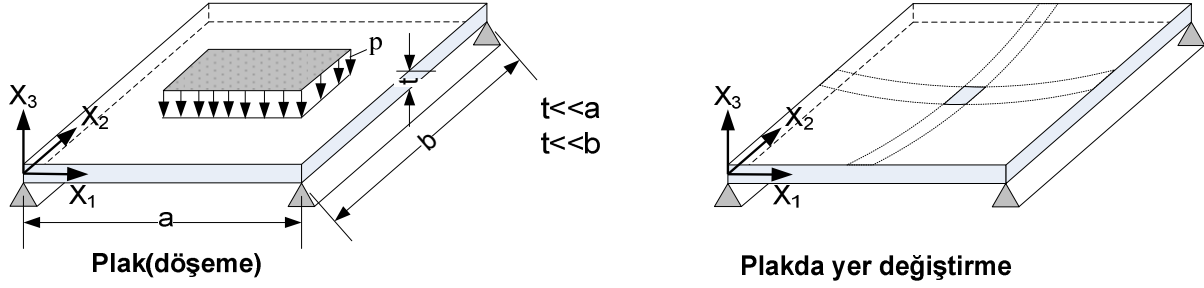




## 16. Dikdörtgen plak eleman

Kalınlığı diğer boyutlarına göre küçük ve düzlemine dik yük etkisinde olan düzlem taşıyıcı sisteme plak denir. Yapıların döşemeleri, sıvı deposu yan duvarları ve köprü plakları örnek olarak verilebilir. Plak iki doğrultuda kiriş benzeri bir davranış gösterir.

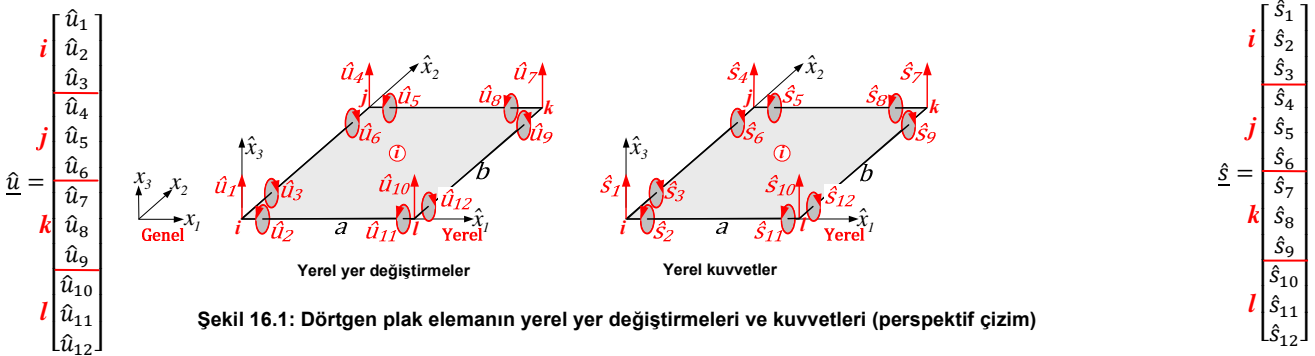


Varsayımlar<sup>1</sup>:

- 1) Plak  $x_1 - x_2$  düzleminde ve incedir.
- 2) Yükler  $x_3$  doğrultusunda ve  $x_1 - x_2$  düzlemine dik etkir.
- 3) Plak sadece  $x_3$  yönünde yer değiştirir,  $u_3$  yer değiştirmesi sadece  $x_1$  ve  $x_2$  nin fonksiyonudur.
- 4) Eğilme sonrası plak kalınlığı değişmez, dönmüş kesit düzlemi orta düzleme dik kalır:  $\epsilon_{13} = 0, \epsilon_{23} = 0, \epsilon_{33} = 0, \epsilon_{12} \neq 0$  (Bu varsayım, kesme kuvvetinin şekil değiştirmeye etkisinin ihmal edildiği anlamına gelir: Kirchhoff plak teorisi)

