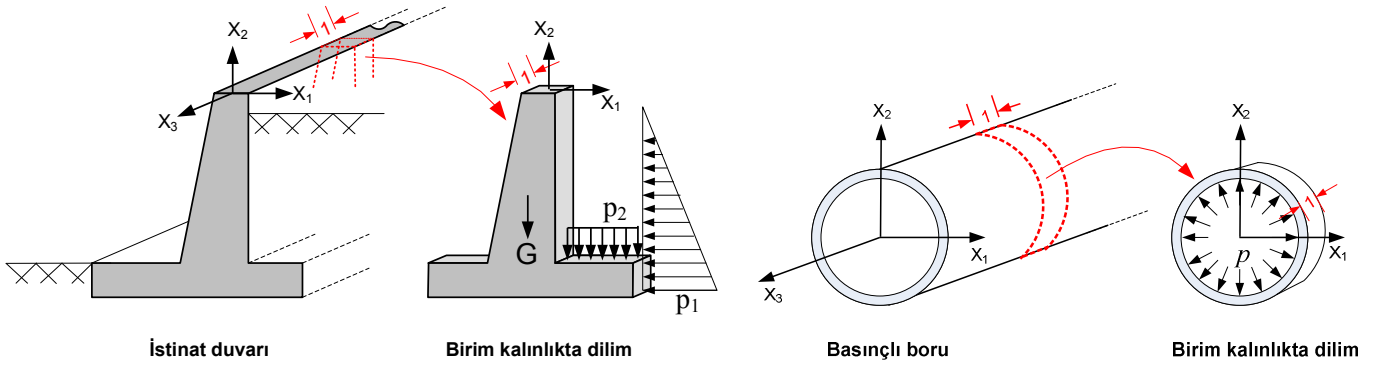




13. Üçgen levha eleman, düzlem şekil değiştirme durumu

İstinat duvarı, basınçlı uzun boru, tünel, ağırlık barajı gibi yapılar düzlem levha gibi davranırlar. Uzun doğrultuda yer ve şekil değiştirme olmaz, şekil değiştirmeler düzlem içinde kalır. Aşağıdaki şekilde görülen örneklerde x_3 doğrultusunda yer ve şekil değiştirme olmaz, ama bu doğrultuda gerilme oluşur. Analiz için yapıdan birim kalınlıkta düzlem bir dilim çıkartılır ve levha olarak çözülür, levha $x_1 - x_2$ düzleminindedir.



Yükler levha düzlemi içindedir, x_3 doğrultusunda yük yoktur.

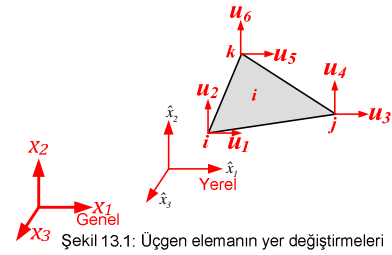
Sadece x_1 ve x_2 doğrultusunda yer değiştirme vardır: $u_1(x_1, x_2)$ ve $u_2(x_1, x_2)$.

Düzlem şekil değiştirme varsayımları ve bağıntıları için bak: Bölüm 2.6

Düzlem şekil değiştirme durumu söz konusudur. $\sigma_{11}(x_1, x_2), \sigma_{22}(x_1, x_2), \sigma_{33}(x_1, x_2), \sigma_{12}(x_1, x_2)$ gerilmeleri oluşur.

13.1 Üçgen levha elemanın bağıntıları

Levha sistemin $i-j-k$ düğümlerine bağlı i . elemanı sistemden çıkarılarak şekil 13.1 de gösterilmiştir. Düğüm numaraları, $i-j-k$, saatin ters yönündedir, sistemin tüm elemanları bu kurala göre numaralanmalıdır. Genel ve yerel koordinat sistemi birbirine paraleldir. Transformasyon matrisi birim matris olduğundan, genel ve yerel rijitlik matrisi aynı olacaktır. Bağıntılar genel koordinat sisteminde yazılacaktır. Düğüm serbestlik derecesi 2, elemanın serbestlik derecesi $2 \cdot 3 = 6$ dir:



