

ÜÇ BOYUTLU ÇERÇEVE SİSTEMLERİN  
DEPLASMAN METODUNA GÖRE ANALİZİ

Ferdi MANDAL

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran – 2008

ÜÇ BOYUTLU ÇERÇEVE SİSTEMLERİN  
DEPLASMAN METODUNA GÖRE ANALİZİ

Ferdi MANDAL

Dumlupınar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Mehmet T. BAYER

Haziran - 2008

**KABUL VE ONAY SAYFASI**

Ferdi MANDAL 'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı ÜÇ BOYUTLU ÇERÇEVE SİSTEMLERİN DEPLASMAN METODUNA GÖRE ANALİZİ başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

...../...../.....

Üye : Prof.Dr. ....

Üye : Doç.Dr. ....

Üye : Yrd.DoçDr. ....

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Sabri ÖZYURT  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÜÇ BOYUTLU ÇERÇEVE SİSTEMLERİN DEPLASMAN METODUNA GÖRE ANALİZİ

Ferdi MANDAL

İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2008

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet T. BAYER

### ÖZET

Bilindiği gibi yapı sistemleri gerçekte üç boyutlu olarak modellenmelidir. Bazı durumlarda problemin büyüklüğü, sistemlerin iki boyutlu eşdeğer yapılarla modellenmesini gerektirmektedir. Ancak bu modellemede gerçeğe yakın sonuçları bulmak ve eşdeğer yapıyı gerçek yapı gibi iki boyutlu modellemek bazen mümkün olmayabilmektedir. Bu çalışmada çerçeve sistemini üç boyutlu olarak modelleme ve deplasman metoduyla analiz etme tekniği kullanılarak, daha doğru analiz etme imkânı elde edilmiştir.

Yapılan çalışmada deplasman metodu prensiplerine göre geliştirilmiş bir bilgisayar programı (ÇERSİSPRO v.1.0) yardımıyla üç boyutlu çerçeve sistemlerin düğüm noktalarında oluşan deplasmanlar ile çubuk ucu kuvvetleri hesaplanmıştır. Günümüzde popüler paket program olan SAP2000 (Structural Analysis Programming) sonuçları ile yapılan karşılaştırma sonunda, sonuçların birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Geliştirilen programla sistemdeki çubuk elemanların atalet momentlerini sıfır kabul ederek ve düğüm noktasındaki dönmeleri de serbestlik olarak kabul etmeyerek üç boyutlu kafes sistemler de çözülebilmektedir. Bu çalışmada konu ile ilgili 20 örnek problem deplasman metoduna göre üç boyutlu çerçeve sistemlerin analizini yapmak üzere geliştirilen bilgisayar programı (ÇERSİSPRO v.1.0) ile analiz edilmiş ve sonuçlar referanstaki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çubuk Ucu Kuvvetleri, Deplasman (Stifnes) Metodu, Düğüm Noktası Deplasmanları, Üç Boyutlu Çerçeve Sistem (Uzay Çerçeve), Üç Boyutlu Kafes Sistem (Uzay Kafes).

**ANALYSIS OF THREE DIMENSIONAL FRAMES  
BY USING DISPLACEMENT METHOD**

Ferdı MANDAL

Civil Engineering, M.S. Thesis, 2008

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Mehmet T. BAYER

**SUMMARY**

It's known that the structural systems should be modelled as three dimensional. In certain cases the number of unknowns of the problem enforces it to be modelled as equivalent two dimensional models. But sometimes it may not be possible to model the structure satisfactorily in two dimensions. In this work three dimensional modelling of frames are used and displacement analysis techniques have been employed in order to obtain exact solutions of the frames.

In this work, displacements at the nodes of three dimensional frames and member end forces are calculated with the help of the developed computer programme (ÇERSİSPRO v.1.0) which is based on the displacement method. Our results are compared with the results of popular package programme SAP 2000 (Structural Analysis Programming) and it is observed that the results are in close agreement. The developed computer programme can also solve three dimensional trusses provided that the moment of inertias of the members will be taken as zero and the rotations at the nodes will not be considered as freedom. In this work 20 sample problems are analysed with computer programme (ÇERSİSPRO v.1.0) and the results are compared with the reference results.

**Keywords:** Displacement (Stiffness) Method, Joint Displacements, Member End Forces, Three Dimensional Frame (Space Frame), Three Dimensional Truss (Space Truss).

## TEŞEKKÜR

Bu alışmada bana yardımcı olan başta danışman hocam Prof. Dr. Mehmet T. Bayer'e, maddi ve manevi g veren annem F. Nuran Mandal'a, babam Mehmet Mandal'a, kardeşim Funda Mandal'a, desteğini hep yanımda hissettiğim nişanlım Canan Kkkaptan'a ve emeği geçen herkese teőekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY SAYFASI .....	iii
ÖZET .....	iv
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Global Eksen Takımı .....	2
1.2. Referans Düğüm Noktası .....	2
1.3. Çubuk Eksen Takımı .....	3
1.4. Global ve Çubuk Eksen Takımları Arasındaki İlişki .....	4
1.5. Düğüm Noktası Eksen Takımı .....	5
2. TEMEL KAVRAMLAR .....	6
2.1. Yapı Elemanlarının Gerçek Davranışına Uygun Hesap Modelinin Oluşturulması ...	6
2.2. Taşıyıcı Sistem Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar .....	6
3. ÇERÇEVELERİN ÜÇ BOYUTLU MODELLENMESİ .....	8
4. STİFNES METODU (DEPLASMAN METODU) .....	9
4.1. Stifnes Metodunun Avantajları .....	9
4.2. Stifnes Metodunun Dezavantajları .....	9
4.3. Teorik Bilgiler .....	10
4.3.1. Düğüm noktası deplasmanları ve çubuk ucu kuvvetleri .....	10
4.3.2. Bağımsız çubuk ucu kuvvetleri .....	12
4.3.3. Elastik çubuk deformasyonları .....	14
4.3.4. Lokal rijitlik matrisi .....	17
4.3.5. Serbestlik derecesi .....	18
4.3.6. Çubuk ucu kuvvetleri için rotasyon matrisinin oluşturulması .....	18

## İÇİNDEKİLER(devam)

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.3.7. Düğüm noktası deplasmanları için rotasyon matrisinin oluşturulması .....	22
4.3.8. Düğüm noktası deplasmanlarından kaynaklanan çubuk ucu kuvvetleri .....	25
4.4. (S) Yapı Stifnes Matrisinin Toplama Metoduyla Bulunması .....	25
4.5. Çubuk Üzerindeki Yüklerden Kaynaklanan Çubuk Ucu Kuvvetleri .....	27
4.6. (Q) Vektörünün Toplama Metoduyla Bulunması .....	28
4.7. (P) Düğüm Yük Vektörü .....	29
4.8. Çerçeve Serbestliklerinin Hesabı .....	31
4.9. Toplam Çubuk Ucu Kuvvetlerinin Hesabı .....	31
5. ÜÇ BOYUTLU ÇERÇEVE SİSTEM PROGRAMI .....	31
5.1. Programa Veri Girişi .....	32
5.1.1. Data kayıtlarının tutulacağı dosya (Data.txt)' nin açılması .....	32
5.1.2. Yapıya ait genel bilgilerin girilmesi .....	32
5.1.3. Kullanılacak birim sisteminin seçilmesi .....	33
5.1.4. Çubukların referans ve referans olmayan düğüm noktalarının belirlenmesi ....	33
5.1.5. Çubukların $\theta_x^3$ açısının girilmesi .....	33
5.1.6. Çubuklara ait serbestlik vektörünün girilmesi .....	34
5.1.7. Düğüm noktalarının koordinatlarının girilmesi .....	34
5.1.8. Global eksen takımından farklı düğüm noktası eksen takımının belirlenmesi..	34
5.1.9. Çubukların mekanik özelliklerinin girilmesi .....	35
5.1.10. Çubuklara etki eden yük bileşenlerinin girilmesi .....	35
5.1.11. Düğüm noktalarına etki eden yük vektörünün girilmesi .....	36
5.2. Programın Hesap Adımları .....	36
5.3. Programdan Çıktı Alınması .....	37
5.4. Örnek Üzerinde Programa Veri Girişi, Hesap Adımları, Çıktı Alınması .....	38
5.5. Programın Akış Şeması .....	47
6. ÖRNEKLER .....	51
6.1. Örnek 1 .....	51
6.2. Örnek 2 .....	53
6.3. Örnek 3 .....	55
6.4. Örnek 4 .....	57
6.5. Örnek 5 .....	59
6.6. Örnek 6 .....	61



## İÇİNDEKİLER(devam)

	<b><u>Sayfa</u></b>
6.7. Örnek 7 .....	63
6.8. Örnek 8 .....	65
6.9. Örnek 9 .....	67
6.10. Örnek 10 .....	75
6.11. Örnek 11 .....	88
6.12. Örnek 12 .....	92
6.13. Örnek 13 .....	129
6.14. Örnek 14 .....	131
6.15. Örnek 15 .....	134
6.16. Örnek 16 .....	137
6.17. Örnek 17 .....	141
6.18. Örnek 18 .....	147
6.19. Örnek 19 .....	152
6.20. Örnek 20 .....	170
7. SONUÇ .....	186
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	187
EKLER	
1. $R_j$ Rotasyon Matrisi	
2. $(\bar{s})_j$ Matrisi	
3. Çeşitli Kesit Tipleri İçin Kesit Sabitlerinin Hesaplanmasıyla İlgili Formülasyonlar	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Global eksen takımı .....	2
1.2. Bir sistemde global eksen takımı ve çubuk eksen takımlarının görünümü .....	3
1.3. Çubuk eksen takımı (Lokal eksen takımı) .....	3
1.4. Çelik profil veya prizmatik kesitlerde çubuk eksen takımları.....	4
1.5. Global eksen takımlarından çubuk eksen takımlarının elde edilmesi .....	4
1.6. Düğüm noktası eksen takımları .....	5
1.7. Global eksen takımından farklı düğüm noktası eksen takımları .....	5
2.1. Taşıyıcı sistemlerin sınıflandırılması .....	7
3.1. Üç boyutlu modelleme sistematığı .....	8
4.1. Global eksen takımını çubuk eksen takımına dönüştürme .....	10
4.2. Global eksen takımını çubuk eksen takımına 3 boyutlu olarak dönüştürme .....	11
4.3. Herhangi bir j çubuk eleman için çubuk ucu eksen takımına göre <b>a)</b> düğüm noktası deplasmanları., <b>b)</b> çubuk ucu kuvvetleri .....	11
4.4. Bağımsız çubuk ucu kuvvetleri .....	12
4.5. Çubuk ucu ötelenmeleri, rijid dönmeler ve elastik çubuk boy değişikliği .....	14
4.6. Elastik çubuk dönme deformasyonlarının gösterimi .....	14
4.7. Düğüm noktası serbestlikleri ve mesnet şartları <b>a)</b> Uzayda. <b>b)</b> Düzlemde .....	18
4.8. a) $X^3-Y^3-Z^3$ ekseninin $X^2-Y^2-Z^2$ eksenine dönüşümü, b) $X^2-Y^2-Z^2$ ekseninin $X^1-Y^1-Z^1$ eksenine dönüşümü, c) $X^1-Y^1-Z^1$ ekseninin $X^0-Y^0-Z^0$ eksenine dönüşümü .....	19
4.9. Global eksen takımından düğüm eksen takımlarına dönüşüm .....	20
4.10. a) $X^6-Y^6-Z^6$ ekseninin $X^5-Y^5-Z^5$ eksenine dönüşümü, b) $X^5-Y^5-Z^5$ ekseninin $X^4-Y^4-Z^4$ eksenine dönüşümü, c) $X^4-Y^4-Z^4$ ekseninin $X^0-Y^0-Z^0$ eksenine dönüşümü .....	22
4.11. a) $X^9-Y^9-Z^9$ ekseninin $X^8-Y^8-Z^8$ eksenine dönüşümü, b) $X^8-Y^8-Z^8$ ekseninin $X^7-Y^7-Z^7$ eksenine dönüşümü, c) $X^7-Y^7-Z^7$ ekseninin $X^0-Y^0-Z^0$ eksenine dönüşümü .....	23
4.12. Global eksen takımından çubuk eksen takımına dönüşüm .....	24
4.13. Çubuk üzerine etki edebilecek yükler .....	27
4.14. Düzlem çerçevede düğüm yükleri .....	30
5.1. 5 çubuklu çerçeve sistem .....	38
5.2. Sistemin 3 boyutlu olarak eşdeğer yapı modelinin kurulması .....	39

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.3. Sistem için düğüm noktası serbestliklerinin yönlerinin ve sıralamasının tayini ....	39
5.4. <b>a)</b> Dikdörtgen kesit için alan ve atalet momentleri, <b>b)</b> Daire kesit için alan ve atalet momentleri .....	40
5.5. Programın başlangıç sayfası .....	42
5.6. Programa sistemin çubuk sayısı, düğüm noktası sayısı ve serbestlik derecesi sayısının girilmesi .....	43
5.7. Birim sisteminin seçilmesi ve çubuk i ve k düğüm noktalarının belirlenmesi, $\theta_x^3$ açısının ve çubuğun serbestlik vektörünün girilmesi .....	43
5.8. Düğüm noktası koordinatlarının girilmesi ve düğüm noktası eksen takımından farklı global eksen takımının belirlenmesi .....	43
5.9. Çubukların malzeme ve kesit özelliklerinin girilmesi .....	44
5.10. Çubukların üzerine etki eden yüklerin girilmesi .....	44
5.11. Serbestliklerin üzerine etki eden yük vektörünün girilmesi .....	44
5.12. Çubuk boy ve açılarının bulunması .....	45
5.13. Düğüm noktası deplasmanlarının bulunması .....	45
5.14. Toplam çubuk ucu kuvvetlerinin bulunması .....	45
5.15. Programın sonlandırılması .....	46
6.1. Örnek 1.....	51
6.2. Örnek 2 .....	53
6.3. Örnek 3 .....	55
6.4. Örnek 4 .....	57
6.5. Örnek 5 .....	59
6.6. Örnek 6 .....	61
6.7. Örnek 7 .....	63
6.8. Örnek 8 .....	65
6.9. Örnek 9 .....	67
6.10. Örnek 9 için çubuk numaralarının görünüşü .....	68
6.11. Örnek 9 için düğüm numaralarının görünüşü .....	69
6.12. Örnek 10 .....	75

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
6.13. 3 Boyutlu 3 Katlı yapının görünümü (kesitleriyle birlikte) .....	75
6.14. 1. Kat kirişlerinin planı .....	76
6.15. 2. Kat kirişlerinin planı .....	76
6.16. 3. Kat kirişlerinin planı .....	77
6.17. 1-4 Aksı .....	77
6.18. 5-8 Aksı .....	78
6.19. 9-12 Aksı .....	78
6.20. 13-16 Aksı .....	79
6.21. Sistemdeki tüm kat kirişleri için yükleme durumu .....	79
6.22. Örnek 11 .....	88
6.23. Örnek 12 .....	92
6.24. Örnek 13 .....	129
6.25. Örnek 14 .....	131
6.26. Örnek 15 .....	134
6.27. Örnek 16 .....	137
6.28. Örnek 17 .....	141
6.29. Örnek 18 .....	147
6.30. Örnek 19 .....	152
6.31. Örnek 20 .....	170

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Çubukların i ve k düğüm noktalarının belirlenmesi, malzeme özellikleri ve kesit özelliklerinin gösterilmesi .....	41
5.2. Düğüm noktalarının koordinatları .....	41
6.1. Örnek 1 sonuç çıktıları .....	52
6.2. Örnek 2 sonuç çıktıları .....	54
6.3. Örnek 3 sonuç çıktıları .....	56
6.4. Örnek 4 sonuç çıktıları .....	58
6.5. Örnek 5 sonuç çıktıları .....	60
6.6. Örnek 6 sonuç çıktıları .....	62
6.7. Örnek 7 sonuç çıktıları .....	64
6.8. Örnek 8 sonuç çıktıları .....	66
6.9. Eleman kesit ve yük bilgileri .....	68
6.10. Örnek 9 sonuç çıktıları .....	69
6.11. Örnek 10 sonuç çıktıları .....	80
6.12. Örnek 11 sonuç çıktıları .....	89
6.13. 200 çubuklu kafes sistem çubuk numaraları ve çubuklara ait kesit alanı değerleri ..	93
6.14. 200 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları .....	93
6.15. Örnek 12 <b>kesit tipi 1-yükleme durumu 1</b> için sonuç çıktıları .....	94
6.16. Örnek 12 <b>kesit tipi 1-yükleme durumu 2</b> için sonuç çıktıları .....	105
6.17. Örnek 12 <b>kesit tipi 1-yükleme durumu 3</b> için sonuç çıktıları .....	117
6.18. Örnek 13 sonuç çıktıları .....	130
6.19. Örnek 14 sonuç çıktıları .....	132
6.20. Örnek 15 sonuç çıktıları .....	135
6.21. Örnek 16 sonuç çıktıları .....	138
6.22. 22 çubuklu kafes sistem kesit alanı numaraları ve kesit alanı değerleri .....	141
6.23. 22 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları .....	142
6.24. Örnek 17 <b>yükleme durumu 1</b> için sonuç çıktıları .....	142
6.25. Örnek 17 <b>yükleme durumu 2</b> için sonuç çıktıları .....	143
6.26. Örnek 17 <b>yükleme durumu 3</b> için sonuç çıktıları .....	145

### ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.27. 25 çubuklu kafes sistem kesit alanı numaraları ve kesit alanı değerleri .....	147
6.28. 25 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları .....	148
6.29. Örnek 18 <b>yükleme durumu 1</b> için sonuç çıktıları .....	148
6.30. Örnek 18 <b>yükleme durumu 2</b> için sonuç çıktıları .....	149
6.31. 72 çubuklu kafes sistem kesit alanı numaraları ve kesit tipi alanı değerleri .....	153
6.32. 72 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları .....	153
6.33. Örnek 19 <b>kesit tipi 1-yükleme durumu 1</b> için sonuç çıktıları .....	153
6.34. Örnek 19 <b>kesit tipi 1-yükleme durumu 2</b> için sonuç çıktıları .....	157
6.35. Örnek 19 <b>kesit tipi 2-yükleme durumu 1</b> için sonuç çıktıları .....	161
6.36. Örnek 19 <b>kesit tipi 2-yükleme durumu 2</b> için sonuç çıktıları.....	165
6.37. 120 çubuklu kafes sistem çubuk numaraları ve çubuklara ait kesit alanı değerleri ..	171
6.38. 120 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları .....	171
6.39. Örnek 20 <b>kesit tipi 1-yükleme durumu 1</b> için sonuç çıktıları .....	171
6.40. Örnek 20 <b>kesit tipi 2-yükleme durumu 1</b> için sonuç çıktıları .....	178

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
i	Sistemi oluşturan her bir çubuk elemanın referans düğüm noktası
j	Sistemi oluşturan her bir çubuk eleman
k	Sistemi oluşturan her bir çubuk elemanın referans olmayan düğüm noktası
$X_j$	Sistemi oluşturan her bir çubuk eleman için i düğüm noktasına yerleştirilmiş ve çubuk eksenini ile çakışık eksen
$Y_j$	Sistemi oluşturan her bir çubuk eleman için i düğüm noktasına yerleştirilmiş ve çubuk kesiti asal eksenini ile çakışık eksen
$Z_j$	Sistemi oluşturan her bir çubuk eleman için i düğüm noktasına yerleştirilmiş ve çubuk kesitinin diğer asal eksenini ile çakışık eksen
X	Global yatay eksen
Y	Global düşey eksen
Z	Global diğer yatay eksen
$X'$	Global eksen takımının Y eksenini etrafında $\theta_Y$ kadar döndürülmesiyle elde edilen lokal yatay eksen
$Y'$	Global eksen takımının Y eksenini etrafında $\theta_Y$ kadar döndürülmesiyle elde edilen lokal düşey eksen
$Z'$	Global eksen takımının Y eksenini etrafında $\theta_Y$ kadar döndürülmesiyle elde edilen ve $X' - Y'$ düzlemine dik eksen
$X''$	Lokal eksen takımı ( $X' - Y' - Z'$ )' nin $Z'$ eksenini etrafında $\theta_{Z'}$ kadar döndürülmesiyle elde edilen lokal yatay eksen
$Y''$	Lokal eksen takımı ( $X' - Y' - Z'$ )' nin $Z'$ eksenini etrafında $\theta_{Z'}$ kadar döndürülmesiyle elde edilen lokal düşey eksen
$Z''$	Lokal eksen takımı ( $X' - Y' - Z'$ )' nin $Z'$ eksenini etrafında $\theta_{Z'}$ kadar döndürülmesiyle elde edilen ve $X'' - Y''$ düzlemine dik ve sağ el kuralına göre pozitif(+) eksen
$X'''$	Lokal eksen takımı ( $X'' - Y'' - Z''$ )' nin $X''$ eksenini etrafında $\theta_{X''}$ kadar döndürülmesiyle elde edilen lokal yatay eksen
$Y'''$	Lokal eksen takımı ( $X'' - Y'' - Z''$ )' nin $X''$ eksenini etrafında $\theta_{X''}$ kadar döndürülmesiyle elde edilen lokal düşey eksen. (kesit asal eksenini ile çakışık)

### SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$Z'''$	Lokal eksen takımı ( $X'' - Y'' - Z''$ )' nin $X''$ eksenini etrafında $\theta_X''$ kadar döndürülmesiyle elde edilen ve $X'' - Y''$ düzlemine dik ve sağ el kuralına göre pozitif(+) eksen. (kesitin diğer asal eksenini ile çakışık)
$\theta_X''$	$X'', Y'', Z''$ Lokal eksenlerinin sağ el kuralına göre $X''$ lokal eksenini etrafında döndürülme açısı
$\theta_Y$	$X, Y, Z$ Global eksenlerinin sağ el kuralına göre $Y$ global eksenini etrafında döndürülme açısı
$\theta_Z'$	$X', Y', Z'$ Lokal eksenlerinin sağ el kuralına göre $Z'$ lokal eksenini etrafında döndürülme açısı
$\theta_j'$	Herhangi bir $j$ çubuk elemanın $i$ düğüm noktasında $Z'''$ yönünde pozitif(+) elastik dönme
$\theta_j''$	Herhangi bir $j$ çubuk elemanın $k$ düğüm noktasında $Z'''$ yönünde pozitif(+) elastik dönme
$\theta_j'''$	Herhangi bir $j$ çubuk elemanın $i$ düğüm noktasında $Y'''$ yönünde pozitif(+) elastik dönme
$\theta_j^{iv}$	Herhangi bir $j$ çubuk elemanın $k$ düğüm noktasında $Y'''$ yönünde pozitif(+) elastik dönme
$\phi_j'$	Herhangi bir $j$ çubuk elemanın $X'''$ yönünde pozitif(+) elastik dönmesi
$d_j'$	Çubuk eksen takımına göre çubuk ucu deplasmanı
$\tilde{d}_j'$	Çubuk eksen takımına göre çubuk ucu deplasmanı vektörü
$q_{j,1,2,\dots,12}$	Düğüm noktası eksen takımına göre deplasmanlardan kaynaklanan çubuk ucu kuvveti
$q'_{j,1,2,\dots,12}$	Çubuk eksen takımına göre deplasmanlardan kaynaklanan çubuk ucu kuvveti
$\tilde{q}'_j$	Çubuk eksen takımına göre deplasmanlardan kaynaklanan çubuk ucu kuvveti vektörü



### SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
$\bar{q}_{j1,2,\dots,12}$	Düğüm noktası eksen takımına göre çubuk üzerindeki yüklerden kaynaklanan çubuk ucu kuvveti (Düğüm eksenlerine göre mesnet reaksiyonları)
$\bar{q}'_{j1,2,\dots,12}$	Çubuk eksen takımına göre çubuk üzerindeki yüklerden kaynaklanan çubuk ucu kuvveti (Çubuk eksen takımına göre mesnet reaksiyonları)
$\tilde{q}'_j$	Çubuk eksen takımına göre çubuk üzerindeki yüklerden kaynaklanan çubuk ucu kuvveti vektörü
$\beta_{j1,2,\dots,6}$	Bağımsız çubuk deformasyonları
$\tilde{\beta}_j$	Bağımsız çubuk deformasyonları vektörü
$f_{j1,2,\dots,6}$	Bağımsız çubuk ucu kuvvetleri
$\tilde{f}_j$	Bağımsız çubuk ucu kuvvetleri vektörü
$N_j''$	j çubuk elemanın k düğüm noktasında $X'''$ eksen yönündeki aksenal kuvvet
$M_j'$	j çubuk elemanın i düğüm noktasında $Z'''$ asal eksen yönündeki eğilme momenti
$M_j''$	j çubuk elemanın k düğüm noktasında $Z'''$ asal eksen yönündeki eğilme momenti
$T_j''$	j çubuk elemanın k düğüm noktasında $X'''$ eksen yönündeki burulma momenti
$M_{ji}'$	j çubuk elemanın i düğüm noktasında $Y'''$ asal eksen yönündeki eğilme momenti
$M_{jk}''$	j çubuk elemanın k düğüm noktasında $Y'''$ asal eksen yönündeki eğilme momenti
$(B_j)$	Çubuk eksen takımına göre çubuk ucu kuvvetleri ile bağımsız çubuk ucu kuvvetleri arasında kurulacak bağıntı için gerekli yardımcı matris

### SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
$(\bar{B}_j)^T$	Çubuk eksen takımına göre çubuk ucu kuvvetleri ile bağımsız çubuk ucu kuvvetleri arasında kurulacak bağıntı için gerekli yardımcı matrisin transpozu
$(K_j)$	Herhangi bir j çubuk eleman için bağımsız çubuk ucu kuvvetleri ile bağımsız çubuk deformasyonları arasında bağıntı kurabilmek için gerekli matris
$A_j$	Herhangi bir j çubuk elemanın kesit alanı
$E_j$	Herhangi bir j çubuk elemanın elastisite modülü
$G_j$	Herhangi bir j çubuk elemanın kayma modülü
$L_j$	Herhangi bir j çubuk elemanın boyu
$a_j$	Herhangi bir j çubuk elemanın üzerine etki eden tekil yüklerin ve momentlerin i düğüm noktasına uzaklığı
$b_j$	Herhangi bir j çubuk elemanın üzerine etki eden tekil yüklerin ve momentlerin k düğüm noktasına uzaklığı
$I_{xj}$	Herhangi bir j çubuk elemanın X''' yönündeki burulma sabiti (veya J)
$I_{yj}$	Herhangi bir j çubuk elemanın Y''' eksenine göre atalet momenti
$I_{zj}$	Herhangi bir j çubuk elemanın Z''' eksenine göre atalet momenti
$(R_j)$	Rotasyon matrisi
$(R_j)^T$	Rotasyon matrisinin transpozu
$n_j$	X <sub>j</sub> ''' eksenine ters yönde etkiyen yayılı yük
$W_j$	Y <sub>j</sub> ''' asal eksenine ters yönde etkiyen yayılı yük
$\bar{W}_j$	Z <sub>j</sub> ''' asal eksenine ters yönde etkiyen yayılı yük
$N_j$	X <sub>j</sub> ''' eksenine ters yönde etkiyen tekil yük
$P_j$	Y <sub>j</sub> ''' asal eksenine ters yönde etkiyen tekil yük

### SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$\bar{P}_j$	$Z_j$ ''' asal eksenine ters yönde etkiyen tekil yük
$T_j$	$X_j$ ''' eksenine ters yönde etkiyen burulma momenti
$M_j$	$Y_j$ ''' asal eksenine ters yönde etkiyen eğilme momenti
$\bar{M}_j$	$Z_j$ ''' asal eksenine ters yönde etkiyen eğilme momenti
$(s'_j)$	Her bir j çubuk elemanı için lokal rijitlik matrisi
$(\bar{s}_j)$	Her bir j çubuk elemanı için lokal rijitlik matrisi'nin rotasyon matrisinin transpozuyla çarpılmasıyla elde edilen yardımcı matris
$(s_j)$	Her bir j çubuk eleman için düğüm eksenlerine göre rijitlik matrisi
$(S)$	Yapının stifnes (rijitlik) matrisi
$\tilde{Q}$	Her bir j çubuk eleman üzerindeki yüklerden kaynaklanan dış yük vektörü
$\tilde{P}$	Her bir serbestlik yönünde etkiyen düğüm yük vektörü.
$\tilde{x}$	Sitemin serbestlik vektörü
$U_x$	Her bir düğüm noktası için düğüm eksenini X yönündeki deplasman
$U_y$	Her bir düğüm noktası için düğüm eksenini Y yönündeki deplasman
$U_z$	Her bir düğüm noktası için düğüm eksenini Z yönündeki deplasman
$R_x$	Her bir düğüm noktası için düğüm eksenini X eksenini etrafındaki dönme
$R_y$	Her bir düğüm noktası için düğüm eksenini Y eksenini etrafındaki dönme
$R_z$	Her bir düğüm noktası için düğüm eksenini Z eksenini etrafındaki dönme
$N_x$	Her bir j çubuk elemanı için düğüm eksenini X yönündeki aksenal kuvvet
$S_y$	Her bir j çubuk elemanı için düğüm eksenini Y yönündeki kesme kuvveti
$S_z$	Her bir j çubuk elemanı için düğüm eksenini Z yönündeki kesme kuvveti
$T_x$	Her bir j çubuk elemanı için düğüm eksenini X eksenini etrafındaki burulma momenti

### SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
$M_y$	Her bir j çubuk elemanı için düğüm eksenini Y eksenini etrafındaki eğilme momenti
$M_z$	Her bir j çubuk elemanı için düğüm eksenini Z eksenini etrafındaki eğilme momenti

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
cs	Çubuk sayısı
ç.no.	Çubuk numarası
d.no.	Düğüm noktası numarası
ds	Düğüm noktası sayısı
sd	Serbestlik derecesi
hd	Hiperstatiklik derecesi
ft	Uzunluk ölçüsü birimi feet
in.	Uzunluk ölçüsü birimi inch
mm	Uzunluk ölçüsü birimi milimetre
cm	Uzunluk ölçüsü birimi santimetre
m	Uzunluk ölçüsü birimi metre
kips	Yük birimi kilopounds
lb	Yük birimi libre
N	Yük birimi newton
kN	Yük birimi kilonewton
kgf	Yük birimi kilogram kuvvet
ksi	Gerilme birimi kips/in <sup>2</sup>
MPa	Gerilme birimi Mega paskal (N/mm <sup>2</sup> )

## 1. GİRİŞ

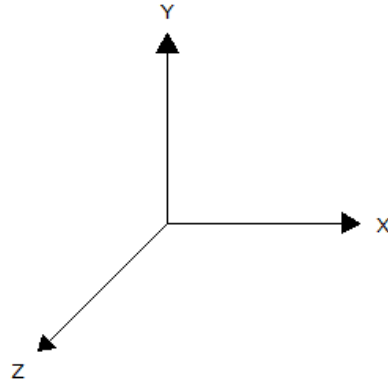
Yapı tasarımında taşıyıcı sistem olarak yüksek dereceden hiperstatik sistemler tercih edilmektedir. Bunun iki önemli nedeni vardır; emniyet ve ekonomi. Bir sistemin kinematik belirsizliği (hiperstatiklik derecesi) ne kadar fazla olursa, mekanizma durumuna o kadar geç ulaşacaktır. Elde edilen kesit zorlanmalarının ise izostatik sistemlere nazaran daha küçük olacağı aşikârdır. Diğer taraftan tasarımcının projelendirme aşamasında en uygun çözüme en kısa zamanda ulaşması gerekmektedir.

En uygun çözüm ancak bir dizi deneme yanılma sonunda elde edilmektedir. Deneme ve yanılma ise çözüm süresini uzatmaktadır. En kısa sürede en uygun sonuca ulaşma isteği tasarımcının en çok zorlandığı konulardan biridir.

Yapılan çalışmada geliştirilen 3 boyutlu çerçeve sistemlerin deplasman metoduna göre analizini yapan bilgisayar programı ( ÇERSİSPRO v.1.0) ile çözüm aşamasında büyük kolaylık sağlamak mümkündür. Bu bağlamda deneme yanılma yoluyla yapılan tasarımlar mühendise ek bir yük getirmekle beraber geliştirilen bilgisayar programının büyük kolaylık sağladığı düşünülmektedir. Uygun bir çözüm elde edebilmek için başvuru bu yol ise kaçınılmazdır. Bu yüzden, sistem çözümü için tasarımcı tarafından oluşturulacak sonlu eleman ağının (modelin) dikkatli bir şekilde tasarlanması, hem daha uygun hem de daha kısa sürede sonuca ulaşmayı sağlayacaktır.

### 1.1. Global Eksen Takımı

Yapıyı oluşturan her nokta üç boyutlu uzayda (Euclid Uzayı) yer aldığından koordinatları ve yük doğrultularının tanımlanması global koordinat sistemine (sistem eksenleri) göre belirlenir (X, Y, Z) ve bu noktalar sayesinde sistemin tamamının üç boyutlu uzayda yeri ve yük doğrultuları oluşturulur. Bu eksenler sağ el kuralına uymak zorundadır. Şekil 1.1' de global eksen takımı görülmektedir.

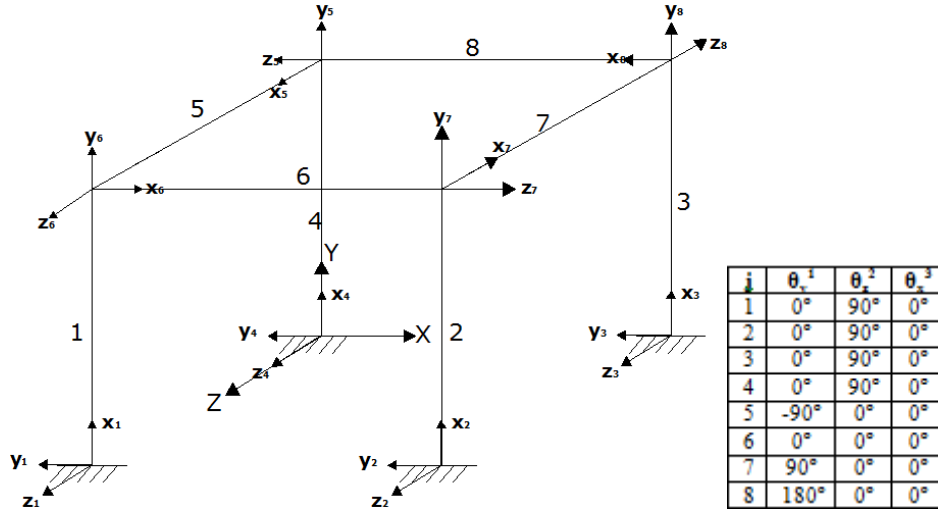


Şekil 1.1 Global eksen takımı.

### 1.2. Referans Düğüm Noktası

Bir çubuğun çubuk eksen takımının yerleştirildiği düğüm noktasına referans düğüm noktası denir. Global eksen takımı çubuğun referans düğüm noktasına yerleştirildikten sonra, eksen takımı Y eksenini etrafında  $\theta_y^1$  açısı kadar döndürülür. Yeni oluşan eksen takımı Z eksenini etrafında  $\theta_z^2$  açısı kadar döndürülerek X eksenini çubuk eksenini ile çakışık hale gelir.

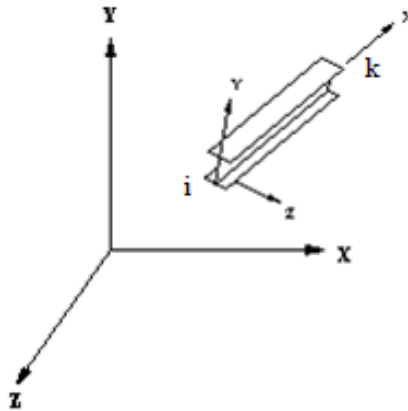
Çubuk eksen takımı (lokal eksen takımı) bir sistemi oluşturan çubuk elemanların referans (i) ve referans olmayan (k) düğüm noktalarını da belirler. Lokal x-ekseni bu yönü belirlemede önemli bir rol oynar. Şekil 1.2'de global eksen takımından çubuk eksen takımının oluşması ile ilgili örneklere yer verilmiştir.



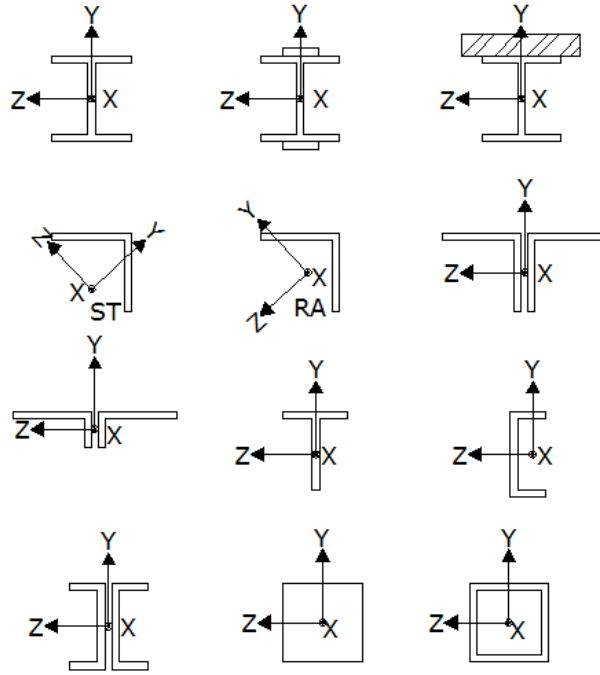
Şekil 1.2 Bir sistemde global eksen takımı ve çubuk eksen takımlarının görünümü.

### 1.3. Çubuk Eksen Takımı

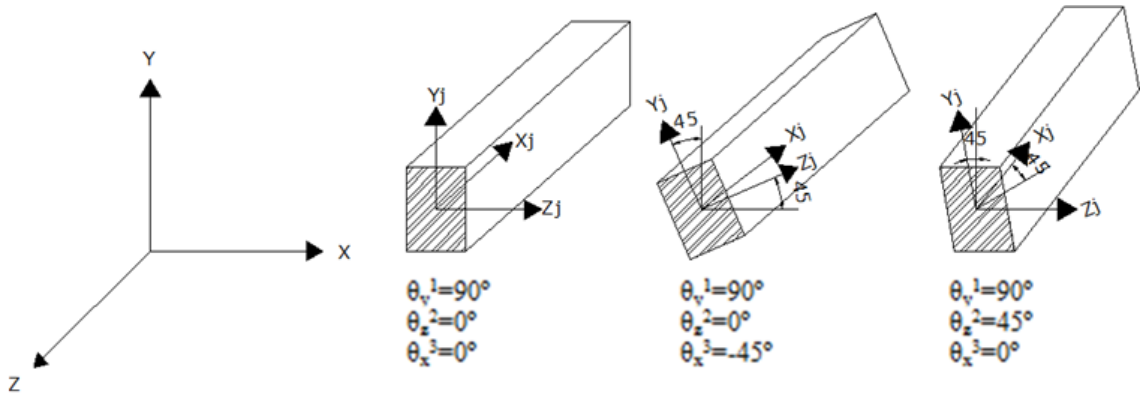
Çubuk eksen takımı bütün elemanlarla özdeşleşmiştir. Çubuk eksen takımının her aksı da sağ el kuralı temeline dayanır. Şekil 1.3' de 'i' düğüm noktası ile başlayıp, 'k' düğüm noktası ile biten bir eleman görülmektedir. Lokal x-ekseninin pozitif yönü, 'i'den 'k'ya bağlanarak belirlenmiş ve aynı doğrultuda gösterilmiştir. Lokal y ve z eksenlerinin pozitif doğrultularının elde edilmesinde de sağ el kuralı uygulanır. Lokal y ve z eksenleri, iki asal eylemsizlik momenti eksenleriyle çakışmaktadır. Analiz için geniş bir yelpazede enkesit şekilleri tanımlanabilir. Bu şekiller hazır çelik profiller veya kullanıcı tarafından yaratılan prizmatik kesitler olabilir. Bu tip şekiller için çubuk eksen takımları Şekil 1.4' de gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Çubuk eksen takımı. (Lokal eksen takımı)



Şekil 1.4 Çelik profil veya prizmatik kesitlerde çubuk eksen takımları.(Y-Z asal eksenler)



Şekil 1.5 Global eksen takımından çubuk eksen takımlarının elde edilmesi.

Şekil 1.5'te sistem eksen takımı ( global eksen takımı) ve çubuk eksen takımları gösterilmiş ve  $\theta_y^1$ ,  $\theta_z^2$ ,  $\theta_x^3$  dönmelerine ait örneklerle yer verilmiştir.

#### 1.4 Global ve Çubuk Eksen Takımları Arasındaki İlişki

Çubuk yükleri çubuk eksen takımına göre tarif edilir. Çubuk uç kuvvetlerinin çıktıkları lokal koordinat sistemlerinde yazıldığından; global ve çubuk eksen takımları arasındaki ilişkilerin bilinmesi son derece önemlidir. Bu ilişki, global Y eksenini etrafında eksen takımının

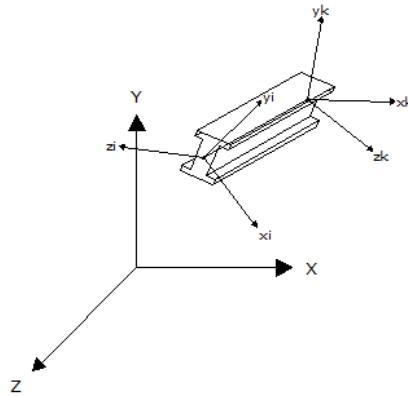


$\theta_y^1$  açısı kadar dönmesi, yeni oluşan eksen takımının Z eksenini etrafında  $\theta_z^2$  açısı kadar dönmesiyle X eksenini çubuk eksenine çıkarır. Bu şekilde elde edilen eksen takımının Y ve Z eksenleri, çubuk kesitinin asal eksenleri olacak şekilde X eksenini etrafında  $\theta_x^3$  açısı kadar döndürüldüğünde global eksen takımından çubuk eksen takımı elde edilmiş olur. Yukarıda bahsedilen  $\theta_y^1$  ve  $\theta_z^2$  açıları çubuk ucu koordinatlarından hesaplanırken,  $\theta_x^3$  açısının program kullanıcısı tarafından data olarak verilmesi gerekir.

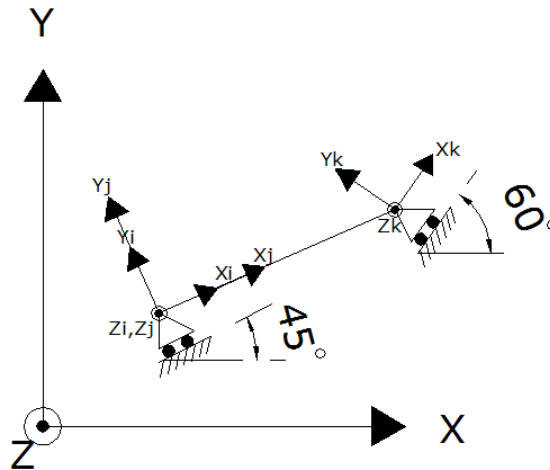
### 1.5. Düğüm Noktası Eksen Takımı

Çubuğun bağlandığı ve mesnet olarak nitelendirdiğimiz ve bazı hareket kısıtlarının söz konusu olduğu düğüm noktalarında, düğüm eksen takımının global eksen takımı ile çakışması her zaman mümkün değildir. Şekil 1.6' da çubuk uçlarında farklı düğüm noktası eksen takımları gösterilmektedir. Bu çubuğun çubuk eksen takımı da daha önce Şekil 1.3'de gösterilmiştir.

Düğüm noktası eksen takımlarının global eksen takımından farklı olduğu bir örnek de daha iyi anlaşılması için iki boyutlu olarak Şekil 1.7'de gösterilmektedir.



Şekil 1.6 Düğüm noktası eksen takımları.



Şekil 1.7 Global eksen takımından farklı düğüm noktası eksen takımları.

## 2. TEMEL KAVRAMLAR

### 2.1. Yapı Elemanlarının Gerçek Davranışına Uygun Hesap Modelinin Oluşturulması

Yapının yükleri taşıyan ve bunları mesnetlere aktaran kısmına **taşıyıcı sistem** denir. Bilindiği gibi mekanik bilim dalı hacim ve zaman kavramlarını idealize ederek tanımlar. Hacim 3 boyutla tanımlanan bir kavram olarak ele alınır. Uzayda her nokta  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  eksen takımıyla tanımlanabilir ve bu şekilde belirlenen uzaya **euclid uzayı** denir.

Yapılardaki taşıyıcı sistemi meydana getiren elemanlar da 3 boyutludurlar, bazılarını idealize ederek 2 ve 1 boyutlu olarak ele almak mümkündür. Ancak bu modellemenin gerçek sonuçları tam olarak yansıtmadığı unutulmamalıdır. Şekil 2.1' de taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarına göre sınıflandırılması şematik olarak gösterilmiştir.