## 16.1 Dikdörtgen plak elemanın bağıntıları

Çok sayıda plak eleman modeli (90 civarında) vardır. Şekil 16.1 de dikdörtgen bir elemanın yerel yer değiştirmeleri ve bunlar yönünde tanımlı düğüm kuvvetleri görülmektedir. Düğüm serbestlik derecesi 3, elemanın serbestlik derecesi 12 dir. Yerel ve genel koordinatlar birbirine paraleldir (transformasyon matrisi=birim matris). Noktalar saat yönünde numaralanmıştır.  $i$  noktasında tanımlı  $\hat{u}_1, \hat{u}_2, \hat{u}_3$  büyüklükleri, sırasıyla,  $\hat{x}_3$  yönünde yer değiştirme,  $\hat{x}_1$  etrafında dönme ve  $\hat{x}_2$  etrafında dönmedir. Bunlara karşılık gelen  $\hat{s}_1, \hat{s}_2, \hat{s}_3$  tekil kuvvetleri, sırasıyla,  $\hat{x}_3$  yönünde kuvvet,  $\hat{x}_1$  etrafında moment ve  $\hat{x}_2$  etrafında momenttir<sup>2</sup>.



Şekil 16.1: Dörtgen plak elemanın yerel yer değiştirmeleri ve kuvvetleri (perspektif çizim)

İfadeleri basitleştirmek için elemanlara ait büyüklüklerde  $i$  indisi kullanılmayacaktır. E: elastisite modülü,  $\nu$ : Poisson oranı,  $t$ : eleman kalınlığı,  $(x_{1i}, x_{2i})$ :  $i$  noktasının,  $(x_{1j}, x_{2j})$ :  $j$  noktasının,  $(x_{1k}, x_{2k})$ :  $k$  noktasının,  $(x_{1l}, x_{2l})$ :  $l$  noktasının genel koordinatları, yükler ve mesnet koşulları biliniyor varsayılmaktadır.  $a$  ve  $b$  kenarları noktaların genel koordinatlarından hesaplanır:  $a = |x_{1l} - x_{1i}|$ ,  $b = |x_{2j} - x_{2i}|$ .

## Elemanın yer değiştirme fonksiyonu ve rijitlik matrisi

Elemanın  $\hat{u}_3(\hat{x}_1, \hat{x}_2)$  yerel yer değiştirmesi için seçilecek Ritz fonksiyonu 12 parametrelidir, çünkü serbestlik derecesi 12 dir. Yer değiştirme fonksiyonunu Gallagher<sup>3</sup>, Przemieniecki<sup>4</sup>, Zienkiewicz<sup>5</sup>

$$\hat{u}_3(\hat{x}_1, \hat{x}_2) = a_1 + a_2\hat{x}_1 + a_3\hat{x}_2 + a_4\hat{x}_1^2 + a_5\hat{x}_1\hat{x}_2 + a_6\hat{x}_2^2 + a_7\hat{x}_1^3 + a_8\hat{x}_1^2\hat{x}_2 + a_9\hat{x}_1\hat{x}_2^2 + a_{10}\hat{x}_2^3 + a_{11}\hat{x}_1^3\hat{x}_2 + a_{12}\hat{x}_1\hat{x}_2^3 \quad (16.1)$$

<sup>1</sup> Bu varsayımlara dayanan ince plak teorisine Kirchhoff teorisi denir (Kirchhoff-Love teorisi ve Poisson-Kirchhoff teorisi de denir). Kalın plak teorisi Mindlin-Reissner adını alır. Ayrıca kesme şekil değiştirmelerini de dikkate alan Timoshenko plak teorisi vardır.

<sup>2</sup> Klasik plak teorisinde kesme kuvveti ve momentler birim genişlik için tanımlanır, birimleri, örneğin, kN/m ve kNm/m dir. Burada tanımlanan düğüm kuvvetleri tekildir, birimleri, örneğin, kN ve kNm dir. Bir diğer dikkat edilmesi gereken fark da şudur. Klasik plak teorisinde momentler genellikle  $x$  doğrultusunda  $M_x$ ,  $y$  doğrultusunda  $M_y$  ile gösterilir. Şekil 16.2 deki momentler ise eksenler etrafındaki momentlerdir, örneğin,  $\hat{s}_2$  momenti  $\hat{x}_1$  eksenine,  $\hat{s}_3$  momentini ise  $\hat{x}_2$  eksenine etrafındaki momenttir.

