinde ve kenarında sürekli olmalıdır. Ayrıca iç ve dış kuvvetlerin içindeki türevlerde de sürekli olmalıdır. Bu nedenle Pascal polinomlarından yararlanılarak deplasman fonksiyonu seçilir:

$$w = a_1 + a_2x + a_3y + a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2 + a_7x^3 + a_8x^2y + a_9xy^2 + a_{10}y^3 + a_{11}x^3y + a_{12}xy^3 \quad (2.19)$$

Burada a katsayıları polinom sabitleridir. Eleman düğüm noktası deplasmanları olan $\{d\}$ ile a arasındaki bağı veren bir $[A]$ matrisi ; elemanın düğüm noktalarının deplasman parametrelerinin, deplasman fonksiyonları ve onların türevleri cinsinden yazılmış bileşenlerinde, düğüm noktası koordinatlarının yerine koyulması ile tanımlanabilir.

Katsayıların hesabında gerekli olan türev bağıntıları;

$$\theta_x = \frac{\partial w}{\partial y} = a_3 + a_5 x + 2a_6 y + a_8 x^2 + 2a_9 xy + 3a_{10} y^2 + a_{11} x^3 + 3a_{12} xy^2 \quad (2.20)$$

$$\theta_y = -\frac{\partial w}{\partial x} = -a_2 - 2a_4 x - a_5 y - 3a_7 x^2 - 2a_8 xy - a_9 y^2 - 3a_{11} x^2 y - a_{12} y^3 \quad (2.21)$$

şeklinde yazılabilir.

Düğüm noktası koordinatları $i (0;0)$, $j (0;b)$, $k (a;b)$, $l (a;0)$ olan dikdörtgen sonlu eleman için [A] matrisi (2.22) bağıntısı ile verilmiştir.

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & b & 0 & 0 & b^2 & 0 & 0 & 0 & b^3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2b & 0 & 0 & 0 & 3b^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -b & 0 & 0 & 0 & -b^2 & 0 & 0 & 0 & -b^3 \\ 1 & a & b & a^2 & ab & b^2 & a^3 & a^2 b & ab^2 & b^3 & a^3 b & ab^3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & a & 2b & 0 & a^2 & 2ab & 3b^2 & a^3 & 3ab^2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -2a & -b & 0 & -3a^2 & -2ab & -b^2 & 0 & -3a^2 b & -b^3 & 0 \\ 1 & a & 0 & a^2 & 0 & 0 & a^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & a & 0 & 0 & a^2 & 0 & 0 & a^3 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -2a & 0 & 0 & -3a^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

[A] matrisinin inversi alınarak [B] matrisi (2.23) bağıntısındaki gibi oluşturulur.

$$[B] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -3/a^2 & 0 & -2/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1/ab & 1/a & -1/b & 1/ab & 0 & 1/b & -1/ab & 0 & 0 & 1/ab & -1/a & 0 & 0 \\ -3/b^2 & 2/b & 0 & 3/b^2 & 1/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2/a^3 & 0 & 1/a^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2/a^3 & 0 & 0 & 0 \\ 3/a^2 b & 0 & 2/ab & -3/a^2 b & 0 & -2/ab & 3/a^2 b & 0 & -1/ab & -3/a^2 b & 0 & 1/ab & 0 \\ 3/ab^2 & -2/ab & 0 & -3/ab^2 & -1/ab & 0 & 3/ab^2 & 1/ab & 0 & -3/ab^2 & 2/ab & 0 & 0 \\ 2/b^3 & -1/b^2 & 0 & -2/b^3 & -1/b^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2/a^3 b & 0 & -1/a^2 b & 2/a^3 b & 0 & 1/a^2 b & -2/a^3 b & 0 & 1/a^2 b & 2/a^3 b & 0 & -1/a^2 b & 0 \\ -2/ab^3 & 1/ab^2 & 0 & 2/ab^3 & 1/ab^2 & 0 & -2/ab^3 & -1/ab^2 & 0 & 2/ab^3 & -1/ab^3 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

Boyutları $a=1m$, $b=1m$ olan bir sonlu eleman için [A] ve [B] matrisleri aşağıdaki gibi bir hal alır:

$$[A]=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 3 \\ 0 & -1 & 0 & -2 & -1 & 0 & -3 & -2 & -1 & 0 & -3 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -2 & 0 & 0 & -3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

$$[B]=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ -3 & -2 & 0 & 3 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 0 & -1 \\ 3 & 0 & -2 & -3 & 0 & 2 & 3 & 0 & 1 & -3 & 0 & -1 \\ 3 & 2 & 0 & -3 & 1 & 0 & 3 & -1 & 0 & -3 & -2 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & 1 & 2 & 0 & -1 & -2 & 0 & -1 & 2 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 & 2 & -1 & 0 & -2 & 1 & 0 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

2.4.2 Şekil Fonksiyonları

Plak için seçilmiş olan deplasman fonksiyonu (2.19) bağıntısı ile verilmiştir. Burada

$$w = [\phi(x, y)] \cdot \{a\} \quad \text{olmak üzere}$$

$$w = [\phi(x, y)] \cdot [B] \cdot \{d\}$$

(2.26)

bağıntısı yazılabilir.

$[\phi(x, y)] \cdot [B]$ ifadesi deplasman fonksiyonunda elemanın geometrik şekliyle ilgili bir terim olup, şekil fonksiyonu adını alır ve kısaca N ile gösterilir.

$$[N] = [\phi(x, y)] \cdot [B]$$

(2.27)

(2.27) bağıntısından

$[\phi(x, y)] = [1, x, y, x^2, xy, y^2, x^3, x^2y, xy^2, y^3, x^3y, xy^3]$ şekil fonksiyonları hesaplanır.

Şekil fonksiyonları hesaplanırken [B] matrisi a ve b' li terimler içerdiğinden basitleştirme ve işlem kolaylığı sağlaması açısından $x/a = \xi$ ve $y/b = \eta$ olarak gösterilirse şekil fonksiyonları ;

(i) düğüm noktasında $\xi = 0, \eta = 0$ için;

$$\begin{aligned} N_1 &= 1 - \xi\eta - (3 - 2\xi)\xi^2(1 - \eta) - (1 - \xi)(3 - 2\eta)\eta^2 \\ N_2 &= (1 - \xi)\eta(1 - \eta)^2 b \\ N_3 &= -\xi(1 - \xi)^2(1 - \eta)a \end{aligned} \quad (2.28)$$

(j) düğüm noktasında $\xi = 0, \eta = 1$ için;

$$\begin{aligned} N_4 &= (1 - \xi)(3 - 2\eta)\eta^2 + \xi(1 - \xi)(1 - 2\xi)\eta \\ N_5 &= -(1 - \xi)(1 - \eta)\eta^2 b \\ N_6 &= -\xi(1 - \xi)^2 \eta a \end{aligned} \quad (2.29)$$

(k) düğüm noktasında $\xi = 1, \eta = 1$ için;

$$\begin{aligned} N_7 &= (3 - 2\xi)\xi^2\eta - \xi\eta(1 - \eta)(1 - 2\eta) \\ N_8 &= -\xi(1 - \eta)\eta^2 b \\ N_9 &= (1 - \xi)\xi^2 \eta a \end{aligned} \quad (2.30)$$

(l) düğüm noktasında $\xi = 1, \eta = 0$ için;

$$\begin{aligned} N_{10} &= (3 - 2\xi)\xi^2(1 - \eta) + \xi\eta(1 - \eta)(1 - 2\eta) \\ N_{11} &= \xi\eta(1 - \eta)^2 b \\ N_{12} &= (1 - \xi)\xi^2(1 - \eta)a \end{aligned} \quad (2.31)$$

şeklinde yazılabilir.

Dikdörtgen eleman için hesaplanan bu şekil fonksiyonları eleman boyutları ve geometrik şekil değişmediği sürece her eleman için aynıdır. Herhangi bir eleman üzerindeki herhangi bir düğüm noktasının yer değiştirme vektörü $\{u\}$ ile gösterilirse,

$$\{\mathbf{u}\} = \begin{Bmatrix} u(x, y) \\ v(x, y) \\ w(x, y) \end{Bmatrix} = [\phi(x, y)] \{\mathbf{a}\} \quad (2.32)$$

olarak ifade edilebilir.

$$\{\mathbf{a}\} = [\mathbf{B}] \{\mathbf{d}\} \quad , \quad \{\mathbf{u}\} = [\phi(x, y)][\mathbf{B}] \{\mathbf{d}\} \quad , \quad [\phi(x, y)][\mathbf{B}] = [\mathbf{N}]$$

olduğuna göre;

$$\{\mathbf{u}\} = [\mathbf{N}] \{\mathbf{d}\} \quad (2.33)$$

olarak da ifade edilebilir.

2.4.3 Plak Elemanda Elastisite Bağlıları

Bilindiği gibi ince plaklar için lineer şekil değiştirme-yer değiştirme bağıntısı

$$\{\boldsymbol{\varepsilon}\} = \begin{Bmatrix} -\partial^2 w / \partial x^2 \\ -\partial^2 w / \partial y^2 \\ -2\partial^2 w / \partial x \partial y \end{Bmatrix} \quad (2.34)$$

şeklindedir.

Bu şekil değiştirmeler matris formda

$$\begin{aligned} \{\boldsymbol{\varepsilon}\} &= [\Delta] \{\mathbf{u}\} \\ \{\boldsymbol{\varepsilon}\} &= [\Delta][\mathbf{N}] \{\mathbf{d}\} = [\Delta \mathbf{N}] \{\mathbf{d}\} \end{aligned} \quad (2.35)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bu ifadede $[\Delta \mathbf{N}]$ matrisi \mathbf{N} şekil fonksiyonlarının x 'e y 'ye ve xy 'ye göre ikinci türevlerinden

$(\partial^2 \mathbf{N} / \partial x^2 \quad , \quad \partial^2 \mathbf{N} / \partial y^2 \quad , \quad \partial^2 \mathbf{N} / \partial x \partial y)$ oluşan bir matristir:

şeklinde yazılabilir. Burada $\xi = x/a$ ve $\eta = y/b$ kısaltmaları yapılırsa,

$$[J] = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix} = ab \quad (2.39)$$

(2.38) bağıntısından yararlanarak şekil fonksiyonlarının türevleri,

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} \end{Bmatrix} = [J]^{-1} \begin{Bmatrix} \frac{\partial N}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N}{\partial \eta} \end{Bmatrix} \quad (2.40)$$

olarak yazılabilir.

(2.39) bağıntısında bulunan $[J]$ matrisinin inversi (2.41) bağıntısında gösterilmiştir.

$$[J]^{-1} = \frac{1}{|J|} \begin{bmatrix} \frac{\partial y}{\partial \eta} & -\frac{\partial y}{\partial \xi} \\ -\frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial x}{\partial \xi} \end{bmatrix} = \frac{1}{ab} \begin{bmatrix} b & 0 \\ 0 & a \end{bmatrix} \quad (2.41)$$

$$[J]^{-1} = \begin{bmatrix} 1/a & 0 \\ 0 & 1/b \end{bmatrix}$$

(2.40) ve (2.41) bağıntıları kullanılarak,

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/a & 0 \\ 0 & 1/b \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial N}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N}{\partial \eta} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{1}{a} \frac{\partial N}{\partial \xi} \\ \frac{1}{b} \frac{\partial N}{\partial \eta} \end{Bmatrix} \quad (2.42)$$

ifadesi elde edilir.

(2.42) bağıntısında bulunan matris formdan yola çıkılarak,

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial x} &= \frac{1}{a} \frac{\partial}{\partial \xi} \\
\frac{\partial}{\partial y} &= \frac{1}{b} \frac{\partial}{\partial \eta} \\
\frac{\partial^2}{\partial x^2} &= \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} \\
\frac{\partial^2}{\partial y^2} &= \frac{1}{b^2} \frac{\partial^2}{\partial \eta^2} \\
\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} &= \frac{1}{ab} \frac{\partial^2}{\partial \xi \partial \eta}
\end{aligned} \tag{2.43}$$

yazılabilir.

Buna göre şekil fonksiyonlarının ikinci türevleri,

$$-N_{1,xx} = -\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} = -\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 N}{\partial \xi^2} = (1-2\xi)(1-\eta) \frac{6}{a^2} \tag{2.44}$$

$$-N_{1,yy} = -\frac{\partial^2 N}{\partial y^2} = -\frac{1}{b^2} \frac{\partial^2 N}{\partial \eta^2} = (1-\xi)(1-2\eta) \frac{6}{b^2} \tag{2.45}$$

$$-2N_{1,xy} = -2 \frac{\partial^2 N}{\partial x \partial y} = -\frac{2}{ab} \frac{\partial^2 N}{\partial \xi \partial \eta} = [1-6\xi(1-\xi)-6\eta(1-\eta)] \frac{2}{ab} \tag{2.46}$$

olarak ifade edilebilir.

Yukarıda gösterildiği gibi her eleman için şekil fonksiyonlarının x'e , y'ye ve xy'ye göre ikinci türevleri $(\partial^2 N / \partial x^2, \partial^2 N / \partial y^2, \partial^2 N / \partial x \partial y)$ alınarak $[\Delta N]$ matrisi bulunur. $[\Delta N]$ matrisinin boyutu 3x12 dir.

$$[\Delta N]^T = \begin{bmatrix} (1-2\xi)(1-\eta)\frac{6}{a^2} & (1-\xi)(1-2\eta)\frac{6}{b^2} & [1-6\xi(1-\xi)-6\eta(1-\eta)]\frac{2}{ab} \\ 0 & (1-\xi)(2-3\eta)\frac{2}{b} & (1-3\eta)(1-\eta)\frac{2}{a} \\ -(2-3\xi)(1-\eta)\frac{2}{a} & 0 & -(1-3\xi)(1-\xi)\frac{2}{b} \\ (1-2\xi)\eta\frac{6}{a^2} & -(1-\xi)(1-2\eta)\frac{6}{b^2} & [-1+6\xi(1-\xi)+6\eta(1-\eta)]\frac{2}{ab} \\ 0 & (1-\xi)(1-3\eta)\frac{2}{b} & -\eta(2-3\eta)\frac{2}{a} \\ -(2-3\xi)\eta\frac{2}{a} & 0 & (1-3\xi)(1-\xi)\frac{2}{b} \\ -(1-2\xi)\eta\frac{6}{a^2} & -\xi(1-2\eta)\frac{6}{b^2} & [1-6\xi(1-\xi)-6\eta(1-\eta)]\frac{2}{ab} \\ 0 & \xi(1-3\eta)\frac{2}{b} & \eta(2-3\eta)\frac{2}{a} \\ -(1-3\xi)\eta\frac{2}{a} & 0 & -\xi(2-3\xi)\frac{2}{b} \\ -(1-2\xi)(1-\eta)\frac{6}{a^2} & \xi(1-2\eta)\frac{6}{b^2} & [-1+6\xi(1-\xi)+6\eta(1-\eta)]\frac{2}{ab} \\ 0 & \xi(2-3\eta)\frac{2}{b} & -(1-3\eta)(1-\eta)\frac{2}{a} \\ -(1-3\xi)(1-\eta)\frac{2}{a} & 0 & \xi(2-3\xi)\frac{2}{b} \end{bmatrix} \quad (2.47)$$

2.4.4 Plak Elemanda Kesit Tesirleri-Yer Değiştirme Bağlıları

Bölüm 1.4'de plak elemanın moment tesirlerini veren ifadeler 1.10 bağıntısında gösterilmiştir.

Bu diferansiyel denklemler matris formda yazılırsa;

$$[D] = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\mu}{2} \end{bmatrix} \quad (2.48)$$

şeklini alır.

(2.48) bağıntısını (1.10) bağıntısında kullanarak gerilmeler şu şekilde yazılabilir:

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\mu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \\ -\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \\ -2\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{Bmatrix} \quad (2.49)$$

(2.49) bağıntısında yer alan $(\partial^2 w / \partial x^2, \partial^2 w / \partial y^2, 2\partial^2 w / \partial x \partial y)$ ifadesi yerine (2.37) bağıntısı yazılırsa, gerilme değerleri ;

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\mu}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -N_{1,xx} & -N_{2,xx} & \cdot & \cdot & -N_{12,xx} \\ -N_{1,yy} & -N_{2,yy} & \cdot & \cdot & -N_{12,yy} \\ -2N_{1,xy} & -2N_{2,xy} & \cdot & \cdot & -2N_{12,xy} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \cdot \\ d_{12} \end{Bmatrix} \quad (2.50)$$

şeklini alır.

(2.50) bağıntısındaki gerilme ifadesinde;

$$\begin{bmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\mu}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -N_{1,xx} & -N_{2,xx} & \cdot & \cdot & -N_{12,xx} \\ -N_{1,yy} & -N_{2,yy} & \cdot & \cdot & -N_{12,yy} \\ -2N_{1,xy} & -2N_{2,xy} & \cdot & \cdot & -2N_{12,xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -m_{1,1} & -m_{1,2} & \cdot & \cdot & -m_{1,12} \\ -m_{2,1} & -m_{2,2} & \cdot & \cdot & -m_{2,12} \\ -m_{3,1} & -m_{3,2} & \cdot & \cdot & -m_{3,12} \end{bmatrix} \quad (2.51)$$

eşitliği yazılırsa , gerilme ifadesi

$$\{\sigma\} = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} [m] \{d\} \quad (2.52)$$

şeklini alır.

2.4.5 Eleman Rijitlik Matrisinin Oluşturulması

Plak elemanlar için eleman rijitlik matrisinin en genel ifadesi

$$[k_e] = \iint [\Delta N]^T [D] [\Delta N] dx dy \quad (2.53)$$

olarak yazılabilir.

Jakobi Transformasyonu kullanılarak (2.53) bağıntısı;

$$\begin{aligned}
[k_e] &= \int_0^1 \int_0^1 [\Delta N]^T [D][\Delta N] |J| d\xi d\eta \\
[k_e] &= ab \int_0^1 \int_0^1 [\Delta N]^T [D][\Delta N] d\xi d\eta
\end{aligned} \tag{2.54}$$

olarak yazılabilir.

(2.54) bağıntısı daha açık yazılırsa, eleman rijitlik matrisi;

$$\begin{aligned}
[k_e] &= \int_0^1 \int_0^1 [\Delta N]^T [D][\Delta N] |J| d\xi d\eta \\
[k_e] &= ab \int_0^1 \int_0^1 [\Delta N]^T [D][\Delta N] d\xi d\eta
\end{aligned} \tag{2.55}$$

olarak yazılabilir.

(2.55) bağıntısı daha açık yazılırsa, eleman rijitlik matrisi;

$$\begin{aligned}
[k_e] &= \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \frac{1}{ab} \int_0^1 \int_0^1 \begin{bmatrix} -N_{1,xx} & -N_{1,yy} & -2N_{1,xy} \\ -N_{2,xx} & -N_{2,yy} & -2N_{2,xy} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ -N_{12,xx} & -N_{12,yy} & -2N_{12,xy} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\mu}{2} \end{bmatrix} \\
&\quad \begin{bmatrix} -N_{1,xx} & -N_{2,xx} & \cdot & -N_{12,xx} \\ -N_{1,yy} & -N_{2,yy} & \cdot & -N_{12,yy} \\ -2N_{1,xy} & -2N_{2,xy} & \cdot & -2N_{12,xy} \end{bmatrix} d\xi d\eta \\
[k_e] &= \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \frac{1}{ab} \begin{bmatrix} k_{1,1} & k_{1,2} & \cdot & k_{1,3} \\ k_{2,1} & k_{2,2} & \cdot & k_{2,12} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ k_{12,1} & k_{12,2} & \cdot & k_{12,12} \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{2.56}$$

şeklini alır.

