

KATLANMIŞ PLAKLARIN STATİK
HESABI

Meltem AKDENİZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

1991

KATLANMIŞ PLAKLARIN STATİK HESABI

Meltem AKDENİZ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Doç.Dr. Ahmet TOPÇU

HAZİRAN - 1991

Meltem AKDENİZ'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Katlanmış Plakların Statik Hesabı" başlıklı bu çalışma jüri-mizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca de-ğerlendirilerek kabul edilmiştir.

04/07/1991

Üye : Prof. M. Ruhi AYDIN

Üye : Doç. Dr. Ahmet TOPÇU

Üye : Y. Doç. Dr. Yunus ÖZÇELİKÖRS

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 04 TEMİZ 1991
gün ve 279-3... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Rüstem KAYA

Ö Z E T

Bu çalışmada, sonlu eleman deplasman yöntemi yardımıyla dış yükler etkisi altındaki katlanmış plak sistemlerinin statik analizini yapan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Birinci bölümde, katlanmış plakların kullanım amacı, çeşitleri, tasarımı ve boyutlandırılması ile ilgili temel ilkeler açıklandı.

İkinci bölüm, katlanmış plak sisteminin, sonlu elemanlar deplasman metodu ilkeleriyle statik analizini içermektedir.

Geliştirilen program yardımı ile yalnızca levha veya plak sistemlerinin statik hesabının yapılabilmesi mümkün olduğu gibi aynı anda hem levha hem de plak davranışı gösteren katlanmış plak sistemlerinin hesabı da yapılabilmektedir.

Uygulamalara ayrılan üçüncü bölümde literatürde bulunan çeşitli tipteki levha, plak ve katlanmış plak problemleri ele alınmıştır. Elde edilen sonuçların literatürdeki sonuçlarla kıyaslanması ve tartışılması ise dördüncü bölüme bırakılmıştır.

S U M M A R Y

In this study, a computer program for the statical analysis of folded plates using Finite Element displacement method is developed.

In the first chapter a general information about folded plates (e.g. their types, the aims of usage, design criteria) has given.

The second chapter is devoted to the study of statical analysis of folded plates using Finite Element displacement method .

The computer program can be used for the statical analysis of plates under, either in-plane or on-plane loading cases. Also the folded plates which shows a superposed behaviour of in plane and on plane loading cases can be analised. Using this program various types of plate problems (folded or plane) in the literature are investigated an some of them solved in the third chapter.

The comparison of the problems solved in previous with the results of problems solved in different resorces and their discussion is carried out in the forth chapter.

Ö N S Ö Z

Yapı mühendisliğinde, ekonomiklik, güvenlik ve estetiklik aranan önemli faktörlerdir. Özellikle, teknolojinin gelişmesine paralel olarak, yapı çeşitlerinde de olumlu değişiklikler ve gelişmeler meydana gelmiştir ki katlanmış plak yapıları bunlara güzel bir örnektir.

Bilgisayarların mühendislik hesaplarında kullanılmasıyla beraber, sonlu elemanlar deplasman metodu birçok dalda uygulama alanı bulmuştur. Bu tez çalışmasında, katlanmış plakların statik analizini incelerken kullandığımız sonlu elemanlar deplasman metodu oldukça yeni ve bilgisayar ile hesap gerektiren bir metoddur. Burada verilmiş olan, katlanmış plak yapılarının statik hesabı ile ilgili bilgisayar programı AMSTRAD PC 2086 bilgisayarında test edilmiştir.

Çalışmalarım süresince değerli fikir ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç.Dr. Ahmet TOPÇU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Meltem AKDENİZ

Haziran 1991

İ Ç İ N D E K İ L E R

Sayfa

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖNSÖZ	vi
1. KATLANMIŞ PLAK YAPILARI	1
1.1. Giriş	1
1.2. Esas Elemanlar ve Çalışma Şekli	2
1.3. Katlanmış Plakların Tasarımı ve Boyutları	4
2. KATLANMIŞ PLAK SİSTEMİNİN SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANALİZİ.	7
2.1. Sistemin Analizi	7
2.2. Sistemin idealizasyonu	10
2.3. Dikdörtgen Levha Elemanı(Düzlem Gerilme Hali)	11
2.4. Dikdörtgen Plak Elemanı	15
2.5. Katlanmış Plak Elemanı	18
2.5.1. Katlanmış plak elemanının lokal rijitlik matrisi.	23
2.5.2. Katlanmış plak elemanına ait transformasyon matrisi	26
2.5.3. Katlanmış plak elemanının global koordinatlardaki rijitlik matrisi	29
2.6. Sistem Rijitlik Matrisi	29
2.7. Sistemin Sınır Şartlarının Dikkate Alınması	32
2.8. Denge Denkleminin Çözümü	32
3. PROGRAM HAKKINDA GENEL BİLGİLER	34
3.1. Verilerin Hazırlanması	37
3.2. Çıktılar	41
3.3. Akış Diyagramı	42

İ Ç İ N D E K İ L E R (Devam)

	<u>Sayfa</u>
4. ÖRNEKLER	43
5. SONUÇ	60
KAYNAKLAR DİZİNİ	61

EKLER

1. Bilgisayar için hesap programı
2. Örnek 1. için bilgisayar programı verileri ve çıktıları
3. Örnek 2. için bilgisayar programı verileri ve çıktıları
4. Örnek 3. için bilgisayar programı verileri ve çıktıları
5. Örnek 4. için bilgisayar programı verileri ve çıktıları
6. Örnek 5. için bilgisayar programı verileri ve çıktıları

Ş E K İ L L E R D İ Z İ N İ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Katlanmış plakların ana tiplerine ait örnekler	1
1.2. Katlanmış plakların esas sistemleri	2
1.3. Katlanmış plakların plak ve levha olarak çalışması	3
1.4. Çok açıklıklı bir prizmatik katlanmış plak	4
1.5. Katlanmış plaklarda kullanılan enkesit tipleri	6
2.1. Sürekli ortamın idealizasyonu	10
2.2. Dikdörtgen levha elemanına ait lokal deplasmanlar	11
2.3. Dikdörtgen levha elemanına ait iç kuvvetler	13
2.4. Dikdörtgen plak elemanına ait lokal deplasmanlar	15
2.5. Dikdörtgen plak elemanına ait iç kuvvetler	16
2.6. Katlanmış plak elemanının herhangi bir düğümüne etkiyen lokal deplasmanlar	18
2.7. Katlanmış plak elemanına ait lokal deplasmanlar	19
2.8. Katlanmış plak elemanına ait iç kuvvetler	20
2.9. Katlanmış plak sisteminin i düğüm noktasına etkiyen dış yükler ve bu noktadaki global deplasmanlar	21
2.10. Global ve lokal koordinatlar	26
2.11. Katlanmış plak sistemi	30
3.1. Katlanmış plak ve idealizasyonu	35
3.2. Katlanmış plak	38
4.1. Üniform yüklü basit mesnetli levha	43
4.2. Örnek 1. için verilen idealize edilmiş levha	44
4.3. Üniform yüklü konsol kiriş	46
4.4. Örnek 2. için verilen idealize edilmiş konsol kiriş	46
4.5. Üniform yüklü plak	49
4.6. Örnek 3. için idealize edilmiş plak	49
4.7. Örnek 4. için verilen simetrik mafsallı çerçeve	54
4.8. Katlanmış plak sistemi	57
4.9. İdealize edilmiş katlanmış plak	58

T A B L O L A R D İ Z İ N İ

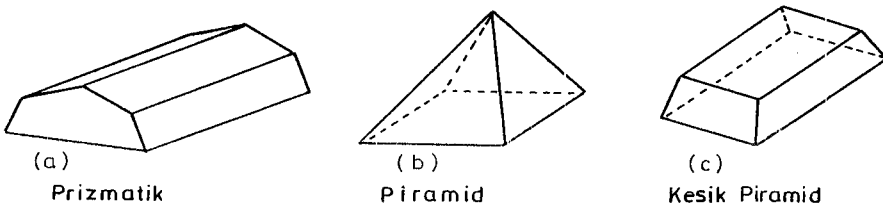
<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Levha lokal rijitlik matrisi	14
2.2. Plak lokal rijitlik matrisi	17
2.3. Katlanmış plak lokal rijitlik matrisi	25
4.1. Örnek 1. e ait sonuçlar	45
4.2. Örnek 2. e ait sonuçlar	47
4.3. Örnek 3. e ait çökme sonuçları	51
4.4. Örnek 3. e ait moment sonuçları	52
4.5. Örnek 4. e ait sonuçlar	55

1. KATLANMIŞ PLAK YAPILARI

1.1. Giriş

Katlanmış plaklar, kalınlığı diğer boyutlarına göre küçük düzlem elemanlarla teşkil edilen uzay yüzeysel taşıyıcılardır. Düzlem elemanlar çok çeşitli şekillerde kullanılabilirler.

Dikdörtgen levhalarla teşkil edilen bu tip taşıyıcılara Prizmatik Katlanmış Plaklar adı verilir (Şekil 1a). Bunlar mesnetlerinde, enine doğrultudaki düşey levhalarla birbirlerine göre yer değiştirmeyecek şekilde rijitleştirilirler. Piramit katlanmış plaklar üçgen, kesik piramid (ya da yarı prizmatik) katlanmış plaklar da trapez elemanlarla teşkil edilebilir (Şekil 1b ve 1c).



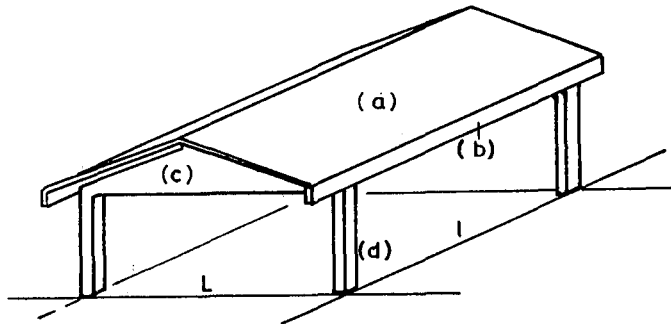
Şekil 1.1. Katlanmış plakların ana tiplerine ait örnekler

Bir katlanmış plağın kalıbı, yatay bir döşemeninki kadar basit ve yaklaşık olarak aynı maliyetle yapılabilir. Buna karşılık aynı açıklık için çok daha az çelik ve beton sarfedilir. Donatının yerleştirilmesi ve betonlamada da eğri yüzeylerdeki kabuklar gibi güçlükler yoktur. Çatı örtüsü kolaylıkla yapılabilir ve yağmur sularının akıtılması için gerekli olan dereler kendiliğinden ortaya çıkar. Ayrıca eğri yüzeylerin kompleks kalıpları ancak bir çok defa kullanılmaları ile ekonomik hale gelebilirler. Bu yüzden katlanmış plaklar büyük alanların kapatılması için gerek düz kirişli döşemelere, gerekse eğri yüzeyli kabuklara göre daha uygun olurlar.

Özet olarak, katlanmış plaklar uzay yüzeysel taşıyıcıların en basitidir, düzlem yüzeyleri inşaatçıya genellikle donatı, kalıp ve betonlamada kolaylık sağlar.

1.2. Esas Elemanlar ve Çalışma Şekli

Bir katlanmış plak sistemindeki başlıca elemanlar, basit bir eğik çatı örneği üzerinde işaretlenmiştir (Şekil 1.2). Burada,



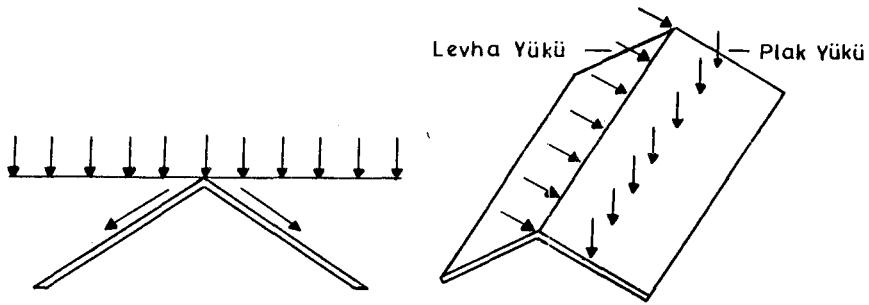
Şekil 1.2. Katlanmış plakların esas sistemleri

- a) Eğik plakları,
- b) Büyük plakları, rijitleştirmeye yarayan kenar elemanları,

- c) Plakları yerinde tutan ve yükleri mesnetlere aktaran ve rijitleştiricileri (alın levhaları veya rijit çerçeveler),
d) Sistemi mesnetlendiren kolonları,
göstermektedir.

Bir katlanmış plak taşıyıcıda her kenar, orada birleşen düzlemler arasındaki açı çok küçük olmadıkça, plaklara bir mesnet gibi çalışır. Levhalar arasındaki açı ne kadar küçükse, plak düzlemine aktarılan kuvvet de o kadar küçük olur (levha etkisi) [6].

Katlanmış plak sistemini teşkil eden düzlem elemanlar hem plak olarak (düzleme dik yükler), hem de levha olarak (düzlem içinde yükler) çalışmaktadırlar (Şekil 1.3).



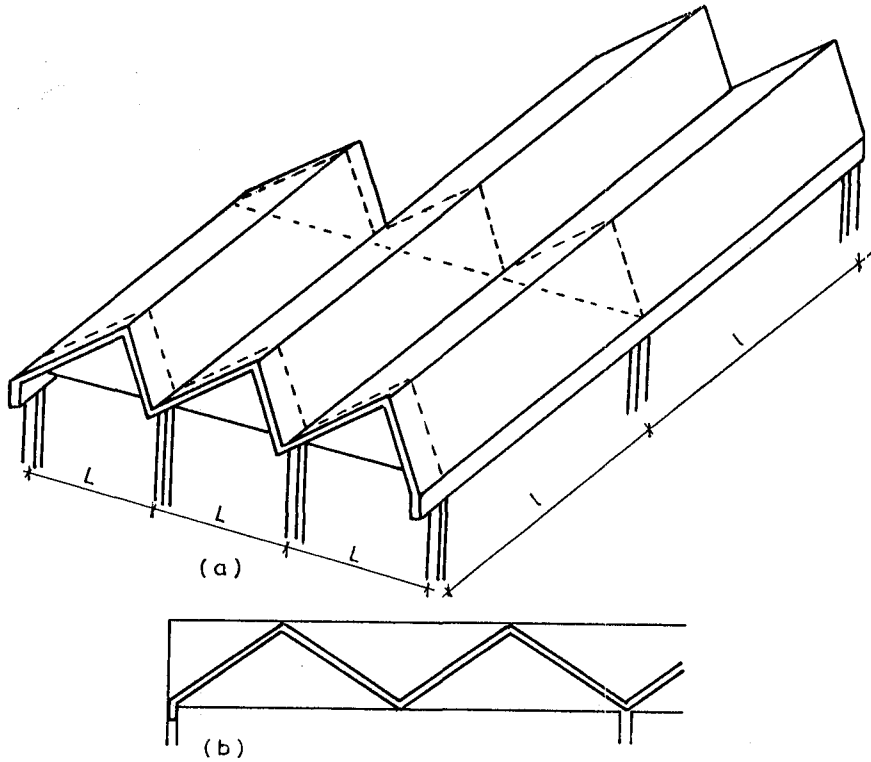
Şekil 1.3. Katlanmış Plak ve levha olarak çalışması

Plakların büyük genişliklerinin yanında küçük kalan kalınlıkları dolayısıyla kendi düzlemlerindeki eğilme rijitlikleri büyüktür (levha). Buna karşılık düzlemlerinin dışında kolay eğilebilirler (plak).

Bu açıklamalardan, düzlem elemanların uygun biçimde kullanılmalari ile ortaya çıkan kırık yüzeyle sistemin bir uzay yüzeysel taşıyıcı olarak çalışmakta olduğu, bu sebeple taşıma gücünün aynı elemanların yatay kullanılmaları haline göre daha fazla artmış olduğu söylenebilir.

1.3. Katlanmış Plakların Tasarımı ve Boyutları

Katlanmış plaklar, enine (L) ve boyuna (l) doğrultuda tek açıklıklı olduktan başka, birkaç açıklıklı olarak düzenlemesi de mümkündür.



Şekil 1.4. Çok açıklıklı bir prizmatik katlanmış plak

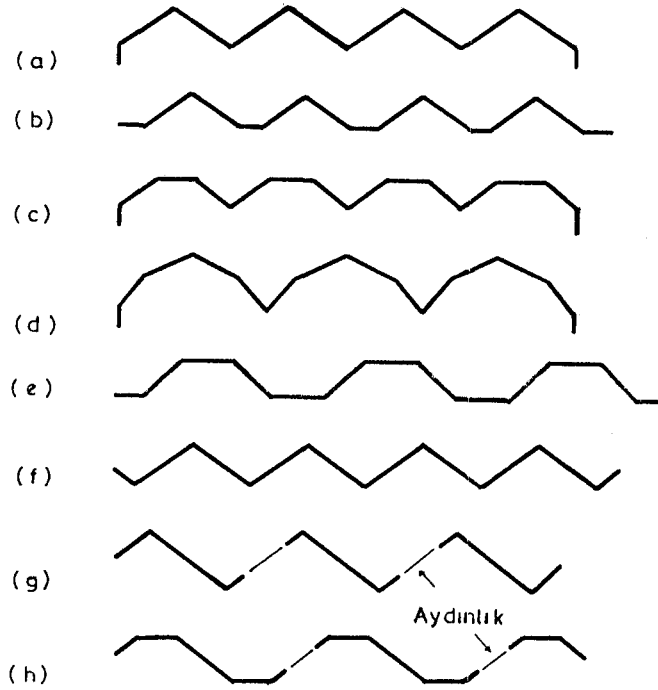
Açıklıklar eşit yada farklı olabilir. Birkaç açıklığın yanyana gelmesi durumunda, dış kenarlarda yapılan rijitleştirici elemanlar iç kısımlarda yapılmayabilir. Kenar elemanlar düşey, yatay veya eğik olabilir.

Kolonlar arasında enine doğrultuda alın levhaları yada basınç ve çekmeye dayanıklı kirişler bulunmalıdır. Boyuna doğrultuda çok açıklıklı olan bir sistemde yalnız kenar kolonlarda değil, orta kolonlarda da aynı alın levhaları yada kirişlerin bulunması gereklidir. Açıklıklarda böyle bir enine bağlantıya ihtiyaç yoktur, bunlar enine doğrultudaki momentin düzgün yayılışını bozmaktan başka bir işe yaramazlar [6].

Enine doğrultuda büyük açıklık istenirse, alındaki levhayı birkaç açıklığı taşıyan bir kiriş olarak düzenlemek şartıyla ara kolonlar kaldırılabilir (Şekil 1.4.b).

Katlanmış plaklar, ucunda bir rijitleştirici olmaksızın alın levhaları üzerinden dışarıya doğru uzatılarak konsol şeklinde de yapılabilir. Saçak, kiriş gibi düşünülen bu çıkıntıların sistemin açıklık momentini azaltıcı rolü vardır.

Bir göz içinde plak birçok kere katlanmış olabilir. Katlanmış plaklarda çeşitli enkesit biçimleri kullanılabilir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Katlanmış plaklarda kullanılan enkesit tipleri

Bunlardan (a) dan (f)'e kadar olanlar enine doğrultuda müttemadi plak gibi davranırlar, (g) bir geniş eğik plak ve iki küçük kenar plaktan ibaret ünitelerin birbirine bağlı olmadan yanyana gelmesi ile biçimlenmiştir. Arada kalan boşluklar ışık ve havalandırma için kullanılabilir. Bu tip elemanlara Z biçimi katlanmış plak adı da verilebilir. Z biçimi plaklarda, yanyana gelen üniteler süreksizlikleri yüzünden birlikte çalışmadığından tarafsız eksen eğik olur; bu sebeple yükseklikleri ötekilere göre çok küçüleceğinden aynı boyutlarla ancak daha küçük açıklıklarda kullanılabilirler. (h) türü enkesit biçimleri için de aynı düşünce geçerlidir [6].

2. KATLANMIŞ PLAK SİSTEMİNİN SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANALİZİ

Sonlu Elemanlar Deplasman Metodunun esası yapının sonlu sayıda elemanlardan oluştuğu düşüncesidir (sistemin idealize edilmesi). Bu elemanların sonlu sayıdaki düğüm noktalarında birbirine bağlandığı varsayılır. Sistemin denge denklemlerinin kurulmasında karşılaşılan rijitlik matrisinin boyutu, düğüm noktası sayısı ile direkt ilgilidir. Metodun getirdiği en önemli gelişme, iki veya üç boyutlu yapılarda levha, plak v.b. gibi sürekli ortam problemlerine kolayca uygulanabilmesidir.

Elemanların farklı malzemelerden oluşması, elemanların farklı kalınlıklı olması, boşlukların olması durumunda da bu metod uygulanabilmektedir. Bu da Sonlu Elemanlar Metodunun en büyük avantajlarından biridir.

2.1. Sistemin Analizi

Sürekli ortamın Sonlu Elemanlar Metodu ile analizini, yapının idealize edilmesi (sistemin elemanlara bölünmesi), eleman özelliklerinin belirlenmesi ve idealize edilmiş yapının analizi olmak üzere üç kısma ayırmak mümkündür. Eleman özelliklerinin belirlenmesi, sistemin geometrisine bağlı değildir. Sistem genelde özellikleri (rijitlik matrisi) bilinen elemanlar seçilerek idealize edilir. Aynı

teknik bir, iki ve üç boyutlu elemanlar için geçerli olduğu kadar, karmaşık sistemler için de geçerlidir.

Yapı Analizinde aşağıdaki üç işlemin yapılması gerekir :

a) Denge Denklemleri : Bir noktada birleşen elemanların iç kuvvetleri sistemin aynı noktasına etkiyen dış kuvvetlerle dengede olmalıdır.

b) Uygunluk Şartları (kinematik bağıntı) : Bir düğüm noktasında birleşen elemanların aynı düğüm noktasındaki deplasmanları eşit olmalıdır.

c) Gerilme-Deformasyon Bağıntısı : Gerilmeler ile deformasyonlar arasında malzemenin özelliklerine bağlı bir bağıntı (Bu çalışmada: Hooke Kanunu) olmalıdır.

Yapıların deplasman metodu ile analizi yapılırken temel işlemlerin belirli bir düzende olması gerekir. Öncelikle her bir eleman için uygun bir lokal koordinat sistemi seçilir ve elemanların \underline{K}^i lokal rijitlik matrisleri kurulur, elemanın denge denklemi yazılır. Lokal koordinat sistemindeki \underline{K}^i rijitlik matrisi tüm sistem için geçerli olan global sistemindeki \underline{k}^i rijitlik matrisine transforme edilir. Elemanların rijitlik matrisleri (sistemin, elemanların düğüm noktalarında birleşmesinden oluştuğu düşünülerek), toplanarak sistemin \underline{K} rijitlik matrisi elde edilir. Tüm elemanlar için rijitlik matrisleri aynı bir global koordinat sisteminde ifade edildiğinden bu, basit bir toplama işleminden ibarettir (direkt rijitlik metodu). \underline{K} matrisi genelde band şeklinde simetrik ve iyi kondüsyonludur.

Sistemin global deplasmanları \underline{U} , düğüm noktalarına uygulanan \underline{P} dış yükleri ile sistemin \underline{K} rijitlik matrisi arasında 2.1 de verilen bağıntıyla elde edilir.

$$\underline{K} \underline{U} = \underline{P} \quad (2.1)$$

\underline{T}^i transformasyon matrisi, lokal $\underline{\hat{u}}^i$ ve global \underline{u}^i deplasman vektörü arasında,

$$\underline{\hat{u}}^i = \underline{T}^i \underline{u}^i \quad (2.2)$$

bağıntısını kurar.

$$\underline{k}^i = (\underline{T}^i)^T \underline{K}^i \underline{T}^i \quad (2.3)$$

\underline{T}^i transformasyon matrisi ile \underline{K}^i lokal rijitlik matrisi (2.3) de olduğu gibi global rijitlik matrisi \underline{k}^i ye dönüştürülmektedir.

$\underline{\hat{s}}^i$ elemanın lokal kuvvet vektörü ile elemanın lokal deplasman vektörü $\underline{\hat{u}}^i$, arasındaki denge denklemine göre

$$\underline{\hat{s}}^i = \underline{K}^i \underline{\hat{u}}^i \quad (2.4)$$

dir. Global koordinatlarda ise,

$$\underline{s}^i = \underline{k}^i \underline{u}^i \quad (2.5)$$

\underline{s}^i ve \underline{u}^i elemanın Global koordinatlarındaki düğüm noktasındaki kuvvetleri ve deplasmanlarıdır [4].

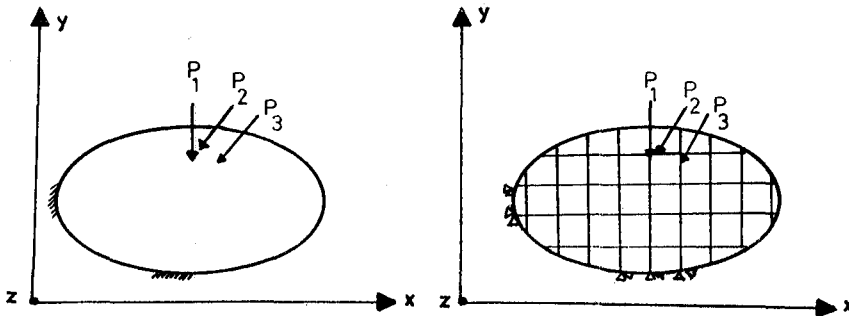
\underline{K} sistem rijitlik matrisi, \underline{k}^i elemana ait global rijitlik matrislerinin toplanması ile (Direkt deplasman metodu) kurulur. Simetrik ve genelde, büyük sistemler için band formundadır. Sıfırdan farklı elemanlarının az olması (sparse) ve iyi kondüsyona sahip olması, 2.1 denklem sisteminin kurulması ve çözümünde kolaylıklar sağlar.

2.1 bağıntısı rijit deplasmanları içerir. Ve bu sebeple \underline{K} tekildir. Sınır şartlarının işlenmesi (verilmiş deplasmanların nazara alınması ile) \underline{K} düzenli bir matrise dönüşür.

Denklem 2.1'in çözümünden bulunan \underline{u}^i global deplasman vektörü, denklem 2.2 yardımıyla lokal koordinatlara transforme edilerek $\underline{\hat{u}}^i$ lokal deplasman vektörü elde edilir. Ve nihayet denklem 2.4 yardımıyla elemanın lokal koordinatlarındaki $\underline{\hat{s}}^i$ kuvvet vektörü bulunur.

2.2. Sistemin İdealizasyonu

Düğüm noktalarında birleşen elemanlar sistemin tümünü oluşturur. Bölge bölge seçilen deplasman fonksiyonlarının tüm sistem üzerinde sürekli olmasını sağlamak için düğüm noktalarında birleşen elemanların deplasmanları birbirine eşit olmaya zorlanır (kinematik bağ), [4]. Sürekli ortamın idealizasyonu yapılırken özellikleri (rijitlik matrisi v.b) bilinen üçgen ya da dikdörtgen elemanlara bölünür. Sistemin elemanlara bölünmesi ile çözümün hassasiyeti doğru orantılıdır, yani sistem ne kadar çok küçük elemanlara bölünürse o derecede çözümün hassasiyeti artar. Yalnız gereğinden fazla küçük elemanlara bölmek, çözümü uzatmaktan başka bir işe yaramaz. Optimum çözüm elde edilecek şekilde bölmek yeterlidir.

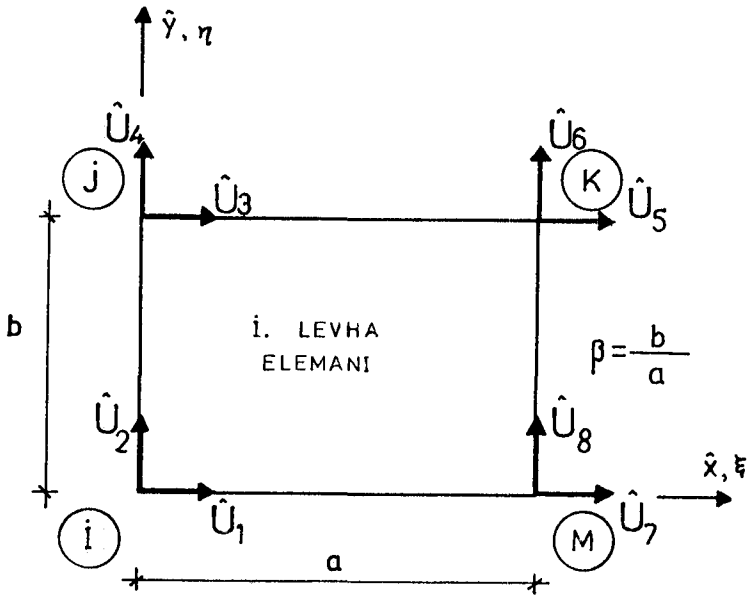


Şekil 2.1. Sürekli ortamın idealizasyonu

Bu çalışmada katlanmış plak elemanının sürekli ortamı, geometrik özellikleri daha basit olan dikdörtgen elemanlarla idealize edilmiştir. Katlanmış plak hem levha hemde plak gibi davrandığından, katlanmış plak elemanının rijitlik ve transformasyon matrisleri, en basit olarak literatürde mevcut olan levha ve plak elemanlarının birleştirilmesi yoluyla elde edilir.

2.3. Dikdörtgen Levha Elemanı (Düzlem Gerilme Hali)

Şekil 2.2'de dikdörtgen levha elemanına ait lokal eksen takımı, düğüm noktaları ve deplasmanları gösterilmiştir [1].



Şekil 2.2. Dikdörtgen levha elemanına ait lokal deplasmanlar

Deplasman vektörü de şu şekilde ifade edilir :

$$\underline{\hat{u}}^i = [\overset{\textcircled{I}}{\hat{u}}_1, \overset{\textcircled{J}}{\hat{u}}_2 \mid \overset{\textcircled{K}}{\hat{u}}_3, \overset{\textcircled{L}}{\hat{u}}_4 \mid \overset{\textcircled{M}}{\hat{u}}_5, \overset{\textcircled{N}}{\hat{u}}_6 \mid \overset{\textcircled{O}}{\hat{u}}_7, \overset{\textcircled{P}}{\hat{u}}_8]^T \quad (2.6)$$

Elemanın düğüm noktası deplasmanlarının pozitif yönleri de Şekil 2.2'de belirtilmiştir. Bir elemanın düğüm noktalarındaki deplasmanlarının sayısı elemanın serbestlik derecesini verir. Şekil 2.2'den de görüldüğü gibi, dikdörtgen levha elemanın sekiz deplasmanı vardır, serbestlik derecesi de bu nedenle 8 dir.