<sup>3</sup> Gallagher, R. H., Finite Element Analysis, Springer Verlag, 1976.

<sup>4</sup> Przemieniecki, J., S. Theory of matrix structural analysis, McGraw-Hill, 1968.

<sup>5</sup> Zienkiewicz, O., C., The Finite element method in engineering science, McGraw-Hill, 1971.

## 16. Dörtgen plak eleman

olarak seçmektedirler. Bu fonksiyon ile, elemanların ortak kenarları boyunca(düğümner hariç) süreklilik sağlanmaz, dönmeler farklı olur. Bu nedenle bu elemana "incompatible" eleman denir. "compatible" dikdörtgen eleman rijitlik matrisi Przemieniecki<sup>4</sup> sayfa 123 den alınabilir.

16.1 fonksiyonu için, rijitlik matrisinin çıkartılması ders notlarının kapsamı dışındadır, Przemieniecki den alınarak aşağıda verilmiştir:

$C = a^2$ ,  $F = b^2$ ,  $H = \frac{F}{C}$ ,  $G = \frac{1}{H}$ ,  $P = 14 - 4\nu$ ,  $Q = 1 + 4\nu$ ,  $R = 1 - \nu$  olmak üzere:

$$\hat{k} = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)ab} \cdot \quad (16.2)$$

	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	
<i>i</i>	$4(H+G) + \frac{P}{5}$ $(2G + \frac{Q}{5})b$ $-(2G + \frac{Q}{5})a$	$(\frac{4G}{3} + \frac{4R}{15})F$ $-vab$ $(\frac{4H}{3} + \frac{4R}{15})C$			
<i>j</i>	$2(H-2G) - \frac{P}{5}$ $(2G + \frac{R}{5})b$ $(-H + \frac{Q}{5})a$	$-(2G + \frac{R}{5})b$ $(\frac{2G}{3} - \frac{R}{15})F$ $0$	$-(2G + \frac{Q}{5})b$ $(\frac{4G}{3} + \frac{4R}{15})F$ $vab$	$(-H + \frac{Q}{5})a$ $(\frac{2H}{3} - \frac{4R}{15})C$ $(\frac{4H}{3} + \frac{4R}{15})C$	<i>Simetrik</i>
<i>k</i>	$-2(H+G) + \frac{P}{5}$ $(G - \frac{R}{5})b$ $(-H + \frac{R}{5})a$	$(-G + \frac{R}{5})b$ $(\frac{G}{3} + \frac{R}{15})F$ $0$	$-2(2H-G) - \frac{P}{5}$ $(-G + \frac{Q}{5})b$ $(-2H + \frac{R}{5})a$	$(-G + \frac{Q}{5})b$ $(\frac{2G}{3} - \frac{4R}{15})F$ $0$	$2(H + \frac{R}{5})a$ $(\frac{2H}{3} - \frac{R}{15})C$ $(\frac{4H}{3} + \frac{4R}{15})F$
<i>l</i>	$-2(2H-G) - \frac{P}{5}$ $(G - \frac{Q}{5})b$ $(G - \frac{Q}{5})a$	$(G - \frac{Q}{5})b$ $(\frac{2G}{3} - \frac{4R}{15})F$ $0$	$-2(H+G) + \frac{P}{5}$ $(G - \frac{R}{5})b$ $(-H + \frac{R}{5})a$	$(G - \frac{R}{5})b$ $(\frac{G}{3} + \frac{R}{15})F$ $0$	$2(H-2G) - \frac{P}{5}$ $(2G + \frac{R}{5})b$ $(H - \frac{Q}{5})a$
	$-(2H + \frac{R}{5})a$ $0$ $(\frac{2H}{3} - \frac{R}{15})C$	$(-H + \frac{R}{5})a$ $0$ $(\frac{H}{3} + \frac{R}{15})C$	$(H - \frac{Q}{5})a$ $0$ $(\frac{2H}{3} - \frac{R}{15})C$	$(H - \frac{Q}{5})a$ $0$ $(\frac{2H}{3} - \frac{R}{15})C$	$4(H+G) + \frac{P}{5}$ $(2G + \frac{Q}{5})b$ $(\frac{4G}{3} + \frac{4R}{15})F$ $(2H + \frac{Q}{5})a$ $vab$ $(\frac{4H}{3} + \frac{4R}{15})C$