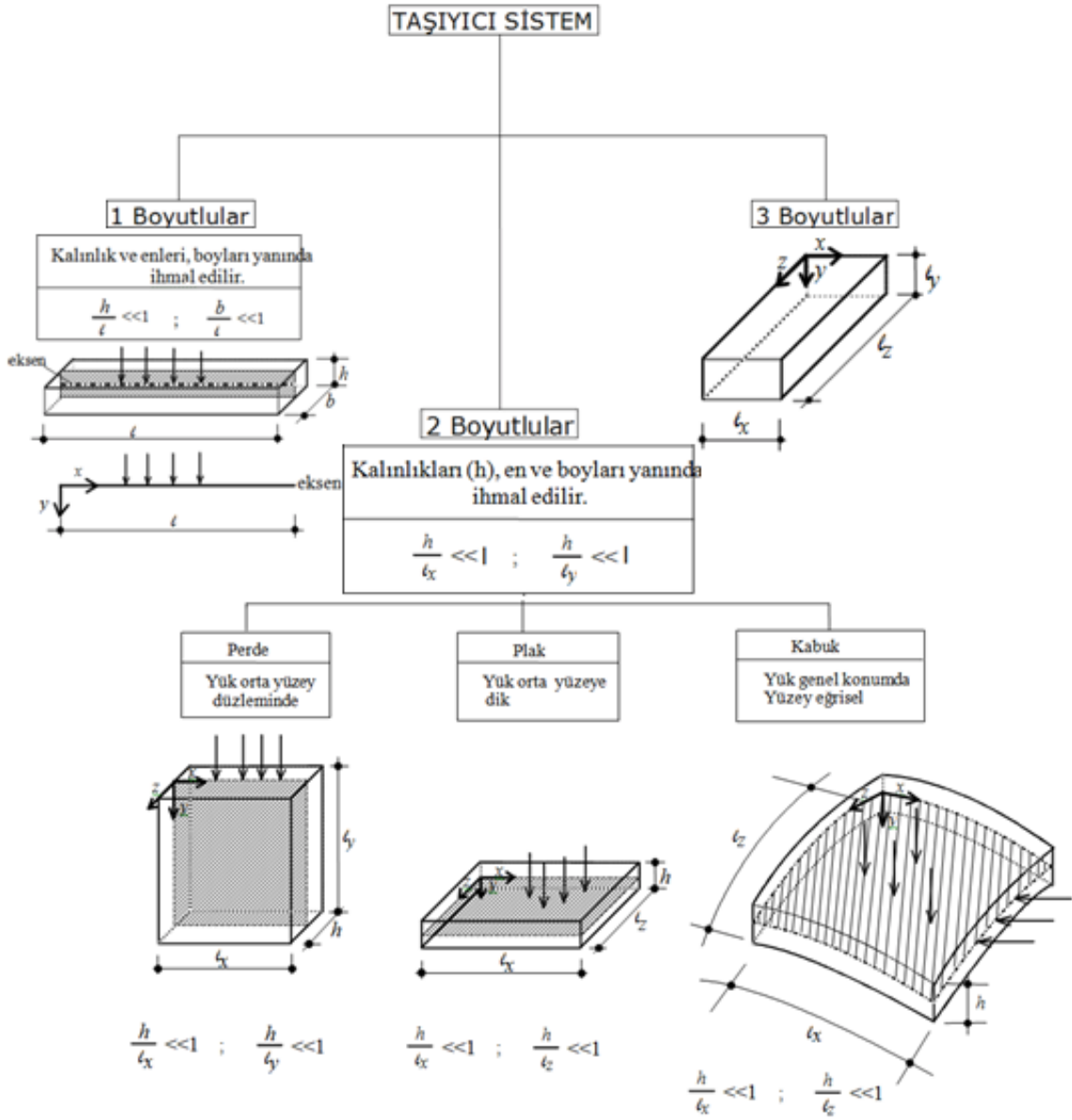
Yapılardaki çubuk sistemleri meydana getiren çubuklar, eksenlerinin geometrisine göre isimlendirilirler: Eğri eksenli çubuklar, doğru eksenli çubuklar...gibi. Ayrıca taşıyıcı sistemler de kendilerini meydana getiren çubukların, yani elemanlarının eksenlerinin konumuna göre iki ayrı grupta incelenirler. Bunlardan biri **uzaysal çubuk taşıyıcılarıdır**; çubuklarının eksenleri uzayda, tamamen genel konumdadır. Diğer grup ise **düzlemsel çubuk taşıyıcılarıdır**; bu tür taşıyıcılarda çubuk eksenlerinin hepsi aynı düzlemedir. Bu düzlem aynı zamanda çoğu kere kuvvetlerin etki ettiği düzlemdir.

### 2.2. Taşıyıcı Sistem Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

Yapısal tasarımda en önemli aşama taşıyıcı sistem elemanlarının gerçek davranışlarını yansıtan en uygun modelin belirlenmesidir. Bu şekilde elde edilen eşdeğer sistemin (modelin) davranışı, gerçek sistemin davranışına yakın olacaktır. Aşağıda uygun taşıyıcı sistemin belirlenmesi ve modellenmesi konusunda dikkat edilmesi gereken noktalar kısaca özetlenmiştir:

Taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar:

- Kesit boyutları ve malzeme seçimi için ön hesaplar yapılmalıdır.
- Taşıyıcı sistem faydalı yükten çok, öz ağırlığını taşımak zorundadır.
- Planda her iki doğrultudaki rijitlikler dengeli dağıtılmalıdır.
- Gerektiğinde yatay yükleri karşılamak üzere yeterli miktarda perde kullanılmalı ve perdeler dengeli yerleştirilmelidir.
- Planda ve yapı yüksekliği boyunca süreksizlikten kaçınılmalıdır.
- Taşıyıcı sistemin hiperstatiklik derecesi yüksek olmalıdır. Daha önce de değinildiği gibi bunun iki önemli nedeni vardır: Emniyet ve ekonomi.



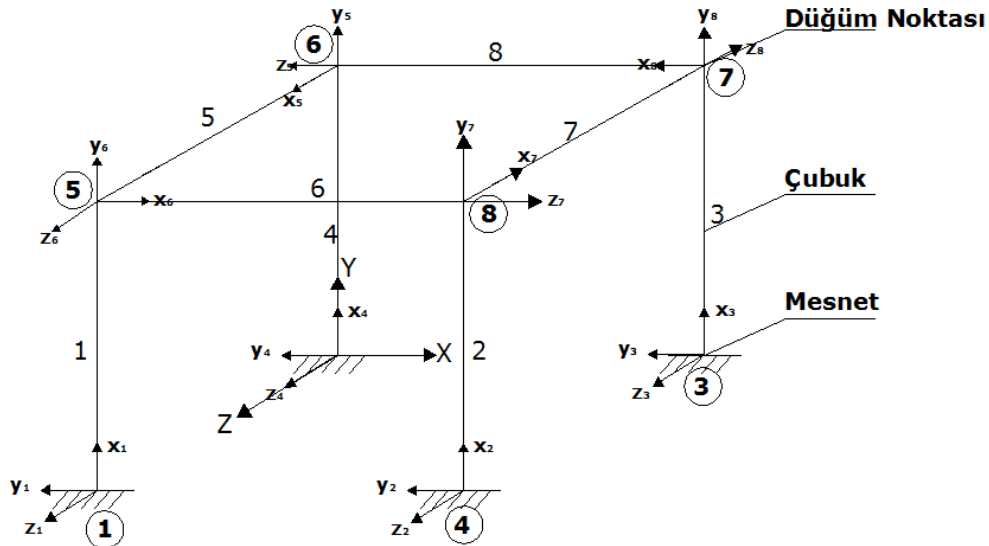
Şekil 2.1 Taşıyıcı sistemlerin sınıflandırılması.

### 3. ÇERÇEVELERİN ÜÇ BOYUTLU MODELLENMESİ

Yapı sistemleri bilindiği gibi 3 boyutlu olarak modellenmelidir. Bunun nedeni 1 ve 2 boyutlu modellemeler yapıldığında sonuçların gerçek sonuçları yaklaşık olarak vermesidir. 3 boyutlu modellemede ise eşdeğer model gerçek yapıya uyum sağlamakta ve sonuçlar gerçeğe çok yakın olmaktadır. 3 boyutlu modellemenin nasıl yapılacağı Şekil 3.1’ de sistematik olarak gösterilmiştir. Şekil 3.1’ de düğüm noktaları ve çubuklar numaralandırılmıştır. Bu numara keyfi bir numaralandırmadır. Fakat işlemlerin kolaylığı açısından ve sonuç aşamasının doğru olarak yorumlanması için belirli bir sistematığın olması tavsiye edilir. Mesnet olarak gösterilen noktalar da aslında düğüm noktasıdır. Fakat bu düğüm noktaları diğer düğüm noktalarına göre farklı özelliklere sahiptir. Mesnetler hareket kısıtları tanımlanmış özel düğüm noktalarıdır.

Üç boyutlu yapı geometrisinin modellenmesi genel olarak iki adımdan ibarettir:

1. Düğüm noktalarının tanımlanması ve konumlarının belirlenmesi gerekir.
2. Düğüm noktaları arasındaki bağlantıların baştan sona tanımlanarak yani referans düğüm (i) ile referans olmayan düğüm (k)’nın belirlenmesi ile çubuk elemanların modellenmesi gerekir.



Şekil 3.1 Üç boyutlu modelleme sistematığı. (Çubuk eksenleri referans düğümlere yerleştirilmiştir.)

3 boyutlu yapı sistemlerini tanımlayabilmemiz için kullanacağımız terimleri kısaca açıklayacak olursak;

- **Çubuk:** İki boyutu üçüncü boyutuna göre daha küçük olan yapı elemanlarıdır. (m= Çubuk sayısı)
- **Çubuk numarası:** Çubuklara belirli bir sistematikte verilen numaradır. (Örn: kolon, kiriş, diyagonal çubuklar özelliklerine göre numaralanabilir.
- **Düğüm noktası:** Çubukların bağlandığı birleşme noktalarıdır.
- **Düğüm numarası:** Düğüm noktalarına belirli bir sistematikte verilen numaradır.
- **Mesnet:** Hareket kısıtlarının olduğu düğüm noktasıdır.
- **Çerçeve:** Çubuklardan ve düğüm noktalarından oluşan taşıyıcı sistemlerdir. Kafes sistemlerden farkı düğüm noktalarının dönme serbestliğinin olması ve çubukların eksenel kuvvet yanında, kesme kuvveti ve moment taşımasıdır.
- **Serbestlik derecesi:** Sistemdeki düğüm noktalarının yapabileceği hareketlerin toplam sayısıdır. Diğer anlamda sistemin çözümü için gerekli denklem sayısıdır.
- **Hiperstatiklik derecesi:** Sistemin çubuk ucu kuvvetlerinin çözümü için eksik kalan denklem sayısıdır. ( $HD=6.m-SD$ )
- **Referans Düğüm Noktası:** Çubuk eksen takımının yerleştirildiği düğüm noktasıdır.

#### 4. STİFNES METODU (DEPLASMAN METODU)

Çubuk sistemlerin hesabında sıklıkla kullanılan bu yöntemde, bilinmeyen olarak düğüm noktası serbestlikleri bulunmaktadır.

##### 4.1. Stifnes Metodunun Avantajları

Stifnes metodunun günümüzde en yaygın metodlardan biri olmasının sebebi birçok avantajının olmasıdır. Bu avantajları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

1. Tek bir teorisi vardır.
2. Her sisteme uyabilir.
3. Sistem basit elemanlara(özelliklerini bildiğimiz) bölünerek tüm sistemin çözümü bulunabilmektedir.
4. Stifnes metodu programlama için kuvvet metoduna göre daha sistematik bir formülasyon ortaya koyar ve bu sistematik bilgisayarın performansında önemli rol oynar.

##### 4.2. Stifnes Metodunun Dezavantajları

Bilindiği gibi her metodun avantajının olduğu kadar dezavantajı da vardır. Fakat bu dezavantajlar, avantajlara nazaran ciddi bir rol oynamıyorsa, kabul edilebilir ve metod

uygulanabilir. Stifnes metodunun da bu şekilde dezavantajları vardır ve bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Denklem takımları ve parametreleri kurmak zaman alır.
2. Sistemin çözümü için oluşturulan singuler matrisleri tek bir nonsinguler matris haline getirmek için farklı metodlar kullanılır(Örn: Direk toplama metodu).
3. Komplike sistemlerde (Örn: Plak, Kabuk, Eğri eksenli çubuklar, değişken kesitli çubuklar v.b) bilinmeyen sayısı ve işlem sayısı artar. (Kuvvet metodu avantaj sağlar.)

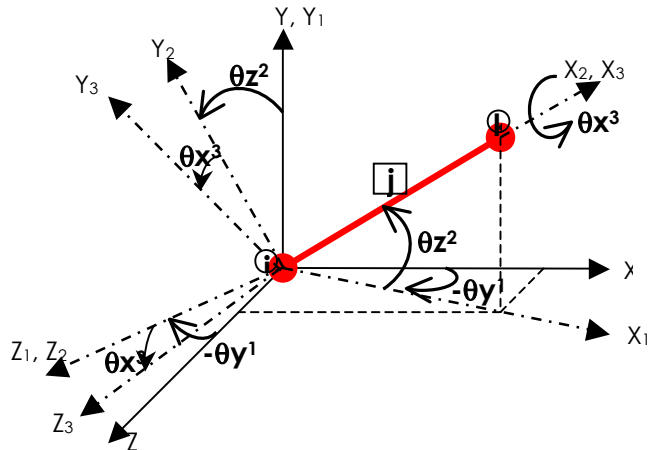
Ancak tüm bu dezavantajlara karşın, bizim için en büyük avantaj olan bilgisayar yazılımında sağladığı kolaylık ve uyum sebebiyle en çok tercih edilen ve günümüzün yükselen analiz metodudur.

### 4.3. Teorik Bilgiler

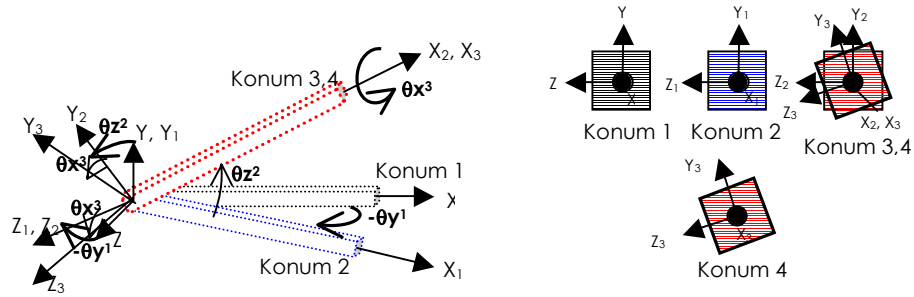
#### 4.3.1. Düğüm noktası deplasmanları ve çubuk ucu kuvvetleri

X, Y, Z global eksen takımı olmak üzere;  $\theta y^1$ ,  $\theta z^2$ ,  $\theta x^3$  referans düğüm noktası açılarıdır. Bu şekilde çubuğun i referans ucuna global eksen takımını yerleştirip, Y eksenini etrafında  $-\theta y^1$  kadar döndürürüz. Artık oluşan yeni eksen takımı  $X_1, Y_1, Z_1$  dir. Daha sonra oluşan eksen takımını pozitif (+)  $Z_1$  eksenini yönünde  $\theta z^2$  kadar döndürürsek, oluşan yeni eksen takımı  $X_2, Y_2, Z_2$  dir. Bu durumda  $X_2$  eksenini çubuk eksenini ile çakışmış durumdadır.  $Y_2$  ve  $Z_2$  eksenleri  $Y_3$  ve  $Z_3$  asal eksenleri ile çakışacak şekilde bu eksen takımını  $X_2$  eksenini etrafında  $\theta x^3$  kadar döndürülerek  $X_3, Y_3, Z_3$  çubuk eksen takımı bulunur.

Çubuk kesitinin  $Y_3$ - $Z_3$  eksen takımına göre tarif edilen  $I_{Z_3}$  ve  $I_{Y_3}$  atalet momentleri kesitin en büyük ve en küçük atalet momentleridir. Bu nedenle  $Y_3$  ve  $Z_3$  eksenlerine **asal eksenler** denilir.



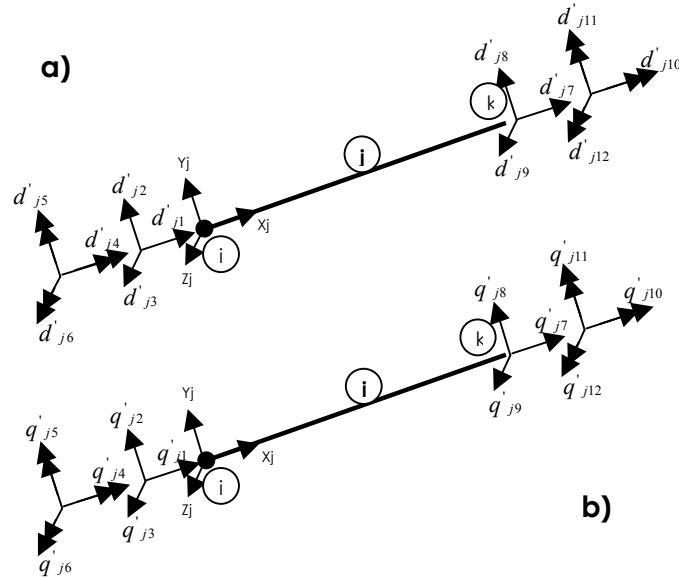
Şekil 4.1 Global eksen takımını çubuk eksen takımına dönüştürme.



Şekil 4.2 Global eksen takımını çubuk eksen takımına 3 boyutlu olarak dönüştürme

Şekil 4.2' de "Konum 4" çubuk kesitinin eksen takımı olarak son halini göstermektedir. Çubuk eksen takımı böylece  $X_3, Y_3, Z_3$  olmuştur.

Buna göre her bir  $j$  çubuk elemanı için  $i$  (referans) ve  $k$  (referans olmayan) düğüm noktalarında çubuk eksen takımına göre düğüm noktası deplasmanları ve çubuk ucu kuvvetleri Şekil 4.3' de gösterilmektedir:



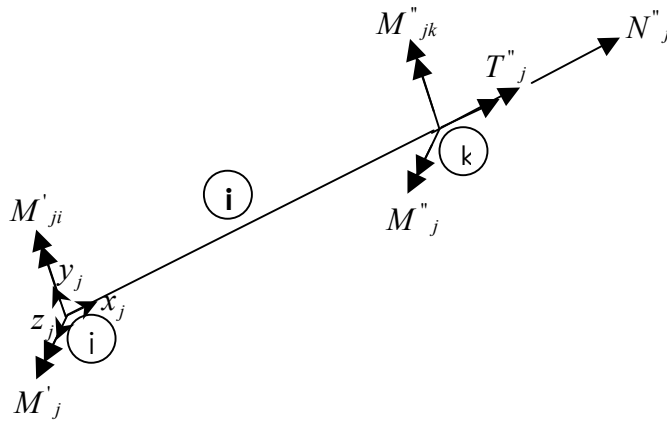
Şekil 4.3 Herhangi bir  $j$  çubuk elemanı için çubuk ucu eksen takımına göre a) düğüm noktası deplasmanları, b) çubuk ucu kuvvetleri.

Çubuk eksen takımına göre çubuk ucu deplasmanları ve çubuk ucu kuvvetleri  $i$  referans düğüm noktasından başlayarak sırayla numaralandırılırlar. Ötelenmeler ile kuvvetler  $X_j, Y_j, Z_j$  doğrultularında 1, 2, 3 diye numaralandırılır. Sonra da dönmeler ile momentler yine aynı doğrultularda 4, 5, 6 diye numaralandırılırlar. Bu numaralandırma sistemi  $k$  referans olmayan

ucunda da benzer şekilde  $X_j, Y_j, Z_j$  doğrultularında ötelenmeler ve kuvvetler 7, 8, 9 diye numaralandırılır. Sonra da dönmeler ile momentler yine aynı doğrultularda 10, 11, 12 diye numaralandırılırlar.

#### 4.3.2. Bağımsız çubuk ucu kuvvetleri

Şekil 4.4' de 3 boyutlu sistemlerde bağımsız çubuk ucu kuvvetleri gösterilmektedir.



Şekil 4.4 Bağımsız çubuk ucu kuvvetleri.

Bağımsız çubuk ucu kuvvetlerinin, lokal eksene göre çubuk ucu kuvvetleri cinsinden vektörel ifadesi aşağıdaki gibi olur:

$$\tilde{f} = \begin{bmatrix} N''_j \\ M'_{jz} \\ M''_{jk} \\ T''_j \\ M'_{ji} \\ M''_{jk} \end{bmatrix} \quad \text{ve aynı zamanda} \quad \tilde{f} = \begin{bmatrix} q'_{j7} \\ q'_{j6} \\ q'_{j12} \\ q'_{j10} \\ q'_{j5} \\ q'_{j11} \end{bmatrix} \quad \text{olur.}$$

Bu çubuğa ait 6 denge denklemi yazılarak çubuğa ait geriye kalan 6 çubuk ucu kuvveti olan  $q'_{j1}, q'_{j2}, q'_{j3}$  ve  $q'_{j4}, q'_{j8}, q'_{j9}$  kuvvetleri hesaplanır.



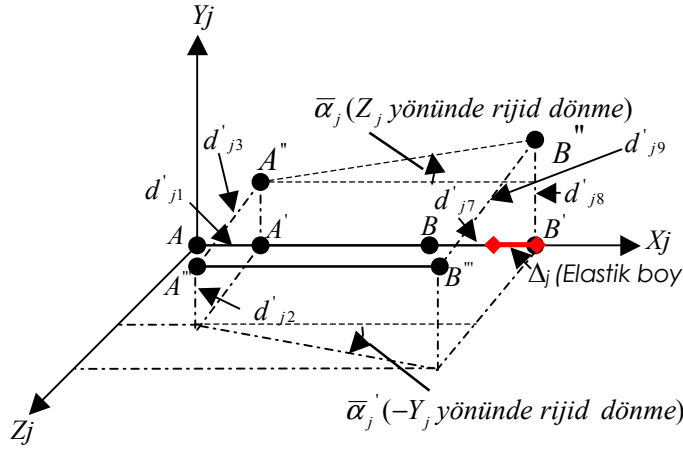
$$\begin{aligned}
\Sigma F_{xj} = 0 &= q'_{j1} + q'_{j7} \\
\Sigma F_{yj} = 0 &= q'_{j2} + q'_{j8} \\
\Sigma F_{zj} = 0 &= q'_{j3} + q'_{j9} \\
\Sigma T_{xj} = 0 &= q'_{j4} + q'_{j10} \\
\Sigma M_{yj} = 0 &= q'_{j5} + q'_{j11} - q'_{j9} x L_j \\
\Sigma M_{zj} = 0 &= q'_{j6} + q'_{j12} + q'_{j8} x L_j \\
\text{ve } q'_{j9} &= \frac{q'_{j5} + q'_{j11}}{L_j}, q'_{j8} = -\frac{q'_{j6} + q'_{j12}}{L_j}
\end{aligned}$$

olacaktır. Buradan da görüleceği üzere  $\tilde{q}'_j$  ve  $\tilde{f}_j$  arasında bir bağıntı kurulabilir. Bu da aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\begin{bmatrix} q'_{j1} \\ q'_{j2} \\ q'_{j3} \\ q'_{j4} \\ q'_{j5} \\ q'_{j6} \\ q'_{j7} \\ q'_{j8} \\ q'_{j9} \\ q'_{j10} \\ q'_{j11} \\ q'_{j12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/L_j & 1/L_j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1/L_j & -1/L_j \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1/L_j & -1/L_j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/L_j & 1/L_j \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} q'_{j7} \\ q'_{j6} \\ q'_{j12} \\ q'_{j10} \\ q'_{j5} \\ q'_{j11} \end{bmatrix} \Rightarrow \tilde{q}'_j = (\bar{B}_j) \cdot \tilde{f}_j$$

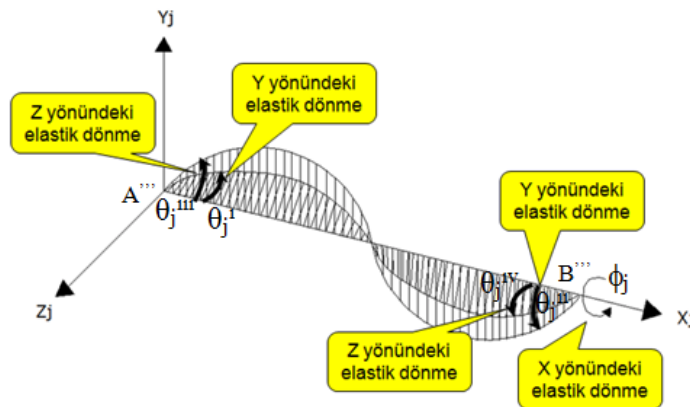
$$\tilde{q}'_j = (\bar{B}_j) \cdot \tilde{f}_j \tag{4.1}$$

### 4.3.3. Elastik çubuk deformasyonları



Şekil 4.5 Çubuk ucu ötelenmeleri, rijid dönmeler ve elastik çubuk boy değişikliği

Çubuk referans ucu (i) A noktasıdır, referans olmayan uç (k) B noktasıdır. Bu çubuğa  $X_j$  ekseninde boyunca referans uca  $d'_{j1}$  ve referans olmayan uca  $d'_{j7}$  kadar deplasman yaptırırsak, oluşacak yeni noktalar  $A'$  ve  $B'$  olacaktır ve çubukta bir elastik boy değişikliği  $\Delta_j$  oluşacaktır. Daha sonra çubuğa  $Y_j$  ekseninde referans uca  $d'_{j2}$  ve referans olmayan uca  $d'_{j8}$  kadar deplasman yaptırırsak, oluşacak yeni noktalar  $A''$  ve  $B''$  olacaktır ve çubuk  $Z_j$  yönünde  $\bar{\alpha}_j$  açısı kadar rijid bir dönmeye sahip olacaktır. Son olarak eksenler doğrultusundaki deplasman formunu tamamlayacak  $Z_j$  ekseninde çubuğa referans uca  $d'_{j3}$  ve referans olmayan uca  $d'_{j9}$  kadar deplasman yaptırırsak, oluşacak yeni noktalar  $A'''$  ve  $B'''$  olacaktır ve çubuk  $Y_j$  ekseninin tersi yönünde  $\bar{\alpha}'_j$  açısı kadar rijid bir dönmeye sahip olacaktır.  $A'''$  ve  $B'''$  referans ve referans olmayan noktalarındaki elastik dönmeler Şekil 4,6'daki gibi gösterilir.



Şekil 4.6 Elastik çubuk dönme deformasyonlarının gösterimi.

Böylece elastik çubuk deformasyonları çubuk eksen takımına göre çubuk ucu deplasmanları cinsinden tarif edilmiş olmaktadır. Elastik çubuk deformasyon tarifleri (4.2)' de gösterilmiştir. Bu ilişkiler yazılırken aşağıdaki uygunluk denklemleri kullanılmıştır:

$$\begin{aligned}\Delta_j &= d'_{j7} - d'_{j1} \\ \theta'_j &= d'_{j6} - \bar{\alpha}_j = d'_{j6} - \frac{d'_{j8} - d'_{j2}}{L_j} \\ \theta''_j &= d'_{j12} - \bar{\alpha}_j = d'_{j12} - \frac{d'_{j8} - d'_{j2}}{L_j} \\ \phi_j &= d'_{j10} - d'_{j4} \\ \theta'''_j &= \bar{\alpha}'_j + d'_{j5} = \frac{d'_{j9} - d'_{j3}}{L_j} + d'_{j5} \\ \theta^{IV}_j &= \bar{\alpha}'_j + d'_{j11} = \frac{d'_{j9} - d'_{j3}}{L_j} + d'_{j11}\end{aligned}$$

Şekil 4.5 ve 4.6'daki j çubuğuna ait şekil değişikliği, rijid ve elastik şekil değişikliklerinden oluşmaktadır. Rijid ve elastik şekil değişiklikleri  $\tilde{d}'_j$  çubuk ucu deplasmanları cinsinden tarif edilebilmektedir. j çubuğunun  $d'_{j1}, d'_{j2}, d'_{j3}$  kadar rijid ötelendiği ve daha sonra  $d'_{j4}, \bar{\alpha}_j, \bar{\alpha}'_j$  kadar rijid döndürüldüğü düşünülürse, i referans düğüm noktasının yeri uzayda belirlenmiş olmaktadır. Bu şekilde rijid şekil değiştirmiş çubuğun boyu  $\Delta_j$  elastik boy değişikliği kadar uzatılırsa çubuğun k referans olmayan düğüm noktasının da konumu uzayda belirlenmiş olur. Daha sonra i düğüm noktasında  $Z_j$  eksenini etrafındaki  $\theta_j^I$  elastik dönmesi,  $Y_j$  eksenini etrafında  $\theta_j^{III}$  elastik dönmesi uygulanırsa ve daha sonra k düğüm noktasında  $X_j$  eksenini etrafında  $\phi_j$  elastik dönmesi,  $Z_j$  eksenini etrafında  $\theta_j^{II}$  elastik dönmesi ve  $Y_j$  eksenini etrafında  $\theta_j^{IV}$  elastik dönmesi uygulanırsa şekil değiştirmiş j çubuğu elde edilmiş olur. Bu şekil değişikliği yukarıda belirtildiği gibi 3 rijid öteleme, 3 rijid dönme ve 6 elastik deformasyon sonucu ortaya çıkmaktadır.

$$\begin{bmatrix} \Delta_j \\ \theta'_j \\ \theta''_j \\ \phi_j \\ \theta'''_j \\ \theta^{IV}_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_j} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -\frac{1}{L_j} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_j} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{L_j} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{L_j} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_j} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{L_j} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_j} & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} d'_{j1} \\ d'_{j2} \\ d'_{j3} \\ d'_{j4} \\ d'_{j5} \\ d'_{j6} \\ d'_{j7} \\ d'_{j8} \\ d'_{j9} \\ d'_{j10} \\ d'_{j11} \\ d'_{j12} \end{matrix} \quad (4.2)$$

$$\tilde{\beta} = (\bar{B}_j)^T \cdot \tilde{d}'_j$$

Buradan hareketle bağımsız çubuk ucu kuvvetleri elastik çubuk deformasyonları cinsinden aşağıdaki gibi yazılır:

$$N'_j = \left(\frac{AE}{L}\right)_j \Delta_j$$

$$M'_j = \left(\frac{EI_z}{L}\right)_j (4\theta'_j + 2\theta''_j)$$

$$M''_j = \left(\frac{EI_z}{L}\right)_j (2\theta'_j + 4\theta''_j)$$

$$T'_j = \left(\frac{GJ}{L}\right)_j \phi_j$$

$$M'_{ji} = \left(\frac{EI_y}{L}\right)_j (4\theta''_j + 2\theta^v_j)$$

$$M''_{jk} = \left(\frac{EI_y}{L}\right)_j (2\theta''_j + 4\theta^v_j)$$

Yukarıdaki tariflerde  $(AE/L)$  çubuğun yay sabitidir.  $EI_z$  ve  $EI_y$ 'ye çubuğun eğilme rijitlikleri,  $GJ$ 'ye de çubuğun burulma rijitliği denir. Çubuk eksen takımında çubuk kesiti düzlemindeki  $Y_j$ - $Z_j$  asal eksenler olup,  $I_y$  ve  $I_z$  atalet momentleri de asal atalet momentleridir. Bu nedenle de çubuktaki eğilme düz eğilme olmaktadır.

$$\tilde{f}_j = \begin{bmatrix} N''_j \\ M'_j \\ M''_j \\ T'_j \\ M'_{ji} \\ M''_{jk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{4EI_z}{L} & \frac{2EI_z}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2EI_z}{L} & \frac{4EI_z}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_y}{L} & \frac{2EI_y}{L} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_y}{L} & \frac{4EI_y}{L} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Delta_j \\ \theta'_j \\ \theta''_j \\ \phi_j \\ \theta^v_j \\ \theta^v_j \end{bmatrix}$$

$$\tilde{f}_j = (K)_j \cdot \tilde{\beta}_j \quad (4.3)$$

(4.1), (4.2) ve (4.3) numaralı bağıntılarını alt alta yazarsak (4.4) ilişkisinin elde edilebileceği kolaylıkla görülmektedir.

$$\tilde{q}'_j = (\bar{B}_j) \cdot \tilde{f}_j \quad (4.1)$$

$$\tilde{\beta}_j = (\bar{B}_j)^T \cdot \tilde{d}'_j \quad (4.2)$$

$$\tilde{f}_j = (K)_j \cdot \tilde{\beta}_j \quad (4.3)$$

$$\tilde{q}'_j = (\bar{B}_j) \cdot (K)_j \cdot (\bar{B}_j)^T \cdot \tilde{d}'_j \quad (4.4)$$

#### 4.3.4. Lokal rijitlik matrisi

Denklem (4.4)'de görülen  $(\bar{B}_j).(K)_j.(\bar{B}_j)^T$  matris çarpımı her bir j çubuk elemanı için stifnes (rijitlik) matrisi olan  $(s'_j)$  matrisini vermektedir. Çubuk ucu kuvvetlerinin tarifi aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$s'_j = (\bar{B}_j).(K)_j.(\bar{B}_j)^T$$

$$\tilde{q}'_j = (s'_j).\tilde{d}'_j \quad (4.5)$$

(4.5) ifadesindeki  $(s'_j)$  matrisi çubuk eksen takımına göre çubuk rijitlik matrisidir (Lokal rijitlik matrisi).

$$\left[ \begin{array}{cccccccccccc} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & 0 & -\frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{L^2} \\ 0 & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{L^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{4EI_y}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{2EI_y}{L} & 0 \\ 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_z}{L} \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} \\ 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{L^3} & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{2EI_y}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{4EI_y}{L} & 0 \\ 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{L} \end{array} \right]$$

(s'\_j)

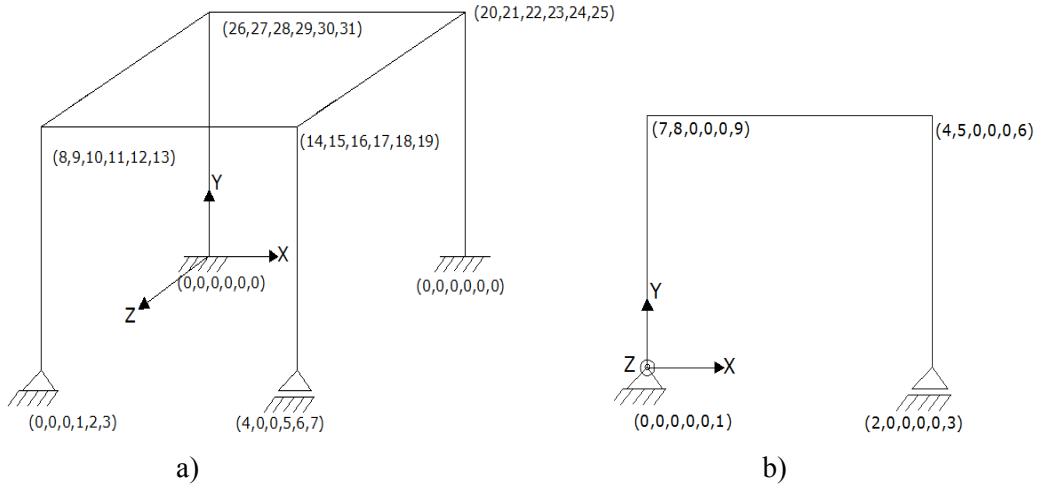
$(s'_j)$  matrisinin özellikleri:

- Simetriktir.
- Kare matristir.
- Boyutu 12x12 dir.
- Tekildir (Singulerdir).

#### 4.3.5. Serbestlik derecesi

Sistem elemanlarının bağlı oldukları düğüm noktaları 3 boyutlu **euclid uzayında** tanımlıdır. Dolayısıyla her düğüm noktası için altı serbestlik tanımlanır. Üçü öteleme (yer değiştirme;  $U_x, U_y, U_z$ ) diğer üçü ise dönme (açısal yer değiştirme;  $R_x, R_y, R_z$ ) serbestliğidir. Düzlemde ise bu sayı üçtür. Mesnet şartları ve düğüm noktası serbestlikleri tanımlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, sistemin stabilitesini bozmayacak şekilde söz konusu serbestliklerin belirlenmesidir. Kısıtlanan serbestlikler doğrultusunda yük, deplasman gibi büyüklükler tanımlanamaz. Şekil 4.7' de bir çerçeve üzerinde düğüm noktası serbestlikleri ve mesnet şartları gösterilmiştir.

Serbestlik derecesi (SD);  $U_x, U_y, U_z, R_x, R_y, R_z$  'lerin toplam sayısıdır.



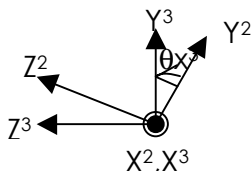
**Şekil 4.7** Düğüm noktası serbestlikleri ve mesnet şartları **a) Uzayda. b) Düzlemde.**

Şekil 4.7.a' da sistemin serbestlik derecesi  $SD=31$  dir. Her düğüm noktası için hareket kısıtları, sıfır(0) değeri verilerek sağlanmıştır. Bilinmelidir ki; Her serbestlik sırasıyla numaralandırılmalıdır. Bu sıra X, Y, Z şeklinde sistematik olarak yapılacaktır. Örnek olarak ele alınan uzay çerçeve (3 boyutlu çerçeve) sistemde sabit olan mesnet için  $U_x=0, U_y=0, U_z=0$  ve  $R_x=1, R_y=2, R_z=3$  şeklinde numaralanmıştır. Şekil 4.7.b'deki sistem iki boyutlu olup şekil üzerinde serbestlikler gösterilmiştir ve serbestlik derecesi  $SD=9$ 'dur.

#### 4.3.6. Çubuk ucu kuvvetleri için rotasyon matrisinin oluşturulması

Bilindiği üzere bizim aradığımız kesit zorları, düğüm noktası eksen takımına göre oluşan kesit zorlarıdır. Ancak burada oluşturduğumuz ifade çubuk eksen takımına göre oluşan kesit

zorlarıdır. Bu nedenle (4.5) numaralı denklemi buna göre düzenlemek gerekecektir. Şöyle ki; çubuğun i ve k düğümlerindeki bu çubuk ucu kuvvetleri eksen dönüşümleri yapılarak bu düğümlerdeki düğüm eksen takımlarına göre ifade edileceklerdir. Bununla ilgili bağıntı ve kabuller aşağıda gösterilmiştir:



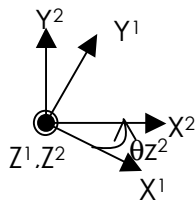
a)

$$q^2_{j1} = q^3_{j1}$$

$$q^2_{j2} = q^3_{j2} \cos \theta_x^3 - q^3_{j3} \sin \theta_x^3$$

$$q^2_{j3} = q^3_{j3} \cos \theta_x^3 + q^3_{j2} \sin \theta_x^3$$

$$\Gamma_j^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x^3 & -\sin \theta_x^3 \\ 0 & \sin \theta_x^3 & \cos \theta_x^3 \end{bmatrix}$$



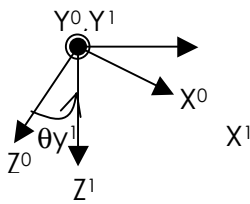
b)

$$q^1_{j1} = q^2_{j1} \cos \theta_z^2 - q^2_{j2} \sin \theta_z^2$$

$$q^1_{j2} = q^2_{j1} \sin \theta_z^2 + q^2_{j2} \cos \theta_z^2$$

$$q^1_{j3} = q^2_{j3}$$

$$\Gamma_j^1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_z^2 & -\sin \theta_z^2 & 0 \\ \sin \theta_z^2 & \cos \theta_z^2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



c)

$$q^0_{j1} = q^1_{j1} \cos \theta_y^1 + q^1_{j3} \sin \theta_y^1$$

$$q^0_{j2} = q^1_{j2}$$

$$q^0_{j3} = q^1_{j3} \cos \theta_y^1 - q^1_{j1} \sin \theta_y^1$$

$$\Gamma_j^0 = \begin{bmatrix} \cos \theta_y^1 & 0 & \sin \theta_y^1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_y^1 & 0 & \cos \theta_y^1 \end{bmatrix}$$

**Şekil 4.8.** a)  $X^3$ - $Y^3$ - $Z^3$  ekseninin  $X^2$ - $Y^2$ - $Z^2$  eksenine dönüşümü, b)  $X^2$ - $Y^2$ - $Z^2$  ekseninin  $X^1$ - $Y^1$ - $Z^1$  eksenine dönüşümü, c)  $X^1$ - $Y^1$ - $Z^1$  ekseninin  $X^0$ - $Y^0$ - $Z^0$  eksenine dönüşümü

Şekil 4.8'de i düğüm noktasındaki  $q^3_{j1}, q^3_{j2}, q^3_{j3}$  çubuk ucu kuvvetleri  $X^3, Y^3, Z^3$  eksen takımına göre yani çubuk eksen takımına göre tarif edilmektedir. Bu çubuk ucu kuvvetleri Şekil 4.8.a, b, c'de gösterilen dönüşümler ile  $q^0_{j1}, q^0_{j2}, q^0_{j3}$  çubuk ucu kuvvetlerini tarif

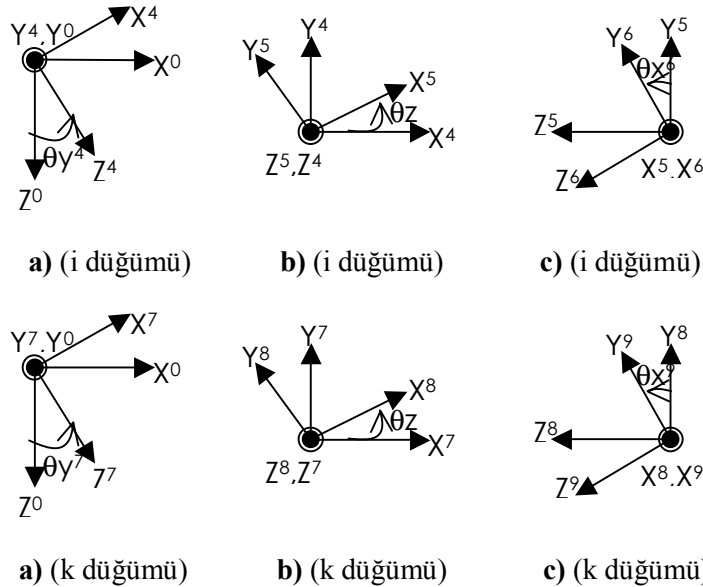
etmede kullanılırlar. Benzer şekilde  $i$  düğüm noktasındaki  $q^3_{j4}, q^3_{j5}, q^3_{j6}$  çubuk ucu momentleri de  $q^0_{j4}, q^0_{j5}, q^0_{j6}$  çubuk ucu momentlerin tarifinde kullanılırlar.  $k$  düğüm noktasındaki  $q^3_{j7}, q^3_{j8}, q^3_{j9}$  çubuk ucu kuvvetleri de  $q^0_{j7}, q^0_{j8}, q^0_{j9}$  çubuk ucu kuvvetlerinin tarifi için kullanılırken,  $q^3_{j10}, q^3_{j11}, q^3_{j12}$  çubuk ucu momentleri de  $q^0_{j10}, q^0_{j11}, q^0_{j12}$  çubuk ucu momentlerin tarifinde kullanılır. Bu dönüşümleri aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür:

$$(\Gamma_j) = \Gamma_j^0 \cdot \Gamma_j^1 \cdot \Gamma_j^2 \quad (4.6)$$

$$(\bar{R}_j) = \begin{bmatrix} (\Gamma_j) & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & (\Gamma_j) & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & (\Gamma_j) & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & (\Gamma_j) \end{bmatrix}_{12 \times 12} \quad (4.7)$$

$$\tilde{q}_j^0 = (\bar{R}_j) \cdot \tilde{q}_j^3 \quad (4.8)$$

(4.8) ifadesinde  $\tilde{q}_j^3$  çubuk eksen takımına göre çubuk ucu kuvvetlerinin,  $\tilde{q}_j^0$  global eksen takımına göre çubuk ucu kuvvetlerine dönüşümü yer almaktadır. Daha sonra  $i$  ve  $k$  düğüm noktalarında Şekil 4.9'daki eksen dönüşümleri ile  $\tilde{q}_j^0$  global eksen takımına göre tarif edilen çubuk ucu kuvvetleri kullanılarak,  $\tilde{q}_j$  düğüm eksen takımlarına göre tarif edilen çubuk ucu kuvvetleri tarif edilir.



Şekil 4.9 Global eksen takımından düğüm eksen takımlarına dönüşüm



Şekil 4.9'daki eksen dönüşümleri için Şekil 4.8'e benzer rotasyon matrisleri aşağıdaki gibi tarif edilmektedir:

$$\left. \begin{aligned}
 \Gamma_j^4 &= \begin{bmatrix} \cos \theta_y^4 & 0 & -\sin \theta_y^4 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_y^4 & 0 & \cos \theta_y^4 \end{bmatrix} & \Gamma_j^7 &= \begin{bmatrix} \cos \theta_y^7 & 0 & -\sin \theta_y^7 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_y^7 & 0 & \cos \theta_y^7 \end{bmatrix} \\
 \Gamma_j^5 &= \begin{bmatrix} \cos \theta_z^5 & \sin \theta_z^5 & 0 \\ -\sin \theta_z^5 & \cos \theta_z^5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & \Gamma_j^8 &= \begin{bmatrix} \cos \theta_z^8 & \sin \theta_z^8 & 0 \\ -\sin \theta_z^8 & \cos \theta_z^8 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 \Gamma_j^6 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x^6 & \sin \theta_x^6 \\ 0 & -\sin \theta_x^6 & \cos \theta_x^6 \end{bmatrix} & \Gamma_j^9 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x^9 & \sin \theta_x^9 \\ 0 & -\sin \theta_x^9 & \cos \theta_x^9 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \right\} \quad (4.9)$$

Global eksenlere göre çubuk ucu kuvvetlerini lokal eksenlere göre çubuk ucu kuvvetleri cinsinden yazmak için (4.6) tarifleri ve aşağıdaki tarifler göz önüne alınarak (4.11) ifadesindeki  $(R_j)$  rotasyon matrisi tarif edilir:

$$\left. \begin{aligned}
 \Gamma_{ji} &= \Gamma_j^6 \cdot \Gamma_j^5 \cdot \Gamma_j^4 \\
 \Gamma_{jk} &= \Gamma_j^9 \cdot \Gamma_j^8 \cdot \Gamma_j^7
 \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

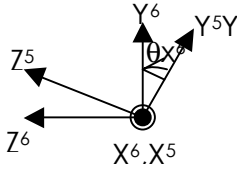
$$(R)_j = \begin{bmatrix} (\Gamma_{ji}) \cdot (\Gamma_j) & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & (\Gamma_{ji}) \cdot (\Gamma_j) & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & (\Gamma_{jk}) \cdot (\Gamma_j) & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & (\Gamma_{jk}) \cdot (\Gamma_j) \end{bmatrix}_{12 \times 12} \quad (4.11)$$

Böylece (4.5) ifadesinde tarif edilen  $\tilde{q}'_j$  çubuk eksen takımına göre çubuk ucu kuvvetleri, (4.11) ifadesindeki  $(R_j)$  rotasyon matrisi ile çarpılarak  $\tilde{q}_j$  düğüm eksen takımına göre çubuk ucu kuvvetlerine dönüşmüş olmaktadır. Şekil 4.8'deki  $\tilde{q}^3_j$  çubuk ucu kuvvetinin,  $\tilde{q}'_j$  çubuk ucu kuvvetinin eşdeğeri olduğu unutulmamalıdır. Bu dönüşüm aşağıdaki ilişki ile gerçekleşmektedir.

$$\tilde{q}_j = (R_j) \cdot \tilde{q}^3_j \equiv (R_j) \cdot \tilde{q}'_j \quad (4.12)$$

### 4.3.7. Dügüm noktası deplasmanları için rotasyon matrisinin oluşturulması

Bölüm (4.3.6)'da bahsedilen rotasyon matrislerinin transpozları deplasmanlar için de geçerli olacaktır. Bu matrislerin elde edilmesi için Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'deki dönüşümler yapılmalıdır.