Deplasman fonksiyonunda şu şekilde verilmiştir [1].

$$\hat{u}_x = (1-\xi)(1-\eta)\hat{u}_1 + (1-\xi)\hat{u}_3 + \xi\hat{u}_5 + \xi(1-\eta)\hat{u}_7, \quad (2.7)$$

$$\hat{u}_y = (1-\xi)(1-\eta)\hat{u}_2 + (1-\xi)\hat{u}_4 + \xi\hat{u}_6 + \xi(1-\eta)\hat{u}_8, \quad (2.8)$$

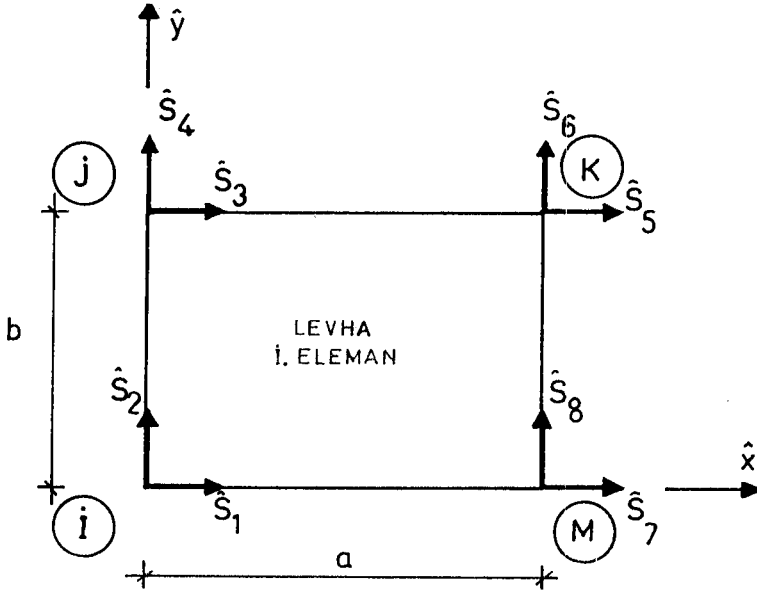
Fonksiyon içinde geçen ξ ve η terimleri boyutsuz ve koordinatlara bağlıdır :

$$\xi = \frac{\hat{x}}{a} \quad \text{ve} \quad \eta = \frac{\hat{y}}{b} \quad (2.9)$$

a ve b dikdörtgen levha elemanının \hat{x} ve \hat{y} eksenlerine paralel boyutlarıdır.

Şekil 2.2'de gösterilen deplasmanlara karşılık düğüm noktalarında Şekil 2.3'de gösterilen iç kuvvetler oluşur. Sonlu elemanlar metodunda da bilinmeyenler olarak düğüm noktalarındaki deplasmanlar (deplasman metodu) veya kuvvetler (kuvvet metodu) alınarak iki değişik yönteme göre çözüm yapılabilir.

Burada uygulama kolaylığı yönünden deplasmanların bilinmeyenler olarak seçildiği Sonlu Elemanlar Deplasman Metodu kullanılmıştır.



Şekil 2.3. Dikdörtgen levha elemanına ait iç kuvvetler

Kuvvet vektörü de şu şekilde ifade edilir :

$$\underline{\hat{s}}^i = [\overset{\textcircled{I}}{\hat{s}}_1, \overset{\textcircled{I}}{\hat{s}}_2 \mid \overset{\textcircled{J}}{\hat{s}}_3, \overset{\textcircled{J}}{\hat{s}}_4 \mid \overset{\textcircled{K}}{\hat{s}}_5, \overset{\textcircled{K}}{\hat{s}}_6 \mid \overset{\textcircled{M}}{\hat{s}}_7, \overset{\textcircled{M}}{\hat{s}}_8]^T \quad (2.10)$$

Katlanmış plak elemanına ait lokal rijitlik matrisinin kurulmasında kullanılacak olan levha elemanına ait ve [1] den alınan lokal rijitlik matrisi Tablo 2.1'de verilmiştir.

		(i)		(j)		(k)		(m)
(i)		$4\beta + 2(1-\nu)\beta^{-1}$						
	(j)	$\frac{3}{2}(1+\nu)$	$4\beta^{-1} + 2(1-\nu)\beta$					
		$2\beta - 2(1-\nu)\beta^{-1}$	$-\frac{3}{2}(1-3\nu)$	$4\beta + 2(1-\nu)\beta^{-1}$				
		$\frac{3}{2}(1-3\nu)$	$-4\beta^{-1} + (1-\nu)\beta$	$-\frac{3}{2}(1+\nu)$	$4\beta^{-1} + 2(1-\nu)\beta$	simetrik		
	(k)	$-2\beta - (1-\nu)\beta^{-1}$	$-\frac{3}{2}(1+\nu)$	$-4\beta + (1-\nu)\beta^{-1}$	$-\frac{3}{2}(1-3\nu)$	$4\beta + 2(1-\nu)\beta^{-1}$		
		$-\frac{3}{2}(1+\nu)$	$-2\beta^{-1} - (1-\nu)\beta$	$\frac{3}{2}(1-3\nu)$	$2\beta^{-1} - 2(1-\nu)\beta$	$\frac{3}{2}(1+\nu)$	$4\beta^{-1} + 2(1-\nu)\beta$	
	(m)	$-4\beta + (1-\nu)\beta^{-1}$	$\frac{3}{2}(1-3\nu)$	$-2\beta - (1-\nu)\beta^{-1}$	$\frac{3}{2}(1+\nu)$	$2\beta - 2(1-\nu)\beta^{-1}$	$-\frac{3}{2}(1-3\nu)$	$4\beta + 2(1-\nu)\beta^{-1}$
		$-\frac{3}{2}(1-3\nu)$	$2\beta^{-1} - 2(1-\nu)\beta$	$\frac{3}{2}(1+\nu)$	$-2\beta^{-1} - (1-\nu)\beta$	$\frac{3}{2}(1-3\nu)$	$-4\beta^{-1} + (1-\nu)\beta$	$-\frac{3}{2}(1+\nu)$
							$4\beta^{-1} + 2(1-\nu)\beta$	

$$[K]^i = \frac{E \cdot t}{12(1-\nu)}$$

Tablo 2.1: Levha lokal rijitlik matrisi

$$\beta = \frac{b}{a}$$

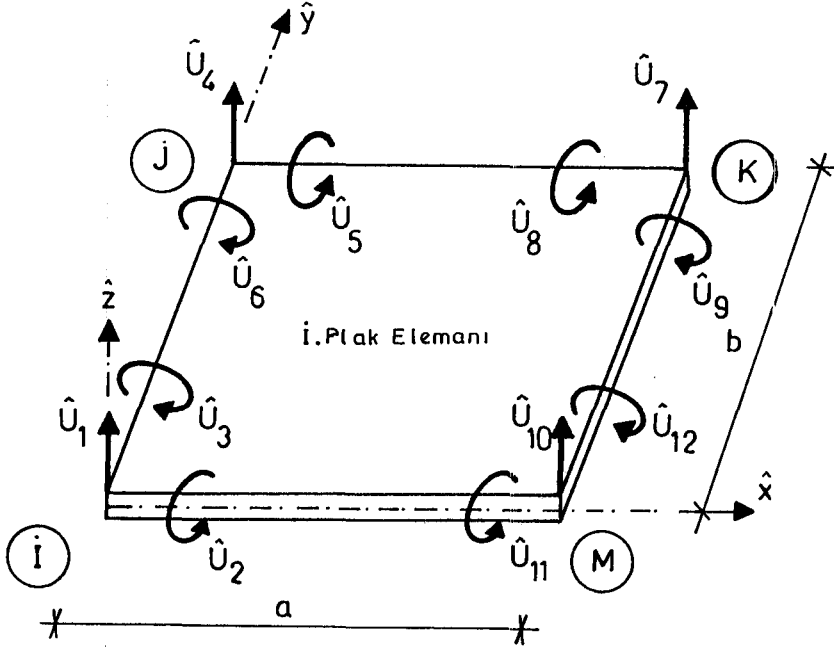
E = Elastisite Modülü

t = Levha kalınlığı

ν = Poisson oranı

2.4. Dikdörtgen Plak Elemanı

Şekil 2.4'de dikdörtgen plak elemanına ait lokal eksen takımı, düğüm noktaları ve deplasmanlar gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Dikdörtgen plak elemanına ait lokal deplasmanlar

Deplasman vektörü de şu şekilde ifade edilebilir :

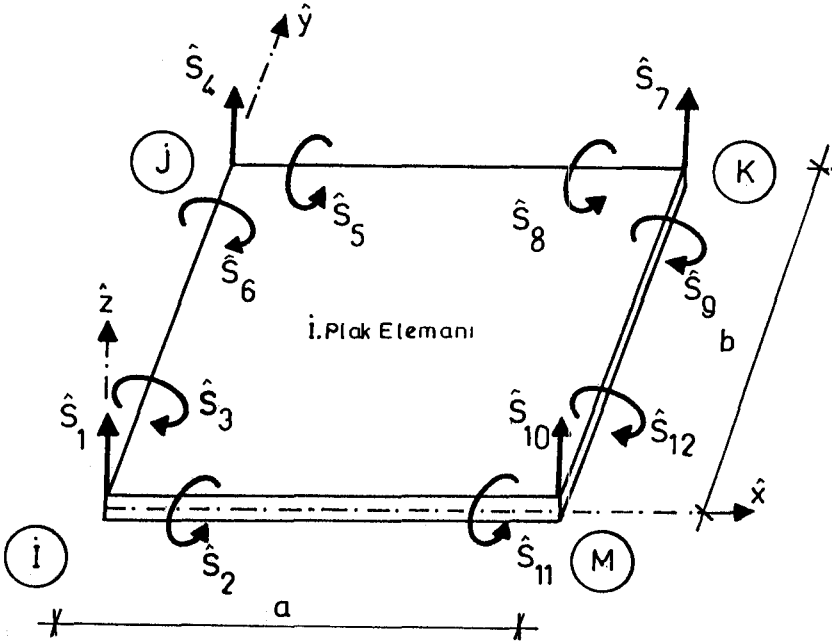
$$\underline{\hat{u}}_i = [\hat{u}_1 \hat{u}_2 \hat{u}_3 | \hat{u}_4 \hat{u}_5 \hat{u}_6 | \hat{u}_7 \hat{u}_8 \hat{u}_9 | \hat{u}_{10} \hat{u}_{11} \hat{u}_{12}]^T \quad (2.11)$$

Elemanın düğüm noktası deplasmanlarının pozitif yönleri de yine Şekil 2.4'de belirtilmiştir. Düğüm noktasındaki deplasmanlarının sayısı elemanın serbestlik derecesini verir. Şekil 2.4'den de görüldüğü gibi, dikdörtgen plak elemanlarının on iki deplasmanı vardır. Serbestlik derecesi de bu nedenle 12 dir.

Dördüncü derece polinomdan belirli bazı terimleri ihmal edilen, elemanın serbestlik derecesi kadar $a_i (i=1,2,\dots,12)$ katsayısına sahip olan $u(\hat{x},\hat{y})$ eleman deplasman fonksiyonu aşağıdaki gibi seçilebilir [1].

$$u(\hat{x},\hat{y}) = a_1 + a_2\hat{x} + a_3\hat{y} + a_4\hat{x}^2 + a_5\hat{x}\hat{y} + a_6\hat{y}^2 + a_7\hat{x}^3 + a_8\hat{x}^2\hat{y} + a_9\hat{x}\hat{y}^2 + a_{10}\hat{y}^3 + a_{11}\hat{x}^3\hat{y} + a_{12}\hat{x}\hat{y}^3 \quad (2.12)$$

Şekil 2.4'de gösterilen deplasmanlara karşılık düğüm noktalarında Şekil 2.5'de gösterilen iç kuvvetler oluşur.



Şekil 2.5 Plak elemanına ait iç kuvvetler

Kuvvet vektörü de şu şekilde ifade edilir :

$$\underline{\hat{s}}^i = [\hat{s}_1 \hat{s}_2 \hat{s}_3 \mid \hat{s}_4 \hat{s}_5 \hat{s}_6 \mid \hat{s}_7 \hat{s}_8 \hat{s}_9 \mid \hat{s}_{10} \hat{s}_{11} \hat{s}_{12}]^T \quad (2.13)$$

	(i)		(j)		(k)		(M)					
(i)	$4(\beta^2 + \beta^{-2}) + \frac{4}{5}(14 - 4\nu)$											
	$[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).b$	$[\frac{4}{3}\beta^2 + \frac{4}{15}](1 - \nu).b^2$										
	$-[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).a$	$-\nu.a.b$	$[\frac{4}{3}\beta^2 + \frac{4}{15}](1 - \nu).a^2$									
(j)	$2(\beta^2 - 2\beta^{-2}) - \frac{1}{5}(14 - 4\nu)$	$-[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).b$	$[-\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).a$	$4(\beta^2 + \beta^{-2}) + \frac{4}{5}(14 - 4\nu)$								
	$[2\beta^2 - \frac{1}{5}](1 - \nu).b$	$[\frac{2}{3}\beta^2 - \frac{1}{15}](1 - \nu).b^2$	0	$-\frac{1}{5}(14 - 4\nu)$	$[\frac{4}{3}\beta^2 + \frac{4}{15}](1 - \nu).b^2$	simetrik						
	$[-\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).a$	0	$[\frac{2}{3}\beta^2 - \frac{4}{15}](1 - \nu).a$	$-[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).a$	$\nu.a.b$	$[\frac{4}{3}\beta^2 + \frac{4}{15}](1 - \nu).a^2$						
$E.t^3$	$-2(\beta^2 + \beta^{-2}) + \frac{4}{5}(14 - 4\nu)$	$[-\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).a$	$[\beta^2 - \frac{1}{5}](1 - \nu).a$	$-2(2\beta^2 - \beta^{-2}) - \frac{1}{5}(14 - 4\nu)$	$[-\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).b$	$[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + \nu).a$	$4(\beta^2 + \beta^{-2}) + \frac{4}{5}(14 - 4\nu)$					
$12.(1 - \nu).ab$	$[\beta^2 - \frac{1}{5}](1 - \nu).b$	$[\frac{1}{3}\beta^2 + \frac{1}{15}](1 - \nu).b^2$	0	$[-\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).b$	$[\frac{2}{3}\beta^2 - \frac{4}{15}](1 - \nu).b^2$	0	$-[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).b$	$[\frac{4}{3}\beta^2 + \frac{4}{15}](1 - \nu).b^2$				
(k)	$[-\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).a$	0	$[\frac{1}{3}\beta^2 + \frac{1}{15}](1 - \nu).a^2$	$-[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).a$	0	$[\frac{2}{3}\beta^2 - \frac{1}{15}](1 - \nu).a^2$	$[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).a$	$-\nu.a.b$	$[\frac{4}{3}\beta^2 + \frac{4}{15}](1 - \nu).a^2$			
(M)	$-2(2\beta^2 - \beta^{-2}) - \frac{1}{5}(14 - 4\nu)$	$[\beta^2 - \frac{1}{5}](1 - 4\nu).b$	$[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).a$	$-2(\beta^2 + \beta^{-2}) + \frac{4}{5}(14 - 4\nu)$	$[\beta^2 - \frac{1}{5}](1 - \nu).b$	$[\beta^2 - \frac{1}{5}](1 - \nu).a$	$2(\beta^2 - 2\beta^{-2}) - \frac{1}{5}(14 - 4\nu)$	$[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).b$	$[\beta^2 - \frac{1}{5}](1 + 4\nu).a$	$4(\beta^2 - \beta^{-2}) + \frac{4}{5}(14 - 4\nu)$		
	$[\beta^2 - \frac{1}{5}](1 + 4\nu).b$	$[\frac{2}{3}\beta^2 - \frac{4}{15}](1 - \nu).b^2$	0	$[-\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).b$	$[\frac{1}{3}\beta^2 + \frac{1}{15}](1 - \nu).b^2$	0	$-[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).b$	$[\frac{2}{3}\beta^2 - \frac{1}{15}](1 - \nu).b^2$	0	$[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 + 4\nu).b$	$[\frac{4}{3}\beta^2 + \frac{4}{15}](1 - \nu).b^2$	
	$-[2\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).a$	0	$[\frac{2}{3}\beta^2 - \frac{1}{15}](1 - \nu).a^2$	$[-\beta^2 + \frac{1}{5}](1 - \nu).a$	0	$[\frac{1}{3}\beta^2 + \frac{1}{15}](1 - \nu).a^2$	$[\beta^2 - \frac{1}{5}](1 + 4\nu).a$	0	$[\frac{2}{3}\beta^2 - \frac{4}{15}](1 - \nu).a^2$	$[2\beta^2 - \frac{1}{5}](1 + 4\nu).a$	$\nu.a.b$	$[\frac{4}{3}\beta^2 + \frac{4}{15}](1 - \nu).a^2$

Tablo 2.2: Plak lokal rijitlik matrisi

$$\beta = \frac{b}{a}$$

E= Elastisite Modülü

t= Plak kalınlığı

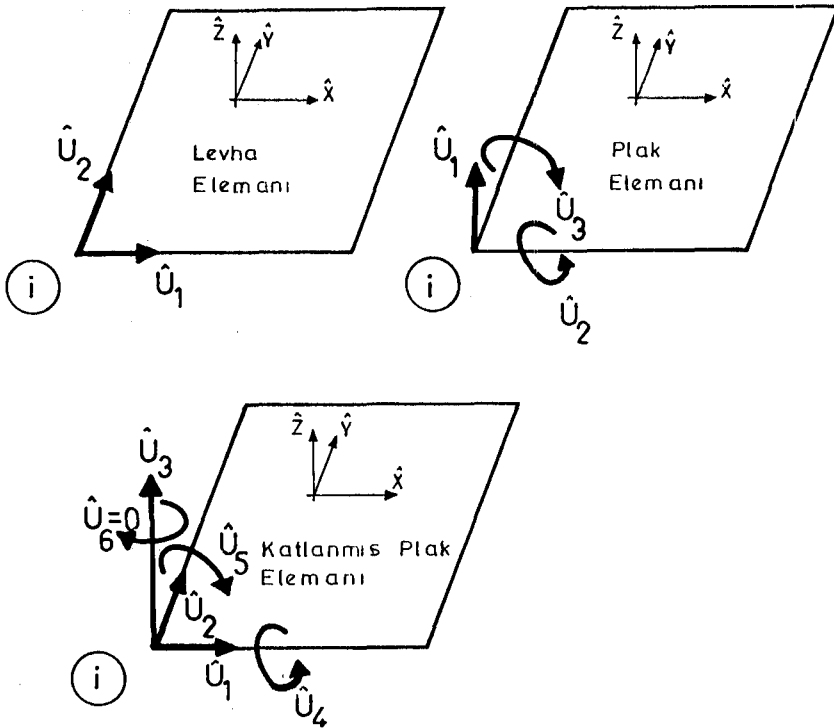
\nu= Poisson oranı

ulu Üniversitesi
Kütüphane

Katlanmış plak elemanına ait lokal rijitlik matrisinin kurulmasında kullanılacak olan plak elemanına ait ve [1] den alınan lokal rijitlik matrisi Tablo 2.2'de verilmiştir.

2.5. Katlanmış plak Elemanı

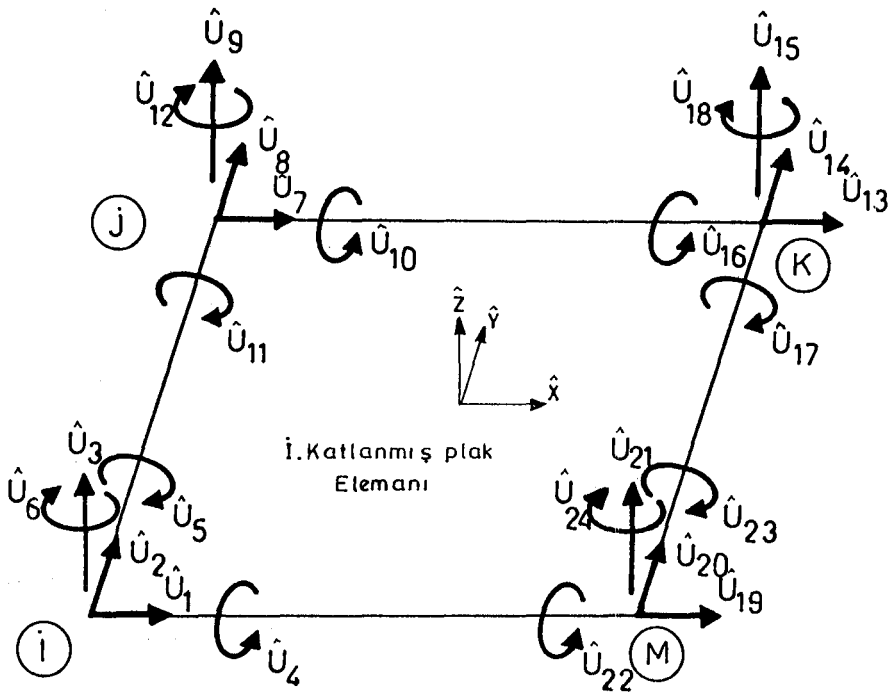
Katlanmış plak elemanı, hem levha hemde plak elemanı gibi çalıştığından, herhangi bir düğümünde levha elemanından 2, plak elemanından da 3 deplasman vardır. Yalnız, katlanmış plak elemanı bir uzay elemanı olduğundan, \hat{z} eksenini etrafındaki dönme de, global koordinat sistemi ile lokal koordinat sisteminin bağdaşması açısından, bağıntılarda dikkate alınır [2]. Şekil 2.6'da bu deplasmanlar gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Katlanmış plak elemanının herhangi bir düğümüne etkiyen lokal deplasmanlar

Şekil 2.6 dan da görüldüğü üzere bir düğümde katlanmış plak elemanın kendi düzleminde \hat{x} ve \hat{y} doğrultusunda levha elemanından iki, plak elemanından da \hat{z} doğrultusu ile \hat{x} , \hat{y} ve \hat{z} etrafında olmak üzere toplam altı deplasman vardır. Gerçekte olmayan fakat, lokal rijitlik matrisinin boyut düzenlemesinin yapılabilmesi için nazara alınan \hat{z} eksenini etrafındaki dönme sıfır alınır. Çünkü katlanmış plak elemanının \hat{x} - \hat{y} düzlemindeki eğilme rijitliği çok büyüktür.

Yukarıdaki açıklamalar çerçevesinde oluşan ve Şekil 2.7'de verilen dikdörtgen katlanmış plak elemanına ait lokal eksen takımı, düğüm noktaları ve deplasmanları gösterilmiştir.

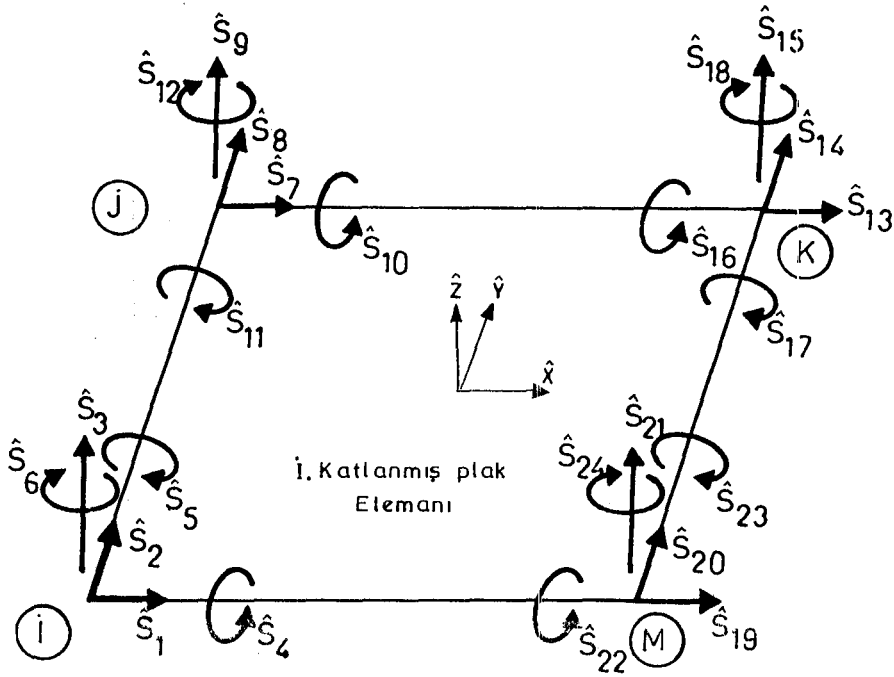


Şekil 2.7. Katlanmış plak elemanına ait lokal deplasmanlar

Deplasman vektörü de şu şekilde ifade edilebilir :

$$\underline{\hat{u}}^i = [\hat{u}_1 \hat{u}_2 \hat{u}_3 \hat{u}_4 \hat{u}_5 \hat{u}_6 \mid \hat{u}_7 \hat{u}_8 \hat{u}_9 \hat{u}_{10} \hat{u}_{11} \hat{u}_{12} \mid \hat{u}_{13} \hat{u}_{14} \hat{u}_{15} \hat{u}_{16} \hat{u}_{17} \hat{u}_{18} \mid \hat{u}_{19} \hat{u}_{20} \hat{u}_{21} \hat{u}_{22} \hat{u}_{23} \hat{u}_{24}]^T \quad (2.14)$$

Elemanın düğüm noktası deplasmanlarının pozitif yönleri de yine Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Bir elemanın düğüm noktalarındaki Şekil 2.7'de gösterilen deplasmanlara karşılık düğüm noktalarında Şekil 2.8'de gösterilen iç kuvvetler oluşur.



Şekil 2.8. Katlanmış plak elemanına ait iç kuvvetler

Kuvvet vektörü şu şekilde ifade edilir :

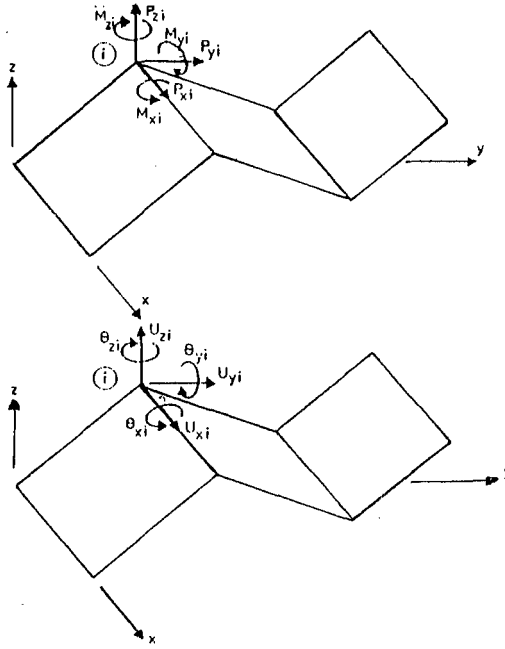
$$\underline{\hat{S}}^i = [\hat{S}_1 \hat{S}_2 \hat{S}_3 \hat{S}_4 \hat{S}_5 \hat{S}_6 \mid \hat{S}_7 \hat{S}_8 \hat{S}_9 \hat{S}_{10} \hat{S}_{11} \hat{S}_{12} \mid \hat{S}_{13} \hat{S}_{14} \hat{S}_{15} \hat{S}_{16} \hat{S}_{17} \hat{S}_{18} \mid \hat{S}_{19} \hat{S}_{20} \hat{S}_{21} \hat{S}_{22} \hat{S}_{23} \hat{S}_{24}]^T \quad (2.15)$$

Şekil 2.8'deki elemanlardan oluşan katlanmış plak sisteminin düğüm noktalarındaki global deplasmanların vektörü \underline{U} , düğümlere etkiyen ve deplasmanlarla aynı yönde olan dış kuvvetlerin vektörü \underline{P} (Şekil 2.9) olmak üzere sistemin denge denklemi

$$\underline{K} \underline{U} = \underline{P} \quad (2.16)$$

dir. \underline{K} sistemin rijitlik matrisidir.

Sistemin herhangi bir düğüm noktasına uygulanabilecek dış yük durumu ve bu noktada tanımlanan global deplasmanlar (sistemin deplasmanları) aşağıdaki Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Katlanmış plak sisteminin i düğüm noktasına etkiyen dış yükler ve bu noktadaki global deplasmanlar

Katlanmış plak sisteminin herhangi bir düğüm noktasına Şekil 2.9 dan da görüldüğü gibi altı tane dış yük etkimektedir.

Bu dış yükler, düğüm noktalarında x, y ve z yönlerinde verilmişlerdir. Kuvvetlerin pozitif yönleri global eksenlerin pozitif yönleri ile aynıdır. Herhangi bir i düğüm noktasında x, y ve z doğrultusunda P_{xi} , P_{yi} ve P_{zi} ile x, y ve z eksenleri etrafında M_{xi} , M_{yi} ve M_{zi} yükleridir.

Buna göre sistemin yük vektörü ;

$$\underline{P} = \left[\begin{array}{ccc|ccc|ccc|ccc} P_{x1} & P_{y1} & P_{z1} & M_{x1} & M_{y1} & M_{z1} & P_{x2} & P_{y2} & P_{z2} & M_{x2} & M_{y2} & M_{z2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & P_{xi} & P_{yi} & P_{zi} & M_{xi} & M_{yi} & M_{zi} & \dots & \dots & \dots \end{array} \right]^T \quad (2.17)$$

Deplasman vektörü ;

$$\underline{U} = \left[\begin{array}{ccc|ccc|ccc|ccc} U_{x1} & U_{y1} & U_{z1} & \theta_{x1} & \theta_{y1} & \theta_{z1} & U_{x2} & U_{y2} & U_{z2} & \theta_{x2} & \theta_{y2} & \theta_{z2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & U_{xi} & U_{yi} & U_{zi} & \theta_{xi} & \theta_{yi} & \theta_{zi} & \dots & \dots & \dots \end{array} \right]^T \quad (2.18)$$

Sistemin bir düğümünde 6 global deplasman bulunduğundan, serbestlik derecesi, t sistemin düğüm nokta sayısı olmak üzere, $n = 6 \times t$ dir. \underline{K} sistem rijitlik matrisinin boyutu da $n \times n$ olacaktır.