$a = b = 1$ m. ve $\mu = 0.15$ olması durumunda eleman rijitlik matrisi Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Eleman rijitlik matrisi

	10.68											
	2.32	1.56										
	-2.32	-0.15	1.56									
	-4.68	-2.17	-0.68	10.68								
	2.17	0.61	0	-2.32	1.56							
	-0.68	0	0.44	-2.32	0.15	1.56						
	-1.32	-0.83	0.83	-4.68	-0.68	2.17	10.68					
	0.83	0.38	0	-0.68	0.44	0	-2.32	1.56				
	-0.83	0	0.39	-2.17	0	0.61	2.32	-0.15	1.56			
	-4.68	0.68	2.17	-1.32	0.83	0.83	-4.68	2.17	0.68	10.68		
	0.68	0.44	0	-0.83	0.39	0	-2.17	0.61	0	2.32	1.56	
	-2.17	0	0.61	-0.83	0	0.39	0.68	0	0.44	2.32	0.15	1.56

$$\frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}$$

2.4.6 Eleman Dış Yük Vektörünün Oluşturulması

Sonlu Elemanlar Metodu ile incelenen bir sistemde değişik yükleme durumları söz konusu olabilir. Örneğin bir plak; tekil yük, çizgisel yük veya yüzeysel yük etkisi altında olabilir. Her bir değişik yükleme durumu için eleman dış yük matrisi de değişmektedir.

Bölüm 2.3.1.'de eleman üzerinde dış yük olması durumu için

$$\{q_e(t)\}_0 = \int_F [N]^T p(t) dF \quad (2.57)$$

ifadesi verilmiştir.

Eleman üzerinde yüzeysel yayılı yük olması durumunda $p(t)$ yükün değerini, dF ise plak elemanın alanını gösterir.

$$\{q_e(t)\}_0 = \int \int [N]^T p dx dy \quad (2.58)$$

İşlem kolaylığı için boyutsuz çalışılırsa,

$$\{q_e(t)\}_0 = ab \int_0^1 \int_0^1 [N_1, N_2, \dots, N_{12}]^T p d\xi d\eta \quad (2.59)$$

veya;

$$\{q_e(t)\}_0 = pab \int_0^1 \int_0^1 \begin{Bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \cdot \\ N_{12} \end{Bmatrix} d\xi d\eta = \begin{Bmatrix} q_{e1} \\ q_{e2} \\ \cdot \\ q_{e12} \end{Bmatrix} \quad (2.60)$$

şeklini alır.

(2.60) bağıntısındaki integral işlemleri yapılırsa, yüzeysel yük için eleman yük vektörü p, a, b ' ye bağlı olarak;

$$\{q_e\}_p = \begin{Bmatrix} pab/4 \\ pab^2/24 \\ -pa^2b/24 \\ pab/4 \\ -pab^2/24 \\ -pa^2b/24 \\ pab/4 \\ -pab^2/24 \\ pa^2b/24 \\ pab/4 \\ pab/24 \\ pa^2b/24 \end{Bmatrix} \quad (2.61)$$

Eleman üzerinde tekil yük olması durumunda ise, eleman dış yük matrisi oluşturulurken bu yükün değeri doğrudan yazılır. Bir düğüm noktası üzerinde bir çökme ve iki dönme bileşeni (w, θ_x, θ_y) olduğuna göre, mevcut dış yük bu deplasman bileşenlerinden hangisi yönünde etkiliyorsa, o bileşene karşılık gelen satıra yazılır.

Aynı eleman üzerinde birden fazla yükleme durumu söz konusu olduğunda, farklı yüklemeler için hesaplanan dış yük matrislerinin toplanması gerekmektedir.

2.4.7 Sisteme Geçiş

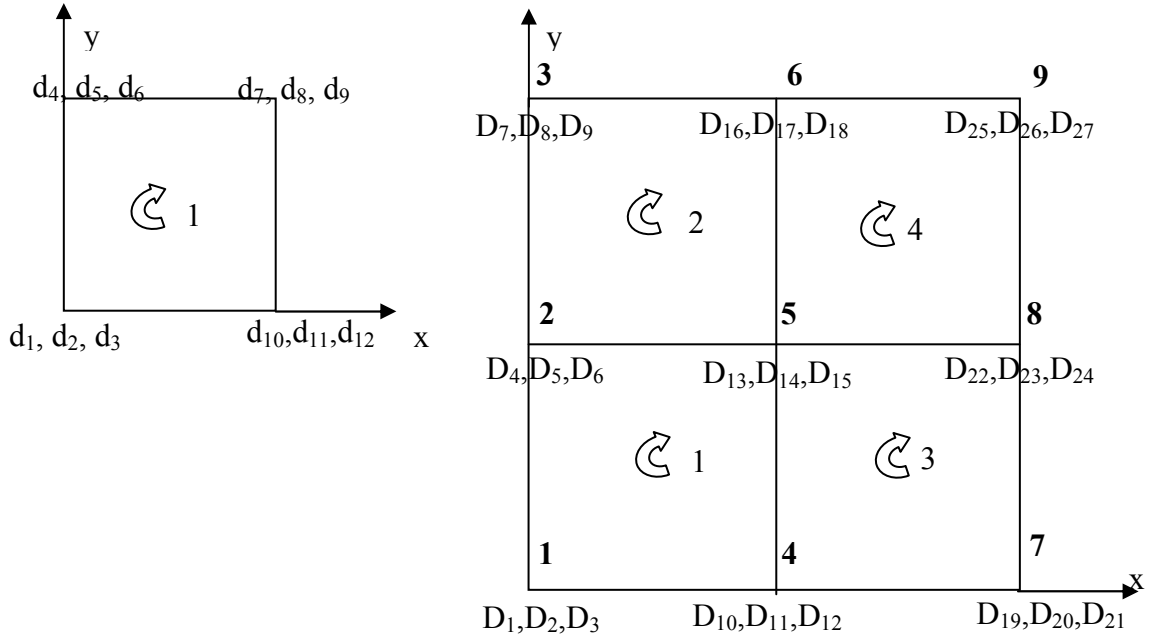
Bundan önceki bölümlerde sonlu eleman ağını oluşturan her bir eleman için, rijitlik matrisinin zemin etki matrisinin ve yük vektörünün nasıl oluşturulduğu anlatıldı. Bu bölümde de eleman için oluşturulan bu matrislerin sisteme nasıl çevrileceği anlatılacaktır. Sonlu Elemanlar Metodu'nda sisteme geçiş iki şekilde olmaktadır. Bunlar;

- a) Biriktirme metodu kullanılarak,
- b) Çevirme matrisleri yardımıyla

olmaktadır.

Eğer sonlu eleman ağı, az sayıda elemandan ve düğüm noktasından oluşuyorsa sisteme geçiş biriktirme metodu ile kolayca sağlanabilir. Ancak eğer çok sayıda eleman ve düğüm noktası sayısı mevcut ise, çevirme matrislerinden yararlanmak daha kolay olacaktır. Esasında çevirme matrisleri de biriktirme metodundan faydalanılarak çıkartılmıştır.

Örnek olarak; 4 elemandan oluşan bir plak için sisteme geçiş şu şekilde olmaktadır:



Şekil 2.3 Eleman ve sistem için düğüm parametreleri

a) Biriktirme metoduyla sisteme geçiş

Şekil 2.6. da eleman ve sistem için düğüm parametreleri ayrı ayrı gösterilmiştir. Sisteme geçebilmek için her elemanda eleman düğüm parametrelerine karşılık gelen düğüm parametrelerinin yazılması gerekmektedir. Örneğin; sistemde D_{10} deplasman bileşenini yazabilmek için, 1 nolu elemanın d_{10} bileşeni ile 3 nolu elemanın d_1 bileşenine ihtiyaç vardır. Yine sistemde D_{14} deplasman bileşenini yazabilmek için, 1 nolu elemanın d_8 bileşeni, 2 nolu elemanın d_{11} bileşeni, 3 nolu elemanın d_5 bileşeni ile 4 nolu elemanın d_2 bileşenine ihtiyaç vardır. Benzer şekilde sistemdeki her düğüm parametresi için elemanlar ayrı ayrı incelenerek, sistem düğüm parametreleri oluşturulmaktadır. Bütün düğüm parametrelerini bir tabloda gösterirsek;

Çizelge 2.2. Eleman ve sistem için düğüm parametreleri

Eleman düğüm parametresi	Sistem düğüm parametreleri			
	I	II	III	IV
d_1	D_1	D_4	D_{10}	D_{13}
d_2	D_2	D_5	D_{11}	D_{14}
d_3	D_3	D_6	D_{12}	D_{15}
d_4	D_4	D_7	D_{13}	D_{16}
d_5	D_5	D_8	D_{14}	D_{17}
d_6	D_6	D_9	D_{15}	D_{18}
d_7	D_{13}	D_{16}	D_{22}	D_{25}
d_8	D_{14}	D_{17}	D_{23}	D_{26}
d_9	D_{15}	D_{18}	D_{24}	D_{27}
d_{10}	D_{10}	D_{13}	D_{19}	D_{22}
d_{11}	D_{11}	D_{14}	D_{20}	D_{23}
d_{12}	D_{12}	D_{15}	D_{21}	D_{24}

b) Çevirme matrisleri yardımıyla sisteme geçiş

Çevirme matrisleri eleman düğüm parametreleri ile sistem düğüm parametreleri arasındaki ilişkiyi ifade eden bir matristir. Bu nedenle çevirme matrisinin satır sayısı eleman düğüm parametresi sayısına, sütun sayısı ise sistem düğüm parametresi sayısına eşittir. Çevirme matrisleri kullanılarak sisteme geçerken yine her eleman için ayrı ayrı inceleme yapılır. Elemanın kendi düğüm parametresine karşılık gelen satır ve sütuna (1), diğer satır ve sütunlara ise (0) yazılarak çevirme matrisleri oluşturulur. Örneğin birinci elemanda eleman düğüm parametrelerine karşılık gelen sistem düğüm parametreleri $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_{13}, D_{14}, D_{15}, D_{10}, D_{11}, D_{12}$ olduğuna göre birinci eleman için yazılan çevirme matrisinde bu düğüm parametrelerinin olduğu satırlara (1) diğerlerine (0) yazılacaktır.

geçildikten sonra elde edilen denklem ;

$$[Q] = [K][D_s] \quad (2.64)$$

bağıntısıyla ifade edilmektedir.

Rijitlik matrisinde sınır şartlarından ötürü sıfır olduğu bilinen düğüm parametresine (D_i) ait (K_{ii}) elemanı için (1), o satır ve sütunda bulunan diğer elemanlar için (0) yazılarak bilinmeyen sayısı indirgenmiş olur. Bu işlem sıfır olduğu bilinen tüm düğüm parametreleri için uygulanarak matris boyutları küçülür. Matris işlemleri yapılarak sisteme ait $[D_s]$ düğüm parametreleri bulunmuş olur.

2.4.9 Düğüm Sabitlerinden Yararlanarak Kesit Tesirlerinin Bulunuşu

(2.52) bağıntısında gerilmeler ile deplasman parametreleri arasındaki ilişki gösterilmiştir. Sistemde bulunan her eleman için gerilmeler ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Bu işlem yapılırken deplasman sabitleri olarak, üzerinde çalışılan elemanın deplasman sabitleri dikkate alınmalıdır. Eğer sınır şartlarından ötürü o elemanın herhangi bir noktasındaki düğüm parametresi sıfır olarak kabul edilmişse, gerilme hesabında da aynı şekilde dikkate alınmalıdır. Her eleman için hesaplanan gerilme değerlerinden sonra, eğer bir düğüm noktası birden fazla elemana ait ise, sonuç gerilmelerin bulunması için o düğüm noktasını içeren tüm elemanlardaki gerilmelerin aritmetik ortalaması alınmalıdır. Örneğin Şekil 2.6. da gösterilen sistemde 5 nolu düğüm noktasındaki gerilme değerlerini bulabilmek için; 1, 2, 3 ve 4 nolu elemanlar için gerilme değerlerinin ayrı ayrı hesaplanıp, aritmetik ortalaması alınması gerekmektedir.

3. SONLU FARKLAR METODU

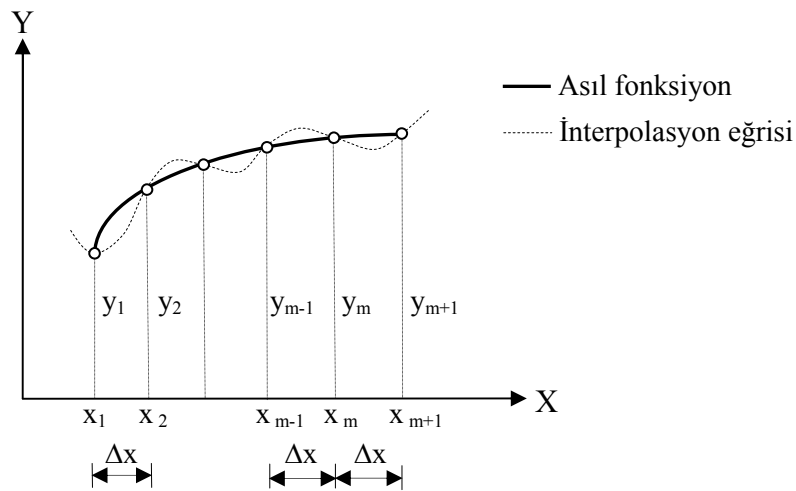
Sonlu farklar metodu, analitik çözümlü güç olan bir çok plak probleminde baş vurulan, uygulama alanı çok geniş yaklaşık *bir nümerik metottur*. Metodun özü, plak diferansiyel denklemini seçilen bazı noktalarda sonlu farklardan oluşan yaklaşık bir cebirsel denkleme dönüştürmektir. Seçilen bu noktalar, dikdörtgen, üçgen veya diğer ağ sistemindeki düğüm noktaları üzerinde alınır. Bu ağ sistemine *sonlu fark ağı* adı verilir. Plak yer değiştirme alanı $w(x,y)$, ağ noktalarında bulunan yaklaşık çökme değerleriyle tanımlanır.

3.1 Tek Boyutlu Elemanlar (Kirişler) İçin Sonlu Farklar

Tek boyutlu elemanlar inceleneceğinden, $y = f(x)$ eğrisini göz önüne alalım. Türevlerin belirlenmesinde sonlu farklar ifadelerini bulmak için söz konusu fonksiyonu ara noktalarda aynı değeri verecek interpolasyon polinomu $\phi(x)$ ile ifade edelim. Ayrıca fonksiyon türevleri $f'(x)$, $f''(x)$, $f'''(x)$ yerine interpolasyon fonksiyonunun bu noktadaki $\phi'(x)$, $\phi''(x)$, $\phi'''(x)$ türevlerini alalım. İnterpolasyon polinomu $\phi(x)$ belirli x noktalarında $(x_1, x_2, \dots, x_{m+1})$ (x_i :düzenli noktalar) asıl fonksiyon $f(x)$ ile aynı değerleri alır $(y_1, y_2, \dots, y_{m+1})$ (Bkz. Şekil 3.1). Sonlu farklar ifadelerinin türetilmesinde kullanılan parabolik interpolasyon polinomları

$$\phi(x) = \sum a_i x^i \quad (i = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (3.1)$$

Genel formundadır.



Şekil 3.1 İnterpolasyon polinomu, eğri parçası ve düzenli noktalar

Düzenli noktalar arasındaki mesafeler eşit ise,

$$x_m - x_{m-1} = x_{m+1} - x_m = \dots = \Delta x \quad (3.2)$$

olur. Asıl fonksiyonun x_m merkezi noktasındaki değeri y_m olsun. Düzenli noktalar arasındaki farklardan yararlanılarak polinom formu aşağıdaki şekli alır.

$$\phi(x) = \sum_{k=0}^k \frac{\Delta^k y_m}{k!(\Delta x)^k} \times \left(\prod_{i=0}^{k-1} (x - x_{m+1}) \right) \quad (3.3)$$

(3.3) denklemindeki ilk fark Δy_m

$$\Delta^k y_m = \Delta^{k-1} y_{m+1} - \Delta^{k-1} y_m = \Delta(\Delta^{k-1} y_m) \quad (3.4)$$

Bu farklar ileri farklar olarak isimlendirilir. Aynı şekilde geri farklar da bulunabilir.

$$\Delta^k y_m = \Delta^{k-1} y_m - \Delta^{k-1} y_{m-1} = \Delta(\Delta^{k-1} y_m) \quad (3.5)$$

$y = f(x)$ fonksiyonunun m noktasındaki Δx sıfıra yaklaştığında, $\Delta x / \Delta y$ bölümünün limiti olarak tanımlanır.

$$f'(x)_m = \left(\frac{dy}{dx} \right)_m = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_m \cong \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_m \quad (3.6)$$

Burada Δy için ileri, geri veya ortalama (merkezi) farklar kullanılabilir.

İleri fark $\Delta y = y_{m+1} - y_m$

Geri fark $\Delta y = y_m - y_{m-1}$

Ortalama (merkezi) $\Delta y = \frac{y_{m+1} - y_{m-1}}{2}$

Farklar kullanılarak m noktasında birinci türev ifadesi ise

İleri değer $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_{m+1,m} = \frac{y_{m+1} - y_m}{\Delta x} \quad (3.7a)$

Geri değer $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_{m,m-1} = \frac{y_m - y_{m-1}}{\Delta x} \quad (3.7b)$

Ortalama (merkezi) değer $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_m = \frac{y_{m+1} - y_{m-1}}{2\Delta x} \quad (3.7c)$

$$\frac{d^2y}{dx^2} \cong \frac{\Delta}{\Delta x} \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_m \quad (3.8a)$$

$\frac{\Delta y}{\Delta x}$ in birim boydaki değişimini arayalım

$$\frac{\Delta}{\Delta x} \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right) = \frac{1}{\Delta x} \left(\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_{m+1,m} - \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_{m,m-1} \right)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} \cong \frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} = \frac{\frac{y_{m+1}-y_m}{\Delta x} - \frac{y_m-y_{m-1}}{\Delta x}}{\Delta x} = \frac{y_{m+1}-2y_m+y_{m-1}}{\Delta x^2} \quad (3.8b)$$

Benzer yaklaşım ile

$$\left(\frac{d^3y}{dy^3} \right)_m \cong \left(\frac{\Delta}{2\Delta x} \left(\frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} \right) \right)_m = \frac{1}{2(\Delta x)^3} (\Delta^2 y_{m+1} - \Delta^2 y_{m-1})$$

$$\left(\frac{d^3y}{dy^3} \right)_m = \frac{1}{2(\Delta x)^3} (y_{m+2} - 2y_{m+1} + 2y_{m-1} - y_{m-2}) \quad (3.9)$$

ve

$$\left(\frac{d^4y}{dx^4} \right)_m = \left(\frac{\Delta^4 y}{\Delta x^4} \right)_m$$

$$\left(\frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} \right)_m = \frac{y_{m+1} - 2y_m + y_{m-1}}{(\Delta x)^2} = \phi(x)_m \text{ diyelim} \quad (3.10a)$$

$$\left(\frac{\Delta^4 y}{\Delta x^4} \right)_m = \left(\frac{\Delta^2 \phi}{\Delta x^2} \right)_m$$

$$\frac{\Delta^2 \phi}{\Delta x^2} = \frac{\phi_{m+1} - 2\phi_m + \phi_{m-1}}{\Delta x^2}$$

$$\phi_{m+1} = y_{m+2} - 2y_{m+1} + y_m$$

$$\phi_{m-1} = y_m - 2y_{m-1} + y_{m-2}$$

$$\frac{\Delta^4 \phi}{\Delta x^4} = \frac{(y_{m+2} - 2y_{m+1} + y_m) - 2(y_{m+1} - 2y_m + y_{m-1}) + (y_m - 2y_{m-1} + y_{m-2})}{\Delta x^4} \quad (3.10b)$$

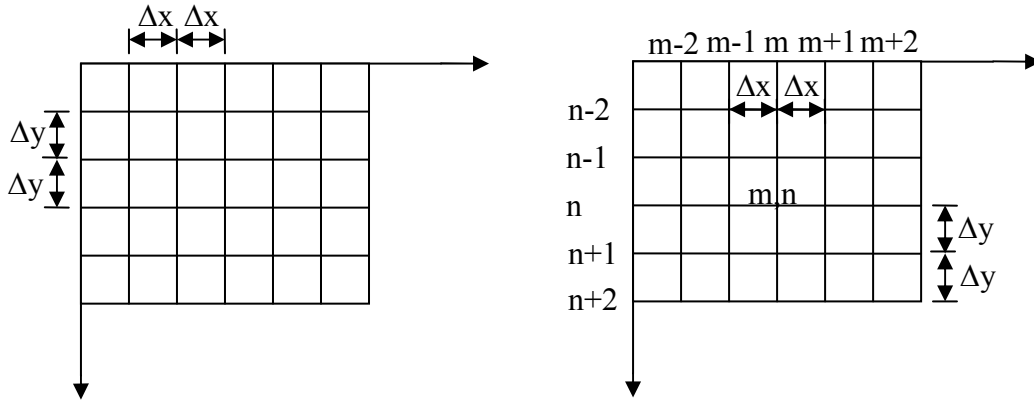
$$\frac{\Delta^4 y}{\Delta x^4} = \frac{(y_{m+2} - 4y_{m+1} + 6y_m - 4y_{m-1} + y_{m-2})}{\Delta x^4} \quad (3.10c)$$

Çizelge 3.1 Tek boyutlu (Kirişler için) türevlerin sonlu farklarla ifadesi için katsayılar şeması

TÜREV		
y_m'	$\textcircled{-1} \text{---} \textcircled{+1}$	$1/2\Delta x$
y_m''	$\textcircled{+1} \text{---} \textcircled{-2} \text{---} \textcircled{+1}$	$1/(\Delta x)^2$
y_m'''	$\textcircled{+1} \text{---} \textcircled{+2} \text{---} \textcircled{+2} \text{---} \textcircled{+1}$	$1/2(\Delta x)^3$
y_m^{IV}	$\textcircled{+1} \text{---} \textcircled{-4} \text{---} \textcircled{+6} \text{---} \textcircled{-4} \text{---} \textcircled{+1}$	$1/(\Delta x)^4$
Nokta	m-2 m-1 m m+1 m+2	

3.2 Plaklar İçin Sonlu Farklar

Plak denkleminde $w = w(x,y)$ iki doğrultuda değişkenlilik söz konusudur. Fakat kısmi türev alınırken, diğer değişken sabit kabul edileceğinden, tek bir değişkene göre türevlerde bulunan ifadeler geçerli olur.