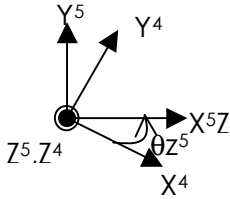
a) (i düğümü)

$$d^5_{j1} = d^6_{j1}$$

$$d^5_{j2} = d^6_{j2} \cos \theta_x^6 - d^6_{j3} \sin \theta_x^6$$

$$d^5_{j3} = d^6_{j2} \sin \theta_x^6 + d^6_{j3} \cos \theta_x^6$$

$$(\Gamma_j^6)^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x^6 & -\sin \theta_x^6 \\ 0 & \sin \theta_x^6 & \cos \theta_x^6 \end{bmatrix}$$



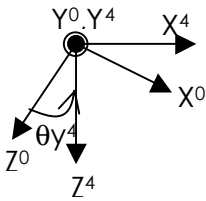
b) (i düğümü)

$$d^4_{j1} = d^5_{j1} \cos \theta_z^5 - d^5_{j2} \sin \theta_z^5$$

$$d^4_{j2} = d^5_{j1} \sin \theta_z^5 + d^5_{j2} \cos \theta_z^5$$

$$d^4_{j3} = d^5_{j3}$$

$$(\Gamma_j^5)^T = \begin{bmatrix} \cos \theta_z^5 & -\sin \theta_z^5 & 0 \\ \sin \theta_z^5 & \cos \theta_z^5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



c) (i düğümü)

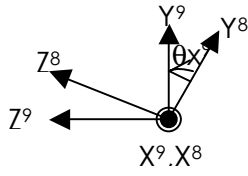
$$d^0_{j1} = d^4_{j1} \cos \theta_y^4 + d^4_{j3} \sin \theta_y^4$$

$$d^0_{j2} = d^4_{j2}$$

$$d^0_{j3} = d^4_{j3} \cos \theta_y^4 - d^4_{j1} \sin \theta_y^4$$

$$(\Gamma_j^4)^T = \begin{bmatrix} \cos \theta_y^4 & 0 & \sin \theta_y^4 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_y^4 & 0 & \cos \theta_y^4 \end{bmatrix}$$

Şekil 4.10. a)  $X^6$ - $Y^6$ - $Z^6$  ekseninin  $X^5$ - $Y^5$ - $Z^5$  eksenine dönüşümü, b)  $X^5$ - $Y^5$ - $Z^5$  ekseninin  $X^4$ - $Y^4$ - $Z^4$  eksenine dönüşümü, c)  $X^4$ - $Y^4$ - $Z^4$  ekseninin  $X^0$ - $Y^0$ - $Z^0$  eksenine dönüşümü



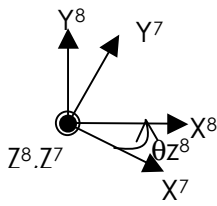
a) (k düğümü)

$$d^8_{j1} = d^9_{j1}$$

$$d^8_{j2} = d^9_{j2} \cos \theta_x^9 - d^9_{j3} \sin \theta_x^9$$

$$d^8_{j3} = d^9_{j2} \sin \theta_x^9 + d^9_{j3} \cos \theta_x^9$$

$$(\Gamma_j^9)^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x^9 & -\sin \theta_x^9 \\ 0 & \sin \theta_x^9 & \cos \theta_x^9 \end{bmatrix}$$



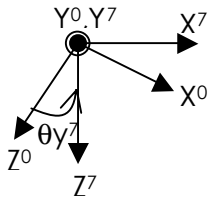
b) (k düğümü)

$$d^7_{j1} = d^8_{j1} \cos \theta_z^8 - d^8_{j2} \sin \theta_z^8$$

$$d^7_{j2} = d^8_{j1} \sin \theta_z^8 + d^8_{j2} \cos \theta_z^8$$

$$d^7_{j3} = d^8_{j3}$$

$$(\Gamma_j^8)^T = \begin{bmatrix} \cos \theta_z^8 & -\sin \theta_z^8 & 0 \\ \sin \theta_z^8 & \cos \theta_z^8 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



c) (k düğümü)

$$d^0_{j1} = d^7_{j1} \cos \theta_y^7 + d^7_{j3} \sin \theta_y^7$$

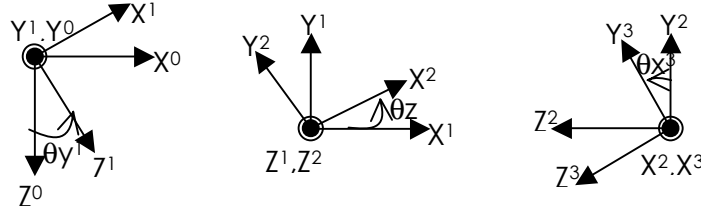
$$d^0_{j2} = d^7_{j2}$$

$$d^0_{j3} = d^7_{j3} \cos \theta_y^7 - d^7_{j1} \sin \theta_y^7$$

$$(\Gamma_j^7)^T = \begin{bmatrix} \cos \theta_y^7 & 0 & \sin \theta_y^7 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_y^7 & 0 & \cos \theta_y^7 \end{bmatrix}$$

Şekil 4.11. a)  $X^9$ - $Y^9$ - $Z^9$  ekseninin  $X^8$ - $Y^8$ - $Z^8$  eksenine dönüşümü, b)  $X^8$ - $Y^8$ - $Z^8$  ekseninin  $X^7$ - $Y^7$ - $Z^7$  eksenine dönüşümü, c)  $X^7$ - $Y^7$ - $Z^7$  ekseninin  $X^0$ - $Y^0$ - $Z^0$  eksenine dönüşümü.

Şekil 4.10 ve 4.11'de i ve k düğüm noktalarında düğüm eksen takımına göre tarif edilen  $\tilde{d}_j$  çubuk ucu deplasmanları,  $\tilde{d}_j^0$  global eksenlere göre tarif edilen çubuk ucu deplasmanlarına dönüştürülmüştür. i düğüm noktasında  $d_{j1} - d_{j6}$  çubuk ucu deplasmanlarının  $d^6_{j1} - d^6_{j6}$  çubuk ucu deplasmanları ile eşdeğer olduğu, k düğüm noktasında ise  $d_{j7} - d_{j12}$  çubuk ucu deplasmanlarının  $d^9_{j7} - d^9_{j12}$  çubuk ucu deplasmanları ile eşdeğer olduğu unutulmamalıdır. Son olarak  $\tilde{d}_j^0$  global eksen takımına göre tarif edilen çubuk ucu deplasmanları  $\tilde{d}_j'$  çubuk ucu deplasmanlarına dönüştürülecektir.  $\tilde{d}_j'$  çubuk ucu deplasmanları ile  $\tilde{d}_j^3$  çubuk ucu deplasmanları da eşdeğerdir. Bu dönüşümler Şekil 4.12'deki gibi yapılacaktır:



a) (i ve k düğümleri)      b) (i ve k düğümleri)      c) (i ve k düğümleri)

**Şekil 4.12** Global eksen takımından çubuk eksen takımına dönüşüm.

Şekil 4.12'deki eksen dönüşümlerinden aşağıdaki rotasyon matrisleri elde edilir:

$$\left. \begin{aligned}
 (\Gamma_j^0)^T &= \begin{bmatrix} \cos \theta_y^1 & 0 & -\sin \theta_y^1 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_y^1 & 0 & \cos \theta_y^1 \end{bmatrix} \\
 (\Gamma_j^1)^T &= \begin{bmatrix} \cos \theta_z^2 & \sin \theta_z^2 & 0 \\ -\sin \theta_z^2 & \cos \theta_z^2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 (\Gamma_j^2)^T &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x^3 & \sin \theta_x^3 \\ 0 & -\sin \theta_x^3 & \cos \theta_x^3 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \right\} \quad (4.13)$$

Şekil 4.10 - 4.12'deki dönüşümler sonunda  $\tilde{d}'_j$  çubuk eksen takımına göre çubuk ucu deplasmanları  $\tilde{d}_j$  düğüm eksen takımına göre çubuk ucu deplasmanları cinsinden aşağıdaki gibi tarif edilmektedir. Şekil 4.10 - 4.12'deki rotasyon matrisleri için aşağıdaki düzenlemeler yapılır:

$$\left. \begin{aligned}
 (\Gamma_{ji})^T &= (\Gamma_j^4)^T \cdot (\Gamma_j^5)^T \cdot (\Gamma_j^6)^T \\
 (\Gamma_{jk})^T &= (\Gamma_j^7)^T \cdot (\Gamma_j^8)^T \cdot (\Gamma_j^9)^T \\
 (\Gamma_j)^T &= (\Gamma_j^2)^T \cdot (\Gamma_j^1)^T \cdot (\Gamma_j^0)^T
 \end{aligned} \right\} \quad (4.14)$$

$$(R)^T_j = \begin{bmatrix} (\Gamma_j)^T (\Gamma_{ji})^T & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & (\Gamma_j)^T (\Gamma_{ji})^T & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & (\Gamma_j)^T (\Gamma_{jk})^T & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & (\Gamma_j)^T (\Gamma_{jk})^T \end{bmatrix}_{12 \times 12} \quad (4.15)$$

Böylece (4.15) ifadesinde tarif edilen  $(R_j)$  rotasyon matrisinin transpozu  $(R_j)^T$  yardımıyla,  $\tilde{d}'_j$  çubuk eksen takımına göre çubuk ucu deplasmanları  $\tilde{d}_j$  düğüm eksen takımına göre çubuk ucu deplasmanları cinsinden şöyle tarif edilirler:

$$\tilde{d}'_j = (R_j)^T \cdot \tilde{d}_j \quad (4.16)$$



$$d_{j+1} = \{3 \ 4 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 7 \ 8 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0\}$$

$$s_{j+1} = d_{(j+1)} \begin{Bmatrix} 3 \\ 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 7 \\ 8 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

j. çubukta  $d_j$  vektörü baz alınarak (S) matrisinin hangi satır ve sütununa ilgili elemanın yerleştirileceği aşağıda gösterilmektedir:

$$\begin{aligned} S_{11} &= A & S_{12} &= -B & S_{17} &= -A & S_{18} &= B \\ S_{21} &= -B & S_{22} &= A & S_{27} &= B & S_{28} &= -A \\ S_{71} &= -A & S_{72} &= B & S_{77} &= A & S_{78} &= -B \\ S_{81} &= B & S_{82} &= -A & S_{87} &= -B & S_{88} &= -A \text{ olacaktır.} \end{aligned}$$

j+1. çubukta  $d_{j+1}$  vektörü baz alınarak (S) matrisinin hangi satır ve sütununa ilgili elemanın yerleştirileceği aşağıda gösterilmektedir: (j çubuğundan yukarıda taşıma yapılmış ise, bu da göz önüne alınacaktır.)

$$\begin{aligned} S_{33} &= C & S_{37} &= -C \\ S_{44} &= A \\ S_{73} &= -C & S_{77} &= A+C \text{ olacaktır.} \end{aligned}$$

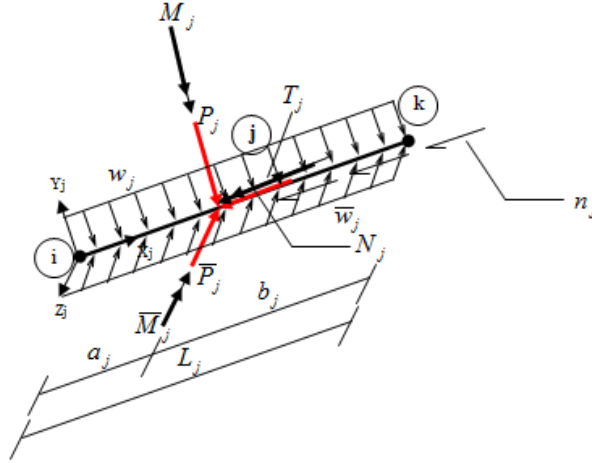
Böylece yapının stifnes matrisi olan S matrisinin toplama metoduyla nasıl elde edileceği gösterilmiş olmaktadır. Benzer şekilde S matrisinin diğer elemanları da kolaylıkla bulunabilir. S matrisinin boyutu yapıdaki serbestlik derecesi kadar satır ve serbestlik derecesi kadar sütun olacaktır.(sdxsd)

Bazı yapı sistemlerinde yapının stifnes matrisi, yapıya ait serbestlik derecesinin büyük olmasından dolayı çok fazla işlem gerektirmektedir. Bu nedenle toplama metodunun bilgisayar yardımıyla yapılması işimizi oldukça kolaylaştırmaktadır.

Bilgisayar programının performansı ve programlama dilinin çalışma prensibi ve kolaylığı dikkate alınarak, geliştirilen bilgisayar programında bu yöntem kullanılmıştır.

#### 4.5. Çubuk Üzerindeki Yüklerden Kaynaklanan Çubuk Ucu Kuvvetleri (Mesnet Reaksiyonları)

Şekil 4.13' de bu çalışmada ele alınan çubukların üzerindeki yükler gösterilmektedir.



Şekil 4.13 Çubuk üzerine etki eden yükler.

Şekil 4.13'de gösterilen çubuk üzerindeki yükleri kısaca açıklayacak olursak;

- $n_j$  :  $X_j$  ekseninin tersi yönünde etkiyen aksenal yayılı yük
- $w_j$  :  $Y_j$  asal ekseninin tersi yönünde etkiyen düzgün yayılı yük
- $\bar{w}_j$  :  $Z_j$  asal ekseninin tersi yönünde etkiyen düzgün yayılı yük
- $N_j$  :  $X_j$  ekseninin tersi yönünde etkiyen tekil yük
- $P_j$  :  $Y_j$  asal ekseninin tersi yönünde etkiyen tekil yük
- $\bar{P}_j$  :  $Z_j$  asal ekseninin tersi yönünde etkiyen tekil yük
- $T_j$  :  $X_j$  ekseninin tersi yönünde etkiyen burulma momenti
- $M_j$  :  $Y_j$  asal ekseninin tersi yönünde etkiyen eğilme momenti
- $\bar{M}_j$  :  $Z_j$  asal ekseninin tersi yönünde etkiyen eğilme momenti

Bu çalışmada çubuk yükleri olarak yukarıdaki genel yükler düşünülmüştür. Diğer çubuk yüklerinin olması halinde bunlar geliştirilen bilgisayar programına ilave edilmelidir. (Örn: Sıcaklık yüklemesi) . Çubuk yükleri  $x_j$ - $y_j$ - $z_j$  çubuk eksenlerinin tersi yönünde pozitif (+) olarak kabul edilmektedir. Buna göre her iki ucu ankastre mesnetli çubuğun mesnet reaksiyonları hesaplanmalıdır. Bunlar aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\begin{aligned}
\bar{q}'_{j1} &= N_j.b_j / L_j + n_x.L_j / 2 \\
\bar{q}'_{j2} &= W_j.L_j / 2 + P_j.b_j^2.(3.a_j + b_j) / L_j^3 - 6.M_j.a_j.b_j / L_j^3 \\
\bar{q}'_{j3} &= \bar{W}_j.L_j / 2 + \bar{P}_j.b_j^2.(3.a_j + b_j) / L_j^3 - 6.\bar{M}_j.a_j.b_j / L_j^3 \\
\bar{q}'_{j4} &= T.b_j / L_j \\
\bar{q}'_{j5} &= -\bar{W}_j.L_j^2 / 12 - \bar{P}_j.a_j.b_j^2 / L_j^2 + \bar{M}_j.b_j.(L_j - 3.a_j) / L_j^2 \\
\bar{q}'_{j6} &= W_j.L_j^2 / 12 + P_j.a_j.b_j^2 / L_j^2 + M_j.b_j.(L_j - 3.a_j) / L_j^2 \\
\bar{q}'_{j7} &= N_j.a_j / L_j + n_x.L_j / 2 \\
\bar{q}'_{j8} &= W_j.L_j / 2 + P_j.a_j^2.(3.b_j + a_j) / L_j^3 + 6.M_j.a_j.b_j / L_j^3 \\
\bar{q}'_{j9} &= \bar{W}_j.L_j / 2 + \bar{P}_j.a_j^2.(3.b_j + a_j) / L_j^3 + 6.\bar{M}_j.a_j.b_j / L_j^3 \\
\bar{q}'_{j10} &= T.a_j / L_j \\
\bar{q}'_{j11} &= \bar{W}_j.L_j^2 / 12 + \bar{P}_j.b_j.a_j^2 / L_j^2 + \bar{M}_j.(3.a_j^2 - 2.a_j.L_j) / L_j^2 \\
\bar{q}'_{j12} &= -W_j.L_j^2 / 12 + P_j.b_j.a_j^2 / L_j^2 + M_j.(3.a_j^2 - 2.a_j.L_j) / L_j^2
\end{aligned} \tag{4.20}$$

Bulunan bu çubuk ucu kuvvetleri, çubuk yüklerinden kaynaklanan ankastre mesnet reaksiyonlarıdır. Bu kuvvetleri düğüm noktası eksen takımına taşımak için yine (4.11)'de tarif edilen rotasyon matrisine ihtiyaç vardır.

Çubuk üzerindeki yüklerden kaynaklanan  $\tilde{q}_j$  düğüm noktası eksen takımına göre çubuk ucu kuvvetleri aşağıdaki gibi tarif edilir. Bu tarifte (4.20)'deki  $\bar{q}'_j$  çubuk eksenlerine göre çubuk ucu kuvvetleri ve (4.11)'de tarif edilen  $(R_j)$  rotasyon matrisi kullanılmaktadır.

$$\tilde{q}_j = (R_j).\bar{q}'_j \tag{4.21}$$

#### 4.6. $\tilde{Q}$ Vektörünün Toplama Metoduyla Bulunması

Daha önce de belirtildiği gibi her bir j çubuk elemanı için çubuk üzerindeki yüklerden kaynaklanan çubuk ucu kuvvetleri **toplama metodu** yardımıyla  $\tilde{Q}$  vektörüne taşınabilir ve çubuk üzerindeki yüklerden kaynaklanan  $\tilde{Q}$  yük vektörü bulunabilir.

$\tilde{Q}$  vektörünün boyutu (sdx1) olacaktır.

Yapıyı oluşturan çubuk elemanlardan herhangi bir (j) ve (j+1). çubuk elemanın  $\tilde{q}_j$  düğüm eksenlerine göre mesnet reaksiyonları vektörleri ve  $d_j$  serbestlik vektörleri aşağıdaki gibi olsun:



$$\tilde{q}_j = \begin{bmatrix} a \\ b \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ c \\ d \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \tilde{q}_{j+1} = \begin{bmatrix} c \\ d \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ e \\ f \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \tilde{d}_j = \begin{bmatrix} 7 \\ 8 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \tilde{d}_{j+1} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 7 \\ 8 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Toplama metoduna göre  $\tilde{Q}$  vektörü, sd=10 olarak kabul edilirse;

$\tilde{q}_j$  vektör elemanları aşağıdaki gibi taşınır:

$$Q_{11}=c, Q_{21}=d, Q_{71}=a, Q_{81}=b$$

$\tilde{q}_{j+1}$  vektör elemanları aşağıdaki gibi taşınır: ( $\tilde{q}_j$  vektör elemanlarının yukarıdaki gibi taşındığı da düşünülmelidir.)

$$Q_{31}=c, Q_{41}=d, Q_{71}=a+e, Q_{81}=b+f$$

Sonuç olarak  $\tilde{Q}$  vektörü aşağıdaki gibi oluşmuş olur:

$$\tilde{Q} = \begin{bmatrix} c \\ d \\ c \\ d \\ 0 \\ 0 \\ a+e \\ b+f \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{10 \times 1}$$

#### 4.7. $\tilde{P}$ Düğüm Yük Vektörü

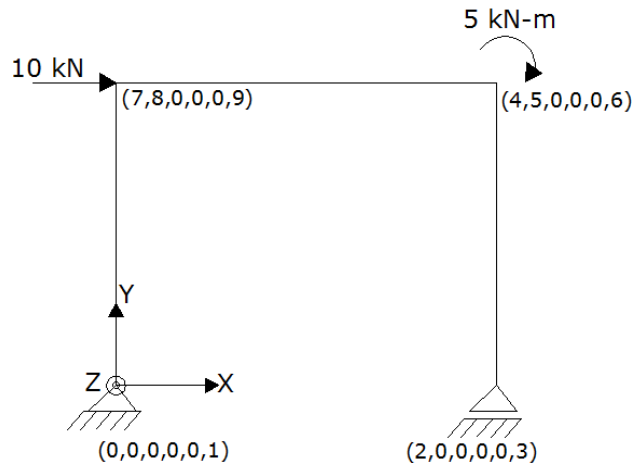
$\tilde{P}$  vektörü sistemde serbestlikler yönünde etkiyen düğüm yüklerinin oluşturduğu vektördür.

Düğüm eksen takımına göre belirlenmiş düğüm noktası serbestlikleri yönünde eğer yük veya moment varsa  $\tilde{P}$  vektöründe o serbestlik numarasına karşılık gelen yere bu yük değeri yazılır. Eğer serbestlik yönünde herhangi bir yük etkimiyorsa  $\tilde{P}$  vektöründe bu değer sıfır(0)

olarak yazılacaktır.  $\tilde{P}$  düğüm noktası yük vektörünün boyutu sistemin serbestlik derecesi kadar satır ve 1 sütundan oluşacaktır.(sdx1)

### Örnek:

Daha önce Şekil 4.7.b’de serbestlikleri gösterilen iki boyutlu çerçeveye etki eden düğüm yükü Şekil 4.14’ de gösterilmektedir. 7. serbestlik yönünde 10 kN’ luk yük uygulansın buna göre yapının  $\tilde{P}$  düğüm noktası yük vektörü aşağıdaki gibi olacaktır:



Şekil 4.14 Düzlem çerçevede düğüm yükleri

Şekil 4.14’ deki sistem için  $\tilde{P}$  düğüm noktası yük vektörünü yazacak olursak -5 kN-m şiddetindeki moment yükü 6.serbestliğin tersi yönünde etki ettiğinden  $P_{61}=-5$  yazılır. Diğer taraftan 10 kN şiddetindeki düğüm noktası yükü 7. serbestlik yönünde etki ettiğinden  $P_{71}=10$  yazılarak aşağıdaki  $\tilde{P}$  düğüm noktası yük vektörü elde edilir:

$$P = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -5 \\ 10 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{9 \times 1}$$

#### 4.8. Çerçeve Serbestliklerinin Hesabı

Önceki bölümlerde (S) yapı stifnes matrisi ile  $\tilde{Q}$  vektörü toplama yöntemiyle elde edilmiş idi.  $\tilde{P}$  düğüm noktası yük vektörünün elde edilişi de yukarıda belirtilmişti.

Böylece çerçevelerde düğüm noktası denge denklemlerinin oluşumu tamamlanmış olmaktadır. Düğüm noktası denge denklemleri aşağıdaki gibi yazılır:

$$(S).\tilde{x} + \tilde{Q} = \tilde{P} \quad (4.22)$$

(4.22) düğüm noktası denge denklemlerinden  $\tilde{x}$  deplasmanları hesaplanır.

$$\tilde{x} = (S)^{-1} . (\tilde{P} - \tilde{Q}) \quad (4.23)$$

Stabil çerçevelerde (S) yapı stifnes matrisi singular matris değildir. Bu nedenle (4.22) denklem takımının bir çözümü vardır. Geliştirilen programda bu denklem takımı Gauss Eliminasyonu ile çözülmüştür.

#### 4.9. Toplam Çubuk Ucu Kuvvetlerinin Hesabı

Düğüm noktası deplasmanları hesaplandıktan sonra (4.17) tarifleri kullanılarak  $\tilde{q}'_j$  çubuk ucu kuvvetleri hesaplanır. Hesaplanan bu çubuk ucu kuvvetleri ile çubuk üzerindeki yüklerden kaynaklanan  $\tilde{\tilde{q}}'_j$  çubuk ucu kuvvetleri toplanarak **toplam çubuk ucu kuvvetleri** hesaplanır.

Her bir j çubuk elemanın toplam çubuk ucu kuvvetleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tilde{q}'_{j\text{ toplam}} = \tilde{q}'_j + \tilde{\tilde{q}}'_j \quad (4.24)$$

(4.24) ifadelerinden yapı sistemini oluşturan çubuk elemanların her biri için toplam çubuk ucu kuvvetleri hesaplanmış olur.

### 5. ÜÇ BOYUTLU ÇERÇEVE SİSTEM PROGRAMI

C++ Builder v.5.0 programlama diliyle ÇERSİSPRO isimli çerçeve sistemlerin analizini yapan bilgisayar programı aşağıdaki bölümlerde anlatılmaya çalışılmıştır.

ÇERSİSPRO programının çalıştırılması için ÇERSİSPRO adlı klasörün içerisindeki ÇERSİSPRO.exe adlı dosyanın seçilmesi gerekmektedir.

Program çalıştırıldığı zaman ekrana ilk olarak açılış ekranı gelecektir. Bu açılış ekranında programın adı ve tasarımcıya ait bilgiler yer almaktadır. Bu ekranı kapatmak ve programı başlatmak için, klavyeden Enter tuşuna basmak yeterli olacaktır.

Program üç ana bölüm altında çalışmaktadır:

- Programa veri girişi
- Programın hesap adımları
- Programdan çıktı alınması

### 5.1. Programa Veri Girişi

Programa veri girişi aşağıdaki adımlarda olduğu gibi yapılacaktır:

- 1- Data kayıtlarının tutulacağı dosya(Data.txt)' nin açılması
- 2- Yapıya ait genel bilgilerin girilmesi
- 3- Kullanılacak birim sisteminin seçilmesi
- 4- Çubukların referans olan ve referans olmayan noktalarının girilmesi
- 5- Çubuk kesitlerinin asal eksenleri ile  $Y_j-Z_j$  çubuk eksenlerini çakıştırmak için  $X_j$  eksenini etrafında gerekli olan teta x dönme açısının girilmesi ( $\theta_x^3$ )
- 6- Çubuklara ait serbestliklerin belirtildiği " $\tilde{d}_j$ " vektörlerinin girilmesi
- 7- Düğüm noktalarının koordinatlarının girilmesi
- 8- Global eksen takımından farklı düğüm noktası eksen takımı var ise; ilgili  $\theta_y^1, \theta_z^2, \theta_x^3$  açılarının girilmesi
- 9- Çubuklara ait mekanik özelliklerin girilmesi
- 10- Çubuklara etki eden yük bileşenlerinin girilmesi
- 11- Düğüm noktalarına etki eden  $\tilde{P}$  yük vektörünün girilmesi

#### 5.1.1. Data kayıtlarının tutulacağı dosya (Data.txt)' nin açılması

Tüm data adımlarının ayrıntılı olarak kaydedileceği dosyanın adı Data.txt olacaktır. Bu ayrıntılı hesap adımlarının gösterileceği dosya içerisinde çözümlenmek istenen yapıya ait tüm bilgiler, yapıya etkiyen tüm yük kombinasyonları bulunacaktır.

#### 5.1.2. Yapıya ait genel bilgilerin girilmesi

1- "Sistemdeki Çubuk Sayısını Giriniz="

Yapı sistemindeki bulunan çubuk sayısını belirtmeniz gerekmektedir.

2- "Sistemdeki Düğüm Noktası Sayısını Giriniz="

Yapı sisteminde bulunan düğüm noktası sayısını belirtmeniz gerekmektedir.

### 3- "Sistemin Serbestlik Derecesini Giriniz="

Yapı sistemindeki serbestlik derecesini (serbestliklerin sayısını) belirtmeniz gerekmektedir.

#### 5.1.3. Kullanılacak birim sisteminin seçilmesi

"Birim Sistemini Seçiniz!

ton-m....1

ton-cm...2

N-m.....3

kN-m.....4

Birim Sistemi Hangisi Olsun....=

Sisteminiz için kullanacağınız birim sisteminizi seçmenizi sağlar. Buna göre bulunacak sonuçlarda uzunluk, yük, moment değerleri seçilecek birim doğrultusunda neticelendirilecek ve sistemin sonuç çıktılarında yerini alacaktır.

#### 5.1.4. Çubukların referans ve referans olmayan düğüm noktalarının belirlenmesi

##### 1- " 1. Çubuğun Referans Noktasını Giriniz="

Çubukların referans noktası o çubuğun eksen takımının yerleştirildiği noktalar ve başlangıç noktası olarak da düşünülebilir. Referans noktaları düğüm noktaları numaraları ile adlandırılacaktır.

##### 2- " 1. Çubuğun Referans Olmayan Noktasını Giriniz="

Çubukların Referans Olmayan Noktaları o çubuğun bitiş noktası olarak düşünülebilir. Referans olmayan noktalar düğüm noktaları numaraları ile adlandırılacaktır.

#### 5.1.5. Çubukların $\theta_x^3$ açısının girilmesi

##### " 1. Çubuğun Teta\_x Dönme Açısını Giriniz="

Çubuklarda  $Y_3-Z_3$  çubuk eksenleri asal eksenler olduğundan gerekli durumlarda girilmesi gereken açıdır ve değeri radyan olarak programa girilecektir. Eğer çubukta  $\theta_y^1$ ,  $\theta_z^2$  dönmeleri sonunda çubuk eksen takımı elde ediliyorsa, yani  $\theta_x^3$  dönmesine gerek duyulmuyorsa,  $\theta_x^3$  açısı "0 (Sıfır)" olarak girilecektir.

### 5.1.6. Çubuklara ait serbestlik vektörünün girilmesi

" 1. Çubuğun  $\tilde{d}_j$  Serbestlik Vektörünü Giriniz="

Stifnes metodunda  $\tilde{d}_j$  vektörü olarak adlandırılan bu çubuk ucu serbestlikleri, düğüm eksen takımı yönünde alınacaklardır. Her çubuğun başlangıç ve bitiş noktasında bulunan 6 (i ucu)+6 (k ucu)=12 adet serbestlik numarası bu kısımda sıra ile sorulacaktır. Tüm çubuklar için toplam 12 adet serbestlik numarası girilecektir. Eğer çubukların sorulan serbestlik numarası yönünde deplasmanı mevcut değilse, sorulan serbestlik için 0 (sıfır) değerinin girilmesi gerekmektedir.

5.1.4., 5.1.5. ve 5.1.6. soruları tüm çubuklar için sıra ile sorulacak ve kullanıcıdan çubuklara ait tüm bilgilerin girilmesi istenecektir.

### 5.1.7. Düğüm noktalarının koordinatlarının girilmesi

"1. Düğüm Noktasının X,Y,Z Koordinatını Giriniz="

Düğüm noktası koordinatları yapının matematik modelinin oluşturulması ve yapının bilgisayara tanıtılmasını sağlayacaktır. ÇERSİSPRO programı düğüm noktası koordinatları bilgilerine göre hesaplamaları yapmakta ve çubuk boylarını bu düğüm noktası koordinatlarına göre kendisi hesaplamaktadır. Yapıda bulunan tüm düğüm noktaları için bu koordinat değerleri sırası ile kullanıcıya sorulacak ve kullanıcıdan veri girişi yapılması istenecektir. Sistemin tüm düğüm noktaları için bu soru sıra ile sorulacaktır.

### 5.1.8. Global eksen takımından farklı düğüm noktası eksen takımının belirlenmesi

"Düğüm noktası eksen takımı global eksen takımından farklı mı? (Evet (1)/Hayır (2)):"

Düğüm noktası eksen takımı global eksen takımından farklı ise, başka bir deyişle çubuğun bağlı olduğu mesnetlerde global eksen takımı döndürülerek düğüm eksen takımı elde ediliyorsa bu dönme değerleri ( $\theta_y^1, \theta_z^2, \theta_x^3$ ) her çubuk için i(referans) ve k(referans olmayan) düğüm noktaları için ayrı ayrı kullanıcıdan istenecektir. Eğer (2) seçeneği seçilirse program kendi içerisinde bütün çubuklar için i(referans) ve k(referans olmayan) düğüm noktalarında tüm dönme değerleri "0 (sıfır)" olarak atayacak, yani düğüm eksen takımını global eksen takımına paralel olarak kabul edecektir.

### 5.1.9. Çubukların mekanik özelliklerinin girilmesi

"1.çubuğun A, E, G, Ix, Iy, Iz="

Her bir çubuk için ayrı ayrı kesit alanı (A), elastisite modülü (E), kayma modülü (G), burulma atalet momenti (Ix veya J), y-y atalet momenti (Iy) ve z-z atalet momenti (Iz) değerlerini girmek gerekir.

### 5.1.10. Çubuklara etki eden yük bileşenlerinin girilmesi

1- "Çubuğun Üzerindeki Yükler (nx, Wy, Wz, Px, Py, Pz, Tx, My, Mz)="

Yükler çubuk eksenleri yönünde negatif kabul edilirler.

Bu bölümde program kullanıcıdan, çubuklara ait tüm yük bileşenlerinin girmesini istemektedir. Eğer çubuk üzerine sorulan yük bileşeni etkimeyorsa programın sorusuna 0 (sıfır) cevabı vermek gerekmektedir. Sistemdeki tüm çubuklar için bu sorular sıra ile sorulacaktır.

Burada;

nx	:x'in tersi yönünde etki eden düzgün yayılı yük
Wy	:y'in tersi yönünde etki eden düzgün yayılı yük
Wz	:z'in tersi yönünde etki eden düzgün yayılı yük
Px	:x'in tersi yönünde etki eden tekil yük
Py	:y'in tersi yönünde etki eden tekil yük
Pz	:z'in tersi yönünde etki eden tekil yük
Tx	:x'in tersi yönünde etki eden burulma momenti
My	:y'in tersi yönünde etki eden eğilme momenti
Mz	:z'in tersi yönünde etki eden eğilme momenti

2- "Çubuk yüklerinin ref. nok. olan uzaklığı (Pxa, Pya, Pza, Txa, Mya, Mza)="

Bu bölümde program kullanıcıdan, çubuklara ait tüm yük bileşenlerinin referans düğüm noktasına olan uzaklıklarını isteyecektir. Yük bileşeni etkimeyen durumda referans düğüm noktasına olan uzaklık değeri "0 (Sıfır)" olarak girilecektir. Sistemdeki tüm çubuklar için bu soru sıra ile sorulacaktır. (4.20) ifadesinde gösterilen  $b_j$ ,  $(L_j - a_j)$  olarak anlaşılmalıdır.

Burada;

Pxa	:x yönünde etki eden tekil yükün referans düğüm noktasına olan uzaklığı
Pya	:y yönünde etki eden tekil yükün referans düğüm noktasına olan uzaklığı
Pza	:z yönünde etki eden tekil yükün referans düğüm noktasına olan uzaklığı
Txa	:x yönünde etki eden moment yükünün referans düğüm noktasına olan uzaklığı

Mya :y yönünde etki eden moment yükünün referans düğüm noktasına olan uzaklığı

Mza :z yönünde etki eden moment yükünün referans düğüm noktasına olan uzaklığı

Yukarıdaki data girişinde çubuk üzerine etki eden üç tekil yük ile üç tekil moment yükünün etki ettiği noktaların referans düğümünden olan uzaklıkları farklı olabilecek şekilde düzenlenmiştir. Ancak mevcut program, bu genel durum için programlanmamış olduğundan bütün bu tekil yük ve tekil momentlerin aynı noktada etki edecek şekilde çalışmaktadır. Bu nedenle bu yüklerin ilgili "a" değerlerinin tümü aynı "a" olarak verilmelidir. Bu verilerin kullanıldığı (4.20) tariflerine bakıldığında durumun bu şekilde anlaşılmaktadır. (Program geliştirildiği takdirde bu özelliklerin çalıştırılması düşünülmelidir.)

#### 5.1.11. Düğüm noktalarına etki eden yük vektörünün girilmesi

"Düğüm noktalarına etki eden yük vektörü giriliyor"

Bu bölümde program kullanıcıdan P\_ser[1], P\_ser[2], ....., P\_ser[sd]'ye kadar hangi serbestlik üzerinde yük varsa o yük değerinin yazılmasını ister. Eğer serbestlik yönünde yük bulunmuyorsa programda bu değere "0 (Sıfır)" yazılacaktır.

### 5.2. Programın Hesap Adımları

Programın veri girişi tamamlandıktan sonra ÇERSİSPRO programı hesap adımlarını otomatik olarak kendisi başlatmaktadır. Kullanıcının sadece izlemesi gereken bu hesaplama adımları verilerinin, ayrıntılı olarak kaydedilmesi için program tarafından belirtilen dosya (Data.txt) içine yazılmasıdır.

Programın çözümü esnasında bulunan ara matris ve vektörler şunlardır:

Her çubuğun ( $s_j$ ) (stifnes) matrisi, yapının (S) (stifnes) matrisi, dış yük vektörü, x serbestlik vektörü değerleri otomatik olarak "Stext.txt" dosyasına program tarafından atanır. Kullanıcı istediği takdirde buradan istenilen matris ve vektör elemanlarını görebilir, çıktısını alabilir veya kopyalayabilir.

Hesap adımlarının önemli olan bölümlerinde program kendini durdurmakta ve kullanıcının o an için hesaplanan değeri görmesini sağlamaktadır. Bu görme işlemini bitirmek ve hesaplama devam etmek için klavyeden Enter tuşuna basmak yeterli olacaktır.

Program aşağıdaki adımlarda ekranı durdurmakta ve kullanıcının hesaplanan değeri görmesini sağlamaktadır.

1- Çubuk boylarının, açıların ve cos-sin yön matrislerinin hesaplandığı zaman

2- Yapının stifnes matrisinin (S) hesaplandığı zaman



- 3- Yapının çubuk yük vektörü Q hesaplandığı zaman
- 4- Gauss eliminasyonu sonucunda elde edilen yapının deplasmanları (x) hesaplandığı zaman
- 5- Çubuk düğüm noktası deplasmanları tablo haline getirildiği zaman
- 6- Toplam çubuk ucu kuvvetleri tablo haline getirildiği zaman
- 7- Yeni bir sistemin çözüleceği ya da programın sonlandırılacağı zaman.

### 5.3. Programdan Çıktı Alınması

ÇERSİSPRO programı windows metin belgesi görüntülenecek şekilde, uzantıları ".txt" olan üç(3) adet metin belgesi ve uzantısı ".csv" olan bir(1) adet excel çıktı sayfası oluşturmaktadır.

Bunlar;

**Data.txt** :Verilerin kaydedildiği dosya

**Stext.txt** :Sistemin çözümünde kullanılan matrislerin ve vektörlerin kaydedildiği dosya

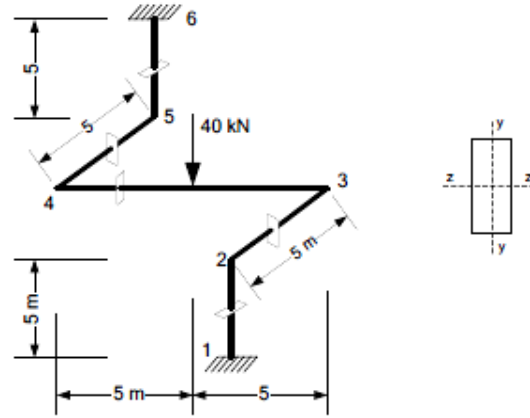
**FinishFile.txt** :Sistemin çubuk düğüm noktası deplasmanları ve toplam çubuk ucu kuvvetlerinin kaydedildiği dosya (Metin belgesi formatında)

**SONUC.csv** :Sistemin çubuk düğüm noktası deplasmanları ve toplam çubuk ucu kuvvetlerinin kaydedildiği dosya (Excel formatında)

Windows not defterinde yazılmış olan dosyaların düzgün bir şekilde okunması ve program çıktı dosyalarının düzenli olabilmesi için **windows not defteri** yazı tipinin "**Türkçe karakterli Courier**" veya "**fixedsys**" yazı font'una ayarlanması gerekmektedir. Bu düzenleme işlemini "**Düzen**" menüsü içerisinde gerçekleştirilebilir.

DOS ortamında yazılmış olan programın daha sistematik çalışabilmesi için "**ÇERSİSPRO.exe**" dosyası açılarak menü çubuğunda sağa tıklanıp "**Varsayılan**" araç çubuğu seçilerek ekran genişliği **115**, yüksekliği **30** olarak ayarlanmalıdır. Bu kullanıcının tercihiyle bağlıdır. Ancak yapılan gözlemler göstermiştir ki, bu şekilde bir ayarlama programın ve kullanıcının performansını artırmaktadır.

#### 5.4. Örnek Üzerinde Programa Veri Girişi, Hesap Adımları, Çıktı Alınması



Şekil.5.1 5 çubuklu çerçeve sistem.

Şekildeki düğüm numaraları ve mesnet koşulları verilen çerçeve sistemin statik analizi yapılacaktır. Bu çerçeve sistem **Örnek 4** olarak da bir sonraki bölümde ele alınacaktır. Arbabi'de [2] 18.11 problemi olarak yer alan bu örnek ile ilgili bilgiler aşağıda yer almaktadır.

#### Veriler:

$E=2e+5$  MPa (Elastisite Modülü)

$G=0.8e+5$  MPa (Kayma Modülü)

$A=120$  cm<sup>2</sup> (Tüm elemanlarda)

Eğilme atalet momentleri  $I_y=6000$  cm<sup>4</sup>,  $I_z=8000$  cm<sup>4</sup> (Tüm elemanlarda)

Burulma sabiti  $J=I_x=5000$  cm<sup>4</sup> (Tüm elemanlarda)

1-2 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 1

2-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 2

4-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 3

4-5 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 4

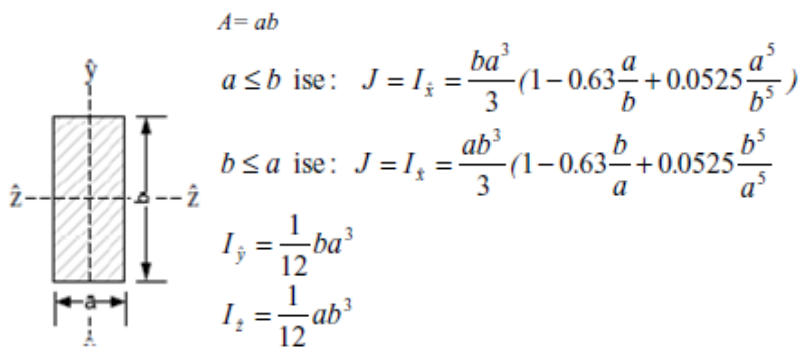
5-6 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 5

Yük durumu: Şekilde verilen tekil yük.

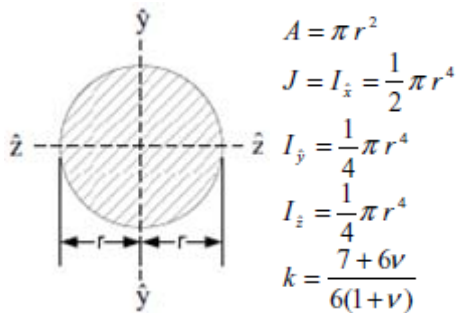
Mesnet koşulları: 1 ve 6 nolu düğüm noktalarında tüm deplasmanlar sıfırdır.(Ankastre)



3. Adım olarak sistemi oluşturan tüm çubukların malzeme özelliklerinin, kesit tiplerinin, referans ve referans olmayan düğüm noktalarının belirlenmesi gerekir. **Şekil 5.4.a** ve **Şekil 5.4.b** 'de dikdörtgen ve daire kesitli elemanlar için alan ve atalet momentlerinin nasıl bulunacağı ilgili formüllerle gösterilmiştir. **Çizelge 5.1**' de referans (i) ve referans olmayan (k) düğüm noktalarının numaraları, E (Elastisite modülü), A (Kesit alanı), G (Kayma modülü),  $I_x$  (Burulma sabiti),  $I_y$  (y-y eksen eğilme atalet momenti),  $I_z$  (z-z eksen eğilme atalet momenti) gösterilmiştir.



**Şekil 5.4.a**



**Şekil 5.4.b**

**Şekil 5.4.a)** Dikdörtgen kesit için alan ve atalet momentleri, **b)** Daire kesit için alan ve atalet momentleri.

**Çizelge 5.1** Çubukların i ve k düğüm noktalarının belirlenmesi, malzeme özellikleri ve kesit özelliklerinin gösterilmesi

Çubuk No.	i	k	A (mm <sup>2</sup> )	E (kN/mm <sup>2</sup> )	G (kN/mm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> (mm <sup>4</sup> )
1	1	2	12.000	200	80	5E+7	6E+7	8E+7
2	2	3	12.000	200	80	5E+7	8E+7	6E+7
3	4	3	12.000	200	80	5E+7	8E+7	6E+7
4	4	5	12.000	200	80	5E+7	8E+7	6E+7
5	5	6	12.000	200	80	5E+7	6E+7	8E+7

G(Kayma Modülü), poisson oranını ( $\mu$ ) bulmak için işimize yarayacaktır. İstenirse Poisson oranı ( $\mu$ ) hesaplanıp programa o şekilde de verilebilir.

$\mu = (E/2G-1)$  formülünden poisson oranı hesaplanabilir.

$$\mu = (E/2G-1) = (200/(2*80)-1) = 0.25$$

4. Adım olarak sistemdeki düğüm noktalarının koordinatları seçilen global eksen dikkate alınarak belirlenir. **Çizelge 5.2'** de bu koordinatlar gösterilmiştir.

**Çizelge 5.2** Düğüm noktalarının koordinatları.

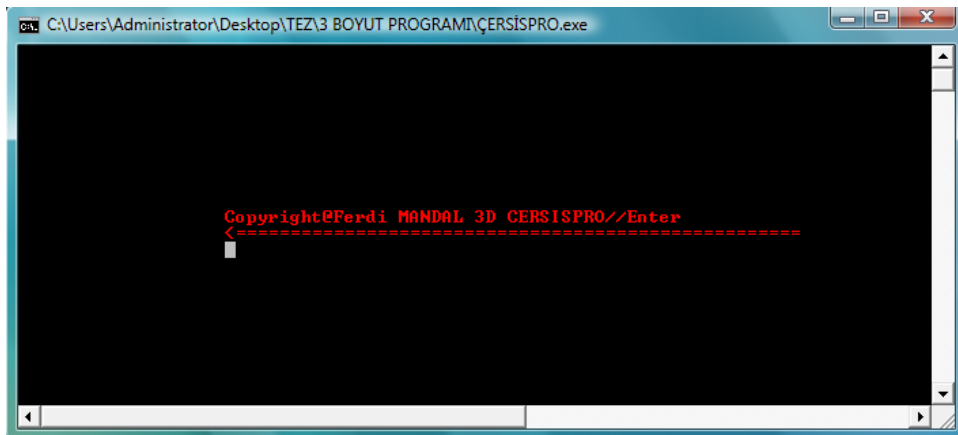
Düğüm No.	Düğüm Noktası Koordinatları (mm)		
	X	Y	Z
1	10.000	0	10.000
2	10.000	5.000	10.000
3	10.000	5.000	5.000
4	0	5.000	5.000
5	0	5.000	0
6	0	10.000	0

5. Adım olarak her çubuk eleman için  $\tilde{d}_j$  serbestlik vektörlerini tanımlayalım:

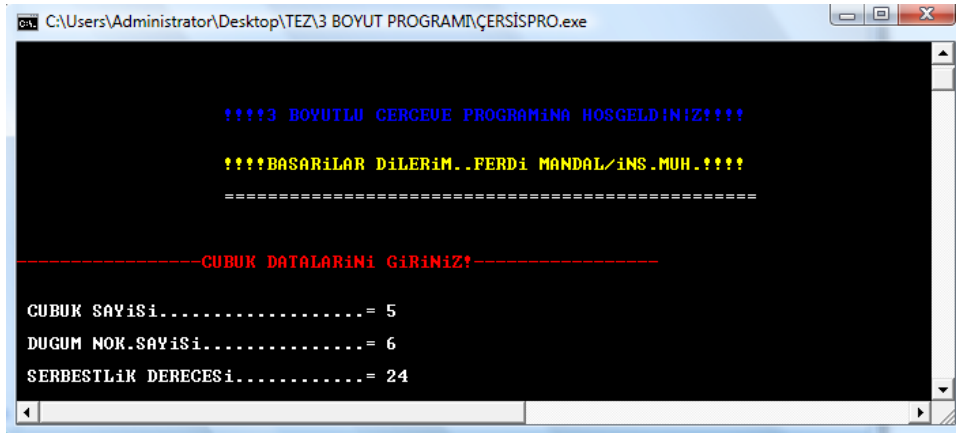
$$\tilde{d}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{bmatrix} \quad \tilde{d}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{bmatrix} \quad \tilde{d}_3 = \begin{bmatrix} 13 \\ 14 \\ 15 \\ 16 \\ 17 \\ 18 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{bmatrix} \quad \tilde{d}_4 = \begin{bmatrix} 13 \\ 14 \\ 15 \\ 16 \\ 17 \\ 18 \\ 19 \\ 20 \\ 21 \\ 22 \\ 23 \\ 24 \end{bmatrix} \quad \tilde{d}_5 = \begin{bmatrix} 19 \\ 20 \\ 21 \\ 22 \\ 23 \\ 24 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Yukarıda saymış olduğumuz bu adımları ÇERSİSPRO üç boyutlu yapı analizi programına girelim. **Şekil 5.5**'te programın başlangıç sayfası gösterilmiştir. **Şekil 5.6**'da programa çubuk sayısı, düğüm noktası sayısı ve serbestlik sayısının girilmesi gösterilmiştir. **Şekil 5.7**'de birim sisteminin seçilmesi ve çubuk referans (i) ve referans olmayan (k) düğüm noktaları numaraları,  $\theta_x^3$  açısı ve çubuk serbestlik vektörünün girilmesi gösterilmektedir.