Rijitlik matrisi, düğüm yer değıştirmeleri ve eleman kuvvetleri arasında, bilindiğı gibi,

$$\hat{k} \hat{u} = \hat{s} \quad (16.3)$$

bağıntısı vardır. Sistem denge denklemleri

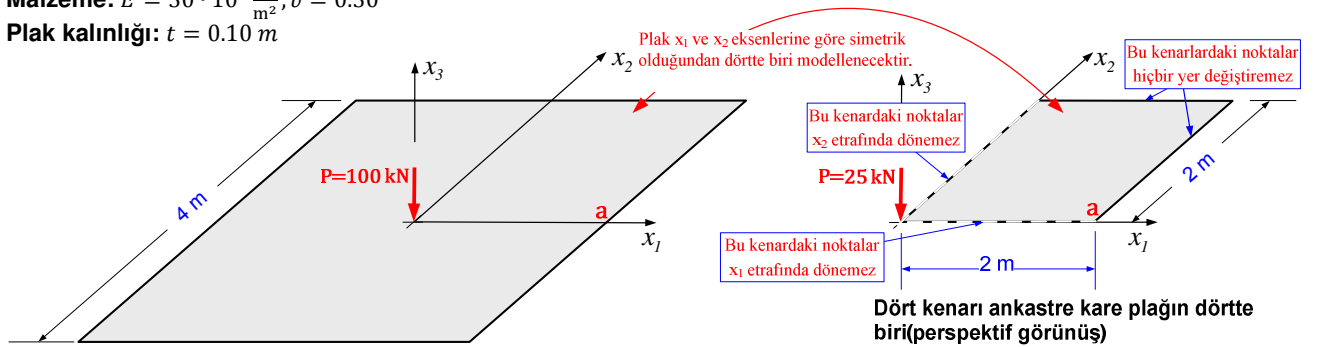
$$K_0 \underline{U} = \underline{P}_0 \quad \text{Bak: 6.6}$$

kurularak çözümlür ve  $\underline{U}$  sistem yer değıştirmeleri bulunur. *i*. elemanın *i*, *j*, *k*, *l* düğümündeki yer değıştirmeleri ( $\hat{u}_1, \hat{u}_2, \hat{u}_3, \hat{u}_4, \hat{u}_5, \hat{u}_6, \hat{u}_7, \hat{u}_8, \hat{u}_9, \hat{u}_{10}, \hat{u}_{11}, \hat{u}_{12}$  değıerleri)  $\underline{U}$  nun *i*, *j*, *k*, *l* nolu düğümündeki değıerler alınarak  $\hat{u}$  belirlenir ve 16.3 den eleman kuvvetleri hesaplanır.

**Örnek 34.1:** Teorik çözümlür Timoshenko<sup>1</sup> tarafından verilen **dört tarafından ankastre** ve merkezinde  $P=100$  kN tekil yükü olan kare plağın(şekil 34.1) çözümlür 8 farklı model için SEM2015 programı ile yapılacaktır.

**Malzeme:**  $E = 30 \cdot 10^6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ ,  $\nu = 0.30$

**Plak kalınlığı:**  $t = 0.10$  m



Şekil 34.1: Dört kenarı ankastre kare plak(perspektif görünüşü)

**Teorik çözümlür:**

Timoshenko plak merkezindeki çökmeyi  $\delta = 0.0056PL^2 \frac{12((1-\nu^2))}{Et^3}$  olarak vermektedir. Buna göre  $\delta = 0.0056 \cdot 100 \cdot 4^2 \frac{12(1-0.3^2)}{30 \cdot 10^6 \cdot 0.1^3} = 0.00326$  m  $\approx 3.26$  mm dir.