Şekil 3.2 Plaklarda sonlu farklar ağı

Plağı şekilde görüldüğü gibi, bir ağı biçiminde Δx , Δy genişliğinde dilimlere ayırdığımızı, ağıın kesim noktalarındaki sehimleri sonlu farklar olarak gösterdiğimizizi düşünelim. (m,n) noktasını merkez noktası kabul edelim.

$$\left(\frac{d^4 w}{dx^4}\right)_{m,n} = \frac{w_{m-2,n} - 4w_{m-1,n} + 6w_{m,n} - 4w_{m+1,n} + w_{m+2,n}}{(\Delta x)^4} \quad (3.11)$$

$$\left(\frac{d^4 w}{dy^4}\right)_{m,n} = \frac{w_{m-2,n} - 4w_{m-1,n} + 6w_{m,n} - 4w_{m+1,n} + w_{m+2,n}}{(\Delta y)^4} \quad (3.12)$$

$$\left(\frac{d^4 w}{dx^2 dy^2}\right)_{m,n} = \frac{4w_{m,n-2} - 2(w_{m,n+1} + w_{m+1,n} + w_{m-1,n}) + w_{m+1,n+1} + w_{m-1,n+1} + w_{m+1,n-1} + w_{m-1,n-1}}{(\Delta y)^2 (\Delta x)^2} \quad (3.13)$$

Plak diferansiyel denklemi sonlu farklar cinsinden yazılırsa

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 2\frac{d^4 w}{dx^2 dy^2} + \frac{d^4 w}{dy^4} \approx \frac{\Delta^4 w}{\Delta x^4} + 2\frac{\Delta^4 w}{\Delta x^2 \Delta y^2} + \frac{\Delta^4 w}{\Delta y^4} = \frac{P}{D} \quad (3.14)$$

Diferansiyel denklemde (3.11),(3.12),(3.13) bağıntıları yerlerine yazılırsa

$$\begin{aligned} & \frac{w_{m-2,n} - 4w_{m-1,n} + 6w_{m,n} - 4w_{m+1,n} + w_{m+2,n}}{(\Delta x)^4} + \\ & \frac{8w_{m,n} - 4(w_{m,n+1} + w_{m+1,n} + w_{m-1,n} + w_{m,n-1}) + 2(w_{m+1,n+1} + w_{m-1,n+1} + w_{m+1,n-1} + w_{m-1,n-1})}{(\Delta y)^2 (\Delta x)^2} + \\ & \frac{w_{m,n-2} - 4w_{m,n-1} + 6w_{m,n} - 4w_{m,n+1} + w_{m,n+2}}{(\Delta y)^4} = \frac{P}{D} \end{aligned} \quad (3.15a)$$

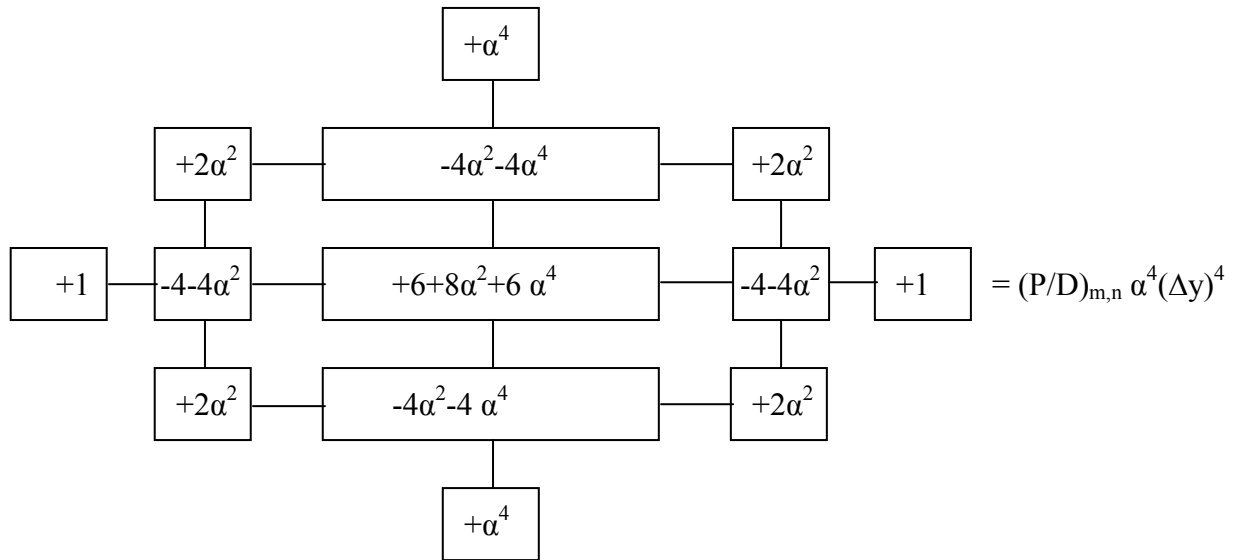
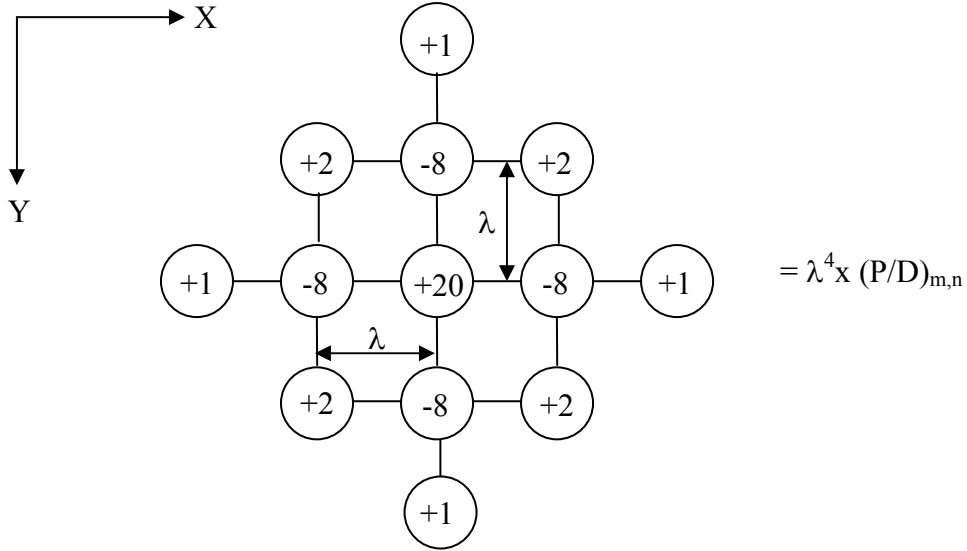
Denklemin her iki tarafı $(\Delta x)^2 (\Delta y)^2$ ile çarpılır ve $\Delta x / \Delta y = \alpha$ yazılırsa, dikdörtgen ağ elemanları için plak denkleminin sonlu farklarla ifadesi

$$\begin{aligned} & w_{m,n} \left[6\left(\alpha^2 + \frac{1}{\alpha^2}\right) + 8 \right] - 4 \left[\left(1 + \frac{1}{\alpha^2}\right)(w_{m-1,n} + w_{m+1,n}) + (1 + \alpha^2)(w_{m,n-1} + w_{m,n+1}) \right] \\ & + 2(w_{m+1,n+1} + w_{m-1,n+1} + w_{m+1,n-1} + w_{m-1,n-1}) + \frac{1}{\alpha^2}(w_{m-2,n} + w_{m+2,n}) + \\ & \alpha^2(w_{m,n-2} + w_{m,n+2}) = \frac{P}{D} \alpha^2 (\Delta y)^4 \end{aligned} \quad (3.15b)$$

Eğer $\Delta x = \Delta y$ olarak alınırsa $\alpha = 1$ olur. Bu durumda kare ağ elemanları için plak denkleminin sonlu farklarla ifadesi aşağıdaki şekilde olur.

$$20w_{m,n} - 8(w_{m-1,n} + w_{m+1,n} + w_{m,n-1} + w_{m,n+1}) + 2(w_{m+1,n+1} + w_{m-1,n+1} + w_{m+1,n-1} + w_{m-1,n-1}) + (w_{m-2,n} - w_{m+2,n} + w_{m,n-2} + w_{m,n+2}) = \frac{P}{D}(\Delta y)^4 \quad (3.15c)$$

Çizelge 3.2 Plaklarda Sonlu Farklar Ağı İçin Katsayılar Şeması



3.2.1 Kuvvetler

$$\begin{aligned}
 (M_x)_{m,n} &= -D \left[\frac{w_{m+1,n} - 2w_{m,n} + w_{m-1,n}}{(\Delta x)^2} + \nu \frac{w_{m,n+1} - 2w_{m,n} + w_{m,n-1}}{(\Delta y)^2} \right] \\
 (M_y)_{m,n} &= -D \left[\frac{w_{m,n+1} - 2w_{m,n} + w_{m,n-1}}{(\Delta y)^2} + \nu \frac{w_{m+1,n} - 2w_{m,n} + w_{m-1,n}}{(\Delta x)^2} \right]
 \end{aligned} \tag{3.16a}$$

$$(M_{xy})_{m,n} = -D(1-\nu) \left[\frac{w_{m+1,n+1} + w_{m-1,n-1} - (w_{m-1,n+1} + w_{m+1,n-1})}{4\Delta x \Delta y} \right]$$

$\Delta x = \Delta y = \lambda$ ise moment ifadeleri

$$\begin{aligned}
 (M_x)_{m,n} &= -\frac{D}{\lambda^2} \times \left((w_{m+1,n} - 2w_{m,n} + w_{m-1,n}) + \nu (w_{m,n+1} - 2w_{m,n} + w_{m,n-1}) \right) \\
 (M_y)_{m,n} &= -\frac{D}{\lambda^2} \times \left((w_{m,n+1} - 2w_{m,n} + w_{m,n-1}) + \nu (w_{m+1,n} - 2w_{m,n} + w_{m-1,n}) \right)
 \end{aligned} \tag{3.16b}$$

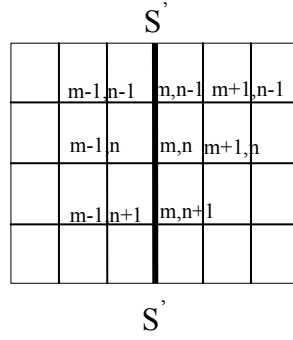
$$(M_{xy})_{m,n} = -\frac{D(1-\nu)}{4\lambda^2} \times \left((w_{m+1,n+1} - w_{m+1,n-1} - w_{m-1,n+1} + w_{m-1,n-1}) \right)$$

$$(Q_x)_{m,n} = -\frac{D}{2\lambda^3} \times \left(w_{m+2,n} - 4w_{m+1,n} + 4w_{m-1,n} - w_{m-2,n} + w_{m+1,n+1} + w_{m+1,n-1} - w_{m-1,n+1} - w_{m-1,n-1} \right) \tag{3.17}$$

$$(Q_y)_{m,n} = -\frac{D}{2\lambda^3} \times \left(w_{m,n+2} - 4w_{m,n+1} + 4w_{m,n-1} - w_{m,n-2} + w_{m+1,n+1} + w_{m-1,n+1} - w_{m+1,n-1} - w_{m-1,n-1} \right)$$

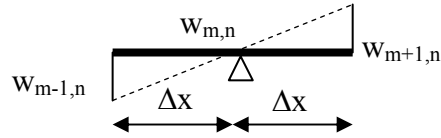
3.2.2 Sınır Şartları

Çözümün tam olabilmesi için, diferansiyel denklemin çözümü yetmez, sınır şartlarını da sağlaması gerekir. Bunun için merkez noktası sınır üzerinde taşınır ve plağın fiktif olarak devam ettiği kabul edilir.



Şekil 3.3 Plak Elemanında Sınır ve Fiktif Noktalar

a) $S-S'$ sınırı basit mesnetlenmiş kenar ise



Şekil 3.4 Basit Mesnet Durumu

- $w I_{s-s'} = 0$

$$W_{m,n} = W_{m,n+1} = W_{m,n-1} = W_{m,n+2} = W_{m,n-2} = 0$$

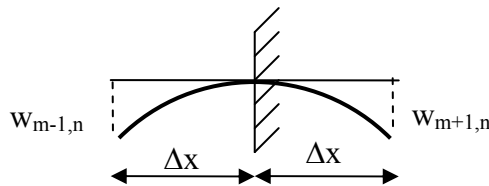
- $\Delta w I_{s-s'} = 0$

$$\Delta W_{m,n} = \frac{W_{m+1,n} - 2W_{m,n} + W_{m-1,n}}{(\Delta x)^2} + \frac{W_{m,n+1} - 2W_{m,n} + W_{m,n-1}}{(\Delta y)^2}$$

Kenar basit mesnet durumunda denklemlerden

$$W_{m+1,n} + W_{m-1,n} = 0 \quad W_{m+1,n} = -W_{m-1,n}$$

b) $S-S'$ Kenarı Ankastre ise



Şekil 3.5 Ankastre Mesnet Durumu

- $w I_{s-s'} = 0$

$$W_{m,n} = W_{m,n-1} = W_{m,n+2} = W_{m,n-2} = 0$$

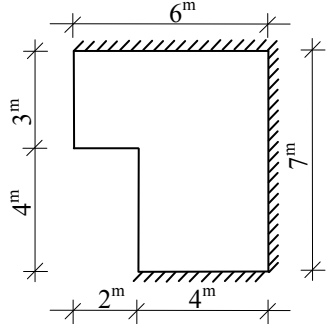
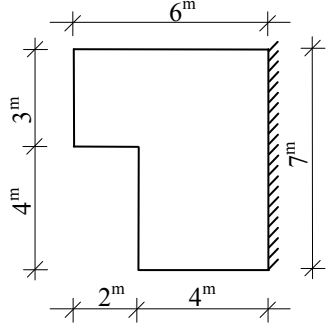
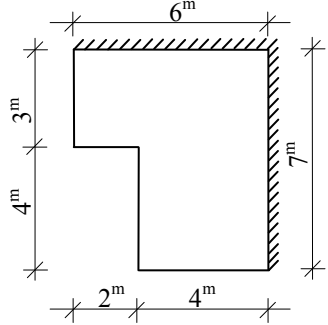
- $\left(\frac{dw}{dx} \right)_{s-s'} = 0$

4. FARKLI MESNET KOŞULLARINA SAHİP “L” ŞEKLİNDEKİ BETONARME PLAKLARIN ANALİZİ

Bu bölümde göz önüne alınacak plak sistemlerin analizinde, 2. bölümde verilmiş olan sonlu elemanlar yöntemi ile 3. bölümde verilmiş olan sonlu farklar yöntemi esas alınacaktır.

İncelenen plak sistemlerinin mesnetlenme biçimleri ve geometrik özellikleri ile malzeme özellikleri sırasıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 'de özetlenmiştir.

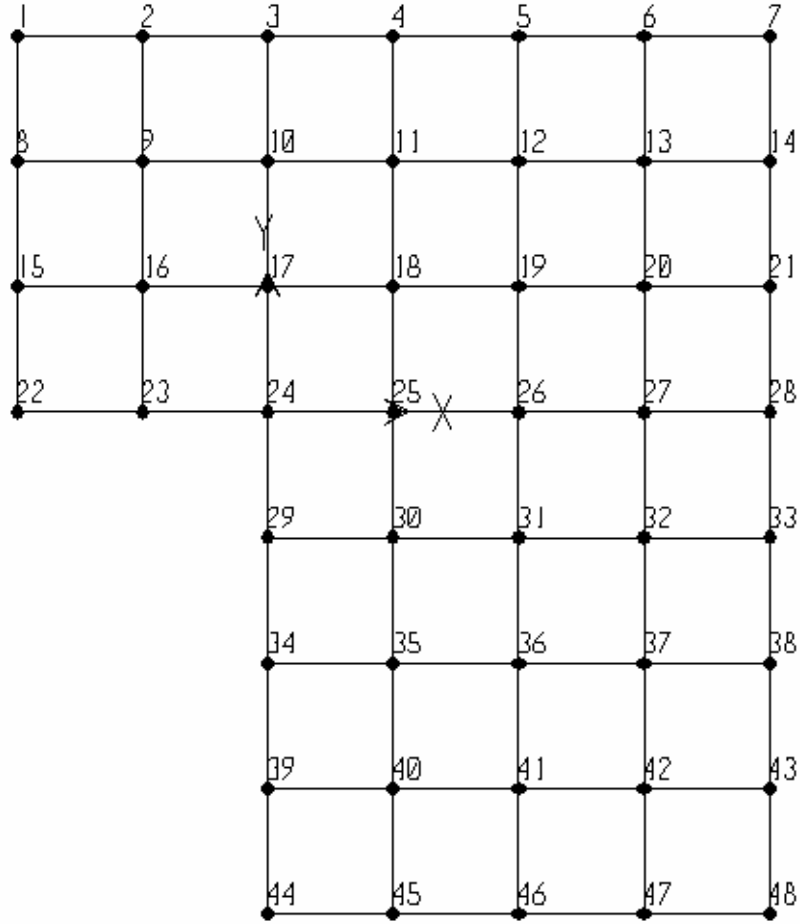
Çizelge 4.1 Plagın mesnetlenme şekli ve geometrik özellikleri

Plak ismi	Mesnetlenme şekli ve boyutları	
Tip1		$h_f = 15 \text{ cm}$
Tip2		$h_f = 15 \text{ cm}$
Tip3		$h_f = 15 \text{ cm}$

Çizelge 4.2 Analizde kullanılan beton sınıflarının mekanik özellikleri (TS 500-2000)

Plak ismi	Malzeme	E (MPa)	μ
Tip1, Tip2, Tip3	C20/S420	28000	0.2

Yukarıda boyutları ve mekanik özellikleri verilen plaklar, Şekil 4.1 de görüldüğü gibi 1'er metre kenar uzunluklu kare ağırlara bölünüp $P_d = 12.95 \text{ kN/m}^2$ üniform hesap yükü etkisi altında sonlu elemanlar ve sonlu farklar yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş ve aşağıda gösterilen sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 4.1 Tipik eleman ağı ve numaraları