Şekil 13.1: Üçgen elemanın yer değiştirmeleri

\underline{u} yer değiştirmeleri yönünde tanımlı, fakat şekilde gösterilmemiş, $\underline{s} = [s_1 \ s_2 \ s_3 \ s_4 \ s_5 \ s_6]^T$ genel kuvvetleri vardır. Levha probleminde düğüm kuvvetleri değil, eleman içindeki $\sigma_{11}(x_1, x_2), \sigma_{22}(x_1, x_2), \sigma_{33}(x_1, x_2)$ ve $\sigma_{12}(x_1, x_2)$ gerilmeleri hesaplanır. İfadeleri basitleştirmek için elemanlara ait büyüklüklerde i indisi kullanılmayacaktır. E elastisite modülü, ν : Poisson oranı, (x_{1i}, x_{2i}) : i noktasının, (x_{1j}, x_{2j}) : j noktasının, (x_{1k}, x_{2k}) : k noktasının genel koordinatları, yükler ve mesnet koşulları biliniyor varsayılmaktadır. Tüm elemanların kalınlığı sabit ve 1 dir.

i	u_1	i noktasında x_1 yönünde genel yer değiştirme
i	u_2	i noktasında x_2 yönünde genel yer değiştirme
j	u_3	j noktasında x_1 yönünde genel yer değiştirme
j	u_4	j noktasında x_2 yönünde genel yer değiştirme
k	u_5	k noktasında x_1 yönünde genel yer değiştirme
k	u_6	k noktasında x_2 yönünde genel yer değiştirme

Elemanın yer değiştirme fonksiyonları(Ritz fonksiyonları):

Elemanın $u_1(x_1, x_2)$ ve $u_2(x_1, x_2)$ yer değiştirmeleri için seçilecek Ritz fonksiyonlarının her biri 3 parametrelidir, çünkü serbestlik derecesi 6 dir. Yer değiştirme fonksiyonları:

$$u_1(x_1, x_2) = a_1 + a_2 x_1 + a_3 x_2$$

$$u_2(x_1, x_2) = a_4 + a_5 x_1 + a_6 x_2$$

(13.1)

doğrusal olarak seçilebilir. Eleman geometrisi ve yer değiştirme fonksiyonu 12.1 ile aynı olduğundan düzlem gerilme durumuna ait 12.2-12.6 arasındaki tüm bağıntılar düzlem şekil değiştirme durumunda da geçerlidir.

Şekil değiştirme - yer değiştirme bağıntıları:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{12} \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \beta_j & 0 & \beta_k & 0 \\ 0 & \gamma_i & 0 & \gamma_j & 0 & \gamma_k \\ \gamma_i & \beta_i & \gamma_j & \beta_j & \gamma_k & \beta_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{bmatrix}, \quad \varepsilon_{33} = 0 \quad (13.2)$$

$$\underline{\varepsilon} = \underline{B} \underline{u} \quad (13.2a)$$

13. Üçgen levha eleman, düzlem şekil değiştirme durumu

Gerilme-şekil değiştirme bağıntıları:

Düzlem şekil değiştirme durumu için, 2.19 a göre

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{12} \end{bmatrix} \quad (13.3)$$

Düzlem şekil değiştirme durumunda elastisite matrisi

dir. 13.2 ile

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \beta_j & 0 & \beta_k & 0 \\ 0 & \gamma_i & 0 & \gamma_j & 0 & \gamma_k \\ \gamma_i & \beta_i & \gamma_j & \beta_j & \gamma_k & \beta_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} = \frac{E}{2A(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} (1-\nu)\beta_i & \nu\gamma_i & (1-\nu)\beta_j & \nu\gamma_j & (1-\nu)\beta_k & \nu\gamma_k \\ \nu\beta_i & (1-\nu)\gamma_i & \nu\beta_j & (1-\nu)\gamma_j & \nu\beta_k & (1-\nu)\gamma_k \\ \frac{1-2\nu}{2}\gamma_i & \frac{1-2\nu}{2}\beta_i & \frac{1-2\nu}{2}\gamma_j & \frac{1-2\nu}{2}\beta_j & \frac{1-2\nu}{2}\gamma_k & \frac{1-2\nu}{2}\beta_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{bmatrix}, \sigma_{33} = \nu\sigma_{11} + \nu\sigma_{22} \quad (13.3a)$$

$$\underline{\sigma} = \underline{E} \underline{B} \underline{u} \quad (13.3b)$$

12.4 e göre $\beta_i, \beta_j, \beta_k, \gamma_i, \gamma_j, \gamma_k$ büyüklükleri sabit sayılardır. A, E, ν , ve \underline{u} nun terimleri de sabit sayılardır (x_1 ve x_2 den bağımsız). Bunun anlamı 13.2 den hesaplanan şekil değiştirmelerin ve 13.3a dan hesaplanan gerilmelerin de eleman içindeki her noktada sabit olacaktır. Bu nedenle, bu elemana CST (Constant Strain Triangle veya Contant Stress Triangle) denilmektedir.