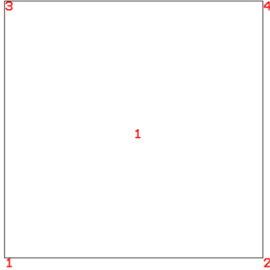
<sup>1</sup> Timoshenko, S., Plak ve kabuklar teorisi(tercüme M. İnan v.d.), İTÜ yayını, 1964, sayfa 220

## 16. Dörtgen plak eleman

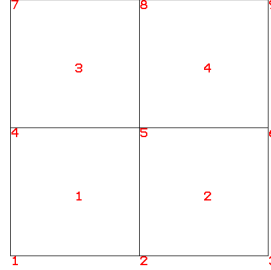
Timoshenko plağın a noktasında birim boya yayılı mesnet momentini  $M_a=0.1257P$  (üst lifte çekme) olarak vermektedir. Buna göre  $M_a=0.1257 \cdot 100=12.57$  kN/m dir. Bu momenti SEM2015 programı ile aynı noktada hesaplanacak olan moment ile doğrudan karşılaştıramayız. Çünkü Hesaplanacak moment tekindir. a noktasındaki gerilmeyi karşılaştırmak daha basit bir yoldur. a noktasındaki gerilme

$\sigma_a = \frac{M_a}{I} y$  (mukavemet) genel bağıntısından hesaplanabilir. I atalet momenti 1xt plak kesitinde hesaplanır:  $I = \frac{1 \cdot 0.1^3}{12} = 8.33 \cdot 10^{-5} m^4$ .  $y=+l/2=0.1/2=0.05$  m dir (üst lif için). Buna göre  $\sigma_a = \frac{M_a}{I} y = \frac{12.57}{8.33 \cdot 10^{-5}} \cdot 0.05 = 7547 \frac{kN}{m^2}$  olur. Bu gerilme değerini programın aynı noktada hesaplayacağı  $\sigma_{11}$  gerilmesi ile doğrudan karşılaştırabiliriz.

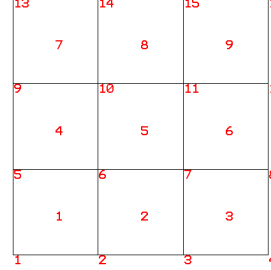
### Plağın dörtte birinin hesap modelleri



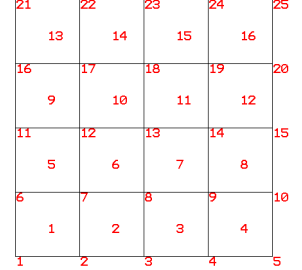
1x1=1 eleman ağı



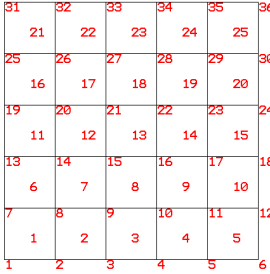
2x2=4 eleman ağı



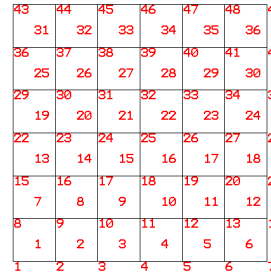
3x3=9 eleman ağı



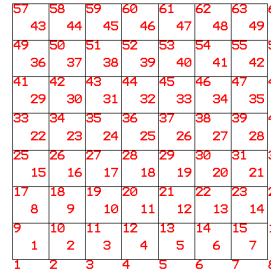
4x4=16 eleman ağı



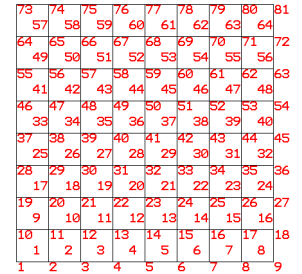
5x5=25 eleman ağı



6x6=36 eleman ağı



7x7=49 eleman ağı



8x8=64 eleman ağı

Programın çıktıları ilk iki model için tam, diğer modeller için kısmen aşağıda verilmiş, çökme ve a noktasındaki gerilmeler teorik çözüm ile karşılaştırılmıştır.