4.1 Tip 1 İçin Sonlu Elemanlar ve Sonlu Farklar Analizi Sonuçları

Çizelge 4.3 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması

No	Çökme (m)	
	Sonlu Farklar	Sonlu Elemanlar
9	0.000356	0.000248
10	0.000579	0.000427
11	0.000820	0.000557
12	0.000818	0.000544

Çizelge 4.4 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması (Çizelge 4.3 'ün devamı)

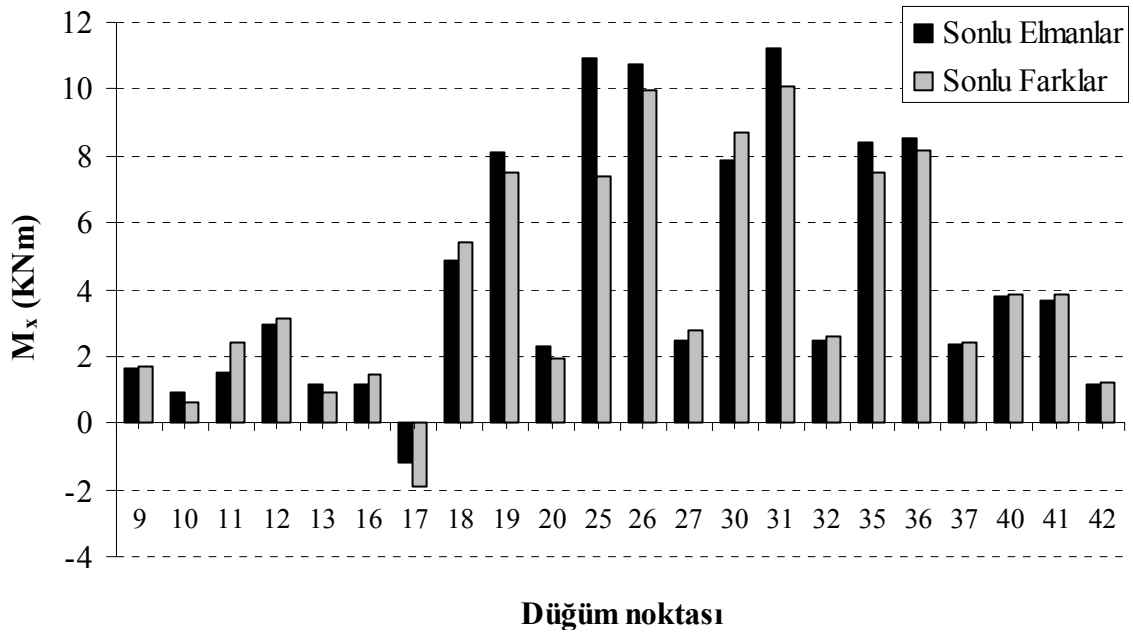
No	Çökme (m)	
	Sonlu Farklar	Sonlu Elemanlar
13	0.000460	0.000270
16	0.000390	0.000308
17	0.000691	0.000604
18	0.001385	0.001086
19	0.001527	0.001203
20	0.000864	0.000597
25	0.001352	0.001187
26	0.001783	0.001517
27	0.001037	0.000754
30	0.001399	0.001204
31	0.001804	0.001519
32	0.001045	0.000758
35	0.001163	0.000993
36	0.001474	0.001215
37	0.000858	0.000607
40	0.000609	0.000457
41	0.000762	0.000552
42	0.000452	0.000277

Çizelge 4.5 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için moment karşılaştırmaları

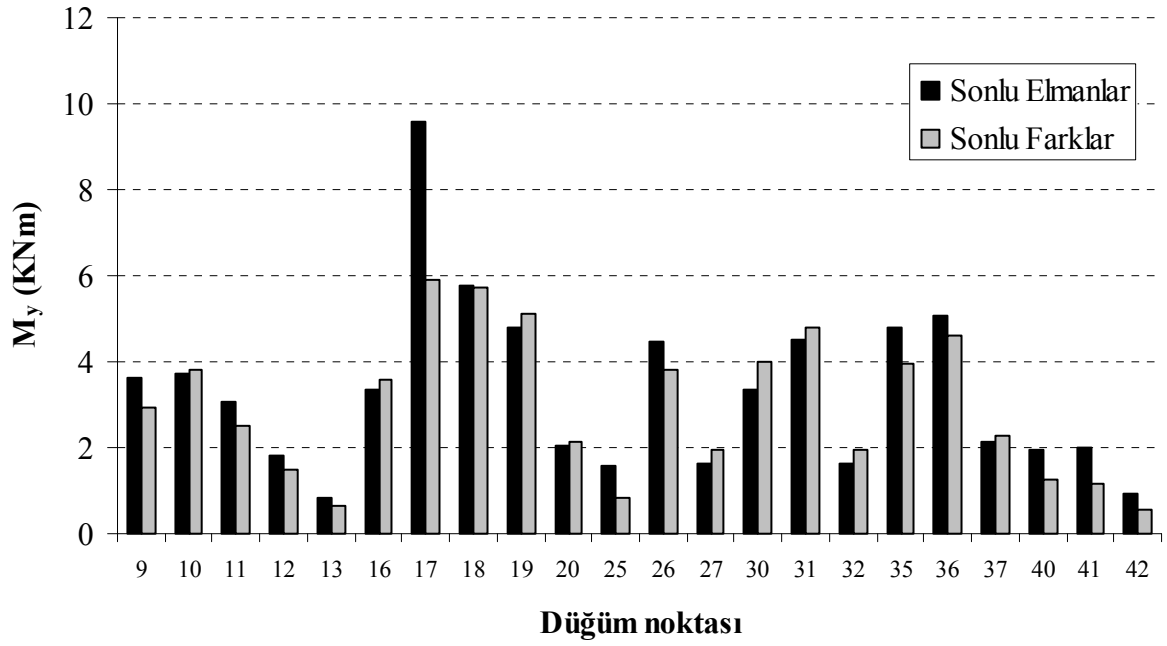
No	SONLU FARKLAR			SONLU ELEMANLAR		
	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)
9	1.68984	2.93672	1.13203	1.60945	3.60988	1.46605
10	0.60703	3.82266	1.62422	0.8889	3.7095	1.51135
11	2.39531	2.52656	1.37813	1.50095	3.0472	1.17468
12	3.13359	1.49297	-0.8531	2.94375	1.79495	-1.1474
13	0.91875	0.65625	-2.5102	1.17178	0.8246	-2.9786
16	1.42734	3.59297	-0.9516	1.14355	3.3595	-1.5252

Çizelge 4.6 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için moment karşılaştırmaları (Çizelge 4.5 'in devamı)

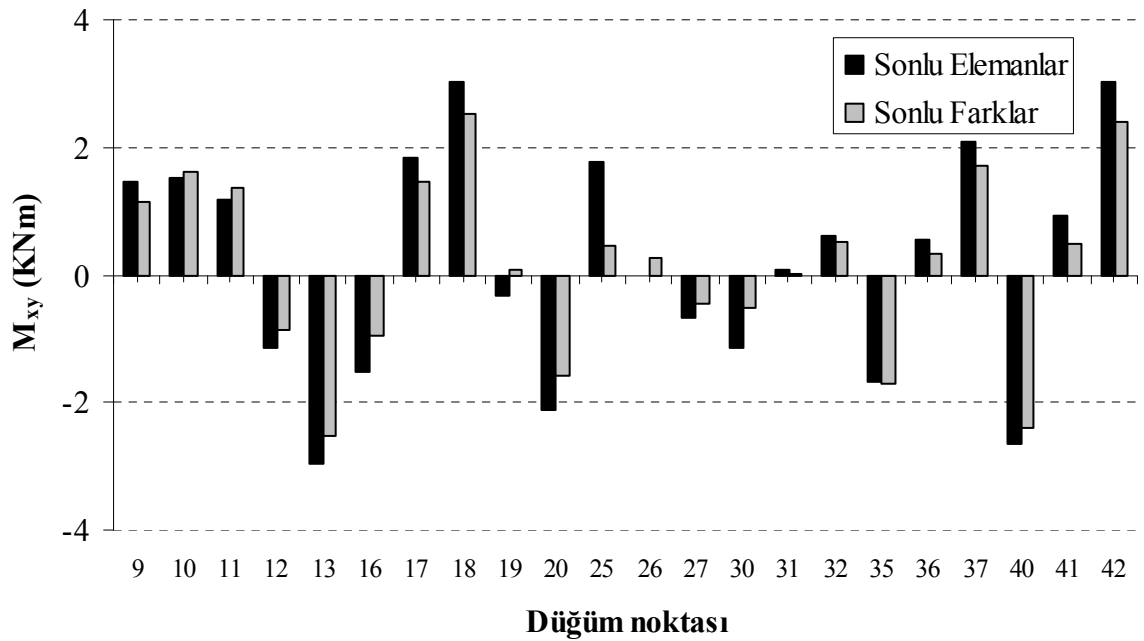
No	SONLU FARKLAR			SONLU ELEMANLAR		
	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)
17	-1.8867	5.92266	1.46016	-1.1937	9.6033	1.82173
18	5.39766	5.72578	2.52656	4.84455	5.76393	3.0381
19	7.48125	5.11875	0.08203	8.1139	4.77385	-0.3154
20	1.91953	2.11641	-1.575	2.2934	2.04873	-2.1306
25	7.41563	0.85313	0.44297	10.8981	1.58233	1.7714
26	9.975	3.80625	0.2625	10.7153	4.47465	-0.002
27	2.75625	1.96875	-0.443	2.45473	1.61523	-0.6694
30	8.67891	4.01953	-0.5086	7.8933	3.3501	-1.1497
31	10.0898	4.77422	0.01641	11.2044	4.50693	0.07733
32	2.59219	1.93594	0.50859	2.49525	1.62365	0.61948
35	7.48125	3.9375	-1.7063	8.39125	4.7891	-1.663
36	8.17031	4.62656	0.32813	8.5214	5.08208	0.53428
37	2.42813	2.29688	1.70625	2.36633	2.12123	2.10105
40	3.87188	1.24688	-2.4117	3.7965	1.93485	-2.6469
41	3.85547	1.16484	0.49219	3.65595	2.01513	0.9152
42	1.21406	0.55781	2.41172	1.161	0.92638	3.02745



Şekil 4.2 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi M_x momenti karşılaştırmaları



Şekil 4.3 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi M_y momenti karşılaştırmaları



Şekil 4.4 Tip1 plağı ara düğüm noktaları için sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi M_{xy} momenti karşılaştırmaları

Çizelge 4.7 Tip1 plağı mesnet noktaları için moment değerlerinin karşılaştırılması

No	SONLU FARKLAR			SONLU ELEMANLAR		
	$M_X^{(kNm)}$	$M_Y^{(kNm)}$	$M_{XY}^{(kNm)}$	$M_X^{(kNm)}$	$M_Y^{(kNm)}$	$M_{XY}^{(kNm)}$
2	-1.18	-5.91	0.00	-1.57	-7.83	0.00
3	-1.90	-9.52	0.00	-2.49	-12.44	0.00
4	-2.69	-13.45	0.00	-3.02	-15.1	0.00
5	-2.69	-13.45	0.00	-2.81	-14.06	0.00
6	-1.51	-7.55	0.00	-1.39	-6.93	0.00
7	0.00	0.00	-0.75	0.00	0.00	-0.52
14	-7.55	-1.51	0.00	-7.12	-1.43	0.00
21	-14.11	-2.82	0.00	-15.7	-3.14	0.00
28	-17.06	-3.41	0.00	-19.68	-3.94	0.00
33	-17.06	-3.41	0.00	-19.82	-3.96	0.00
38	-14.11	-2.82	0.00	-16.00	-3.20	0.00
43	-7.38	-1.48	0.00	-7.31	-1.46	0.00
45	-2.00	-10.01	0.00	-2.39	-11.98	0.00
46	-2.49	-12.47	0.00	-2.86	-14.31	0.00
47	-1.48	-7.38	0.00	-1.44	-7.18	0.00
48	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.54

4.2 Tip 2 İçin Sonlu Elemanlar ve Sonlu Farklar Analizi Sonuçları

Çizelge 4.8 Tip2 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması

No	Çökme (m)	
	Sonlu Farklar	Sonlu Elemanlar
9	0.000587	0.000556
10	0.001000	0.000970
11	0.001373	0.001196
12	0.001321	0.00108
13	0.000715	0.00051
16	0.000540	0.000513
17	0.000978	0.000971
18	0.001839	0.001571

Çizelge 4.9 Tip2 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması (Çizelge 4.8 'in devamı)

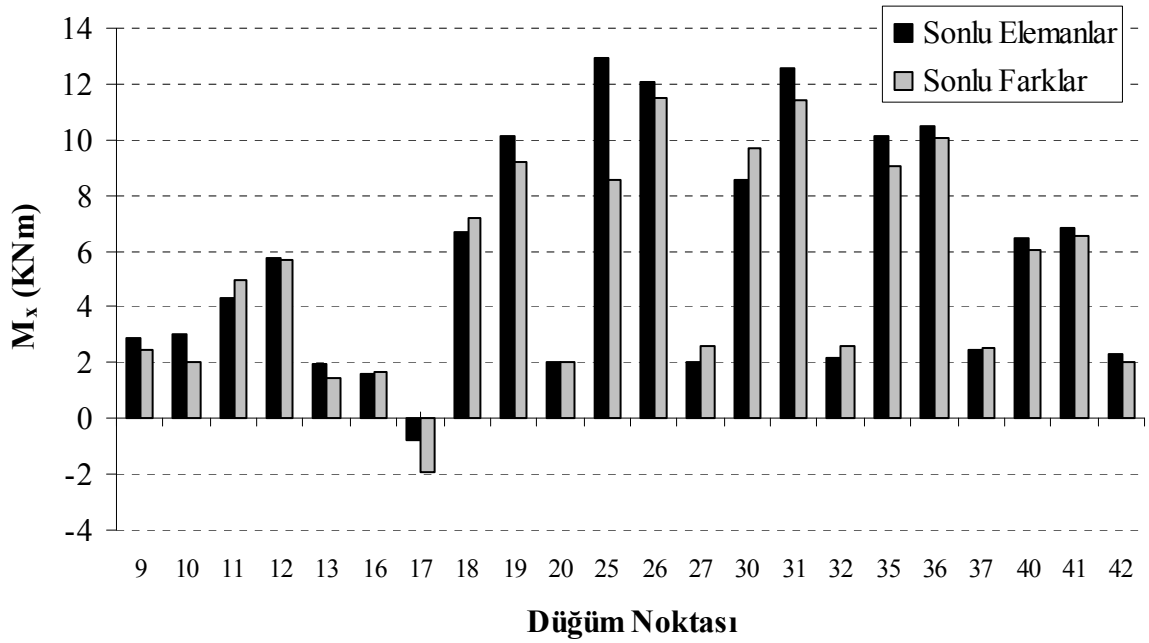
No	Çökme (m)	
	Sonlu Farklar	Sonlu Elemanlar
19	0.001966	0.001633
20	0.001080	0.000778
25	0.001584	0.001405
26	0.002070	0.001763
27	0.001181	0.000856
30	0.001602	0.001359
31	0.002060	0.001711
32	0.001175	0.000842
35	0.001417	0.00123
36	0.001797	0.001504
37	0.001031	0.000744
40	0.000893	0.000774
41	0.001127	0.000948
42	0.000659	0.00048

Çizelge 4.10 Tip2 plağı ara düğüm noktaları için momentlerin karşılaştırılması

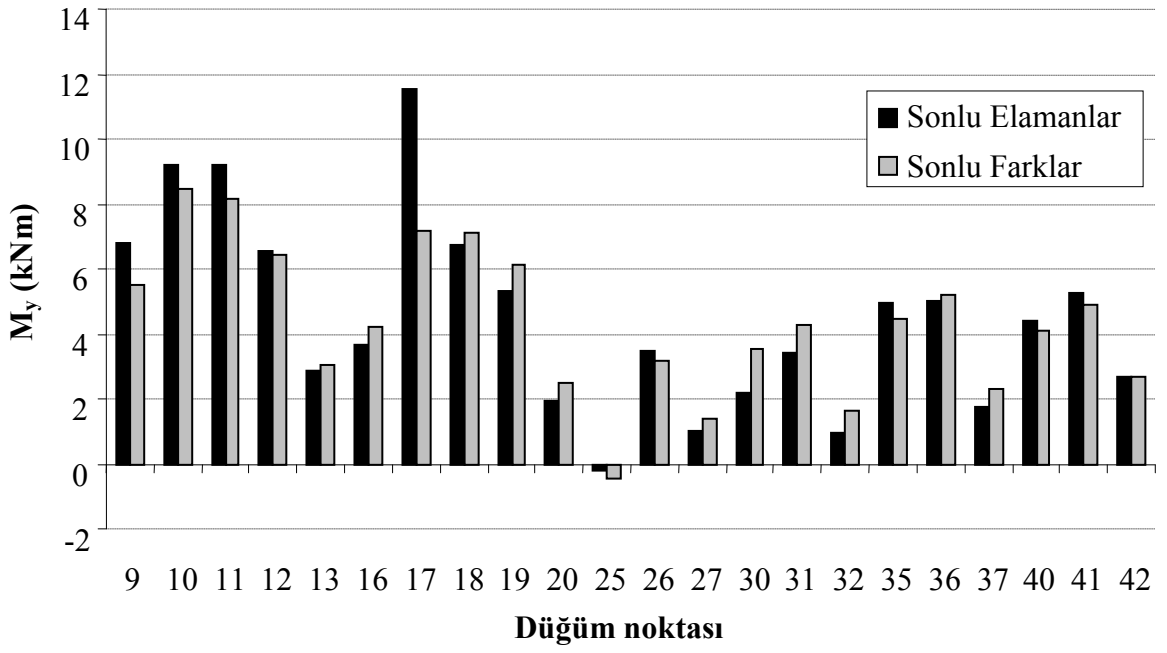
No	SONLU FARKLAR			SONLU ELEMANLAR		
	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)
9	2.4675	5.48625	1.60453	2.88788	6.80685	1.81483
10	2.00484	8.44922	2.13117	3.06045	9.20528	1.8126
11	4.97438	8.1375	1.62094	4.33165	9.2204	1.25515
12	5.65359	6.45422	-1.2452	5.74875	6.53523	-1.5183
13	1.46836	3.04992	-3.2255	1.93485	2.85763	-3.4852
16	1.64555	4.21148	-1.6406	1.60405	3.68715	-2.7737
17	-1.9015	7.1482	1.30922	-0.7669	11.518	1.5588
18	7.20398	7.11867	2.86945	6.67733	6.72888	3.59308
19	9.19734	6.09984	0.41836	10.1404	5.31745	0.27233
20	2.02453	2.48391	-1.2288	2.0442	1.91788	-1.4219
25	8.55914	-0.438	1.75875	12.9029	-0.224	2.01523
26	11.4663	3.19102	0.54469	12.0459	3.49708	0.41015
27	2.57086	1.3568	-0.1542	2.0107	0.9868	-0.1654

Çizelge 4.11 Tip2 plağı ara düğüm noktaları için momentlerin karşılaştırılması (Çizelge 4.10'un devamı)