Elemanın rijitlik matrisi:

12.9a bağıntısı geçerlidir, sadece \underline{E} matrisi farklıdır ve t=1 (birim dilim) dir:

$$\underline{k} = tA \underline{B}^T \underline{E} \underline{B} \quad (13.4)$$

13.4 çarpımı:

$$\underline{k} = tA \underline{B}^T \underline{E} \underline{B} = 1 \cdot A \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \gamma_i \\ 0 & \gamma_i & \beta_i \\ \beta_j & 0 & \gamma_j \\ 0 & \gamma_j & \beta_j \\ \beta_k & 0 & \gamma_k \\ 0 & \gamma_k & \beta_k \end{bmatrix} \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \beta_j & 0 & \beta_k & 0 \\ 0 & \gamma_i & 0 & \gamma_j & 0 & \gamma_k \\ \gamma_i & \beta_i & \gamma_j & \beta_j & \gamma_k & \beta_k \end{bmatrix}$$

Çarpım sonucu oldukça karmaşık terimlidir. Basitleştirmek için \underline{k} rijitlik matrisini iki matrisin toplamı ile ifade etmek uygun olmaktadır. \underline{k}_n normal gerilmelere ait, \underline{k}_s kayma gerilmelerine ait rijitlik terimlerini içermektedir.

$$\underline{k} = \underline{k}_n + \underline{k}_s \quad \text{Elemanın rijitlik matrisi} \quad (13.4a)$$

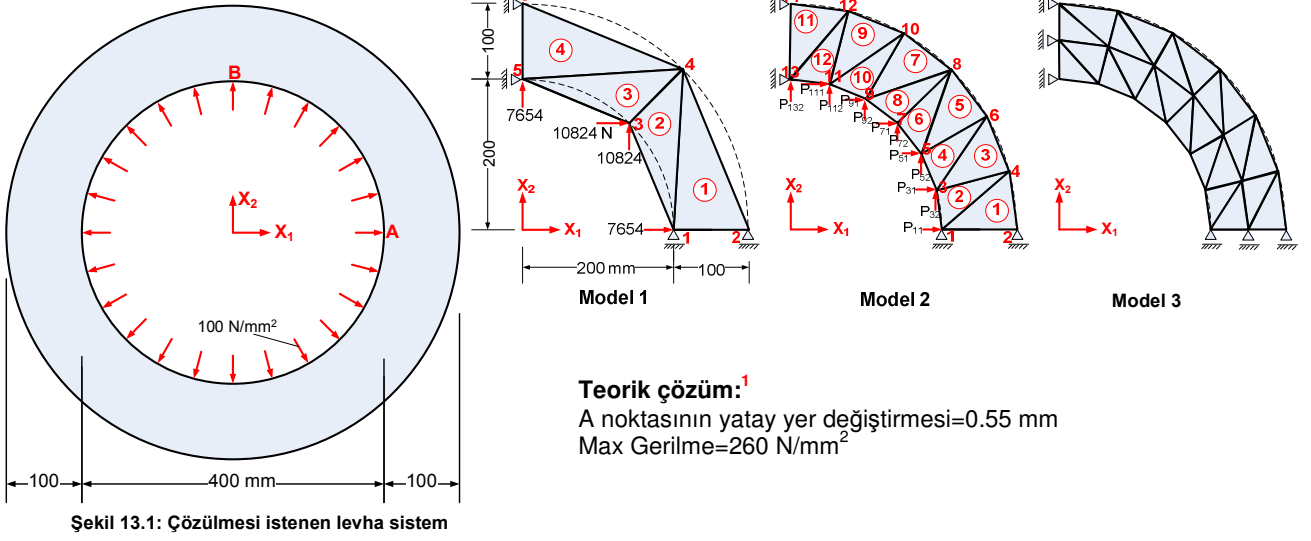
$$\underline{k}_n = \frac{E}{4A(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} (1-\nu)\beta_i^2 & \nu\beta_i\gamma_i & (1-\nu)\beta_i\beta_j & \nu\beta_i\gamma_j & (1-\nu)\beta_i\beta_k & \nu\beta_i\gamma_k \\ \nu\beta_i\gamma_i & (1-\nu)\gamma_i^2 & \nu\beta_j\gamma_i & (1-\nu)\gamma_i\gamma_j & \nu\beta_k\gamma_i & (1-\nu)\gamma_i\gamma_k \\ (1-\nu)\beta_i\beta_j & \nu\beta_j\gamma_i & (1-\nu)\beta_j^2 & \nu\beta_j\gamma_j & (1-\nu)\beta_j\beta_k & \nu\beta_j\gamma_k \\ \nu\beta_i\gamma_j & (1-\nu)\gamma_i\gamma_j & \nu\beta_j\gamma_j & (1-\nu)\gamma_j^2 & \nu\beta_k\gamma_j & (1-\nu)\gamma_j\gamma_k \\ (1-\nu)\beta_i\beta_k & \nu\beta_k\gamma_i & (1-\nu)\beta_j\beta_k & \nu\beta_k\gamma_j & (1-\nu)\beta_k^2 & \nu\beta_k\gamma_k \\ \nu\beta_i\gamma_k & (1-\nu)\gamma_i\gamma_k & \nu\beta_j\gamma_k & (1-\nu)\gamma_j\gamma_k & \nu\beta_k\gamma_k & (1-\nu)\gamma_k^2 \end{bmatrix} \quad \text{Normal gerilmelere ait rijitlikler} \quad (13.4b)$$