2.16 bağıntısındaki deplasman \underline{U} ve yük \underline{P} vektörüne açıklık getirildikten sonra sistemin \underline{K} rijitlik matrisinin direkt rijitlik metodu ile kurulabilmesi için gerekli olan bağıntılar sırasıyla verilirse;

T_{-kp}^i transformasyon matrisi, lokal \hat{u}_{-kp}^i ve global u_{-kp}^i deplasman vektörü arasında,

$$\hat{U}_{-kp}^i = T_{-kp}^i U_{-kp}^i \quad (2.19)$$

bağıntısını kurar.

$$K_{-kp}^i = (T_{-kp}^i)^T \hat{K}_{-kp}^i T_{-kp}^i \quad (2.20)$$

T^i transformasyon matrisi ile \hat{K}_{-kp}^i lokal rijitlik matrisi (2.20) de olduğu gibi global rijitlik matrisi K_{-kp}^i 'ye dönüştürülmektedir.

\hat{S}_{-kp}^i elemanın lokal kuvvet vektörü ile elemanın lokal deplasman vektörü \hat{U}_{-kp}^i arasındaki denge denklemine göre

$$\hat{S}_{-kp}^i = \hat{K}_{-kp}^i \hat{U}_{-kp}^i \quad (2.21)$$

dir. Global koordinatlarda ise,

$$S_{-kp}^i = K_{-kp}^i U_{-kp}^i \quad (2.22)$$

\underline{S}^i ve \underline{U}^i elemanın global koordinatlarındaki düğüm noktasındaki kuvvetleri ve deplasmanlarıdır [4].

2.5.1. Katlanmış plak elemanının lokal rijitlik matrisi

Daha önce de açıklandığı gibi katlanmış plak elemanı, levha ve plak elemanların bir arada çalışması esasına dayanmaktadır.

Bu esasa göre katlanmış plak elemanının lokal rijitlik matrisi \hat{K}_{-kp}^i , levha ve plak elemanlarına ait Tablo 2.1 ve 2.2' de verilen \hat{K}_{-L}^i ve \hat{K}_{-P}^i lokal rijitlik matrisleri yardımıyla kurulabilir. Burada yapılması gereken tek şey, levha ve plak rijitlik matrislerinden alınan bir terimin, katlanmış plak için Şekil 2.7'de verilen deplasman-

lar dikkate alınarak aynı doğrultuda olan deplasmanın tanımlandığı, katlanmış plak rijitlik matrisi terimi olarak yazmaktan ibarettir.

Her düğümde öncelikle levha elemanından dolayı \hat{x} ve \hat{y} doğrultusundaki deplasman terimleri, sonra plak elemanından dolayı \hat{z} doğrultusundaki deplasman ile \hat{x} ve \hat{y} etrafındaki dönmelere ait terimler sırasıyla yerleştirilir. \hat{z} etrafındaki dönme sıfır kabul edildiğinden ilgili terimler sıfır alınır.

Katlanmış plak lokal rijitlik matrisi, her bir düğümün değerleri Tablo 2.1 ve 2.2'de verilen \underline{K}_L^i , \underline{K}_P^i levha ve plak lokal rijitlik matrisinin ilgili düğümünün değerleri, ilgili yerlere yerleştirilmesiyle kurulmuştur (Tablo 2.3).

Bir düğümde 6 serbestlik bulunduğundan toplam 24 serbestlik derecesi vardır. Bundan dolayı katlanmış plak lokal rijitlik matrisinin boyutu 24×24 olup, \hat{k}_{-L}^i ve \underline{K}_P^i alt matrislerini içermektedir. n , sırasıyla elemana ait i, j, k, m düğümlerini göstermektedir. \underline{K}_L^i 2×2 boyutunda levha lokal rijitlik matrisine ait ilgili terimi, \underline{K}_P^i 3×3 boyutunda plak lokal rijitlik matrisine ait ilgili terimi göstermektedir.

Katlanmış plak lokal rijitlik matrisine ait terimlerin, nasıl yerleştirildiği gösterilirse, örneğin Katlanmış plak elemanına ait I . satır ve J . kolon değerleri yazılırken, levha lokal rijitlik matrisinden (Tablo 2.1'den) I . satır ve J . kolon terimlerini kapsayan 2×2 boyutundaki matris ile plak lokal rijitlik matrisinden (Tablo 2.2'den) I . satır ve J . kolon terimlerini kapsayan 3×3 boyutundaki matris Tablo 2.3 de gösterildiği gibi yerleştirilir. \hat{z} etrafındaki dönme sıfır kabul edildiğinden ilgili terimler sıfır alınır.

$$\hat{k}_{kp}^i =$$

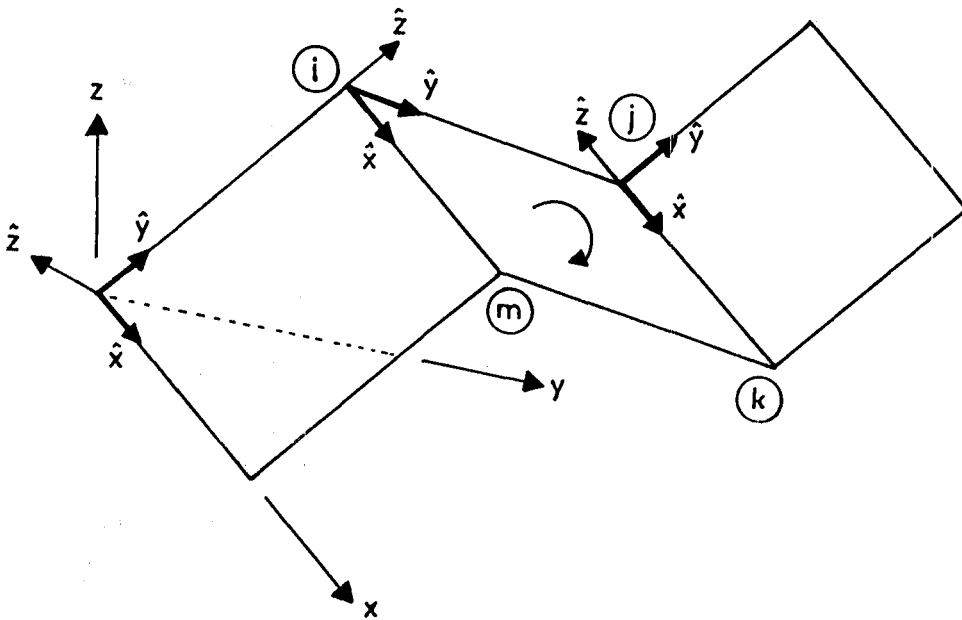
	(i)	(j)	(k)	(m)
(i)	$\hat{k}_{li\ ii}$ $\hat{k}_{pi\ ii}$ 0	$\hat{k}_{li\ ij}$ $\hat{k}_{pi\ ij}$ 0	$\hat{k}_{li\ ik}$ $\hat{k}_{pi\ ik}$ 0	$\hat{k}_{li\ im}$ $\hat{k}_{pi\ im}$ 0
(j)	$\hat{k}_{lj\ ji}$ $\hat{k}_{pj\ ji}$ 0	$\hat{k}_{lj\ jj}$ $\hat{k}_{pj\ jj}$ 0	$\hat{k}_{lj\ jk}$ $\hat{k}_{pj\ jk}$ 0	$\hat{k}_{lj\ jm}$ $\hat{k}_{pj\ jm}$ 0
(k)	$\hat{k}_{lk\ ki}$ $\hat{k}_{pk\ ki}$ 0	$\hat{k}_{lk\ kj}$ $\hat{k}_{pk\ kj}$ 0	$\hat{k}_{lk\ kk}$ $\hat{k}_{pk\ kk}$ 0	$\hat{k}_{lk\ km}$ $\hat{k}_{pk\ km}$ 0
(m)	$\hat{k}_{lm\ mi}$ $\hat{k}_{pm\ mi}$ 0	$\hat{k}_{lm\ mj}$ $\hat{k}_{pm\ mj}$ 0	$\hat{k}_{lm\ mk}$ $\hat{k}_{pm\ mk}$ 0	$\hat{k}_{lm\ mm}$ $\hat{k}_{pm\ mm}$ 0

Tablo 23: Katlanmış plak lokal rijitlik matrisi

2.5.2. Katlanmış plak elemanına ait transformasyon matrisi

Transformasyon matrisi T_{-kp}^i , elemanın lokal deplasmanlarının ve lokal rijitlik matrislerinin 2.19 ve 2.20 ile verilen bağıntılar yardımıyla global koordinatlardaki karşılıklarının bulunmasında gerekmektedir.

Şekil 2.10'de lokal ve global koordinatlar gösterilmiştir. x, y ve z global, \hat{x}, \hat{y} ve \hat{z} da lokal koordinatlardır. \hat{x} ve \hat{y} eksenleri eleman düzleminde, \hat{z} ise elemana dik'tir. Elemanın numaraları saat dönüşü yönünde tanımlanmıştır. Şekil 2.10'da gösterildiği gibi elemanların lokal \hat{x} eksenleri, daima global x eksenine paralel ve aynı yönde seçilmişlerdir (x ile \hat{x} arasındaki açı sıfırdır).



Şekil 2.10. Global ve lokal koordinatlar

$$\underline{T}_{kp}^i = \begin{bmatrix} L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

24x24

Transformasyon matrisi, Zienkiewicz [2] den alınmıştır. \underline{L} matrisi, elemanları eksenlerin cosinüs doğrultmanlarından oluşan 6x6 boyutunda bir matrisdir.

$$\underline{L} = \begin{bmatrix} \lambda_{\hat{x}x} & \lambda_{\hat{x}y} & \lambda_{\hat{x}z} & & & \\ \lambda_{\hat{y}x} & \lambda_{\hat{y}y} & \lambda_{\hat{y}z} & & 0 & \\ \lambda_{\hat{z}x} & \lambda_{\hat{z}y} & \lambda_{\hat{z}z} & & & \\ & & & \lambda_{\hat{x}x} & \lambda_{\hat{x}y} & \lambda_{\hat{x}z} \\ & & & 0 & \lambda_{\hat{y}x} & \lambda_{\hat{y}y} & \lambda_{\hat{y}z} \\ & & & \lambda_{\hat{z}x} & \lambda_{\hat{z}y} & \lambda_{\hat{z}z} \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

6x6

ile verilmiştir. Örneğin $\lambda_{\hat{x}y}$ terimi, lokal \hat{x} eksenine ile global y eksenine arasındaki açının cosinus değeridir.

x_i, y_i, z_i elemanının i noktasının global koordinatları, x_j, y_j, z_j de j noktasının global koordinatları olmak üzere Zienkiewicz [2]'den alınan cosinüs doğrultmanları aşağıda verilmiştir.

\hat{x} ekseninin Cosinüs doğrultmanları :

$$\lambda_{\hat{x}x} = 1$$

$$\lambda_{\hat{x}y} = 0$$

$$\lambda_{\hat{x}z} = 0$$

\hat{y} ekseninin Cosinüs doğrultmanları :

$$\lambda_{\hat{y}x} = 0$$

$$\lambda_{\hat{y}y} = + \frac{y_j - y_i}{[(z_j - z_i)^2 + (y_j - y_i)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

$$\lambda_{\hat{y}z} = + \frac{z_j - z_i}{[(z_j - z_i)^2 + (y_j - y_i)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

\hat{z} ekseninin Cosinüs doğrultmanları :

$$\lambda_{\hat{z}x} = 0$$

$$\lambda_{\hat{z}y} = - \frac{z_j - z_i}{[(z_j - z_i)^2 + (y_j - y_i)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

$$\lambda_{\hat{z}z} = + \frac{y_j - y_i}{[(z_j - z_i)^2 + (y_j - y_i)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

dır.

2.5.3. Katlanmış plak elemanın global koordinatlarındaki rijitlik matrisi

i. elemanın global koordinatlarındaki rijitlik matrisi, tanım gereği ;

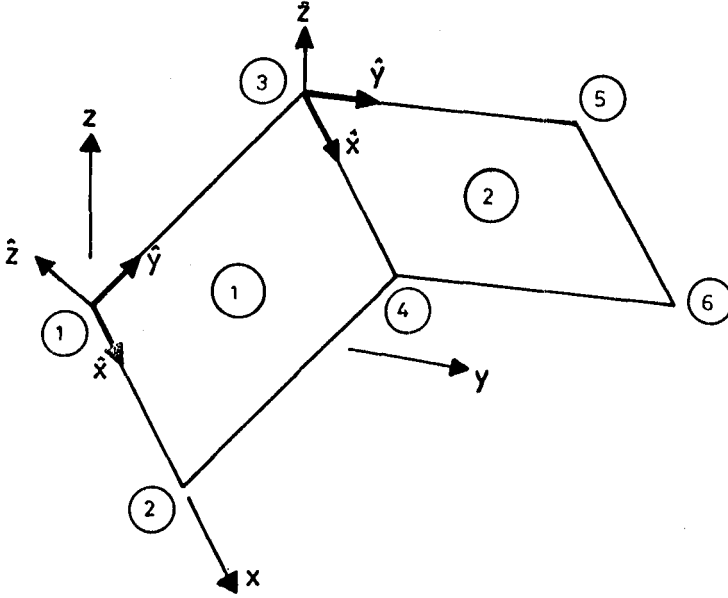
$$k_{-kp}^i = (T_{-kp}^i)^T \hat{K}_{-kp}^i T_{-kp}^i \quad (2.25)$$

dir. Burada T_{-kp}^i elemanın transformasyon matrisi, \hat{K}_{-kp}^i elemanın lokal rijitlik matrisidir. Elemanın global rijitlik matrisi k_{-kp}^i , tekil ve simetrik bir matrisdir.

2.6. Sistem Rijitlik Matrisi

Elemanların global rijitlik matrisi kurulduktan sonra bu matrisler K sistem rijitlik matrisi üzerine, sistemdeki uygunluk ve denge şartlarını sağlayacak şekilde direkt rijitlik matrisi metodu ilkelerine göre yerleştirilir [4].

Burada, elemanların ortak düğüm noktalarına ait rijitlik katsayıları aynı alt matrislerde toplanarak K_{-kp} sistem rijitlik matrisine yerleştirilir. Bu işlem, Şekil 2.11'de eleman ve düğüm noktası numaraları verilen iki elemanlı bir katlanmış plak sistemi üzerinde açıklanabilir.



Şekil 2.11. Katlanmış plak sistemi

Bu elemanlara ait global rijitlik matrisleri (2.26) ve (2.27) de şematik olarak verilmiştir.

$$\mathbf{k}_{-kp}^1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 3 & 4 & 2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 3 \\ 4 \\ 2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \underline{k}_{11}^1 & \underline{k}_{12}^1 & \underline{k}_{13}^1 & \underline{k}_{14}^1 \\ \underline{k}_{21}^1 & \underline{k}_{22}^1 & \underline{k}_{23}^1 & \underline{k}_{24}^1 \\ \underline{k}_{31}^1 & \underline{k}_{32}^1 & \underline{k}_{33}^1 & \underline{k}_{34}^1 \\ \underline{k}_{41}^1 & \underline{k}_{42}^1 & \underline{k}_{43}^1 & \underline{k}_{44}^1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.26)$$

24x24

$$\underline{k}_{-kp}^2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 3 & 5 & 6 & 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 3 \\ 5 \\ 6 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \underline{k}_{11}^2 & \underline{k}_{12}^2 & \underline{k}_{13}^2 & \underline{k}_{14}^2 \\ \underline{k}_{21}^2 & \underline{k}_{22}^2 & \underline{k}_{23}^2 & \underline{k}_{24}^2 \\ \underline{k}_{31}^2 & \underline{k}_{32}^2 & \underline{k}_{33}^2 & \underline{k}_{34}^2 \\ \underline{k}_{41}^2 & \underline{k}_{42}^2 & \underline{k}_{43}^2 & \underline{k}_{44}^2 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.27)$$

24x24

$\underline{k}_{-11}^i, \underline{k}_{-12}^i, \dots, \underline{k}_{-44}^i$, 6x6 boyutunda alt matrisleri ifade eder.

Elemana ait global rijitlik matrisleri ilgili buldukları düğümler esas alınarak \underline{K} sistem rijitlik matrisine (2.28) şemasında olduğu gibi yerleştirilir. Görüldüğü gibi, 3 ve 4 düğüm noktaları, 1 ve 2 nolu elemanların ortak noktaları olduğundan,

$$\underline{K} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \underline{k}_{11}^1 & \underline{k}_{14}^1 & \underline{k}_{12}^1 & \underline{k}_{13}^1 & 0 & 0 \\ \underline{k}_{41}^1 & \underline{k}_{44}^1 & \underline{k}_{42}^1 & \underline{k}_{43}^1 & 0 & 0 \\ \underline{k}_{21}^1 & \underline{k}_{24}^1 & \underline{k}_{22}^1 + \underline{k}_{11}^2 & \underline{k}_{23}^1 + \underline{k}_{14}^2 & \underline{k}_{12}^2 & \underline{k}_{13}^2 \\ \underline{k}_{31}^1 & \underline{k}_{34}^1 & \underline{k}_{32}^1 + \underline{k}_{41}^2 & \underline{k}_{33}^1 + \underline{k}_{43}^2 & \underline{k}_{42}^2 & \underline{k}_{43}^2 \\ 0 & 0 & \underline{k}_{21}^2 & \underline{k}_{24}^2 & \underline{k}_{22}^2 & \underline{k}_{23}^2 \\ 0 & 0 & \underline{k}_{31}^2 & \underline{k}_{34}^2 & \underline{k}_{32}^2 & \underline{k}_{33}^2 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.28)$$

Bu noktalarda her iki elemanın ilgili terimleri alınarak sistem rijitlik matrisinin aynı düğüm nolu kolon ve satırındaki alt matrislerine ilave

edilmişlerdir. \underline{K} sistem rijitlik matrisi simetrik, band şeklindedir. Band genişliği düğüm noktalarının numaralanmasına bağlı olarak belirlenir. Band genişliğinin küçük olması denklem sisteminin çözümünü hızlandırır ve bilgisayar belleğinden tasarruf sağlar. Bu nedenle sistem numaralandırılırken band genişliği minimum kalacak şekilde buna özen gösterilmelidir [5].

2.7. Sistemin Sınır Şartlarının Dikkate Alınması

Sistemin bazı düğüm noktalarının deplasmanları önlenmiş yani mesnetlenmiş olabilir. Bu durumda \underline{U} deplasman vektörünün bazı terimleri sıfırdır ve bu özellik hem \underline{K} matrisini hemde \underline{P} yük vektörünü etkiler. Mesnetlenmiş olan herhangi bir düğümün sıfır olan deplasmanı, \underline{K} sistem rijitlik matrisine işlenirken o düğüme ait olan ilgili satır ve sütun tamamen sıfırlanır. Yalnız çözümün yapılabilmesi için ilgili satır ve sütunun kesişim yeri olan diyagonale sıfır yerine bir yazılır ve karşı taraf vektörünün (yük vektörü) aynı satırı da sıfırlanır.

2.8. Denge Denkleminin Çözümü

Problemdeki gerekli sınır şartları \underline{K} rijitlik matrisine ve \underline{P} yük vektörüne işlendikten sonra

$$\underline{K} \underline{U} = \underline{P} \quad (2.29)$$

denklem sisteminin çözümünden sistemin düğüm noktalarına ait deplasmanlarını veren \underline{U} vektörü elde edilir.

Elde edilen bu deplasmanlardan yararlanarak her elemanın düğüm noktalarında oluşacak s_i^1 kuvvetleri,

$$\underline{s}^i = \underline{k}^i \underline{u}^i \quad (2.30)$$

ifadesiyle elde edilir. Bu şekilde katlanmış plak sisteminin çözümleri elde edilmiş olur.

Bu çalışmada kullanılan bilgisayar programının genel hali Ek - 1 de verilmiştir.

3. PROGRAM HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Program hazırlanırken, 1987 yılında A. Topçu tarafından yazılan "Mikro Mühendis" [3] adlı kaynaktan yararlanılmıştır.

a- Çözülecek probleme ait veriler okunur : Eleman sayısı ve nokta sayısı, kuvvet ve sınır şartı sayısı, elastisite modülü, poisson oranı, levha ve plak kalınlığı (Aslında plak ve levha elemanına ait kalınlıkların ayrı ayrı verilmesine gerek yoktur sadece katlanmış plak elemanı için kalınlık vermek yeterlidir fakat özel yükleme durumlarında katlanmış plak elemanı, sadece levha yada plak elemanı olarak çalışabilir. Bu durumda işlem kolaylığı ve süre tasarrufu sağlamak için bu yola gidilmiştir. Katlanmış plak elemanının sadece levha elemanı olarak çalışması durumunda plak kalınlığı = 0, plak elemanı olarak çalışmasında da levha kalınlığı = 0 alınır).

Elemanların tarifi, koordinatlar, dış kuvvetler ve sınır şartları

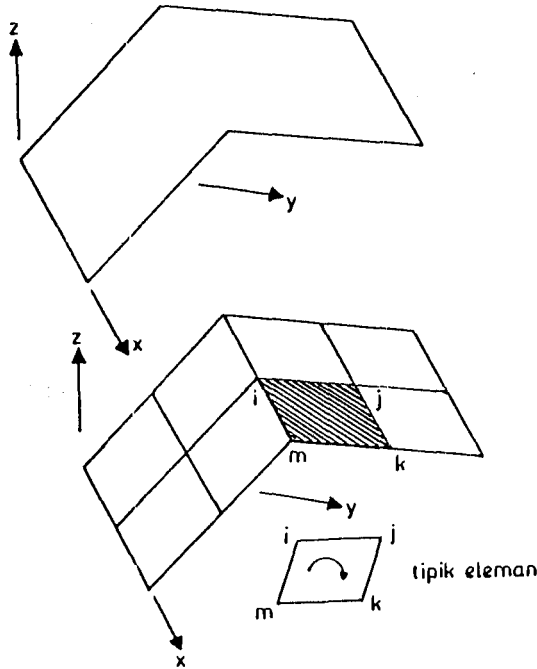
b- Veriler okunduktan sonra, hesaplama işlemine başlanır. Her eleman için lokal rijitlik matrisi, plak ve levha rijitlik matrislerinin ayrı ayrı hesaplanıp superpoze edilmesiyle kurulur. Zienkiewicz [2] den alınan Transformasyon matrisi yardımıyla eleman lokal rijitlik matrisi, transforme edilerek global rijitlik matrisi elde edilir. Global rijitlik matrisleri toplanarak sistem rijitlik matrisi elde edilir. Düğüm noktalarında verilen dış kuvvetler bilindiğinden kuvvet vektörü kurulup, sonlu elemanlar notasyonundan yararlanılarak deplasmanlar bulunur ve yine

sonlu elemanlar deplasman metodu yardımıyla her bir elemana ait iç kuvvetler hesaplanır.

c- Her eleman için iç kuvvetler hesaplandıktan sonra düğüm noktalarında hesap doğruluk kontrolü yapılır ve mesnetlerdeki reaksiyon kuvvetleri bulunmuş olur.

Program hakkında bazı genel bilgiler Şekil 3.2'de verilen örnek esas alınarak açıklanmıştır.

Düğüm Noktaları : Elemanların birbirleri ile ve mesnetlerle birleştiği noktalarıdır. Örnekte 9 adet düğüm noktası vardır. 1'den başlayarak sıra ile numaralanır. Numaralama sonunda herhangi bir tipik elemanın nokta numaralarının farklarının mümkün olduğu kadar küçük kalmasına özen gösterilmelidir. Fark ne kadar küçük kalırsa, problem için harcanan bellek ve hesap süresi de o oranda azalır.



Şekil 3.1. Katlanmış plak ve idealizasyonu

Elemanlar : Sistemin idealize edilmesi sonunda oluşan dörtgen elemanlardır (Şekil 3.1) ve sıra ile ile numaralandırılır.

Sistemin Eksen Takımı : Düğüm noktalarının koordinatlarını belirtmek için seçilen eksen takımıdır. Katlanmış plak elemanı bir uzay sistem olduğundan eksen takımı x, y, z olarak 3.1'deki gibi seçilmiştir. Elemanların lokal \hat{x} ekseni ile global x ekseni aynı yön ve doğrultuda olmalıdır.

Mesnet Şartları : Sistemin mesnet noktalarına ait deplasman şartlarıdır. Şekil 3.2'de 1, 4, 7 nolu düğüm noktaları mesnet noktalarıdır. Katlanmış plak elemanının bir düğüm noktasında levha elemanından 2, plak elemanından 3, uygunluk şartını sağlamak amacıyla z eksenine bir mesnet şartı olmak üzere toplam 6 mesnet şartı vardır.

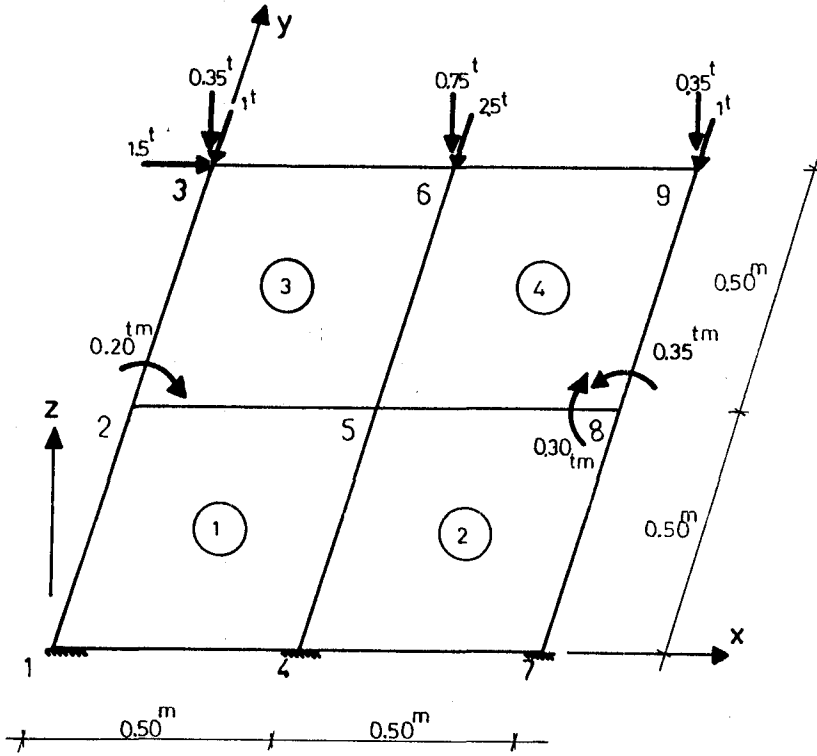
Dış Yükler : Düğüm noktalarında x, y, z yönlerinde verilmiş kuvvetlerdir. Kuvvetlerin yönleri global eksenlerin pozitif yönleri ile aynıdır. Bir düğümde altı dış kuvvet verilebilir. x, y ve z doğrultusunda P_x, P_y ve P_z ile x ve y eksenleri etrafında M_x ve M_y yükleridir. M_z program tarafından daima sıfır alınmaktadır.

Koordinatlar : Dügüm noktalarının seçilen eksen takımına göre x , y ve z koordinatlarıdır.

Deplasmanlar : Dügüm noktalarındaki yükler nedeniyle oluşacak hareket miktarlarıdır. Sabit olmayan her noktada sistem için x , y ve z doğrultusunda U_x , U_y ve U_z deplasmanları ile x ve y etrafında θ_x ve θ_y dönmeleri hesaplanır. z etrafındaki θ_z kabul gereği sıfırdır.

3.1. Verilerin Hazırlanması

Programın kullanılışı Şekil 3.2' de verilen sistem üzerinde açıklanmıştır. Elastisite modülü $E = 2.10^7 \text{ t/m}^2$, Poisson oranı $\nu = 0.30$, Levha ve plak kalınlığı $d_L = d_p = 0.01$ dir.



Şekil 3.2. Katlanmış plak

Sisteme ait bilgiler programın sonuna eklenen DATA satırlarında ve aşağıdaki sırada verilir.

Ana veriler :

Problemin Adı : 9 noktalı ve 4 Elemanlı Katlanmış Plak

Eleman sayısı : 4

Nokta sayısı : 9

Kuvvet sayısı : 10

Sınır şartı sayısı : Mesnet noktalarında sıfır olan deplasmanların sayısıdır. Bu örnekte 1, 4, 7 noktaları mesnet noktalarıdır. Bir düğüm noktasında 6 mesnet sınır şartı verilir. Diğer mesnetlenmemiş düğümlerde z eksenini etrafındaki dönme = 0 olduğu için sınır şartı olarak verilir (sistemin yükleme özelliğine göre, sadece levha olarak çalışması durumunda plak elemanına ait deplasmanlar = 0, plak olarak çalışması durumunda da levha elemanına ait deplasmanlar = 0 verilir).

Bu örnekte sınır şartı sayısı = 24 dır. (1, 4, 7 noktalarında her noktada 6 deplasman, 2, 3, 5, 6, 8, 9 noktalarında 1 deplasman)

Elastisite Modülü : 2E7

Poisson oranı : 0.30 (Bütün elemanlarda aynı)

Levha kalınlığı : 0.01 (Bütün elemanlarda aynı)

Plak kalınlığı : 0.01 (Bütün elemanlarda aynı)

Elemanların tarifi : Bir elemanın tarifi için o elemanın numarasının ve elemanın düğüm noktalarının numaralarının saat dönüşü yönünde sıra ile verilmesi gerekir (Lokal \hat{x} ekseninin global x eksenine ile aynı yön ve doğrultuda olmasına dikkat edilir).