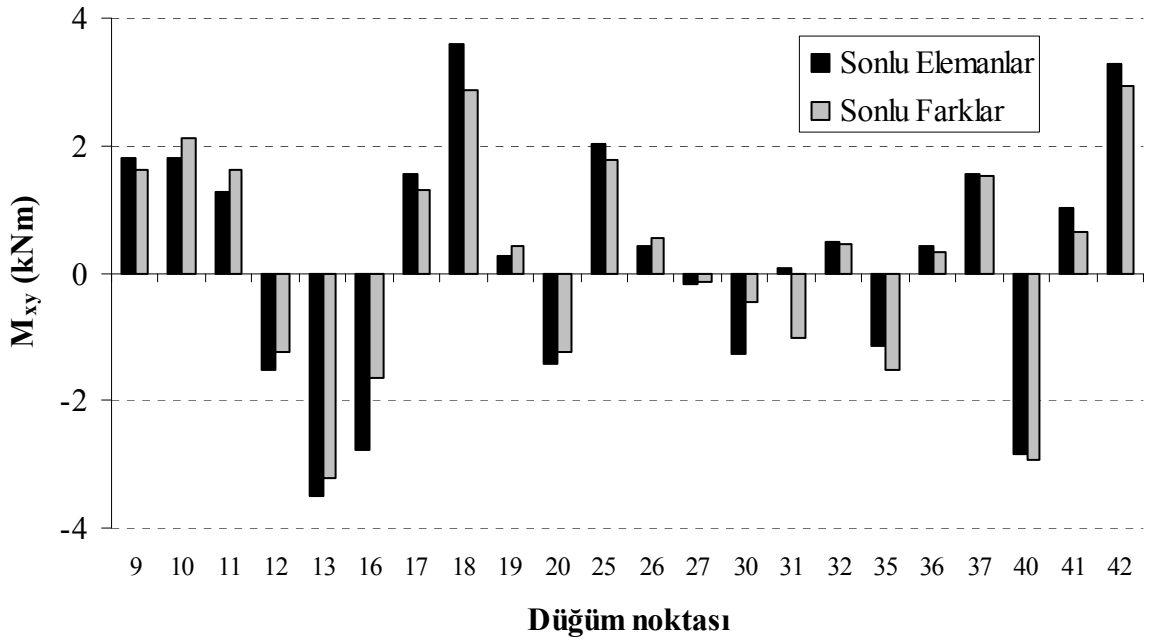
No	SONLU FARKLAR			SONLU ELEMANLAR		
	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)
30	9.71742	3.54211	-0.4479	8.52305	2.1956	-1.2607
31	11.4319	4.27875	-1.027	12.5423	3.43995	0.08615
32	2.60531	1.60781	0.44789	2.15293	0.9403	0.48688
35	9.06281	4.48219	-1.5307	10.1523	4.95585	-1.145
36	10.0685	5.21883	0.31664	10.4502	5.0244	0.42753
37	2.54789	2.30508	1.5307	2.4277	1.75065	1.55975
40	6.01125	4.10813	-2.9482	6.5047	4.3776	-2.8334
41	6.50836	4.90055	0.63328	6.85688	5.27485	1.01933
42	2.03766	2.66766	2.9482	2.2863	2.6871	3.2631



Şekil 4.5 Tip2 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_x momentini



Şekil 4.6 Tip2 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_y momenti



Şekil 4.7 Tip2 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_{xy} momenti

Çizelge 4.12 Tip2 plağı mesnet noktaları için moment değerlerinin karşılaştırılması

No	SONLU FARKLAR			SONLU ELEMANLAR		
	$M_X^{(kNm)}$	$M_Y^{(kNm)}$	$M_{XY}^{(kNm)}$	$M_X^{(kNm)}$	$M_Y^{(kNm)}$	$M_{XY}^{(kNm)}$
14	-11.73	-2.35	0.00	-13.35	-2.67	0.00
21	-17.72	-3.54	0.00	-20.04	-4.01	0.00
28	-19.38	-3.88	0.00	-22.04	-4.41	0.00
33	-19.28	-3.86	0.00	-21.77	-4.35	0.00
38	-16.91	-3.38	0.00	-19.39	-3.88	0.00
43	-10.81	-2.16	0.00	-12.82	-2.56	0.00

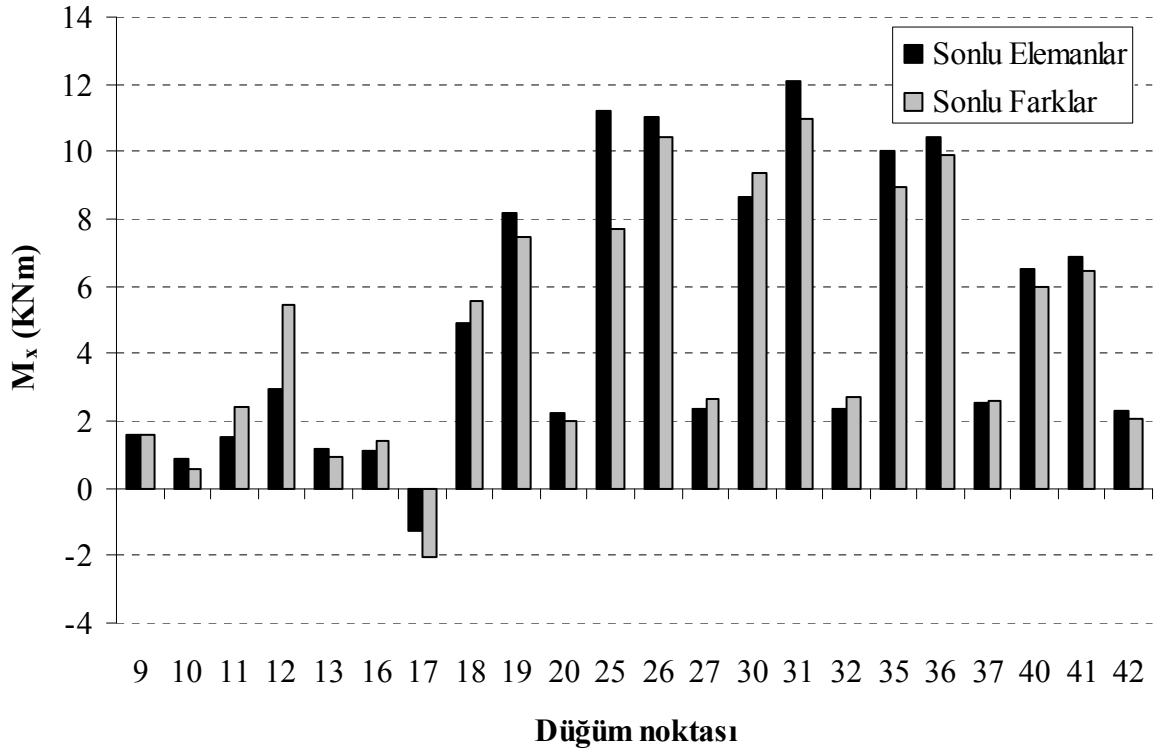
4.3 Tip 3 İçin Sonlu Elemanlar ve Sonlu Farklar Analizi Sonuçları

Çizelge 4.13 Tip3 plağı ara düğüm noktaları için çökmelerin karşılaştırılması

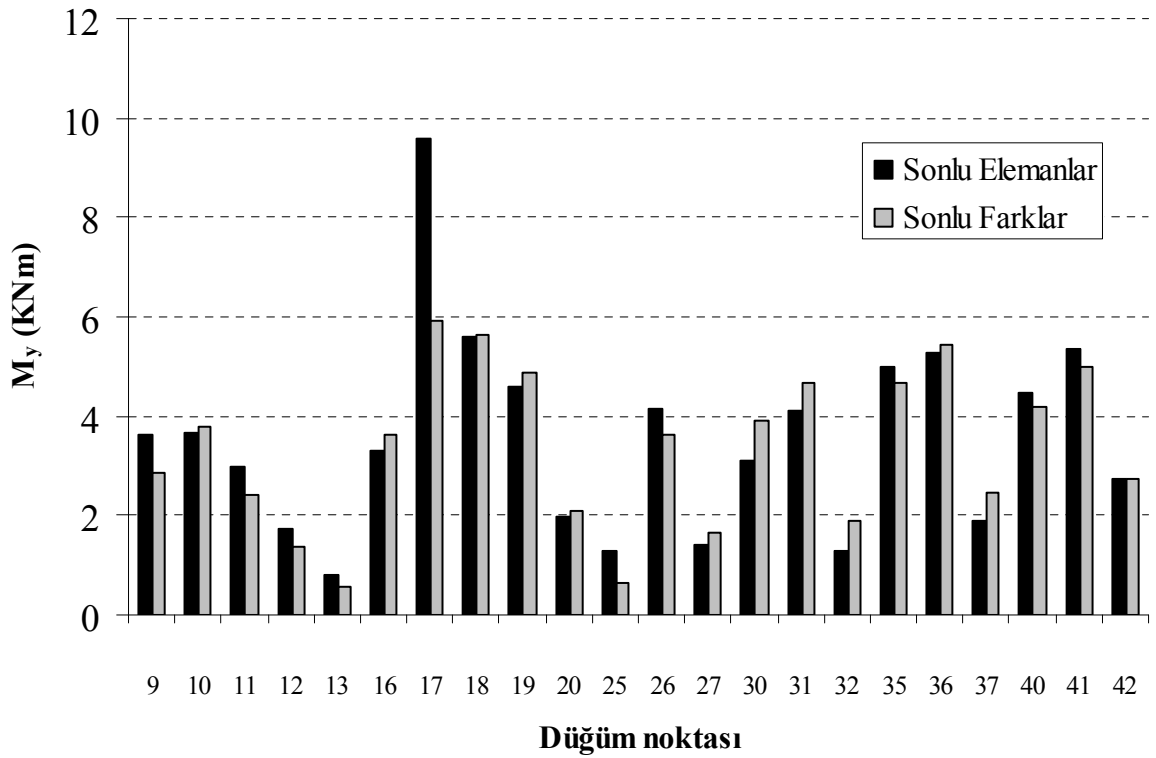
No	Çökme (m)	
	Sonlu Farklar	Sonlu Elemanlar
9	0.000355	0.000247
10	0.000578	0.000427
11	0.000825	0.000558
12	0.000825	0.000546
13	0.000463	0.000270
16	0.000389	0.000306
17	0.000691	0.000604
18	0.001406	0.001096
19	0.001556	0.001216
20	0.000878	0.000601
25	0.001411	0.001227
26	0.001860	0.001565
27	0.001076	0.000774
30	0.001530	0.001316
31	0.001969	0.001653
32	0.001131	0.000817
35	0.001389	0.001221
36	0.001762	0.001495
37	0.001015	0.000741
40	0.000884	0.000774
41	0.001116	0.000948
42	0.000655	0.000481

Çizelge 4.14 Tip3 plağı ara düğüm noktaları için momentlerin karşılaştırılması

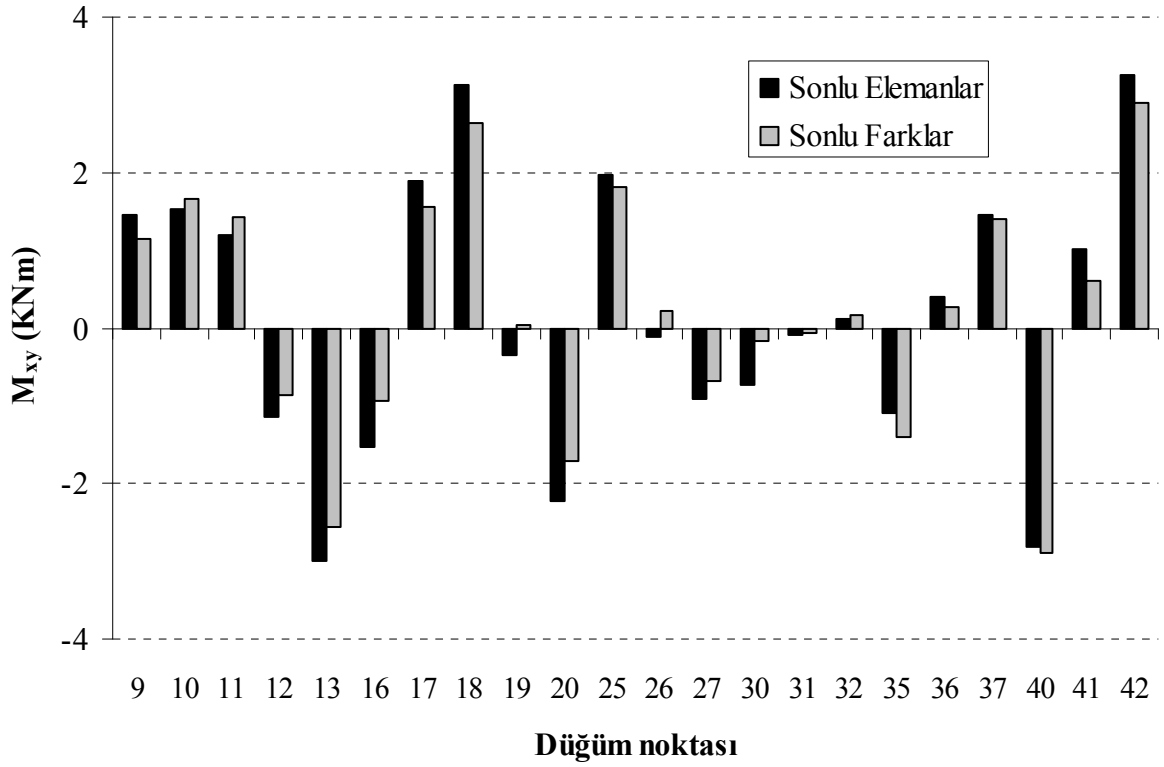
No	SONLU FARKLAR			SONLU ELEMANLAR		
	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)
9	1.609	2.850	1.134	1.595	3.610	1.464
10	0.566	3.775	1.669	0.874	3.682	1.529
11	2.426	2.407	1.419	1.498	3.000	1.197
12	5.421	1.365	-0.866	2.951	1.733	-1.156
13	0.907	0.559	-2.553	1.152	0.792	-3.000
16	1.408	3.613	-0.948	1.085	3.310	-1.543
17	-2.069	5.918	1.544	-1.277	9.593	1.890
18	5.580	5.652	2.646	4.891	5.614	3.124
19	7.493	4.861	0.044	8.196	4.601	-0.354
20	1.997	2.108	-1.698	2.234	1.958	-2.221
25	7.704	0.643	1.811	11.219	1.291	1.980
26	10.434	3.623	0.212	11.021	4.153	-0.103
27	2.630	1.652	-0.678	2.328	1.413	-0.913
30	9.376	3.923	-0.161	8.655	3.102	-0.738
31	10.994	4.687	-0.064	12.080	4.101	-0.077
32	2.684	1.883	0.161	2.334	1.276	0.121
35	8.932	4.653	-1.399	10.031	4.989	-1.099
36	9.908	5.439	0.279	10.443	5.277	0.404
37	2.599	2.441	1.399	2.506	1.898	1.452
40	5.970	4.179	-2.891	6.517	4.462	-2.811
41	6.456	4.992	0.614	6.868	5.338	1.005
42	2.075	2.738	2.891	2.321	2.720	3.250



Şekil 4.8 Tip3 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_x momenti



Şekil 4.9 Tip3 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_y momenti



Şekil 4.10 Tip3 sonlu farklar ve sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_{xy} momenti

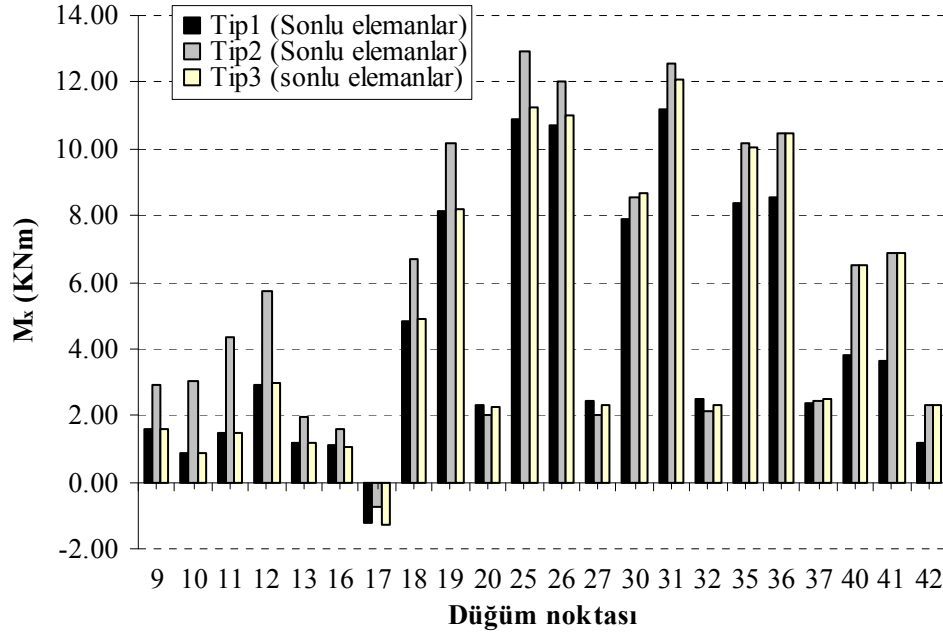
Çizelge 4.15 Tip3 plağı mesnet noktaları için moment değerlerinin karşılaştırılması

No	SONLU FARKLAR			SONLU ELEMANLAR		
	$M_X^{(kNm)}$	$M_Y^{(kNm)}$	$M_{XY}^{(kNm)}$	$M_X^{(kNm)}$	$M_Y^{(kNm)}$	$M_{XY}^{(kNm)}$
2	-1.16	-5.82	0.00	-1.56	-7.8	0.00
3	-1.90	-9.48	0.00	-2.48	-12.42	0.00
4	-2.71	-13.54	0.00	-3.02	-15.1	0.00
5	-2.71	-13.54	0.00	-2.81	-14.07	0.00
6	-1.52	-7.60	0.00	-1.38	-6.92	0.00
7	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.52
14	-7.60	-1.52	0.00	-7.13	-1.43	0.00
21	-14.40	-2.88	0.00	-15.8	-3.16	0.00
28	-17.65	-3.53	0.00	-20.13	-4.03	0.00
33	-18.56	-3.71	0.00	-21.22	-4.24	0.00
38	-16.65	-3.33	0.00	-19.34	-3.87	0.00
43	-10.75	-2.15	0.00	-12.86	-2.57	0.00

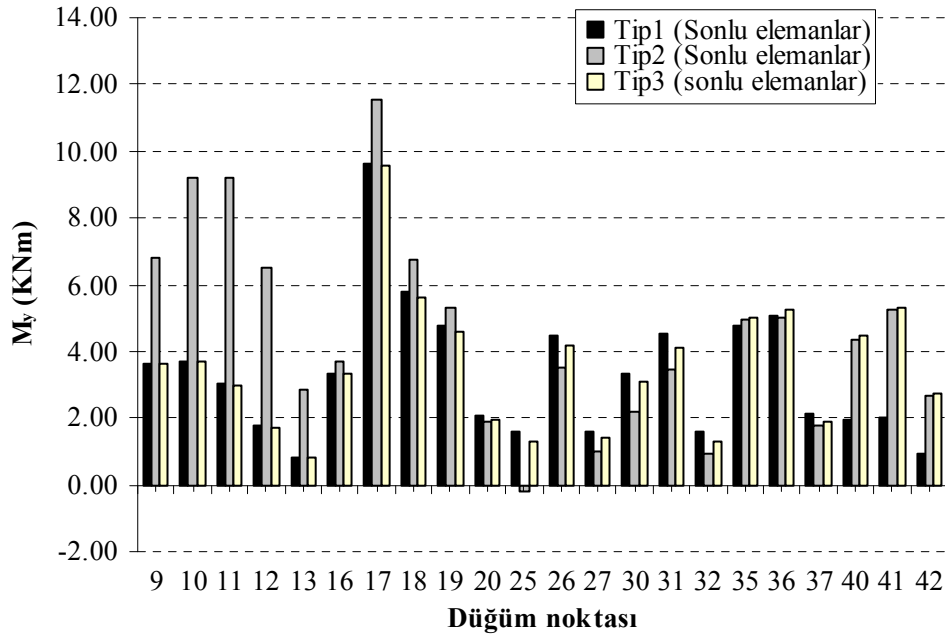
4.4 Tip 1, 2 ve 3 İçin Sonlu Elemanlar Analiz Sonuçları ve Karşılaştırılması