$$\underline{k}_s = \frac{E}{8A(1+\nu)} \begin{bmatrix} \gamma_i^2 & \beta_i\gamma_i & \gamma_i\gamma_j & \beta_j\gamma_i & \gamma_i\gamma_k & \beta_k\gamma_i \\ \beta_i\gamma_i & \beta_i^2 & \beta_i\gamma_j & \beta_i\beta_j & \beta_i\gamma_k & \beta_i\beta_k \\ \gamma_i\gamma_j & \beta_i\gamma_j & \gamma_j^2 & \beta_j\gamma_j & \gamma_j\gamma_k & \beta_k\gamma_j \\ \beta_j\gamma_i & \beta_i\beta_j & \beta_j\gamma_j & \beta_j^2 & \beta_j\gamma_k & \beta_j\beta_k \\ \gamma_i\gamma_k & \beta_i\gamma_k & \gamma_j\gamma_k & \beta_j\gamma_k & \gamma_k^2 & \beta_k\gamma_k \\ \beta_k\gamma_i & \beta_i\beta_k & \beta_k\gamma_j & \beta_j\beta_k & \beta_k\gamma_k & \beta_k^2 \end{bmatrix} \quad \text{Kayma gerilmelerine ait rijitlikler}$$

13. Üçgen levha eleman, düzlem şekil değiştirme durumu

Sayısal örnek 13.1:

100 N/mm² iç basınç etkisinde olan kalın çidarlı bir borudan çıkartılan 1 mm kalınlığında bir dilimin kesiti şekil 13.1 de verilmiştir. Elastisite modülü $E=10^5$ N/mm², Poisson oranı $\nu = 0.25$ dir. En büyük gerilmenin ve yarıçaptaki değişme miktarının (=A noktasındaki yatay veya B noktasındaki düşey yer değiştirme) hesaplanması istenmektedir.



Teorik çözüm:¹

A noktasının yatay yer değiştirmesi=0.55 mm
Max Gerilme=260 N/mm²

Levhada düzlem şekil değiştirme durumu vardır. Kesit hem x_1 hem de x_2 eksenine göre simetriktir, kesitin $1/4$ ile hesap yapılabilir. Çözüm için Model 1, Model 2, Model 3 veya benzer daha başka bir model kullanılabilir. Şekillerden görüldüğü gibi, eleman sayısı arttıkça geometri, yükler ve mesnet koşulları gerçeğe daha yakın olmaktadır. Model 1 ve Model 2 nin SEM2015 sonuçları aşağıda verilmiştir.