1, 1, 2, 5, 4

2, 4, 5, 8, 7

3, 2, 3, 6, 5

4, 5, 6, 9, 8

Koordinatlar :

1, 0, 0, 0

2, 0, .5, 0

3, 0, 1, 0

4, .5, 0, 0

5, .5, .5, 0

6, .5, 1, 0

7, 1, 0, 0

8, 1, .5, 0

9, 1, 1, 0

Kuvvetler :

2, 5, .20

3, 1, 1.50

3, 2, -1.0

3, 3, -.35

6, 2, -2.50

6, 3, -.75

8, 4, -.30

8, 5, -,35

9, 2, -1.0

9, 3, -.35

Sınır Şartları :

1, 1, 0, 1, 2, 0, 1, 3, 0, 1, 4, 0, 1, 5, 0, 1, 6, 0

2, 6, 0

3, 6, 0

4, 1, 0, 4, 2, 0, 4, 3, 0, 4, 4, 0, 4, 5, 0, 4, 6, 0

5, 6, 0

6, 6, 0

7, 1, 0, 7, 2, 0, 7, 3, 0, 7, 4, 0, 7, 5, 0, 7, 6, 0

8, 6, 0

9, 6, 0

Yukarıda anlatılan esaslara göre Şekil 3.2'de gösterilen örneğe ait bilgisayar programı dataları aşağıda verilmiştir.

```

9000 DATA ANA VERILER
9010 DATA 4 ELEMANLI VE 9 NOKTALI KATLANMIS PLAK HESABI
9020 DATA 4,9
9030 DATA 10,24
9040 DATA 2.E7,.30,.01,.01
9050 DATA ELEMANLARIN TARIFI
9060 DATA 1,1,2,5,4,2,4,5,8,7,3,2,3,6,5,4,5,6,9,8
9070 DATA KOORDINATLAR
9080 DATA 1,0,0,0,2,0,.5,0,3,0,1,0,4,.5,0,0,5,.5,.5,0
9120 DATA 6,.5,1,0,7,1,0,0,8,1,.5,0,9,1,1,0,
9130 DATA KUVVETLER
9140 DATA 2,5,.2,3,1,1,5,3,2,-1,3,3,-.35,6,2,-2,5,6,3,-.75
9150 DATA 8,4,-.3,8,5,-.35,9,2,-1,9,3,-.35
9160 DATA SINIR SARILARI
9170 DATA 1,1,0,1,2,0,1,3,0,1,4,0,1,5,0,1,6,0,2,6,0,3,6,0
9180 DATA 4,1,0,4,2,0,4,3,0,4,4,0,4,5,0,4,6,0,5,6,0,6,6,0
9190 DATA 7,1,0,7,2,0,7,3,0,7,4,0,7,5,0,7,6,0,8,6,0,9,6,0
9200 DATA SON

```

3.2. Çıktılar :

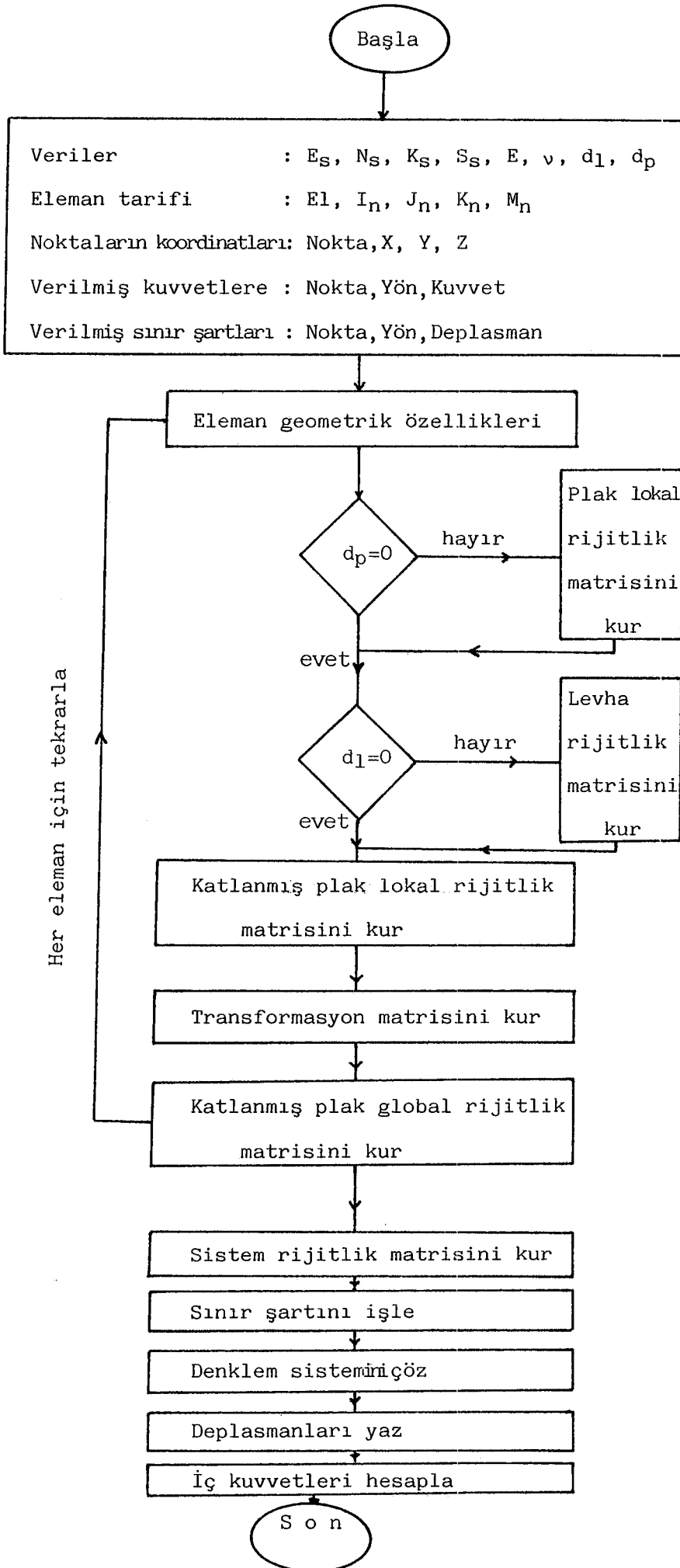
Kontrol amacı ile önce veriler daha sonrada hesaplanan deplasmanlar, eleman iç kuvvetleri ve düğüm noktalarındaki denge kontrolü çıktı olarak yazılır.

Deplasmanlar : Her noktanın 1, 2, 3, 4, 5, 6 yönündeki deplasmanları yazılır.

İç Kuvvetler : Her eleman için düğüm noktalarındaki iç kuvvetler yazılır.

Denge Kontrolü : Her düğümdeki reaksiyon kuvvetleri eksenler yönünde pozitif olmak üzere yazılır.

3.3. Akış Diyagramı

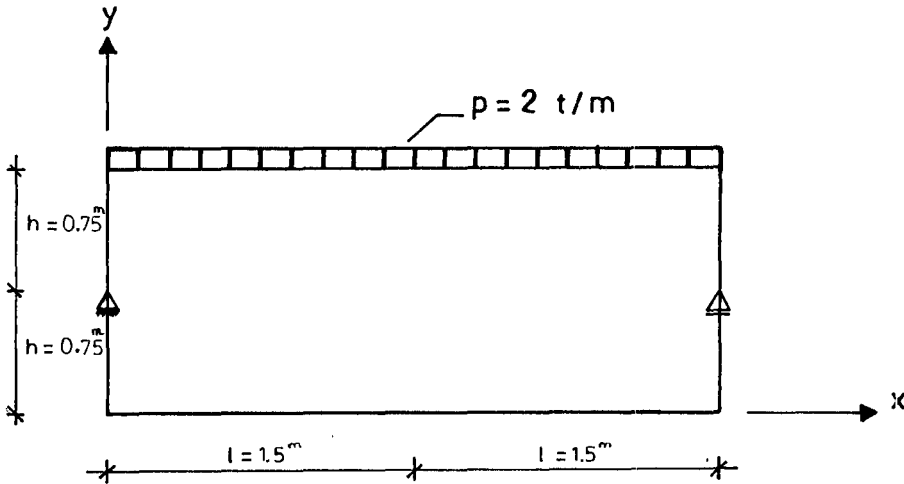


4. ÖRNEKLER

Bu bölümde, literatürde çözülmüş olan bazı sayısal örnekler, Ek -1 de verilen bilgisayar programı ile çözülmekte ve sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Bazı örneklerdeki birimler kaynaklardan karşılaştırmayı sağlamak amacıyla aynen alınmıştır.

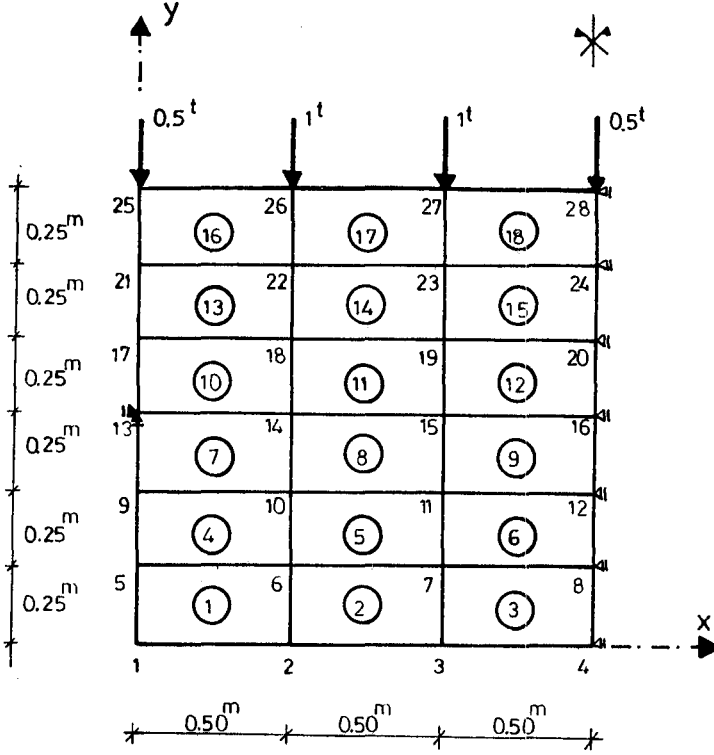
Ö R N E K : 1.

Boyutları ve yükleme durumu Şekil 4.1' de verilen üniform yüklü basit mesnetli levhanın statik hesabı [8].



Şekil 4.1. Üniform yüklü basit levha

Şekil 4.1' de verilen levhanın 18 elemanlı ve 28 noktalı olarak idealize edilmiş durumu Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. örnek 1 için verilen idealize edilmiş levha

Şekil 4.2' deki levha sistemini oluşturan elemanların kalınlıkları 0.20 m, elastisite modülü $1,4 \cdot 10^6$ t/m² dir. Poisson oranı, levha teorisi ile karşılaştırmanın yapılabilmesi için, $\nu = 0$ alınmıştır. 25 ve 28 noktalarında $-0.5t$, 26 ve 27 noktalarında $-1t$ 'luk idealize edilmiş düşey yüklerin etkimesi halinde düğüm noktalarındaki deplasmanlar ve elemanlarda oluşan iç kuvvetler hesaplanmıştır.

Levhanın tam orta noktasında ($x = 1, y = h$) meydana gelen çökmenin hesabı Mustafa İNAN'ın Elastisite teorisi [8] kitabında verilen analitik formülle de hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.1' de sunulmuştur.

$$U_y = -\frac{5}{24} \cdot \frac{PL^4}{EJ} \left[1 + \frac{12}{5} \left(\frac{4}{5} + \frac{v}{2} \right) + \frac{h^2}{l^2} \right]$$

$$\left. \begin{array}{l} x=L \\ y=h \end{array} \right\}$$

$$= -\frac{5}{24} \cdot \frac{2 \cdot 1,5^4}{E \cdot J} \left[1 + \frac{12}{5} \left(\frac{4}{5} + \frac{0}{2} \right) + \frac{0,75^2}{1,5^2} \right]$$

$$U_y = -4,056 \cdot 10^{-5}$$

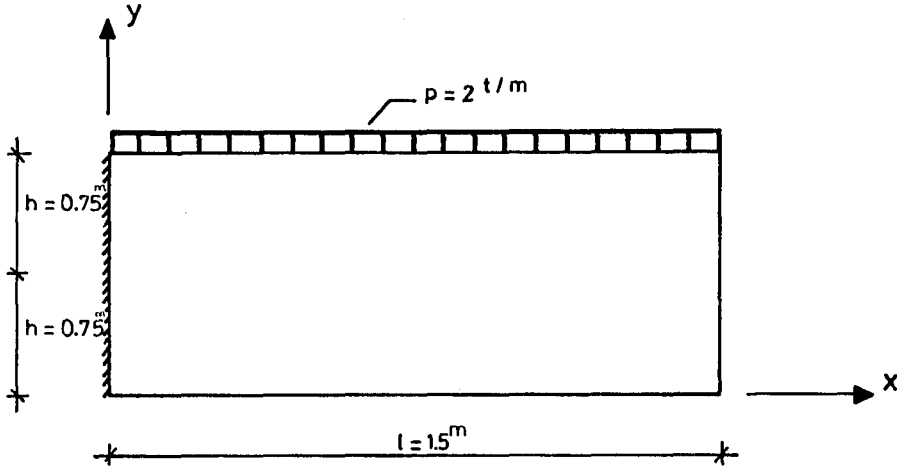
Nokta No	Çökme (m)	
	Bu çalışmada	(Levha teorisi) Mustafa İNAN [8]
16	$-4,231 \cdot 10^{-5}$	$-4,056 \cdot 10^{-5}$

Tablo 4.1. Örnek 1'e ait sonuçlar

Örnek 1'e ait bilgisayar programı verileri ve çıktıları Ek -2 de verilmektedir.

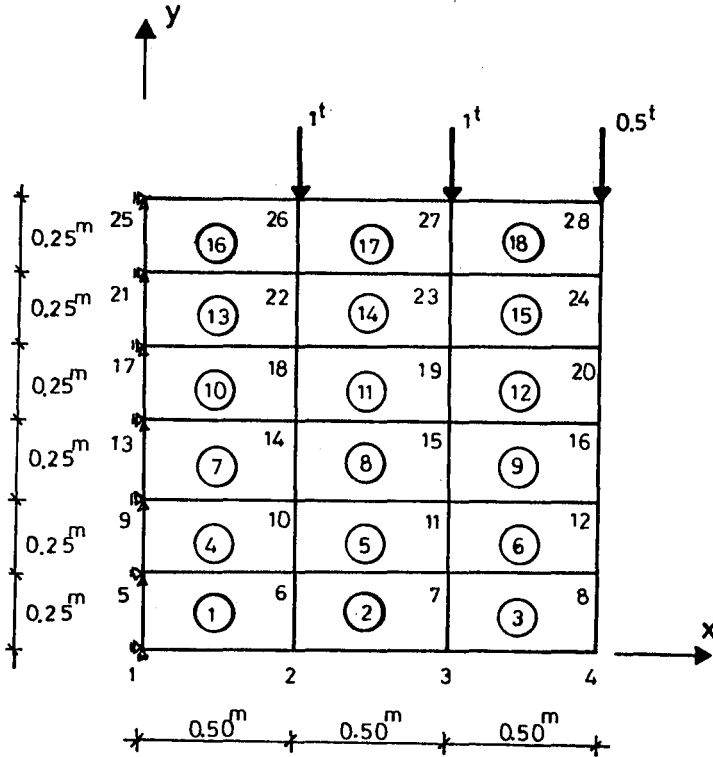
Ö R N E K : 2.

Boyutları ve yükleme durumu Şekil 4.3'de verilen üniform yüklü konsol kirişin statik hesabı [12].



Şekil 4.3. Üniform yüklü konsol kiriş

Şekil 4.3'de verilen konsol kirişin 18 elemanlı ve 28 noktalı olarak idealize edilmiş durumu Şekil 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Örnek 2 için verilen konsol kiriş

Şekil 4.4' deki konsol kiriş sistemini oluşturan elemanların kalınlıkları .20 m, elastisite modülü $1,4 \cdot 10^6$ t/m² dir. Poisson oranı, kiriş teorisi ile karşılaştırmanın yapılabilmesi için $\nu = 0$ alınmıştır. Levha elemanına 26 ve 27 noktalarında -1t, 28 noktasında da -0.50 t'luk idealize edilmiş dişey yüklerin etkimesi halinde düğüm noktalarındaki deplasmanlar ve elemanlarda oluşan iç kuvvetler hesaplanmıştır.

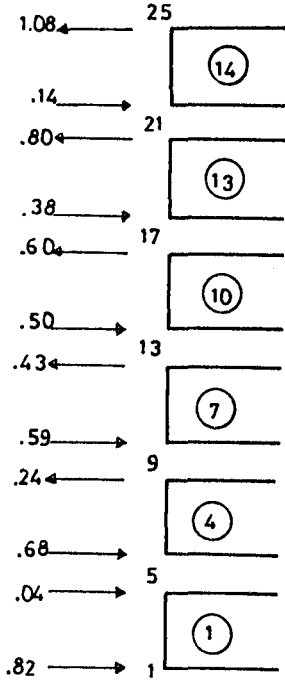
Kirişin serbest ucunda meydana gelen çökme ve ankastre kenarda oluşan momentin hesabı Enver ÇETMELİ'nin Çubuk Sistemler [12] kitabında verilen analitik formülle de hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.2'de sunulmuştur.

$$\text{Serbest uçtaki çökme } y = \frac{PL^4}{8EI} = \frac{2.1,5^4}{8 \cdot EI} = 1,62 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Ankastre kenardaki moment } M = \frac{PL^2}{2} = \frac{2.1,5^2}{2} = 2,25 \text{ tm}$$

Nokta No	Çökme (m)	
	Bu çalışmada	(Kiriş teorisinde) Enver ÇETMELİ [12]
16	$2,65 \cdot 10^{-5}$	$1,62 \cdot 10^{-5}$

Tablo 4.2. Örnek 2' ye ait sonuçlar



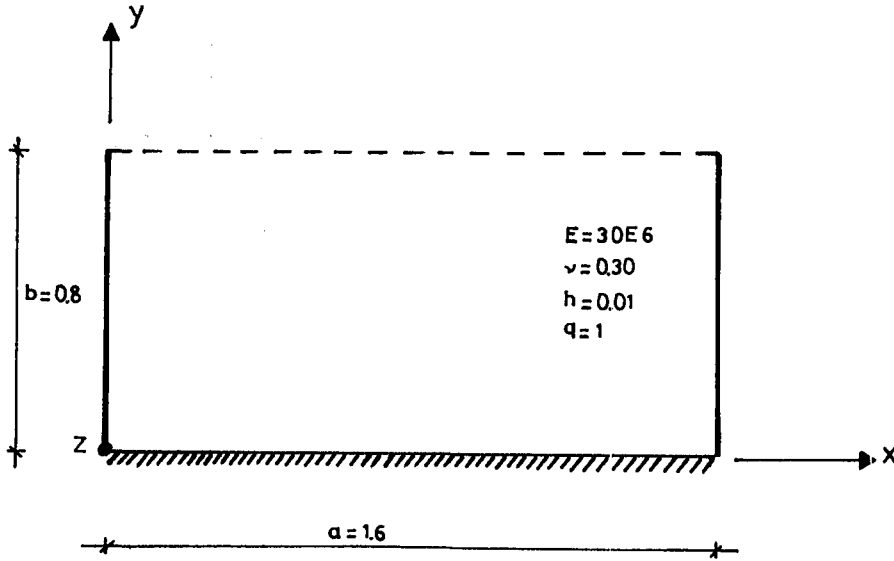
25. düğüme göre moment alınırsa

$$\begin{aligned}
 & 0,14 \cdot 0,25 + (-0,80) \cdot 0,25 + 0,38 \cdot 0,50 + \\
 & (-0,60) \cdot 0,50 + 0,50 \cdot 0,75 + (-0,43) \cdot 0,75 \\
 & + 0,59 \cdot 1 - 0,24 \cdot 1 + 0,68 \cdot 1,25 + 0,82 \cdot 1,5 \\
 & = 2,25 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

Örnek 2'ye ait bilgisayar verileri ve çıktıları Ek -3'de verilmiştir.

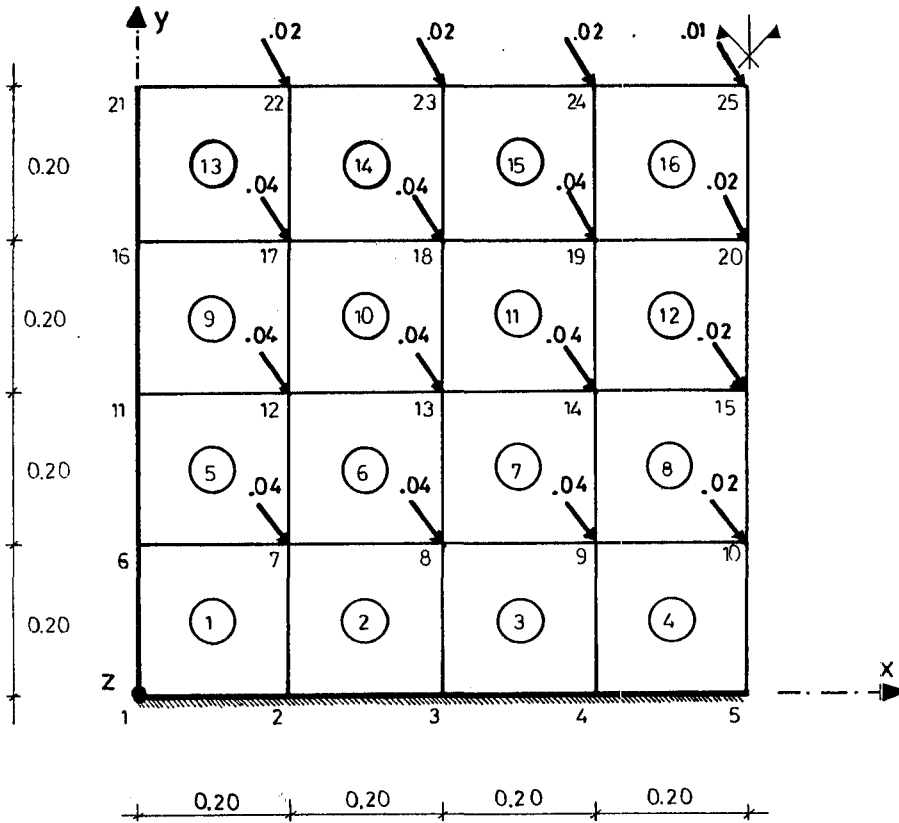
Ö R N E K : 3.

Şekil 4.5' de verilmiş olan iki karşılıklı kenarından basit mesnetli, üçüncü kenarı boşa ve dördüncü kenarı ankastre olan uniform yüklü plak çözümü [7].



Şekil 4.5. üniform yüklü plak

Şekil 4.5' de verilen üniform kirişin plak 16 elemanlı ve 25 noktalı olarak idealize edilmiş durumu Şekil 4.6' de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Örnek 3 için idealize edilmiş plak

Şekil 4.6'daki plak sistemini oluşturan elemanların kalınlıkları 0.01, Elastisite modülü $E= 30.10^6$ dir. Poisson oranı $\nu= 0.3$ alınmıştır. Sistemin 7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 18, 19 düğüm noktalarında -0.04 10, 15, 20, 22, 23, 24 düğüm noktalarında -0.02, 25. düğüm noktasında da -0.01 düşey yüklerin etkimesi durumuna göre çözüm yapılmıştır.

Plak için verilmesi gereken datalar kitaptan aynen alınmıştır. Özel noktalarda bulunan çökme ve moment değerleri S.TİMOSHENKO Plak ve Kabukların Analizi [7], [11]'den 9 noktalı kuadratik şekil fonksiyonu dikdörtgen elemanlı çözümü, [10]'dan SEM ile plak çözümü ve bu çalışmada bulunan değerler Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de verilmiştir.

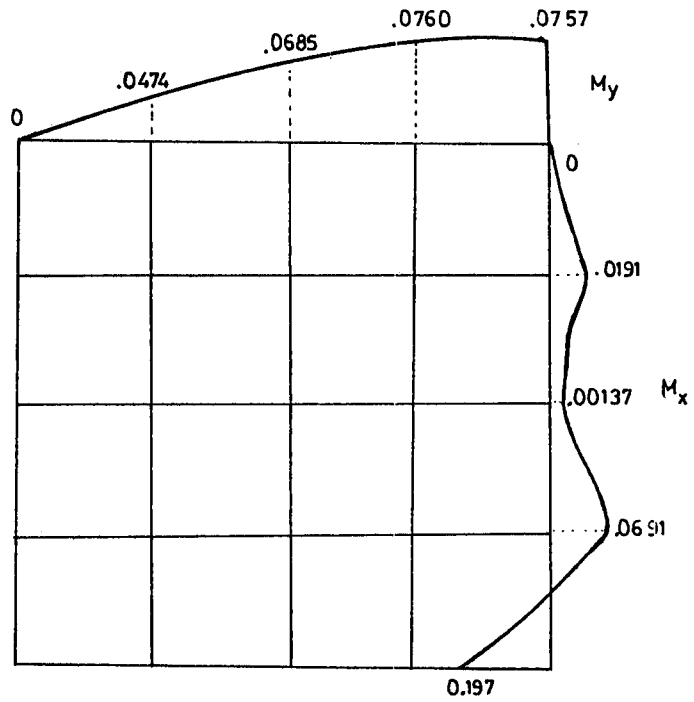
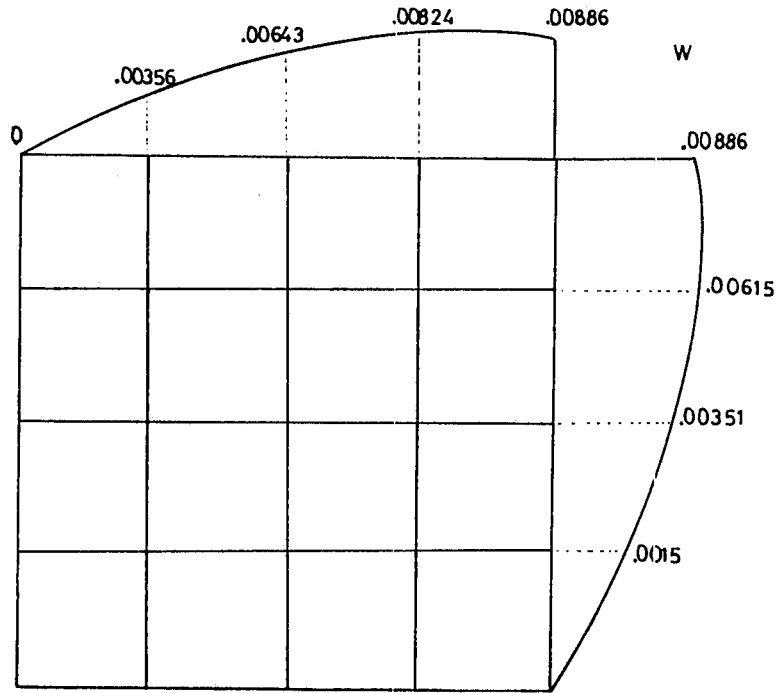
Burada dikkat edilmesi gereken husus S.TİMOSHENKO [7]'de moment tarifleri bu çalışmaya göre terstir, şöyleki M_x ve M_y momentleri bu çalışmada sırasıyla M_y ve M_x momentlerine karşılık gelir. S.TİMOSHENKO'da momentler kenara yayılı olarak verilmiştir. Karşılaştırmada kolaylık olması açısından programdan elde edilen değerler, kenara yayılı momentlere dönüştürülerek Tablo 4.4'e aktarılmıştır.

Nokta No	S.TİMOSHENKO [7]	Bu Çalışma	YUNUS [11] ÖZÇELİKÖRS	EŞREF [10] ÜNLÜOĞLU
5	0	0	0	0
10	-	-0.00115	-0.00114	-0.00115
15	-	-0.00351	-0.00348	-0.00351
20	-	-0.00615	-0.00606	-0.00615
25	-0.00876	-0.00886	-0.0087	-0.00886
21	-	0	0	0
22	-	-0.00356	-0.00352	-0.00356
23	-	-0.00643	-0.00634	-0.00643
24	-	-0.00824	-0.0081	-0.00824
25	-0.00876	-0.00886	-0.0087	-0.00886
11	-	0	0	0
12	-	-0.00145	-0.00144	-0.00145
13	-	-0.00259	-0.00257	-0.00258
14	-	-0.00328	-0.00325	-0.00328
15	-	-0.00351	-0.00348	-0.00351
3	0	0	0	0
8	-	-0.00086	-0.00086	-0.00086
13	-	-0.00259	-0.00257	-0.00258
18	-	-0.00448	-0.00445	-0.00448
23	-	-0.00643	-0.00634	-0.00643

Tablo 4.3. Örnek 3 ait Çökme sonuçları

Nokta No	M_x Momenti				Nokta No	M_y Momenti			
	S. [7] TIMOSHENKO	Bu Çalışma	Eşref [10] ÜNLÜOĞLU	Yunus [11] ÖZÇELİKÖRS		S. [7] TIMOSHENKO	Bu Çalışma	Eşref [10] ÜNLÜOĞLU	Yunus [11] ÖZÇELİKÖRS
5	-0.2042	-0.198	-0.198	-.2043	21	-	0	0	0
10	-	0.0691	0.0691	0.0742	22	-	0.0474	0.0474	0.0462
15	-	0.00137	0.00137	0.00142	23	-	0.0685	0.0685	0.0675
20	-	0.0191	0.0191	0.0173	24	-	0.0760	0.0759	0.0739
25	-	0	0	0	25	0.0750	0.0757	0.0757	0.07615

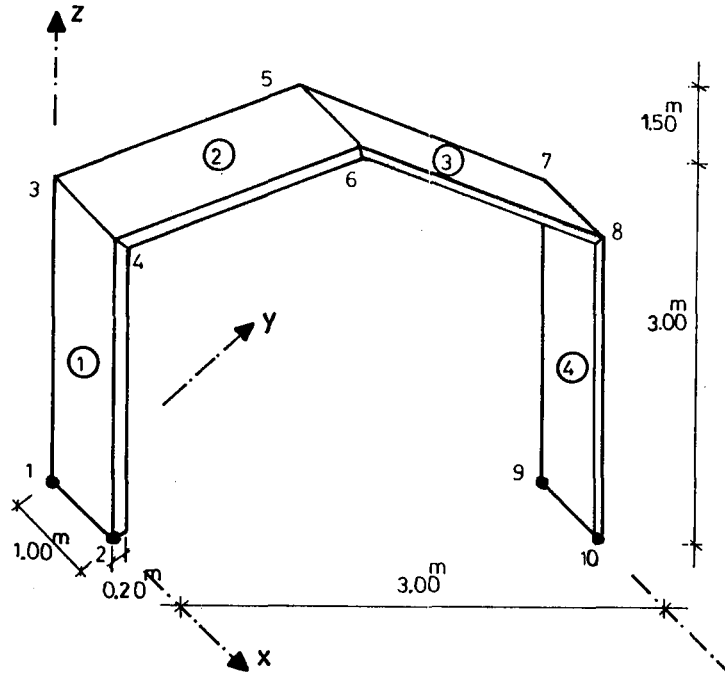
Tablo 4.4. Örnek 3' e ait moment sonuçları



$x=0.8$ ve $y=0.8$ doğrusunda sırası ile çökme ve moment diyagramı

Ö R N E K : 4.