Çizelge 4.16 Tip1, 2 ve 3 için sonlu elemanlar analizi sonuçları

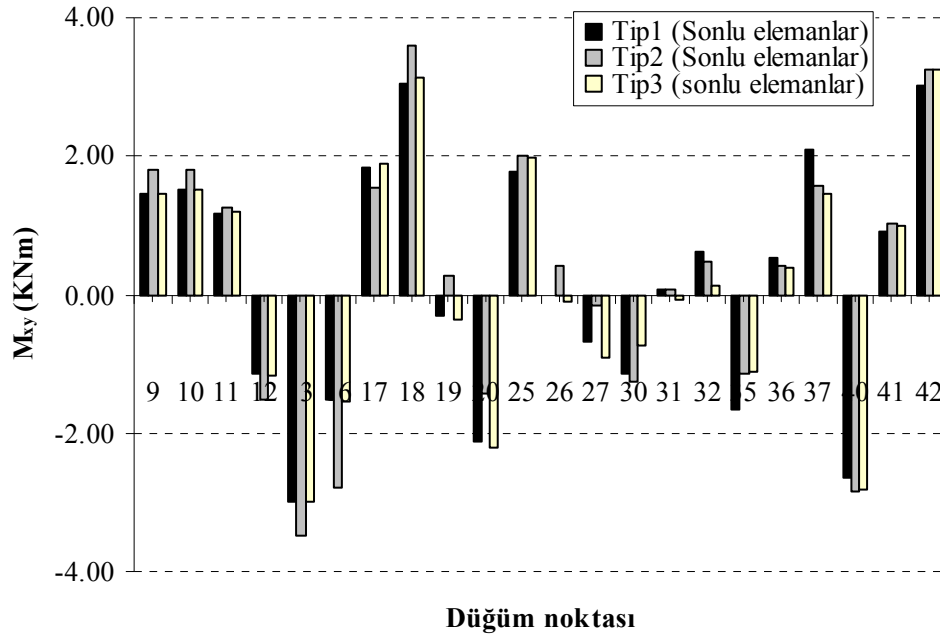
No	Tip1			Tip2			Tip3		
	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)
9	1.61	3.61	1.47	2.89	6.81	1.81	1.60	3.61	1.46
10	0.89	3.71	1.51	3.06	9.21	1.81	0.87	3.68	1.53
11	1.50	3.05	1.17	4.33	9.22	1.26	1.50	3.00	1.20
12	2.94	1.79	-1.15	5.75	6.54	-1.52	2.95	1.73	-1.16
13	1.17	0.82	-2.98	1.93	2.86	-3.49	1.15	0.79	-3.00
16	1.14	3.36	-1.53	1.60	3.69	-2.77	1.08	3.31	-1.54
17	-1.19	9.60	1.82	-0.77	11.52	1.56	-1.28	9.59	1.89
18	4.84	5.76	3.04	6.68	6.73	3.59	4.89	5.61	3.12
19	8.11	4.77	-0.32	10.14	5.32	0.27	8.20	4.60	-0.35
20	2.29	2.05	-2.13	2.04	1.92	-1.42	2.23	1.96	-2.22
25	10.90	1.58	1.77	12.90	-0.22	2.02	11.22	1.29	1.98
26	10.72	4.47	-0.002	12.05	3.50	0.41	11.02	4.15	-0.10
27	2.45	1.62	-0.67	2.01	0.99	-0.17	2.33	1.41	-0.91
30	7.89	3.35	-1.15	8.52	2.20	-1.26	8.65	3.10	-0.74
31	11.20	4.51	0.08	12.54	3.44	0.09	12.08	4.10	-0.08
32	2.50	1.62	0.62	2.15	0.94	0.49	2.33	1.28	0.12
35	8.39	4.79	-1.66	10.15	4.96	-1.15	10.03	4.99	-1.10
36	8.52	5.08	0.53	10.45	5.02	0.43	10.44	5.28	0.40
37	2.37	2.12	2.10	2.43	1.75	1.56	2.51	1.90	1.45
40	3.80	1.93	-2.65	6.50	4.38	-2.83	6.52	4.46	-2.81
41	3.66	2.02	0.92	6.86	5.27	1.02	6.87	5.34	1.00
42	1.16	0.93	3.03	2.29	2.69	3.26	2.32	2.72	3.25



Şekil 4.11 Tip1, 2 ve3 için sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_x momenti



Şekil 4.12 Tip1, 2 ve3 için sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_y momenti



Şekil 4.13 Tip1, 2 ve3 için sonlu elemanlar analizi karşılaştırmaları: M_{xy} momenti

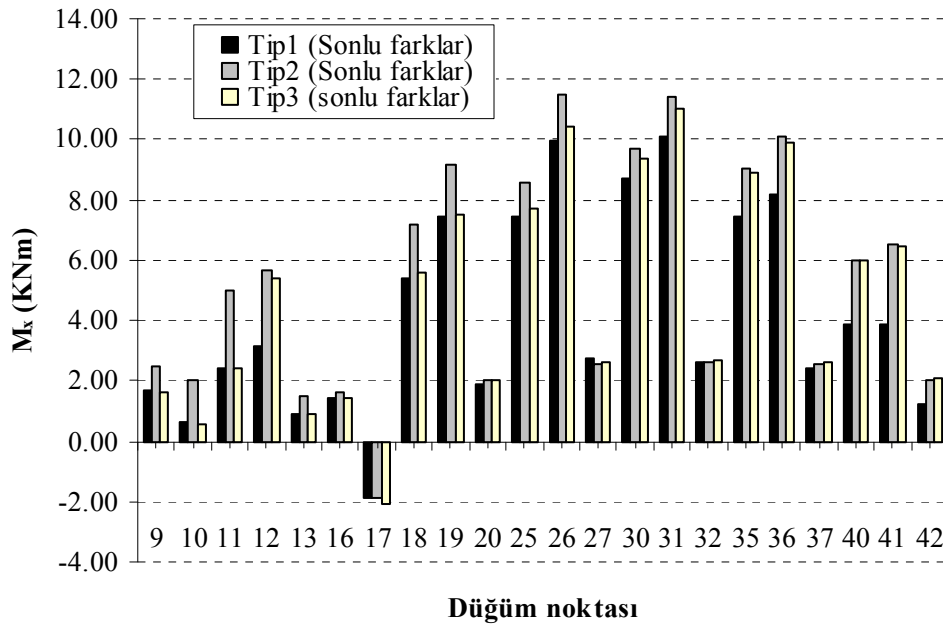
4.5 Tip 1, 2 ve 3 İçin Sonlu Farklar Analiz Sonuçları ve Karşılaştırılması

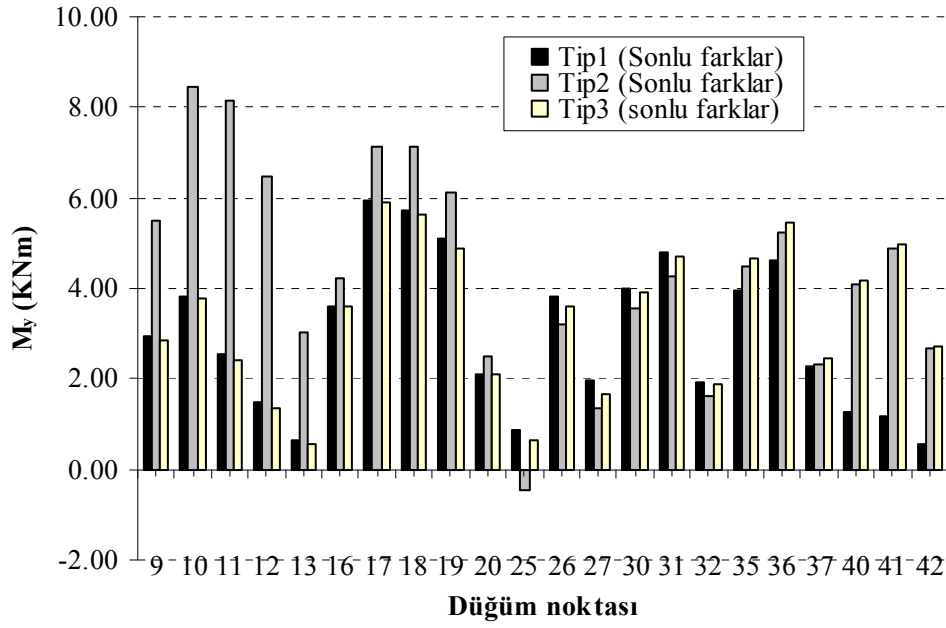
Çizelge 4.17 Tip1, 2 ve 3 için sonlu farklar analizi sonuçları

No	Tip1			Tip2			Tip3		
	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)	M_X (kNm)	M_Y (kNm)	M_{XY} (kNm)
9	1.69	2.94	1.13	2.47	5.49	1.60	1.61	2.85	1.13
10	0.61	3.82	1.62	2.00	8.45	2.13	0.57	3.78	1.67
11	2.40	2.53	1.38	4.97	8.14	1.62	2.43	2.41	1.42
12	3.13	1.49	-0.85	5.65	6.45	-1.25	5.42	1.37	-0.87
13	0.92	0.66	-2.51	1.47	3.05	-3.23	0.91	0.56	-2.55
16	1.43	3.59	-0.95	1.65	4.21	-1.64	1.41	3.61	-0.95
17	-1.89	5.92	1.46	-1.90	7.15	1.31	-2.07	5.92	1.54
18	5.40	5.73	2.53	7.20	7.12	2.87	5.58	5.65	2.65
19	7.48	5.12	-0.08	9.20	6.10	0.42	7.49	4.86	0.04
20	1.92	2.12	-1.58	2.02	2.48	-1.23	2.00	2.11	-1.70
25	7.42	0.85	0.44	8.56	-0.44	1.76	7.70	0.64	1.81
26	9.98	3.81	0.26	11.47	3.19	0.54	10.43	3.62	0.21
27	2.76	1.97	-0.44	2.57	1.36	-0.15	2.63	1.65	-0.68

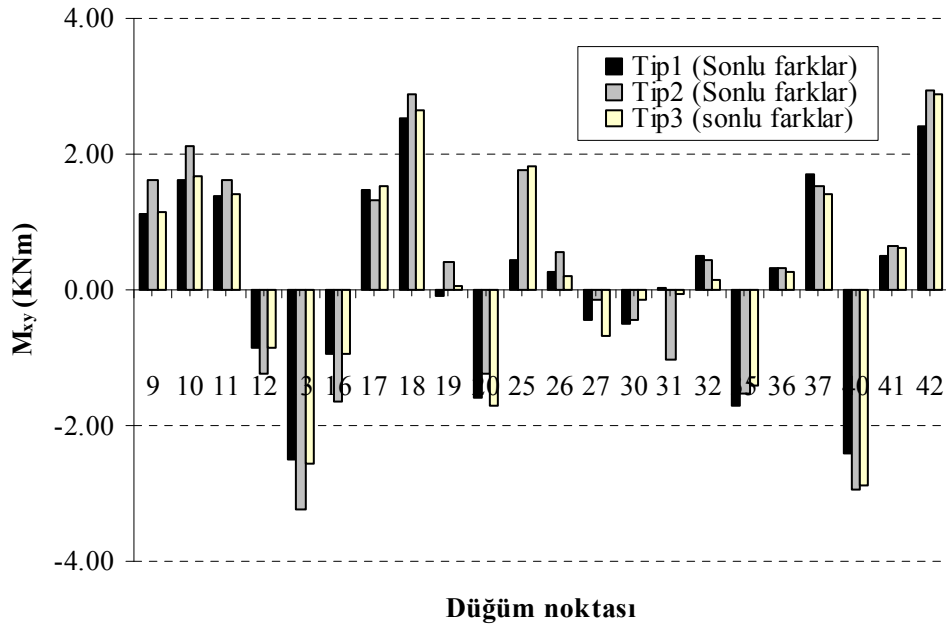
Çizelge 4.18 Tip1, 2 ve 3 için sonlu farklar analizi sonuçları (Çizelge 4.9 'un devamı)

No	Tip1			Tip2			Tip3		
	M_x (kNm)	M_y (kNm)	M_{xy} (kNm)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	M_{xy} (kNm)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	M_{xy} (kNm)
30	8.68	4.02	-0.51	9.72	3.54	-0.45	9.38	3.92	-0.16
31	10.09	4.77	0.02	11.43	4.28	-1.03	10.99	4.69	-0.06
32	2.59	1.94	0.51	2.61	1.61	0.45	2.68	1.88	0.16
35	7.48	3.94	-1.71	9.06	4.48	-1.53	8.93	4.65	-1.40
36	8.17	4.63	0.33	10.07	5.22	0.32	9.91	5.44	0.28
37	2.43	2.30	1.71	2.55	2.31	1.53	2.60	2.44	1.40
40	3.87	1.25	-2.41	6.01	4.11	-2.95	5.97	4.18	-2.89
41	3.86	1.16	0.49	6.51	4.90	0.63	6.46	4.99	0.61
42	1.21	0.56	2.41	2.04	2.67	2.95	2.08	2.74	2.89

Şekil 4.14 Tip1, 2 ve3 için sonlu farklar analizi karşılaştırmaları: M_x momentleri



Şekil 4.15 Tip1, 2 ve3 için sonlu farklar analizi karşılaştırmaları: M_y momenti



Şekil 4.16 Tip1, 2 ve3 için sonlu farklar analizi karşılaştırmaları: M_{xy} momenti

4.6 Analiz Sonuçlarının Değişim Yüzdeleri

Yukarıda elde edilen analiz sonuçlarında sonlu elemanlar değerlerinin daha hassas ve doğru olduğu kabul edilirse değişim yüzdeleri üç ayrı mesnetlenme durumu için aşağıdaki gibi olur.

Çizelge 4.19 Tip1 için değişim yüzdeleri

Değişim Yüzdeleri (%)			
Düğüm Numarası	M_x	M_y	M_{xy}
9	5.0	-18.6	-22.8
10	-31.7	3.1	7.5
11	59.6	-17.1	17.3
12	6.4	-16.8	-25.6
13	-21.6	-20.4	-15.7
16	24.8	6.9	-37.6
17	58.1	-38.3	-19.8
18	11.4	-0.7	-16.8
19	-7.8	7.2	-74.0
20	-16.3	3.3	-26.1
25	-32.0	-46.1	-75.0
26	-6.9	-14.9	--
27	12.3	21.9	-33.8
30	10.0	20.0	-55.8
31	-9.9	5.9	-78.8
32	3.9	19.2	-17.9
35	-10.8	-17.8	2.6
36	-4.1	-9.0	-38.6
37	2.6	8.3	-18.8
40	2.0	-35.6	-8.9
41	5.5	-42.2	-46.2
42	4.6	-39.8	-20.3

Çizelge 4.20 Tip2 için değişim yüzdeleri

Değişim Yüzdeleri (%)			
Düğüm Numarası	Mx	My	Mxy
9	14.56	19.40	11.59
10	34.49	8.21	-17.58
11	-14.84	11.74	-29.14
12	1.66	1.24	-17.99
13	24.11	-6.73	-7.45
16	-2.59	-14.22	-40.85
17	147.95	37.94	16.01
18	-7.89	-5.79	20.14
19	9.30	-14.71	-53.63
20	0.96	-29.51	-13.58
25	33.66	95.56	12.73
26	4.81	8.75	-32.80
27	-27.86	-37.49	-6.76
30	-14.01	-61.33	-64.47
31	8.85	-24.38	---
32	-21.01	-70.99	8.01
35	10.73	9.56	33.69
36	3.65	-3.87	25.94
37	-4.95	-31.67	1.86
40	7.59	6.16	4.05
41	5.08	7.10	37.87
42	10.88	0.72	9.65

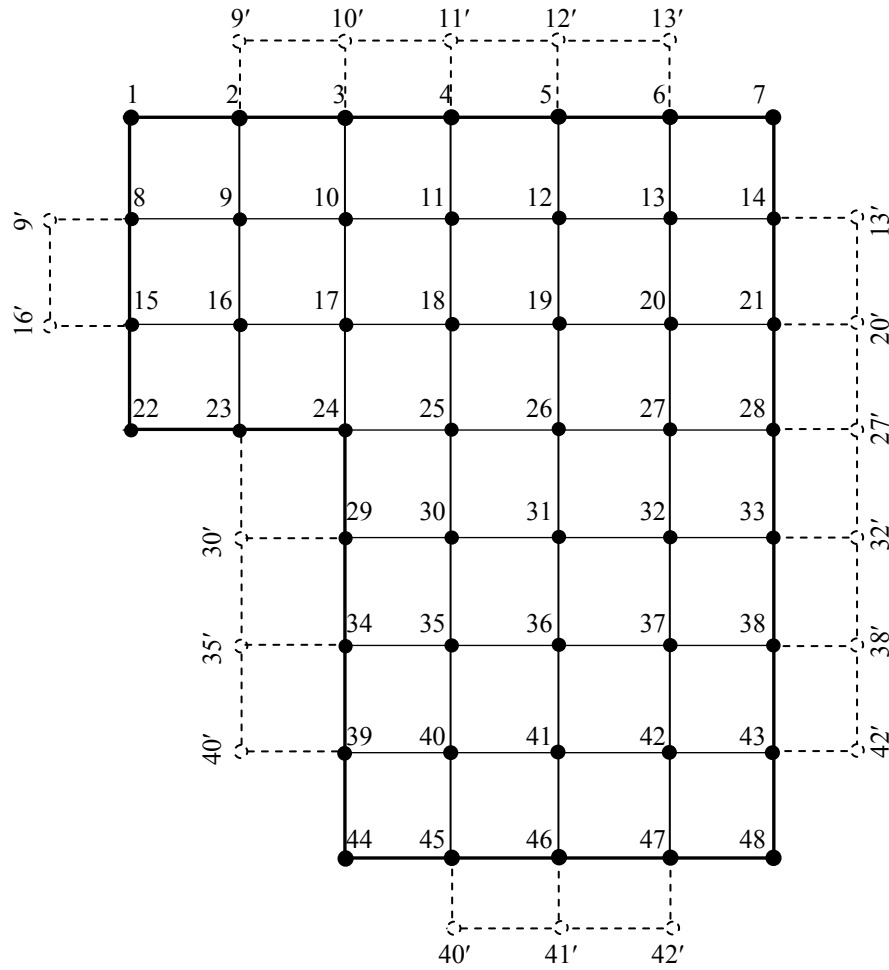
Çizelge 4.21 Tip3 için değişim yüzdeleri

Değişim Yüzdeleri (%)			
Düğüm Numarası	Mx	My	Mxy
9	-0.90	21.06	22.58
10	35.26	-2.52	-9.15
11	-62.02	19.77	-18.56
12	-83.70	21.23	-25.09
13	21.28	29.39	-14.90
16	-29.74	-9.14	-38.53
17	62.02	38.31	18.33
18	-14.09	-0.67	15.30
19	8.58	-5.65	87.57
20	10.63	-7.67	-23.53
25	31.33	50.18	8.52
26	5.32	12.76	----
27	-12.97	-16.92	-25.80
30	-8.33	-26.47	-78.20
31	8.99	-14.30	-17.17
32	-15.00	-47.61	-33.15
35	10.96	6.74	27.32
36	5.13	-3.07	30.98
37	-3.70	-28.61	3.63
40	8.39	6.35	2.83
41	6.00	6.47	38.92
42	10.56	-0.67	11.06

5. TİP 1 İÇİN SONLU FARKLAR UYGULAMA ADIMLARI

Tip 1 için sonlu farklar hesabı aşağıdaki adımlar izlenerek yapılmıştır.

- Çizelge 4.1'de boyutları verilmiş olan Tip 1 isimli L şeklindeki plak, Şekil 5.1 'de görüldüğü gibi 1'er metre aralıklarla bölünerek ($\Delta x = \Delta y = 1m$) sonlu farklar ağı oluşturuldu. Düğüm noktaları sol üst köşeden sağa doğru artacak şekilde numaralandırılarak, toplam 48 düğüm noktası elde edilmiştir. Plagın mesnet noktaları sınırı dışında fiktif olarak devam ettiği kabul edilmiş ve Şekil 5.1 'de verilmiş olan fiktif düğüm noktaları elde edilmiştir.