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm:1991-29 Nisan 2015

C:\SEM2015\Levha\Veriler\Örnek13-1-Model1.mdb

SİSTEM:Düzlem şekil değiştirme
Nokta sayısı: 6
Eleman sayısı: 4
Noktanın serbestlik derecesi: 2
Sistemin serbestlik derecesi: 12
Yarı band genişliği :7
Nokta yük sayısı: 4
Sınır koşulu sayısı: 4

SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta no	U1 (mm)	U2 (mm)
1	0.471802	0
2	0.423643	0
3	0.369587	0.369587
4	0.296804	0.296804
5	0	0.471802
6	0	0.423643

GERİLMELER:

Eleman no	Sigma11 (N/mm ²)	Sigma22 (N/mm ²)	Sigma12 (N/mm ²)	Sigma33 (N/mm ²)
1	-1.82	148.64	-31.9	36.7
2	35.85	176.9	-135.53	53.19
3	176.9	35.85	-135.53	53.19
4	148.64	-1.82	-31.9	36.7

Nokta yükler(N):

$P_{11}=7654$, $P_{12}=1522$
 $P_{31}=10824$, $P_{32}=10824$
 $P_{51}=1522$, $P_{52}=7654$

Not:

$P_{12}=P_{51}=1522$ kuvvetleri doğrudan mesnete gittiğinden şekilde gösterilmemiştir.

Koordinatlar(mm):

Nokta	X ₁	X ₂
1	200	0
2	300	0
3	141.42	141.42
4	212.13	212.13
5	0	200
6	0	300

¹ İnan, M., Düzlemde elastisite teorisi, İTÜ yayını, Sayfa 165, 1969

13. Üçgen levha eleman, düzlem şekil değiştirme durumu

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm:1991-29 Nisan 2015

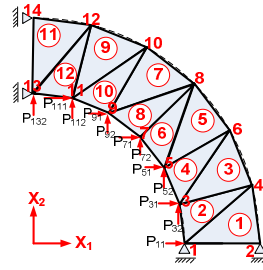
SEM2015

C:\SEM2015\Levha\Verileri\Örnek13-1-Model2.mdb

SİSTEM:Düzlem şekil değiştirme
Nokta sayısı: 14
Eleman sayısı: 12
Noktanın serbestlik derecesi: 2
Sistemin serbestlik derecesi: 28
Yarı band genişliği :7
Nokta yük sayısı: 14
Sınır koşulu sayısı: 4

SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta no	U1 (mm)	U2 (mm)
1	0.479251	0
2	0.422457	0
3	0.480332	0.130537
4	0.403649	0.103844
5	0.441683	0.254223
6	0.367786	0.210204
7	0.373055	0.373055
8	0.293792	0.293792
9	0.254223	0.441683
10	0.210204	0.367786
11	0.130537	0.480332
12	0.103844	0.403649
13	0	0.479251
14	0	0.422457



Model 2

Nokta yükler(N):

$P_{11}=2610.5$, $P_{12}=171.1$
 $P_{31}=5043.1$, $P_{32}=1351.3$
 $P_{51}=4521.6$, $P_{52}=2610.5$
 $P_{71}=3691.8$, $P_{72}=3691.8$
 $P_{91}=2610.5$, $P_{92}=4521.6$
 $P_{111}=1351.3$, $P_{112}=5043.1$
 $P_{131}=171.1$, $P_{132}=2610.5$

Not:

$P_{12}=P_{131}=171.1$ kuvvetleri doğrudan mesnete gittiğinden şekilde gösterilmemiştir.

Koordinatlar(mm):

Nokta	X ₁	X ₂
1	200	0
2	300	0
3	193.19	51.76
4	289.78	77.65
5	173.21	100
6	259.81	150
7	141.42	141.42
8	212.13	212.13
9	100	173.21
10	150	259.81
11	51.76	193.19
12	77.65	289.78
13	0	200
14	0	300

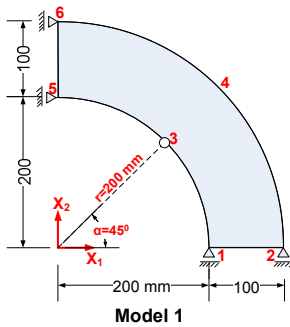
GERİLMELER:

Eleman no	Sigma11 (N/mm ²)	Sigma22 (N/mm ²)	Sigma12 (N/mm ²)	Sigma33 (N/mm ²)
1	-14.66	137.76	-12.68	30.78
2	3.37	257.22	-40.02	65.15
3	-22.59	122.62	-53.82	25.01
4	38.13	215.3	-101.47	63.36
5	12.7	74.85	-86.78	21.89
6	81.84	148.5	-147.26	57.59
7	74.85	12.7	-86.78	21.89
8	148.5	81.84	-147.26	57.59
9	122.62	-22.59	-53.82	25.01
10	215.3	38.13	-101.47	63.36
11	137.76	-14.66	-12.68	30.78
12	257.22	3.37	-40.02	65.15