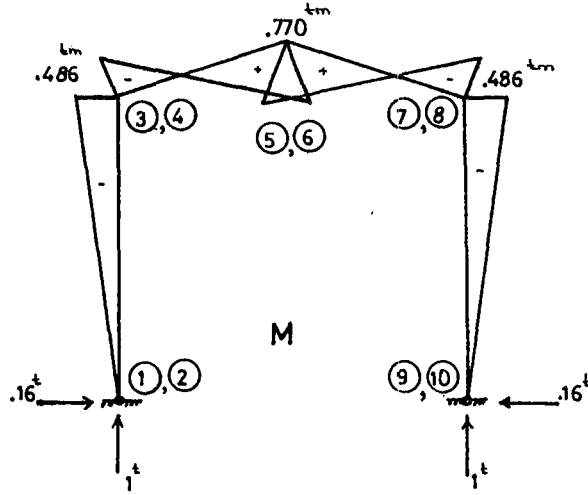
Şekil 4.7'de verilmiş olan kırık kirişli mafsallı simetrik çerçevenin verilen yükleme durumuna göre statik hesabı istenmektedir. Sistemin çözümü, Prof.Dr. Enver ÇETMELİ'nin Çubuk Sistemler [12] kitabında verilen kırık kirişli iki mafsallı simetrik çerçeve çözümü ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.7. Örnek 4 için verilen simetrik mafsallı çerçeve

Sistemin elemanlarının elastisite modülü $1,4 \cdot 10^6$ t/m², kalınlığı ise 0.20 m dir. Dış yükler 5 ve 6 nolu düğüm noktalarında z doğrultusunda -1t dur. Kiriş teorisi ile karşılaştırmanın yapılabilmesi için poisson oranı $\nu = 0$ alınmıştır. Ek -1. de verilen bilgisayar programının bu örneğe ait çıktıları Ek -5. de, Kiriş teorisi ile yapılan sonuçları da Tablo 4.5' de verilmiştir.

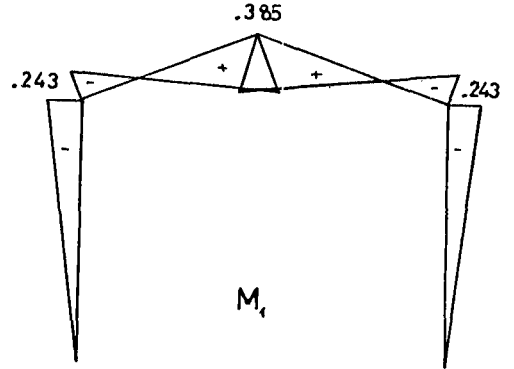
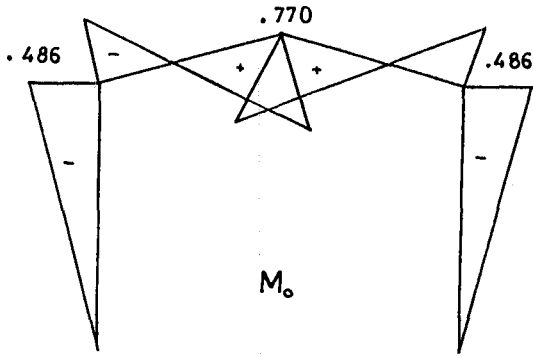
Çubuk sistemler [12] kitabından alınan, kırık kirişli iki mafsallı simetrik çerçevenin çözümü ile elde edilen moment diyagramı aşağıdaki gibidir.



Nokta No	Moment (tm) değerlerinin karşılaştırılması	
	Bu Çalışma	Enver ÇETMELİ [12]
3	0.244	$0.486:2 = 0.243$
4	0.244	$0.486:2 = 0.243$
5	0.386	$0.770:2 = 0.385$
6	0.386	$0.770:2 = 0.385$
Nokta No	Çökme (m) değerlerinin karşılaştırılması	
	Bu Çalışma	Virtüel İş Teoremine göre
5	$-6,14 \cdot 10^{-4}$	$-6 \cdot 10^{-4}$
6	$-6,14 \cdot 10^{-4}$	$-6 \cdot 10^{-4}$

Tablo 4.5. Örnek 4' e ait sonuçlar

Tablo 4.5' de verilen karşılaştırma değerleri virtüel iş teoremi ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

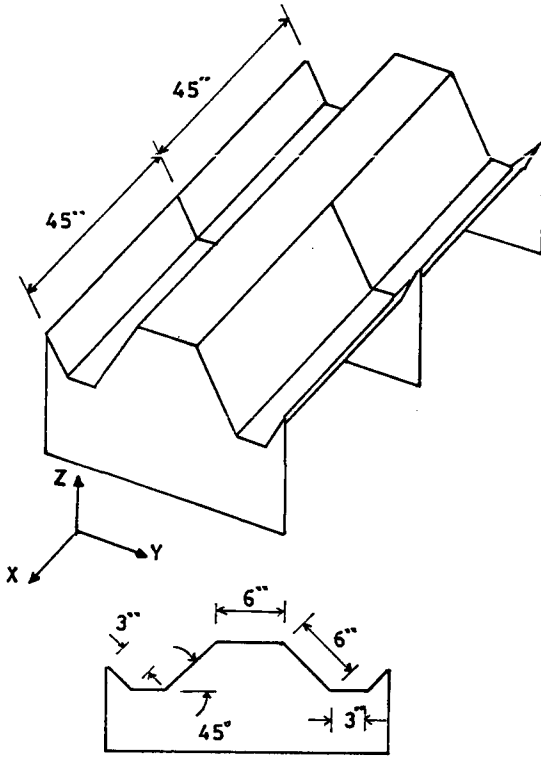


$$\delta = 2 \left[\left(\frac{1}{3} \cdot 3 \cdot 0,486 \cdot 0,243 \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot 0,82 \cdot 0,486 \cdot 0,243 \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot 1,30 \cdot 0,77 \cdot 0,385 \right) \right]$$

$$\delta = \frac{0,56}{EI} = 6 \cdot 10^{-4}$$

Ö R N E K : 5.

Boyutları ve yükleme durumu Şekil 4.7' de verilen uniform yüklü katlanmış plak hesabı [9].



BEAUFALT AND GRAYY 1966

Aliminyum $t = 0.09''$

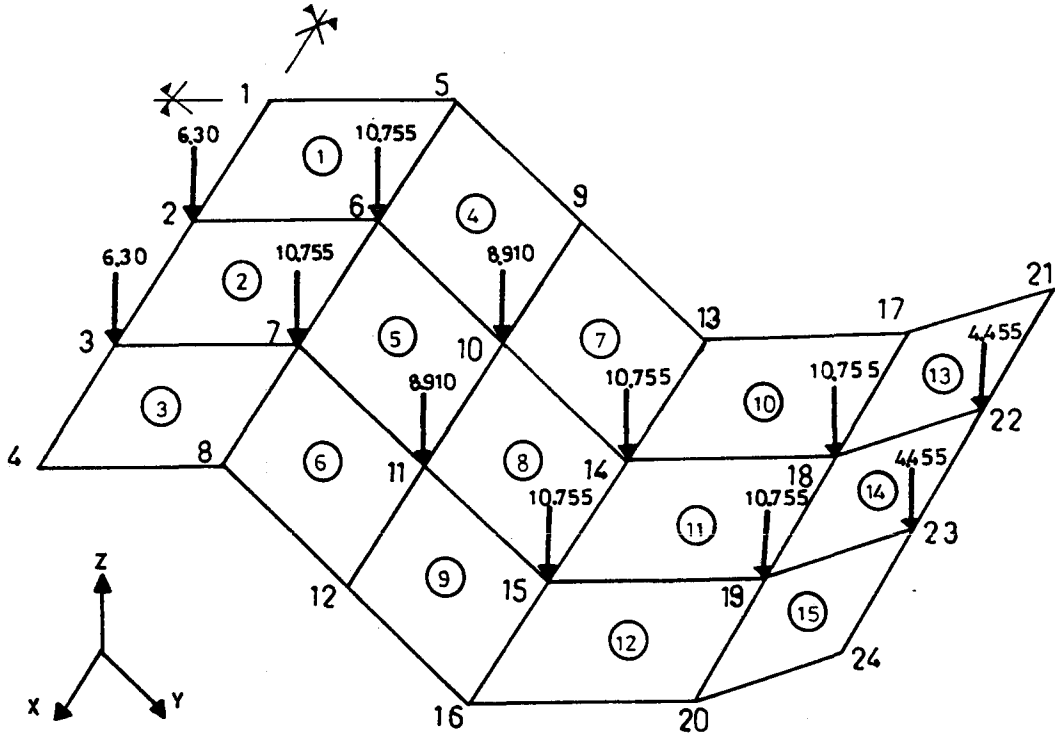
$E = 10.6 E6$

$\nu = 0.33$

Uniform yük = 0.28 PSI

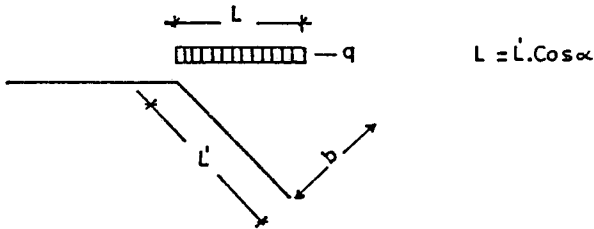
Şekil 4.8. Katlanmış Plak Sistemi .

D.L. Wiseman ve J.A. Puckett, Journal of Structural [9]'dayayınlanan "Applications Of Compound Strip Method For Folded Plates With Connecting Elements" den alınan katlanmış plak sistemi Şekil 4.8, 15 Elemenli ve 28 Noktalı olarak idealize edilmiş durumu Şekil 4.9' de verilmiştir.



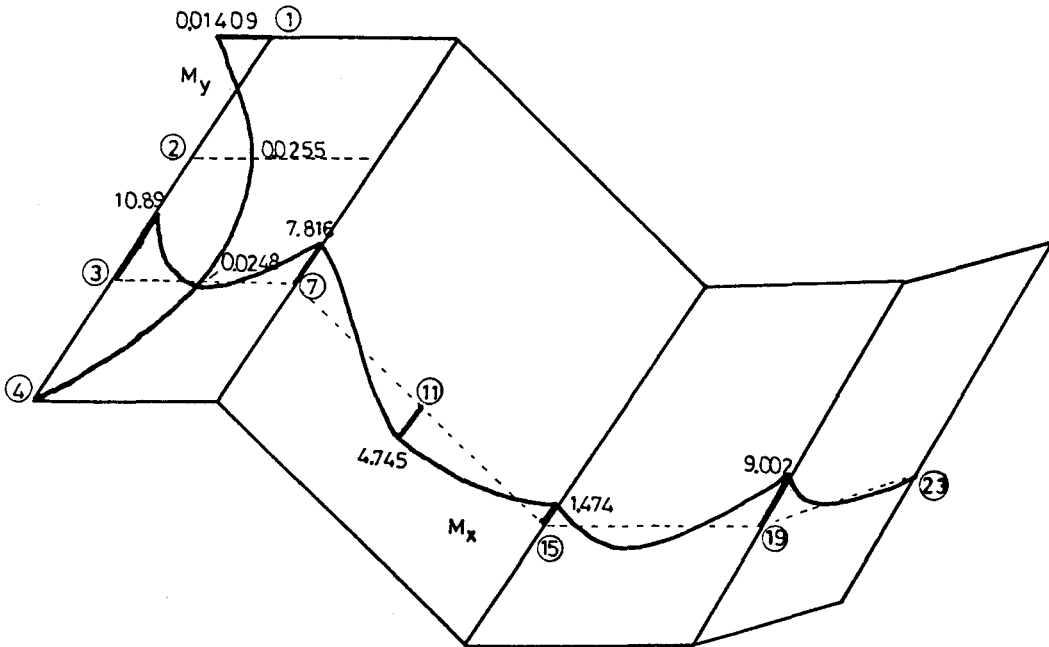
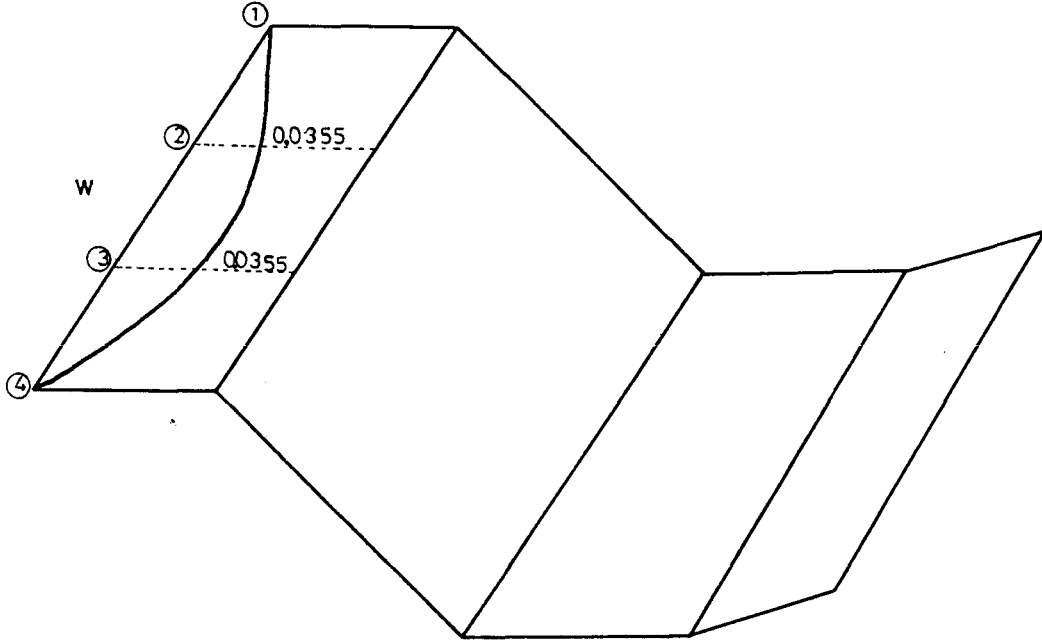
Şekil 4.9. İdealize edilmiş katlanmış plak

Şekil 4.8'deki katlanmış plak sistemini oluşturan elemanların kalınlıkları 0.09", elastisite modülü $10.6 E6$, poisson oranı $\nu = 0,33$ ve üniform yük = 0.28 PSI olarak yayından aynen alınmıştır. Üniform yük düğüm noktalarına tekil yük olarak aktarılmıştır. Bu aktarımın eğik yüzeylerde nasıl olduğu aşağıda verilmiştir.



Buna göre katlanmış plak elemanına z doğrultusunda 2 ve 3 noktalarında -6.30, 6 ve 7 noktalarında -10.755, 10 ve 11 noktalarında -8.910, 14, 15, 18 ve 19 noktalarında -10.755, 22 ve 23 noktalarına -4.455'lik tekil yükler etmektedir.

Bilgisayar programı sonuçlarına göre elde edilen değerlere göre değişik kenarlarda çökme ve moment diyagramları çizilmiştir.



Örnek 5'e ait bilgisayar programı verileri ve çıktıları Ek -6'da verilmektedir.

5. S O N U Ç

Levha ve plak eleman rijitlik matrisleri birleştirilerek katlanmış plak rijitlik matrisi elde edilmiştir. Bu elemanın davranışı kaynaklarda verilen levha, plak ve kiriş teorisi analitik çözümleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca bazı problemler sonlu elemanlar deplasman metodu ve sonlu elemanlar karma (mixed) metodu ile de karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde katlanmış plak elemanının iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır.

Burada verilen program araştırma amaçlıdır, elemanın serbestlik derecesi yüksek olduğundan, büyük problemlerin çözümünde bellek yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple geometrinin idealizasyonunda sınırlı sayıda (maximum 18) eleman kullanılmıştır.

Disk kullanılarak denklem sisteminin çözümü yoluna gidilebilir. Bu durumda, kullanılacak maksimum eleman sayısı, sadece disk kapasitesi ile sınırlı olacağından, çok büyük ve karmaşık katlanmış plak problemleri çözülebilir. Geometri çok elemanla idealize edildiğinde elde edilecek sonuçlar analitik çözümlere daha da yakın olacaktır.

Program, burada verildiği şekli ile, sadece noktalarda verilmiş dış yükleri kabul etmektedir. Yayılı yüklerin statik eşdeğerlerinin bulunması ve nokta yük olarak tanımlanması gerekir.

Program katlanmış plak problemlerinin çözümünden başka salt plak yada salt levha problemlerinin çözümü için de kullanılabilir.

K A Y N A K L A R D İ Z İ N İ

1. PRZEMIENIECKI, J.S: "Theory of Matrix Structural Analysis", Mc Graw-Hill, Londra, 1968
2. ZIENKIEWCZ, O.C: "The Finite Element Method", 3rd edition Mc Graw-Hill, NY, Londra, 1977
3. TOPÇU, A: "Mikro Mühendis", Anadolu Üniv.Müh.Mim.Fak. Yayını, Eskişehir, 1987
4. TOPÇU, A: "Sonlu Elemanlar Metodu", Anadolu Üniv. Yüksek Lisans Ders Notları (Yayınlanmamış), Eskişehir, 1989
5. TOPÇU, A: "Sonlu Elemanlar Deplasman ve Kuvvet Metodunda Rijitlik ve Denge Matrisinin Band Genişliğine İndirgenmesi"
3. Yapı Mekaniği Semineri , Eskişehir, 1987
6. AKA, İ./KESKİNEL, F./ARDA, T.S: "Betonarme Katlanmış Plaklar" Birsen Yayınevi, İstanbul, 1981
7. TİMOSHENKO, S.P. (Çevirenler : İNAN, M./SÖNMEZ, F.): "Plak ve Kabuklar Teorisi", İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1964
8. İNAN, M: "Düzlemde Elastisite Teorisi", İstanbul, 1969
9. WISEMAN, D.L ve PUCKETT, J.A: "Applications of Compound Strip Method For Folded Plates With Connecting Elements", Journal of Structural Engineering, Vol. 117, No. 1, Ocak, 1991
10. ÜNLÜOĞLU, E: "Kirişsiz Döşemeli Sistemlerde Yatay Kuvvetler Etkisi Altında Rijitlik Değerlerinin Araştırılması", Eskişehir, 1985
11. ÖZÇELİKÖRS, Y: "Plakların Karma Sonlu Eleman Formülasyonu ve Değişik Uygulamalar", Doktora Tezi, Eskişehir, 1990
12. ÇETMELİ, E: "Çubuk Sistemler", İ.T.Ü, İstanbul, 1982

EKLER

EK -1 BİLGİSAYAR HESAP PROGRAMI

```

10 REM " SONLU ELEMANLAR DEPLASMAN METODU"===== > HAZIRAN 1991
20 REM
30 REM PART 1
40 INPUT "EKRAMA=0 YAZICIYA=8 :";KA%
50 IF KA%<>0 AND KA%<>8 THEN BEEP : GOTO 40
60 IF KA%=8 THEN DIV$="cikti"ELSE DIV$="SCRN:"
70 KA%=1 :OPEN"O",#KA%, DIV$:PRINT #KA%,CHR$(15)
80 IF DIV$="LPT1:" THEN WIDTH DIV$,132
90 REM
100 REM SONLU ELEMANLAR METODU ILE KATLANMIS PLAK HESABI
110 REM
120 PRINT #KA%," YUKSEK LISANS TEZ CALISMASI"
130 PRINT #KA%,"VERSION:ESKISEHIR 1990-91 MELTEM AKDENIZ"
140 PRINT #KA%,
150 PRINT #KA%,
160 PRINT #KA%,"          KATLANMIS PLAKLARIN STATIK HESABI"
170 PRINT #KA%,"          SONLU ELEMANLAR METODU"
180 PRINT #KA%,"          (deplasman metodu)"
190 PRINT #KA%,
200 REM hata listesi
210 HATA0$="----->verilerde hata var !"
220 HATA1$="----->eleman no hatali !"
230 HATA2$="----->nokta no hatali !"
240 HATA3$="----->verilerin sirasi yanlis !"
250 HATA4$="----->hatali yon tarifi !"
260 HATA5$="----->daha oncede verildi !"
270 HATA6$="----->sistem labil !"
280 D1$="ANA VERILER"
290 D2$="ELEMANLARIN TARIFI"
300 D3$="KOORDINATLAR"
310 D4$="KUVVETLER"
320 D5$="ISI DEGERLERI"
330 D6$="SINIR SARTLARI"
340 D7$="SON"
350 REM onemli degiskenlerin tarifi
360 REM ES%=eleman sayisi
370 REM NS%=nokta sayisi
380 REM KS%=verilmis kuvvet sayisi
390 REM SS%=verilmis SINIR sarti sayisi
400 REM IE%=isi etkisindeki eleman sayisi
410 REM SD%=sistemin serbestlik derecesi
420 REM E=elastisite modulu
430 REM NU=poisson orani
440 REM D1=levha kalinaligi
445 REM Dp=plak kalinaligi
450 REM ED matrisi=eleman datalari

```

```

460 REM XYZ matrisi=noktaların koordinatları
465 REM S matrisi=plak lokal rijitlik matrisi
470 REM S1 matrisi=levha lokal rijitlik matrisi
480 REM LR matrisi=elemanın lokal rijitlik matrisi
490 REM GR matrisi=elemanın global rijitlik matrisi
500 REM SR matrisi=sistem rijitlik matrisi
510 REM P matrisi=kuvvet vektörü
520 REM U matrisi=elemanın deplasman vektörü
530 REM DEP=verilmiş deplasman
540 REM NSD%=bir noktanın serbestlik derecesi
550 REM ENS%=elemanın nokta sayısı
560 REM BAND%+1=yarı band genişliği
570 NSD%=6
580 ENS%=4
590 REM ana veriler
600 HATA$="YOK"
610 READ DO$
620 IF DO$<>D1$ THEN PRINT #KA%,HATA3$:GOTO 2050
630 READ PROBLEMADI$
640 PRINT #KA%,
650 PRINT #KA%,"PROBLEM:":PRINT #KA%,PROBLEMADI$
660 PRINT #KA%,
670 READ ES%,NS%,KS%,SS%
680 READ E,NU,DL,DP
690 SD%=NS%*NSD%
700 PRINT #KA%,
710 PRINT #KA%,"eleman sayısı.....=";ES%
720 PRINT #KA%,"nokta sayısı.....=";NS%
730 PRINT #KA%,"kuvvet sayısı.....=";KS%
740 PRINT #KA%,"sınır şartı sayısı.....=";SS%
750 PRINT #KA%,"elestisite modülü.....=";E
760 PRINT #KA%,"poisson oranı.....=";USING"###";NU
770 PRINT #KA%,"levha kalınlığı.....=";USING"###";DL
780 PRINT #KA%,"plak kalınlığı.....=";USING"###";DP
790 PRINT #KA%,"sistemin serbestlik derecesi...=";SD%
800 IF ES%<1 OR NS%<4 THEN HATA$="VAR"
810 IF KS%<0 OR KS%>SD%-SS% THEN HATA$="VAR"
820 IF SS%<6 OR SS%>SD%-KS% THEN HATA$="VAR"
830 IF E<=0 OR NU<0 OR NU>.5 THEN HATA$="VAR"
840 IF DL<0 THEN HATA$="VAR" : IF DP<0 THEN HATA$="VAR"
845 IF DL=0 AND DP=0 THEN HATA$="VAR" : GOTO 2050
850 IF HATA$="VAR" THEN PRINT #KA%,HATA0$:GOTO 2050
860 DIM ED(ES%,5),XYZ(NS%,3),LA(3,3),S1(8,8),S(12,12)
870 DIM GR(24,24),LR(24,24),M(24,24),U(24),K(24)
880 REM eleman tarifi
890 READ DO$
900 IF DO$<>D2$ THEN PRINT #KA%,HATA3$:GOTO 2050
910 BAND%=0
920 PRINT #KA%,"ELEMANLARIN TARIFI:"
930 PRINT #KA%,"ELEMAN "; "I-NOKTASI " ; "J-NOKTASI " ; "K-
NOKTASI " ; "M-NOKTASI "
940 FOR J%=1 TO ES%
950 READ EL%,IN%,JN%,KN%,MN%
960 PRINT #KA%,USING"## " ; EL%,USING" ## " ; IN%,JN%,KN%,MN%
970 IF EL%<1 OR EL%>ES% THEN PRINT #KA%,HATA1$:HATA$="VAR"
980 IF IN%<1 OR IN%>NS% THEN PRINT #KA%,HATA2$:HATA$="VAR"
990 IF JN%<1 OR JN%>NS% THEN PRINT #KA%,HATA2$:HATA$="VAR"

```

```

1000 IF KN%<1 OR KN%>NS% THEN PRINT #KA%,HATA2$:HATA$="VAR"
1010 IF MN%<1 OR MN%>NS% THEN PRINT #KA%,HATA2$:HATA$="VAR"
1020 IF IN%=JN% OR IN%=KN% OR IN%=MN% THEN PRINT #KA%,HATA2$:HATA$="VAR"
1030 IF JN%=KN% OR JN%=MN% OR KN%=MN% THEN PRINT #KA%,HATA2$:HATA$="VAR"
1040 IF ED(EL%,1)>0 THEN PRINT #KA%,HATA5$:HATA$="VAR"
1050 IF HATA$="VAR" GOTO 2050
1060 ED(EL%,1)=IN%
1070 ED(EL%,2)=JN%
1080 ED(EL%,3)=KN%
1090 ED(EL%,4)=MN%
1100 I1%=ABS(IN%-JN%) : I2%=ABS(IN%-KN%)
1110 I3%=ABS(IN%-MN%) : J1%=ABS(JN%-KN%)
1120 K1%=ABS(KN%-MN%)
1130 M1%=ABS(MN%-JN%)
1140 IF I1%> BAND% THEN BAND%=I1%
1150 IF I2%> BAND% THEN BAND%=I2%
1160 IF I3%> BAND% THEN BAND%=I3%
1170 IF J1%> BAND% THEN BAND%=J1%
1180 IF K1%> BAND% THEN BAND%=K1%
1190 IF M1%> BAND% THEN BAND%=M1%
1200 NEXT J%
1210 BAND%=(BAND%+1)*NSD%-1
1220 PRINT #KA%,"DENKLEM SAYISI....=";SD%-SS%
1230 PRINT #KA%,"REAKSIYON SAYISI..=";SS%
1240 PRINT #KA%,"YARI BAND GENISLIGI=";BAND%+1
1250 DIM
SR(SD%,BAND%+1),P(SD%+BAND%+1,1),SS(SD%+BAND%+1,3),UI(24),SG(SD%),SI(24,1),SC(24)
1260 REM noktalarin koordinatlari
1270 READ DO$
1280 IF DO$<>D3$ THEN PRINT #KA%,HATA3$:GOTO 2050
1290 PRINT #KA%,"NOKTALARIN KOORDINATLARI:"
1300 PRINT #KA%,"nokta","X","Y","Z"
1310 FOR J%=1 TO NS%
1320 READ K%,X,Y,Z
1330 PRINT #KA%,USING"##"           ";K%,USING " ##.###"           ";X,Y,Z
1340 IF K%<1 OR K%>NS% THEN PRINT #KA%,HATA2$:HATA$="VAR"
1350 IF XYZ(K%,1)<>0 THEN PRINT #KA%,HATA5$:HATA$="VAR"
1360 IF XYZ(K%,2)<>0 THEN PRINT #KA%,HATA5$:HATA$="VAR"
1370 IF XYZ(K%,3)<>0 THEN PRINT #KA%,HATA5$:HATA$="VAR"
1380 IF HATA$="VAR" GOTO 2050
1390 XYZ(K%,1)=X
1400 XYZ(K%,2)=Y
1410 XYZ(K%,3)=Z
1420 NEXT J%
1430 REM kuvvetler
1440 READ DO$
1450 IF DO$<>D4$ THEN PRINT #KA%,HATA3$ :GOTO 2050
1460 PRINT #KA%,"VERILMIS KUVVETLER:"
1470 IF KS%=0 THEN PRINT #KA%,"verilmis kuvvet yok" : GOTO 1620
1480 PRINT #KA%,"Nokta"           "":"Yon"           "":"Kuvvet"           "
1490 FOR J%=1 TO KS%
1500 READ K%,YON%,KUV
1510 PRINT #KA%,USING "##"           ";K%,USING " #"           "; YON%,USING"
+##.### " ;KUV
1520 IF K%<1 OR K%>NS% THEN PRINT #KA%,HATA2$ :HATA$="VAR"
1530 IF YON%<1 OR YON%>6 THEN PRINT #KA%,HATA4$:HATA$="VAR"

```

```

1540 D2%=NSD%*K%-NSD%+YON%
1550 IF P(D2%,1)<>0 THEN PRINT #KA%,HATA5$: HATA$="VAR"
1560 IF HATA$="VAR" GOTO 2050
1570 P(D2%,1)=KUV
1580 NEXT J%
1590 REM SINIR sartlari
1600 READ DO$
1610 IF DO$<>D6$ THEN PRINT #KA%, HATA3$ :GOTO 2050
1620 PRINT #KA%, "VERILMIS SINIR SARTLARI:"
1630 PRINT #KA%, "nokta          "; "yon          "; "deplasman          "
1640 FOR I%=1 TO SS%
1650 READ K%,YON%,DEP
1660 PRINT #KA%,USING" ##          ";K%,USING" #          ";YON%,DEP
1670 IF K%<1 OR K%>NS% THEN PRINT #KA%, HATA2$: HATA$="VAR"
1680 IF YON%<1 OR YON%>6 THEN PRINT #KA%,HATA4$ : HATA$="VAR"
1690 J%=NSD%*K%-NSD%+YON%
1700 IF SS(J%,1)<> 0 THEN PRINT #KA%,HATA5$ : HATA$="VAR"
1710 IF HATA$="VAR" GOTO 2050
1720 SS(J%,1)=YON%
1730 SS(J%,2)=DEP
1740 NEXT I%
1750 READ DO$
1760 IF DO$<>D7$ THEN PRINT #KA%, HATA3$ : GOTO 2050
1770 GOSUB 6010 : REM Sistem Rij. Mat.
1780 GOSUB 7720 : REM SINIR sartlarinin islenmesi
1790 REM denklem sisteminin cozumu
1800 GOSUB 8010
1810 IF HATA$="TEKIL" THEN PRINT #KA%,HATA6$ : GOTO 2050
1820 PRINT #KA%, "DEPLASMANLAR"
1830 PRINT #KA%, "Nokta", " 1-yonu          "; " 2-yonu          "; " 3-yonu          "; " 4-yonu
"; " 5-yonu          "; " 6-yonu          "
1840 FOR I%=1 TO NS%
1850 PRINT #KA%,USING"##          ";I%,USING" +#.###^00000 ";P(6*I%-
5,1),P(6*I%-4,1),P(6*I%-3,1),P(6*I%-2,1),P(6*I%-1,1),P(6*I%,1)
1860 NEXT I%
1870 PRINT #KA%, "ELEMEN IC KUVVETLERI "
1880 PRINT #KA%, "El.No          "; "Dug.No          "; "Px          "; "Py          "; "Pz
"; "Mx          "; "My          "; "Mz "
1890 FOR EL%=1 TO ES%
1900 PRINT
#KA%, "
"
1910 PRINT #KA%,EL%
1920 GOSUB 6510 : REM Ic Kuvvetlerin Hesabi
1930 FOR I%=1 TO ENS%
1940 N%=ED(EL%,I%)
1950 PRINT #KA%,USING" ##          ";N%,USING" +#.###^00000 ";SI(6*I%-
5,1),SI(6*I%-4,1),SI(6*I%-3,1),SI(6*I%-2,1),SI(6*I%-1,1),SI(6*I%,1)
1960 NEXT I%
1970 NEXT EL%
1980 GOSUB 7010 : REM Denge Kontrolu
1990 PRINT #KA%, "DENGE KONTROLU"
2000 PRINT #KA%, "Nokta", "Px          "; "Py          "; "Pz          "; "Mx
"; "My          "; "Mz          "
2010 PRINT
#KA%, "