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm: 18 Ekim 2015

### SEM2015

#### Örnek16.1 Dörtgen Plak-Model 1x1

SİSTEM:Plak  
Nokta sayısı: 4, Eleman sayısı: 1  
Sistemin serbestlik derecesi: 12, Yarı band genişliği :11  
Nokta yük sayısı: 1, Sınır koşulu sayısı: 11

#### SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta	U1(m)	U2(rad)	U3(rad)
1	-0.003447	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0

Çökme

#### Kuvvetler:

Eleman	Nokta	Yön-3 (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	1	-25	-11.55	11.55
1	3	10.8	-10.13	2.65
1	4	3.41	-4.07	4.07
1	2	10.8	-2.65	10.13

#### GERİLMELER:

Eleman	Nokta	Sig11 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig22 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig12 (kN/m <sup>2</sup> )
1	1	-11079.55	-11079.55	-994.32
1	3	2556.82	8522.73	-994.32
1	4	0	0	-994.32
1	2	8522.73	2556.82	-994.32

Gerilme

## 16. Dörtgen plak eleman

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm: 18 Ekim 2015

### SEM2015

#### Örnek16.1 Dörtgen Plak-Model 2x2

SİSTEM:Plak  
Nokta sayısı: 9, Eleman sayısı: 4  
Sistemin serbestlik derecesi: 27, Yarı band genişliği :14  
Nokta yük sayısı: 1, Sınır koşulu sayısı: 19

#### SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta	U1(m)	U2(rad)	U3(rad)
1	-0.003573	0	0
2	-0.001574	0	-0.002579
3	0	0	0
4	-0.001574	0.002579	0
5	-0.000802	0.001206	-0.001206
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0

Çökme

#### Kuvvetler:

Eleman	Nokta	Yön-3 (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	1	-25	-9.57	9.57
1	4	9.39	-0.58	5
1	5	6.21	-0.47	0.47
1	2	9.39	-5	0.58
2	2	-9.39	-1.66	-0.58
2	5	0.43	0.16	0.35
2	6	1.23	-0.9	3.69
2	3	7.73	0.73	5.5
3	4	-9.39	0.58	1.66
3	7	7.73	-5.5	-0.73
3	8	1.23	-3.69	0.9
3	5	0.43	-0.35	-0.16
4	5	-7.08	0.66	-0.66
4	8	4.81	-2.66	-0.36
4	9	-2.53	-0.63	0.63
4	6	4.81	0.36	2.66

#### GERİLMELER:

Eleman	Nokta	Sig11 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig22 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig12 (kN/m <sup>2</sup> )
1	1	-22782.4	-28889.2	-1414.11
1	4	1054.09	14632.42	170.2
1	5	-4297.69	-13380.75	1754.5
1	2	14052.97	12688.24	170.2
2	2	-1645.5	-9841.66	692.67
2	5	1914.3	6303.2	2084.63
2	6	3951.38	1185.42	500.33
2	3	7067.35	2120.21	-891.63
3	4	-5223.17	-259.95	692.67
3	7	2120.21	7067.35	-891.63
3	8	-796.69	-2655.63	500.33
3	5	5655.33	7732.31	2084.63
4	5	33.34	33.34	1858.94
4	8	1185.42	3951.38	466.98
4	9	0	0	-924.98
4	6	3951.38	1185.42	466.98

Gerilme

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm: 18 Ekim 2015

### SEM2015

#### Örnek16.1 Dörtgen Plak-Model 3x3

SİSTEM:Plak  
Nokta sayısı: 16, Eleman sayısı: 9  
Sistemin serbestlik derecesi: 48, Yarı band genişliği :17  
Nokta yük sayısı: 1, Sınır koşulu sayısı: 27

#### SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta	U1(m)	U2(rad)	U3(rad)
1	-0.003442	0	0
2	-0.002305	0	-0.002468
3	-0.000767	0	-0.00198
4	0	0	0
5	-0.002305	0.002468	0
6	-0.001693	0.001575	-0.001575
7	-0.000581	0.000518	-0.001495
8	0	0	0

Çökme

#### GERİLMELER:

Eleman	Nokta	Sig11 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig22 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig12 (kN/m <sup>2</sup> )
1	1	-35962.86	-61610.03	-1363.81
1	5	7263.35	41895.16	180.64
1	6	-15371.07	-45289.41	1725.09
1	2	24180.15	40842.69	180.64
2	3	16015.69	16315.46	-267.11
3	3	-1202.99	-11605.26	355.24
3	7	4793.03	10349.82	1252.34
3	8	5538.41	1661.52	413.74
3	4	7285.48	2185.64	-483.36
4	5	-13999.19	-17164.25	438.75
4	9	3418.27	16186.62	-267.11

Gerilme

## 16. Dörtgen plak eleman

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm: 18 Ekim 2015

### SEM2015

#### Örnek16.1 Dörtgen Plak-Model 4x4

SİSTEM:Plak  
Nokta sayısı: 25, Eleman sayısı: 16  
Sistemin serbestlik derecesi: 75, Yarı band genişliği :20  
Nokta yük sayısı: 1, Sınır koşulu sayısı: 35

#### SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta	U1 (m)	U2 (rad)	U3 (rad)
1	-0.003379	0	0
2	-0.002639	0	-0.002251
3	-0.001471	0	-0.002309
4	-0.000458	0	-0.001627

#### GERİLMELER:

Eleman	Nokta	Sig11 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig22 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig12 (kN/m <sup>2</sup> )
1	1	-52311.72	-108012.57	-1338.3
1	6	18712.41	84425.63	161.56
1	7	-30372.86	-91268.76	1661.42
1	2	38372.74	84061.22	161.56
3	4	18356.4	18378.9	-151.7
4	4	-826.26	-12857.98	229.84
4	9	6552.16	13034.67	822.56
4	10	6285.05	1885.52	282.8
4	5	7399.35	2219.81	-309.92
5	6	-27483.01	-53546.59	421.39

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm: 18 Ekim 2015

### SEM2015

#### Örnek16.1 Dörtgen Plak-Model 5x5

SİSTEM:Plak  
Nokta sayısı: 36, Eleman sayısı: 25  
Sistemin serbestlik derecesi: 108, Yarı band genişliği :23  
Nokta yük sayısı: 1, Sınır koşulu sayısı: 43

#### SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta	U1 (m)	U2 (rad)	U3 (rad)
1	-0.003346	0	0
2	-0.002821	0	-0.002053
3	-0.001924	0	-0.002347
4	-0.001019	0	-0.002103
5	-0.000305	0	-0.001384
6	0	0	0

#### GERİLMELER:

Eleman	Nokta	Sig11 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig22 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig12 (kN/m <sup>2</sup> )
1	1	-72214.42	-168015.53	-1324.74
1	7	34804.68	141398.72	150.3
1	8	-49229.16	-150951.01	1625.33
1	2	56593.24	141601.44	150.3
2	2	-52804.49	-139716.57	423.78
4	5	19928.9	19680.23	-111.52
5	5	-486.46	-13635.3	167.91
5	11	7704.74	14717.15	584.69
5	12	6696.2	2008.86	201.94
5	6	7444.12	2233.24	-214.84
6	7	-45135.6	-105804.24	423.78

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm: 18 Ekim 2015

### SEM2015

#### Örnek16.1 Dörtgen Plak-Model 6x6

SİSTEM:Plak  
Nokta sayısı: 49, Eleman sayısı: 36  
Sistemin serbestlik derecesi: 147, Yarı band genişliği:  
Nokta yük sayısı: 1, Sınır koşulu sayısı: 51

#### SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta	U1 (m)	U2 (rad)	U3 (rad)
1	-0.003325	0	0
2	-0.002932	0	-0.001883
3	-0.002223	0	-0.002296

#### GERİLMELER:

Eleman	Nokta	Sig11 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig22 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig12 (kN/m <sup>2</sup> )
1	1	-95847.62	-241582.84	-1316.84
1	8	55319.28	212476.8	143.21
1	9	-72005.28	-224258.78	1603.26
1	2	78846.96	213159.88	143.21
6	6	21007.5	20015.10	-80.17
6	6	-219.42	-14158.21	127.15
6	13	8530.96	15852.16	434.65
6	14	6936.62	2080.98	150.42
6	7	7470.98	2241.29	-157.09
7	8	-66901.85	-173007.95	427.54

## 16. Dörtgen plak eleman

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm: 18 Ekim 2015

### SEM2015

#### Örnek16.1 Dörtgen Plak-Model 7x7

SİSTEM:Plak  
Nokta sayısı: 64, Eleman sayısı: 49  
Sistemin serbestlik derecesi: 192, Yarı band genişliği :29  
Nokta yük sayısı: 1, Sınır koşulu sayısı: 59

SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta	U1 (m)	U2 (rad)	U3 (rad)
1	-0.003312	0	0
2	-0.003006	0	-0.00174
3	-0.002431	0	-0.002217
4	-0.001777	0	-0.002317
5	-0.001133	0	-0.002149
6	-0.000571	0	-0.001743
7	-0.000163	0	-0.001064
8	0	0	0

GERİLMELER:

Eleman	Nokta	Sig11 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig22 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig12 (kN/m <sup>2</sup> )
1	1	-123306	-328689.86	-1311.89
1	9	80137.73	297471.6	138.61
1	10	-98736.73	-311146.65	1589.11
1	2	105136.16	298570	138.61
2	2	-104102.69	-296827.6	430.7
6	7	21917.55	21240.94	-71.47
7	7	-4.35	-14530.92	99.44
7	15	9147.45	16661.08	335.12
7	16	7088.52	2126.56	115.96
7	8	7488.56	2246.57	-119.73
8	9	-92763.74	-254705.84	430.7

© Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sürüm: 18 Ekim 2015

### SEM2015

#### Örnek16.1 Dörtgen Plak-Model 8x8

SİSTEM:Plak  
Nokta sayısı: 81, Eleman sayısı: 64  
Sistemin serbestlik derecesi: 243, Yarı band genişliği :32  
Nokta yük sayısı: 1, Sınır koşulu sayısı: 67

SİSTEMİN YER DEĞİŞTİRMELERİ:

Nokta	U1 (m)	U2 (rad)	U3 (rad)
1	-0.003303	0	0
2	-0.003057	0	-0.001618
3	-0.002581	0	-0.002129
4	-0.002021	0	-0.002309

GERİLMELER:

Eleman	Nokta	Sig11 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig22 (kN/m <sup>2</sup> )	Sig12 (kN/m <sup>2</sup> )
1	1	-154646.65	-429320.04	-1308.59
1	10	109189.67	396267.66	135.49
1	11	-129446.13	-411586.94	1579.57
1	2	135462.33	397731.12	135.49
8	8	172.21	-14808.36	79.8
8	17	9623.29	17263.02	266.0
8	18	7190.41	2157.12	91.9
8	9	7500.61	2250.18	-94.2
9	10	-122710.26	-350631	433.1

Model	$\delta$ : Plak merkezinde çökme (mm)	Hata %	A noktasında gerilme kN/m <sup>2</sup>	Hata %
1x1	3.45	5.8	8523	12.9
2x2	3.57	9.5	7067	6.4
3x3	3.44	5.5	7285	3.5
4x4	3.38	3.7	7399	2
5x5	3.35	2.8	7444	1.4
6x6	3.33	2.1	7471	1
7x7	3.31	1.5	7489	0.8
8x8	3.30	1.2	7501	0.06
<b>Teorik</b>	<b>3.26</b>	<b>0</b>	<b>7547</b>	<b>0</b>