En büyük gerilme

	Yarıçaptaki değişim(mm)	En büyük gerilme(N/mm ²)
Teorik	0.55	260
Model 1	0.4718 (Hata %14)	176.9 (Hata %32)
Model 2	0.4793 (Hata %13)	257.22 (Hata %1)

Ek bilgi 1: Bir noktanın koordinatları ve noktanın eşdeğer tekil kuvvetleri nasıl hesaplanıyor(Model 1 in 3 noktasında örnekleme)



Model 1

3 noktasının koordinatları:

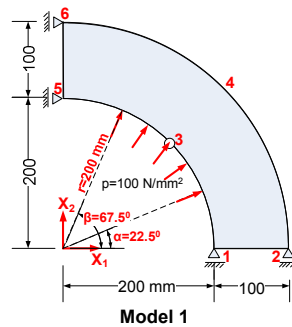
$$x_1 = r \cos \alpha = 200 \cos 45 = 141.42 \text{ mm}$$

$$x_2 = r \sin \alpha = 200 \sin 45 = 141.42 \text{ mm}$$

4 noktasının koordinatları:

$$x_1 = r \cos \alpha = 300 \cos 45 = 212.13 \text{ mm}$$

$$x_2 = r \sin \alpha = 300 \sin 45 = 212.13 \text{ mm}$$



Model 1

3 noktasında eşdeğer yatay kuvvet:

$$P_{31} = \int_{\alpha}^{\beta} r p \cos \alpha \, d\alpha = \int_{22.5}^{67.5} 200 \cdot 100 \cos \alpha \, d\alpha = 20000 [\sin \alpha]_{22.5}^{67.5} = 10824 \text{ N}$$

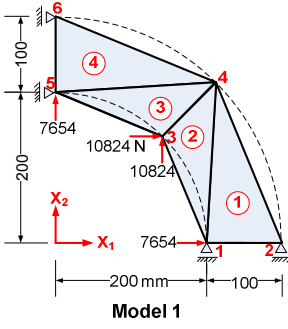
3 noktasında eşdeğer dikey kuvvet:

$$P_{32} = \int_{\alpha}^{\beta} r p \sin \alpha \, d\alpha = \int_{22.5}^{67.5} 200 \cdot 100 \sin \alpha \, d\alpha = -20000 [\cos \alpha]_{22.5}^{67.5} = 10824 \text{ N}$$

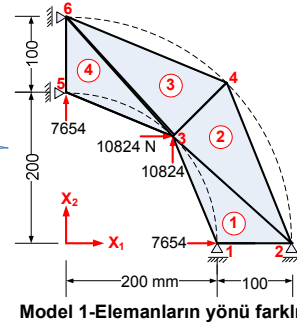
13. Üçgen levha eleman, düzlem şekil değiştirme durumu

Ek bilgi 2: Üçgen elemana özgü davranış

Üçgen eleman izotropik değildir, yani elemanın yönü değiştiğinde sonuç biraz değişir. Örneğin, yukarıda sonuçları verilen Model 1 in elemanlarının yönünü değiştirerek yeni sonucu görelim.



Sadece elemanların yönü değiştirilmiş Model 1



© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm:1991-02 Mart 2015
SEM2015

Model1-elemanların yönü değişmiş durum

SİSTEM:Düzlem şekil değiştirme
Noktanın serbestlik derecesi: 2
Elemanın Nokta Sayısı: 3
Elemanın serbestlik derecesi: 6
Eleman sayısı: 4
Nokta sayısı: 6
Sistemin serbestlik derecesi: 12
Yarı band genişliği :7
Nokta yük sayısı: 4
Sınır koşulu sayısı: 4

SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta no	U1 (mm)	U2 (mm)
1	0.522678	0
2	0.419749	0
3	0.333608	0.333608
4	0.299555	0.299555
5	0	0.522678
6	0	0.419749