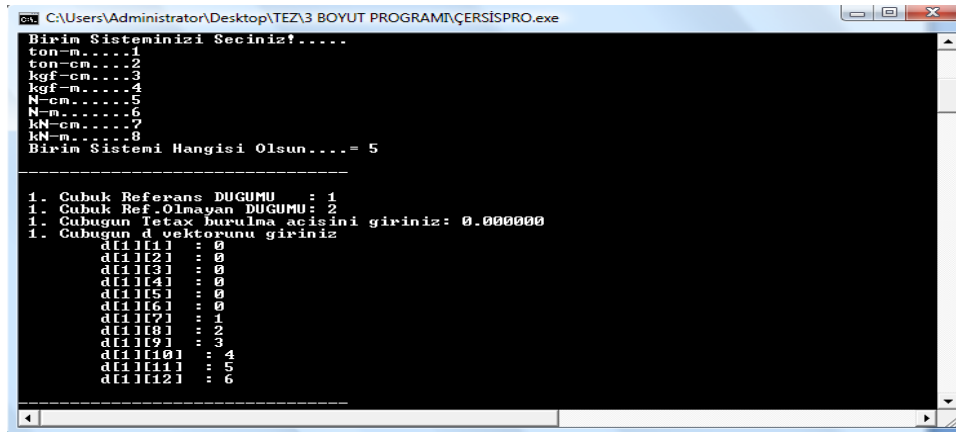
**Şekil 5.8**'de düğüm noktası koordinatlarının girilmesi ve düğüm noktası eksen takımından farklı global eksen takımının belirlenmesi gösterilmiştir. **Şekil 5.9**'da çubukların malzeme ve kesit özelliklerinin girilmesi gösterilmiştir. **Şekil 5.10**'da çubukların üzerine etki eden yüklerin girilmesi gösterilmiştir. **Şekil 5.11**'de serbestlikler yönünde etki eden düğüm yük vektörünün girilmesi gösterilmiştir.



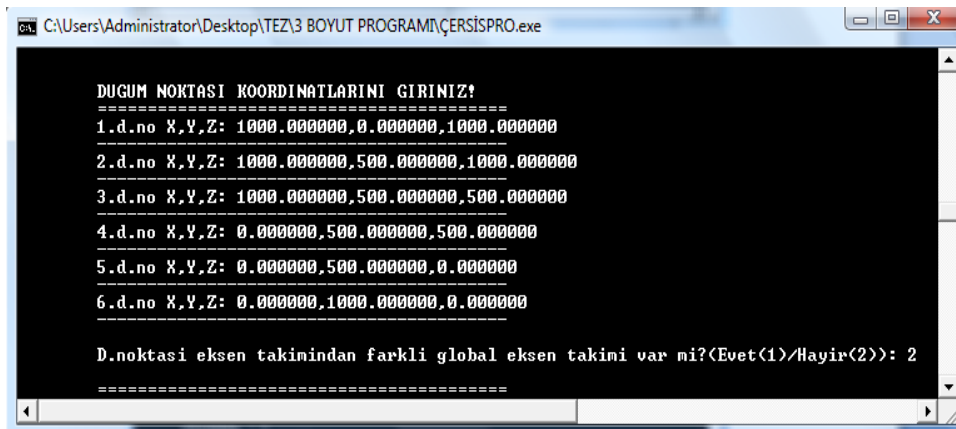
**Şekil 5.5** Programın başlangıç sayfası.



Şekil 5.6 Programa sistemin çubuk sayısı, düğüm noktası sayısı ve serbestlik sayısının girilmesi.



Şekil 5.7 Birim sisteminin seçilmesi ve çubuk i ve k düğüm noktalarının belirlenmesi,  $\theta_x^3$  açısının girilmesi ve çubuğun serbestlik vektörünün girilmesi.



Şekil 5.8 Düğüm noktası koordinatlarının girilmesi ve düğüm noktası eksen takımından farklı global eksen takımının belirlenmesi.





```

C:\Users\Administrator\Desktop\TEZ\3 BOYUT PROGRAMI\ÇERİSİSPRO.exe

-----S O N U C L A R-----
[1].cubugun boyu = 500.00 cm
[1].cubugun alfa_jx acisi = 0.00 derece
[1].cubugun alfa_jy acisi = 0.00 derece
[1].cubugun alfa_jz acisi = 90.00 derece
[1].cubugun Cy1= 1.00;Cz2= 0.00;Cx3= 1.00;Cy4= 1.00;Cz5= 1.00;Cx6= 1.00;Cy7= 1.00;Cz8=
[1].cubugun Sy1= 0.00;Sz2= 1.00;Sx3= 0.00;Sy4= 0.00;Sz5= 0.00;Sx6= 0.00;Sy7= 0.00;Sz8=

[2].cubugun boyu = 500.00 cm
[2].cubugun alfa_jx acisi = 0.00 derece
[2].cubugun alfa_jy acisi = -270.00 derece
[2].cubugun alfa_jz acisi = 0.00 derece
[2].cubugun Cy1= 0.00;Cz2= 1.00;Cx3= 1.00;Cy4= 1.00;Cz5= 1.00;Cx6= 1.00;Cy7= 1.00;Cz8=
[2].cubugun Sy1= 1.00;Sz2= 0.00;Sx3= 0.00;Sy4= 0.00;Sz5= 0.00;Sx6= 0.00;Sy7= 0.00;Sz8=

[3].cubugun boyu = 1000.00 cm
[3].cubugun alfa_jx acisi = 0.00 derece
[3].cubugun alfa_jy acisi = 0.00 derece
[3].cubugun alfa_jz acisi = 0.00 derece
[3].cubugun Cy1= 1.00;Cz2= 1.00;Cx3= 1.00;Cy4= 1.00;Cz5= 1.00;Cx6= 1.00;Cy7= 1.00;Cz8=
[3].cubugun Sy1= 0.00;Sz2= 0.00;Sx3= 0.00;Sy4= 0.00;Sz5= 0.00;Sx6= 0.00;Sy7= 0.00;Sz8=

```

Şekil 5.12 Çubuk boy ve açılarının bulunması.

```

C:\Users\Administrator\Desktop\TEZ\3 BOYUT PROGRAMI\ÇERİSİSPRO.exe

DUGUM NOKTASI DEPLASMANLARI
-----
D.No   Ux      Uy      Uz      Rx      Ry      Rz
      cm      cm      cm      Rad     Rad     Rad
-----
1)  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
2)  -0.822368 -0.004167 -5.859375 -0.023438  0.000000  0.003289
3)  -0.822368 -14.978125 -5.859375 -0.031250  0.000000  0.013158
4)  -0.822368 -14.978125 -5.859375  0.031250  0.000000 -0.013158
5)  -0.822368 -0.004167 -5.859375  0.023437 -0.000000 -0.003289
6)  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000

```

Şekil 5.13 Düğüm noktası deplasmanlarının bulunması.

```

Seç C:\Users\Administrator\Desktop\TEZ\3 BOYUT PROGRAMI\ÇERİSİSPRO.exe

CUBUK UCU KUVVETLERİ
-----
Ç.No  i-k   Nx      Ny      Nz      Tx      My      Mz
      N      N      N      N-cm    N-cm    N-cm
-----
1  i(1) 20000.000000  0.000000  0.000000  -0.000000  -7500000.000000  -789473.684210
   k(2) -20000.000000  -0.000000  -0.000000  0.000000  7500000.000000  789473.684210
2  i(2) 0.000000  20000.000000  -0.000000  789473.684210  -0.000000  7500000.000000
   k(3) 0.000000  -20000.000000  0.000000  -789473.684210  0.000000  -2500000.000000
3  i(4) 0.000000  20000.000000  0.000000  2500000.000000  -0.000000  789473.684210
   k(3) -0.000000  20000.000000  -0.000000  -2500000.000000  -0.000000  -789473.684210
4  i(4) 0.000000  -20000.000000  -0.000000  789473.684210  0.000000  -2500000.000000
   k(5) 0.000000  20000.000000  0.000000  -789473.684210  0.000000  -7500000.000000
5  i(5) -20000.000000  0.000000  0.000000  -0.000000  -7500000.000000  -789473.684210
   k(6) 20000.000000  -0.000000  -0.000000  0.000000  7500000.000000  789473.684210

```

Şekil 5.14 Toplam çubuk ucu kuvvetlerinin bulunması.

Örnek problemin sonuçları bulunmuştur. Program yeni bir sistem çözmek isteyip istemeğimizi soracak ve hayır yanıtı aldığında program sonlandırılacaktır. Bu da Şekil 5.15’ te gösterilmiştir.

```

-----YENİ BİR SİSTEMİ COZMEK İSTİYORMUSUNUZ?(e/h)= -----
Sistemin cozumu tamamlandıdır sonuclari 'FinishFile.txt' dosyasından gorebilirsiniz
Sistemin cozumu tamamlandıdır sonuclari 'SONUC.csv' dosyasından da gorebilirsiniz
Sistemin cozumu için kullanılan datalar 'Data.txt' dosyasında mevcuttur
Sistemin cozumu esnasında oluşturulan matrisler 'Stext.txt' dosyasında bulunmaktadır

Y A S A L U Y A R I

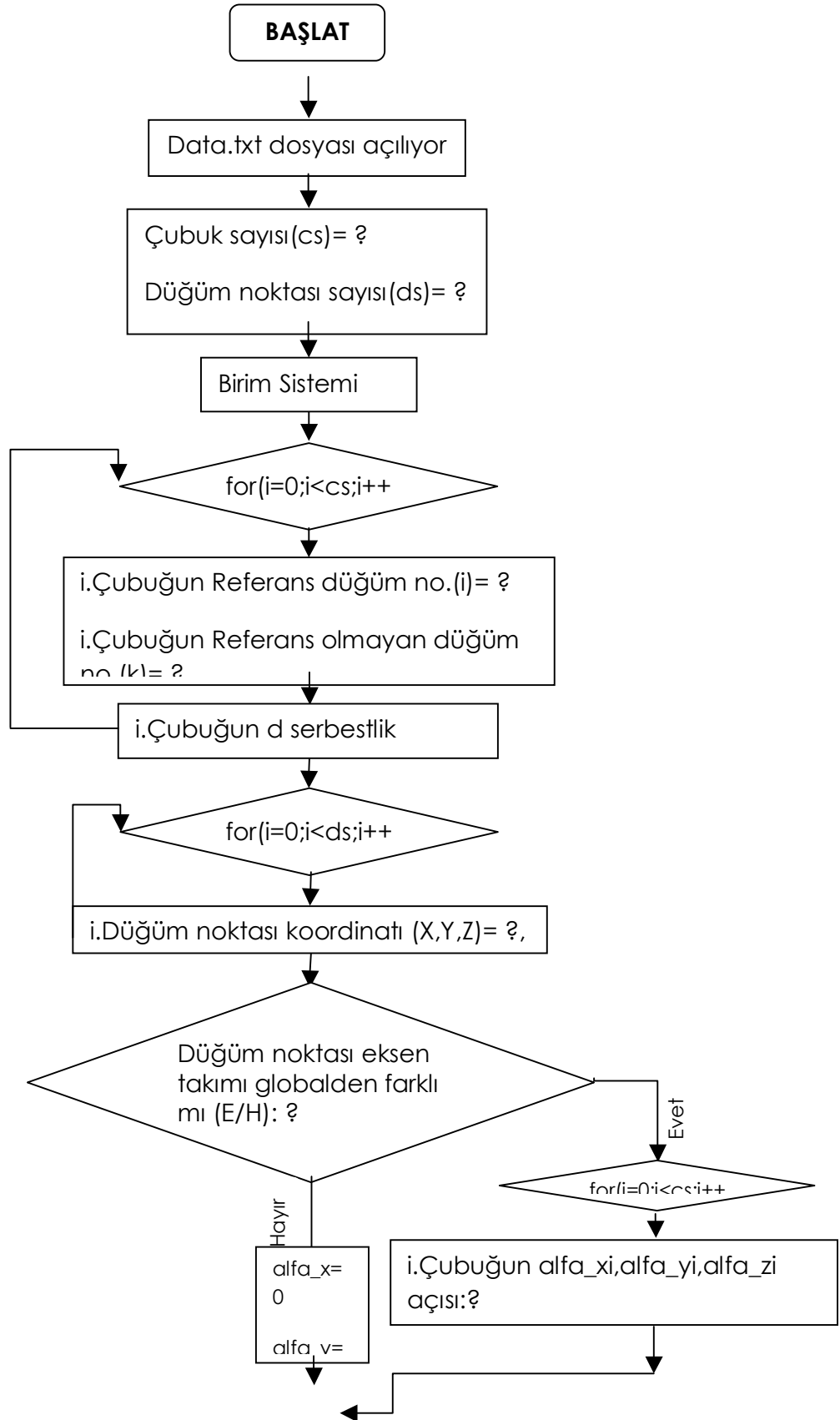
Tum hakları saklıdır.Progranda sisten yöneticisinden izinsiz değisiklikler yapılamaz.
Program Kopyalanamaz,coğaltılamaz.Aksi takdirde dogacak tum olumsuzluklardan kullanıcı mesuldur
©2008 Ferdi MANDAL.All Rights Reserved

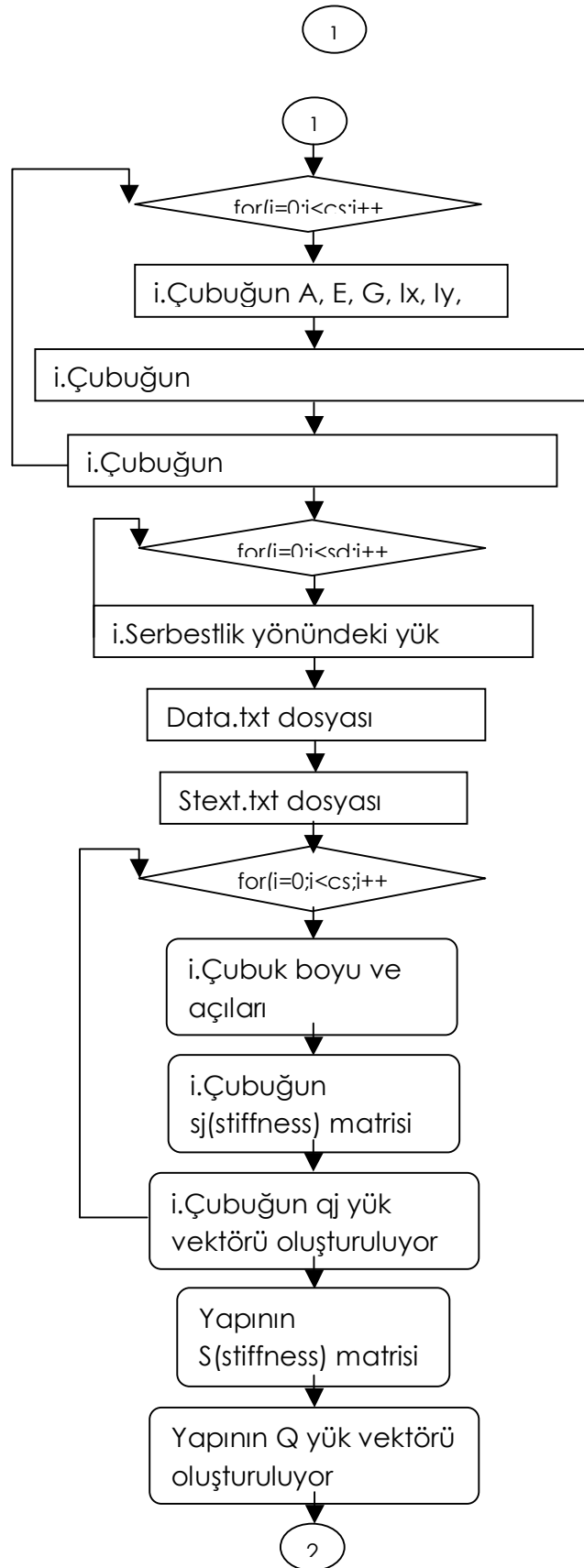
```

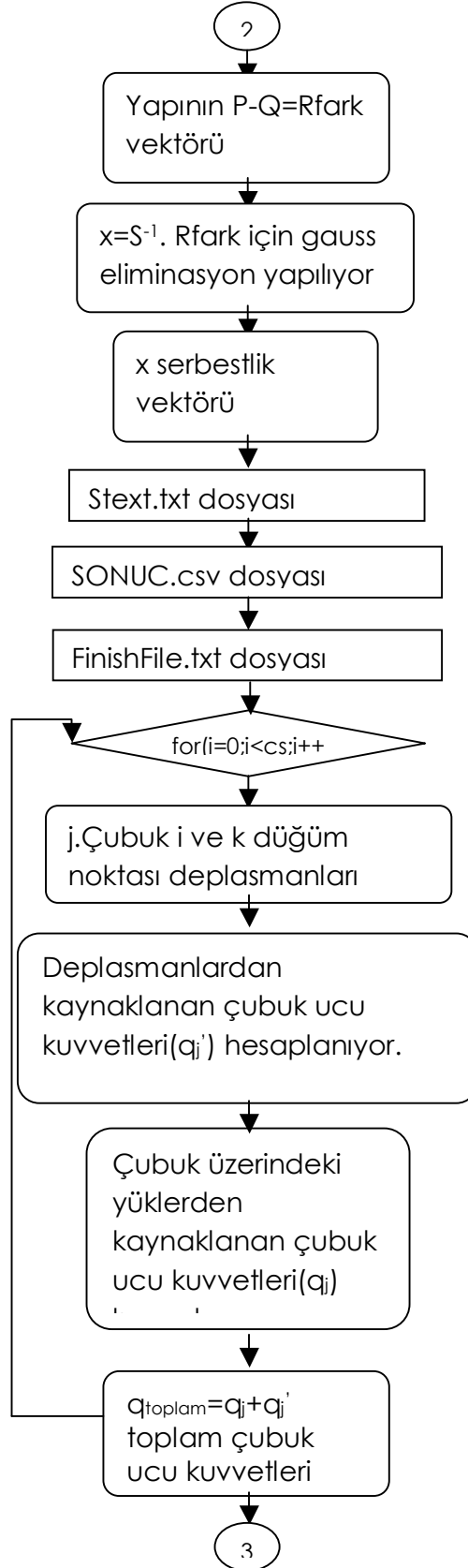
Şekil 5.15 Programın sonlandırılması.

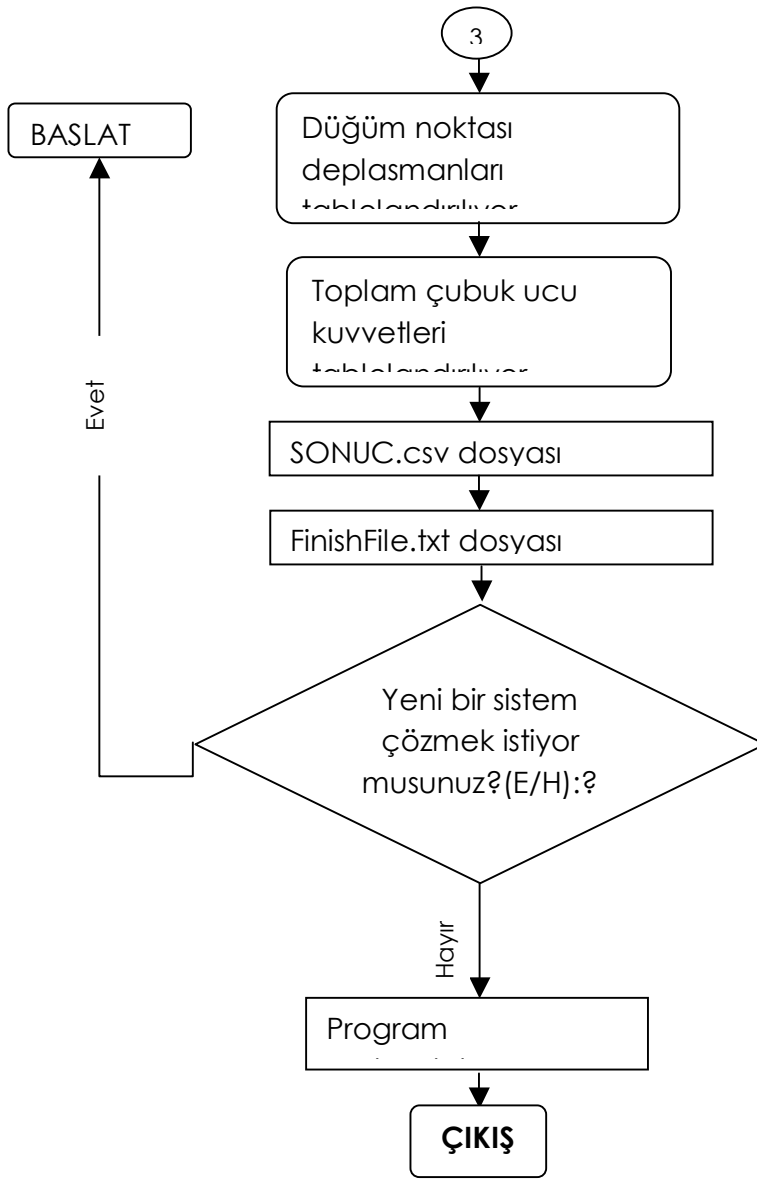
Örnek problem üzerinde veri aktarımı ile ilgili açıklayıcı bilgiler verilmiştir. Sistemin nasıl modelleneceği, data tablolarını oluşturma, programın çalışma prensipleri, denge denklemleri, uygunluk denklemleri, yük bilgileri gibi genel konular açıklanmıştır. Yapılan bu çalışma SAP2000 v9 paket programıyla birebir sonuçlar vermiştir. Görüldüğü gibi üç boyutlu çerçeve sistemleri deplasman metoduna göre modellemek oldukça kolaydır. Bu analiz tekniği kullanılarak her türlü üç boyutlu çerçeve yapının analizini yapmak mümkündür.

### 5.5. Programın Akış Şeması



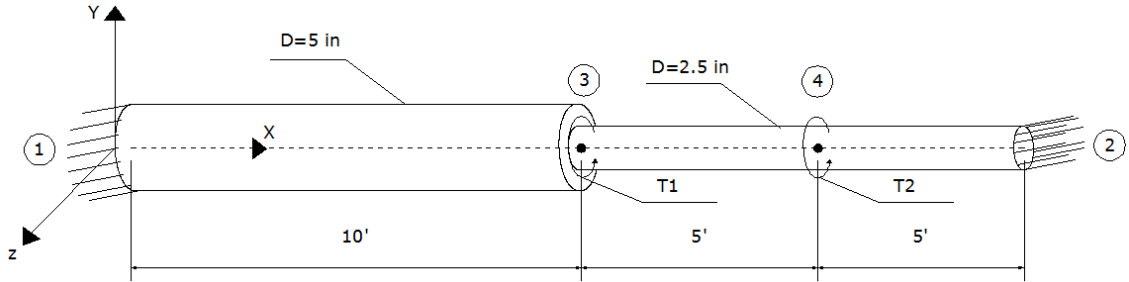






## 6. ÖRNEKLER

### Örnek 1:



Şekil 6.1 Örnek 1

Şekil 6.1' de gösterilen mil burulma problemi üç boyutlu çerçeve problemi sınıfına girmektedir ve geliştirilen program ile çözülecektir. (Arbabi [2], Problem 17.5)

#### **Veriler:**

$E=29000$  ksi

$G=11200$  ksi

1-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 1

3-4 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 2

4-2 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 3 numara olarak numaralandırılacaktır.

#### **1 no.lu çubuğun kesit özellikleri:**

$D= 5$  in olarak verilmiştir.

#### **2 ve 3 no.lu çubukların kesit özellikleri:**

$D= 2.5$  in olarak verilmiştir.

**3 ve 4 nolu düğümler** üzerine **Global X** eksenini yönünde sırasıyla **T1** ve **T2** burulma moment yükleri etkimektedir.

$T1=15$  kip-ft<sup>1</sup>

$T2=10$  kip-ft

<sup>1</sup> 1 ft=12 in. , 1 kip=10<sup>3</sup> lb

**Çizelge 6.1** Örnek 1 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

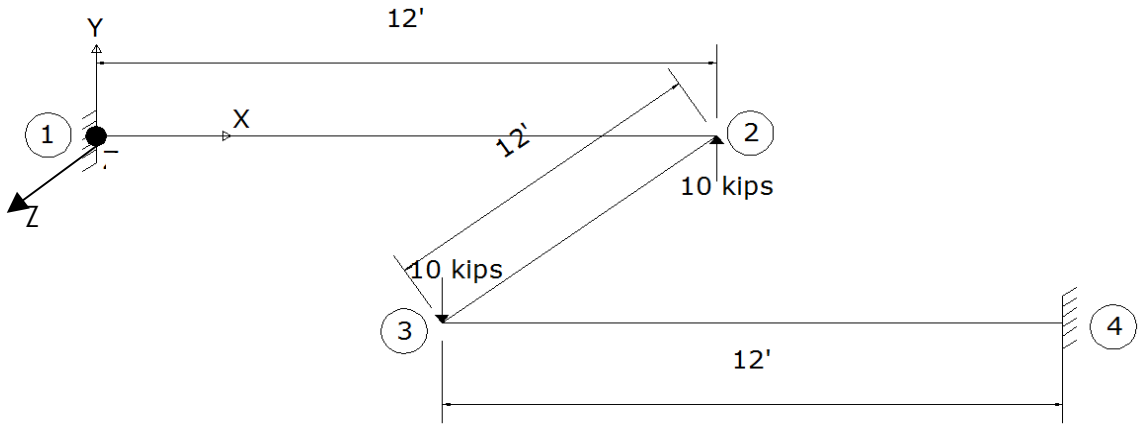
D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,039443	0,000000	0,000000
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,103537	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	N <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>z</sub>	T <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	0,000000	0,000000	0,000000	-225,882353	0,000000	0,000000
	k(3)	0,000000	0,000000	0,000000	225,882353	0,000000	0,000000
2	i(3)	0,000000	0,000000	0,000000	-45,882353	0,000000	0,000000
	k(4)	0,000000	0,000000	0,000000	45,882353	0,000000	0,000000
3	i(4)	0,000000	0,000000	0,000000	74,117647	0,000000	0,000000
	k(2)	0,000000	0,000000	0,000000	-74,117647	0,000000	0,000000

**Çizelge 6.1**'deki çubuk ucu kuvvetlerinden  $T_x$  burulma momentleri noktadan sonra **bir (1)** hane olarak yazılacak olursa sonuçların **referans [2]** sonuçları ile aynı olduğu görülmektedir.



**Örnek 2:**

Şekil 6.2 Örnek 2

Şekil 6.2' de gösterilen üç boyutlu çerçeve sistemin analizi yapılacaktır. (Arbabi [2], Problem 17.7)

**Veriler:**

$E=29000$  ksi

$G=11200$  ksi

1-2 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 1

2-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 2

3-4 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 3 numara olarak numaralandırılacaktır.

**1 ve 3 no.lu çubukların kesit özellikleri:**

$A=29.954$  in<sup>2</sup>,  $I_Z=150$  in<sup>4</sup>,  $I_X=90$  in<sup>4</sup>

**2 no.lu çubuğun kesit özellikleri:**

$A=34.61$  in<sup>2</sup>,  $I_Z=200$  in<sup>4</sup>,  $I_X=100$  in<sup>4</sup>

**2 no.lu düğüm noktası** üzerine **Global Y** eksenine yönünde **10 kips** tekil yük ve **3 no.lu düğüm noktası** üzerine **Global Y** eksenine **ters** yönde **10 kips** tekil yük etkimektedir<sup>2</sup>. Referansta çubukların A kesit alanları verilmemiştir. Dikdörtgen kesit düşünülerek kesit alanları yaklaşık olarak hesaplanmış ve çözümde kullanılmıştır.

<sup>2</sup> 1 ft=12 in. ,1 kip=10<sup>3</sup> lb

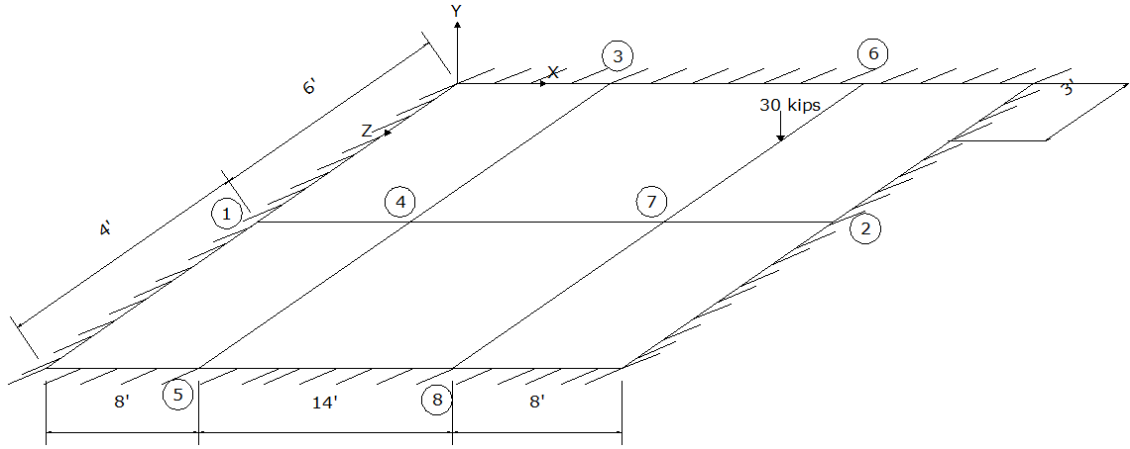
**Çizelge 6.2** Örnek 2 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	1,759722	0,000000	0,023753	0,000000	0,018330
3)	0,000000	-1,759722	0,000000	0,023753	0,000000	0,018330
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	N <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>z</sub>	T <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	0,000000	-7,690722	0,000000	-166,268041	0,000000	-1107,463918
	k(2)	0,000000	7,690722	0,000000	166,268041	0,000000	0,000000
2	i(3)	0,000000	-2,309278	0,000000	0,000000	0,000000	-166,268041
	k(2)	0,000000	2,309278	0,000000	0,000000	0,000000	-166,268041
3	i(3)	0,000000	-7,690722	0,000000	166,268041	0,000000	0,000000
	k(4)	0,000000	7,690722	0,000000	-166,268041	0,000000	-1107,463918

Referansta [2] problemin sonuçları bulunmaktadır. Çubukların A kesit alanları verilmediğinden sistem için kesit tipi dikdörtgen olarak kabul edilip, Kesit boyutları yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Ancak yapılan bu kabul neticesinde referanstaki [2] sonuçlarla karşılaştırıldığında, sonuçlar virgülden sonra 1 hane alındığında birebir uyum sağladığı görülmektedir. **SAP2000** çözümleri ile yapılan karşılaştırmada ise sonuçların birebir uyduğu görülmüştür.

**Örnek 3:****Şekil 6.3 Örnek 3**

Şekil 6.3' de gösterilen kaset döşemenin analizi yapılacaktır.(Arbabi [2], Problem 17.8)

**Veriler:**

$$E=3100 \text{ ksi}$$

$$\mu=0.2$$

1-4 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 1

4-7 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 2

7-2 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 3

5-4 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 4

4-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 5

8-7 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 6

7-6 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 7 numara olarak numaralandırılacaktır.

**1,2 ve 3 no.lu çubukların kesit özellikleri:**

$$A=1,095 \text{ ft}^2, I_z=0,2 \text{ ft}^4, I_x=0,1 \text{ ft}^4$$

**4,5,6 ve 7 no.lu çubukların kesit özellikleri:**

$$A=1,341 \text{ ft}^2, I_z=0,3 \text{ ft}^4, I_x=0,25 \text{ ft}^4$$

**7 no.lu çubuk eleman üzerine Global Y eksenine ters yönde 30 kips tekil yük etkimektedir.**<sup>3</sup>

<sup>3</sup> 1 ft=12 in. ,1 kip=10<sup>3</sup> lb

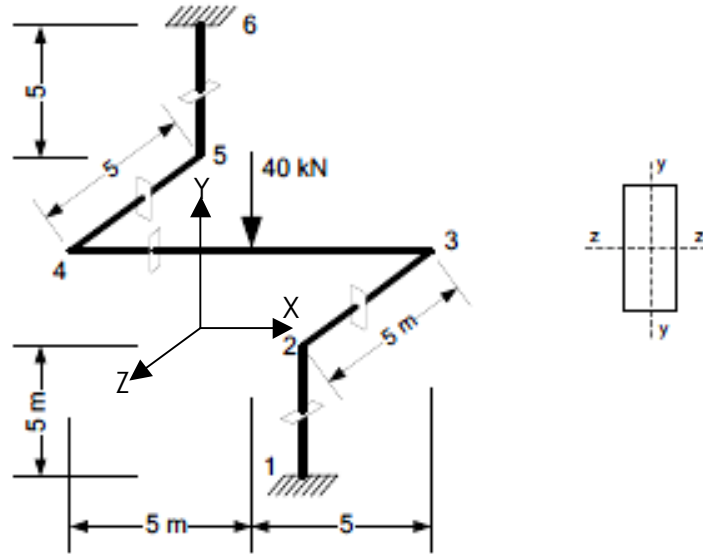
**Çizelge 6.3** Örnek 3 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	ft	ft	ft	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,000000	-0,002260	0,000000	-0,000421	0,000000	-0,003474
5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000000	-0,082316	0,000000	-0,024409	0,000000	0,005747
8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	N <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>z</sub>	T <sub>x</sub>	My	M <sub>z</sub>
		kip	kip	kip	kip-ft	kip-ft	kip-ft
1	i(1)	0,000000	-0,169092	0,000000	0,006796	0,000000	-0,407126
	k(4)	0,000000	0,169092	0,000000	-0,006796	0,000000	-0,945611
2	i(4)	0,000000	0,260202	0,000000	0,221315	0,000000	1,413045
	k(7)	0,000000	-0,260202	0,000000	-0,221315	0,000000	2,229776
3	i(7)	0,000000	-0,862108	0,000000	-0,394097	0,000000	-3,003034
	k(2)	0,000000	0,862108	0,000000	0,394097	0,000000	-3,893827
4	i(5)	0,000000	0,247291	0,000000	-0,280461	0,000000	0,592440
	k(4)	0,000000	-0,247291	0,000000	0,280461	0,000000	0,396725
5	i(4)	0,000000	-0,182002	0,000000	0,186974	0,000000	-0,611245
	k(3)	0,000000	0,182002	0,000000	-0,186974	0,000000	-0,480768
6	i(8)	0,000000	5,841363	0,000000	0,463955	0,000000	17,357724
	k(7)	0,000000	-5,841363	0,000000	-0,463955	0,000000	6,007728
7	i(7)	0,000000	6,963672	0,000000	-0,309303	0,000000	-5,392316
	k(6)	0,000000	23,036328	0,000000	0,309303	0,000000	-42,825651

Referansta [2] problemin sonuçları bulunmamaktadır. Çubukların A kesit alanları verilmediğinden sistem için kesit tipi dikdörtgen olarak kabul edilip, Kesit boyutları yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Ancak bu kabul neticesinde **SAP2000** ile yapılan çözümlerin ise Çizelge 6.3'deki sonuçlarla birebir uyduğu görülmüştür.

**Örnek 4:****Şekil 6.4** Örnek 4

Şekil 6.4' de düğüm numaraları ve mesnet koşulları verilen üç boyutlu çerçeve sistemin statik analizi yapılacaktır.(Arbabi [2], Problem 18.11)

**Veriler:**

$E=2e+5$  MPa (Elastisite Modülü)

$G=0.8e+5$  MPa (Kayma Modülü)

$A=120$  cm<sup>2</sup> (Tüm elemanlarda)

Eğilme atalet momentleri  $I_y=6000$  cm<sup>4</sup>,  $I_z=8000$  cm<sup>4</sup> (Tüm elemanlarda)

Burulma atalet momentleri  $J=I_x=5000$  cm<sup>4</sup> (Tüm elemanlarda)

1-2 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 1

2-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 2

4-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 3

4-5 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 4

5-6 düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 5

Yük durumu: Şekilde verilen tekil yük.

Mesnet koşulları: 1 ve 6 nolu düğüm noktalarında tüm deplasmanlar sıfırdır.(Ankastre)

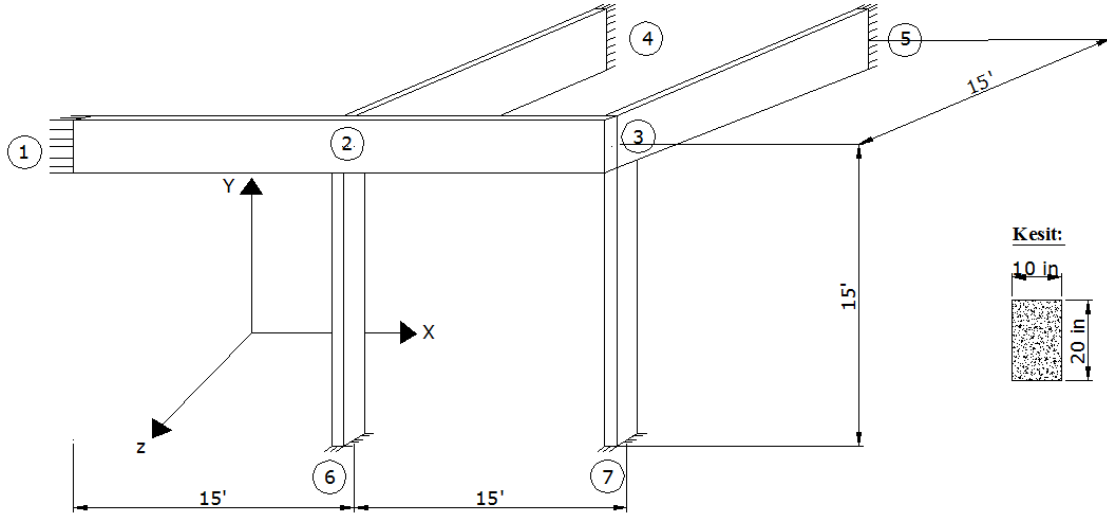
**Çizelge 6.4** Örnek 4 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	cm	cm	cm	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	-0,822368	-0,004167	-5,859375	-0,023438	0,000000	0,003289
3)	-0,822368	-14,978125	-5,859375	-0,031250	0,000000	0,013158
4)	-0,822368	-14,978125	-5,859375	0,031250	0,000000	-0,013158
5)	-0,822368	-0,004167	-5,859375	0,023438	0,000000	-0,003289
6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		N	N	N	N-cm	N-cm	N-cm
1	i(1)	20000,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	-7500000,0000	-789473,684210
	k(2)	-20000,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7500000,0000	789473,684210
2	i(2)	0,0000	20000,0000	0,0000	789473,684210	-0,0000	7500000,000000
	k(3)	0,0000	-20000,0000	0,0000	-789473,684210	-0,0000	2500000,000000
3	i(4)	0,0000	20000,0000	0,0000	2500000,000000	-0,0000	789473,684210
	k(3)	0,0000	20000,0000	0,0000	-2500000,000000	0,0000	-789473,684210
4	i(4)	0,0000	-20000,0000	0,0000	789473,684210	0,0000	-2500000,000000
	k(5)	0,0000	20000,0000	0,0000	-789473,684210	0,0000	-7500000,000000
5	i(5)	-20000,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	-7500000,0000	-789473,684210
	k(6)	20000,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7500000,0000	789473,684210

Referansta [2] bu örneğin sonuçları yer almamaktadır. Ancak **SAP2000** ile yapılan çözümlerin **Çizelge 6.4**'deki sonuçlar ile birebir uyduğu görülmektedir.

**Örnek 5:****Şekil 6.5** Örnek 5

Şekil 6.5' de gösterilen üç boyutlu çerçeve sistemin analizi yapılacaktır.(Arbabi [2], Problem 18.12)

**Veriler:**

$$E=3100 \text{ ksi}$$

$$\mu=0.2$$

1-2 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 1

2-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 2

2-4 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 3

3-5 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 4

6-2 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 5

7-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 6 numara olarak numaralandırılacaktır.

**Yükleme durumu** aşağıdaki gibidir:

1, 2, 3 ve 4 numaralı çubukların üzerine ( $-Y$ ) yönünde **3 kips/ft** yayılı yük etkimektedir.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> 1 ft=12 in. ,1 kip=10<sup>3</sup> lb

**Çizelge 6.5** Örnek 5 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

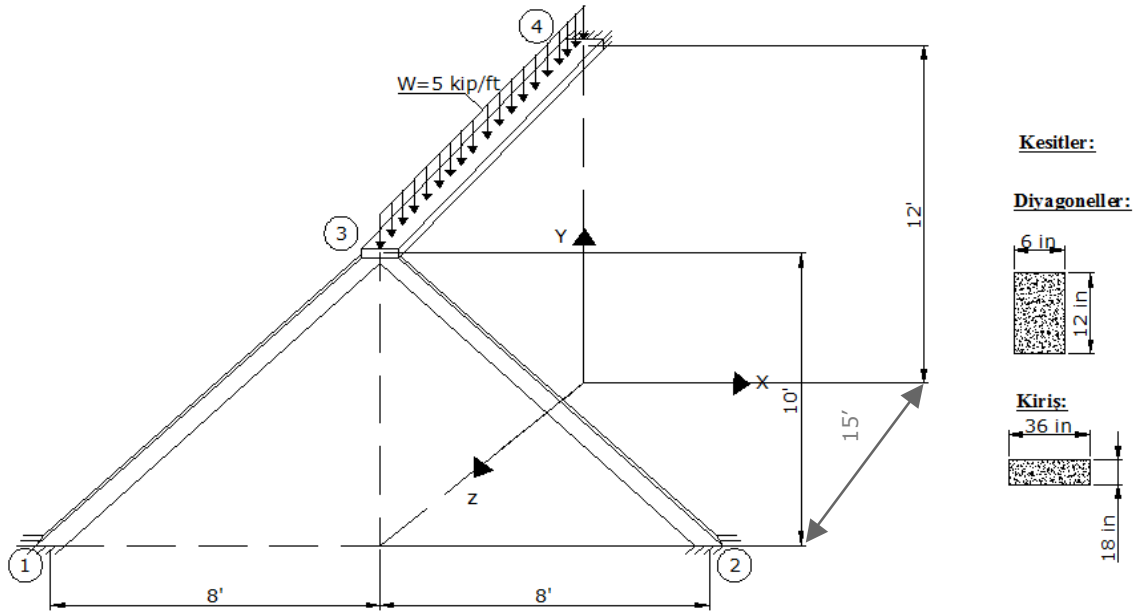
D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	-0,000264	-0,019729	-0,000695	-0,000635	0,000002	-0,000317
3)	-0,000619	-0,011188	-0,000756	-0,000689	-0,000002	0,001287
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	0,909935	22,125328	0,005852	20,853066	-0,572945	677,688103
	k(2)	-0,909935	22,874672	-0,005852	-20,853066	-0,480462	-745,129142
2	i(2)	1,220498	25,848664	0,001388	1,794677	-0,010180	792,207043
	k(3)	-1,220498	19,151336	-0,001388	-1,794677	-0,239587	-189,447610
3	i(2)	2,395536	19,231477	-0,004350	10,416519	0,437724	307,945667
	k(4)	-2,395536	25,768523	0,004350	-10,416519	0,345242	-896,279840
4	i(3)	2,605122	19,385564	-0,004293	-42,275344	0,317936	315,540659
	k(5)	-2,605122	25,614436	0,004293	42,275344	0,454862	-876,139060
5	i(6)	67,954813	-0,306214	-2,400000	-0,052918	143,112786	-18,457071
	k(2)	-67,954813	0,306214	2,400000	0,052918	288,887279	-36,661383
6	i(7)	38,536901	1,224792	-2,606509	0,078349	155,425701	73,290239
	k(3)	-38,536901	-1,224792	2,606509	-0,078349	313,745982	147,172266

Referanstaki [2] çözümler ile **Çizelge 6.5**'deki kesit zorlamaları karşılaştırıldığında, sonuçların birebir örtüştüğü görülmüştür.



**Örnek 6:****Şekil 6.6** Örnek 6

Şekil 6.6' da gösterilen üç boyutlu çerçeve sistemin analizi yapılacaktır.(Arbabi [2], Problem 18.13)

**Veriler:**

$E=3100$  ksi

$\mu=0.2$

1-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 1

2-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 2

3-4 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 3 numara olarak numaralandırılacaktır.

**3 numaralı kiriş elemanın üzerine Global Y** eksenine **ters** yönde **5 kip/ft** yayılı yük etkimektedir.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> 1 ft=12 in. ,1 kip=10<sup>3</sup> lb

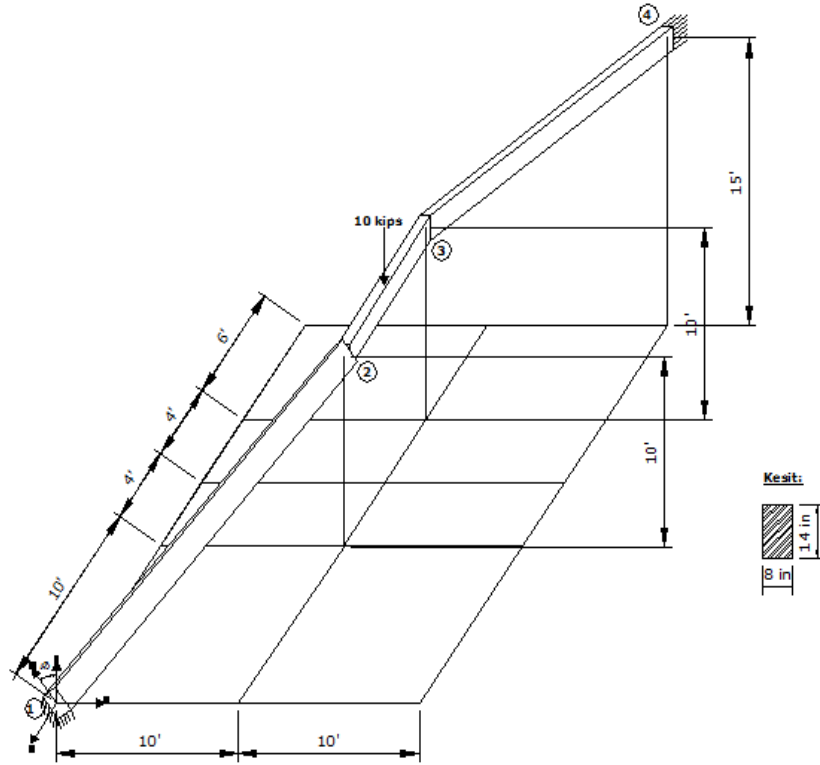
**Çizelge 6.6** Örnek 6 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	-0,015818	-0,002011	-0,000802	0,000000	0,000000
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	17,940407	0,087514	-0,102067	2,497742	5,114390	6,724370
	k(3)	-17,940407	-0,087514	0,102067	-2,497742	10,570828	6,724370
2	i(2)	17,940407	0,087514	0,102067	-2,497742	-5,114390	6,724370
	k(3)	-17,940407	-0,087514	-0,102067	2,497742	-10,570828	6,724370
3	i(3)	3,919786	27,853830	0,000000	0,000000	0,000000	19,629514
	k(4)	6,080175	47,146056	0,000000	0,000000	0,000000	-1771,295606

Referansta [2] bu örneğin sonuçlarına yer verilmemiştir. Ancak **SAP2000** ile yapılan çözümde sonuçların birebir eşit olduğu görülmüştür.