```

```

2020 FOR I%=1 TO NS%
2030 PRINT #KA%,USING"##          ";I%,USING "+#.###^00000 ";SG(6*I%-
5),SG(6*I%-4),SG(6*I%-3),SG(6*I%-2),SG(6*I%-1),SG(6*I%)
2040 NEXT I%
2050 END

```

```

2500 REM elemanın geometrik özellikleri
2510 REM DORTGEN eleman
2520 IN%=ED(EL%,1)
2530 JN%=ED(EL%,2)
2540 KN%=ED(EL%,3)
2550 MN%=ED(EL%,4)
2560 X1=XYZ(IN%,1) : Y1=XYZ(IN%,2) : Z1=XYZ(IN%,3)
2570 X2=XYZ(JN%,1) : Y2=XYZ(JN%,2) : Z2=XYZ(JN%,3)
2580 X3=XYZ(KN%,1) : Y3=XYZ(KN%,2) : Z3=XYZ(KN%,3)
2590 X4=XYZ(MN%,1) : Y4=XYZ(MN%,2) : Z4=XYZ(MN%,3)
2600 A=SQR((X4-X1)^2+(Y4-Y1)^2+(Z4-Z1)^2)
2610 B=SQR((X2-X1)^2+(Y2-Y1)^2+(Z2-Z1)^2)
2620 RETURN

```

```

3000 REM PLAK LOKAL RIJITLIK MATRISİNİN KURULMASI
3005 IF DP=0 THEN RETURN
3010 F1=1-NU
3020 F2=1+4*NU
3030 F3=14-4*NU
3040 C1=F1/5
3050 C2=F1/15
3060 C3=4*F1/15
3070 C4=F2/5
3080 C5=F2/15
3090 C6=4*F2/15
3100 C7=F3/5
3110 C8=F3/15
3120 C9=4*F3/15
3130 A1=A*B
3140 BE=B/A
3150 SE=E*(DP*DP*DP)/(12*(1-NU*NU)*A1)
3160 H=BE*BE
3170 G=1/(BE*BE)
3180 S(1,1)=4*(H+G)+C7
3190 S(2,1)=(2*G+C4)*B
3200 S(2,2)=(4*G/3+C3)*B*B
3210 S(3,1)=-(2*H+C4)*A
3220 S(3,2)=-NU*A*B
3230 S(3,3)=(4*H/3+C3)*A*A
3240 S(4,1)=2*(H-2*G)-C7
3250 S(4,2)=-(2*G+C1)*B
3260 S(4,3)=(-H+C4)*A
3270 S(4,4)=S(1,1)
3280 S(5,1)=-S(4,2)
3290 S(5,2)=(2*G/3-C2)*B*B
3300 S(5,3)=0
3310 S(5,4)=-(2*G+C4)*B
3320 S(5,5)=S(2,2)
3330 S(6,1)=S(4,3)

```

3340 $S(6,2)=0$
3350 $S(6,3)=(2*H/3-C3)*A*A$
3360 $S(6,4)=S(3,1)$
3370 $S(6,5)=-S(3,2)$
3380 $S(6,6)=S(3,3)$
3390 $S(7,1)=-2*(H+G)+C7$
3400 $S(7,2)=(-G+C1)*B$
3410 $S(7,3)=(H-C1)*A$
3420 $S(7,4)=-2*(2*H-G)-C7$
3430 $S(7,5)=(-G+C4)*B$
3440 $S(7,6)=(2*H+C1)*A$
3450 $S(7,7)=S(1,1)$
3460 $S(8,1)=-S(7,2)$
3470 $S(8,2)=(G/3+C2)*B*B$
3480 $S(8,3)=0$
3490 $S(8,4)=S(7,5)$
3500 $S(8,5)=(2*G/3-C3)*B*B$
3510 $S(8,6)=0$
3520 $S(8,7)=S(5,4)$
3530 $S(8,8)=S(5,5)$
3540 $S(9,1)=-S(7,3)$
3550 $S(9,2)=0$
3560 $S(9,3)=(H/3+C2)*A*A$
3570 $S(9,4)=-S(7,6)$
3580 $S(9,5)=0$
3590 $S(9,6)=(2*H/3-C2)*A*A$
3600 $S(9,7)=-S(3,1)$
3610 $S(9,8)=S(3,2)$
3620 $S(9,9)=S(3,3)$
3630 $S(10,1)=S(7,4)$
3640 $S(10,2)=-S(7,5)$
3650 $S(10,3)=-S(9,4)$
3660 $S(10,4)=S(7,1)$
3670 $S(10,5)=-S(7,2)$
3680 $S(10,6)=S(7,3)$
3690 $S(10,7)=S(4,1)$
3700 $S(10,8)=-S(4,2)$
3710 $S(10,9)=-S(4,3)$
3720 $S(10,10)=S(4,4)$
3730 $S(11,1)=-S(8,4)$
3740 $S(11,2)=S(8,5)$
3750 $S(11,3)=0$
3760 $S(11,4)=S(7,2)$
3770 $S(11,5)=S(8,2)$
3780 $S(11,6)=0$
3790 $S(11,7)=S(4,2)$
3800 $S(11,8)=S(5,2)$
3810 $S(11,9)=0$
3820 $S(11,10)=-S(8,7)$
3830 $S(11,11)=S(8,8)$
3840 $S(12,1)=S(9,4)$
3850 $S(12,2)=0$
3860 $S(12,3)=S(9,6)$
3870 $S(12,4)=-S(10,6)$
3880 $S(12,5)=0$
3890 $S(12,6)=S(9,3)$

```
3900 S(12,7)=-S(4,3)
3910 S(12,8)=0
3920 S(12,9)=S(6,3)
3930 S(12,10)=S(9,7)
3940 S(12,11)=S(6,5)
3950 S(12,12)=S(9,9)
3960 FOR J%=1 TO 12
3970 FOR I%=J% TO 12
3980 S(I%,J%)=S(I%,J%)*SE
3990 NEXT I% :NEXT J%
4000 FOR I%=1 TO 12
4010 FOR J%=1 TO 12
4020 S(I%,J%)=S(J%,I%)
4030 NEXT J% : NEXT I%
4040 RETURN
```

```
4100 REM LEVHA LOKAL RIJTLIK MATRISININ KURULMASI
```

```
4105 IF DL=0 THEN RETURN
4110 Z11=1-NU
4120 Z21=1+NU
4130 Z31=1-3*NU
4140 A1=A*B
4150 BE=B/A
4155 M=1/BE
4160 SE1=E*DL/(12*(1-NU*NU))
4170 S1(1,1)=4*BE+2*Z11*M
4180 S1(2,1)=3/2*Z21
4190 S1(2,2)=4*M+2*Z11*BE
4200 S1(3,1)=2*BE-2*Z11*M
4210 S1(3,2)=-3/2*Z31
4220 S1(3,3)=S1(1,1)
4230 S1(4,1)=-S1(3,2)
4240 S1(4,2)=-4*M+Z11*BE
4250 S1(4,3)=-S1(2,1)
4260 S1(4,4)=S1(2,2)
4270 S1(5,1)=-2*BE-Z11*M
4280 S1(5,2)=S1(4,3)
4290 S1(5,3)=-4*BE+Z11*M
4300 S1(5,4)=S1(3,2)
4310 S1(5,5)=S1(1,1)
4320 S1(6,1)=S1(5,2)
4330 S1(6,2)=-2*M-Z11*BE
4340 S1(6,3)=S1(4,1)
4350 S1(6,4)=2*M-2*Z11*BE
4360 S1(6,5)=S1(2,1)
4370 S1(6,6)=S1(4,4)
4380 S1(7,1)=S1(5,3)
4390 S1(7,2)=S1(4,1)
4400 S1(7,3)=-2*BE-Z11*M
4410 S1(7,4)=S1(2,1)
4420 S1(7,5)=2*BE-2*Z11*M
4430 S1(7,6)=S1(3,2)
4440 S1(7,7)=S1(5,5)
4450 S1(8,1)=S1(7,6)
4460 S1(8,2)=S1(6,4)
4470 S1(8,3)=S1(2,1)
```

```

4480 S1(8,4)=S1(6,2)
4490 S1(8,5)=S1(6,3)
4500 S1(8,6)=S1(4,2)
4510 S1(8,7)=S1(6,1)
4520 S1(8,8)=S1(6,6)
4530 FOR J%=1 TO 8
4540 FOR I%=J% TO 8
4550 S1(I%,J%)=S1(I%,J%)*SE1
4560 NEXT I% : NEXT J%
4570 FOR I%=1 TO 8
4580 FOR J%=1 TO 8
4590 S1(I%,J%)=S1(J%,I%)
4600 NEXT J% : NEXT I%
4610 RETURN

5000 REM LR LOKAL RIJITLIK MATRISININ KURULMASI
5010 GOSUB 3000 : REM Plak Rij. Mat.
5020 GOSUB 4100 : REM Levha Rij. Mat.
5030 FOR Y%=1 TO 4
5040 A%=6*(Y%-1)+1
5050 C%=4*(Y%-1)
5060 FOR I%=A% TO A%+1
5070 FOR M%=1 TO 4
5080 K%=6*(M%-1)+1
5090 B%=4*(M%-1)
5100 FOR J%=K% TO K%+1
5110 LR(I%,J%)=S1(I%-C%,J%-B%)
5115 NEXT J% : NEXT M% : NEXT I% : NEXT Y%
5120 FOR Y%=1 TO 4
5125 A%=6*(Y%-1)+3
5130 C%=3*(Y%-1)+2
5135 FOR I%=A% TO A%+2
5140 FOR M%=1 TO 4
5145 K%=6*(M%-1)+3
5150 B%=3*(M%-1)+2
5155 FOR J%=K% TO K%+2
5160 LR(I%,J%)=S(I%-C%,J%-B%)
5170 NEXT J% : NEXT M% : NEXT I% : NEXT Y%
5180 RETURN

5190 REM T TRANSPOZISYON MATRISININ KURULMASI
5200 REM LAMDA MATRISININ OLUSTURULMASI
5210 LY=(Y2-Y1)/SQR((Z2-Z1)^2+(Y2-Y1)^2)
5220 LZ=(Z2-Z1)/SQR((Z2-Z1)^2+(Y2-Y1)^2)
5230 FOR I%=1 TO 3
5240 FOR J%=1 TO 3
5250 LA(1,1)=1
5260 LA(1,2)=0
5270 LA(1,3)=0
5280 LA(2,1)=0
5290 LA(2,2)=LY
5300 LA(2,3)=LZ
5310 LA(3,1)=0
5320 LA(3,2)=-LZ
5330 LA(3,3)=LY
5340 NEXT J%:NEXT I%

```


5350 RETURN

```

5500 REM ELEMANIN GR MATRISININ OLUSTURULMASI
5510 GOSUB 5010 : REM Eleman Lokal Rij. Mat.
5520 GOSUB 5210 : REM Transpozisyon Mat.
5530 REM MATRIS CARPMA
5540 REM LR(24,24) MATRISI LA(3,3) MATRISI ILE CARPILARAK
5550 REM SONUC M(24,24) MATRISINDE DEPOLANIR
5560 REM M(24,24)=LR(24,24)*LA(3,3)
5570 FOR Y%=1 TO 8
5580 A%=3*(Y%-1)
5590 FOR F%=1 TO 8
5600 O%=3*(F%-1)
5610 FOR I%=1 TO 3
5620 FOR J%=1 TO 3
5630 T=0
5640 FOR K%=1 TO 3
5650 T=T+LR(I%+A%,K%+O%)*LA(K%,J%)
5660 NEXT K%
5670 M(I%+A%,J%+O%)=T
5680 NEXT J% : NEXT I% : NEXT F% : NEXT Y%
5690 REM LA(3*3) MATRISI(TRANSPUZU ALINMIS GIBI DUSUNEREK) M(24*24) MATRISIYLE
5700 REM CARPILARAK SONUCU GR(24*24) MATRISINE DEPOLANMISTIR.
5710 FOR Y%=1 TO 8
5720 A%=3*(Y%-1)
5730 FOR F%=Y% TO 8
5740 O%=3*(F%-1)
5750 FOR I%=1 TO 3
5760 FOR J%=1 TO 3
5770 T=0
5780 FOR K%=1 TO 3
5790 T=T+LA(K%,I%)*M(K%+A%,J%+O%)
5800 NEXT K%
5810 GR(I%+A%,J%+O%)=T
5820 NEXT J% : NEXT I% : NEXT F% : NEXT Y%
5830 FOR I%=1 TO 24 : FOR J%=1 TO 24
5840 GR(J%,I%)=GR(I%,J%)
5850 NEXT J% : NEXT I%
5860 RETURN

```

```

6000 REM SISTEM rijitlik matrisinin kurulmasi
6010 FOR EL%=1 TO ES%
6020 GOSUB 2520 : REM Elemanin Geometrik ozell.
6030 GOSUB 5510 : REM Elemanin GR Rij. Mat.
6040 REM eleman rijitliginin sistem rijitligine eklenmesi
6050 I1%=NSD%*IN%-NSD%
6070 J1%=NSD%*JN%-NSD%
6080 K1%=NSD%*KN%-NSD%
6090 M1%=NSD%*MN%-NSD%
6100 U(1)=I1%+1 : U(2)=I1%+2
6110 U(3)=I1%+3 : U(4)=I1%+4
6120 U(5)=I1%+5 : U(6)=I1%+6
6130 U(7)=J1%+1 : U(8)=J1%+2
6140 U(9)=J1%+3 : U(10)=J1%+4
6150 U(11)=J1%+5 : U(12)=J1%+6
6160 U(13)=K1%+1 : U(14)=K1%+2

```

```

6170 U(15)=K1%+3 : U(16)=K1%+4
6180 U(17)=K1%+5 : U(18)=K1%+6
6190 U(19)=M1%+1 : U(20)=M1%+2
6200 U(21)=M1%+3 : U(22)=M1%+4
6210 U(23)=M1%+5 : U(24)=M1%+6
6220 FOR I1%=1 TO 24
6230   I%=U(I1%)
6240   FOR J1%=1 TO 24
6250     J%=U(J1%)
6260     IF J%<I% GOTO 6290
6270     J2%=J%-I%+1
6280     SR(I%,J2%)=SR(I%,J2%)+GR(I1%,J1%)
6290   NEXT J1%
6300 NEXT I1%
6310 NEXT EL%
6320 RETURN

6500 REM IC KUVVETLERIN HESABI
6510 GOSUB 2520 : REM Elemanin geometrik ozell.
6520 GOSUB 5210 : REM Transpozisyon Mat.
6530 GOSUB 7510 : REM Elemanin Deplasmanlari
6540 REM (UiL=Ti*Ui) HESABININ YAPILMASI
6550 FOR Y%=1 TO 8
6560   A%=3*(Y%-1)
6570   FOR I%=1 TO 3
6580     T=0
6590     FOR J%=1 TO 3
6600       T=T+LA(I%,J%)*U(J%+A%)
6610     NEXT J%
6620     UI(I%+A%)=T
6630   NEXT I% : NEXT Y%
6640 GOSUB 5010 : REM Elemanin LR mat.
6650 REM (SiL= LR*UiL)
6660 FOR I%=1 TO 24
6670   T=0
6680   FOR J%=1 TO 24
6700     T=T+LR(I%,J%)*UI(J%)
6710   NEXT J%
6720   SI(I%,1)=T
6730 NEXT I% :RETURN

7000 REM Denge Kontrolu
7010 FOR EL%=1 TO ES%
7020 GOSUB 2520 : REM Elemanin Geometrik Ozell.
7030 GOSUB 5510 : REM Elemanin GR Rij. Mat.
7040 GOSUB 7510 : REM Elemanin Deplasmanlari
7050 REM (SC=GR*U)
7060 FOR I%=1 TO 24
7070   T=0
7080   FOR J%=1 TO 24
7090     T=T+GR(I%,J%)*U(J%)
7100   NEXT J%
7110   SC(I%)=T : NEXT I%
7120   I2%=NSD%*IN%-NSD%
7130   J2%=NSD%*JN%-NSD%
7140   K2%=NSD%*KN%-NSD%

```

```

7150 M2%=NSD%*MN%-NSD%
7160 K(1)=I2%+1 : K(2)=I2%+2
7170 K(3)=I2%+3 : K(4)=I2%+4
7180 K(5)=I2%+5 : K(6)=I2%+6
7190 K(7)=J2%+1 : K(8)=J2%+2
7200 K(9)=J2%+3 : K(10)=J2%+4
7210 K(11)=J2%+5 : K(12)=J2%+6
7220 K(13)=K2%+1 : K(14)=K2%+2
7230 K(15)=K2%+3 : K(16)=K2%+4
7240 K(17)=K2%+5 : K(18)=K2%+6
7280 K(19)=M2%+1 : K(20)=M2%+2
7290 K(21)=M2%+3 : K(22)=M2%+4
7300 K(23)=M2%+5 : K(24)=M2%+6
7310 FOR I1%=1 TO 24
7320   I%=K(I1%)
7330   SG(I%)=SG(I%)+SC(I1%)
7340 NEXT I1%
7350 NEXT EL%
7360 RETURN

7500 REM eleman deplasmanlari
7510 FOR DUG%=1 TO ENS%
7520   ADRES2%=(DUG%-1)*NSD%
7530   I%=ED(EL%,DUG%)
7540   ADRES%=(I%-1)*NSD%
7550   FOR J%=1 TO NSD%
7560     U(ADRES2%+J%)=P(ADRES%+J%,1)
7570   NEXT J%
7580 NEXT DUG%
7590 RETURN

7700 REM SINIR sartlarinin islenmesi
7710 REM NORM
7720 G=0
7730 FOR I%=1 TO SD%
7740 IF SR(I%,1)>G THEN G=SR(I%,1)
7750 NEXT I%
7760 IF G<=0 THEN PRINT #KA%,"SISTEM LABIL....." :STOP
7770 FOR J%=1 TO SD%
7780 IF SS(J%,1)=0 GOTO 7800
7790 DEP=SS(J%,2) : GOSUB 7810
7800 NEXT J%
7810 FOR K%=2 TO BAND%+1
7820 SR(J%,K%)=0
7830 IF J%>=K% THEN SR(J%+1-K%,K%)=0
7840 NEXT K%
7850 SR(J%,1)=G : P(J%,1)=G*DEP
7860 RETURN

8000 REM denklem sisteminin cozumu(CHOLESKY)
8010 G=0 : HATA$="DUZENLI"
8020 REM NORM
8030 FOR I%=1 TO SD%
8050 IF SR(I%,1)>G THEN G=SR(I%,1)
8060 NEXT I%
8070 IF G<=0 GOTO 8520

```

```
8080 G=G*.000001
8090 L%=BAND%+1
8100 REM carpanlara ayirma
8110 FOR N%=1 TO SD%
8120 T=SR(N%,1)
8130 IF T<G GOTO 8520
8140 T=SQR(T)
8150 FOR J%=1 TO L%
8160 SR(N%,J%)=SR(N%,J%)/T
8170 NEXT J%
8180 FOR J%=1 TO BAND%
8190 I%=N%+J%
8200 IF I%>SD% GOTO 8270
8210 T=SR(N%,J%+1)
8220 FOR K%=J% TO BAND%
8230 I1%=1+K%-J%
8240 SR(I%,I1%)=SR(I%,I1%)-T*SR(N%,K%+1)
8250 NEXT K%
8260 NEXT J%
8270 NEXT N%
8280 REM ileri hesap
8290 FOR N%=1 TO SD%
8300 P(N%,1)=P(N%,1)/SR(N%,1)
8310 FOR J%=1 TO BAND%
8320 I%=N%+J%
8330 IF I%>SD% GOTO 8370
8340 T=SR(N%,J%+1)
8350 P(I%,1)=P(I%,1)-T*P(N%,1)
8360 NEXT J%
8370 NEXT N%
8380 REM geri hesap
8390 P(SD%,1)=P(SD%,1)/SR(SD%,1)
8400 FOR I%=1 TO SD%-1
8410 K%=SD%-I%
8420 T=0
8430 FOR J%=1 TO BAND%
8440 I1%=J%+K%
8450 IF SD%<I1% GOTO 8480
8460 T=T+SR(K%,J%+1)*P(I1%,1)
8470 NEXT J%
8480 P(K%,1)=(P(K%,1)-T)/SR(K%,1)
8490 NEXT I%
8500 RETURN
8510 REM matris tekil veya negatif tarifli
8520 HATA$="TEKIL"
8530 RETURN
```

Ek -2. Örnek 1 İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAM VERİLERİ VE ÇIKTILARI

```

9000 DATA ANA VERILER
9010 DATA 18 ELEMANLI VE 28 NOKTALI BASIT MES.LEVHA HESABI
9020 DATA 18,28
9030 DATA 4,121
9040 DATA 1.4E6,0,.20,0
9050 DATA ELEMANLARIN TARIFI
9060 DATA 1,1,5,6,2,2,2,6,7,3,3,3,7,8,4,4,5,9,10,6,5,6,10,11,7,6,7,11,12,8
9070 DATA 7,9,13,14,10,8,10,14,15,11,9,11,15,16,12,10,13,17,18,14
9080 DATA 11,14,18,19,15,12,15,19,20,16,13,17,21,22,18,14,18,22,23,19
9090 DATA 15,19,23,24,20,16,21,25,26,22,17,22,26,27,23,18,23,27,28,24
9100 DATA KOORDINATLAR
9110 DATA 1,0,0,0,2,.5,0,0,3,1,0,0,4,1.5,0,0,5,0,.25,0,6,.5,.25,0,7,1,.25,0
9120 DATA 8,1.5,.25,0,9,0,.5,0,10,.5,.5,0,11,1,.5,0,12,1.5,.5,0,13,0,.75,0
9130 DATA 14,.5,.75,0,15,1,.75,0,16,1.5,.75,0,17,0,1,0,18,.5,1,0,19,1,1,0
9140 DATA 20,1.5,1,0,21,0,1.25,0,22,.5,1.25,0,23,1,1.25,0,24,1.5,1.25,0
9150 DATA 25,0,1.5,0,26,.5,1.5,0,27,1,1.5,0,28,1.5,1.5,0
9160 DATA KUVVETLER
9170 DATA 25,2,-.5,26,2,-1,27,2,-1,28,2,-.5
9180 DATA SINIR SARTLARI
9190 DATA 1,3,0,1,4,0,1,5,0,1,6,0,2,3,0,2,4,0,2,5,0,2,6,0,3,3,0,3,4,0,3,5,0
9200 DATA 3,6,0,4,1,0,4,3,0,4,4,0,4,5,0,4,6,0,5,3,0,5,4,0,5,5,0,5,6,0,6,3,0
9210 DATA 6,4,0,6,5,0,6,6,0,7,3,0,7,4,0,7,5,0,7,6,0,8,1,0,8,3,0,8,4,0,8,5,0
9220 DATA 8,6,0,9,3,0,9,4,0,9,5,0,9,6,0,10,3,0,10,4,0,10,5,0,10,6,0,11,3,0
9230 DATA 11,4,0,11,5,0,11,6,0,12,1,0,12,3,0,12,4,0,12,5,0,12,6,0,13,1,0,13,2,0
9240 DATA 13,3,0,13,4,0,13,5,0,13,6,0,14,3,0,14,4,0,14,5,0,14,6,0,15,3,0,15,4,0
9250 DATA 15,5,0,15,6,0,16,1,0,16,3,0,16,4,0,16,5,0,16,6,0,17,3,0,17,4,0,17,5,0
9260 DATA 17,6,0,18,3,0,18,4,0,18,5,0,18,6,0,19,3,0,19,4,0,19,5,0,19,6,0,20,1,0
9270 DATA 20,3,0,20,4,0,20,5,0,20,6,0,21,3,0,21,4,0,21,5,0,21,6,0,22,3,0,22,4,0
9280 DATA 22,5,0,22,6,0,23,3,0,23,4,0,23,5,0,23,6,0,24,1,0,24,3,0,24,4,0,24,5,0
9290 DATA 24,6,0,25,3,0,25,4,0,25,5,0,25,6,0,26,3,0,26,4,0,26,5,0,26,6,0,27,3,0
9300 DATA 27,4,0,27,5,0,27,6,0,28,1,0,28,3,0,28,4,0,28,5,0,28,6,0
9310 DATA SON

```

YUKSEK LISANS TEZ CALISMASI
VERSION:ESKISEHIR 1990-91 MELTEM AKDENIZ

KATLANMIS PLAKLARIN STATIK HESABI
SONLU ELEMENLAR METODU
(deplasman metodu)

PROBLEM:

ORNEK 1: 18 ELEMENLI VE 28 NOKTALI BASIT MES.LEVHA HESABI

eleman sayisi.....= 18
nokta sayisi.....= 28
kuvvet sayisi.....= 4
sinir sarti sayisi.....= 121
elestisite modulu.....= 1400000
poisson oranı.....=0.00
levha kalınlıgi.....=0.20
plak kalınlıgi.....=0.00
sistemın serbestlik derecesi...= 168

ELEMENLARIN TARIFI:

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	K-NOKTASI	M-NOKTASI
1	1	5	6	2
2	2	6	7	3
3	3	7	8	4
4	5	9	10	6
5	6	10	11	7
6	7	11	12	8
7	9	13	14	10
8	10	14	15	11
9	11	15	16	12
10	13	17	18	14
11	14	18	19	15
12	15	19	20	16
13	17	21	22	18
14	18	22	23	19
15	19	23	24	20
16	21	25	26	22
17	22	26	27	23
18	23	27	28	24

DENKLEM SAYISI.... = 47
 REAKSIYON SAYISI.. = 121
 YARI BAND GENISLIGI= 36

NOKTALARIN KOORDINATLARI:

nokta	X	Y	Z
-----	-----	-----	-----
1	0.000	0.000	0.000
2	0.500	0.000	0.000
3	1.000	0.000	0.000
4	1.500	0.000	0.000
5	0.000	0.250	0.000
6	0.500	0.250	0.000
7	1.000	0.250	0.000
8	1.500	0.250	0.000
9	0.000	0.500	0.000
10	0.500	0.500	0.000
11	1.000	0.500	0.000
12	1.500	0.500	0.000
13	0.000	0.750	0.000
14	0.500	0.750	0.000
15	1.000	0.750	0.000
16	1.500	0.750	0.000
17	0.000	1.000	0.000
18	0.500	1.000	0.000
19	1.000	1.000	0.000
20	1.500	1.000	0.000
21	0.000	1.250	0.000
22	0.500	1.250	0.000
23	1.000	1.250	0.000
24	1.500	1.250	0.000
25	0.000	1.500	0.000
26	0.500	1.500	0.000
27	1.000	1.500	0.000
28	1.500	1.500	0.000

VERILMIS KUVVETLER:

Nokta	Yon	Kuvvet
-----	-----	-----
25	2	-0.500
26	2	-1.000
27	2	-1.000
28	2	-0.500

VERILMIS SINIR SARTLARI:

nokta	yon	deplasman
-----	-----	-----
1	3	0
1	4	0
1	5	0
1	6	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
2	6	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
3	6	0
4	1	0
4	3	0
4	4	0
4	5	0
4	6	0
5	3	0
5	4	0
5	5	0
5	6	0
6	3	0
6	4	0
6	5	0
6	6	0
7	3	0
7	4	0
7	5	0
7	6	0
8	1	0
8	3	0
8	4	0
8	5	0
8	6	0
9	3	0
9	4	0
9	5	0
9	6	0
10	3	0
10	4	0
10	5	0
10	6	0
11	3	0
11	4	0
11	5	0
11	6	0
12	1	0
12	3	0
12	4	0
12	5	0
12	6	0

13	1	0
13	2	0
13	3	0
13	4	0
13	5	0
13	6	0
14	3	0
14	4	0
14	5	0
14	6	0
15	3	0
15	4	0
15	5	0
15	6	0
16	1	0
16	3	0
16	4	0
16	5	0
16	6	0
17	3	0
17	4	0
17	5	0
17	6	0
18	3	0
18	4	0
18	5	0
18	6	0
19	3	0
19	4	0
19	5	0
19	6	0
20	1	0
20	3	0
20	4	0
20	5	0
20	6	0
21	3	0
21	4	0
21	5	0
21	6	0
22	3	0
22	4	0
22	5	0
22	6	0
23	3	0
23	4	0
23	5	0
23	6	0
24	1	0
24	3	0
24	4	0
24	5	0
24	6	0
25	3	0
25	4	0
25	5	0
25	6	0

26	3	0
26	4	0
26	5	0
26	6	0
27	3	0
27	4	0
27	5	0
27	6	0
28	1	0
28	3	0
28	4	0
28	5	0
28	6	0

DEPLASMANLAR

Nokta	1-yonu	2-yonu	3-yonu	4-yonu	5-yonu	6-yonu
1	-1.966E-05	-8.333E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
2	-1.734E-05	-2.357E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
3	-1.022E-05	-3.652E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
4	+0.000E+00	-4.128E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
5	-1.288E-05	-7.889E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
6	-1.095E-05	-2.362E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
7	-6.113E-06	-3.667E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
8	+0.000E+00	-4.132E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
9	-7.255E-06	-5.688E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
10	-5.664E-06	-2.414E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
11	-2.802E-06	-3.713E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
12	+0.000E+00	-4.155E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
13	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
14	+1.498E-12	-2.611E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
15	+5.258E-13	-3.763E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
16	+0.000E+00	-4.231E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
17	+7.255E-06	-7.474E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	+5.664E-06	-2.593E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
19	+2.802E-06	-3.892E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
20	+0.000E+00	-4.334E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
21	+1.288E-05	-1.146E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	+1.095E-05	-2.719E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
23	+6.113E-06	-4.024E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
24	+0.000E+00	-4.489E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
25	+1.966E-05	-1.369E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
26	+1.734E-05	-2.893E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
27	+1.022E-05	-4.187E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
28	+0.000E+00	-4.664E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00