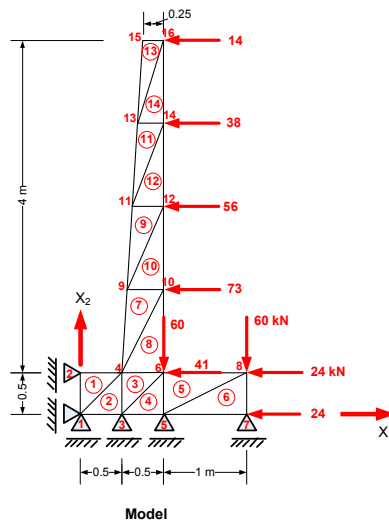
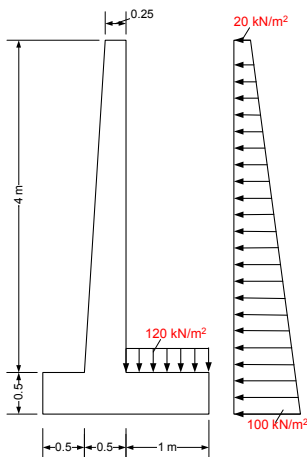
GERİLMELER:

Eleman no	Sigma11 (N/mm ²)	Sigma22 (N/mm ²)	Sigma12 (N/mm ²)	Sigma33 (N/mm ²)
1	-29.15	241.91	-70.53	53.19
2	41.51	105.3	-75.23	36.7
3	105.3	41.51	-75.23	36.7
4	241.91	-29.15	-70.53	53.19

Model 1 in sonuçları ile karşılaştırılırsa, farklı olduğu görülür. Eleman sayısı arttıkça fark azalır. Üçgen elemanın izotropik olmamasının nedeni yön değiştiğinde elemanın ağırlık merkezinin levhanın farklı noktasına kayması ile açıklanabilir.

Sayısal örnek 13.2:

C30/37 betonu ile inşa edilmesi düşünülen bir istinat duvarından alınan 1 m kalınlığındaki bir dilimin kesiti ve modeli Şekil 13.2 de görülmektedir. Verilen yükler için SEM15 çözümü verilecektir.



$E=32 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$, $\nu = 0.20$, $t = 1 \text{ m}$

Koordinatlar:

Nokta	X ₁ (m)	X ₂ (m)
1	0	0
2	0	0.5
3	0.5	0
4	0.5	0.5
5	1	0
6	1	0.5
7	2	0
8	2	0.5
9	0.56	1.5
10	1	1.5
11	0.63	2.5
12	1	2.5
13	0.69	3.5
14	1	3.5
15	0.75	4.5
16	1	4.5

Şekil 13.2: Çözülmesi istenen levha sistem

Model

13. Üçgen levha eleman, düzlem şekil değiştirme durumu

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm:1991-29 Nisan 2015

SEM2015

C:\SEM2015\LevhaVerileri\Örnek13-2.mdb

SİSTEM:Düzlem şekil değiştirme
Nokta sayısı: 16
Eleman sayısı: 14
Noktanın serbestlik derecesi: 2
Sistemin serbestlik derecesi: 32
Yarı band genişliği :13
Nokta yük sayısı: 9
Sınır koşulu sayısı: 6

SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta no	U1 (m)	U2 (m)
1	0	0
2	0	-2E-6
3	-2E-6	0
4	-1E-5	-1.4E-5
5	-1.3E-5	0
6	-1.4E-5	1.1E-5
7	-1.8E-5	0
8	-2E-5	0
9	-0.00014	-3.2E-5
10	-0.000139	3.6E-5
11	-0.00034	-3.1E-5
12	-0.000339	4.7E-5
13	-0.000573	-2.2E-5
14	-0.000573	5E-5
15	-0.000814	-9E-6
16	-0.000814	5.1E-5

GERİLMELER:

Eleman no	Sigma11 (kN/m ²)	Sigma22 (kN/m ²)	Sigma12 (kN/m ²)	Sigma33 (kN/m ²)
1	-718.09	-315.51	-315.51	-206.72
2	-361.91	-1015.23	-212.45	-275.43
3	-573.11	-1068.03	441.23	-328.23
4	-590.69	561.76	-42.43	-5.79
5	-5.55	708.05	-180.91	140.5
6	-186.45	-29.55	-45.23	-43.2
7	-114.94	-940.81	320.5	-211.15
8	-99.12	827.91	-1006.04	145.76
9	-51.19	-483.51	144.01	-106.94
10	221.91	406.59	-612.01	125.7
11	-19.85	-178	24.46	-39.57
12	106.97	149.13	-301.58	51.22
13	-3.3	-34.3	-10.63	-7.52
14	31.56	27.66	-81.75	11.85