**Örnek 7:****Şekil 6.7 Örnek 7**

Şekil 6.7' de gösterilen üç boyutlu çerçeve sistemin analizi yapılacaktır.(Arbabi [2], Problem 18.14)

**Veriler:**

$E=3000$  ksi

$\mu=0.2$

1-2 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 1

2-3 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 2

3-4 düğüm noktalarına bağlı çubuk: 3 numara olarak numaralandırılacaktır.

1 numaralı çubuk elemanı için  $\theta_x^3$  açısı ( $-45^\circ$ ) olmaktadır.

**2 numaralı kiriş elemanın ortasında global Y eksenine ters yönde 10 kips tekil yük etkimektedir.**<sup>6</sup>

<sup>6</sup> 1 ft=12 in. ,1 kip=10<sup>3</sup> lb

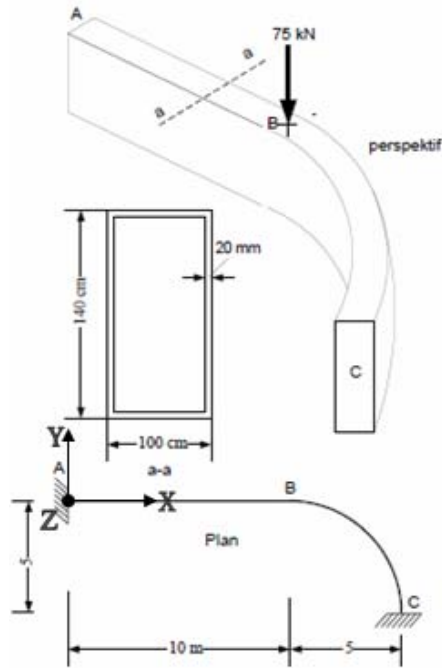
**Çizelge 6.7** Örnek 7 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,241012	-0,668927	-0,420642	-0,001887	0,001545	-0,002789
3)	0,072918	-0,647152	-0,419578	0,002544	-0,000020	0,004781
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	6,788158	2,274289	0,858416	-13,491176	-114,811010	281,401315
	k(2)	-6,788158	-2,274289	-0,858416	13,491176	-63,607347	191,300810
2	i(2)	3,722747	5,727813	2,306874	156,526871	-81,512989	-98,381285
	k(3)	-3,722747	4,272187	-2,306874	-156,526871	-139,946913	168,251305
3	i(3)	1,894955	-5,460751	-2,005353	-3,437522	153,741181	-220,785267
	k(4)	-1,894955	5,460751	2,005353	3,437522	151,599698	-610,684730

Referansta [2] bu problemin çözümü yer almamaktadır. Ancak **SAP2000** ile yapılan çözümde sonuçların birebir uyduğu görülmüştür.

**Örnek 8:****Şekil 6.8** Örnek 8

Şekilde 6.8' de verilen çerçeve sistemin statik analizi yapılacaktır. (Arbabi [2], Problem 17.7)

**Veriler:**

A-B düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 1

B-C düğüm noktalarına bağlı çubuk numarası: 2

A düğüm noktası 1 numara, B düğüm noktası 2 numara, C düğüm noktası 3 numara olarak numaralandırılmıştır.

**Malzeme** \_\_\_\_\_ :Yapı çeliği

$$E=2E+8 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu=0.3$$

**Kesitler** \_\_\_\_\_ :Şekilde verilmiş kesit

**Yükler** \_\_\_\_\_ :Şekilde verilmiş tekil yük

**Mesnetler** \_\_\_\_\_ :A ve C noktaları tam ankastre

BC eğri eksenli çubuk, 10 parça doğru eksenli çubuk ile modellenerek problem çözülmüştür. Referanstaki [2] sonuçlara yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçların kabul edilebilir yaklaşıklıkta olması eğri eksenli çubuğun modellenmesine bağlıdır ve parça sayısının çoğaltılması ile çözüm hassasiyetinin artırılması mümkündür. Bu husus ise çalışmanın konusu dışındadır.

**Çizelge 6.8** Örnek 8 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	m	m	m	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	-0,000157	-0,000059	0,000007	0,000000
3)	0,000000	0,000000	-0,000155	-0,000058	0,000003	0,000000
4)	0,000000	0,000000	-0,000143	-0,000053	-0,000002	0,000000
5)	0,000000	0,000000	-0,000125	-0,000044	-0,000008	0,000000
6)	0,000000	0,000000	-0,000101	-0,000035	-0,000014	0,000000
7)	0,000000	0,000000	-0,000075	-0,000026	-0,000021	0,000000
8)	0,000000	0,000000	-0,000050	-0,000018	-0,000026	0,000000
9)	0,000000	0,000000	-0,000028	-0,000013	-0,000028	0,000000
10)	0,000000	0,000000	-0,000012	-0,000008	-0,000026	0,000000
11)	0,000000	0,000000	-0,000003	-0,000005	-0,000017	0,000000
12)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

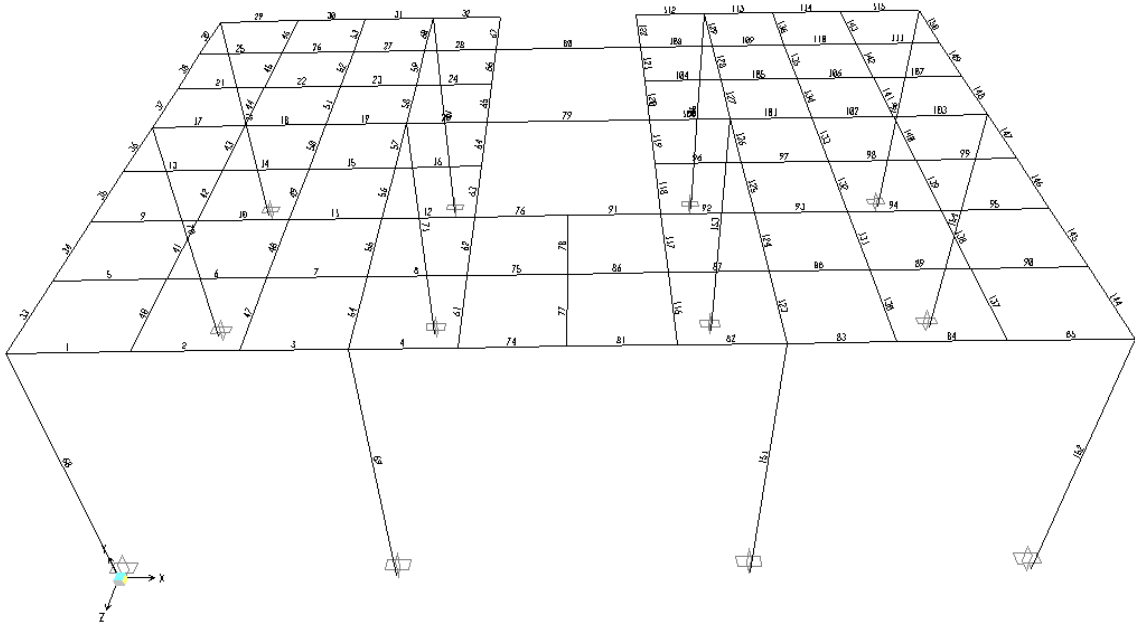
**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1	i(1)	0,000000	0,000000	31,281988	14,057487	-172,251681	0,000000
	k(2)	0,000000	0,000000	-31,281988	-14,057487	-140,568198	0,000000
2	i(2)	0,000000	0,000000	-43,718012	-4,835951	141,186560	0,000000
	k(3)	0,000000	0,000000	43,718012	4,835951	-107,426921	0,000000
3	i(3)	0,000000	0,000000	-43,718012	-20,297378	105,602775	0,000000
	k(4)	0,000000	0,000000	43,718012	20,297378	-71,847330	0,000000
4	i(4)	0,000000	0,000000	-43,718012	-30,440469	68,171843	0,000000
	k(5)	0,000000	0,000000	43,718012	30,440469	-34,412725	0,000000
5	i(5)	0,000000	0,000000	-43,718012	-35,086429	29,661428	0,000000
	k(6)	0,000000	0,000000	43,718012	35,086429	4,094451	0,000000
6	i(6)	0,000000	0,000000	-43,718012	-34,128568	-9,113883	0,000000
	k(7)	0,000000	0,000000	43,718012	34,128568	42,873101	0,000000
7	i(7)	0,000000	0,000000	-43,718012	-27,584719	-47,349185	0,000000
	k(8)	0,000000	0,000000	43,718012	27,584719	81,108403	0,000000
8	i(8)	0,000000	0,000000	-43,718012	-15,593770	-84,239682	0,000000
	k(9)	0,000000	0,000000	43,718012	15,593770	117,995562	0,000000
9	i(9)	0,000000	0,000000	-43,718012	1,591354	-119,010865	0,000000
	k(10)	0,000000	0,000000	43,718012	-1,591354	152,769983	0,000000
10	i(10)	0,000000	0,000000	-43,718012	23,592734	-150,945629	0,000000
	k(11)	0,000000	0,000000	43,718012	-23,592734	184,701075	0,000000
11	i(11)	0,000000	0,000000	-43,718012	50,015731	-179,358665	0,000000
	k(12)	0,000000	0,000000	43,718012	-50,015731	213,118304	0,000000



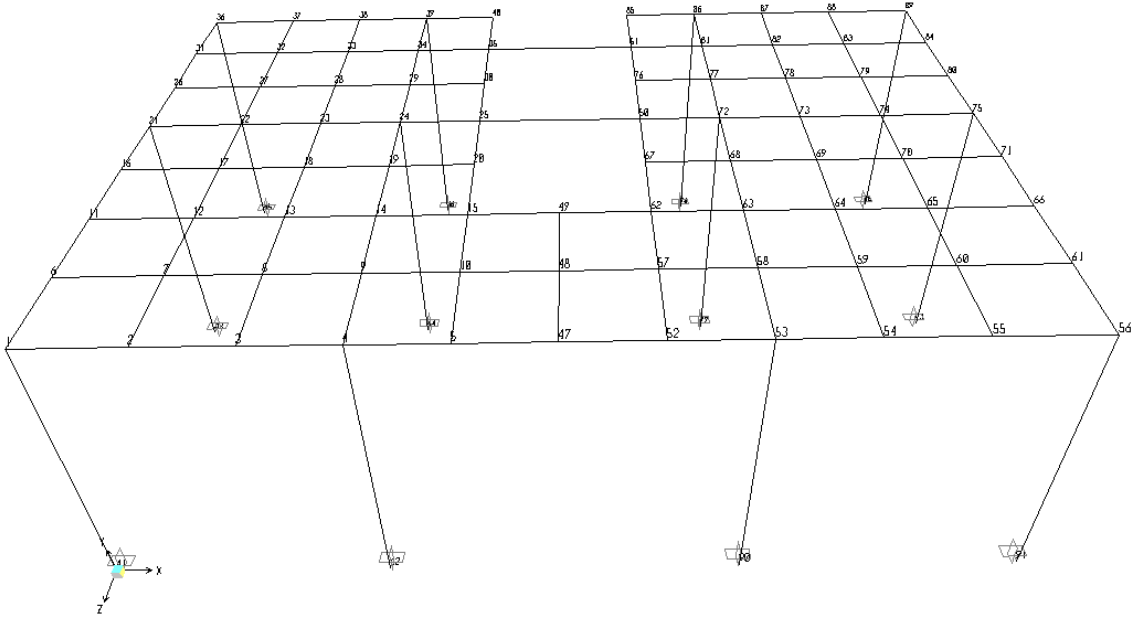
Çizelge 6.9 Eleman kesit ve yük bilgileri

Eleman	Kesit (cmxcm)	Yük (kN/m)	
Kaset Döşeme Kirişleri	20x75	10.90	
Çevre Kirişleri	X Yönü	30x75	7.86
	Z Yönü	50x75	24.86
Boşluk Çevresi Kirişleri	X Yönü	20x75	5.54
	Y Yönü	20x75	19.99
Çevre Kolonları	50x30	-	
Orta Kolonlar	φ40	-	



Şekil 6.10 Örnek 9 için çubuk numaralarının görünüşü





Şekil 6.11 Örnek 9 için düğüm numaralarının görünüşü

Simetri eksenindeki 47, 48, 49, 50 ve 51 numaralı düğüm noktalarında  $U_x=0$ ,  $R_y=0$ ,  $R_z=0$  kabul edilmiştir. Ayrıca 77 ve 78 numaralı kiriş kesitleri 10x75 olarak alınmıştır, bu kirişlerin üzerine gelen yüklerin de yarısı sistemin çözümü için kullanılmıştır.

Çizelge 6.10 Örnek 9 sonuç çıktıları

#### Düğüm Noktası Deplasmanları

D.No	$U_x$	$U_y$	$U_z$	$R_x$	$R_y$	$R_z$
	m	m	m	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000002	-0,000064	-0,000025	-0,000229	0,000001	-0,000070
2)	0,000001	-0,000149	-0,000023	-0,000221	-0,000001	-0,000039
3)	0,000001	-0,000154	-0,000023	-0,000245	0,000000	0,000016
4)	0,000001	-0,000122	-0,000023	-0,000272	-0,000001	-0,000019
5)	0,000000	-0,000195	-0,000021	-0,000262	-0,000002	-0,000058
6)	0,000001	-0,000298	-0,000025	-0,000163	0,000000	-0,000072
7)	0,000001	-0,000369	-0,000023	-0,000153	0,000000	-0,000046
8)	0,000001	-0,000402	-0,000022	-0,000174	0,000000	-0,000027
9)	0,000000	-0,000426	-0,000022	-0,000211	0,000000	-0,000031
10)	0,000000	-0,000464	-0,000021	-0,000199	0,000000	-0,000027
11)	0,000001	-0,000382	-0,000025	0,000003	-0,000001	-0,000082
12)	0,000001	-0,000462	-0,000023	-0,000026	-0,000001	-0,000058
13)	0,000001	-0,000510	-0,000022	-0,000031	-0,000001	-0,000045
14)	0,000000	-0,000554	-0,000022	-0,000028	-0,000001	-0,000046
15)	0,000000	-0,000601	-0,000020	-0,000054	-0,000001	-0,000041

16)	0,000002	-0,000299	-0,000024	0,000133	-0,000001	-0,000109
17)	0,000002	-0,000423	-0,000023	0,000069	-0,000001	-0,000075
18)	0,000002	-0,000466	-0,000022	0,000080	-0,000001	-0,000027
19)	0,000002	-0,000483	-0,000021	0,000134	-0,000001	-0,000050
20)	0,000002	-0,000568	-0,000020	0,000078	0,000000	-0,000085
21)	0,000003	-0,000155	-0,000024	0,000069	0,000000	-0,000122
22)	0,000003	-0,000333	-0,000023	0,000074	-0,000001	-0,000092
23)	0,000002	-0,000360	-0,000022	0,000079	-0,000001	0,000023
24)	0,000002	-0,000295	-0,000020	0,000079	-0,000001	-0,000046
25)	0,000001	-0,000454	-0,000020	0,000088	0,000000	-0,000113
26)	0,000003	-0,000160	-0,000024	-0,000008	0,000000	-0,000103
27)	0,000003	-0,000276	-0,000023	0,000057	0,000000	-0,000067
28)	0,000002	-0,000310	-0,000022	0,000056	-0,000001	-0,000018
29)	0,000002	-0,000318	-0,000020	0,000014	0,000000	-0,000041
30)	0,000002	-0,000393	-0,000020	0,000072	0,000000	-0,000075
31)	0,000003	-0,000142	-0,000024	0,000059	-0,000001	-0,000073
32)	0,000003	-0,000213	-0,000023	0,000085	-0,000001	-0,000043
33)	0,000002	-0,000241	-0,000022	0,000100	-0,000002	-0,000023
34)	0,000002	-0,000261	-0,000020	0,000115	-0,000001	-0,000032
35)	0,000001	-0,000304	-0,000020	0,000123	-0,000001	-0,000033
36)	0,000006	-0,000041	-0,000024	0,000104	-0,000002	-0,000054
37)	0,000006	-0,000100	-0,000023	0,000114	-0,000001	-0,000026
38)	0,000006	-0,000102	-0,000022	0,000137	-0,000002	0,000011
39)	0,000006	-0,000082	-0,000019	0,000161	-0,000001	-0,000016
40)	0,000006	-0,000137	-0,000020	0,000165	-0,000001	-0,000056
41)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47)	0,000000	-0,000233	-0,000020	-0,000243	0,000000	0,000000
48)	0,000000	-0,000476	-0,000020	-0,000194	0,000000	0,000000
49)	0,000000	-0,000633	-0,000020	-0,000144	0,000000	0,000000
50)	0,000000	-0,000454	-0,000020	0,000088	0,000000	0,000000
51)	0,000000	-0,000304	-0,000020	0,000123	0,000000	0,000000

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1	i(1)	2,181000	29,206000	0,403000	0,433400	0,316700	6,684600
	k(2)	-2,181000	-20,167000	0,403000	-0,433400	-0,147000	-21,704900

2	i(2)	1,967000	-6,201000	0,137000	1,507000	-0,019300	-21,847500
	k(3)	-1,967000	14,061000	0,137000	-1,507000	-0,156600	-11,716600
3	i(3)	1,917000	-44,834000	-0,380000	1,666200	-0,136400	-12,569000
	k(4)	-1,917000	52,694000	-0,380000	-1,666200	0,243600	36,194800
4	i(4)	-2,612000	53,855000	0,550000	-0,611600	0,324500	37,927900
	k(5)	2,612000	-45,995000	0,550000	0,611600	-0,225500	-11,996700
5	i(6)	0,640000	8,599000	0,160000	0,182300	0,101200	-2,059800
	k(7)	-0,640000	3,936000	0,160000	-0,182300	-0,083400	-4,741000
6	i(7)	0,769000	2,104000	0,106000	0,441300	0,049000	-4,830300
	k(8)	-0,769000	8,796000	0,106000	-0,441300	-0,056800	-1,484100
7	i(8)	0,772000	-0,009555	-0,026000	0,772700	-0,009500	-1,003900
	k(9)	-0,772000	10,890000	-0,026000	-0,772700	0,016400	4,436500
8	i(9)	0,823000	14,091000	0,215000	-0,260800	0,109900	4,363600
	k(10)	-0,823000	-3,191000	0,215000	0,260800	-0,105000	-4,277400
9	i(11)	0,608000	5,845000	0,048000	0,518200	0,031200	-3,568200
	k(12)	-0,608000	6,690000	0,048000	-0,518200	-0,024500	-3,082200
10	i(12)	0,719000	2,489000	0,028000	-0,108800	0,011000	-3,213000
	k(13)	-0,719000	8,411000	0,028000	0,108800	-0,016500	-0,252200
11	i(13)	0,817000	4,426000	-0,029000	0,049100	-0,012600	0,498000
	k(14)	-0,817000	6,474000	-0,029000	-0,049100	0,016400	1,522100
12	i(14)	0,960000	9,068000	0,059000	0,528600	0,030900	1,728400
	k(15)	-0,960000	1,832000	0,059000	-0,528600	-0,027700	-1,890000
13	i(16)	0,648000	20,213000	-0,017000	1,172900	-0,013000	3,067500
	k(17)	-0,648000	-7,678000	-0,017000	-1,172900	0,007000	-12,969800
14	i(17)	0,615000	-1,981000	0,011000	-0,229700	0,004600	-12,958100
	k(18)	-0,615000	12,881000	0,011000	0,229700	-0,006800	-5,527100
15	i(18)	0,477000	-15,927000	0,036000	-1,134000	0,015400	-4,869300
	k(19)	-0,477000	26,827000	0,036000	1,134000	-0,020100	16,507800
16	i(19)	0,289000	22,468000	0,033000	1,159100	0,010500	16,701900
	k(20)	-0,289000	-11,568000	0,033000	-1,159100	-0,023000	-0,316200
17	i(21)	2,554000	47,607000	0,036000	-0,092500	0,023700	19,544800
	k(22)	-2,554000	-35,072000	0,036000	0,092500	-0,017200	-27,995300
18	i(22)	2,467000	2,189000	0,055000	-0,092300	0,031200	-27,124700
	k(23)	-2,467000	13,089000	0,055000	0,092300	-0,024000	-19,485700
19	i(23)	2,473000	-67,946000	0,131000	-0,010700	0,061500	-21,367900
	k(24)	-2,473000	78,846000	0,131000	0,010700	-0,069900	52,028300
20	i(24)	3,426000	82,839000	-0,023000	-0,188600	-0,016300	53,922700
	k(25)	-3,426000	-71,939000	-0,023000	0,188600	0,006400	-23,465800
21	i(26)	0,915000	20,147000	0,069000	-1,186800	0,046000	2,576800
	k(27)	-0,915000	-7,612000	0,069000	1,186800	-0,033700	-13,385100
22	i(27)	0,896000	-2,477000	0,096000	0,020700	0,052700	-13,416800
	k(28)	-0,896000	13,377000	0,096000	-0,020700	-0,043700	-5,489700
23	i(28)	0,759000	-15,533000	0,188000	0,889600	0,089500	-4,741700

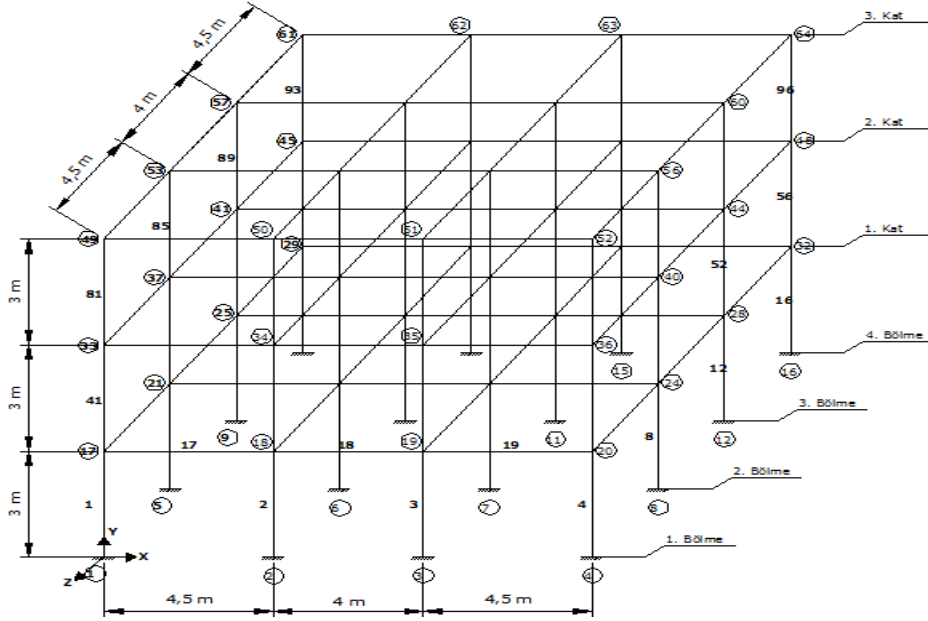
	k(29)	-0,759000	26,433000	0,188000	-0,889600	-0,098400	16,241500
24	i(29)	0,489000	21,860000	0,004476	-1,211800	-0,006700	16,332100
	k(30)	-0,489000	-10,960000	0,004476	1,211800	-0,011200	-0,077400
25	i(31)	2,023000	9,031000	-0,089000	-0,469500	-0,053100	-2,652200
	k(32)	-2,023000	3,504000	-0,089000	0,469500	0,048800	-5,830500
26	i(32)	2,402000	-0,512000	-0,039000	-0,325700	-0,014800	-5,977300
	k(33)	-2,402000	10,388000	-0,039000	0,325700	0,024600	-1,039000
27	i(33)	2,811000	-0,790000	0,081000	-0,299000	0,036000	-0,284700
	k(34)	-2,811000	11,690000	0,081000	0,299000	-0,044800	5,954900
28	i(34)	3,425000	15,268000	-0,201000	0,174700	-0,103900	6,069500
	k(35)	-3,425000	-4,368000	-0,201000	-0,174700	0,096800	-3,748300
29	i(36)	0,794000	18,225000	-0,373000	-0,549900	-0,280900	1,110200
	k(37)	-0,794000	-9,186000	-0,373000	0,549900	0,147700	-14,650600
30	i(37)	0,527000	-4,062000	-0,156000	-1,467500	0,000714	-14,991600
	k(38)	-0,527000	11,922000	-0,156000	1,467500	0,156600	-7,000000
31	i(38)	0,336000	-29,721000	0,238000	1,517300	0,066500	-7,655700
	k(39)	-0,336000	37,581000	0,238000	-1,517300	-0,171200	25,995100
32	i(39)	0,533000	31,519000	-0,638000	-0,264200	-0,352200	27,122700
	k(40)	-0,533000	-23,659000	-0,638000	0,264200	0,285700	-0,466300
33	i(1)	3,078000	53,578000	-0,801000	-0,401000	-0,322000	8,736400
	k(6)	-3,078000	-27,475000	-0,801000	0,401000	0,518600	-33,816000
34	i(6)	2,917000	18,876000	-0,161000	-2,460800	0,417400	-33,633800
	k(11)	-2,917000	5,984000	-0,161000	2,460800	0,577900	-40,079400
35	i(11)	2,869000	-11,829000	0,447000	-6,029000	0,546800	-40,597600
	k(16)	-2,869000	36,689000	0,447000	6,029000	0,099600	-16,338200
36	i(16)	2,886000	-56,902000	1,095000	2,961400	0,112600	-17,511200
	k(21)	-2,886000	81,762000	1,095000	-2,961400	-0,982300	51,821100
37	i(21)	1,510000	69,899000	-1,538000	4,252600	-1,001800	48,901000
	k(26)	-1,510000	-45,039000	-1,538000	-4,252600	0,535900	-8,568000
38	i(26)	1,440000	24,892000	-0,623000	6,829400	0,489800	-7,381200
	k(31)	-1,440000	-0,032000	-0,623000	-6,829400	1,112600	-19,842900
39	i(31)	1,529000	-9,000000	1,400000	4,177200	1,165700	-19,373300
	k(36)	-1,529000	35,103000	1,400000	-4,177200	-0,304500	3,780400
40	i(2)	0,266000	26,368000	-0,215000	-0,142500	-0,127600	-1,940300
	k(7)	-0,266000	-14,923000	-0,215000	0,142500	0,097600	-23,618100
41	i(7)	0,321000	8,883000	-0,085000	-0,231800	-0,034800	-24,241600
	k(12)	-0,321000	2,017000	-0,085000	0,231800	0,050400	-27,674900
42	i(12)	0,342000	-11,196000	0,026000	0,362600	0,014900	-27,265500
	k(17)	-0,342000	22,096000	0,026000	-0,362600	-0,011100	-10,619500
43	i(17)	0,313000	-12,437000	-0,007054	0,351000	-0,008700	-9,216800
	k(22)	-0,313000	23,337000	-0,007054	-0,351000	-0,001700	8,670200
44	i(22)	0,293000	13,924000	-0,093000	-0,519600	-0,050000	8,669900
	k(27)	-0,293000	3,024000	-0,093000	-0,519600	0,043500	0,196100

45	i(27)	0,266000	13,113000	-0,112000	-0,487800	-0,042900	-1,011400
	k(32)	-0,266000	-2,213000	-0,112000	-0,487800	0,069400	-8,674600
46	i(32)	0,217000	1,802000	0,267000	-0,341000	0,133000	-8,818400
	k(37)	-0,217000	13,247000	0,267000	-0,341000	-0,147000	-0,917500
47	i(3)	0,517000	30,773000	-0,050000	-0,852500	-0,020200	-0,159200
	k(8)	-0,517000	-19,328000	-0,050000	0,852500	0,032400	-26,462200
48	i(8)	0,649000	10,522000	-0,048000	-0,372300	-0,014900	-26,793600
	k(13)	-0,649000	-0,378000	-0,048000	0,372300	0,032700	-31,865700
49	i(13)	0,705000	-13,215000	0,050000	-0,378000	0,028800	-31,707800
	k(18)	-0,705000	24,115000	0,050000	-0,378000	-0,021700	-13,043200
50	i(18)	0,681000	-21,069000	-0,087000	1,035800	-0,043900	-12,138900
	k(23)	-0,681000	31,969000	-0,087000	-1,035800	0,042900	14,379900
51	i(23)	0,605000	22,888000	-0,081000	-0,846500	-0,042700	14,298300
	k(28)	-0,605000	-11,988000	-0,081000	0,846500	0,038100	-3,140100
52	i(28)	0,514000	14,145000	-0,217000	-0,098500	-0,095000	-4,009000
	k(33)	-0,514000	-3,245000	-0,217000	0,098500	0,122300	-12,703600
53	i(33)	0,394000	-6,354000	0,192000	0,655700	0,111000	-12,730300
	k(38)	-0,394000	17,799000	0,192000	-0,655700	-0,090100	-0,049800
54	i(4)	3,255000	50,235000	-0,129000	-0,229700	-0,073600	12,220600
	k(9)	-3,255000	-38,790000	-0,129000	0,229700	0,062000	-34,517100
55	i(9)	3,014000	13,808000	-0,078000	-0,302600	-0,031500	-33,483600
	k(14)	-3,014000	-2,908000	-0,078000	0,302600	0,046300	-41,841800
56	i(14)	2,926000	-12,634000	0,065000	-0,096300	0,031800	-42,419500
	k(19)	-2,926000	23,534000	0,065000	0,096300	-0,033300	-24,335200
57	i(19)	2,928000	-72,829000	-0,123000	-0,097800	-0,063900	-26,628400
	k(24)	-2,928000	83,729000	-0,123000	-0,097800	0,059200	51,651100
58	i(24)	1,448000	72,266000	0,027000	-0,098300	0,011100	48,116400
	k(29)	-1,448000	-61,366000	0,027000	-0,098300	-0,016200	-18,699200
59	i(29)	1,631000	13,073000	-0,243000	-0,188900	-0,107900	-16,597800
	k(34)	-1,631000	2,173000	-0,243000	-0,188900	0,135300	-24,220500
60	i(34)	1,913000	-24,785000	0,371000	-0,303600	0,194400	-24,344900
	k(39)	-1,913000	36,230000	0,371000	-0,303600	-0,194700	7,687600
61	i(5)	0,599000	29,206000	-0,185000	-0,622400	-0,114400	0,606500
	k(10)	-0,599000	-17,761000	-0,185000	-0,622400	0,079700	-24,050900
62	i(10)	0,758000	16,340000	-0,105000	-0,290400	-0,045800	-24,212400
	k(15)	-0,758000	-5,440000	-0,105000	0,290400	0,058900	-35,102200
63	i(15)	0,823000	-10,463000	0,114000	-0,912200	0,048500	-36,455200
	k(20)	-0,823000	30,453000	0,114000	0,912200	-0,065700	-15,996700
64	i(20)	0,857000	-18,885000	-0,175000	-0,596000	-0,088600	-14,837600
	k(25)	-0,857000	38,875000	-0,175000	0,596000	0,086600	14,042800
65	i(25)	0,834000	27,523000	0,208000	-0,798600	0,097200	13,854200
	k(30)	-0,834000	-7,533000	0,208000	0,798600	-0,110300	-3,674000
66	i(30)	0,839000	18,493000	-0,281000	-0,876000	-0,121500	-4,885800

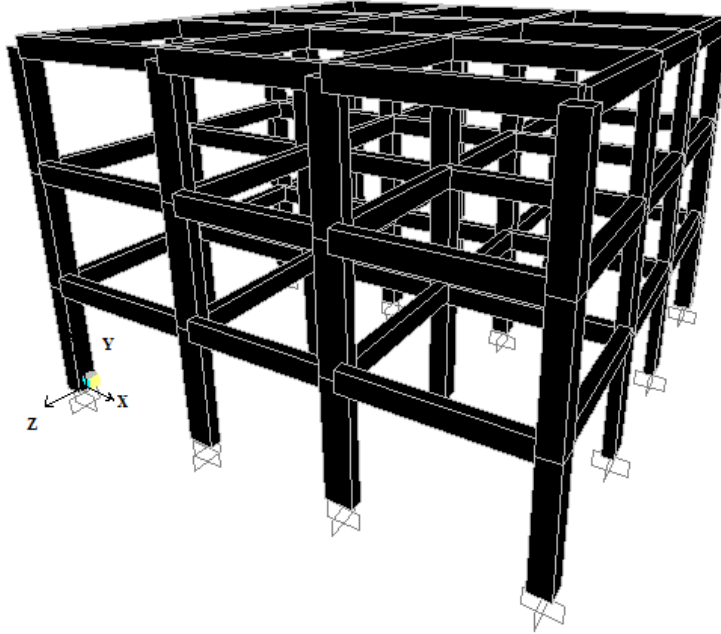
	k(35)	-0,839000	1,497000	-0,281000	0,876000	0,159800	-13,383500
67	i(35)	0,638000	-2,669000	0,533000	-0,466300	0,273500	-13,558200
	k(40)	-0,638000	23,659000	0,533000	0,466300	-0,285700	0,264200
68	i(41)	82,784000	-2,982000	3,481000	-0,005200	3,879600	-3,350600
	k(1)	-82,784000	2,982000	3,481000	0,005200	-8,303000	7,085600
69	i(42)	156,783000	-0,824000	4,184000	0,007300	4,702600	-0,921900
	k(4)	-156,783000	0,824000	4,184000	-0,007300	-9,942800	1,962800
70	i(43)	199,268000	-5,186000	-1,341000	0,004100	-1,680300	-5,821500
	k(21)	-199,268000	5,186000	-1,341000	-0,004100	3,012600	12,330800
71	i(44)	317,680000	-0,802000	-1,634000	0,005500	-2,007400	-0,913800
	k(24)	-317,680000	0,802000	-1,634000	-0,005500	3,712500	1,894000
72	i(45)	53,327000	-2,194000	-1,902000	0,023600	-2,325400	-2,392600
	k(36)	-53,327000	2,194000	-1,902000	-0,023600	4,330300	5,287400
73	i(46)	105,329000	-0,567000	-2,788000	0,013600	-3,325000	-0,554200
	k(39)	-105,329000	0,567000	-2,788000	-0,013600	6,434500	1,431100
74	i(5)	2,427000	16,789000	-0,049000	-1,218100	-0,111000	-11,374300
	k(47)	-2,427000	-8,929000	-0,049000	1,218100	-0,061900	-24,233200
75	i(10)	0,903000	4,612000	0,056000	-0,099300	0,020400	-5,190200
	k(48)	-0,903000	6,288000	0,056000	0,099300	-0,035200	-4,352000
76	i(15)	1,179000	14,072000	-0,006536	-1,881600	-0,017200	-2,511800
	k(49)	-1,179000	-8,532000	-0,006536	1,881600	-0,010700	-13,813600
77	i(47)	-0,098000	17,858000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,436100
	k(48)	0,098000	-6,413000	0,000000	0,000000	0,000000	-15,178100
78	i(48)	0,013000	-6,164000	0,000000	0,000000	0,000000	-15,376800
	k(49)	-0,013000	17,064000	0,000000	0,000000	0,000000	-3,763200
79	i(25)	3,809000	5,540000	0,000000	0,000000	-0,004300	-22,071300
	k(50)	-3,809000	5,540000	0,000000	0,000000	-0,004300	-22,071300
80	i(35)	4,239000	5,540000	0,000000	0,000000	-0,016900	-5,090600
	k(51)	-4,239000	5,540000	0,000000	0,000000	-0,016900	-5,090600

Referanstaki [10] sonuçlar ile Çizelge 6.10'daki sonuçlar birebir örtüşmektedir.

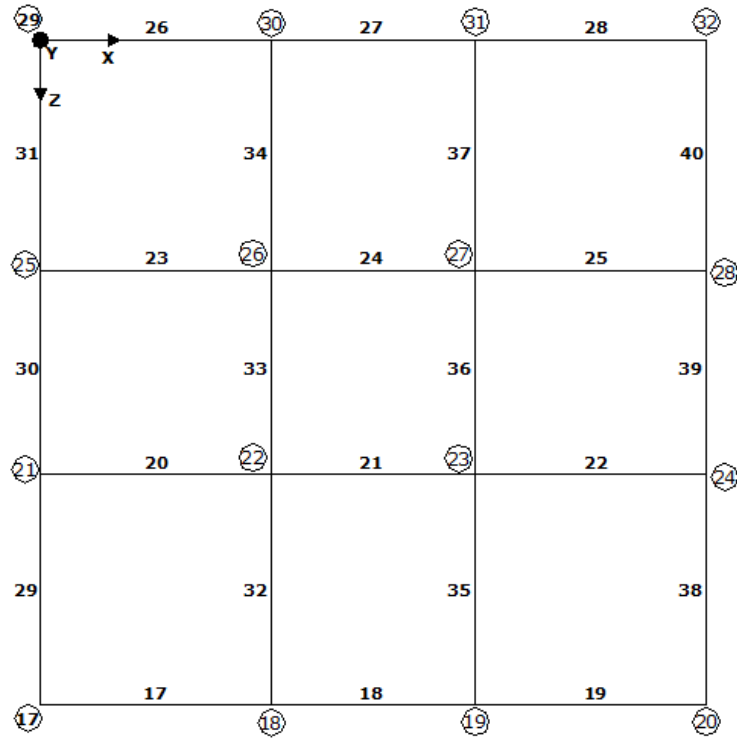
## Örnek 10:



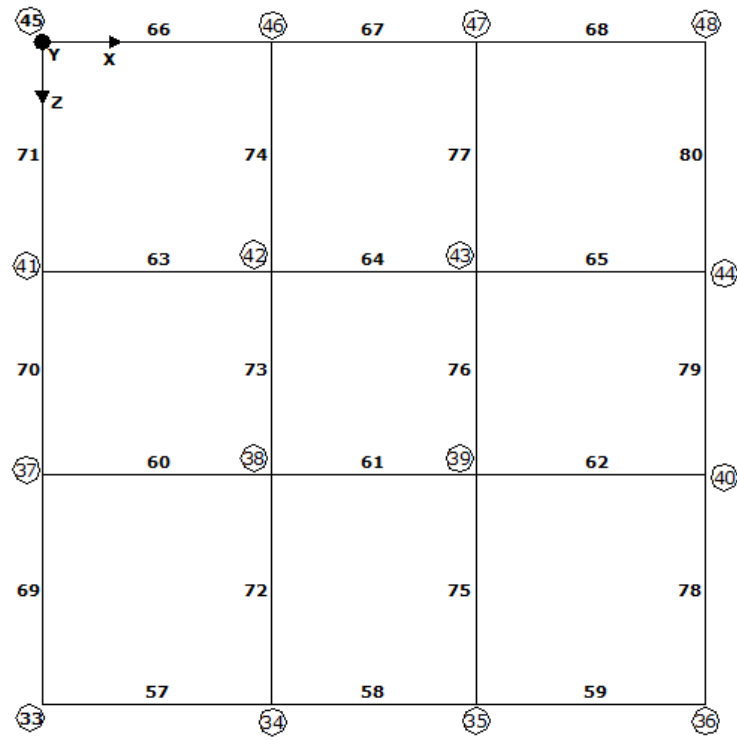
Şekil 6.12 Örnek 10



Şekil 6.13 Üç Boyutlu 3 Katlı yapının görünümü (kesitleriyle birlikte)

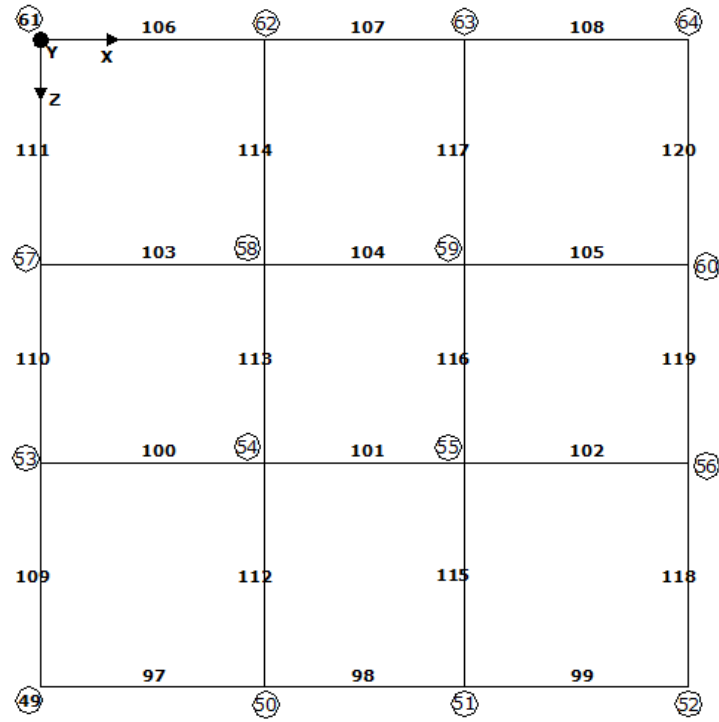


Şekil 6.14 1. Kat kirişlerinin planı

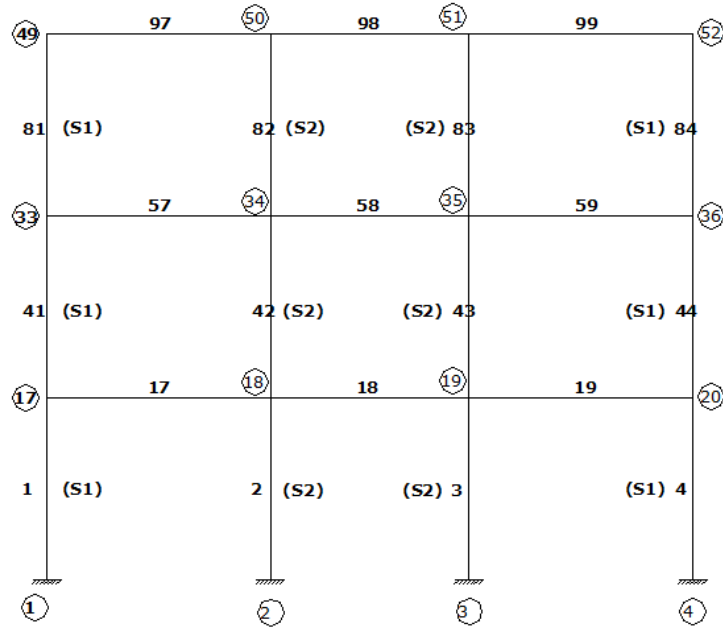


Şekil 6.15 2. Kat kirişlerinin planı

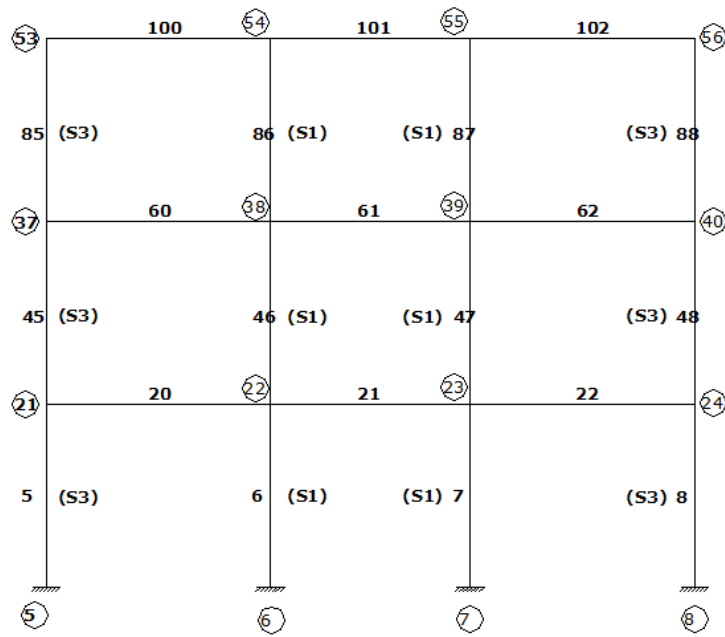




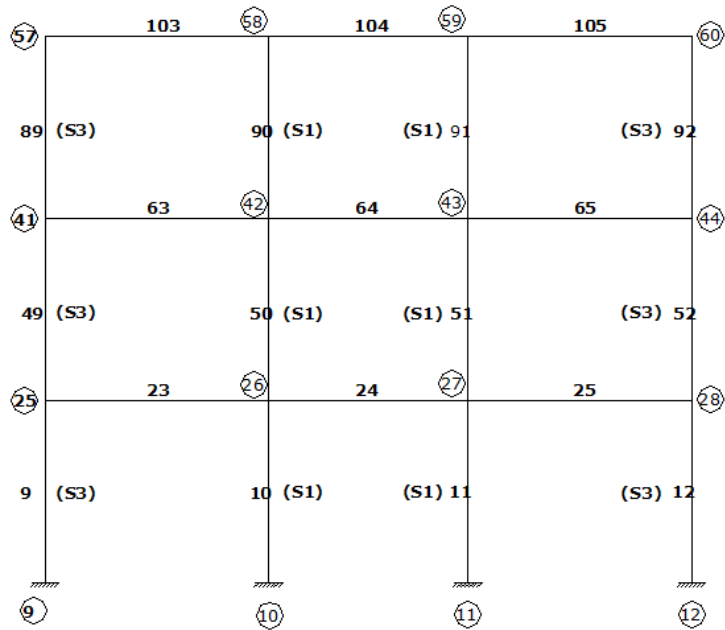
Şekil 6.16 3. Kat kirişlerinin planı



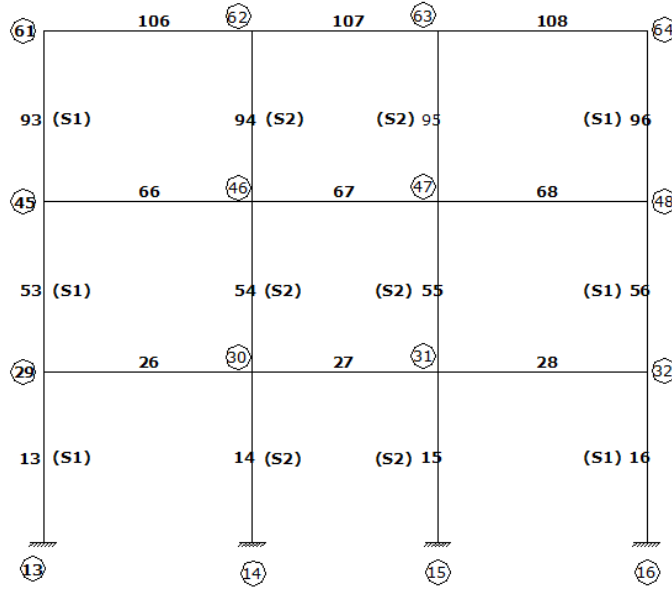
Şekil 6.17 1-4 Aksı



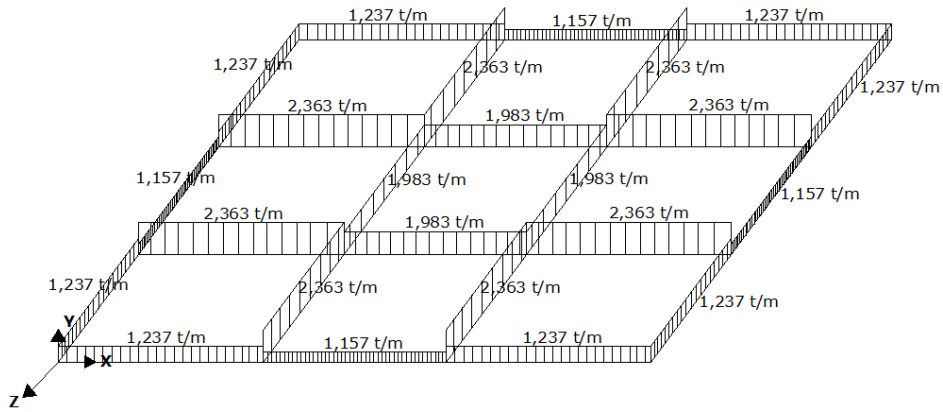
Şekil 6.18 5-8 Aksı



Şekil 6.19 9-12 Aksı



Şekil 6.20 13-16 Aksı



Şekil 6.21 Sistemdeki tüm kat kirişleri için yükleme durumu

Şekil 6.12' de görülen üç boyutlu çerçeve sistemin statik analizi yapılacaktır. Referans [7]'dan alınan bu örneğin sonuçlarının Çizelge 6.11'deki sonuçlar ile birebir örtüştüğü görülmektedir.