El.No	Dug.No	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
<hr/>							
1							
	1	-1.842E-07	+1.068E-08	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	5	-2.973E-01	+1.619E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	6	-2.654E-02	-5.172E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	2	+3.238E-01	-1.102E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							
2							
	2	-3.238E-01	+1.102E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	6	-5.132E-01	+6.454E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	7	+1.637E-01	-1.209E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	3	+6.733E-01	-5.379E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							
3							
	3	-6.733E-01	+5.379E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	7	-4.699E-01	-1.173E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	8	+3.858E-01	-4.207E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	4	+7.575E-01	+6.320E-07	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							
4							
	5	+2.973E-01	-1.619E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	9	-5.440E-01	+5.946E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	10	-3.213E-01	-1.239E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	6	+5.681E-01	-3.088E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							
5							
	6	-2.836E-02	+2.960E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	10	-5.104E-01	+1.409E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	11	-1.097E-01	-2.902E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	7	+6.485E-01	-1.987E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							
6							
	7	-3.422E-01	+1.525E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	11	-2.819E-01	-6.685E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	12	+1.105E-01	-1.278E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	8	+5.136E-01	+4.207E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							
7							
	9	+5.440E-01	-5.946E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	13	-6.554E-01	+1.250E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	14	-6.554E-01	-2.098E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	10	+7.668E-01	-4.456E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							
8							
	10	+6.490E-02	+5.555E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	14	-2.652E-01	-2.902E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	15	-2.652E-01	-4.000E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	11	+4.655E-01	+1.348E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							
9							
	11	-7.392E-02	+2.222E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	15	-1.222E-01	-9.996E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	16	-1.222E-01	-2.500E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	12	+3.184E-01	+1.278E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
<hr/>							

10							
13	+6.554E-01	+1.750E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
17	-5.440E-01	-1.095E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	-7.668E-01	-9.456E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
14	+6.554E-01	+2.902E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
11							
14	+2.652E-01	+2.098E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	-6.490E-02	+5.545E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
19	-4.655E-01	-3.652E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
15	+2.652E-01	+9.996E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
12							
15	+1.222E-01	+4.000E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
19	+7.392E-02	-2.778E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
20	-3.184E-01	-3.722E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
16	+1.222E-01	+2.500E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
13							
17	+5.440E-01	+1.095E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
21	-2.973E-01	-6.619E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	-5.681E-01	-8.088E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	+3.213E-01	+3.761E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
14							
18	+5.104E-01	+5.141E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	+2.836E-02	-2.040E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
23	-6.485E-01	-5.199E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
19	+1.097E-01	+2.098E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
15							
19	+2.819E-01	+4.332E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
23	+3.422E-01	-3.475E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
24	-5.136E-01	-4.579E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
20	-1.105E-01	+3.722E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
16							
21	+2.973E-01	+6.619E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
25	+1.476E-08	-5.000E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
26	-3.238E-01	-6.102E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	+2.654E-02	+4.483E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
17							
22	+5.132E-01	+5.645E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
26	+3.238E-01	-3.898E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
27	-6.733E-01	-5.538E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
23	-1.637E-01	+3.791E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18							
23	+4.699E-01	+4.883E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
27	+6.733E-01	-4.462E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
28	-7.575E-01	-5.000E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
24	-3.858E-01	+4.579E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00

DENGE KONTROLU

Nokta	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
1	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
2	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
3	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
4	+0.757	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
5	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
6	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
7	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
8	+0.899	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
9	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
10	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
11	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
12	+0.429	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
13	-0.000	+3.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
14	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
15	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
16	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
17	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
18	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
19	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
20	-0.429	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
21	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
22	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
23	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
24	-0.899	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
25	+0.000	-0.500	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
26	-0.000	-1.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
27	+0.000	-1.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
28	-0.757	-0.500	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000

Ek -3. ÖRNEK 2 İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAM VERİLERİ VE ÇIKTILARI

```

9000 DATA ANA VERILER
9010 DATA 18 ELEMANLI VE 28 NOKTALI KONSOL KIRIS HESABI
9020 DATA 18,28
9030 DATA 3,126
9040 DATA 1.4E6,0,.20,0
9050 DATA ELEMANLARIN TARIFI
9060 DATA 1,1,5,6,2,2,2,6,7,3,3,3,7,8,4,4,5,9,10,6,5,6,10,11,7,6,7,11,12,8
9070 DATA 7,9,13,14,10,8,10,14,15,11,9,11,15,16,12,10,13,17,18,14
9080 DATA 11,14,18,19,15,12,15,19,20,16,13,17,21,22,18,14,18,22,23,19
9090 DATA 15,19,23,24,20,16,21,25,26,22,17,22,26,27,23,18,23,27,28,24
9100 DATA KOORDINATLAR
9110 DATA 1,0,0,0,2,.5,0,0,3,1,0,0,4,1.5,0,0,5,0,.25,0,6,.5,.25,0,7,1,.25,0
9120 DATA 8,1.5,.25,0,9,0,.5,0,10,.5,.5,0,11,1,.5,0,12,1.5,.5,0,13,0,.75,0
9130 DATA 14,.5,.75,0,15,1,.75,0,16,1.5,.75,0,17,0,1,0,18,.5,1,0,19,1,1,0
9140 DATA 20,1.5,1,0,21,0,1.25,0,22,.5,1.25,0,23,1,1.25,0,24,1.5,1.25,0
9150 DATA 25,0,1.5,0,26,.5,1.5,0,27,1,1.5,0,28,1.5,1.5,0
9160 DATA KUVVETLER
9170 DATA 26,2,-1,27,2,-1,28,2,-.5
9180 DATA SINIR SARTLARI
9190 DATA 1,1,0,1,2,0,1,3,0,1,4,0,1,5,0,1,6,0,2,3,0,2,4,0,2,5,0,2,6,0,3,3,0
9200 DATA 3,4,0,3,5,0,3,6,0,4,3,0,4,4,0,4,5,0,4,6,0,5,1,0,5,2,0,5,3,0,5,4,0
9210 DATA 5,5,0,5,6,0,6,3,0,6,4,0,6,5,0,6,6,0,7,3,0,7,4,0,7,5,0,7,6,0,8,3,0
9220 DATA 8,4,0,8,5,0,8,6,0,9,1,0,9,2,0,9,3,0,9,4,0,9,5,0,9,6,0,10,3,0,10,4,0
9230 DATA 10,5,0,10,6,0,11,3,0,11,4,0,11,5,0,11,6,0,12,3,0,12,4,0,12,5,0,12,6,0
9240 DATA 13,1,0,13,2,0,13,3,0,13,4,0,13,5,0,13,6,0,14,3,0,14,4,0,14,5,0,14,6,0
9250 DATA 15,3,0,15,4,0,15,5,0,15,6,0,16,3,0,16,4,0,16,5,0,16,6,0,17,1,0,17,2,0
9260 DATA 17,3,0,17,4,0,17,5,0,17,6,0,18,3,0,18,4,0,18,5,0,18,6,0,19,3,0,19,4,0
9270 DATA 19,5,0,19,6,0,20,3,0,20,4,0,20,5,0,20,6,0,21,1,0,21,2,0,21,3,0,21,4,0
9280 DATA 21,5,0,21,6,0,22,3,0,22,4,0,22,5,0,22,6,0,23,3,0,23,4,0,23,5,0,23,6,0
9290 DATA 24,3,0,24,4,0,24,5,0,24,6,0,25,1,0,25,2,0,25,3,0,25,4,0,25,5,0,25,6,0
9300 DATA 26,3,0,26,4,0,26,5,0,26,6,0,27,3,0,27,4,0,27,5,0,27,6,0
9310 DATA 28,3,0,28,4,0,28,5,0,28,6,0
9320 DATA SON

```

YUKSEK LISANS TEZ CALISMASI
VERSION:ESKISEHIR 1990-91 MELTEM AKDENIZ

KATLANMIS PLAKLARIN STATIK HESABI
SONLU ELEMENLAR METODU
(deplasman metodu)

PROBLEM:

ORNEK 2: 18 ELEMENLI VE 28 NOKTALI KONSOL KIRIS HESABI

eleman sayisi.....= 18
nokta sayisi.....= 28
kuvvet sayisi.....= 3
sinir sarti sayisi.....= 126
elastisite modulu.....= 1400000
poisson oranı.....=0.00
levha kalınlığı.....=0.20
plak kalınlığı.....=0.00
sistemin serbestlik derecesi...= 168

ELEMENLARIN TARIFI:

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	K-NOKTASI	M-NOKTASI
1	1	5	6	2
2	2	6	7	3
3	3	7	8	4
4	5	9	10	6
5	6	10	11	7
6	7	11	12	8
7	9	13	14	10
8	10	14	15	11
9	11	15	16	12
10	13	17	18	14
11	14	18	19	15
12	15	19	20	16
13	17	21	22	18
14	18	22	23	19
15	19	23	24	20
16	21	25	26	22
17	22	26	27	23
18	23	27	28	24

DENKLEM SAYISI.... = 42
 REAKSIYON SAYISI.. = 126
 YARI BAND GENISLIGI= 36

NOKTALARIN KOORDINATLARI:

nokta	X	Y	Z
-----	-----	-----	-----
1	0.000	0.000	0.000
2	0.500	0.000	0.000
3	1.000	0.000	0.000
4	1.500	0.000	0.000
5	0.000	0.250	0.000
6	0.500	0.250	0.000
7	1.000	0.250	0.000
8	1.500	0.250	0.000
9	0.000	0.500	0.000
10	0.500	0.500	0.000
11	1.000	0.500	0.000
12	1.500	0.500	0.000
13	0.000	0.750	0.000
14	0.500	0.750	0.000
15	1.000	0.750	0.000
16	1.500	0.750	0.000
17	0.000	1.000	0.000
18	0.500	1.000	0.000
19	1.000	1.000	0.000
20	1.500	1.000	0.000
21	0.000	1.250	0.000
22	0.500	1.250	0.000
23	1.000	1.250	0.000
24	1.500	1.250	0.000
25	0.000	1.500	0.000
26	0.500	1.500	0.000
27	1.000	1.500	0.000
28	1.500	1.500	0.000

VERILMIS KUVVETLER:

Nokta	Yon	Kuvvet
-----	-----	-----
26	2	-1.000
27	2	-1.000
28	2	-0.500

VERILMIS SINIR SARTLARI:

87

nokta	yon	deplasman
-----	-----	-----
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
1	6	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
2	6	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
3	6	0
4	3	0
4	4	0
4	5	0
4	6	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	0
5	6	0
6	3	0
6	4	0
6	5	0
6	6	0
7	3	0
7	4	0
7	5	0
7	6	0
8	3	0
8	4	0
8	5	0
8	6	0
9	1	0
9	2	0
9	3	0
9	4	0
9	5	0
9	6	0
10	3	0
10	4	0
10	5	0
10	6	0
11	3	0
11	4	0
11	5	0
11	6	0
12	3	0
12	4	0
12	5	0
12	6	0

13	1	0
13	2	0
13	3	0
13	4	0
13	5	0
13	6	0
14	3	0
14	4	0
14	5	0
14	6	0
15	3	0
15	4	0
15	5	0
15	6	0
16	3	0
16	4	0
16	5	0
16	6	0
17	1	0
17	2	0
17	3	0
17	4	0
17	5	0
17	6	0
18	3	0
18	4	0
18	5	0
18	6	0
19	3	0
19	4	0
19	5	0
19	6	0
20	3	0
20	4	0
20	5	0
20	6	0
21	1	0
21	2	0
21	3	0
21	4	0
21	5	0
21	6	0
22	3	0
22	4	0
22	5	0
22	6	0
23	3	0
23	4	0
23	5	0
23	6	0
24	3	0
24	4	0
24	5	0
24	6	0

25	1	0
25	2	0
25	3	0
25	4	0
25	5	0
25	6	0
26	3	0
26	4	0
26	5	0
26	6	0
27	3	0
27	4	0
27	5	0
27	6	0
28	3	0
28	4	0
28	5	0
28	6	0

DEPLASMANLAR

Nokta	1-yonu	2-yonu	3-yonu	4-yonu	5-yonu	6-yonu
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
2	-8.015E-06	-7.351E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
3	-1.057E-05	-1.709E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
4	-1.095E-05	-2.560E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
5	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
6	-4.241E-06	-7.499E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
7	-6.444E-06	-1.718E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
8	-6.977E-06	-2.563E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
9	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
10	-2.007E-06	-7.878E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
11	-3.087E-06	-1.754E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
12	-3.392E-06	-2.586E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
13	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
14	-2.263E-07	-8.423E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
15	-1.386E-07	-1.826E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
16	-7.657E-08	-2.657E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
17	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	+1.645E-06	-9.170E-06	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
19	+2.918E-06	-1.937E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
20	+3.319E-06	-2.782E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
21	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	+4.239E-06	-1.026E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
23	+6.583E-06	-2.088E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
24	+7.040E-06	-2.945E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
25	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
26	+9.196E-06	-1.203E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
27	+1.091E-05	-2.257E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
28	+1.112E-05	-3.124E-05	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00

El.No	Dug.No	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
1							
	1	+8.166E-01	+1.407E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	5	+4.126E-02	+1.149E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	6	-5.525E-01	-1.562E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	2	-3.054E-01	-9.942E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
2							
	2	+3.054E-01	+9.942E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	6	+2.790E-02	+2.690E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	7	-2.805E-01	-9.338E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	3	-5.278E-02	-3.293E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
3							
	3	+5.279E-02	+3.294E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	7	+1.094E-02	-6.543E-03	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	8	-6.373E-02	-2.639E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	4	-5.367E-08	-2.740E-07	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
4							
	5	+6.787E-01	+2.241E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	9	-2.413E-01	+1.577E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	10	-5.224E-01	-2.640E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	6	+8.497E-02	-1.179E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
5							
	6	+4.396E-01	+2.472E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	10	-2.098E-01	+3.824E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	11	-3.610E-01	-2.450E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	7	+1.312E-01	-4.040E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
6							
	7	+1.384E-01	+1.403E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	11	-7.973E-02	-3.926E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	12	-1.224E-01	-1.274E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	8	+6.372E-02	+2.639E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
7							
	9	+5.864E-01	+2.706E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	13	-4.300E-01	+1.753E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	14	-4.617E-01	-3.278E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	10	+3.054E-01	-1.181E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
8							
	10	+4.268E-01	+3.438E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	14	-3.574E-01	+7.443E-03	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	15	-3.451E-01	-3.626E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	11	+2.757E-01	+1.132E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
9							
	11	+1.650E-01	+2.730E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	15	-1.481E-01	-1.292E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	16	-1.394E-01	-2.712E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
	12	+1.224E-01	+1.275E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00

Çizim: 11/11/2011
 Sayfa: 1/1

10							
13	+5.006E-01	+3.077E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
17	-5.999E-01	+1.770E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	-3.696E-01	-3.861E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
14	+4.689E-01	-9.865E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
11							
14	+3.502E-01	+4.190E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	-4.454E-01	-6.269E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
19	-2.672E-01	-4.572E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
15	+3.625E-01	+1.008E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
12							
15	+1.307E-01	+3.910E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
19	-1.631E-01	-2.559E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
20	-1.070E-01	-4.062E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
16	+1.394E-01	+2.712E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
13							
17	+3.834E-01	+3.450E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
21	-7.953E-01	+1.536E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	-2.019E-01	-4.598E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	+6.137E-01	-3.881E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
14							
18	+2.013E-01	+4.876E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	-4.544E-01	-1.972E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
23	-1.263E-01	-5.311E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
19	+3.795E-01	+2.408E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
15							
19	+5.086E-02	+4.723E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
23	-1.109E-01	-3.934E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
24	-4.690E-02	-4.851E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
20	+1.070E-01	+4.062E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
16							
21	+1.366E-01	+3.713E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
25	-1.077E+00	+6.198E-02	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
26	+2.104E-01	-5.569E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	+7.300E-01	+1.236E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
17							
22	-7.374E-02	+5.334E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
26	-2.104E-01	-4.431E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
27	+2.975E-02	-5.253E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
23	+2.544E-01	+4.350E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18							
23	-1.715E-02	+4.896E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
27	-2.975E-02	-4.747E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
28	+4.400E-07	-5.000E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
24	+4.690E-02	+4.851E-01	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00

DENGE KONTROLU

Nokta	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
1	+0.817	+0.141	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
2	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
3	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
4	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
5	+0.720	+0.339	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
6	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
7	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
8	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
9	+0.345	+0.428	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
10	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
11	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
12	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
13	+0.071	+0.483	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
14	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
15	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
16	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
17	-0.216	+0.522	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
18	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
19	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
20	+0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
21	-0.659	+0.525	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
22	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
23	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
24	-0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
25	-1.077	+0.062	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
26	-0.000	-1.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
27	+0.000	-1.000	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000
28	+0.000	-0.500	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000

Ek -4. ÖRNEK 3 İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAM VERİLERİ VE ÇIKTILARI

```

9000 DATA ANA VERILER
9010 DATA 16 ELEMANLI VE 25 NOKTALI PLAK HESABI
9020 DATA 16,25
9030 DATA 16,102
9040 DATA 30E6,.3,0,.01
9050 DATA ELEMANLARIN TARIFI
9060 DATA 1,1,6,7,2,2,2,7,8,3,3,3,8,9,4,4,4,9,10,5,5,6,11,12,7
9070 DATA 6,7,12,13,8,7,8,13,14,9,8,9,14,15,10,9,11,16,17,12
9080 DATA 10,12,17,18,13,11,13,18,19,14,12,14,19,20,15
9090 DATA 13,16,21,22,17,14,17,22,23,18,15,18,23,24,19,16,19,24,25,20
9100 DATA KOORDINATLAR
9110 DATA 1,0,0,0,2,.2,0,0,3,.4,0,0,4,.6,0,0,5,.8,0,0,6,0,.2,0,7,.2,.2,0
9120 DATA 8,.4,.2,0,9,.6,.2,0,10,.8,.2,0,11,0,.4,0,12,.2,.4,0,13,.4,.4,0
9130 DATA 14,.6,.4,0,15,.8,.4,0,16,0,.6,0,17,.2,.6,0,18,.4,.6,0,19,.6,.6,0
9140 DATA 20,.8,.6,0,21,0,.8,0,22,.2,.8,0,23,.4,.8,0,24,.6,.8,0,25,.8,.8,0
9150 DATA KUVVETLER
9160 DATA 7,3,-.04,8,3,-.04,9,3,-.04,10,3,-.02,12,3,-.04
9170 DATA 13,3,-.04,14,3,-.04,15,3,-.02,17,3,-.04,18,3,-.04
9180 DATA 19,3,-.04,20,3,-.02,22,3,-.02,23,3,-.02,24,3,-.02,25,3,-.01
9190 DATA SINIR SARTLARI
9200 DATA 1,1,0,1,2,0,1,3,0,1,4,0,1,5,0,1,6,0,2,1,0,2,2,0,2,3,0,2,4,0,2,5,0
9210 DATA 2,6,0,3,1,0,3,2,0,3,3,0,3,4,0,3,5,0,3,6,0,4,1,0,4,2,0,4,3,0,4,4,0
9220 DATA 4,5,0,4,6,0,5,1,0,5,2,0,5,3,0,5,4,0,5,5,0,5,6,0,6,1,0,6,2,0,6,3,0
9230 DATA 6,4,0,6,6,0,7,1,0,7,2,0,7,6,0,8,1,0,8,2,0,8,6,0,9,1,0,9,2,0,9,6,0
9240 DATA 10,1,0,10,2,0,10,5,0,10,6,0,11,1,0,11,2,0,11,3,0,11,4,0,11,6,0,12,1,0
9250 DATA 12,2,0,12,6,0,13,1,0,13,2,0,13,6,0,14,1,0,14,2,0,14,6,0,15,1,0,15,2,0
9260 DATA 15,5,0,15,6,0,16,1,0,16,2,0,16,3,0,16,4,0,16,6,0,17,1,0,17,2,0,17,6,0
9270 DATA 18,1,0,18,2,0,18,6,0,19,1,0,19,2,0,19,6,0,20,1,0,20,2,0,20,5,0,20,6,0
9280 DATA 21,1,0,21,2,0,21,3,0,21,4,0,21,6,0,22,1,0,22,2,0,22,6,0,23,1,0,23,2,0
9290 DATA 23,6,0,24,1,0,24,2,0,24,6,0,25,1,0,25,2,0,25,5,0,25,6,0
9300 DATA SON

```

YUKSEK LISANS TEZ CALISMASI
VERSION:ESKISEHIR 1990-91 MELTEM AKDENIZ

KATLANMIS PLAKLARIN STATIK HESABI
SONLU ELEMENLAR METODU
(deplasman metodu)

PROBLEM:

ORNEK 3: 16 ELEMENLI VE 25 NOKTALI PLAK HESABI

eleman sayisi.....= 16
nokta sayisi.....= 25
kuvvet sayisi.....= 16
sinir sarti sayisi.....= 102
elastisite modulu.....= 30000000
poisson oranı.....=0.30
levha kalınlığı.....=0.00
plak kalınlığı.....=0.01
sistemin serbestlik derecesi...= 150

ELEMENLARIN TARIFI:

ELEMEN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	K-NOKTASI	M-NOKTASI
1	1	6	7	2
2	2	7	8	3
3	3	8	9	4
4	4	9	10	5
5	6	11	12	7
6	7	12	13	8
7	8	13	14	9
8	9	14	15	10
9	11	16	17	12
10	12	17	18	13
11	13	18	19	14
12	14	19	20	15
13	16	21	22	17
14	17	22	23	18
15	18	23	24	19
16	19	24	25	20

DENKLEM SAYISI.... = 48
 REAKSIYON SAYISI.. = 102
 YARI BAND GENISLIGI= 42

NOKTALARIN KOORDINATLARI:

nokta	X	Y	Z
-----	-----	-----	-----
1	0.000	0.000	0.000
2	0.200	0.000	0.000
3	0.400	0.000	0.000
4	0.600	0.000	0.000
5	0.800	0.000	0.000
6	0.000	0.200	0.000
7	0.200	0.200	0.000
8	0.400	0.200	0.000
9	0.600	0.200	0.000
10	0.800	0.200	0.000
11	0.000	0.400	0.000
12	0.200	0.400	0.000
13	0.400	0.400	0.000
14	0.600	0.400	0.000
15	0.800	0.400	0.000
16	0.000	0.600	0.000
17	0.200	0.600	0.000
18	0.400	0.600	0.000
19	0.600	0.600	0.000
20	0.800	0.600	0.000
21	0.000	0.800	0.000
22	0.200	0.800	0.000
23	0.400	0.800	0.000
24	0.600	0.800	0.000
25	0.800	0.800	0.000

VERILMIS KUVVETLER:

Nokta	Yon	Kuvvet
-----	-----	-----
7	3	-0.040
8	3	-0.040
9	3	-0.040
10	3	-0.020
12	3	-0.040
13	3	-0.040
14	3	-0.040
15	3	-0.020
17	3	-0.040
18	3	-0.040
19	3	-0.040
20	3	-0.020
22	3	-0.020
23	3	-0.020
24	3	-0.020
25	3	-0.010

VERILMIS SINIR SARTLARI:

nokta	yon	deplasman
-----	-----	-----
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
1	6	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
2	6	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
3	6	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	0
4	6	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	0
5	6	0
6	1	0
6	2	0
6	3	0
6	4	0
6	6	0
7	1	0
7	2	0
7	6	0
8	1	0
8	2	0
8	6	0
9	1	0
9	2	0
9	6	0
10	1	0
10	2	0
10	5	0
10	6	0

11	1	0
11	2	0
11	3	0
11	4	0
11	6	0
12	1	0
12	2	0
12	6	0
13	1	0
13	2	0
13	6	0
14	1	0
14	2	0
14	6	0
15	1	0
15	2	0
15	5	0
15	6	0
16	1	0
16	2	0
16	3	0
16	4	0
16	6	0
17	1	0
17	2	0
17	6	0
18	1	0
18	2	0
18	6	0
19	1	0
19	2	0
19	6	0
20	1	0
20	2	0
20	5	0
20	6	0
21	1	0
21	2	0
21	3	0
21	4	0
21	6	0
22	1	0
22	2	0
22	6	0
23	1	0
23	2	0
23	6	0
24	1	0
24	2	0
24	6	0
25	1	0
25	2	0
25	5	0
25	6	0

DEPLASMANLAR

Nokta	1-yonu	2-yonu	3-yonu	4-yonu	5-yonu	6-yonu
1	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
2	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
3	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
4	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
5	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
6	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+2.600E-03	+0.000E+00
7	+0.000E+00	+0.000E+00	-4.939E-04	-4.142E-03	+2.220E-03	+0.000E+00
8	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.606E-04	-7.341E-03	+1.454E-03	+0.000E+00
9	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.076E-03	-9.270E-03	+7.083E-04	+0.000E+00
10	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.146E-03	-9.908E-03	+0.000E+00	+0.000E+00
11	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+7.555E-03	+0.000E+00
12	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.451E-03	-5.146E-03	+6.650E-03	+0.000E+00
13	+0.000E+00	+0.000E+00	-2.585E-03	-9.357E-03	+4.608E-03	+0.000E+00
14	+0.000E+00	+0.000E+00	-3.277E-03	-1.204E-02	+2.312E-03	+0.000E+00
15	+0.000E+00	+0.000E+00	-3.508E-03	-1.295E-02	+0.000E+00	+0.000E+00
16	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+1.291E-02	+0.000E+00
17	+0.000E+00	+0.000E+00	-2.488E-03	-5.190E-03	+1.153E-02	+0.000E+00
18	+0.000E+00	+0.000E+00	-4.480E-03	-9.511E-03	+8.216E-03	+0.000E+00
19	+0.000E+00	+0.000E+00	-5.727E-03	-1.232E-02	+4.201E-03	+0.000E+00
20	+0.000E+00	+0.000E+00	-6.148E-03	-1.329E-02	+0.000E+00	+0.000E+00
21	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+1.838E-02	+0.000E+00
22	+0.000E+00	+0.000E+00	-3.556E-03	-5.682E-03	+1.651E-02	+0.000E+00
23	+0.000E+00	+0.000E+00	-6.428E-03	-1.026E-02	+1.190E-02	+0.000E+00
24	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.243E-03	-1.316E-02	+6.135E-03	+0.000E+00
25	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.859E-03	-1.415E-02	+0.000E+00	+0.000E+00

ELEMEN IC KUVVETLERI

El.No	Dug.No	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
<hr/>							
1							
	1	+0.000E+00	+0.000E+00	-4.631E-02	+1.510E-03	-8.837E-05	+0.000E+00
	6	+0.000E+00	+0.000E+00	+3.415E-02	+4.790E-04	+1.196E-04	+0.000E+00
	7	+0.000E+00	+0.000E+00	-6.852E-02	-2.575E-03	+5.601E-04	+0.000E+00
	2	+0.000E+00	+0.000E+00	+8.069E-02	+7.462E-03	+1.843E-03	+0.000E+00
<hr/>							
2							
	2	+0.000E+00	+0.000E+00	-2.960E-03	+9.964E-03	-1.922E-03	+0.000E+00
	7	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.051E-02	-1.976E-03	-4.114E-04	+0.000E+00
	8	+0.000E+00	+0.000E+00	-7.758E-02	-4.672E-03	+1.578E-03	+0.000E+00
	3	+0.000E+00	+0.000E+00	+9.106E-02	+1.430E-02	+3.450E-03	+0.000E+00
<hr/>							
3							
	3	+0.000E+00	+0.000E+00	+3.106E-02	+1.582E-02	-3.430E-03	+0.000E+00
	8	+0.000E+00	+0.000E+00	-3.949E-02	-4.561E-03	-1.547E-03	+0.000E+00
	9	+0.000E+00	+0.000E+00	-7.700E-02	-6.300E-03	+2.319E-03	+0.000E+00
	4	+0.000E+00	+0.000E+00	+8.542E-02	+1.833E-02	+4.344E-03	+0.000E+00
<hr/>							

4							
	4	+0.000E+00	+0.000E+00	+5.526E-02	+1.903E-02	-4.331E-03	+0.000E+00
	9	+0.000E+00	+0.000E+00	-5.806E-02	-6.321E-03	-2.319E-03	+0.000E+00
	10	+0.000E+00	+0.000E+00	-7.013E-02	-6.911E-03	+2.580E-03	+0.000E+00
	5	+0.000E+00	+0.000E+00	+7.294E-02	+1.984E-02	+4.631E-03	+0.000E+00
5							
	6	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.352E-02	+3.672E-04	-1.196E-04	+0.000E+00
	11	+0.000E+00	+0.000E+00	+9.696E-02	+4.451E-04	+1.263E-04	+0.000E+00
	12	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.109E-01	+9.672E-05	-1.920E-03	+0.000E+00
	7	+0.000E+00	+0.000E+00	+9.743E-02	+1.874E-03	-7.756E-04	+0.000E+00
6							
	7	+0.000E+00	+0.000E+00	-5.840E-02	+2.678E-03	+6.268E-04	+0.000E+00
	12	+0.000E+00	+0.000E+00	+5.708E-02	+7.702E-04	+2.118E-03	+0.000E+00
	13	+0.000E+00	+0.000E+00	-9.642E-02	+1.722E-04	-2.238E-03	+0.000E+00
	8	+0.000E+00	+0.000E+00	+9.774E-02	+4.248E-03	-2.423E-04	+0.000E+00
7							
	8	+0.000E+00	+0.000E+00	-2.066E-02	+4.986E-03	+2.119E-04	+0.000E+00
	13	+0.000E+00	+0.000E+00	+1.727E-02	+4.955E-04	+2.333E-03	+0.000E+00
	14	+0.000E+00	+0.000E+00	-7.500E-02	-4.461E-05	-2.090E-03	+0.000E+00
	9	+0.000E+00	+0.000E+00	+7.839E-02	+6.108E-03	+2.225E-04	+0.000E+00
8							
	9	+0.000E+00	+0.000E+00	+1.667E-02	+6.512E-03	-2.223E-04	+0.000E+00
	14	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.811E-02	+7.401E-05	+2.118E-03	+0.000E+00
	15	+0.000E+00	+0.000E+00	-4.869E-02	-1.367E-04	-1.998E-03	+0.000E+00
	10	+0.000E+00	+0.000E+00	+5.013E-02	+6.911E-03	+3.896E-04	+0.000E+00
9							
	11	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.443E-02	-1.983E-04	-1.263E-04	+0.000E+00
	16	+0.000E+00	+0.000E+00	+1.155E-01	+4.205E-04	+1.492E-04	+0.000E+00
	17	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.189E-01	+8.048E-04	-3.516E-03	+0.000E+00
	12	+0.000E+00	+0.000E+00	+8.786E-02	-3.411E-04	-2.712E-03	+0.000E+00
10							
	12	+0.000E+00	+0.000E+00	-7.406E-02	-5.258E-04	+2.514E-03	+0.000E+00
	17	+0.000E+00	+0.000E+00	+8.400E-02	+1.425E-03	+3.762E-03	+0.000E+00
	18	+0.000E+00	+0.000E+00	-9.433E-02	+1.542E-03	-4.953E-03	+0.000E+00
	13	+0.000E+00	+0.000E+00	+8.439E-02	-3.757E-04	-3.311E-03	+0.000E+00
11							
	13	+0.000E+00	+0.000E+00	-4.525E-02	-2.919E-04	+3.216E-03	+0.000E+00
	18	+0.000E+00	+0.000E+00	+4.701E-02	+1.829E-03	+5.096E-03	+0.000E+00
	19	+0.000E+00	+0.000E+00	-6.346E-02	+1.820E-03	-5.375E-03	+0.000E+00
	14	+0.000E+00	+0.000E+00	+6.170E-02	-6.638E-05	-3.291E-03	+0.000E+00
12							
	14	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.593E-03	+3.703E-05	+3.262E-03	+0.000E+00
	19	+0.000E+00	+0.000E+00	+8.570E-03	+1.932E-03	+5.433E-03	+0.000E+00
	20	+0.000E+00	+0.000E+00	-2.867E-02	+1.914E-03	-5.459E-03	+0.000E+00
	15	+0.000E+00	+0.000E+00	+2.869E-02	+1.367E-04	-3.231E-03	+0.000E+00