Şekil 5.1 Sonlu farklar eleman ağı ($\Delta x = \Delta y = 1m$)

- Çizelge 5.1 'de verilen denklem takımı çözümlenerek çökme değerleri hesaplanıp Çizelge 5.2 'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Tip1 için hesaplanan çökme değerleri (metre)

w ₉		0.000356
w ₁₀		0.000579
w ₁₁		0.000820
w ₁₂		0.000818
w ₁₃		0.000460
w ₁₆		0.000390
w ₁₇		0.000691
w ₁₈		0.001385
w ₁₉		0.001527
w ₂₀		0.000864
w ₂₅	=	0.001352
w ₂₆		0.001783
w ₂₇		0.001037
w ₃₀		0.001399
w ₃₁		0.001804
w ₃₂		0.001045
w ₃₅		0.001163
w ₃₆		0.001474
w ₃₇		0.000858
w ₄₀		0.000609
w ₄₁		0.000762
w ₄₂		0.000452

- Plak düğüm noktalarının M_x , M_y , M_{xy} momentleri, (3.16b) bağıntısında ilgili çökme değerlerinin yerine yazılmasıyla elde edilerek Çizelge 5.3 ve 5.4 'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Tip1 için hesaplanan M_x , M_y , M_{xy} momentleri (kNm)

Düğüm Noktası	M_x (kNm)	M_y (kNm)	M_{xy} (kNm)
9	1.69	2.94	-1.13
10	0.61	3.82	-1.62
11	2.40	2.53	-1.38
12	3.13	1.49	0.85
13	0.92	0.66	2.51
16	1.43	3.59	0.95
17	-1.89	5.92	-1.46
18	5.40	5.73	-2.53
19	7.48	5.12	-0.08
20	1.92	2.12	1.58
25	7.42	0.85	-0.44
26	9.98	3.81	-0.26
27	2.76	1.97	0.44

Çizelge 5.4 Tip1 için hesaplanan M_x , M_y , M_{xy} momentleri (Çizelge 5.3 devamı)

Düğüm Noktası	M_x (kNm)	M_y (kNm)	M_{xy} (kNm)
30	8.68	4.02	0.509
31	10.1	4.774	-0.02
32	2.59	1.936	-0.51
35	7.48	3.938	1.706
36	8.17	4.627	-0.33
37	2.43	2.297	-1.71
40	3.87	1.247	2.412
41	3.86	1.165	-0.49
42	1.21	0.558	-2.41

6. SONUÇLAR

Farklı mesnet koşullarına sahip “L” şelindeki plakların değişik yöntemlerle analizi ve analiz sonuçlarının karşılaştırılmasına yönelik bir çalışma hazırlanmıştır. Bu çalışmada, mesnet farklılıklarını yansıtacak 3 adet plak ele alınarak, yaklaşık çözüm yöntemleri olan sonlu farklar ve sonlu elemanlar yöntemleri ile analizleri yapılmıştır. Her iki yöntemde de önce düğüm noktası çökmeleri daha sonra bu çökmelerden yola çıkarak düğüm noktası moment değerleri hesaplanmıştır. Plakların sonlu farklar ve sonlu elemanlar yöntemiyle analizinde sıkça kullanılan 1m x 1m lik sonlu eleman ağı seçilerek 48 düğüm noktasından oluşan eleman ağı elde edilmiştir.

Sonlu elemanlar ve sonlu farklar yöntemleriyle bulunan değerler kendi içinde karşılaştırıldıklarında, mesnetlenme şartlarının ayırt edici olduğu ortaya çıkmıştır. Aynı yöntemle çözümlene yapıldığında, mesnet şartları değiştiği zaman mesnetlere yakın ara düğüm noktalarının moment değerlerinin daha belirgin olarak değiştiği gözlenmiştir.(Tip1 ve Tip3 gibi)

Sonlu farklar ile sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen sonuçlardan, Tip 1 plağında M_x momentlerindeki ortalama hata oranlarının %15, maksimum hata oranlarının %60 mertebelerinde, M_y momentlerindeki ortalama hata oranlarının %19, maksimum hata oranlarının %46 mertebelerinde olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde Tip 2 plağında aynı hata oranlarının sırası ile %18, %35, %23, %95 mertebelerinde; Tip 3 plağında ise %21, %84, %17, %50 olduğu görülmüştür.

Her üç plak tipi için de M_x eğilme momenti değerlerindeki maksimum hata plağın iç köşe noktasına komşu olan 17 no’lu düğüm noktasında meydana gelmiştir. Söz konusu hata oranları Tip 1 ve Tip 3 plakları için %60, Tip 2 plağı için ise %148 mertebesindedir. Benzer şekilde M_y eğilme momenti değerlerindeki maksimum hata da yine plağın iç köşe noktasına komşu olan 25 no’lu düğüm noktasında olduğu gözlenmiştir. Bu düğüm noktasına ait hata oranları ise Tip1 ve Tip 3 plakları için %50, Tip 2 plağı için %96 mertebesindedir. Bu durum gerilme yığılmalarının iç köşe noktası civarında yoğunlaştığını göstermektedir.

Sonlu elemanlar ve sonlu farklar yöntemleriyle bulunan mesnet momentleri sonuçları karşılaştırıldığında çözüm yönteminin farklı olmasına rağmen birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. Mesnet düğüm noktalarında M_x , M_y eğilme momentleri sıfırdan farklı, M_{xy} burulma momentinin sıfıra eşit ancak Tip1 ve Tip3 plaklarında köşe düğüm noktasında M_x ve M_y momentlerinin sıfıra eşit, M_{xy} burulma momentinin ise sıfırdan farklı olduğu görülmüştür.

Sonlu eleman boyutları ne kadar küçültülürse, hesabın gerçeğe yakınlığı o kadar artar, ancak sonlu eleman boyutu küçüldükçe düğüm noktası serbestlik sayısı artacağından, sonlu eleman yöntemi ve sonlu farklar yöntemi ile çözüm yaparak sonuca ulaşmak daha çok zaman almaktadır. Bu nedenle özellikle son yıllarda birçok mühendislik programı geliştirilmiş olup, SAP2000 programı da bunlardan biridir. Bu tez çalışmasında da sonlu eleman formülasyonunu kullanan SAP2000 programı ile çözüm yapılmıştır. Eleman boyutları küçüldükçe sonuç yakınsaklığı artacağından istenirse, boyutlar küçültülerek daha hassas sonuçlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

BERKTAY, İ., (1992), Plak Teorisi ve Uygulamaları, Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

KÖKSAL, T., (1995), Sonlu Elemanlar Metodu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

ERGÜN, A., (1996), “Plakların Sonlu Eleman ve Sonlu Farklar Metodları ile Çözümü ve İki Metodun Karşılaştırılması”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

AKÖZ, S., (1992), “L Biçimindeki Betonarme Plakların Elastik ve Plastik Tasarımı”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

AYDOĞAN, M., (2001) “Mühendislikte Sonlu Elemanlar Yöntemi” , (Ders Notları, İngilizce), İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

TS-500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara Şubat 2000.

SAP2000 V8.23 Structural Analysis Program, Computers and Structures, California, Berkeley

ÖZDEN, K., (1975) “İnce Plaklar Teorisine Kısa Bir Bakış” , İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

SZİLARD, R., (1974) “Theory of Analysis of Plates” , Prentice Hall Inc., USA.

EKLER

- Ek 1 Tip 1 İsimli Plağın SAP2000 Programı Girdi Dosyası
Ek 2 Tip 2 İsimli Plağın SAP2000 Programı Girdi Dosyası
Ek 3 Tip 3 İsimli Plağın SAP2000 Programı Girdi Dosyası

Ek 1 Tip 1 İsimli Plağın SAP2000 Programı Girdi Dosyası

TABLE: "PROGRAM CONTROL"

ProgramName=SAP2000 Version=8.2.3 CurrUnits="KN, m, C"
SteelCode=AISC-ASD89 ConcCode="ACI 318-99" AlumCode="AA-ASD 2000"

TABLE: "ACTIVE DEGREES OF FREEDOM"

UX=No UY=No UZ=Yes RX=Yes RY=Yes RZ=No

TABLE: "PROJECT INFORMATION"

Item="Company Name" Data=YTU
Item="Client Name"
Item="Project Name"
Item="Project Number"
Item="Model Name"
Item="Model Description"
Item="Revision Number"
Item="Frame Type"
Item=Engineer
Item=Checker
Item=Supervisor
Item="Issue Code"
Item="Design Code"

TABLE: "DATABASE FORMAT TYPES"

UnitsCurr=Yes OverrideE=No

TABLE: "PREFERENCES - DIMENSIONAL"

MergeTol=0.00254 FineGrid=0.3048 Nudge=0.3048 SelectTol=3
SnapTol=12 SLineThick=1 PLineThick=4 MaxFont=12 MinFont=6
AutoZoom=10 ShrinkFact=70 TextFileLen=240

TABLE: "PREFERENCES - STEEL DESIGN - AISC-ASD89"

THDesign=Envelopes FrameType="Moment Frame" SRatioLimit=1
MaxIter=1

TABLE: "PREFERENCES - CONCRETE DESIGN - ACI 318-99"

THDesign=Envelopes NumCurves=24 NumPoints=11 SRatioLimit=1
SeisZone="Zone 4" PhiBendTens=0.9 PhiCompTied=0.7 PhiCompSpir=0.75
PhiShear=0.85

TABLE: "PREFERENCES - ALUMINUM DESIGN - AA-ASD 2000"

THDesign=Envelopes FrameType="Moment Frame" SRatioLimit=1
MaxIter=1 LatFact=1.33333333333333 UseLatFact=No Bridge=No

TABLE: "COORDINATE SYSTEMS"

Name=GLOBAL Type=Cartesian X=0 Y=0 Z=0 AboutZ=0 AboutY=0
AboutX=0

TABLE: "GRID LINES"

CoordSys=GLOBAL	AxisDir=X	XRYZCoord=0	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=X	XRYZCoord=2	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=X	XRYZCoord=6	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=Y	XRYZCoord=0	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=Y	XRYZCoord=4	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=Y	XRYZCoord=7	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=Z	XRYZCoord=0	Visible=Yes

TABLE: "MASSES 1 - MASS SOURCE"

MassFrom=Elements

TABLE: "GROUPS 1 - DEFINITIONS"

GroupName=ALL Selection=Yes SectionCut=Yes Steel=Yes
 Concrete=Yes Aluminum=Yes ColdFormed=Yes Stage=Yes Bridge=Yes
 AutoSeismic=No AutoWind=No MassWeight=Yes

TABLE: "FUNCTION - PLOT FUNCTIONS"

PlotFunc="Input Energy" Type=Energy Component=Input Mode=All

TABLE: "JOINT PATTERN DEFINITIONS"

Pattern=DEFAULT

TABLE: "JOINT COORDINATES"

Joint=1	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=2	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=1	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=3	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=4	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=5	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=6	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=7	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=8	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=9	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=1	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=10	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=11	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=12	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=13	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=14	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=15	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=16	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=1	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=17	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=18	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=19	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=20	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=21	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=22	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=23	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=1	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=24	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=25	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=26	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					

Joint=27	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=28	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=29	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=30	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=31	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=32	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=33	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=34	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=35	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=36	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=37	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=38	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=39	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=40	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=41	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=42	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=43	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=44	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=45	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=46	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=47	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=48	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					

TABLE: "CONNECTIVITY - AREA"

Area=1	Joint1=24	Joint2=25	Joint3=17	Joint4=18
Area=2	Joint1=17	Joint2=18	Joint3=10	Joint4=11
Area=5	Joint1=22	Joint2=23	Joint3=15	Joint4=16
Area=6	Joint1=15	Joint2=16	Joint3=8	Joint4=9
Area=7	Joint1=8	Joint2=9	Joint3=1	Joint4=2
Area=8	Joint1=23	Joint2=24	Joint3=16	Joint4=17
Area=9	Joint1=16	Joint2=17	Joint3=9	Joint4=10
Area=10	Joint1=9	Joint2=10	Joint3=2	Joint4=3
Area=11	Joint1=10	Joint2=11	Joint3=3	Joint4=4
Area=12	Joint1=25	Joint2=26	Joint3=18	Joint4=19
Area=13	Joint1=18	Joint2=19	Joint3=11	Joint4=12
Area=14	Joint1=11	Joint2=12	Joint3=4	Joint4=5
Area=15	Joint1=26	Joint2=27	Joint3=19	Joint4=20
Area=16	Joint1=19	Joint2=20	Joint3=12	Joint4=13
Area=17	Joint1=12	Joint2=13	Joint3=5	Joint4=6
Area=18	Joint1=27	Joint2=28	Joint3=20	Joint4=21
Area=19	Joint1=20	Joint2=21	Joint3=13	Joint4=14

Area=20	Joint1=13	Joint2=14	Joint3=6	Joint4=7
Area=21	Joint1=44	Joint2=45	Joint3=39	Joint4=40
Area=22	Joint1=39	Joint2=40	Joint3=34	Joint4=35
Area=23	Joint1=34	Joint2=35	Joint3=29	Joint4=30
Area=24	Joint1=29	Joint2=30	Joint3=24	Joint4=25
Area=25	Joint1=45	Joint2=46	Joint3=40	Joint4=41
Area=26	Joint1=40	Joint2=41	Joint3=35	Joint4=36
Area=27	Joint1=35	Joint2=36	Joint3=30	Joint4=31
Area=28	Joint1=30	Joint2=31	Joint3=25	Joint4=26
Area=29	Joint1=46	Joint2=47	Joint3=41	Joint4=42
Area=30	Joint1=41	Joint2=42	Joint3=36	Joint4=37
Area=31	Joint1=36	Joint2=37	Joint3=31	Joint4=32
Area=32	Joint1=31	Joint2=32	Joint3=26	Joint4=27
Area=33	Joint1=47	Joint2=48	Joint3=42	Joint4=43
Area=34	Joint1=42	Joint2=43	Joint3=37	Joint4=38
Area=35	Joint1=37	Joint2=38	Joint3=32	Joint4=33
Area=36	Joint1=32	Joint2=33	Joint3=27	Joint4=28

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 1 - GENERAL"

Material=ALUM	Type=Isotropic	DesignType=Aluminum			
UnitMass=7.82709980453528	UnitWeight=76.81954656429	E=75152860.995722			
U=0.3	A=0.0000117	MDampRatio=0	VDampMass=0	VDampStiff=0	
HDampMass=0	HDampStiff=0	Color=Cyan			
Material=CONC	Type=Isotropic	DesignType=Concrete	UnitMass=0		
UnitWeight=25	E=30000000	U=0.2	A=0	MDampRatio=0	VDampMass=0
VDampStiff=0	HDampMass=0	HDampStiff=0	Color=Green		
Material=OTHER	Type=Isotropic	DesignType=None			
UnitMass=2.40067976061392	UnitWeight=23.5616135751957				
E=24821128.4022568	U=0.2	A=0.0000099	MDampRatio=0	VDampMass=0	
VDampStiff=0	HDampMass=0	HDampStiff=0	Color=Red		
Material=STEEL	Type=Isotropic	DesignType=Steel			
UnitMass=7.84904737995992	UnitWeight=76.9728639422648				
E=199947978.795958	U=0.3	A=0.0000117	MDampRatio=0	VDampMass=0	
VDampStiff=0	HDampMass=0	HDampStiff=0	Color=Blue		

TABLE: "AREA SECTION PROPERTIES"

Section=d	Material=CONC	MatAngle=0	AreaType=Shell	Type=Shell-Thin	
Thickness=0.15	BendThick=0.15	Color=Green	F11Mod=1	F22Mod=1	
F12Mod=1	M11Mod=1	M22Mod=1	M12Mod=1	V13Mod=1	V23Mod=1
WMod=1					MMod=1

TABLE: "LOAD CASE DEFINITIONS"

LoadCase=hesap	DesignType=OTHER	SelfWtMult=0
----------------	------------------	--------------

TABLE: "JOINT RESTRAINT ASSIGNMENTS"

Joint=1	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=2	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=3	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=4	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=5	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=6	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=7	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=8	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=14	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=15	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=21	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=22	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=23	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=24	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=28	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=29	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=33	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=34	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No

Joint=38	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=39	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=43	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=44	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=45	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=46	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=47	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=48	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes

TABLE: "AREA SECTION ASSIGNMENTS"

Area=1	Section=d	MatProp=Default
Area=2	Section=d	MatProp=Default
Area=5	Section=d	MatProp=Default
Area=6	Section=d	MatProp=Default
Area=7	Section=d	MatProp=Default
Area=8	Section=d	MatProp=Default
Area=9	Section=d	MatProp=Default
Area=10	Section=d	MatProp=Default
Area=11	Section=d	MatProp=Default
Area=12	Section=d	MatProp=Default
Area=13	Section=d	MatProp=Default
Area=14	Section=d	MatProp=Default
Area=15	Section=d	MatProp=Default
Area=16	Section=d	MatProp=Default
Area=17	Section=d	MatProp=Default
Area=18	Section=d	MatProp=Default
Area=19	Section=d	MatProp=Default
Area=20	Section=d	MatProp=Default
Area=21	Section=d	MatProp=Default
Area=22	Section=d	MatProp=Default
Area=23	Section=d	MatProp=Default
Area=24	Section=d	MatProp=Default
Area=25	Section=d	MatProp=Default
Area=26	Section=d	MatProp=Default
Area=27	Section=d	MatProp=Default
Area=28	Section=d	MatProp=Default
Area=29	Section=d	MatProp=Default
Area=30	Section=d	MatProp=Default
Area=31	Section=d	MatProp=Default
Area=32	Section=d	MatProp=Default
Area=33	Section=d	MatProp=Default
Area=34	Section=d	MatProp=Default
Area=35	Section=d	MatProp=Default
Area=36	Section=d	MatProp=Default

TABLE: "AREA LOADS - UNIFORM"

Area=5	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=6	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=7	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=8	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=9	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=10	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=1	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=2	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=11	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=12	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=13	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=14	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95

Area=15	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=16	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=17	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=18	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=19	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=20	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=21	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=22	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=23	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=24	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=25	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=26	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=27	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=28	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=29	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=30	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=31	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=32	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=33	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=34	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=35	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			
Area=36	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=12.95			

END TABLE DATA

TABLE: "PROGRAM CONTROL"

ProgramName=SAP2000 Version=8.2.3 CurrUnits="KN, m, C"
 SteelCode=AISC-ASD89 ConcCode="ACI 318-99" AlumCode="AA-ASD 2000"

TABLE: "ACTIVE DEGREES OF FREEDOM"

UX=No UY=No UZ=Yes RX=Yes RY=Yes RZ=No

TABLE: "PROJECT INFORMATION"

Item="Company Name" Data=YTU
 Item="Client Name"
 Item="Project Name"
 Item="Project Number"
 Item="Model Name"
 Item="Model Description"
 Item="Revision Number"
 Item="Frame Type"
 Item=Engineer
 Item=Checker
 Item=Supervisor
 Item="Issue Code"
 Item="Design Code"

TABLE: "DATABASE FORMAT TYPES"

UnitsCurr=Yes OverrideE=No

TABLE: "PREFERENCES - DIMENSIONAL"

MergeTol=0.00254 FineGrid=0.3048 Nudge=0.3048 SelectTol=3
 SnapTol=12 SLineThick=1 PLineThick=4 MaxFont=12 MinFont=6
 AutoZoom=10 ShrinkFact=70 TextFileLen=240

TABLE: "COORDINATE SYSTEMS"

Name=GLOBAL Type=Cartesian X=0 Y=0 Z=0 AboutZ=0 AboutY=0
 AboutX=0

TABLE: "GRID LINES"

CoordSys=GLOBAL	AxisDir=X	XRYZCoord=0	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=X	XRYZCoord=2	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=X	XRYZCoord=6	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=Y	XRYZCoord=0	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=Y	XRYZCoord=4	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=Y	XRYZCoord=7	Visible=Yes
CoordSys=GLOBAL	AxisDir=Z	XRYZCoord=0	Visible=Yes

TABLE: "JOINT PATTERN DEFINITIONS"

Pattern=DEFAULT

TABLE: "JOINT COORDINATES"