**Veriler:**

$$E=2.850.000 \text{ ton/m}^2$$

$$\mu=0.3$$

**Kesitler:**

$$S1=0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \text{ (bxh)}$$

$$S2=0,7\text{m} \times 0,3\text{m} \text{ (bxh)}$$

$$S3=0,3\text{m} \times 0,7\text{m} \text{ (bxh)}$$

Kolon kesitlerinin hangi çubuklara ait olduğu yukarıdaki şekillerde parantez içinde verilmiştir.

KİRİŞ=0,5m x 0,3m (Sistemdeki tüm kiriş elemanlar için)

Çizelge 6.11 Örnek 10 sonuç çıktıları

**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	m	m	m	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17)	-0,000004	-0,000071	0,000004	-0,000044	0,000000	-0,000044
18)	-0,000001	-0,000152	0,000006	-0,000191	0,000000	0,000007
19)	0,000001	-0,000152	0,000006	-0,000191	0,000000	-0,000007
20)	0,000004	-0,000071	0,000004	-0,000044	0,000000	0,000044
21)	-0,000006	-0,000152	0,000001	0,000007	0,000000	-0,000191
22)	-0,000001	-0,000242	0,000001	0,000033	0,000000	0,000033
23)	0,000001	-0,000242	0,000001	0,000033	0,000000	-0,000033
24)	0,000006	-0,000152	0,000001	0,000007	0,000000	0,000191
25)	-0,000006	-0,000152	-0,000001	-0,000007	0,000000	-0,000191
26)	-0,000001	-0,000242	-0,000001	-0,000033	0,000000	0,000033
27)	0,000001	-0,000242	-0,000001	-0,000033	0,000000	-0,000033
28)	0,000006	-0,000152	-0,000001	-0,000007	0,000000	0,000191
29)	-0,000004	-0,000071	-0,000004	0,000044	0,000000	-0,000044
30)	-0,000001	-0,000152	-0,000006	0,000191	0,000000	0,000007
31)	0,000001	-0,000152	-0,000006	0,000191	0,000000	-0,000007
32)	0,000004	-0,000071	-0,000004	0,000044	0,000000	0,000044
33)	-0,000005	-0,000118	0,000005	-0,000028	0,000000	-0,000028
34)	-0,000001	-0,000253	0,000003	-0,000148	0,000000	-0,000001
35)	0,000001	-0,000253	0,000003	-0,000148	0,000000	0,000001
36)	0,000005	-0,000118	0,000005	-0,000028	0,000000	0,000028
37)	-0,000003	-0,000253	0,000001	-0,000001	0,000000	-0,000148
38)	0,000000	-0,000404	0,000000	0,000011	0,000000	0,000011
39)	0,000000	-0,000404	0,000000	0,000011	0,000000	-0,000011

40)	0,000003	-0,000253	0,000001	-0,000001	0,000000	0,000148
41)	-0,000003	-0,000253	-0,000001	0,000001	0,000000	-0,000148
42)	0,000000	-0,000404	0,000000	-0,000011	0,000000	0,000011
43)	0,000000	-0,000404	0,000000	-0,000011	0,000000	-0,000011
44)	0,000003	-0,000253	-0,000001	0,000001	0,000000	0,000148
45)	-0,000005	-0,000118	-0,000005	0,000028	0,000000	-0,000028
46)	-0,000001	-0,000253	-0,000003	0,000148	0,000000	-0,000001
47)	0,000001	-0,000253	-0,000003	0,000148	0,000000	0,000001
48)	0,000005	-0,000118	-0,000005	0,000028	0,000000	0,000028
49)	0,000015	-0,000141	-0,000015	-0,000094	0,000000	-0,000094
50)	0,000004	-0,000303	-0,000016	-0,000300	0,000000	0,000010
51)	-0,000004	-0,000303	-0,000016	-0,000300	0,000000	-0,000010
52)	-0,000015	-0,000141	-0,000015	-0,000094	0,000000	0,000094
53)	0,000016	-0,000303	-0,000004	0,000010	0,000000	-0,000300
54)	0,000003	-0,000485	-0,000003	0,000058	0,000000	0,000058
55)	-0,000003	-0,000485	-0,000003	0,000058	0,000000	-0,000058
56)	-0,000016	-0,000303	-0,000004	0,000010	0,000000	0,000300
57)	0,000016	-0,000303	0,000004	-0,000010	0,000000	-0,000300
58)	0,000003	-0,000485	0,000003	-0,000058	0,000000	0,000058
59)	-0,000003	-0,000485	0,000003	-0,000058	0,000000	-0,000058
60)	-0,000016	-0,000303	0,000004	-0,000010	0,000000	0,000300
61)	0,000015	-0,000141	0,000015	0,000094	0,000000	-0,000094
62)	0,000004	-0,000303	0,000016	0,000300	0,000000	0,000010
63)	-0,000004	-0,000303	0,000016	0,000300	0,000000	-0,000010
64)	-0,000015	-0,000141	0,000015	0,000094	0,000000	0,000094

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		ton	ton	ton	ton-m	ton-m	ton-m
1	i(1)	16,791410	-0,464091	-0,464091	0,000000	0,477134	-0,477134
	k(17)	-16,791410	0,464091	0,464091	0,000000	0,915138	-0,915138
2	i(2)	30,276557	0,103524	-0,584320	0,000239	0,590178	0,096937
	k(18)	-30,276557	-0,103524	0,584320	-0,000239	1,162783	0,213634
3	i(3)	30,276557	-0,103524	-0,584320	-0,000239	0,590178	-0,096937
	k(19)	-30,276557	0,103524	0,584320	0,000239	1,162783	-0,213634
4	i(4)	16,791410	0,464091	-0,464091	0,000000	0,477134	0,477134
	k(20)	-16,791410	-0,464091	0,464091	0,000000	0,915138	0,915138
5	i(5)	30,276557	-0,584320	0,103524	-0,000239	-0,096937	-0,590178
	k(21)	-30,276557	0,584320	-0,103524	0,000239	-0,213634	-1,162783
6	i(6)	57,535477	0,321578	0,321578	0,000000	-0,316971	0,316971
	k(22)	-57,535477	-0,321578	-0,321578	0,000000	-0,647762	0,647762
7	i(7)	57,535477	-0,321578	0,321578	0,000000	-0,316971	-0,316971

	k(23)	-57,535477	0,321578	-0,321578	0,000000	-0,647762	-0,647762
8	i(8)	30,276557	0,584320	0,103524	0,000239	-0,096937	0,590178
	k(24)	-30,276557	-0,584320	-0,103524	-0,000239	-0,213634	1,162783
9	i(9)	30,276557	-0,584320	-0,103524	0,000239	0,096937	-0,590178
	k(25)	-30,276557	0,584320	0,103524	-0,000239	0,213634	-1,162783
10	i(10)	57,535477	0,321578	-0,321578	0,000000	0,316971	0,316971
	k(26)	-57,535477	-0,321578	0,321578	0,000000	0,647762	0,647762
11	i(11)	57,535477	-0,321578	-0,321578	0,000000	0,316971	-0,316971
	k(27)	-57,535477	0,321578	0,321578	0,000000	0,647762	-0,647762
12	i(12)	30,276557	0,584320	-0,103524	-0,000239	0,096937	0,590178
	k(28)	-30,276557	-0,584320	0,103524	0,000239	0,213634	1,162783
13	i(13)	16,791410	-0,464091	0,464091	0,000000	-0,477134	-0,477134
	k(29)	-16,791410	0,464091	-0,464091	0,000000	-0,915138	-0,915138
14	i(14)	30,276557	0,103524	0,584320	-0,000239	-0,590178	0,096937
	k(30)	-30,276557	-0,103524	-0,584320	0,000239	-1,162783	0,213634
15	i(15)	30,276557	-0,103524	0,584320	0,000239	-0,590178	-0,096937
	k(31)	-30,276557	0,103524	-0,584320	-0,000239	-1,162783	-0,213634
16	i(16)	16,791410	0,464091	0,464091	0,000000	-0,477134	0,477134
	k(32)	-16,791410	-0,464091	-0,464091	0,000000	-0,915138	0,915138
17	i(17)	-0,260462	2,780415	-0,000675	0,100927	0,001619	1,979276
	k(18)	0,260462	2,786085	0,000675	-0,100927	0,001417	-1,992034
18	i(18)	-0,259227	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000228	1,574563
	k(19)	0,259227	2,314000	0,000000	0,000000	0,000228	-1,574563
19	i(19)	-0,260462	2,786085	0,000675	-0,100927	-0,001417	1,992034
	k(20)	0,260462	2,780415	-0,000675	0,100927	-0,001619	-1,979276
20	i(21)	-0,425172	5,006157	-0,000213	-0,018024	0,000580	2,843858
	k(22)	0,425172	5,627343	0,000213	0,018024	0,000377	-4,241528
21	i(22)	-0,298529	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,792865
	k(23)	0,298529	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,792865
22	i(23)	-0,425172	5,627343	0,000213	0,018024	-0,000377	4,241528
	k(24)	0,425172	5,006157	-0,000213	-0,018024	-0,000580	-2,843858
23	i(25)	-0,425172	5,006157	0,000213	0,018024	-0,000580	2,843858
	k(26)	0,425172	5,627343	-0,000213	-0,018024	-0,000377	-4,241528
24	i(26)	-0,298529	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,792865
	k(27)	0,298529	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,792865
25	i(27)	-0,425172	5,627343	-0,000213	-0,018024	0,000377	4,241528
	k(28)	0,425172	5,006157	0,000213	0,018024	0,000580	-2,843858
26	i(29)	-0,260462	2,780415	0,000675	-0,100927	-0,001619	1,979276
	k(30)	0,260462	2,786085	-0,000675	0,100927	-0,001417	-1,992034
27	i(30)	-0,259227	2,314000	0,000000	0,000000	0,000228	1,574563
	k(31)	0,259227	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000228	-1,574563
28	i(31)	-0,260462	2,786085	-0,000675	0,100927	0,001417	1,992034
	k(32)	0,260462	2,780415	0,000675	-0,100927	0,001619	-1,979276

29	i(17)	-0,260462	2,780415	0,000675	-0,100927	-0,001619	1,979276
	k(21)	0,260462	2,786085	-0,000675	0,100927	-0,001417	-1,992034
30	i(21)	-0,259227	2,314000	0,000000	0,000000	0,000228	1,574563
	k(25)	0,259227	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000228	-1,574563
31	i(25)	-0,260462	2,786085	-0,000675	0,100927	0,001417	1,992034
	k(29)	0,260462	2,780415	0,000675	-0,100927	0,001619	-1,979276
32	i(18)	-0,425172	5,006157	0,000213	0,018024	-0,000580	2,843858
	k(22)	0,425172	5,627343	-0,000213	-0,018024	-0,000377	-4,241528
33	i(22)	-0,298529	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,792865
	k(26)	0,298529	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,792865
34	i(26)	-0,425172	5,627343	-0,000213	-0,018024	0,000377	4,241528
	k(30)	0,425172	5,006157	0,000213	0,018024	0,000580	-2,843858
35	i(19)	-0,425172	5,006157	-0,000213	-0,018024	0,000580	2,843858
	k(23)	0,425172	5,627343	0,000213	0,018024	0,000377	-4,241528
36	i(23)	-0,298529	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,792865
	k(27)	0,298529	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,792865
37	i(27)	-0,425172	5,627343	0,000213	0,018024	-0,000377	4,241528
	k(31)	0,425172	5,006157	-0,000213	-0,018024	-0,000580	-2,843858
38	i(20)	-0,260462	2,780415	-0,000675	0,100927	0,001619	1,979276
	k(24)	0,260462	2,786085	0,000675	-0,100927	0,001417	-1,992034
39	i(24)	-0,259227	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000228	1,574563
	k(28)	0,259227	2,314000	0,000000	0,000000	0,000228	-1,574563
40	i(28)	-0,260462	2,786085	0,000675	-0,100927	-0,001417	1,992034
	k(32)	0,260462	2,780415	-0,000675	0,100927	-0,001619	-1,979276
41	i(17)	11,230580	-0,723878	-0,723878	0,000000	1,165065	-1,165065
	k(33)	-11,230580	0,723878	0,723878	0,000000	1,006569	-1,006569
42	i(18)	20,170315	0,104971	-1,010167	-0,000370	1,580148	0,221862
	k(34)	-20,170315	-0,104971	1,010167	0,000370	1,450353	0,093052
43	i(19)	20,170315	-0,104971	-1,010167	0,000370	1,580148	-0,221862
	k(35)	-20,170315	0,104971	1,010167	-0,000370	1,450353	-0,093052
44	i(20)	11,230580	0,723878	-0,723878	0,000000	1,165065	1,165065
	k(36)	-11,230580	-0,723878	0,723878	0,000000	1,006569	1,006569
45	i(21)	20,170315	-1,010167	0,104971	0,000370	-0,221862	-1,580148
	k(37)	-20,170315	1,010167	-0,104971	-0,000370	-0,093052	-1,450353
46	i(22)	38,348791	0,448008	0,448008	0,000000	-0,782876	0,782876
	k(38)	-38,348791	-0,448008	-0,448008	0,000000	-0,561148	0,561148
47	i(23)	38,348791	-0,448008	0,448008	0,000000	-0,782876	-0,782876
	k(39)	-38,348791	0,448008	-0,448008	0,000000	-0,561148	-0,561148
48	i(24)	20,170315	1,010167	0,104971	-0,000370	-0,221862	1,580148
	k(40)	-20,170315	-1,010167	-0,104971	0,000370	-0,093052	1,450353
49	i(25)	20,170315	-1,010167	-0,104971	-0,000370	0,221862	-1,580148
	k(41)	-20,170315	1,010167	0,104971	0,000370	0,093052	-1,450353
50	i(26)	38,348791	0,448008	-0,448008	0,000000	0,782876	0,782876

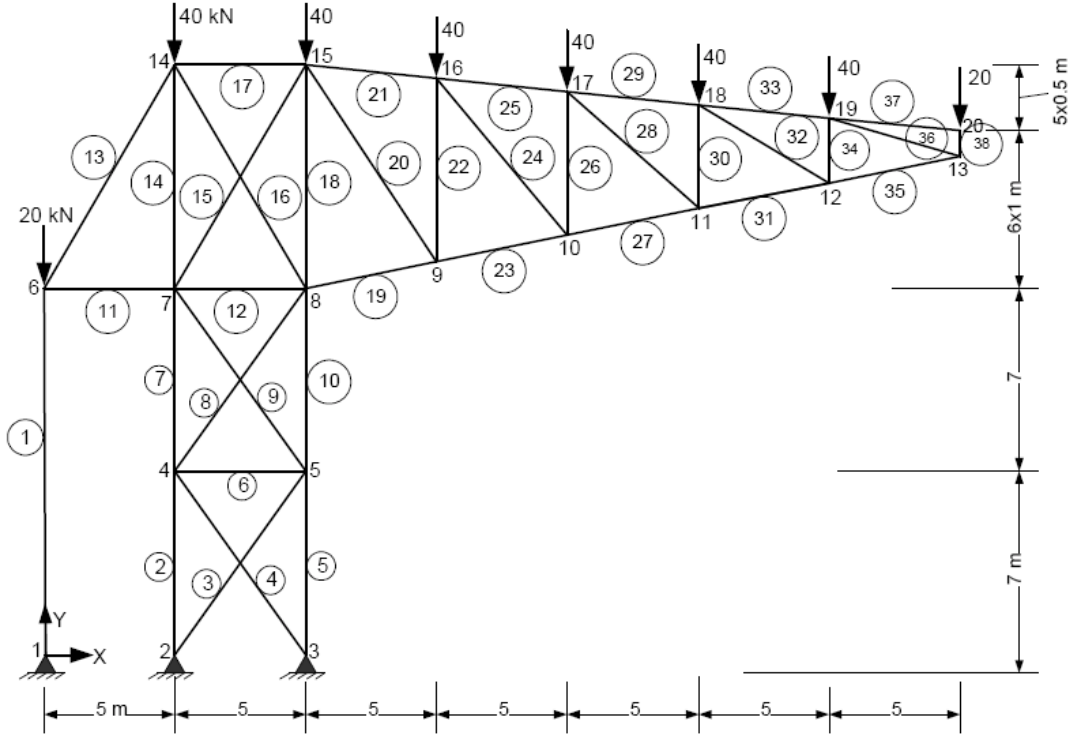
	k(42)	-38,348791	-0,448008	0,448008	0,000000	0,561148	0,561148
51	i(27)	38,348791	-0,448008	-0,448008	0,000000	0,782876	-0,782876
	k(43)	-38,348791	0,448008	0,448008	0,000000	0,561148	-0,561148
52	i(28)	20,170315	1,010167	-0,104971	0,000370	0,221862	1,580148
	k(44)	-20,170315	-1,010167	0,104971	-0,000370	0,093052	1,450353
53	i(29)	11,230580	-0,723878	0,723878	0,000000	-1,165065	-1,165065
	k(45)	-11,230580	0,723878	-0,723878	0,000000	-1,006569	-1,006569
54	i(30)	20,170315	0,104971	1,010167	0,000370	-1,580148	0,221862
	k(46)	-20,170315	-0,104971	-1,010167	-0,000370	-1,450353	0,093052
55	i(31)	20,170315	-0,104971	1,010167	-0,000370	-1,580148	-0,221862
	k(47)	-20,170315	0,104971	-1,010167	0,000370	-1,450353	-0,093052
56	i(32)	11,230580	0,723878	0,723878	0,000000	-1,165065	1,165065
	k(48)	-11,230580	-0,723878	-0,723878	0,000000	-1,006569	1,006569
57	i(33)	-0,355554	2,864940	0,000635	0,082155	-0,001484	2,216806
	k(34)	0,355554	2,701560	-0,000635	-0,082155	-0,001373	-1,849202
58	i(34)	-0,251576	2,314000	0,000000	0,000000	0,000125	1,539356
	k(35)	0,251576	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000125	-1,539356
59	i(35)	-0,355554	2,701560	-0,000635	-0,082155	0,001373	1,849202
	k(36)	0,355554	2,864940	0,000635	0,082155	0,001484	-2,216806
60	i(37)	-0,292662	5,132281	0,000503	-0,008073	-0,001187	3,257829
	k(38)	0,292662	5,501219	-0,000503	0,008073	-0,001076	-4,087940
61	i(38)	-0,034316	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,693081
	k(39)	0,034316	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,693081
62	i(39)	-0,292662	5,501219	-0,000503	0,008073	0,001076	4,087940
	k(40)	0,292662	5,132281	0,000503	-0,008073	0,001187	-3,257829
63	i(41)	-0,292662	5,132281	-0,000503	0,008073	0,001187	3,257829
	k(42)	0,292662	5,501219	0,000503	-0,008073	0,001076	-4,087940
64	i(42)	-0,034316	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,693081
	k(43)	0,034316	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,693081
65	i(43)	-0,292662	5,501219	0,000503	-0,008073	-0,001076	4,087940
	k(44)	0,292662	5,132281	-0,000503	0,008073	-0,001187	-3,257829
66	i(45)	-0,355554	2,864940	-0,000635	-0,082155	0,001484	2,216806
	k(46)	0,355554	2,701560	0,000635	0,082155	0,001373	-1,849202
67	i(46)	-0,251576	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000125	1,539356
	k(47)	0,251576	2,314000	0,000000	0,000000	0,000125	-1,539356
68	i(47)	-0,355554	2,701560	0,000635	0,082155	-0,001373	1,849202
	k(48)	0,355554	2,864940	-0,000635	-0,082155	-0,001484	-2,216806
69	i(33)	-0,355554	2,864940	-0,000635	-0,082155	0,001484	2,216806
	k(37)	0,355554	2,701560	0,000635	0,082155	0,001373	-1,849202
70	i(37)	-0,251576	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000125	1,539356
	k(41)	0,251576	2,314000	0,000000	0,000000	0,000125	-1,539356
71	i(41)	-0,355554	2,701560	0,000635	0,082155	-0,001373	1,849202
	k(45)	0,355554	2,864940	-0,000635	-0,082155	-0,001484	-2,216806



72	i(34)	-0,292662	5,132281	-0,000503	0,008073	0,001187	3,257829
	k(38)	0,292662	5,501219	0,000503	-0,008073	0,001076	-4,087940
73	i(38)	-0,034316	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,693081
	k(42)	0,034316	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,693081
74	i(42)	-0,292662	5,501219	0,000503	-0,008073	-0,001076	4,087940
	k(46)	0,292662	5,132281	-0,000503	0,008073	-0,001187	-3,257829
75	i(35)	-0,292662	5,132281	0,000503	-0,008073	-0,001187	3,257829
	k(39)	0,292662	5,501219	-0,000503	0,008073	-0,001076	-4,087940
76	i(39)	-0,034316	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,693081
	k(43)	0,034316	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,693081
77	i(43)	-0,292662	5,501219	-0,000503	0,008073	0,001076	4,087940
	k(47)	0,292662	5,132281	0,000503	-0,008073	0,001187	-3,257829
78	i(36)	-0,355554	2,864940	0,000635	0,082155	-0,001484	2,216806
	k(40)	0,355554	2,701560	-0,000635	-0,082155	-0,001373	-1,849202
79	i(40)	-0,251576	2,314000	0,000000	0,000000	0,000125	1,539356
	k(44)	0,251576	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000125	-1,539356
80	i(44)	-0,355554	2,701560	-0,000635	-0,082155	0,001373	1,849202
	k(48)	0,355554	2,864940	0,000635	0,082155	0,001484	-2,216806
81	i(33)	5,500701	-1,080067	-1,080067	0,000000	1,292392	-1,292392
	k(49)	-5,500701	1,080067	1,080067	0,000000	1,947809	-1,947809
82	i(34)	10,022474	0,208447	-1,302194	-0,000309	1,725321	0,224868
	k(50)	-10,022474	-0,208447	1,302194	0,000309	2,181260	0,400473
83	i(35)	10,022474	-0,208447	-1,302194	0,000309	1,725321	-0,224868
	k(51)	-10,022474	0,208447	1,302194	-0,000309	2,181260	-0,400473
84	i(36)	5,500701	1,080067	-1,080067	0,000000	1,292392	1,292392
	k(52)	-5,500701	-1,080067	1,080067	0,000000	1,947809	1,947809
85	i(37)	10,022474	-1,302194	0,208447	0,000309	-0,224868	-1,725321
	k(53)	-10,022474	1,302194	-0,208447	-0,000309	-0,400473	-2,181260
86	i(38)	19,414352	0,706857	0,706857	0,000000	-0,825637	0,825637
	k(54)	-19,414352	-0,706857	-0,706857	0,000000	-1,294933	1,294933
87	i(39)	19,414352	-0,706857	0,706857	0,000000	-0,825637	-0,825637
	k(55)	-19,414352	0,706857	-0,706857	0,000000	-1,294933	-1,294933
88	i(40)	10,022474	1,302194	0,208447	-0,000309	-0,224868	1,725321
	k(56)	-10,022474	-1,302194	-0,208447	0,000309	-0,400473	2,181260
89	i(41)	10,022474	-1,302194	-0,208447	-0,000309	0,224868	-1,725321
	k(57)	-10,022474	1,302194	0,208447	0,000309	0,400473	-2,181260
90	i(42)	19,414352	0,706857	-0,706857	0,000000	0,825637	0,825637
	k(58)	-19,414352	-0,706857	0,706857	0,000000	1,294933	1,294933
91	i(43)	19,414352	-0,706857	-0,706857	0,000000	0,825637	-0,825637
	k(59)	-19,414352	0,706857	0,706857	0,000000	1,294933	-1,294933
92	i(44)	10,022474	1,302194	-0,208447	0,000309	0,224868	1,725321
	k(60)	-10,022474	-1,302194	0,208447	-0,000309	0,400473	2,181260
93	i(45)	5,500701	-1,080067	1,080067	0,000000	-1,292392	-1,292392

	k(61)	-5,500701	1,080067	-1,080067	0,000000	-1,947809	-1,947809
94	i(46)	10,022474	0,208447	1,302194	0,000309	-1,725321	0,224868
	k(62)	-10,022474	-0,208447	-1,302194	-0,000309	-2,181260	0,400473
95	i(47)	10,022474	-0,208447	1,302194	-0,000309	-1,725321	-0,224868
	k(63)	-10,022474	0,208447	-1,302194	0,000309	-2,181260	-0,400473
96	i(48)	5,500701	1,080067	1,080067	0,000000	-1,292392	1,292392
	k(64)	-5,500701	-1,080067	-1,080067	0,000000	-1,947809	1,947809
97	i(49)	1,080259	2,750350	0,000192	0,141254	-0,000618	1,806556
	k(50)	-1,080259	2,816150	-0,000192	-0,141254	-0,000246	-1,954605
98	i(50)	0,871515	2,314000	0,000000	0,000000	0,000419	1,587353
	k(51)	-0,871515	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000419	-1,587353
99	i(51)	1,080259	2,816150	-0,000192	-0,141254	0,000246	1,954605
	k(52)	-1,080259	2,750350	0,000192	0,141254	0,000618	-1,806556
100	i(53)	1,302002	4,892324	-0,000297	-0,033221	0,000482	2,322514
	k(54)	-1,302002	5,741176	0,000297	0,033221	0,000855	-4,232431
101	i(54)	0,595442	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,904278
	k(55)	-0,595442	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,904278
102	i(55)	1,302002	5,741176	0,000297	0,033221	-0,000855	4,232431
	k(56)	-1,302002	4,892324	-0,000297	-0,033221	-0,000482	-2,322514
103	i(57)	1,302002	4,892324	0,000297	0,033221	-0,000482	2,322514
	k(58)	-1,302002	5,741176	-0,000297	-0,033221	-0,000855	-4,232431
104	i(58)	0,595442	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,904278
	k(59)	-0,595442	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,904278
105	i(59)	1,302002	5,741176	-0,000297	-0,033221	0,000855	4,232431
	k(60)	-1,302002	4,892324	0,000297	0,033221	0,000482	-2,322514
106	i(61)	1,080259	2,750350	-0,000192	-0,141254	0,000618	1,806556
	k(62)	-1,080259	2,816150	0,000192	0,141254	0,000246	-1,954605
107	i(62)	0,871515	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000419	1,587353
	k(63)	-0,871515	2,314000	0,000000	0,000000	0,000419	-1,587353
108	i(63)	1,080259	2,816150	0,000192	0,141254	-0,000246	1,954605
	k(64)	-1,080259	2,750350	-0,000192	-0,141254	-0,000618	-1,806556
109	i(49)	1,080259	2,750350	-0,000192	-0,141254	0,000618	1,806556
	k(53)	-1,080259	2,816150	0,000192	0,141254	0,000246	-1,954605
110	i(53)	0,871515	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000419	1,587353
	k(57)	-0,871515	2,314000	0,000000	0,000000	0,000419	-1,587353
111	i(57)	1,080259	2,816150	0,000192	0,141254	-0,000246	1,954605
	k(61)	-1,080259	2,750350	-0,000192	-0,141254	-0,000618	-1,806556
112	i(50)	1,302002	4,892324	0,000297	0,033221	-0,000482	2,322514
	k(54)	-1,302002	5,741176	-0,000297	-0,033221	-0,000855	-4,232431
113	i(54)	0,595442	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,904278
	k(58)	-0,595442	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,904278
114	i(58)	1,302002	5,741176	-0,000297	-0,033221	0,000855	4,232431
	k(62)	-1,302002	4,892324	0,000297	0,033221	0,000482	-2,322514

115	i(51)	1,302002	4,892324	-0,000297	-0,033221	0,000482	2,322514
	k(55)	-1,302002	5,741176	0,000297	0,033221	0,000855	-4,232431
116	i(55)	0,595442	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	2,904278
	k(59)	-0,595442	3,966000	0,000000	0,000000	0,000000	-2,904278
117	i(59)	1,302002	5,741176	0,000297	0,033221	-0,000855	4,232431
	k(63)	-1,302002	4,892324	-0,000297	-0,033221	-0,000482	-2,322514
118	i(52)	1,080259	2,750350	0,000192	0,141254	-0,000618	1,806556
	k(56)	-1,080259	2,816150	-0,000192	-0,141254	-0,000246	-1,954605
119	i(56)	0,871515	2,314000	0,000000	0,000000	0,000419	1,587353
	k(60)	-0,871515	2,314000	0,000000	0,000000	-0,000419	-1,587353
120	i(60)	1,080259	2,816150	-0,000192	-0,141254	0,000246	1,954605
	k(64)	-1,080259	2,750350	0,000192	0,141254	0,000618	-1,806556

**Örnek 11:****Şekil 6.22 Örnek 11**

Şekil 6.22' de görülen düzlem kafes sistemin verilen yükler için statik analizi yapılacaktır. Referanstaki [8] çözümler ile Çizelge 6.12'deki sonuçların birbirleriyle örtüştüğü görülmektedir.

**Malzeme:**

$$E=2 \times 10^8 \text{ kN/m}^2, \mu=0, \alpha=0$$

**Kesitler:** Tüm elemanlarda  $A=0.1 \text{ m}^2$

**Yükler:** Şekilde verilmiştir.

**Çizelge 6.12** Örnek 11 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

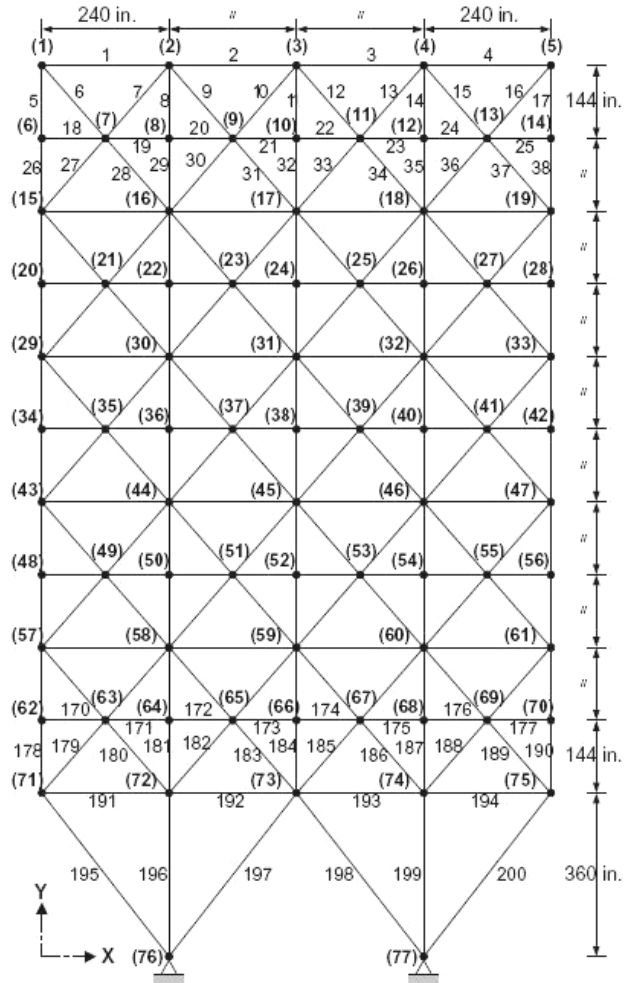
D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	m	m	m	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,000087	0,000011	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000117	-0,000135	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,000460	0,000164	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000423	0,000025	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,000395	-0,000267	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,000438	-0,000872	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,000499	-0,001480	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,000584	-0,002124	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12)	0,000692	-0,002797	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13)	0,000817	-0,003476	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,001051	-0,000015	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,001118	-0,000354	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16)	0,001120	-0,000911	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17)	0,001102	-0,001505	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18)	0,001064	-0,002138	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,001008	-0,002803	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20)	0,000940	-0,003477	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	N <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>z</sub>	T <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1	i(1)	-234,320625	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	234,320625	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(2)	-30,648135	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	30,648135	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(2)	97,439011	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-97,439011	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(3)	97,439011	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-97,439011	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(3)	386,389991	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-386,389991	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(4)	-120,415095	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	120,415095	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(4)	-40,650499	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	40,650499	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

8	i(4)	109,730953	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-109,730953	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(5)	109,730953	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-109,730953	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(5)	376,387626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-376,387626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(6)	149,600368	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-149,600368	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(7)	111,977566	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-111,977566	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(6)	-295,058046	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	295,058046	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(7)	93,108182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-93,108182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(7)	-51,589705	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	51,589705	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(8)	233,442923	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-233,442923	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(14)	-267,960628	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	267,960628	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(8)	205,643403	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-205,643403	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(8)	299,942324	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-299,942324	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(9)	-118,165126	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	118,165126	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(15)	-229,711443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	229,711443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(9)	111,428571	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-111,428571	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(9)	233,098035	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-233,098035	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(10)	-101,431814	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	101,431814	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(16)	-164,452510	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	164,452510	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26	i(10)	90,909091	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-90,909091	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27	i(10)	166,877002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-166,877002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28	i(11)	-85,613971	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	85,613971	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29	i(17)	-100,498756	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(18)	100,498756	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30	i(11)	70,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-70,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31	i(11)	101,980390	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-101,980390	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32	i(12)	-69,971423	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	69,971423	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33	i(18)	-40,199502	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	40,199502	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34	i(12)	48,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-48,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35	i(12)	40,792156	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-40,792156	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36	i(13)	-41,761226	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	41,761226	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37	i(19)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38	i(13)	20,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-20,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Örnek 12:****Şekil 6.23 Örnek 12**

Şekil 6.23' de global eksen takımı, çubuk numaraları, düğüm numaraları ve mesnet koşulları verilen kafes sistemin statik analizi yapılacaktır. Referans [9] sonuçları ile Çizelge 6.15-17'deki sonuçların benzerliği gözlenmiştir. Bu problemde en büyük çekme ve basınç gerilmelerinin  $\pm 10$  ksi olduğu referansta verilmektedir. Bu çözümde ise 199 numaralı çubuk için bu değer -10,042 ksi olarak elde edilmiştir.

**Veriler:**

$E=30.000$  ksi (Elastisite Modülü)

Kesit alanları Çizelge 6.13'de verilmiştir.

Yükleme durumları Çizelge 6.14'de verilmiştir.



**Çizelge 6.13** 200 çubuklu kafes sistem çubuk numaraları ve çubuklara ait kesit alanı değerleri

Grup No.	Çubuk No.	Kesit Alanı(in. <sup>2</sup> )
1	1,2,3,4	0.1253
2	5,8,11,14,17	1.0157
3	19,20,21,22,23,24	0.1069
4	18,25,56,63,94,101,132,139,170,177	0.1096
5	26,29,32,35,38	1.9369
6	6,7,9,10,12,13,15,16,27,28,30,31,33,34,36,37	0.2686
7	39,40,41,42	0.1042
8	43,46,49,52,55	2.9731
9	57,58,59,60,61,62	0.1309
10	64,67,70,73,76	4.1831
11	44,45,47,48,50,51,53,54,65,66,68,69,71,72,74,75	0.3967
12	77,78,79,80	0.4416
13	81,84,87,90,93	5.1873
14	95,96,97,98,99,100	0.1912
15	102,105,108,111,114	6.2410
16	82,83,85,86,88,89,91,92,103,104,106,107,109,110,112,113	0.6994
17	115,116,117,118	0.1158
18	119,122,125,128,131	7.7643
19	133,134,135,136,137,138	0.1000
20	140,143,146,149,152	8.8279
21	120,121,123,124,126,127,129,130,141,142,144,145,147,148,150,151	0.6986
22	153,154,155,156	1.5563
23	157,160,163,166,169	10.9806
24	171,172,173,174,175,176	0.1317
25	178,181,184,187,190	12.1492
26	158,159,161,162,164,165,167,168,179,180,182,183,185,186,188,189	1.6373
27	191,192,193,194	5.0032
28	195,197,198,200	9.3545
29	196,199	15.0919

Not: Çubuk numaraları Şekil 8'de görüldüğü gibi sistematik olarak numaralandırılmıştır.

**Çizelge 6.14** 200 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları

Düğüm No.	Yükleme Durumu 1			Yükleme Durumu 2			Yükleme Durumu 3		
	$P_x$	$P_y$	$P_z$	$P_x$	$P_y$	$P_z$	$P_x$	$P_y$	$P_z$
(1)1,6,15,20,29,34,43,48,57,62,71	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(2)1,2,3,4,5,6,8,10,12,14,15,16,...,71,72	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(1) ve (2) durumları aynı anda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.0	1.0

Not: Tüm yüklemeler kips olarak birleştirilmiştir.

**Çizelge 6.15 Örnek 12 kesit tipi 1-yükleme durumu 1 için sonuç çıktıları****Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,420732	0,065553	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,378146	0,028221	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,345873	0,003546	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,331700	-0,018760	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,329088	-0,052587	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,411071	0,063664	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,374575	0,042840	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,355245	0,024513	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,335914	0,012309	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,325194	0,001827	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,314473	-0,008746	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12)	0,310438	-0,018745	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13)	0,306403	-0,035618	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,306403	-0,052355	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,351026	0,062674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16)	0,317629	0,022569	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17)	0,292587	0,000926	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18)	0,280763	-0,018738	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,278338	-0,052233	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20)	0,335360	0,060951	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21)	0,298863	0,037158	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22)	0,285559	0,020811	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23)	0,272256	0,008968	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24)	0,264534	0,000380	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25)	0,256811	-0,009733	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26)	0,253976	-0,018012	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27)	0,251141	-0,035166	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28)	0,251141	-0,051538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29)	0,259671	0,059727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30)	0,245354	0,019561	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31)	0,228922	-0,000008	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32)	0,221438	-0,017496	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33)	0,220396	-0,051044	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34)	0,260577	0,057807	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35)	0,224081	0,039602	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36)	0,214436	0,017580	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37)	0,204791	0,007968	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38)	0,199572	-0,000323	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

39)	0,194353	-0,008918	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40)	0,192959	-0,016256	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41)	0,191565	-0,033588	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42)	0,191565	-0,049906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43)	0,201050	0,056211	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44)	0,178365	0,015934	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45)	0,165569	-0,000585	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46)	0,160917	-0,015224	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47)	0,161831	-0,048960	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48)	0,189712	0,054219	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49)	0,153216	0,031148	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
50)	0,144390	0,013825	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
51)	0,135564	0,005643	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
52)	0,132242	-0,000629	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
53)	0,128921	-0,007928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
54)	0,129015	-0,013461	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
55)	0,129109	-0,030868	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
56)	0,129109	-0,047441	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
57)	0,112237	0,052467	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
58)	0,103938	0,011970	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
59)	0,096037	-0,000669	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
60)	0,095372	-0,011911	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
61)	0,097814	-0,046105	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
62)	0,120543	0,050641	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
63)	0,084047	0,029681	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
64)	0,077975	0,009129	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
65)	0,071903	0,004896	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
66)	0,070513	-0,000634	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
67)	0,069122	-0,006766	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
68)	0,071689	-0,009247	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
69)	0,074256	-0,027415	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
70)	0,074256	-0,044655	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
71)	0,058513	0,048991	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
72)	0,051731	0,006561	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
73)	0,041042	-0,000602	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
74)	0,048830	-0,006840	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
75)	0,053021	-0,043344	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
76)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
77)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	0,666992	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-0,666992	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(2)	0,505487	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,505487	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	0,221975	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,221975	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(4)	0,040918	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-0,040918	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(6)	-0,399610	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	0,399610	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(7)	0,520176	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-0,520176	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(7)	0,384489	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-0,384489	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(8)	-0,784550	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	0,784550	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(9)	0,636766	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-0,636766	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(9)	0,015323	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,015323	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(10)	-0,363758	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	0,363758	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(11)	0,458184	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,458184	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(11)	-0,143383	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	0,143383	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(12)	0,003032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,003032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(13)	0,139437	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,139437	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(13)	-0,063916	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,063916	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(14)	0,049101	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-0,049101	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(6)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(7)	0,516598	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-0,516598	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(8)	0,516598	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-0,516598	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

21	i(9)	0,286506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-0,286506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(10)	0,286506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,286506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(11)	0,107839	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-0,107839	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(12)	0,107839	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-0,107839	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(13)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26	i(15)	-0,399610	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,399610	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27	i(15)	0,006939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-0,006939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28	i(16)	0,897725	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-0,897725	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29	i(16)	-0,784550	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,784550	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30	i(16)	-0,164384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	0,164384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31	i(17)	0,816473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-0,816473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32	i(17)	-0,363758	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	0,363758	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33	i(17)	-0,282927	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	0,282927	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34	i(18)	0,597727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,597727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35	i(18)	0,003032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-0,003032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36	i(18)	-0,148141	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	0,148141	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37	i(19)	0,223662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-0,223662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38	i(19)	0,049101	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-0,049101	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39	i(15)	0,434987	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-0,434987	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40	i(16)	0,326179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-0,326179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41	i(17)	0,154002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-0,154002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42	i(18)	0,031588	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



64	i(29)	-1,066964	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	1,066964	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
65	i(29)	-0,492193	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(21)	0,492193	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
66	i(30)	1,316634	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(21)	-1,316634	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
67	i(30)	-1,089022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(22)	1,089022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
68	i(30)	-0,576775	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(23)	0,576775	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
69	i(31)	1,323533	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(23)	-1,323533	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
70	i(31)	-0,338076	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(24)	0,338076	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
71	i(31)	-0,659246	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(25)	0,659246	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
72	i(32)	1,059138	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(25)	-1,059138	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
73	i(32)	0,449509	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(26)	-0,449509	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
74	i(32)	-0,345471	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(27)	0,345471	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
75	i(33)	0,475210	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(27)	-0,475210	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
76	i(33)	0,430652	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(28)	-0,430652	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
77	i(29)	0,790284	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	-0,790284	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
78	i(30)	0,907064	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-0,907064	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
79	i(31)	0,413125	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	-0,413125	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
80	i(32)	0,057493	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	-0,057493	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
81	i(34)	-2,074850	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(29)	2,074850	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
82	i(35)	0,819780	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(29)	-0,819780	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
83	i(35)	0,198881	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	-0,198881	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
84	i(36)	-2,140638	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	2,140638	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
85	i(37)	1,909874	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(30)	-1,909874	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
86	i(37)	-1,043393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	1,043393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
87	i(38)	-0,340583	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	0,340583	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
88	i(39)	1,710943	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-1,710943	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
89	i(39)	-1,203253	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	1,203253	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
90	i(40)	1,340683	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	-1,340683	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
91	i(41)	0,756871	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	-0,756871	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
92	i(41)	-0,565017	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	0,565017	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
93	i(42)	1,229776	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	-1,229776	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
94	i(34)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
95	i(35)	0,461034	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(36)	-0,461034	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
96	i(36)	0,461034	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	-0,461034	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
97	i(37)	0,249454	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(38)	-0,249454	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
98	i(38)	0,249454	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	-0,249454	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
99	i(39)	0,066635	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(40)	-0,066635	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
100	i(40)	0,066635	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	-0,066635	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
101	i(41)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(42)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
102	i(43)	-2,074850	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(34)	2,074850	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
103	i(43)	-0,222065	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	0,222065	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
104	i(44)	1,240726	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	-1,240726	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
105	i(44)	-2,140638	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(36)	2,140638	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
106	i(44)	-1,208643	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	1,208643	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



107	i(45)	2,075123	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	-2,075123	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
108	i(45)	-0,340583	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(38)	0,340583	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
109	i(45)	-1,346039	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	1,346039	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
110	i(46)	1,853729	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	-1,853729	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
111	i(46)	1,340683	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(40)	-1,340683	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
112	i(46)	-0,617061	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	0,617061	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
113	i(47)	0,808915	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	-0,808915	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
114	i(47)	1,229776	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(42)	-1,229776	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
115	i(43)	0,328369	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	-0,328369	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
116	i(44)	0,185222	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	-0,185222	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
117	i(45)	0,067334	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	-0,067334	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
118	i(46)	-0,013224	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	0,013224	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
119	i(48)	-3,221997	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(43)	3,221997	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
120	i(49)	1,271186	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(43)	-1,271186	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
121	i(49)	-0,493307	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	0,493307	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
122	i(50)	-3,411486	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	3,411486	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
123	i(51)	2,179664	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	-2,179664	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
124	i(51)	-1,612800	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	1,612800	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
125	i(52)	-0,072184	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	0,072184	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
126	i(53)	1,992508	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	-1,992508	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
127	i(53)	-1,663521	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	1,663521	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
128	i(54)	2,851839	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(46)	-2,851839	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
129	i(55)	0,933105	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	-0,933105	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
130	i(55)	-0,788258	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	0,788258	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
131	i(56)	2,456758	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	-2,456758	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
132	i(48)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
133	i(49)	0,220645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(50)	-0,220645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
134	i(50)	0,220645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	-0,220645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
135	i(51)	0,083042	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(52)	-0,083042	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
136	i(52)	0,083042	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	-0,083042	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
137	i(53)	-0,002348	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(54)	0,002348	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
138	i(54)	-0,002348	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	0,002348	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
139	i(55)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(56)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
140	i(57)	-3,221997	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(48)	3,221997	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
141	i(57)	-1,102003	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	1,102003	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
142	i(58)	1,879882	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	-1,879882	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
143	i(58)	-3,411486	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(50)	3,411486	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
144	i(58)	-1,720271	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	1,720271	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
145	i(59)	2,287135	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	-2,287135	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
146	i(59)	-0,072184	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(52)	0,072184	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
147	i(59)	-1,730213	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	1,730213	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
148	i(60)	2,059199	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	-2,059199	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
149	i(60)	2,851839	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(54)	-2,851839	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