13

16	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.386E-02	-5.496E-04	-1.492E-04	+0.000E+00
21	+0.000E+00	+0.000E+00	+1.281E-01	+1.959E-04	+4.788E-09	+0.000E+00
22	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.220E-01	-1.359E-04	-4.737E-03	+0.000E+00
17	+0.000E+00	+0.000E+00	+7.779E-02	-7.256E-04	-3.963E-03	+0.000E+00

14

17	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.291E-02	-1.504E-03	+3.716E-03	+0.000E+00
22	+0.000E+00	+0.000E+00	+1.020E-01	+1.359E-04	+4.737E-03	+0.000E+00
23	+0.000E+00	+0.000E+00	-8.726E-02	-5.076E-05	-6.852E-03	+0.000E+00
18	+0.000E+00	+0.000E+00	+6.813E-02	-1.536E-03	-5.425E-03	+0.000E+00

15

18	+0.000E+00	+0.000E+00	-6.082E-02	-1.836E-03	+5.282E-03	+0.000E+00
23	+0.000E+00	+0.000E+00	+6.726E-02	+5.086E-05	+6.852E-03	+0.000E+00
24	+0.000E+00	+0.000E+00	-4.909E-02	-1.553E-05	-7.595E-03	+0.000E+00
19	+0.000E+00	+0.000E+00	+4.265E-02	-1.834E-03	-5.827E-03	+0.000E+00

16

19	+0.000E+00	+0.000E+00	-2.775E-02	-1.919E-03	+5.769E-03	+0.000E+00
24	+0.000E+00	+0.000E+00	+2.909E-02	+1.550E-05	+7.595E-03	+0.000E+00
25	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.000E-02	+1.608E-08	-7.757E-03	+0.000E+00
20	+0.000E+00	+0.000E+00	+8.669E-03	-1.914E-03	-5.874E-03	+0.000E+00

DENGE KONTROLU

Nokta	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
1	+0.000	+0.000	-0.046	+0.002	-0.000	+0.000
2	+0.000	+0.000	+0.078	+0.017	-0.000	+0.000
3	+0.000	+0.000	+0.122	+0.030	+0.000	+0.000
4	+0.000	+0.000	+0.141	+0.037	+0.000	+0.000
5	+0.000	+0.000	+0.073	+0.020	+0.005	+0.000
6	+0.000	+0.000	-0.049	+0.001	+0.000	+0.000
7	+0.000	+0.000	-0.040	+0.000	-0.000	+0.000
8	+0.000	+0.000	-0.040	+0.000	+0.000	+0.000
9	+0.000	+0.000	-0.040	+0.000	-0.000	+0.000
10	+0.000	+0.000	-0.020	-0.000	+0.003	+0.000
11	+0.000	+0.000	+0.013	+0.000	+0.000	+0.000
12	+0.000	+0.000	-0.040	-0.000	-0.000	+0.000
13	+0.000	+0.000	-0.040	+0.000	-0.000	+0.000
14	+0.000	+0.000	-0.040	+0.000	+0.000	+0.000
15	+0.000	+0.000	-0.020	+0.000	-0.005	+0.000
16	+0.000	+0.000	+0.032	-0.000	+0.000	+0.000
17	+0.000	+0.000	-0.040	-0.000	+0.000	+0.000
18	+0.000	+0.000	-0.040	-0.000	-0.000	+0.000
19	+0.000	+0.000	-0.040	-0.000	+0.000	+0.000
20	+0.000	+0.000	-0.020	-0.000	-0.011	+0.000
21	+0.000	+0.000	+0.128	+0.000	+0.000	+0.000
22	+0.000	+0.000	-0.020	-0.000	-0.000	+0.000
23	+0.000	+0.000	-0.020	+0.000	-0.000	+0.000
24	+0.000	+0.000	-0.020	-0.000	+0.000	+0.000
25	+0.000	+0.000	-0.010	+0.000	-0.008	+0.000

EK -5. ÖRNEK 4 İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAM VERİLERİ VE ÇIKTILARI

9000 DATA ANA VERILER
9010 DATA 4 ELEMANLI VE 10 NOKTALI MAFSALLI SIMETRİK CERCEVE
9020 DATA 4,10
9030 DATA 2,26
9040 DATA 1.4E6,0,.20,.20
9050 DATA ELEMANLARIN TARIFI
9060 DATA 1,1,3,4,2,2,3,5,6,4,3,5,7,8,6,4,7,9,10,8
9070 DATA KOORDINATLAR
9080 DATA 1,0,0,0,2,1,0,0,3,0,0,3,4,1,0,3,5,0,1.5,4.5
9090 DATA 6,1,1.5,4.5,7,0,3,3,8,1,3,3,9,0,3,0,10,1,3,0
9100 DATA KUVVETLER
9110 DATA 5,3,-1,6,3,-1
9120 DATA SINIR SARTLARI
9130 DATA 1,1,0,1,2,0,1,3,0,1,5,0,1,6,0,2,1,0,2,2,0,2,3,0,2,5,0,2,6,0
9140 DATA 3,6,0,4,6,0,5,6,0,6,6,0,7,6,0,8,6,0,9,1,0,9,2,0,9,3,0,9,5,0
9150 DATA 9,6,0,10,1,0,10,2,0,10,3,0,10,5,0,10,6,0
9160 DATA SON

YUKSEK LISANS TEZ CALISMASI
VERSION:ESKISEHIR 1990-91 MELTEM AKDENIZ

KATLANMIS PLAKLARIN STATIK HESABI
SONLU ELEMANLAR METODU
(deplasman metodu)

PROBLEM:

ORNEK 4: 4 ELEMANLI VE 10 NOKTALI MAFSALLI SIMETRİK CERCEVE

eleman sayisi.....= 4
nokta sayisi.....= 10
kuvvet sayisi.....= 2
sinir sarti sayisi.....= 26
elastisite modulu.....= 1400000
poisson oranı.....=0.00
levha kalınlığı.....=0.20
plak kalınlığı.....=0.20
sistemin serbestlik derecesi...= 60

ELEMANLARIN TARIFI:

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	K-NOKTASI	M-NOKTASI
1	1	3	4	2
2	3	5	6	4
3	5	7	8	6
4	7	9	10	8

DENKLEM SAYISI.... = 34
REAKSIYON SAYISI.. = 26
YARI BAND GENISLIGI= 24

NOKTALARIN KOORDINATLARI:

nokta	X	Y	Z
1	0.000	0.000	0.000
2	1.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	3.000
4	1.000	0.000	3.000
5	0.000	1.500	4.500
6	1.000	1.500	4.500
7	0.000	3.000	3.000
8	1.000	3.000	3.000
9	0.000	3.000	0.000
10	1.000	3.000	0.000

VERILMIS KUVVETLER:

103

Nokta	Yon	Kuvvet
5	3	-1.000
6	3	-1.000

VERILMIS SINIR SARTLARI:

nokta	yon	deplasman
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	5	0
1	6	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	5	0
2	6	0
3	6	0
4	6	0
5	6	0
6	6	0
7	6	0
8	6	0
9	1	0
9	2	0
9	3	0
9	5	0
9	6	0
10	1	0
10	2	0
10	3	0
10	5	0
10	6	0

DEPLASMANLAR

Nokta	1-yonu	2-yonu	3-yonu	4-yonu	5-yonu	6-yonu
1	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+4.588E-04	+0.000E+00	+0.000E+00
2	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+4.588E-04	+0.000E+00	+0.000E+00
3	-8.279E-11	-5.947E-04	-1.071E-05	-3.228E-04	-1.740E-10	+0.000E+00
4	-8.461E-11	-5.947E-04	-1.071E-05	-3.228E-04	-2.733E-10	+0.000E+00
5	+4.195E-10	+6.263E-08	-6.143E-04	+4.298E-09	+3.411E-10	+0.000E+00
6	+4.253E-10	+6.261E-08	-6.143E-04	+4.294E-09	+4.815E-10	+0.000E+00
7	+5.969E-12	+5.948E-04	-1.071E-05	+3.228E-04	-1.145E-10	+0.000E+00
8	+4.667E-12	+5.948E-04	-1.071E-05	+3.228E-04	-1.586E-10	+0.000E+00
9	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	-4.588E-04	+0.000E+00	+0.000E+00
10	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	-4.588E-04	+0.000E+00	+0.000E+00

ELEMEN IC KUVVETLERI

El.No	Dug.No	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
1							
	1	+1.591E-06	+5.000E-01	-8.106E-02	-1.723E-08	+6.279E-07	+0.000E+00
	3	-7.860E-07	-5.000E-01	+8.105E-02	-2.432E-01	+1.409E-06	+0.000E+00
	4	-1.829E-06	-5.000E-01	+8.106E-02	-2.432E-01	+1.409E-06	+0.000E+00
	2	+1.084E-06	+5.000E-01	-8.106E-02	-1.012E-08	+6.279E-07	+0.000E+00
2							
	3	+3.260E-08	+4.109E-01	+2.962E-01	+2.432E-01	+5.114E-08	+0.000E+00
	5	-9.863E-07	-4.109E-01	-2.962E-01	+3.852E-01	-1.079E-07	+0.000E+00
	6	-3.260E-08	-4.109E-01	-2.962E-01	+3.852E-01	+3.133E-08	+0.000E+00
	4	+9.863E-07	+4.109E-01	+2.962E-01	+2.432E-01	+6.092E-09	+0.000E+00
3							
	5	-3.856E-06	+4.109E-01	-2.962E-01	-3.852E-01	-1.192E-07	+0.000E+00
	7	+3.856E-06	-4.109E-01	+2.962E-01	-2.432E-01	+1.060E-07	+0.000E+00
	8	+2.902E-06	-4.109E-01	+2.962E-01	-2.432E-01	+1.020E-07	+0.000E+00
	6	-2.902E-06	+4.109E-01	-2.962E-01	-3.852E-01	+2.251E-08	+0.000E+00
4							
	7	+2.031E-07	+5.000E-01	+8.106E-02	+2.432E-01	+1.106E-06	+0.000E+00
	9	+3.334E-07	-5.000E-01	-8.106E-02	-3.346E-09	+4.843E-07	+0.000E+00
	10	-2.424E-08	-5.000E-01	-8.106E-02	-6.057E-08	+4.843E-07	+0.000E+00
	8	-5.420E-07	+5.000E-01	+8.106E-02	+2.432E-01	+1.106E-06	+0.000E+00

DENGE KONTROLU

Nokta	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
1	+0.000	+0.081	+0.500	-0.000	+0.000	+0.000
2	+0.000	+0.081	+0.500	-0.000	+0.000	+0.000
3	+0.000	+0.000	-0.000	-0.000	+0.000	+0.000
4	-0.000	+0.000	-0.000	-0.000	-0.000	+0.000
5	-0.000	-0.000	-1.000	-0.000	+0.000	-0.000
6	-0.000	+0.000	-1.000	-0.000	+0.000	-0.000
7	+0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
8	+0.000	-0.000	+0.000	-0.000	-0.000	-0.000
9	+0.000	-0.081	+0.500	-0.000	+0.000	-0.000
10	-0.000	-0.081	+0.500	-0.000	+0.000	-0.000

EK -6. ÖRNEK 5 İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAM VERİLERİ VE ÇIKTILARI

9000 DATA ANA VERILER
 9010 DATA 15 ELEMANLI VE 24 NOKTALI KATLANMIS PLAK HESABI
 9020 DATA 15,24
 9030 DATA 12,82
 9040 DATA 10.6E6, .33, .09, .09
 9050 DATA ELEMANLARIN TARIFI
 9060 DATA 1,1,5,6,2,2,2,6,7,3,3,3,7,8,4,4,5,9,10,6,5,6,10,11,7
 9070 DATA 6,7,11,12,8,7,9,13,14,10,8,10,14,15,11,9,11,15,16,12
 9080 DATA 10,13,17,18,14,11,14,18,19,15,12,15,19,20,16
 9090 DATA 13,17,21,22,18,14,18,22,23,19,15,19,23,24,20
 9100 DATA KOORDINATLAR
 9110 DATA 1,0,0,4.243,2,15,0,4.243,3,30,0,4.243,4,45,0,4.243,5,0,3,4.243
 9120 DATA 6,15,3,4.243,7,30,3,4.243,8,45,3,4.243,9,0,5.121,2.121
 9130 DATA 10,15,5.121,2.121,11,30,5.121,2.121,12,45,5.121,2.121,13,0,7.243,0
 9140 DATA 14,15,7.243,0,15,30,7.243,0,16,45,7.243,0,17,0,10.243,0
 9150 DATA 18,15,10.243,0,19,30,10.243,0,20,45,10.243,0,21,0,12.363,2.121
 9160 DATA 22,15,12.364,2.121,23,30,12.364,2.121,24,45,12.364,2.121
 9170 DATA KUVVETLER
 9180 DATA 2,3,-6.30,3,3,-6.30,6,3,-10.755
 9190 DATA 7,3,-10.755,10,3,-8.91,11,3,-8.91,14,3,-10.755,15,3,-10.755
 9200 DATA 18,3,-10.755,19,3,-10.755,22,3,-4.455,23,3,-4.455
 9210 DATA SINIR SARTLARI
 9220 DATA 1,1,0,1,2,0,1,3,0,1,4,0,1,5,0,1,6,0,2,1,0,2,4,0,2,6,0,3,1,0,3,4,0
 9230 DATA 3,6,0,4,1,0,4,2,0,4,3,0,4,4,0,4,6,0,5,1,0,5,2,0,5,3,0,5,4,0
 9240 DATA 5,5,0,5,6,0,6,6,0,7,6,0,8,1,0,8,2,0,8,3,0,8,4,0,8,6,0,9,1,0,9,2,0
 9250 DATA 9,3,0,9,4,0,9,5,0,9,6,0,10,6,0,11,6,0,12,1,0,12,2,0,12,3,0,12,4,0
 9260 DATA 12,6,0,13,1,0,13,2,0,13,3,0,13,4,0,13,5,0,13,6,0,14,6,0,15,6,0,16,1,0
 9270 DATA 16,2,0,16,3,0,16,4,0,16,6,0,17,1,0,17,2,0,17,3,0,17,4,0,17,5,0,17,6,0
 9280 DATA 18,6,0,19,6,0,20,1,0,20,2,0,20,3,0,20,4,0,20,6,0,21,1,0,21,2,0,21,3,0
 9290 DATA 21,4,0,21,5,0,21,6,0,22,6,0,23,6,0,24,1,0,24,2,0,24,3,0,24,4,0,24,6,0
 9300 DATA SON

YUKSEK LISANS TEZ CALISMASI
VERSION:ESKISEHIR 1990-91 MELTEM AKDENIZ

KATLANMIS PLAKLARIN STATIK HESABI
SONLU ELEMANLAR METODU
(deplasman metodu)

PROBLEM:

ORNEK 5: 15 ELEMANLI VE 24 NOKTALI KATLANMIS PLAK HESABI

eleman sayisi.....= 15
nokta sayisi.....= 24
kuvvet sayisi.....= 12
sinir sarti sayisi.....= 82
elestisite modulu.....= 10600000
poisson orani.....=0.33
levha kalinligi.....=0.09
plak kalinligi.....=0.09
sistemin serbestlik derecesi...= 144

ELEMANLARIN TARIFI:

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	K-NOKTASI	M-NOKTASI
1	1	5	6	2
2	2	6	7	3
3	3	7	8	4
4	5	9	10	6
5	6	10	11	7
6	7	11	12	8
7	9	13	14	10
8	10	14	15	11
9	11	15	16	12
10	13	17	18	14
11	14	18	19	15
12	15	19	20	16
13	17	21	22	18
14	18	22	23	19
15	19	23	24	20

DENKLEM SAYISI.... = 62
REAKSIYON SAYISI.. = 82
YARI BAND GENISLIGI= 36

NOKTALARIN KOORDINATLARI:

nokta	X	Y	Z
1	0.000	0.000	4.243
2	15.000	0.000	4.243
3	30.000	0.000	4.243
4	45.000	0.000	4.243
5	0.000	3.000	4.243
6	15.000	3.000	4.243
7	30.000	3.000	4.243
8	45.000	3.000	4.243
9	0.000	5.121	2.121
10	15.000	5.121	2.121
11	30.000	5.121	2.121
12	45.000	5.121	2.121
13	0.000	7.243	0.000
14	15.000	7.243	0.000
15	30.000	7.243	0.000
16	45.000	7.243	0.000
17	0.000	10.243	0.000
18	15.000	10.243	0.000
19	30.000	10.243	0.000
20	45.000	10.243	0.000
21	0.000	12.363	2.121
22	15.000	12.364	2.121
23	30.000	12.364	2.121
24	45.000	12.364	2.121

VERILMIS KUVVETLER:

Nokta	Yon	Kuvvet
2	3	-6.300
3	3	-6.300
6	3	-10.755
7	3	-10.755
10	3	-8.910
11	3	-8.910
14	3	-10.755
15	3	-10.755
18	3	-10.755
19	3	-10.755
22	3	-4.455
23	3	-4.455

nokta	yon	deplasman
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
1	6	0
2	1	0
2	4	0
2	6	0
3	1	0
3	4	0
3	6	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	6	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	0
5	6	0
6	6	0
7	6	0
8	1	0
8	2	0
8	3	0
8	4	0
8	6	0
9	1	0
9	2	0
9	3	0
9	4	0
9	5	0
9	6	0
10	6	0
11	6	0
12	1	0
12	2	0
12	3	0
12	4	0
12	6	0
13	1	0
13	2	0
13	3	0
13	4	0
13	5	0
13	6	0
14	6	0
15	6	0

16	1	0
16	2	0
16	3	0
16	4	0
16	6	0
17	1	0
17	2	0
17	3	0
17	4	0
17	5	0
17	6	0
18	6	0
19	6	0
20	1	0
20	2	0
20	3	0
20	4	0
20	6	0
21	1	0
21	2	0
21	3	0
21	4	0
21	5	0
21	6	0
22	6	0
23	6	0
24	1	0
24	2	0
24	3	0
24	4	0
24	6	0

DEPLASMANLAR

Nokta	1-yonu	2-yonu	3-yonu	4-yonu	5-yonu	6-yonu
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
2	+0.000E+00	-5.467E-04	-3.554E-03	+0.000E+00	+1.746E-04	+0.000E+00
3	+0.000E+00	-5.468E-04	-3.559E-03	+0.000E+00	-1.466E-04	+0.000E+00
4	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	-2.591E-04	+0.000E+00
5	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
6	+9.079E-05	-5.474E-04	-1.267E-03	+4.949E-04	+1.191E-04	+0.000E+00
7	-9.076E-05	-5.476E-04	-1.267E-03	+4.955E-04	-7.960E-05	+0.000E+00
8	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.267E-04	+0.000E+00
9	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
10	+1.599E-05	-7.777E-04	-1.495E-03	-1.843E-05	+1.252E-04	+0.000E+00
11	-1.594E-05	-7.806E-04	-1.498E-03	-1.930E-05	-9.848E-05	+0.000E+00
12	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.623E-04	+0.000E+00
13	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
14	-4.519E-05	+1.099E-04	-6.062E-04	+5.130E-04	+8.404E-05	+0.000E+00
15	+4.527E-05	+1.103E-04	-6.058E-04	+5.168E-04	-4.817E-05	+0.000E+00
16	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	-6.183E-05	+0.000E+00
17	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
18	-5.341E-05	+1.112E-04	-1.034E-03	-1.210E-03	+1.162E-04	+0.000E+00
19	+5.348E-05	+1.116E-04	-1.035E-03	-1.221E-03	-6.938E-05	+0.000E+00

20	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	-1.066E-04	+0.000E+00
21	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00
22	+6.766E-05	+4.780E-03	-5.698E-03	-2.704E-03	+3.805E-04	+0.000E+00
23	-6.738E-05	+4.829E-03	-5.749E-03	-2.733E-03	-3.658E-04	+0.000E+00
24	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	+0.000E+00	-7.004E-04	+0.000E+00

ELEMEN IC KUVVETLERI

El.No	Dug.No	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
<hr/>							
1							
	1	+6.780E+01	+4.147E+00	-1.146E+00	-2.084E+00	-1.409E-01	+0.000E+00
	5	-7.738E+01	+1.881E+01	+1.164E+00	-1.581E+00	+4.402E-02	+0.000E+00
	6	-3.742E+01	-4.847E+00	+2.553E+00	-3.135E+00	+8.289E-02	+0.000E+00
	2	+4.700E+01	-1.811E+01	-2.571E+00	-4.350E+00	-2.554E-01	+0.000E+00
<hr/>							
2							
	2	-2.050E+01	+1.811E+01	-3.729E+00	-6.523E+00	+2.554E-01	+0.000E+00
	6	+4.021E+01	-1.811E+01	+3.727E+00	-4.664E+00	-8.529E-02	+0.000E+00
	7	-4.024E+01	-1.812E+01	+3.735E+00	-4.678E+00	+1.068E-01	+0.000E+00
	3	+2.053E+01	+1.811E+01	-3.733E+00	-6.522E+00	-2.481E-01	+0.000E+00
<hr/>							
3							
	3	-4.705E+01	-1.811E+01	-2.567E+00	-4.368E+00	+2.481E-01	+0.000E+00
	7	+3.747E+01	-4.866E+00	+2.558E+00	-3.136E+00	-1.116E-01	+0.000E+00
	8	+7.741E+01	+1.881E+01	+1.178E+00	-1.555E+00	-4.719E-03	+0.000E+00
	4	-6.783E+01	+4.162E+00	-1.170E+00	-2.151E+00	+9.939E-09	+0.000E+00
<hr/>							
4							
	5	-7.569E+01	-1.950E+01	+8.127E-01	+1.565E+00	-1.668E-02	+0.000E+00
	9	+6.455E+01	-3.544E+00	-8.147E-01	+9.178E-01	-4.189E-02	+0.000E+00
	10	+5.067E+01	+1.802E+01	-1.686E+00	+1.886E+00	-4.721E-02	+0.000E+00
	6	-3.953E+01	+5.026E+00	+1.688E+00	+3.135E+00	+1.360E-01	+0.000E+00
<hr/>							
5							
	6	+3.674E+01	+2.325E+01	+2.503E+00	+4.665E+00	-1.326E-01	+0.000E+00
	10	-1.330E+01	-2.325E+01	-2.505E+00	+2.849E+00	+4.181E-02	+0.000E+00
	11	+1.331E+01	-2.326E+01	-2.508E+00	+2.848E+00	-3.721E-02	+0.000E+00
	7	-3.675E+01	+2.326E+01	+2.509E+00	+4.676E+00	+1.484E-01	+0.000E+00
<hr/>							
6							
	7	+3.952E+01	+5.046E+00	+1.694E+00	+3.138E+00	-1.417E-01	+0.000E+00
	11	-5.065E+01	+1.800E+01	-1.688E+00	+1.897E+00	+3.667E-02	+0.000E+00
	12	-6.454E+01	-3.556E+00	-8.228E-01	+9.482E-01	-2.814E-04	+0.000E+00
	8	+7.568E+01	-1.948E+01	+8.162E-01	+1.549E+00	+6.675E-03	+0.000E+00
<hr/>							
7							
	9	-7.204E+01	-9.818E+00	-3.631E-01	-9.016E-01	-6.819E-02	+0.000E+00
	13	+7.522E+01	-1.554E+01	+3.748E-01	-3.099E-01	+3.297E-02	+0.000E+00
	14	+5.158E+01	+9.527E+00	+8.609E-01	-6.015E-01	-3.002E-03	+0.000E+00
	10	-5.476E+01	+1.584E+01	-8.727E-01	-1.894E+00	-1.376E-01	+0.000E+00

8						
10	+1.739E+01	-4.303E+00	-1.241E+00	-2.841E+00	+1.430E-01	+0.000E+00
14	-2.354E+01	+4.300E+00	+1.240E+00	-8.806E-01	+1.145E-02	+0.000E+00
15	+2.356E+01	+4.297E+00	+1.242E+00	-8.840E-01	+1.457E-03	+0.000E+00
11	-1.741E+01	-4.294E+00	-1.241E+00	-2.840E+00	-1.380E-01	+0.000E+00
9						
11	+5.474E+01	+1.586E+01	-8.681E-01	-1.905E+00	+1.385E-01	+0.000E+00
15	-5.155E+01	+9.500E+00	+8.596E-01	-5.903E-01	-6.894E-03	+0.000E+00
16	-7.522E+01	-1.556E+01	+3.817E-01	-2.970E-01	-4.401E-03	+0.000E+00
12	+7.202E+01	-9.797E+00	-3.732E-01	-9.319E-01	+2.812E-04	+0.000E+00
10						
13	-1.235E+01	+4.340E+00	-5.154E-01	+2.800E-01	+1.106E-02	+0.000E+00
17	+2.268E+01	-1.080E+01	+4.885E-01	-1.765E+00	-2.954E-02	+0.000E+00
18	+9.601E+00	-3.177E+00	+1.000E+00	-3.604E+00	+2.661E-01	+0.000E+00
14	-1.993E+01	+9.634E+00	-9.736E-01	+6.226E-01	+1.551E-01	+0.000E+00
11						
14	-8.107E+00	-2.090E+01	-1.493E+00	+8.595E-01	-1.611E-01	+0.000E+00
18	-1.348E+01	+2.087E+01	+1.490E+00	-5.335E+00	-2.088E-01	+0.000E+00
19	+1.361E+01	+2.091E+01	+1.502E+00	-5.367E+00	+2.353E-01	+0.000E+00
15	+7.976E+00	-2.088E+01	-1.500E+00	+8.657E-01	+1.740E-01	+0.000E+00
12						
15	+2.001E+01	+9.639E+00	-9.884E-01	+6.086E-01	-1.702E-01	+0.000E+00
19	-9.672E+00	-3.152E+00	+1.018E+00	-3.635E+00	-2.551E-01	+0.000E+00
20	-2.276E+01	-1.081E+01	+4.901E-01	-1.760E+00	-2.137E-02	+0.000E+00
16	+1.242E+01	+4.327E+00	-5.197E-01	+2.623E-01	+3.112E-03	+0.000E+00
13						
17	+8.199E+01	+9.811E+00	+3.770E-01	+1.766E+00	+1.772E-01	+0.000E+00
21	-8.380E+01	+1.523E+01	-3.793E-01	-1.169E-01	-3.639E-01	+0.000E+00
22	-4.147E+01	-8.329E+00	-1.370E+00	-2.655E-03	-6.326E-02	+0.000E+00
18	+4.328E+01	-1.671E+01	+1.372E+00	+3.599E+00	+2.835E-01	+0.000E+00
14						
18	-3.941E+01	-5.164E+00	+1.778E+00	+5.340E+00	-3.645E-01	+0.000E+00
22	+4.147E+01	+5.179E+00	-1.779E+00	+2.649E-03	+6.324E-02	+0.000E+00
23	-4.154E+01	+4.250E+00	-1.793E+00	+2.311E-03	-7.226E-02	+0.000E+00
19	+3.948E+01	-4.265E+00	+1.795E+00	+5.371E+00	+3.926E-01	+0.000E+00
15						
19	-4.342E+01	-1.768E+01	+1.376E+00	+3.631E+00	-3.646E-01	+0.000E+00
23	+4.154E+01	-7.399E+00	-1.358E+00	-2.315E-03	+7.226E-02	+0.000E+00
24	+8.386E+01	+1.570E+01	-4.404E-01	-1.146E-03	+1.257E-07	+0.000E+00
20	-8.198E+01	+9.374E+00	+4.230E-01	+1.767E+00	+3.022E-02	+0.000E+00

DENGE KONTROLU

Nokta	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
1	+67.795	+4.147	-1.146	-2.084	-0.141	+0.000
2	+26.504	+0.000	-6.300	-10.872	+0.000	+0.000
3	-26.521	+0.000	-6.300	-10.889	-0.000	+0.000
4	-67.834	+4.162	-1.170	-2.151	+0.000	+0.000
5	-153.069	+5.601	+15.531	-0.015	+0.032	+0.012
6	-0.000	-0.001	-10.755	+0.000	+0.000	-0.002
7	+0.000	-0.000	-10.754	+0.000	+0.000	-0.005
8	+153.091	+5.618	+15.536	-0.006	+0.000	-0.005
9	-7.495	-10.281	+8.614	+0.016	-0.078	+0.078
10	+0.000	+0.000	-8.911	-0.000	-0.000	+0.000
11	+0.000	-0.000	-8.910	-0.000	-0.000	+0.000
12	+7.478	-10.288	+8.596	+0.016	+0.000	+0.000
13	+62.871	-6.389	+10.738	-0.030	+0.034	-0.023
14	+0.000	-0.000	-10.755	+0.000	+0.000	-0.006
15	-0.000	+0.000	-10.755	-0.000	+0.000	+0.004
16	-62.799	-6.407	+10.749	-0.035	-0.000	+0.003
17	+104.667	-4.128	+7.694	+0.000	+0.096	+0.125
18	+0.000	-0.001	-10.755	+0.000	-0.000	-0.057
19	+0.000	+0.000	-10.754	+0.000	+0.000	+0.020
20	-104.745	-4.484	+7.418	+0.007	+0.000	+0.021
21	-83.798	+11.036	+10.505	-0.117	-0.257	-0.257
22	+0.000	+0.000	-4.455	-0.000	-0.000	-0.000
23	+0.000	+0.001	-4.455	-0.000	+0.000	+0.000
24	+83.856	+11.414	+10.791	-0.001	+0.000	+0.000