Joint=1	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=2	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=1	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=3	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=4	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=5	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=6	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=7	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=7	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=8	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=9	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=1	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					

Joint=10	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=11	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=12	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=13	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=14	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=6	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=15	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=16	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=1	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=17	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=18	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=19	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=20	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=21	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=5	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=22	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=23	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=1	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=24	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=25	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=26	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=27	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=28	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=4	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=29	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=30	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=31	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=32	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=33	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=3	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=34	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=35	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=36	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=37	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=38	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=2	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=39	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=40	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					

Joint=41	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=42	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=43	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=1	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=44	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=2	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=45	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=3	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=46	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=4	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=47	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=5	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					
Joint=48	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=6	Y=0	Z=0
SpecialJt=No					

TABLE: "CONNECTIVITY - AREA"

Area=1	Joint1=24	Joint2=25	Joint3=17	Joint4=18
Area=2	Joint1=17	Joint2=18	Joint3=10	Joint4=11
Area=5	Joint1=22	Joint2=23	Joint3=15	Joint4=16
Area=6	Joint1=15	Joint2=16	Joint3=8	Joint4=9
Area=7	Joint1=8	Joint2=9	Joint3=1	Joint4=2
Area=8	Joint1=23	Joint2=24	Joint3=16	Joint4=17
Area=9	Joint1=16	Joint2=17	Joint3=9	Joint4=10
Area=10	Joint1=9	Joint2=10	Joint3=2	Joint4=3
Area=11	Joint1=10	Joint2=11	Joint3=3	Joint4=4
Area=12	Joint1=25	Joint2=26	Joint3=18	Joint4=19
Area=13	Joint1=18	Joint2=19	Joint3=11	Joint4=12
Area=14	Joint1=11	Joint2=12	Joint3=4	Joint4=5
Area=15	Joint1=26	Joint2=27	Joint3=19	Joint4=20
Area=16	Joint1=19	Joint2=20	Joint3=12	Joint4=13
Area=17	Joint1=12	Joint2=13	Joint3=5	Joint4=6
Area=18	Joint1=27	Joint2=28	Joint3=20	Joint4=21
Area=19	Joint1=20	Joint2=21	Joint3=13	Joint4=14
Area=20	Joint1=13	Joint2=14	Joint3=6	Joint4=7
Area=21	Joint1=44	Joint2=45	Joint3=39	Joint4=40
Area=22	Joint1=39	Joint2=40	Joint3=34	Joint4=35
Area=23	Joint1=34	Joint2=35	Joint3=29	Joint4=30
Area=24	Joint1=29	Joint2=30	Joint3=24	Joint4=25
Area=25	Joint1=45	Joint2=46	Joint3=40	Joint4=41
Area=26	Joint1=40	Joint2=41	Joint3=35	Joint4=36
Area=27	Joint1=35	Joint2=36	Joint3=30	Joint4=31
Area=28	Joint1=30	Joint2=31	Joint3=25	Joint4=26
Area=29	Joint1=46	Joint2=47	Joint3=41	Joint4=42
Area=30	Joint1=41	Joint2=42	Joint3=36	Joint4=37
Area=31	Joint1=36	Joint2=37	Joint3=31	Joint4=32
Area=32	Joint1=31	Joint2=32	Joint3=26	Joint4=27
Area=33	Joint1=47	Joint2=48	Joint3=42	Joint4=43
Area=34	Joint1=42	Joint2=43	Joint3=37	Joint4=38
Area=35	Joint1=37	Joint2=38	Joint3=32	Joint4=33
Area=36	Joint1=32	Joint2=33	Joint3=27	Joint4=28

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 1 - GENERAL"

Material=ALUM	Type=Isotropic	DesignType=Aluminum			
UnitMass=7.82709980453528	UnitWeight=76.81954656429	E=75152860.995722			
U=0.3	A=0.0000117	MDampRatio=0	VDampMass=0	VDampStiff=0	
HDampMass=0	HDampStiff=0	Color=Cyan			
Material=CONC	Type=Isotropic	DesignType=Concrete	UnitMass=0		
UnitWeight=25	E=30000000	U=0.2	A=0	MDampRatio=0	VDampMass=0
VDampStiff=0	HDampMass=0	HDampStiff=0	Color=Green		
Material=OTHER	Type=Isotropic	DesignType=None			
UnitMass=2.40067976061392	UnitWeight=23.5616135751957				

E=24821128.4022568 U=0.2 A=0.0000099 MDampRatio=0 VDampMass=0
 VDampStiff=0 HDampMass=0 HDampStiff=0 Color=Red
 Material=STEEL Type=Isotropic DesignType=Steel
 UnitMass=7.84904737995992 UnitWeight=76.9728639422648
 E=199947978.795958 U=0.3 A=0.0000117 MDampRatio=0 VDampMass=0
 VDampStiff=0 HDampMass=0 HDampStiff=0 Color=Blue

TABLE: "AREA SECTION PROPERTIES"

Section=d Material=CONC MatAngle=0 AreaType=Shell Type=Shell-
 Thin Thickness=0.15 BendThick=0.15 Color=Green F11Mod=1 F22Mod=1
 F12Mod=1 M11Mod=1 M22Mod=1 M12Mod=1 V13Mod=1 V23Mod=1 MMod=1
 WMod=1

TABLE: "LOAD CASE DEFINITIONS"

LoadCase=hesap DesignType=OTHER SelfWtMult=0

TABLE: "JOINT RESTRAINT ASSIGNMENTS"

Joint=1	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=2	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=3	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=4	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=5	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=6	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=7	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=8	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=14	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=15	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=21	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=22	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=23	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=24	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=28	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=29	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=33	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=34	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=38	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=39	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=43	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=44	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=45	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=46	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=47	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=48	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes

TABLE: "AREA SECTION ASSIGNMENTS"

Area=1	Section=d	MatProp=Default
Area=2	Section=d	MatProp=Default
Area=5	Section=d	MatProp=Default
Area=6	Section=d	MatProp=Default
Area=7	Section=d	MatProp=Default
Area=8	Section=d	MatProp=Default
Area=9	Section=d	MatProp=Default
Area=10	Section=d	MatProp=Default
Area=11	Section=d	MatProp=Default
Area=12	Section=d	MatProp=Default
Area=13	Section=d	MatProp=Default
Area=14	Section=d	MatProp=Default
Area=15	Section=d	MatProp=Default
Area=16	Section=d	MatProp=Default
Area=17	Section=d	MatProp=Default
Area=18	Section=d	MatProp=Default
Area=19	Section=d	MatProp=Default
Area=20	Section=d	MatProp=Default

Area=21	Section=d	MatProp=Default
Area=22	Section=d	MatProp=Default
Area=23	Section=d	MatProp=Default
Area=24	Section=d	MatProp=Default
Area=25	Section=d	MatProp=Default
Area=26	Section=d	MatProp=Default
Area=27	Section=d	MatProp=Default
Area=28	Section=d	MatProp=Default
Area=29	Section=d	MatProp=Default
Area=30	Section=d	MatProp=Default
Area=31	Section=d	MatProp=Default
Area=32	Section=d	MatProp=Default
Area=33	Section=d	MatProp=Default
Area=34	Section=d	MatProp=Default
Area=35	Section=d	MatProp=Default
Area=36	Section=d	MatProp=Default

TABLE: "AREA LOADS - UNIFORM"

Area=5	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=6	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=7	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=8	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=9	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=10	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=1	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=2	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=11	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=12	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=13	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=14	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=15	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=16	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=17	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=18	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=19	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=20	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=21	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=22	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=23	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=24	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=25	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=26	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=27	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95
Area=28	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity	UnifLoad=12.95

```
Area=29 LoadCase=hesap CoordSys=GLOBAL Dir=Gravity
UnifLoad=12.95
Area=30 LoadCase=hesap CoordSys=GLOBAL Dir=Gravity
UnifLoad=12.95
Area=31 LoadCase=hesap CoordSys=GLOBAL Dir=Gravity
UnifLoad=12.95
Area=32 LoadCase=hesap CoordSys=GLOBAL Dir=Gravity
UnifLoad=12.95
Area=33 LoadCase=hesap CoordSys=GLOBAL Dir=Gravity
UnifLoad=12.95
Area=34 LoadCase=hesap CoordSys=GLOBAL Dir=Gravity
UnifLoad=12.95
Area=35 LoadCase=hesap CoordSys=GLOBAL Dir=Gravity
UnifLoad=12.95
Area=36 LoadCase=hesap CoordSys=GLOBAL Dir=Gravity
UnifLoad=12.95

END TABLE DATA
```

Ek 3 Tip 3 İsimli Plağın SAP2000 Programı Girdi Dosyası

```
TABLE: "PROGRAM CONTROL"
ProgramName=SAP2000 Version=8.2.3 CurrUnits="Kip, in, F"
SteelCode=AISC-ASD89 ConcCode="ACI 318-99" AlumCode="AA-ASD 2000"
```

TABLE: "ACTIVE DEGREES OF FREEDOM"
 UX=No UY=No UZ=Yes RX=Yes RY=Yes RZ=No

TABLE: "PROJECT INFORMATION"
 Item="Company Name" Data=YTU
 Item="Client Name"
 Item="Project Name"
 Item="Project Number"
 Item="Model Name"
 Item="Model Description"
 Item="Revision Number"
 Item="Frame Type"
 Item=Engineer
 Item=Checker
 Item=Supervisor
 Item="Issue Code"
 Item="Design Code"

TABLE: "DATABASE FORMAT TYPES"
 UnitsCurr=Yes OverrideE=No

TABLE: "JOINT PATTERN DEFINITIONS"
 Pattern=DEFAULT

TABLE: "JOINT COORDINATES"

Joint=1	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0
Y=275.590551181102	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=2	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=39.3700787401575
Y=275.590551181102	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=3	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=78.740157480315
Y=275.590551181102	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=4	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=118.110236220472
Y=275.590551181102	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=5	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=157.48031496063
Y=275.590551181102	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=6	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=196.850393700787
Y=275.590551181102	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=7	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=236.220472440945
Y=275.590551181102	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=8	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0
Y=236.220472440945	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=9	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=39.3700787401575
Y=236.220472440945	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=10	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=78.740157480315
Y=236.220472440945	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=11	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=118.110236220472
Y=236.220472440945	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=12	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=157.48031496063
Y=236.220472440945	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=13	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=196.850393700787
Y=236.220472440945	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=14	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=236.220472440945
Y=236.220472440945	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=15	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0
Y=196.850393700787	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=16	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=39.3700787401575
Y=196.850393700787	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=17	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=78.740157480315
Y=196.850393700787	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=18	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=118.110236220472
Y=196.850393700787	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=19	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=157.48031496063
Y=196.850393700787	Z=0	SpecialJt=No	

Joint=20	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=196.850393700787
Y=196.850393700787	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=21	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=236.220472440945
Y=196.850393700787	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=22	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=0
Y=157.48031496063	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=23	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=39.3700787401575
Y=157.48031496063	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=24	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=78.740157480315
Y=157.48031496063	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=25	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=118.110236220472
Y=157.48031496063	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=26	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=157.48031496063
Y=157.48031496063	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=27	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=196.850393700787
Y=157.48031496063	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=28	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=236.220472440945
Y=157.48031496063	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=29	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=78.740157480315
Y=118.110236220472	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=30	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=118.110236220472
Y=118.110236220472	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=31	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=157.48031496063
Y=118.110236220472	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=32	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=196.850393700787
Y=118.110236220472	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=33	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=236.220472440945
Y=118.110236220472	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=34	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=78.740157480315
Y=78.740157480315	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=35	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=118.110236220472
Y=78.740157480315	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=36	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=157.48031496063
Y=78.740157480315	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=37	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=196.850393700787
Y=78.740157480315	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=38	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=236.220472440945
Y=78.740157480315	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=39	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=78.740157480315
Y=39.3700787401575	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=40	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=118.110236220472
Y=39.3700787401575	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=41	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=157.48031496063
Y=39.3700787401575	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=42	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=196.850393700787
Y=39.3700787401575	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=43	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=236.220472440945
Y=39.3700787401575	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=44	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=78.740157480315
Y=0	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=45	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=118.110236220472
Y=0	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=46	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=157.48031496063
Y=0	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=47	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=196.850393700787
Y=0	Z=0	SpecialJt=No	
Joint=48	CoordSys=GLOBAL	CoordType=Cartesian	XorR=236.220472440945
Y=0	Z=0	SpecialJt=No	

TABLE: "CONNECTIVITY - AREA"

Area=1	Joint1=24	Joint2=25	Joint3=17	Joint4=18
Area=2	Joint1=17	Joint2=18	Joint3=10	Joint4=11
Area=5	Joint1=22	Joint2=23	Joint3=15	Joint4=16

Area=6	Joint1=15	Joint2=16	Joint3=8	Joint4=9
Area=7	Joint1=8	Joint2=9	Joint3=1	Joint4=2
Area=8	Joint1=23	Joint2=24	Joint3=16	Joint4=17
Area=9	Joint1=16	Joint2=17	Joint3=9	Joint4=10
Area=10	Joint1=9	Joint2=10	Joint3=2	Joint4=3
Area=11	Joint1=10	Joint2=11	Joint3=3	Joint4=4
Area=12	Joint1=25	Joint2=26	Joint3=18	Joint4=19
Area=13	Joint1=18	Joint2=19	Joint3=11	Joint4=12
Area=14	Joint1=11	Joint2=12	Joint3=4	Joint4=5
Area=15	Joint1=26	Joint2=27	Joint3=19	Joint4=20
Area=16	Joint1=19	Joint2=20	Joint3=12	Joint4=13
Area=17	Joint1=12	Joint2=13	Joint3=5	Joint4=6
Area=18	Joint1=27	Joint2=28	Joint3=20	Joint4=21
Area=19	Joint1=20	Joint2=21	Joint3=13	Joint4=14
Area=20	Joint1=13	Joint2=14	Joint3=6	Joint4=7
Area=21	Joint1=44	Joint2=45	Joint3=39	Joint4=40
Area=22	Joint1=39	Joint2=40	Joint3=34	Joint4=35
Area=23	Joint1=34	Joint2=35	Joint3=29	Joint4=30
Area=24	Joint1=29	Joint2=30	Joint3=24	Joint4=25
Area=25	Joint1=45	Joint2=46	Joint3=40	Joint4=41
Area=26	Joint1=40	Joint2=41	Joint3=35	Joint4=36
Area=27	Joint1=35	Joint2=36	Joint3=30	Joint4=31
Area=28	Joint1=30	Joint2=31	Joint3=25	Joint4=26
Area=29	Joint1=46	Joint2=47	Joint3=41	Joint4=42
Area=30	Joint1=41	Joint2=42	Joint3=36	Joint4=37
Area=31	Joint1=36	Joint2=37	Joint3=31	Joint4=32
Area=32	Joint1=31	Joint2=32	Joint3=26	Joint4=27
Area=33	Joint1=47	Joint2=48	Joint3=42	Joint4=43
Area=34	Joint1=42	Joint2=43	Joint3=37	Joint4=38
Area=35	Joint1=37	Joint2=38	Joint3=32	Joint4=33
Area=36	Joint1=32	Joint2=33	Joint3=27	Joint4=28

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 1 - GENERAL"

Material=ALUM	Type=Isotropic	DesignType=Aluminum		
UnitMass=0.0000007324016	UnitWeight=0.000283	E=10900	U=0.3	
A=0.0000065	MDampRatio=0	VDampMass=0	VDampStiff=0	HDampMass=0
HDampStiff=0	Color=Cyan			
Material=CONC	Type=Isotropic	DesignType=Concrete	UnitMass=0	
UnitWeight=9.20989554927789E-05	E=4351.13175556436	U=0.2	A=0	
MDampRatio=0	VDampMass=0	VDampStiff=0	HDampMass=0	HDampStiff=0
Color=Green				
Material=OTHER	Type=Isotropic	DesignType=None		
UnitMass=0.000002246377	UnitWeight=0.0000868	E=3600	U=0.2	
A=0.0000055	MDampRatio=0	VDampMass=0	VDampStiff=0	HDampMass=0
HDampStiff=0	Color=Red			
Material=STEEL	Type=Isotropic	DesignType=Steel		
UnitMass=7.34455290352564E-07	UnitWeight=2.83564814814815E-04	E=29000		
U=0.3	A=0.0000065	MDampRatio=0	VDampMass=0	VDampStiff=0
HDampMass=0	HDampStiff=0	Color=Blue		

TABLE: "AREA SECTION PROPERTIES"

Section=d	Material=CONC	MatAngle=0	AreaType=Shell	Type=Shell-
Thin	Thickness=5.90551181102362	BendThick=5.90551181102362		
Color=Green	F11Mod=1	F22Mod=1	F12Mod=1	M11Mod=1
M22Mod=1	V13Mod=1	V23Mod=1		
MMod=1	WMod=1			

TABLE: "LOAD CASE DEFINITIONS"

LoadCase=hesap	DesignType=OTHER	SelfWtMult=0
----------------	------------------	--------------

TABLE: "CASE - STATIC 1 - LOAD ASSIGNMENTS"

Case=DEAD	LoadType="Load case"	LoadName=hesap	LoadSF=1
-----------	----------------------	----------------	----------

TABLE: "JOINT RESTRAINT ASSIGNMENTS"

Joint=1	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=2	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=3	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=4	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=5	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=6	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=7	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=8	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=14	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=15	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=21	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=22	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=23	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=24	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=28	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=29	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=33	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=34	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=38	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=39	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=43	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes
Joint=44	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=45	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=46	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=47	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=No	R2=No	R3=No
Joint=48	U1=Yes	U2=Yes	U3=Yes	R1=Yes	R2=Yes	R3=Yes

TABLE: "AREA SECTION ASSIGNMENTS"

Area=1	Section=d	MatProp=Default
Area=2	Section=d	MatProp=Default
Area=5	Section=d	MatProp=Default
Area=6	Section=d	MatProp=Default
Area=7	Section=d	MatProp=Default
Area=8	Section=d	MatProp=Default
Area=9	Section=d	MatProp=Default
Area=10	Section=d	MatProp=Default
Area=11	Section=d	MatProp=Default
Area=12	Section=d	MatProp=Default
Area=13	Section=d	MatProp=Default
Area=14	Section=d	MatProp=Default
Area=15	Section=d	MatProp=Default
Area=16	Section=d	MatProp=Default
Area=17	Section=d	MatProp=Default
Area=18	Section=d	MatProp=Default
Area=19	Section=d	MatProp=Default
Area=20	Section=d	MatProp=Default
Area=21	Section=d	MatProp=Default
Area=22	Section=d	MatProp=Default
Area=23	Section=d	MatProp=Default
Area=24	Section=d	MatProp=Default
Area=25	Section=d	MatProp=Default
Area=26	Section=d	MatProp=Default
Area=27	Section=d	MatProp=Default
Area=28	Section=d	MatProp=Default
Area=29	Section=d	MatProp=Default
Area=30	Section=d	MatProp=Default
Area=31	Section=d	MatProp=Default
Area=32	Section=d	MatProp=Default
Area=33	Section=d	MatProp=Default
Area=34	Section=d	MatProp=Default
Area=35	Section=d	MatProp=Default
Area=36	Section=d	MatProp=Default

TABLE: "AREA LOADS - UNIFORM"

Area=5	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=6	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=7	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=8	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=9	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=10	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=1	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=2	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=11	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=12	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=13	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=14	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=15	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=16	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=17	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=18	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=19	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=20	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=21	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=22	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=23	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=24	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=25	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=26	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=27	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=28	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=29	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=30	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=31	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=32	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			

Area=33	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=34	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=35	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			
Area=36	LoadCase=hesap	CoordSys=GLOBAL	Dir=Gravity
UnifLoad=1.87823854115195E-03			

END TABLE DATA

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 29.07.1979

Doğum yeri İstanbul

Lise	1993-1996	Ataköy Cumhuriyet Lisesi
Lisans	1997-2001	Yıldız Üniversitesi İnşaat Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çalıştığı kurum(lar)

2002-Devam ediyor Mavi Marmara Yapı Denetim Ltd. Şti.