150	i(60)	-0,786425	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	0,786425	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
151	i(61)	0,931272	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	-0,931272	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
152	i(61)	2,456758	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(56)	-2,456758	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
153	i(57)	1,614518	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	-1,614518	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
154	i(58)	1,536941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	-1,536941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
155	i(59)	0,129341	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	-0,129341	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
156	i(60)	-0,474890	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	0,474890	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
157	i(62)	-4,177738	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(57)	4,177738	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
158	i(63)	0,142094	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(57)	-0,142094	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
159	i(63)	0,228598	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	-0,228598	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
160	i(64)	-6,498905	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	6,498905	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
161	i(65)	3,949931	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	-3,949931	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
162	i(65)	-2,928431	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	2,928431	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
163	i(66)	0,079688	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	-0,079688	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
164	i(67)	3,287660	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	-3,287660	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
165	i(67)	-3,368013	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	3,368013	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
166	i(68)	6,093224	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	-6,093224	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
167	i(69)	0,421450	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	-0,421450	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
168	i(69)	-0,189469	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	0,189469	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
169	i(70)	3,317735	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	-3,317735	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
170	i(62)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
171	i(63)	0,199911	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(64)	-0,199911	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
172	i(64)	0,199911	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	-0,199911	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
173	i(65)	0,045783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(66)	-0,045783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
174	i(66)	0,045783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	-0,045783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
175	i(67)	-0,084505	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(68)	0,084505	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
176	i(68)	-0,084505	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	0,084505	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
177	i(69)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(70)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
178	i(71)	-4,177738	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(62)	4,177738	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
179	i(71)	-0,396291	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	0,396291	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
180	i(72)	0,766984	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	-0,766984	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
181	i(72)	-6,498905	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(64)	6,498905	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
182	i(72)	-3,048808	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	3,048808	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
183	i(73)	4,070309	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	-4,070309	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
184	i(73)	0,079688	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(66)	-0,079688	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
185	i(73)	-3,469770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	3,469770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
186	i(74)	3,389417	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	-3,389417	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
187	i(74)	6,093224	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(68)	-6,093224	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
188	i(74)	-0,123469	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	0,123469	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
189	i(75)	0,355450	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	-0,355450	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
190	i(75)	3,317735	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(70)	-3,317735	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
191	i(71)	4,241818	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(72)	-4,241818	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
192	i(72)	6,684629	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	-6,684629	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

193	i(73)	-4,870315	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(74)	4,870315	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
194	i(74)	-2,621420	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(75)	2,621420	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
195	i(76)	-5,386907	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(71)	5,386907	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
196	i(76)	-8,251851	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(72)	8,251851	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
197	i(76)	-14,441400	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	14,441400	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
198	i(77)	15,091642	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	-15,091642	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
199	i(77)	8,602195	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(74)	-8,602195	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
200	i(77)	4,315604	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(75)	-4,315604	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çizelge 6.16 Örnek 12 kesit tipi 1-yükleme durumu 2 için sonuç çıktıları**

**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	-0,127850	-0,640853	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	-0,076641	-0,584948	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	-0,568289	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,076641	-0,584948	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,127850	-0,640853	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	-0,090165	-0,598144	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	-0,090165	-0,571513	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	-0,061550	-0,540469	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9)	-0,032935	-0,527520	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,000000	-0,524226	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,032935	-0,527520	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12)	0,061550	-0,540469	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13)	0,090165	-0,571513	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,090165	-0,598144	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15)	-0,133928	-0,550965	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16)	-0,062411	-0,492362	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17)	0,000000	-0,476338	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18)	0,062411	-0,492362	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,133928	-0,550965	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20)	-0,086819	-0,507194	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

21)	-0,086819	-0,471095	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22)	-0,058782	-0,443891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23)	-0,030744	-0,438085	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24)	0,000000	-0,428579	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25)	0,030744	-0,438085	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26)	0,058782	-0,443891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27)	0,086819	-0,471095	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28)	0,086819	-0,507194	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29)	-0,111122	-0,464609	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30)	-0,065430	-0,397966	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31)	0,000000	-0,383160	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32)	0,065430	-0,397966	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33)	0,111122	-0,464609	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34)	-0,091632	-0,424769	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35)	-0,091632	-0,394742	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36)	-0,061043	-0,349835	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37)	-0,030454	-0,342632	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38)	0,000000	-0,337100	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39)	0,030454	-0,342632	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40)	0,061043	-0,349835	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41)	0,091632	-0,394742	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42)	0,091632	-0,424769	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43)	-0,142835	-0,383966	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44)	-0,060794	-0,302139	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45)	0,000000	-0,291126	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46)	0,060794	-0,302139	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47)	0,142835	-0,383966	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48)	-0,097684	-0,348471	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49)	-0,097684	-0,292814	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
50)	-0,064145	-0,254401	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
51)	-0,030606	-0,252237	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
52)	0,000000	-0,246947	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
53)	0,030606	-0,252237	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
54)	0,064145	-0,254401	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
55)	0,097684	-0,292814	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
56)	0,097684	-0,348471	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
57)	-0,109732	-0,311815	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
58)	-0,068059	-0,206977	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
59)	0,000000	-0,202653	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
60)	0,068059	-0,206977	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
61)	0,109732	-0,311815	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
62)	-0,099233	-0,283903	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
63)	-0,099233	-0,227767	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

64)	-0,063363	-0,160038	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
65)	-0,027494	-0,160017	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
66)	0,000000	-0,163950	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
67)	0,027494	-0,160017	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
68)	0,063363	-0,160038	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
69)	0,099233	-0,227767	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
70)	0,099233	-0,283903	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
71)	-0,128505	-0,254724	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
72)	-0,058165	-0,113663	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
73)	0,000000	-0,125018	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
74)	0,058165	-0,113663	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
75)	0,128505	-0,254724	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
76)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
77)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

C.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	-0,802051	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	0,802051	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(2)	-1,200394	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	1,200394	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	-1,200394	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	1,200394	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(4)	-0,802051	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,802051	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(6)	9,037538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-9,037538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(7)	1,252844	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-1,252844	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(7)	0,071504	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-0,071504	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(8)	9,412127	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-9,412127	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(9)	0,693735	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-0,693735	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(9)	0,440017	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,440017	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(10)	9,323939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-9,323939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(11)	0,440017	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,440017	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

13	i(11)	0,693735	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,693735	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(12)	9,412127	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-9,412127	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(13)	0,071504	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,071504	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(13)	1,252844	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-1,252844	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(14)	9,037538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-9,037538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(7)	-0,764748	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,764748	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(8)	-0,764748	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	0,764748	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(9)	-0,880177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	0,880177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(10)	-0,880177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	0,880177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(11)	-0,764748	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	0,764748	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(12)	-0,764748	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	0,764748	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(13)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26	i(15)	19,037538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-19,037538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27	i(15)	-0,525783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,525783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28	i(16)	1,850131	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-1,850131	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29	i(16)	19,412127	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-19,412127	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30	i(16)	0,349864	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-0,349864	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31	i(17)	0,783889	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-0,783889	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32	i(17)	19,323939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-19,323939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33	i(17)	0,783889	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,783889	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34	i(18)	0,349864	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



	k(11)	-0,349864	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35	i(18)	19,412127	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-19,412127	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36	i(18)	1,850131	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-1,850131	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37	i(19)	-0,525783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	0,525783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38	i(19)	19,037538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-19,037538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39	i(15)	-0,931510	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,931510	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40	i(16)	-0,812906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	0,812906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41	i(17)	-0,812906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	0,812906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42	i(18)	-0,931510	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	0,931510	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43	i(20)	27,111891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-27,111891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44	i(21)	1,980848	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-1,980848	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45	i(21)	0,045185	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-0,045185	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46	i(22)	30,022573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-30,022573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47	i(23)	1,360188	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-1,360188	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48	i(23)	0,616140	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-0,616140	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49	i(24)	29,581675	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-29,581675	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
50	i(25)	0,616140	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-0,616140	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
51	i(25)	1,360188	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-1,360188	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
52	i(26)	30,022573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-30,022573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
53	i(27)	0,045185	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-0,045185	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
54	i(27)	1,980848	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-1,980848	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
55	i(28)	27,111891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-27,111891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

56	i(20)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(21)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
57	i(21)	-0,917531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(22)	0,917531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
58	i(22)	-0,917531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(23)	0,917531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
59	i(23)	-1,006098	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(24)	1,006098	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
60	i(24)	-1,006098	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(25)	1,006098	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
61	i(25)	-0,917531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(26)	0,917531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
62	i(26)	-0,917531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(27)	0,917531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
63	i(27)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(28)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
64	i(29)	37,111891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-37,111891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
65	i(29)	-0,671429	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(21)	0,671429	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
66	i(30)	2,697463	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(21)	-2,697463	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
67	i(30)	40,022573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(22)	-40,022573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
68	i(30)	0,546967	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(23)	-0,546967	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
69	i(31)	1,429361	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(23)	-1,429361	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
70	i(31)	39,581675	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(24)	-39,581675	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
71	i(31)	1,429361	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(25)	-1,429361	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
72	i(32)	0,546967	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(25)	-0,546967	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
73	i(32)	40,022573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(26)	-40,022573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
74	i(32)	2,697463	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(27)	-2,697463	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
75	i(33)	-0,671429	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(27)	0,671429	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
76	i(33)	37,111891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(28)	-37,111891	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
77	i(29)	-2,522225	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(30)	2,522225	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
78	i(30)	-3,611730	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	3,611730	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
79	i(31)	-3,611730	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	3,611730	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
80	i(32)	-2,522225	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	2,522225	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
81	i(34)	43,053608	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(29)	-43,053608	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
82	i(35)	4,611270	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(29)	-4,611270	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
83	i(35)	-1,600467	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	1,600467	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
84	i(36)	52,014576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	-52,014576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
85	i(37)	2,251890	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	-2,251890	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
86	i(37)	1,302759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-1,302759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
87	i(38)	49,776190	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-49,776190	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
88	i(39)	1,302759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-1,302759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
89	i(39)	2,251890	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	-2,251890	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
90	i(40)	52,014576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	-52,014576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
91	i(41)	-1,600467	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	1,600467	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
92	i(41)	4,611270	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	-4,611270	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
93	i(42)	43,053608	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	-43,053608	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
94	i(34)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
95	i(35)	-1,462175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(36)	1,462175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
96	i(36)	-1,462175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	1,462175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
97	i(37)	-1,455681	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(38)	1,455681	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
98	i(38)	-1,455681	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	1,455681	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

99	i(39)	-1,462175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(40)	1,462175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
100	i(40)	-1,462175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	1,462175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
101	i(41)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(42)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
102	i(43)	53,053608	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(34)	-53,053608	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
103	i(43)	-2,742462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	2,742462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
104	i(44)	5,753265	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	-5,753265	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
105	i(44)	62,014576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(36)	-62,014576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
106	i(44)	1,307831	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	-1,307831	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
107	i(45)	2,246818	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	-2,246818	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
108	i(45)	59,776190	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(38)	-59,776190	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
109	i(45)	2,246818	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	-2,246818	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
110	i(46)	1,307831	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	-1,307831	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
111	i(46)	62,014576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(40)	-62,014576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
112	i(46)	5,753265	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	-5,753265	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
113	i(47)	-2,742462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	2,742462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
114	i(47)	53,053608	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(42)	-53,053608	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
115	i(43)	-1,187543	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	1,187543	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
116	i(44)	-0,879997	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	0,879997	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
117	i(45)	-0,879997	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	0,879997	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
118	i(46)	-1,187543	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	1,187543	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
119	i(48)	57,414921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(43)	-57,414921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
120	i(49)	4,597464	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(43)	-4,597464	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
121	i(49)	-1,839570	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	1,839570	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
122	i(50)	77,219433	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	-77,219433	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
123	i(51)	2,125462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	-2,125462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
124	i(51)	1,149523	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	-1,149523	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
125	i(52)	71,462121	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	-71,462121	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
126	i(53)	1,149523	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	-1,149523	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
127	i(53)	2,125462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	-2,125462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
128	i(54)	77,219433	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	-77,219433	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
129	i(55)	-1,839570	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	1,839570	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
130	i(55)	4,597464	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	-4,597464	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
131	i(56)	57,414921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	-57,414921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
132	i(48)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
133	i(49)	-0,838473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(50)	0,838473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
134	i(50)	-0,838473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	0,838473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
135	i(51)	-0,765158	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(52)	0,765158	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
136	i(52)	-0,765158	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	0,765158	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
137	i(53)	-0,838473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(54)	0,838473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
138	i(54)	-0,838473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	0,838473	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
139	i(55)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(56)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
140	i(57)	67,414921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(48)	-67,414921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
141	i(57)	-2,494439	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	2,494439	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

142	i(58)	5,252332	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	-5,252332	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
143	i(58)	87,219433	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(50)	-87,219433	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
144	i(58)	1,206784	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	-1,206784	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
145	i(59)	2,068201	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	-2,068201	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
146	i(59)	81,462121	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(52)	-81,462121	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
147	i(59)	2,068201	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	-2,068201	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
148	i(60)	1,206784	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	-1,206784	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
149	i(60)	87,219433	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(54)	-87,219433	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
150	i(60)	5,252332	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	-5,252332	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
151	i(61)	-2,494439	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	2,494439	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
152	i(61)	67,414921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(56)	-67,414921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
153	i(57)	-8,107125	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	8,107125	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
154	i(58)	-13,239960	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	13,239960	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
155	i(59)	-13,239960	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	13,239960	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
156	i(60)	-8,107125	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	8,107125	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
157	i(62)	63,853809	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(57)	-63,853809	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
158	i(63)	15,158173	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(57)	-15,158173	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
159	i(63)	-9,414777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	9,414777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
160	i(64)	107,379449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	-107,379449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
161	i(65)	2,648516	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	-2,648516	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
162	i(65)	3,970810	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	-3,970810	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
163	i(66)	88,538872	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(59)	-88,538872	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
164	i(67)	3,970810	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	-3,970810	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
165	i(67)	2,648516	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	-2,648516	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
166	i(68)	107,379449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	-107,379449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
167	i(69)	-9,414777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	9,414777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
168	i(69)	15,158173	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	-15,158173	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
169	i(70)	63,853809	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	-63,853809	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
170	i(62)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
171	i(63)	-1,181002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(64)	1,181002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
172	i(64)	-1,181002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	1,181002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
173	i(65)	-0,905236	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(66)	0,905236	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
174	i(66)	-0,905236	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	0,905236	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
175	i(67)	-1,181002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(68)	1,181002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
176	i(68)	-1,181002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	1,181002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
177	i(69)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(70)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
178	i(71)	73,853809	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(62)	-73,853809	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
179	i(71)	-10,337169	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	10,337169	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
180	i(72)	16,080564	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	-16,080564	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
181	i(72)	117,379449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(64)	-117,379449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
182	i(72)	4,186190	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	-4,186190	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
183	i(73)	2,433136	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	-2,433136	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
184	i(73)	98,538872	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(66)	-98,538872	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

185	i(73)	2,433136	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	-2,433136	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
186	i(74)	4,186190	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	-4,186190	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
187	i(74)	117,379449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(68)	-117,379449	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
188	i(74)	16,080564	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	-16,080564	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
189	i(75)	-10,337169	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	10,337169	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
190	i(75)	73,853809	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(70)	-73,853809	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
191	i(71)	-43,990690	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(72)	43,990690	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
192	i(72)	-36,376097	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	36,376097	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
193	i(73)	-36,376097	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(74)	36,376097	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
194	i(74)	-43,990690	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(75)	43,990690	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
195	i(76)	91,235562	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(71)	-91,235562	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
196	i(76)	142,948801	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(72)	-142,948801	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
197	i(76)	67,470228	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	-67,470228	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
198	i(77)	67,470228	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	-67,470228	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
199	i(77)	142,948801	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(74)	-142,948801	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
200	i(77)	91,235562	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(75)	-91,235562	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



**Çizelge 6.17 Örnek 12 kesit tipi 1-yükleme durumu 3 için sonuç çıktıları****Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,292882	-0,575301	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,301505	-0,556728	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,345873	-0,564742	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,408342	-0,603708	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,456937	-0,693440	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,320906	-0,534480	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,284409	-0,528673	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,293694	-0,515955	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,302980	-0,515211	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,325194	-0,522398	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,347408	-0,536265	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12)	0,371988	-0,559214	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13)	0,396569	-0,607131	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,396569	-0,650498	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,217098	-0,488291	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16)	0,255218	-0,469793	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17)	0,292587	-0,475412	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18)	0,343175	-0,511099	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,412267	-0,603198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20)	0,248540	-0,446242	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21)	0,212044	-0,433938	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22)	0,226778	-0,423080	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23)	0,241512	-0,429117	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24)	0,264534	-0,428198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25)	0,287555	-0,447818	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26)	0,312758	-0,461903	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27)	0,337960	-0,506261	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28)	0,337960	-0,558731	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29)	0,148548	-0,404882	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30)	0,179924	-0,378405	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31)	0,228922	-0,383167	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32)	0,286867	-0,415462	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33)	0,331518	-0,515652	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34)	0,168945	-0,366963	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35)	0,132448	-0,355141	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36)	0,153393	-0,332255	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37)	0,174337	-0,334664	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38)	0,199572	-0,337423	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39)	0,224807	-0,351550	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

40)	0,254002	-0,366091	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41)	0,283197	-0,428331	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42)	0,283197	-0,474675	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43)	0,058215	-0,327754	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44)	0,117571	-0,286205	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45)	0,165569	-0,291710	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46)	0,221712	-0,317364	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47)	0,304666	-0,432925	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48)	0,092028	-0,294252	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49)	0,055531	-0,261666	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
50)	0,080245	-0,240576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
51)	0,104958	-0,246595	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
52)	0,132242	-0,247576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
53)	0,159527	-0,260165	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
54)	0,193160	-0,267862	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
55)	0,226793	-0,323683	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
56)	0,226793	-0,395912	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
57)	0,002505	-0,259348	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
58)	0,035879	-0,195007	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
59)	0,096037	-0,203322	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
60)	0,163431	-0,218888	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
61)	0,207546	-0,357920	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
62)	0,021310	-0,233261	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
63)	-0,015186	-0,198086	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
64)	0,014612	-0,150909	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
65)	0,044410	-0,155121	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
66)	0,070513	-0,164584	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
67)	0,096616	-0,166783	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
68)	0,135052	-0,169285	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
69)	0,173488	-0,255182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
70)	0,173488	-0,328557	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
71)	-0,069991	-0,205733	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
72)	-0,006434	-0,107101	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
73)	0,041042	-0,125621	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
74)	0,106994	-0,120503	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
75)	0,181526	-0,298068	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
76)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
77)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

C.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	-0,135060	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	0,135060	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(2)	-0,694907	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	0,694907	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	-0,978419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	0,978419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(4)	-0,761133	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,761133	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(6)	8,637928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-8,637928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(7)	1,773020	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-1,773020	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(7)	0,455992	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-0,455992	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(8)	8,627578	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-8,627578	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(9)	1,330501	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-1,330501	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(9)	0,455341	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,455341	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(10)	8,960180	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-8,960180	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(11)	0,898201	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,898201	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(11)	0,550352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,550352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(12)	9,415159	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-9,415159	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(13)	0,210941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,210941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(13)	1,188928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-1,188928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(14)	9,086640	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-9,086640	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(6)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(7)	-0,248150	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,248150	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(8)	-0,248150	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	0,248150	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

21	i(9)	-0,593671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	0,593671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(10)	-0,593671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	0,593671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(11)	-0,656908	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	0,656908	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(12)	-0,656908	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	0,656908	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(13)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26	i(15)	18,637928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-18,637928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27	i(15)	-0,518844	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,518844	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28	i(16)	2,747856	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-2,747856	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29	i(16)	18,627578	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-18,627578	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30	i(16)	0,185480	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-0,185480	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31	i(17)	1,600362	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-1,600362	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32	i(17)	18,960180	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-18,960180	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33	i(17)	0,500962	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,500962	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34	i(18)	0,947591	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,947591	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35	i(18)	19,415159	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-19,415159	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36	i(18)	1,701990	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-1,701990	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37	i(19)	-0,302121	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	0,302121	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38	i(19)	19,086640	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-19,086640	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39	i(15)	-0,496523	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,496523	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40	i(16)	-0,486727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	0,486727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41	i(17)	-0,658904	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	0,658904	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42	i(18)	-0,899922	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



64	i(29)	36,044927	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-36,044927	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
65	i(29)	-1,163622	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(21)	1,163622	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
66	i(30)	4,014097	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(21)	-4,014097	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
67	i(30)	38,933550	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(22)	-38,933550	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
68	i(30)	-0,029808	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(23)	0,029808	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
69	i(31)	2,752894	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(23)	-2,752894	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
70	i(31)	39,243599	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(24)	-39,243599	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
71	i(31)	0,770114	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(25)	-0,770114	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
72	i(32)	1,606105	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(25)	-1,606105	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
73	i(32)	40,472082	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(26)	-40,472082	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
74	i(32)	2,351992	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(27)	-2,351992	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
75	i(33)	-0,196220	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(27)	0,196220	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
76	i(33)	37,542542	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(28)	-37,542542	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
77	i(29)	-1,731941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	1,731941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
78	i(30)	-2,704666	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	2,704666	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
79	i(31)	-3,198605	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	3,198605	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
80	i(32)	-2,464732	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	2,464732	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
81	i(34)	40,978759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(29)	-40,978759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
82	i(35)	5,431051	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(29)	-5,431051	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
83	i(35)	-1,401586	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	1,401586	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
84	i(36)	49,873939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(30)	-49,873939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
85	i(37)	4,161764	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(30)	-4,161764	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
86	i(37)	0,259366	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-0,259366	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
87	i(38)	49,435607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-49,435607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
88	i(39)	3,013703	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-3,013703	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
89	i(39)	1,048637	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	-1,048637	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
90	i(40)	53,355260	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	-53,355260	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
91	i(41)	-0,843596	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(32)	0,843596	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
92	i(41)	4,046254	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	-4,046254	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
93	i(42)	44,283384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	-44,283384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
94	i(34)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
95	i(35)	-1,001140	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(36)	1,001140	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
96	i(36)	-1,001140	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	1,001140	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
97	i(37)	-1,206227	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(38)	1,206227	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
98	i(38)	-1,206227	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	1,206227	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
99	i(39)	-1,395539	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(40)	1,395539	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
100	i(40)	-1,395539	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	1,395539	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
101	i(41)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(42)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
102	i(43)	50,978759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(34)	-50,978759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
103	i(43)	-2,964527	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	2,964527	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
104	i(44)	6,993991	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	-6,993991	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
105	i(44)	59,873939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(36)	-59,873939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
106	i(44)	0,099189	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	-0,099189	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

107	i(45)	4,321941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	-4,321941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
108	i(45)	59,435607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(38)	-59,435607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
109	i(45)	0,900780	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	-0,900780	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
110	i(46)	3,161560	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(39)	-3,161560	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
111	i(46)	63,355260	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(40)	-63,355260	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
112	i(46)	5,136205	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	-5,136205	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
113	i(47)	-1,933547	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(41)	1,933547	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
114	i(47)	54,283384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(42)	-54,283384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
115	i(43)	-0,859175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	0,859175	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
116	i(44)	-0,694775	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	0,694775	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
117	i(45)	-0,812663	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	0,812663	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
118	i(46)	-1,200767	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	1,200767	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
119	i(48)	54,192925	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(43)	-54,192925	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
120	i(49)	5,868650	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(43)	-5,868650	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
121	i(49)	-2,332877	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	2,332877	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
122	i(50)	73,807947	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	-73,807947	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
123	i(51)	4,305126	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(44)	-4,305126	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
124	i(51)	-0,463277	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	0,463277	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
125	i(52)	71,389937	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	-71,389937	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
126	i(53)	3,142031	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(45)	-3,142031	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
127	i(53)	0,461941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	-0,461941	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
128	i(54)	80,071272	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



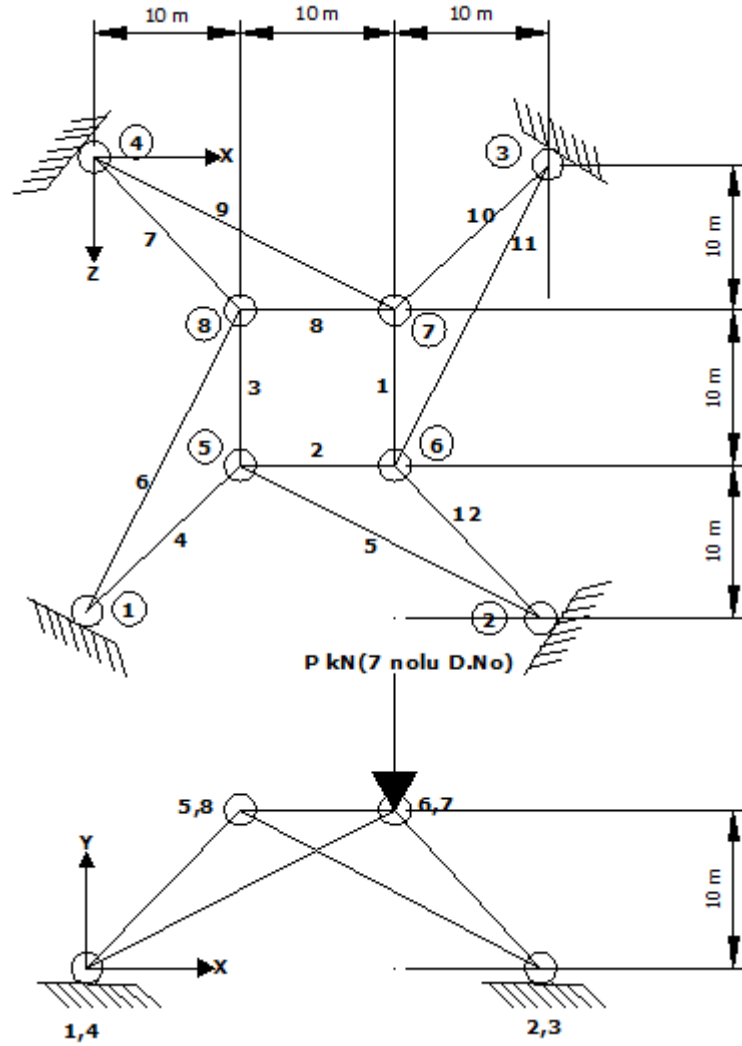
	k(46)	-80,071272	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
129	i(55)	-0,906465	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(46)	0,906465	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
130	i(55)	3,809205	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	-3,809205	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
131	i(56)	59,871679	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	-59,871679	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
132	i(48)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
133	i(49)	-0,617828	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(50)	0,617828	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
134	i(50)	-0,617828	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	0,617828	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
135	i(51)	-0,682116	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(52)	0,682116	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
136	i(52)	-0,682116	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	0,682116	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
137	i(53)	-0,840821	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(54)	0,840821	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
138	i(54)	-0,840821	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	0,840821	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
139	i(55)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(56)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
140	i(57)	64,192925	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(48)	-64,192925	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
141	i(57)	-3,596441	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	3,596441	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
142	i(58)	7,132214	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	-7,132214	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
143	i(58)	83,807947	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(50)	-83,807947	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
144	i(58)	-0,513487	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	0,513487	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
145	i(59)	4,355336	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(51)	-4,355336	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
146	i(59)	81,389937	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(52)	-81,389937	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
147	i(59)	0,337988	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	-0,337988	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
148	i(60)	3,265983	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(53)	-3,265983	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
149	i(60)	90,071272	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(54)	-90,071272	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

150	i(60)	4,465908	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	-4,465908	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
151	i(61)	-1,563167	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(55)	1,563167	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
152	i(61)	69,871679	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(56)	-69,871679	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
153	i(57)	-6,492607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	6,492607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
154	i(58)	-11,703019	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	11,703019	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
155	i(59)	-13,110619	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	13,110619	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
156	i(60)	-8,582015	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	8,582015	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
157	i(62)	59,676071	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(57)	-59,676071	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
158	i(63)	15,300267	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(57)	-15,300267	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
159	i(63)	-9,186179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	9,186179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
160	i(64)	100,880544	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	-100,880544	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
161	i(65)	6,598447	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(58)	-6,598447	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
162	i(65)	1,042379	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	-1,042379	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
163	i(66)	88,618560	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	-88,618560	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
164	i(67)	7,258469	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(59)	-7,258469	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
165	i(67)	-0,719497	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	0,719497	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
166	i(68)	113,472673	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	-113,472673	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
167	i(69)	-8,993327	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(60)	8,993327	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
168	i(69)	14,968704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	-14,968704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
169	i(70)	67,171544	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(61)	-67,171544	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
170	i(62)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
171	i(63)	-0,981091	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(64)	0,981091	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
172	i(64)	-0,981091	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	0,981091	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
173	i(65)	-0,859453	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(66)	0,859453	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
174	i(66)	-0,859453	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	0,859453	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
175	i(67)	-1,265506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(68)	1,265506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
176	i(68)	-1,265506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	1,265506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
177	i(69)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(70)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
178	i(71)	69,676071	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(62)	-69,676071	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
179	i(71)	-10,733460	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	10,733460	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
180	i(72)	16,847549	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(63)	-16,847549	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
181	i(72)	110,880544	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(64)	-110,880544	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
182	i(72)	1,137381	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	-1,137381	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
183	i(73)	6,503445	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(65)	-6,503445	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
184	i(73)	98,618560	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(66)	-98,618560	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
185	i(73)	-1,036634	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	1,036634	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
186	i(74)	7,575607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(67)	-7,575607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
187	i(74)	123,472673	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(68)	-123,472673	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
188	i(74)	15,957096	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	-15,957096	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
189	i(75)	-9,981719	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(69)	9,981719	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
190	i(75)	77,171544	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(70)	-77,171544	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
191	i(71)	-39,748872	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(72)	39,748872	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
192	i(72)	-29,691468	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	29,691468	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

193	i(73)	-41,246412	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(74)	41,246412	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
194	i(74)	-46,612110	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(75)	46,612110	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
195	i(76)	85,848655	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(71)	-85,848655	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
196	i(76)	134,696950	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(72)	-134,696950	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
197	i(76)	53,028827	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	-53,028827	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
198	i(77)	82,561870	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(73)	-82,561870	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
199	i(77)	151,550996	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(74)	-151,550996	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
200	i(77)	95,551166	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(75)	-95,551166	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

## Örnek 13:



Şekil 6.24 Örnek 13

Şekil 6.24' de global eksen takımı, düğüm noktası numaraları ve çubuk numaraları verilen üç boyutlu kafes sistemin statik analizi yapılacaktır. Referanstaki [3] çözümler ile Çizelge 6.18'deki çözümler aynıdır.

**Veriler:**

$A=1 \text{ m}^2$  (Tüm elemanlarda)

$E= 1 \text{ kN/m}^2$  (Tüm elemanlarda)

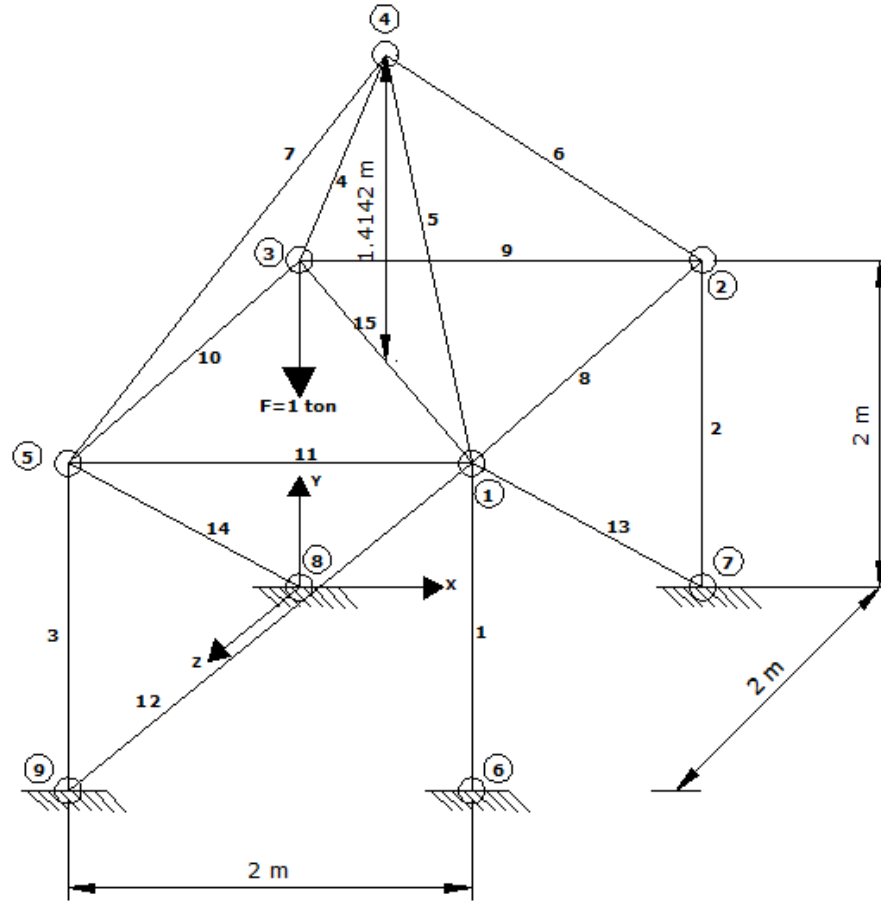
**7 nolu** düğüm noktasına **Global Y** eksenine ters yönde **1 kN** tekil yük etkimektedir.

**Çizelge 6.18** Örnek 13 sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	m	m	m	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,000000	4,782926	22,103434	0,000000	0,000000	0,000000
7)	-4,782926	-71,527377	32,103434	0,000000	0,000000	0,000000
8)	-4,782926	4,782926	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	N <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>z</sub>	T <sub>x</sub>	My	Mz
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1	i(7)	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(4)	0,816497	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-0,816497	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(3)	1,154701	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-1,154701	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(3)	-0,816497	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,816497	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(2)	0,577350	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-0,577350	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Örnek 14:**

Şekil 6.25 Örnek 14

Şekil 6.25’ de global eksen takımı, düğüm noktası numaraları ve çubuk numaraları verilen üç boyutlu kafes sistemin statik analizi yapılacaktır. Referanstaki [11] sonuçlar ile Çizelge 6.19’deki sonuçlar aynıdır.

**Veriler:**

$A=1 \text{ m}^2$  (Tüm elemanlarda)

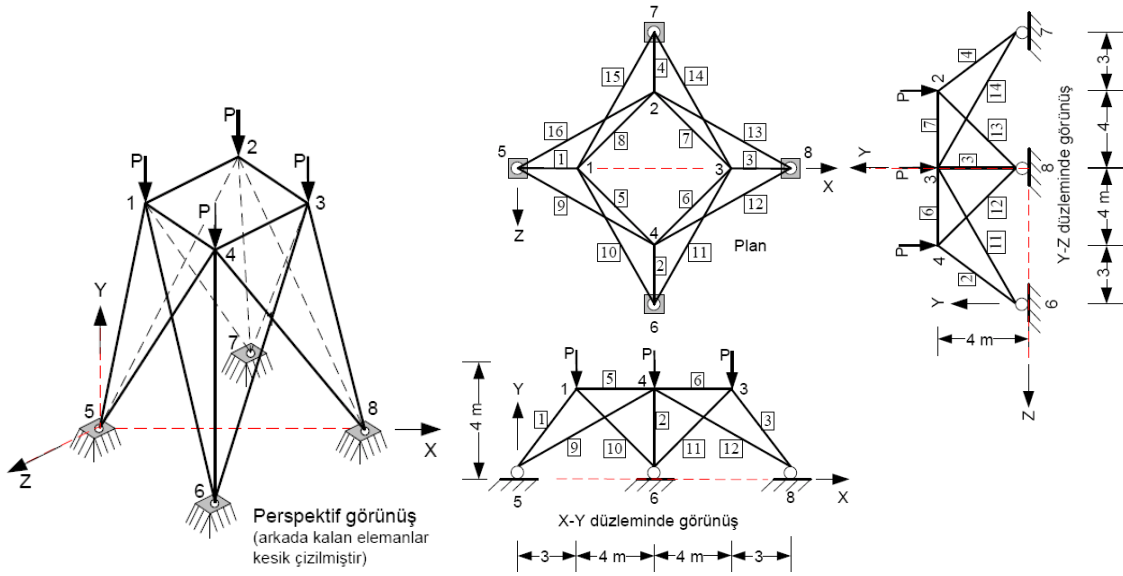
$E= 1 \text{ ton/m}^2$  (Tüm elemanlarda)

**3 nolu** düğüm noktasına **Global Y** eksenine ters yönde **1 ton** tekil yük etmektedir.





13	i(7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(3)	1,999999	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-1,999999	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Örnek 15:****Şekil 6.26** Örnek 15

Şekil 6.26' da görülen uzay kafes sistemin verilen yükler için statik analizi yapılacaktır.

Referanstaki [4] sonuçlar ile Çizelge 6.20'deki sonuçlar aynıdır.

**Malzeme:**

$E = 1000 \text{ kN/m}^2$  ,  $\mu = 0$  (poisson etkisi yok)

**Kesitler:**

1, 2, 3, 4 nolu elemanlarda  $A = 3 \text{ m}^2$

5, 6, 7, 8 nolu elemanlarda  $A = 1 \text{ m}^2$

Diğer elemanlarda  $A = 2 \text{ m}^2$

**Yükler:**

$P = 100 \text{ kN}$

**Mesnetler:**

5, 6, 7, 8 noktaları her üç yönde hareket edemeyecek şekilde tutulmuştur.

Çizelge 6.20 Örnek 15 sonuç çıktıları

**Düğüm Noktası Deplasmanları**

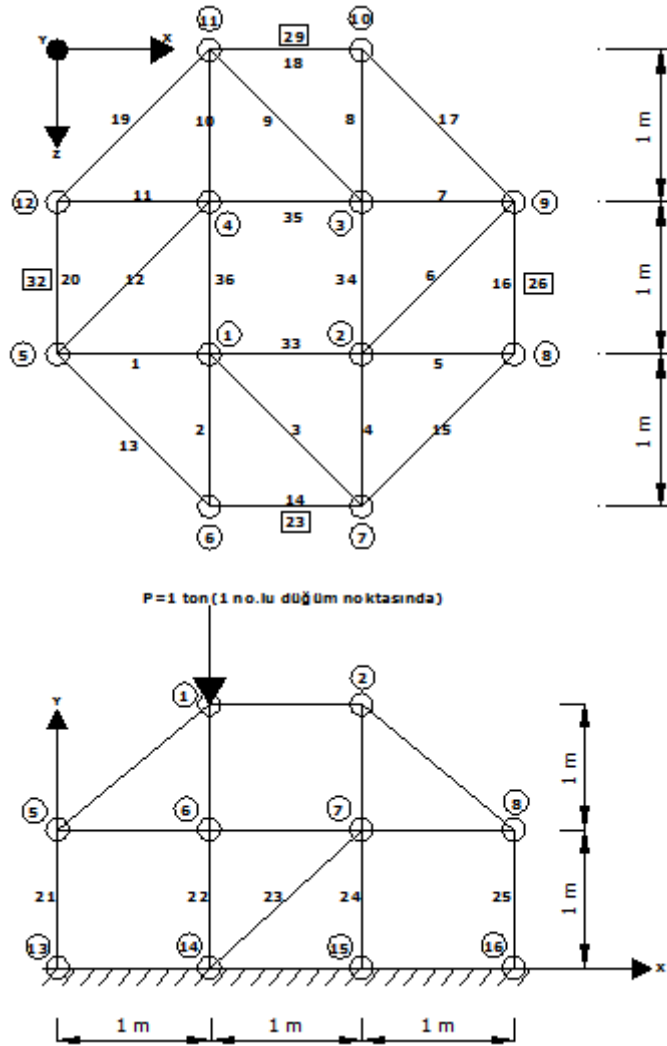
D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	m	m	m	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,074139	-0,243419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	-0,243419	0,074139	0,000000	0,000000	0,000000
3)	-0,074139	-0,243419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,000000	-0,243419	-0,074139	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	N <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>z</sub>	T <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1	i(5)	90,151393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-90,151393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(6)	90,151393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-90,151393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(8)	90,151393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-90,151393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(7)	90,151393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-90,151393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(1)	18,534647	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-18,534647	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(4)	18,534647	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-18,534647	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(2)	18,534647	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-18,534647	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(1)	18,534647	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-18,534647	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(5)	31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(6)	31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(6)	31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(8)	31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(8)	31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

14	i(7)	31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(7)	31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(5)	31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-31,363747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

## Örnek 16:



Şekil 6.27 Örnek 16

Şekil 6.27' de global eksen takımı, düğüm noktası numaraları ve çubuk numaraları verilen üç boyutlu kafes sistemin statik analizi yapılacaktır. Referanstaki [11] sonuçlar ile Çizelge 6.21'deki sonuçlar aynıdır.

**Veriler:**

$A=1 \text{ m}^2$  (Tüm elemanlarda)

$E= 1 \text{ ton/m}^2$  (Tüm elemanlarda)

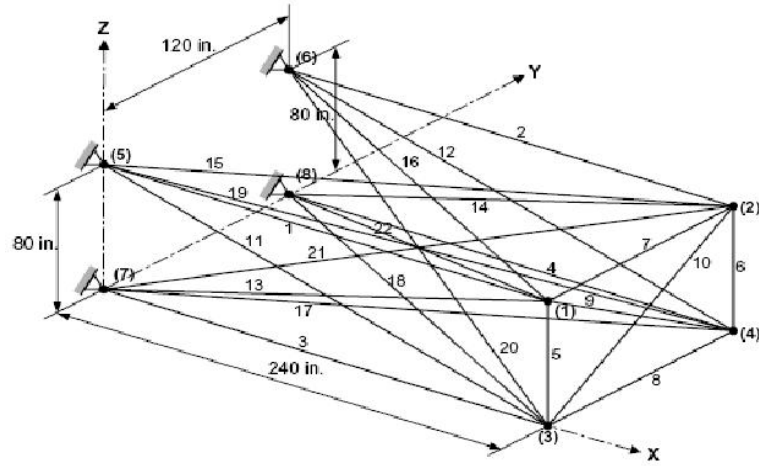
**1 nolu** düğüm noktasına **Global Y** eksenine ters yönde **1 ton** tekil yük etkimektedir.



	k(9)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	-0,176777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	0,176777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(3)	0,216506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,216506	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(4)	0,176777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,176777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(4)	0,353553	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-0,353553	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(4)	-0,649519	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,649519	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(5)	-0,176777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,176777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(6)	-0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(7)	-0,353553	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,353553	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(8)	-0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(9)	0,176777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-0,176777	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(10)	0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(11)	-0,353553	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	0,353553	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(12)	-0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(5)	-0,375000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	0,375000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(6)	0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(14)	-0,707107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,707107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(7)	0,750000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-0,750000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(8)	0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26	i(16)	0,707107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-0,707107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27	i(9)	-0,625000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	0,625000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28	i(10)	-0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

29	i(18)	-0,707107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	0,707107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30	i(11)	0,750000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-0,750000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31	i(12)	0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32	i(20)	0,707107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-0,707107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33	i(1)	0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34	i(2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35	i(3)	-0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	0,125000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36	i(4)	0,500000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-0,500000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



**Örnek 17:****Şekil 6.28 Örnek 17**

Şekil 6.28’ de global eksen takımı, çubuk numaraları, düğüm numaraları ve mesnet koşulları verilen kafes sistemin statik analizi yapılacaktır. Referansta [9] düğüm serbestlikleri  $\pm 2$  in olarak limitlenmiş durumda ve buna ilave olarak da gerilme alt ve üst limitleri verilmiştir. 1. yükleme durumu için Çizelge 6.24’de görüldüğü gibi bu serbestlik limitlerine ulaşılmış olduğu anlaşılmaktadır.

**Veriler:**

$E=10.000$  ksi (Elastisite Modülü)

Kesit alanları **Çizelge 6.22**’de verilmiştir.

Yükleme durumları **Çizelge 6.23**’de verilmiştir.

**Çizelge 6.22** 22 çubuklu kafes sistem kesit alanı numaraları ve kesit alanı değerleri

Grup No.	Çubuk Kesit Alanı No.	Kesit Alanı(in. <sup>2</sup> )
1	$A_1 \sim A_4$	2.588
2	$A_5 \sim A_6$	1.083
3	$A_7 \sim A_8$	0.363
4	$A_9 \sim A_{10}$	0.422
5	$A_{11} \sim A_{14}$	2.827
6	$A_{15} \sim A_{18}$	2.055
7	$A_{19} \sim A_{22}$	2.044

**Çizelge 6.23** 22 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları

Düğüm No.	Yükleme Durumu 1			Yükleme Durumu 2			Yükleme Durumu 3		
	$P_x$	$P_y$	$P_z$	$P_x$	$P_y$	$P_z$	$P_x$	$P_y$	$P_z$
1	-20.0	0.0	-5.0	-20.0	-5.0	0.0	-20.0	0.0	35.0
2	-20.0	0.0	-5.0	-20.0	-50.0	0.0	-20.0	0.0	0.0
3	-20.0	0.0	-30.0	-20.0	-5.0	0.0	-20.0	0.0	0.0
4	-20.0	0.0	-30.0	-20.0	-50.0	0.0	-20.0	0.0	-35.0

Not: Tüm yüklemeler kips olarak birimlendirilmiştir.

**Çizelge 6.24** Örnek 17 yükleme durumu 1 için sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,238116	-0,013465	-1,901846	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,238116	0,013465	-1,901846	0,000000	0,000000	0,000000
3)	-0,384560	-0,023109	-2,003885	0,000000	0,000000	0,000000
4)	-0,384560	0,023109	-2,003885	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

C.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(5)	-25,676850	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	25,676850	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(6)	-25,676850	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	25,676850	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(7)	41,468347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-41,468347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(8)	41,468347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-41,468347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(1)	-13,813493	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	13,813493	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(2)	-13,813493	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	13,813493	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(1)	-0,814618	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	0,814618	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	-1,398119	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	1,398119	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(1)	-2,546607	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(5)	32,436759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-32,436759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(6)	-24,515434	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	24,515434	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(7)	32,436759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-32,436759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(8)	-24,515434	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	24,515434	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(1)	-7,176757	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	7,176757	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(2)	-6,615751	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	6,615751	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(1)	9,935153	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-9,935153	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	9,935153	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-9,935153	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(1)	7,169299	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-7,169299	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(3)	7,169299	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-7,169299	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(5)	30,952355	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-30,952355	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(6)	-24,964944	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	24,964944	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(1)	30,952355	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-30,952355	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(2)	-24,964944	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	24,964944	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(5)	40,918495	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-40,918495	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(1)	-24,637663	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	24,637663	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(7)	40,918495	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-40,918495	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(3)	-24,637663	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	24,637663	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(5)	36,867419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-36,867419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(6)	-23,058170	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	23,058170	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

21	i(7)	36,867419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-36,867419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(1)	-23,058170	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	23,058170	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çizelge 6.26** Örnek 17 yükleme durumu 3 için sonuç çıktıları

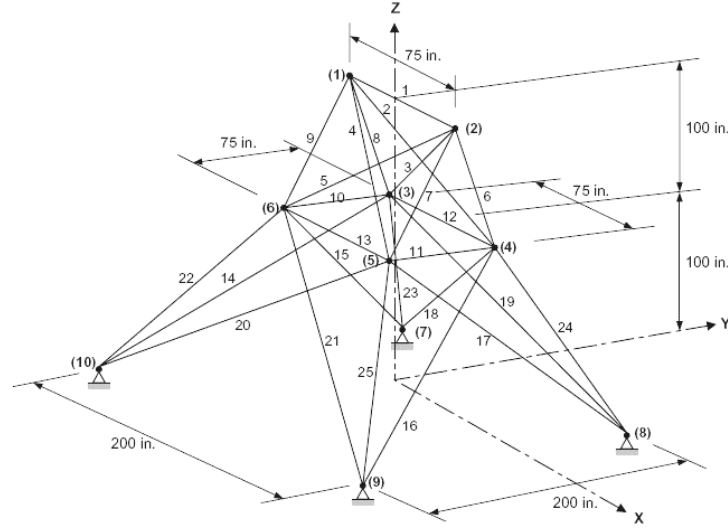
### Düğüm Noktası Deplasmanları

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	-0,167889	0,523118	1,251574	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,017362	0,552002	-1,115253	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,017362	-0,552002	1,115253	0,000000	0,000000	0,000000
4)	-0,167889	-0,523118	-1,251574	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	N <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>z</sub>	T <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(5)	18,104019	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-18,104019	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(6)	-1,872156	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	1,872156	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(7)	-1,872156	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	1,872156	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(8)	18,104019	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-18,104019	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(1)	-18,454347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	18,454347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(2)	-18,454347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	18,454347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(1)	-0,873734	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	0,873734	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	-0,873734	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	0,873734	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(1)	-15,156184	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	15,156184	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

10	i(3)	9,324604	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-9,324604	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(5)	37,569722	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-37,569722	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(6)	-26,429159	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	26,429159	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(1)	-26,429159	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	26,429159	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(2)	37,569722	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-37,569722	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(5)	-20,095326	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	20,095326	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(1)	29,417179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-29,417179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(7)	29,417179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-29,417179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(3)	-20,095326	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	20,095326	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(5)	0,766918	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,766918	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(6)	4,904893	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-4,904893	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(7)	4,904893	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-4,904893	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(1)	0,766918	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-0,766918	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Örnek 18:****Şekil 6.29 Örnek 18**

Şekil 6.29’ da global eksen takımı, çubuk numaraları, düğüm numaraları ve mesnet koşulları verilen kafes sistemin statik analizi yapılacaktır. Referansta [9] serbestlikler üzerinde  $\pm 0,35$  in. limiti bulunmakta ve ayrıca gerilmeler için de kısıtlamalar bulunmaktadır. Çizelge 6.29-30’daki çözümlerde bu deplasman kısıtlamalarına ulaşılmış olduğu anlaşılmaktadır.

**Veriler:**

$E=10.000$  ksi (Elastisite Modülü)

Kesit alanları **Çizelge 6.27’** de verilmiştir.

Yükleme durumları **Çizelge 6.28’** de verilmiştir.

**Çizelge 6.27 25 çubuklu kafes sistem kesit alanı numaraları ve kesit alanı değerleri**

Grup No.	Çubuk Kesit Alanı No.	Kesit Alanı(in. <sup>2</sup> )
1	$A_1$	0.047
2	$A_2 \sim A_5$	2.022
3	$A_6 \sim A_9$	2.950
4	$A_{10} \sim A_{11}$	0.010
5	$A_{12} \sim A_{13}$	0.014
6	$A_{14} \sim A_{17}$	0.688
7	$A_{18} \sim A_{21}$	1.657
8	$A_{22} \sim A_{25}$	2.663

**Çizelge 6.28** 25 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları

Düğüm No.	Yükleme Durumu 1			Yükleme Durumu 2		
	$P_x$	$P_y$	$P_z$	$P_x$	$P_y$	$P_z$
1	0.0	-20.0	-5.0	1.0	10.0	-5.0
2	0.0	-20.0	-5.0	0.0	10.0	-5.0
3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0

Not: Tüm yüklemeler kips olarak birimlendirilmiştir.

**Çizelge 6.29** Örnek 18 yükleme durumu 1 için sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	-0,017116	0,350697	-0,028473	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,017116	-0,350697	-0,028473	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,112364	-0,039715	-0,099135	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,099895	0,026683	0,056769	0,000000	0,000000	0,000000
5)	-0,112364	0,039715	-0,099135	0,000000	0,000000	0,000000
6)	-0,099895	-0,026683	0,056769	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	N <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>z</sub>	T <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	-0,214516	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	0,214516	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(1)	14,126662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-14,126662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	-13,753393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	13,753393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(5)	-13,753393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	13,753393	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(6)	14,126662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-14,126662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(4)	-14,554686	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	14,554686	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(5)	19,589217	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-19,589217	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	19,589217	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



	k(1)	-19,589217	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(6)	-14,554686	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	14,554686	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(6)	0,017377	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,017377	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(5)	0,017377	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,017377	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(3)	0,023275	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,023275	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(6)	0,023275	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-0,023275	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(10)	1,751138	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-1,751138	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(7)	-0,650476	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,650476	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(9)	-0,650476	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	0,650476	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(8)	1,751138	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-1,751138	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(7)	-8,960969	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	8,960969	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(8)	11,554866	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-11,554866	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(10)	11,554866	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-11,554866	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(9)	-8,960969	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	8,960969	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(10)	3,340264	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-3,340264	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(7)	0,610802	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,610802	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(8)	3,340264	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-3,340264	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(9)	0,610802	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-0,610802	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çizelge 6.30 Örnek 18 yükleme durumu 2 için sonuç çıktıları**

**Düğüm Noktası Deplasmanları**

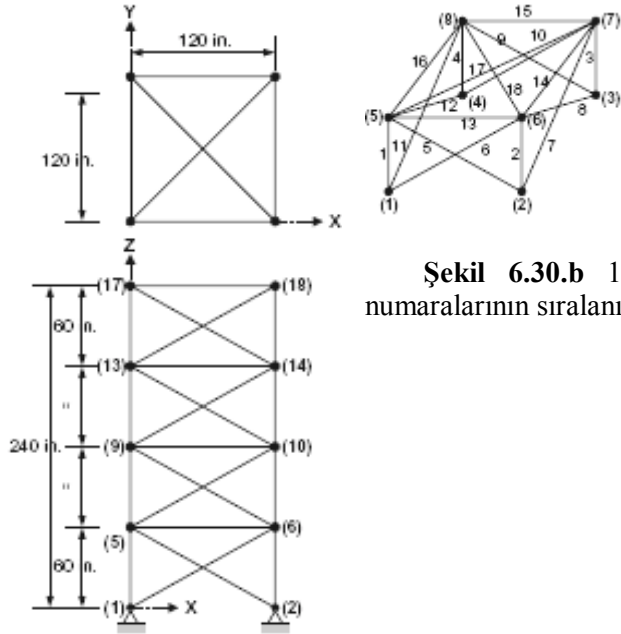
D.No	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,008093	0,350709	-0,022443	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,031447	0,350709	-0,032326	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,017458	-0,037576	-0,122357	0,000000	0,000000	0,000000

4)	-0,010375	-0,039099	-0,130059	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,004257	-0,024406	0,079737	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,002826	-0,025929	0,087439	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çubuk Ucu Kuvvetleri**

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	-0,146353	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	0,146353	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(1)	6,222626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-6,222626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	5,352600	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-5,352600	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(5)	-4,227913	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	4,227913	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(6)	-5,097939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	5,097939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(4)	12,529615	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-12,529615	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(5)	-7,398020	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	7,398020	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	11,817615	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	-11,817615	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(6)	-8,110020	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(1)	8,110020	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(6)	0,015529	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-0,015529	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(5)	0,019591	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,019591	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(3)	0,051954	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-0,051954	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(6)	-0,002672	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,002672	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(10)	3,420089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-3,420089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(7)	-2,617984	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	2,617984	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(9)	3,718315	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-3,718315	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

17	i(8)	-2,319759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	2,319759	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(7)	6,054162	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-6,054162	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(8)	6,205114	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-6,205114	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(10)	-3,551955	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	3,551955	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(9)	-3,401003	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	3,401003	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(10)	-10,913580	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	10,913580	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(7)	13,150223	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-13,150223	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(8)	14,821227	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-14,821227	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(9)	-9,242576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	9,242576	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Örnek 19:**

**Şekil 6.30.b** 1 modülün görünüşü, çubuk ve düğüm numaralarının sıralanışı

**Şekil 6.30.a** Örnek 19

Şekil 6.30' da global eksen takımı, çubuk numaraları, düğüm numaraları ve mesnet koşulları verilen kafes sistemin statik analizi yapılacaktır. Referansta [9] en üstteki düğüm noktaları serbestlikleri için X ve Y doğrultularında  $\pm 0,25$  in. limiti verilmiş ve buna ilave olarak da gerilme limitleri verilmiştir. Çizelge 6.33-35'deki sonuçlara bakıldığında bu limitlere ulaşıldığı anlaşılmaktadır.

**Veriler:**

$E=10.000$  ksi (Elastisite Modülü)

Kesit alanları **Çizelge 6.31**'de verilmiştir.

Yüklemeler **Çizelge 6.32**'de verilmiştir.

**Çizelge 6.31** 72 çubuklu kafes sistem kesit alanı numaraları ve kesit tipi alanı değerleri

Grup No.	Çubuk Kesit Alanı No.	Kesit tipi 1 Alanı(in. <sup>2</sup> )	Kesit tipi 2 Alanı(in. <sup>2</sup> )
1	A <sub>1</sub> ~A <sub>4</sub>	1.790	1.963
2	A <sub>5</sub> ~A <sub>12</sub>	0.521	0.481
3	A <sub>13</sub> ~A <sub>16</sub>	0.100	0.010
4	A <sub>17</sub> ~A <sub>18</sub>	0.100	0.011
5	A <sub>19</sub> ~A <sub>22</sub>	1.229	1.233
6	A <sub>23</sub> ~A <sub>30</sub>	0.522	0.506
7	A <sub>31</sub> ~A <sub>34</sub>	0.100	0.011
8	A <sub>35</sub> ~A <sub>36</sub>	0.100	0.012
9	A <sub>37</sub> ~A <sub>40</sub>	0.517	0.538
10	A <sub>41</sub> ~A <sub>48</sub>	0.504	0.533
11	A <sub>49</sub> ~A <sub>52</sub>	0.100	0.010
12	A <sub>53</sub> ~A <sub>54</sub>	0.101	0.167
13	A <sub>55</sub> ~A <sub>58</sub>	0.156	0.161
14	A <sub>59</sub> ~A <sub>66</sub>	0.547	0.542
15	A <sub>67</sub> ~A <sub>70</sub>	0.442	0.478
16	A <sub>71</sub> ~A <sub>72</sub>	0.590	0.551

**Çizelge 6.32** 72 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları

Düğüm No.	Yükleme Durumu 1			Yükleme Durumu 2		
	P <sub>X</sub>	P <sub>Y</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>X</sub>	P <sub>Y</sub>	P <sub>Z</sub>
17	5.0	5.0	-5.0	*	*	*
17,18,19,20	*	*	*	0.0	0.0	-5.0

Not: Tüm yüklemeler kips olarak birimlendirilmiştir. \*Tanımlı değil

**Çizelge 6.33** Örnek 19 kesit tipi 1-yükleme durumu 1 için sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,047996	0,047996	0,017490	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,049119	0,038807	-0,005285	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,045585	0,045585	-0,023633	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,038807	0,049119	-0,005285	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,115920	0,115920	0,031035	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,101954	0,086581	-0,011762	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,097569	0,097569	-0,047604	0,000000	0,000000	0,000000
12)	0,086581	0,101954	-0,011762	0,000000	0,000000	0,000000
13)	0,160456	0,160456	0,025485	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,201642	0,147410	-0,024711	0,000000	0,000000	0,000000

15)	0,149759	0,149759	-0,077613	0,000000	0,000000	0,000000
16)	0,147410	0,201642	-0,024711	0,000000	0,000000	0,000000
17)	0,250546	0,250546	-0,074342	0,000000	0,000000	0,000000
18)	0,214245	0,202216	-0,025746	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,214349	0,214349	-0,108826	0,000000	0,000000	0,000000
20)	0,202216	0,214245	-0,025746	0,000000	0,000000	0,000000

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	-5,217978	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	5,217978	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(2)	1,576684	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-1,576684	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	7,050468	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-7,050468	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(4)	1,576684	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-1,576684	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(2)	1,363319	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-1,363319	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(1)	-1,614299	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	1,614299	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(2)	-1,172881	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	1,172881	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	1,439671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-1,439671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(3)	1,439671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-1,439671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(4)	-1,172881	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	1,172881	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(1)	-1,614299	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	1,614299	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(4)	1,363319	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-1,363319	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(5)	-0,009360	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,009360	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(6)	-0,056482	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,056482	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(8)	-0,056482	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,056482	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(5)	-0,009360	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,009360	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

17	i(6)	-0,085939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,085939	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(5)	0,020097	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-0,020097	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(5)	-2,774347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	2,774347	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(6)	1,326804	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-1,326804	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(7)	4,910084	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-4,910084	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(8)	1,326804	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-1,326804	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(6)	1,692704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-1,692704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(5)	-1,368743	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	1,368743	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(6)	-1,308582	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	1,308582	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26	i(7)	1,220141	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-1,220141	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27	i(7)	1,220141	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-1,220141	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28	i(8)	-1,308582	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	1,308582	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29	i(5)	-1,368743	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	1,368743	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30	i(8)	1,692704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-1,692704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31	i(9)	0,116382	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-0,116382	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32	i(10)	-0,091566	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	0,091566	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33	i(12)	-0,091566	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	0,091566	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34	i(9)	0,116382	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-0,116382	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35	i(10)	-0,128109	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	0,128109	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36	i(9)	0,152925	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,152925	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37	i(9)	0,478170	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-0,478170	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38	i(10)	1,115711	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(14)	-1,115711	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39	i(11)	2,585791	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-2,585791	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40	i(12)	1,115711	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-1,115711	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41	i(10)	1,339903	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-1,339903	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42	i(9)	-1,943721	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	1,943721	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43	i(10)	-1,016489	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	1,016489	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44	i(11)	1,290057	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-1,290057	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45	i(11)	1,290057	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-1,290057	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46	i(12)	-1,016489	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	1,016489	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47	i(9)	-1,943721	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	1,943721	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48	i(12)	1,339903	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-1,339903	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49	i(13)	-0,343212	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	0,343212	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
50	i(14)	-0,019574	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	0,019574	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
51	i(16)	-0,019574	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	0,019574	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
52	i(13)	-0,343212	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,343212	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
53	i(14)	-0,456448	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,456448	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
54	i(13)	0,090034	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-0,090034	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
55	i(13)	2,595513	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-2,595513	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
56	i(14)	0,026906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-0,026906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
57	i(15)	0,811530	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-0,811530	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
58	i(16)	0,026906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-0,026906	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
59	i(14)	2,688298	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-2,688298	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



60	i(13)	-1,027359	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	1,027359	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
61	i(14)	-0,907318	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	0,907318	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
62	i(15)	0,967195	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-0,967195	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
63	i(15)	0,967195	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-0,967195	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
64	i(16)	-0,907318	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	0,907318	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
65	i(13)	-1,027359	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	1,027359	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
66	i(16)	2,688298	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-2,688298	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
67	i(17)	1,337089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-1,337089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
68	i(18)	-0,446894	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	0,446894	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
69	i(20)	-0,446894	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	0,446894	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
70	i(17)	1,337089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-1,337089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
71	i(18)	-0,591412	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	0,591412	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
72	i(17)	1,779681	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-1,779681	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çizelge 6.34 Örnek 19 kesit tipi 1-yüklem durumu 2 için sonuç çıktıları**

**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	-0,006766	-0,006766	-0,016600	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,006766	-0,006766	-0,016600	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,006766	0,006766	-0,016600	0,000000	0,000000	0,000000
8)	-0,006766	0,006766	-0,016600	0,000000	0,000000	0,000000
9)	-0,000432	-0,000432	-0,040303	0,000000	0,000000	0,000000

10)	0,000432	-0,000432	-0,040303	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,000432	0,000432	-0,040303	0,000000	0,000000	0,000000
12)	-0,000432	0,000432	-0,040303	0,000000	0,000000	0,000000
13)	-0,033760	-0,033760	-0,099868	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,033760	-0,033760	-0,099868	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,033760	0,033760	-0,099868	0,000000	0,000000	0,000000
16)	-0,033760	0,033760	-0,099868	0,000000	0,000000	0,000000
17)	-0,007661	-0,007661	-0,249981	0,000000	0,000000	0,000000
18)	0,007661	-0,007661	-0,249981	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,007661	0,007661	-0,249981	0,000000	0,000000	0,000000
20)	-0,007661	0,007661	-0,249981	0,000000	0,000000	0,000000

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	4,952339	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-4,952339	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(2)	4,952339	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-4,952339	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	4,952339	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-4,952339	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(4)	4,952339	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-4,952339	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(2)	0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(1)	0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(2)	0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(3)	0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(4)	0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(1)	0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(4)	0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-0,053287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(5)	-0,112764	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,112764	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(6)	-0,112764	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



36	i(9)	-0,007206	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	0,007206	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37	i(9)	5,132538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-5,132538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38	i(10)	5,132538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-5,132538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39	i(11)	5,132538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-5,132538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40	i(12)	5,132538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-5,132538	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41	i(10)	-0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42	i(9)	-0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43	i(10)	-0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44	i(11)	-0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45	i(11)	-0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46	i(12)	-0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47	i(9)	-0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48	i(12)	-0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	0,148182	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49	i(13)	-0,562674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	0,562674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
50	i(14)	-0,562674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	0,562674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
51	i(16)	-0,562674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	0,562674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
52	i(13)	-0,562674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,562674	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
53	i(14)	-0,568301	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,568301	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
54	i(13)	-0,568301	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	0,568301	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
55	i(13)	3,902938	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-3,902938	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
56	i(14)	3,902938	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-3,902938	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
57	i(15)	3,902938	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



5)	0,047856	0,047856	0,015560	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,058328	0,041024	-0,004947	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,045690	0,045690	-0,021578	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,041024	0,058328	-0,004947	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,129149	0,129149	0,029182	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,098997	0,084230	-0,011014	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,102488	0,102488	-0,046177	0,000000	0,000000	0,000000
12)	0,084230	0,098997	-0,011014	0,000000	0,000000	0,000000
13)	0,151752	0,151752	0,023706	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,207894	0,152631	-0,023316	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,146985	0,146985	-0,075087	0,000000	0,000000	0,000000
16)	0,152631	0,207894	-0,023316	0,000000	0,000000	0,000000
17)	0,250230	0,250230	-0,078442	0,000000	0,000000	0,000000
18)	0,211941	0,199616	-0,027049	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,212784	0,212784	-0,100847	0,000000	0,000000	0,000000
20)	0,199616	0,211941	-0,027049	0,000000	0,000000	0,000000

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	-5,090866	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	5,090866	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(2)	1,618630	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-1,618630	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	7,059569	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-7,059569	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(4)	1,618630	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-1,618630	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(2)	1,285108	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-1,285108	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(1)	-1,791070	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	1,791070	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(2)	-1,119152	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	1,119152	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	1,394841	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-1,394841	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(3)	1,394841	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-1,394841	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(4)	-1,119152	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	1,119152	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
11	i(1)	-1,791070	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	1,791070	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

12	i(4)	1,285108	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-1,285108	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(5)	-0,008727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,008727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(6)	-0,003888	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,003888	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(8)	-0,003888	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,003888	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(5)	-0,008727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,008727	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(6)	-0,015862	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,015862	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(5)	0,001986	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-0,001986	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(5)	-2,799318	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	2,799318	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(6)	1,246708	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-1,246708	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(7)	5,055086	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-5,055086	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(8)	1,246708	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-1,246708	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(6)	1,813366	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-1,813366	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(5)	-1,276921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	1,276921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(6)	-1,377954	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	1,377954	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26	i(7)	1,121928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-1,121928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27	i(7)	1,121928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-1,121928	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28	i(8)	-1,377954	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	1,377954	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29	i(5)	-1,276921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	1,276921	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30	i(8)	1,813366	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-1,813366	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31	i(9)	0,027639	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-0,027639	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32	i(10)	-0,016736	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	0,016736	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
33	i(12)	-0,016736	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	k(11)	0,016736	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
34	i(9)	0,027639	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-0,027639	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
35	i(10)	-0,014767	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	0,014767	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
36	i(9)	0,026662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,026662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
37	i(9)	0,491023	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-0,491023	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
38	i(10)	1,103089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-1,103089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39	i(11)	2,592244	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-2,592244	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40	i(12)	1,103089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-1,103089	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41	i(10)	1,257693	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-1,257693	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42	i(9)	-1,865346	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	1,865346	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43	i(10)	-1,091543	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	1,091543	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44	i(11)	1,375588	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	-1,375588	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45	i(11)	1,375588	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	-1,375588	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46	i(12)	-1,091543	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	1,091543	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47	i(9)	-1,865346	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	1,865346	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48	i(12)	1,257693	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(13)	-1,257693	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49	i(13)	-0,046785	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(14)	0,046785	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
50	i(14)	0,004704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-0,004704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
51	i(16)	0,004704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-0,004704	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
52	i(13)	-0,046785	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,046785	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
53	i(14)	-0,769085	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(16)	0,769085	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
54	i(13)	0,066335	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	-0,066335	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000





3)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5)	-0,011586	-0,011586	-0,015614	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,011586	-0,011586	-0,015614	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,011586	0,011586	-0,015614	0,000000	0,000000	0,000000
8)	-0,011586	0,011586	-0,015614	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,004498	0,004498	-0,039250	0,000000	0,000000	0,000000
10)	-0,004498	0,004498	-0,039250	0,000000	0,000000	0,000000
11)	-0,004498	-0,004498	-0,039250	0,000000	0,000000	0,000000
12)	0,004498	-0,004498	-0,039250	0,000000	0,000000	0,000000
13)	-0,038206	-0,038206	-0,096767	0,000000	0,000000	0,000000
14)	0,038206	-0,038206	-0,096767	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,038206	0,038206	-0,096767	0,000000	0,000000	0,000000
16)	-0,038206	0,038206	-0,096767	0,000000	0,000000	0,000000
17)	-0,006728	-0,006728	-0,246844	0,000000	0,000000	0,000000
18)	0,006728	-0,006728	-0,246844	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,006728	0,006728	-0,246844	0,000000	0,000000	0,000000
20)	-0,006728	0,006728	-0,246844	0,000000	0,000000	0,000000

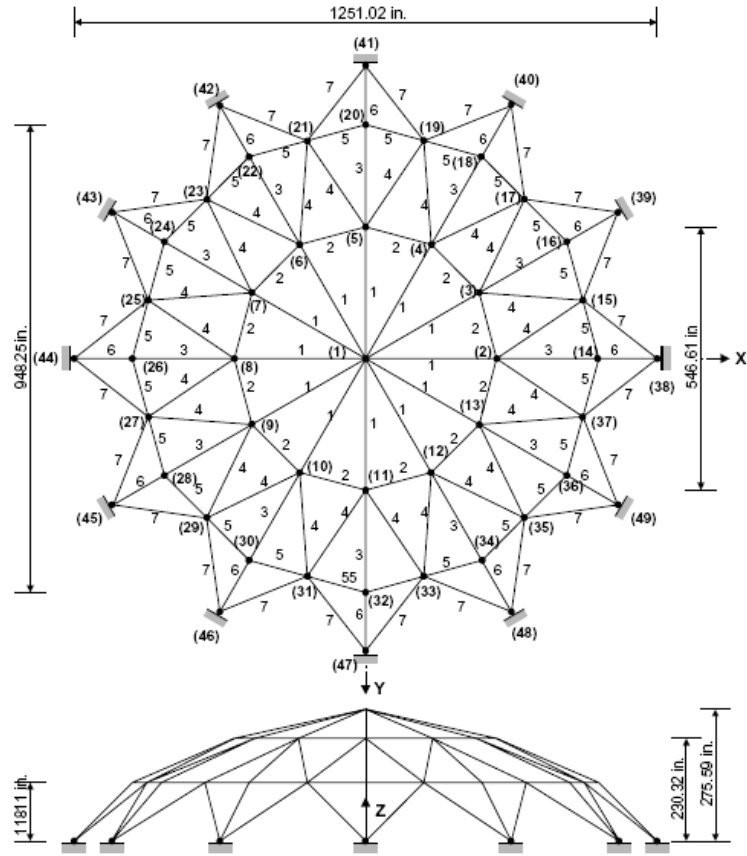
### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	5,108384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-5,108384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(2)	5,108384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	-5,108384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(3)	5,108384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	-5,108384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(4)	5,108384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	-5,108384	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	i(2)	-0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	i(1)	-0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	i(2)	-0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	i(3)	-0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	i(3)	-0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	i(4)	-0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

11	i(1)	-0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
12	i(4)	-0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	0,121177	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	i(5)	-0,019310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(6)	0,019310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	i(6)	-0,019310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,019310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	i(8)	-0,019310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,019310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	i(5)	-0,019310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,019310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	i(6)	-0,021241	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(8)	0,021241	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
18	i(5)	-0,021241	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(7)	0,021241	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	i(5)	4,857287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-4,857287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	i(6)	4,857287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-4,857287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	i(7)	4,857287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-4,857287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	i(8)	4,857287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-4,857287	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	i(6)	0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	i(5)	0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
25	i(6)	0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
26	i(7)	0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
27	i(7)	0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
28	i(8)	0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(11)	-0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
29	i(5)	0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(12)	-0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
30	i(8)	0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(9)	-0,159558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
31	i(9)	0,008246	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(10)	-0,008246	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
32	i(10)	0,008246	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



54	i(13)	-1,063397	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(15)	1,063397	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
55	i(13)	4,027069	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-4,027069	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
56	i(14)	4,027069	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-4,027069	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
57	i(15)	4,027069	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-4,027069	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
58	i(16)	4,027069	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-4,027069	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
59	i(14)	1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
60	i(13)	1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
61	i(14)	1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
62	i(15)	1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	-1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
63	i(15)	1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
64	i(16)	1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	-1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
65	i(13)	1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	-1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
66	i(16)	1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(17)	-1,087770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
67	i(17)	-0,536022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(18)	0,536022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
68	i(18)	-0,536022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	0,536022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
69	i(20)	-0,536022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	0,536022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
70	i(17)	-0,536022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	0,536022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
71	i(18)	-0,617883	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(20)	0,617883	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
72	i(17)	-0,617883	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(19)	0,617883	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Örnek 20:****Şekil 6.31 Örnek 20**

Şekil 6.31’ de global eksen takımı, çubuk numaraları, düğüm numaraları ve mesnet koşulları verilen kafes sistemin statik analizi yapılacaktır. Referansta [9] kesit tipi 2 için düğüm noktalarının yatay serbestlikleri  $\pm 0,1969$  in. olarak kısıtlandırılmıştır. Ayrıca çubuklarda çekme ve burkulma gerilme limitleri de bulunmaktadır. Çizelge 6.40 incelendiğinde deplasman kısıtlarına ulaşılmadığı anlaşılmaktadır. Çizelge 6.39-40 incelendiğinde tüm çubukların basınç kuvveti taşıdığı ve bu nedenle burkulma gerilme kısıtlamalarının çakışabileceği durumlar ile karşılaşılacağı anlaşılmaktadır. Ancak burkulma gerilme limitleri açık olarak referansta ifade edilmediği için bu limitlerin çakışıp çakışmadığı hususlarına girilmemiştir.

**Veriler:**

$E=30.450$  ksi (Elastisite Modülü)

Kesit alanları **Çizelge 6.37**’de verilmiştir.

Yükleme durumları **Çizelge 6.38**’de verilmiştir.

**Çizelge 6.37** 120 çubuklu kafes sistem kesit alanı numaraları ve kesit tipi alanı değerleri

Grup No.	Çubuk Kesit Alanı No.	Kesit tipi 1 Alanı(in. <sup>2</sup> )	Kesit tipi 2 Alanı(in. <sup>2</sup> )
1	A <sub>1</sub> ~A <sub>12</sub>	3.295	3.296
2	A <sub>13</sub> ~A <sub>24</sub>	2.396	2.789
3	A <sub>25</sub> ~A <sub>36</sub>	3.874	3.872
4	A <sub>37</sub> ~A <sub>60</sub>	2.571	2.570
5	A <sub>61</sub> ~A <sub>84</sub>	1.150	1.149
6	A <sub>85</sub> ~A <sub>96</sub>	3.331	3.331
7	A <sub>97</sub> ~A <sub>120</sub>	2.784	2.781

Not: Çubuk numaraları kesit grup numaralarına bağlı olarak (+) x yönünden başlayıp saat yönünün tersi yönünde sırayla numaralandırılmıştır.

**Çizelge 6.38** 120 çubuklu kafes sistem için yükleme durumları

Düğüm No.	Yükleme Durumu 1		
	P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>
1	0.0	0.0	-13.490
2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13	0.0	0.0	-6.744
14,15,16,17,18,.....,36,37	0.0	0.0	-2.248

Not: Tüm yüklemeler kips olarak birimlendirilmiştir.

**Çizelge 6.39** Örnek 20 kesit tipi 1-yükleme durumu 1 için sonuç çıktıları**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,040975	0,000000	0,000000	0,000000
2)	-0,049866	0,000000	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
3)	-0,043185	-0,024933	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
4)	-0,024933	-0,043185	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000000	-0,049866	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,024933	-0,043185	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,043185	-0,024933	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,049866	0,000000	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,043185	0,024933	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,024933	0,043185	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,000000	0,049866	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
12)	-0,024933	0,043185	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
13)	-0,043185	0,024933	-0,143838	0,000000	0,000000	0,000000
14)	-0,046180	0,000000	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,013502	0,003618	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
16)	-0,039993	-0,023090	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
17)	0,009884	0,009884	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
18)	-0,023090	-0,039993	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,003618	0,013502	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000

20)	0,000000	-0,046180	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
21)	-0,003618	0,013502	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
22)	0,023090	-0,039993	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
23)	-0,009884	0,009884	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
24)	0,039993	-0,023090	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
25)	-0,013502	0,003618	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
26)	0,046180	0,000000	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
27)	-0,013502	-0,003618	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
28)	0,039993	0,023090	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
29)	-0,009884	-0,009884	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
30)	0,023090	0,039993	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
31)	-0,003618	-0,013502	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
32)	0,000000	0,046180	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
33)	0,003618	-0,013502	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
34)	-0,023090	0,039993	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
35)	0,009884	-0,009884	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
36)	-0,039993	0,023090	-0,095758	0,000000	0,000000	0,000000
37)	0,013502	-0,003618	-0,013751	0,000000	0,000000	0,000000
38)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(1)	6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(1)	6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(1)	6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000













	k(46)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
113	i(46)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
114	i(31)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
115	i(47)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
116	i(33)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(48)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
117	i(48)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
118	i(35)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
119	i(49)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
120	i(37)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(38)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

**Çizelge 6.40** Örnek 20 kesit tipi 2-yüklenme durumu 1 için sonuç çıktıları

**Düğüm Noktası Deplasmanları**

D.No	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
	in	in	in	Rad.	Rad.	Rad.
1)	0,000000	0,000000	0,010742	0,000000	0,000000	0,000000
2)	-0,042839	0,000000	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
3)	-0,037100	-0,021419	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
4)	-0,021419	-0,037100	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
5)	0,000000	-0,042839	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
6)	0,021419	-0,037100	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
7)	0,037100	-0,021419	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
8)	0,042839	0,000000	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
9)	0,037100	0,021419	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
10)	0,021419	0,037100	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
11)	0,000000	0,042839	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
12)	-0,021419	0,037100	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
13)	-0,037100	0,021419	-0,131685	0,000000	0,000000	0,000000
14)	-0,045391	0,000000	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
15)	0,012713	0,003406	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
16)	-0,039310	-0,022696	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
17)	0,009307	0,009307	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
18)	-0,022696	-0,039310	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
19)	0,003406	0,012713	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000

20)	0,000000	-0,045391	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
21)	-0,003406	0,012713	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
22)	0,022696	-0,039310	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
23)	-0,009307	0,009307	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
24)	0,039310	-0,022696	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
25)	-0,012713	0,003406	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
26)	0,045391	0,000000	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
27)	-0,012713	-0,003406	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
28)	0,039310	0,022696	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
29)	-0,009307	-0,009307	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
30)	0,022696	0,039310	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
31)	-0,003406	-0,012713	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
32)	0,000000	0,045391	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
33)	0,003406	-0,012713	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
34)	-0,022696	0,039310	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
35)	0,009307	-0,009307	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
36)	-0,039310	0,022696	-0,094748	0,000000	0,000000	0,000000
37)	0,012713	-0,003406	-0,014682	0,000000	0,000000	0,000000
38)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
39)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
41)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
42)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
43)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
44)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
45)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
46)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
47)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
48)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
49)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

### Çubuk Ucu Kuvvetleri

Ç.No	i-k	Nx	Sy	Sz	Tx	My	Mz
		kip	kip	kip	kip-in	kip-in	kip-in
1	i(1)	6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(2)	-6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	i(1)	6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(3)	-6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	i(1)	6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(4)	-6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	i(1)	6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(5)	-6,879316	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000













	k(46)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
113	i(46)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(31)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
114	i(31)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(47)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
115	i(47)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(33)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
116	i(33)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(48)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
117	i(48)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(35)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
118	i(35)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(49)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
119	i(49)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(37)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
120	i(37)	5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	k(38)	-5,112443	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

## 7.SONUÇ

Bu çalışmada deplasman metodu prensiplerine göre bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen bu programa (ÇERSİSPRO v.1.0) ismi verilmiştir. Geliştirilen bu program yardımıyla üç boyutlu çerçeve sistemlerin düğüm noktalarında oluşan deplasmanlar ve buna bağlı olarak yapıdaki çubukların uçlarındaki, çubuk ucu kuvvetleri hesaplanmaktadır. Günümüzde popüler bir paket program olan SAP2000 (Structural Analysis Programming) ile geliştirilen programın sonuçları karşılaştırılmıştır ve bire bir örtüştüğü görülmüştür. Bu çalışmada konu ile ilgili iki ve üç boyutlu örnekler ele alınmış ve geliştirilen bilgisayar programı ile analizleri yapılmıştır. Örneklerden de görüleceği üzere geliştirilen bu program ile düğüm noktası dönme serbestliklerinin ve atalet momentlerinin sıfır kabul edilmesiyle kafes sistemleri de analiz edilebilmektedir.

Bilgisayar kapasitelerinin ve hızlarının artmasıyla üç boyutlu çerçeve sistemlerinin üç boyutlu analizleri daha kolay hale gelmiştir. Bu nedenle üç boyutlu çerçeve analiz sonuçlarına göre tasarım yapılmasının standartlarda önemle vurgulanacağı dönemlerin yakın olduğu düşünülmektedir. Bu açıdan bakıldığında bu çalışmada ele alınan üç boyutlu çerçeve analizi konusunun önemi ortaya çıkmaktadır.

**KAYNAKLAR DİZİNİ**

- [1] Andersen, P. and Nordby, G.M., "Introduction to Structural Mechanics", The Ronald Press Company, New York, 1960, p.225
- [2] Arbabi, F., "Structural Analysis and Behavior", McGraw-Hill, International Edition 1991,502 p.Pr.17.5, p.502 Pr.17.7, p.539 Pr.18.12, p.540 Pr.18.13, p.540 Pr.18.14, p. 504 Pr. 17.12, p.504 Pr.17.11.
- [3] Coates, R.C., Coutie, M.G., and Kong, F.K., "Structural Analysis", Van Nostrand Reinhold Co. Ltd., Singapore, 1987, p.102 Pr.3.10
- [4] Çakıroğlu, A., Özden, E. ve Özmen, G., "Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metotları ve Elektronik Hesap Makinesi Programları", İTÜ yayını, 1974, s.172
- [5] Doran, B., Alacalı, S.N., Oral, K. ve Kesim, B., "Yapı Mühendisliğinde Bilgisayar Uygulamaları", İstanbul, 2002, s.1,2,11
- [6] Fleming, J.F. , "Computer Analysis of Structural Systems", McGraw – Hill,1989, p.3-21
- [7] İrtem, E., Türker, K. ve Hasgöl, U., "SAP 2000 için 3 Katlı Çerçeve Analizi Çalışması", Balıkesir Üniversitesi M.M.F. İnş. Müh. Bölümü Yapı Anabilim dalı., 2002.
- [8] Jenkins, W. M., "Structural Analysis Using Computers", Longman, 1990, p.313
- [9] Lee, K.S. and Geem, Z.W., "A New Structural Optimization Method Based On The Harmony Search Algorithm", Computers and Structures, 2004, p.786-797
- [10]Özmen, G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K., "Örneklerle SAP2000 V8", Birsen Y.evi, İstanbul, 2004, s.175
- [11]Timoshenko, S.P. and Young, D.H., "Statically Determinate Space Structures", Koga Kusha Company Ltd. Tokyo, 1965, p.187, p.208
- [12]Utku, Ş., Wilbur, J.B. and Norris, C.H., "Elementary Structural Analysis", McGraw – Hill, 1991, p.12-28

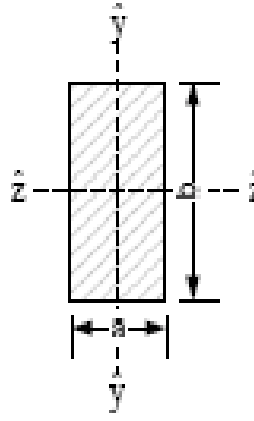




Ek.3.

Çeşitli Kesit Tipleri İçin Kesit Sabitlerinin Hesaplanmasıyla İlgili Formülasyonlar

1)Kiriş veya Kolon Dikdörtgen Kesit:



$$A = ab$$

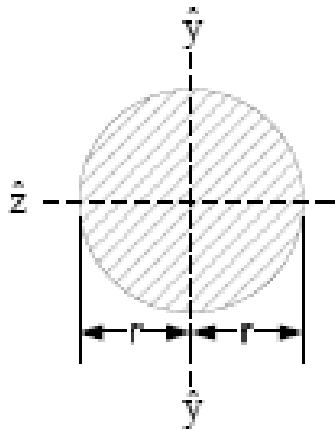
$$a \leq b \text{ ise: } J = I_z = \frac{ba^3}{3} \left( 1 - 0.63 \frac{a}{b} + 0.0525 \frac{a^5}{b^5} \right)$$

$$b \leq a \text{ ise: } J = I_x = \frac{ab^3}{3} \left( 1 - 0.63 \frac{b}{a} + 0.0525 \frac{b^5}{a^5} \right)$$

$$I_y = \frac{1}{12} ba^3$$

$$I_z = \frac{1}{12} ab^3$$

2)Daire Kolon Kesit:



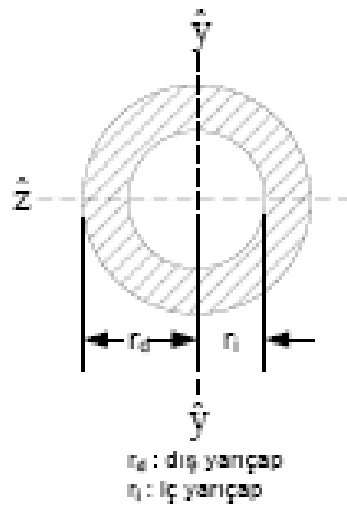
$$A = \pi r^2$$

$$J = I_z = \frac{1}{2} \pi r^4$$

$$I_y = \frac{1}{4} \pi r^4$$

$$I_z = \frac{1}{4} \pi r^4$$

3)Kalın Cidarlı Halka Kolon Kesit:



$$A = \pi(r_d^2 - r_i^2)$$

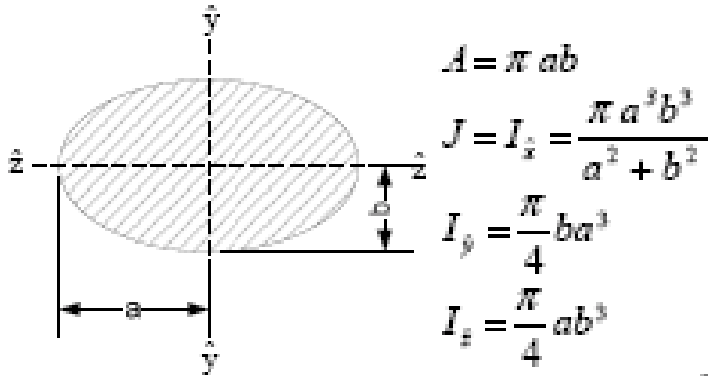
$$J = I_z = \frac{1}{2} \pi(r_d^4 - r_i^4)$$

$$I_y = \frac{1}{4} \pi(r_d^4 - r_i^4)$$

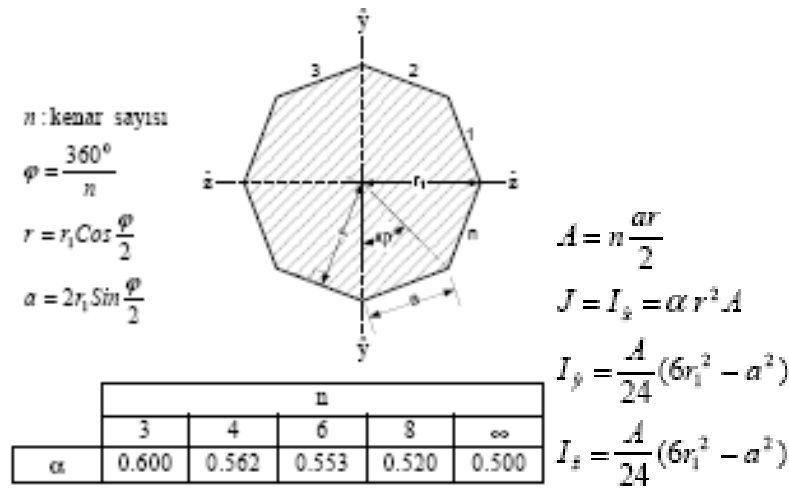
$$I_z = \frac{1}{4} \pi(r_d^4 - r_i^4)$$

$r_d$  : dış yarıçap  
 $r_i$  : iç yarıçap

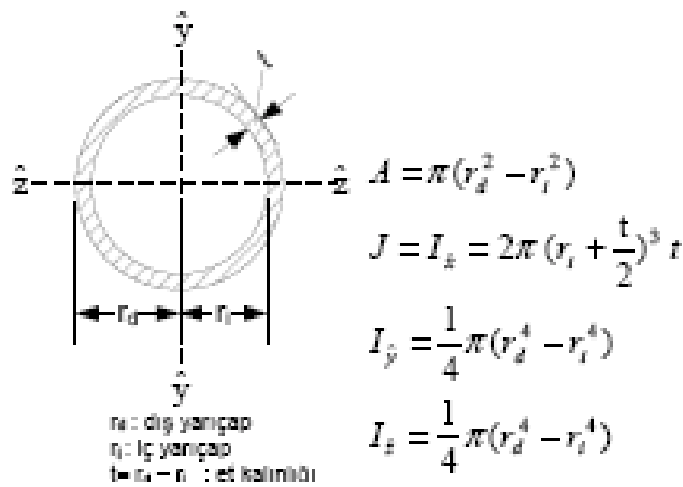
## 4)Elips Kolon Kesit:



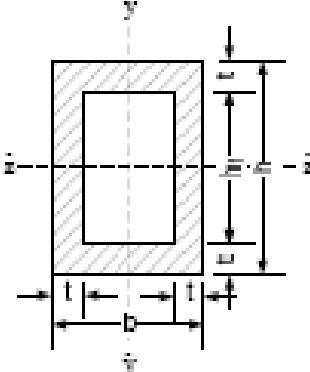
## 5)Düzgün Çokgen Kolon Kesit:



## 6)İnce Cidarlı Boru veya Perde Halka Kesit:



7) İnce Cidarlı Çelik Profil veya Betonarme Perde Kutu (Tüp) Kesit:



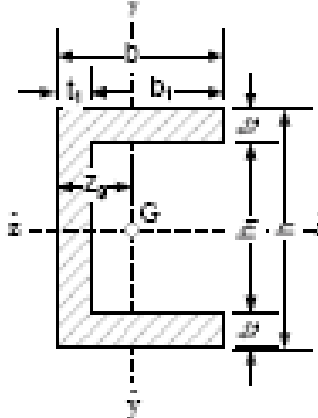
$$A = 2bt + 2h_1t$$

$$J = I_z = \frac{2(b-t)^2(h-t)^2t}{(b-t) + (h-t)}$$

$$I_{\bar{y}} = \frac{1}{12}(hb^3 - h_1(b-2t)^3)$$

$$I_{\bar{z}} = \frac{1}{12}(bh^3 - (b-2t)h_1^3)$$

8) İnce Cidarlı Çelik Profil veya Betonarme Perde "C" Kesit:



$$A = 2bt_2 + h_1t_1$$

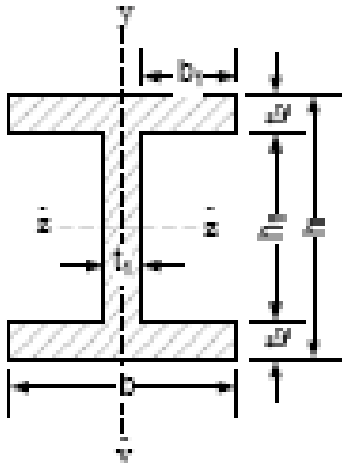
$$J = I_z = \frac{\alpha}{3}(h_1t_1^3 + 2bt_2^3)$$

$$I_{\bar{y}} = \frac{1}{12}h_1t_1^3 + t_1h_1(z_g - \frac{t_1}{2})^2 + 2[\frac{t_2b^3}{12} + bt_2(\frac{b}{2} - z_g)^2]$$

$$I_{\bar{z}} = \frac{1}{12}(bh^3 - b_1h_1^3)$$

$$z_g = \frac{h_1t_1^2 + 2t_2b^2}{2(h_1t_1 + 2t_2b)}$$

9) İnce Cidarlı Çelik Profil veya Betonarme Perde "I" Kesit:



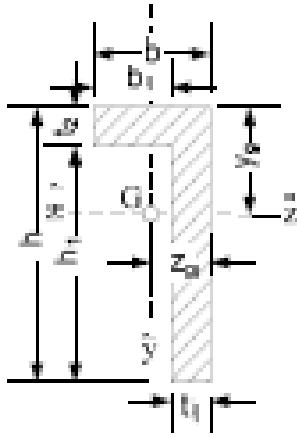
$$A = 2bt_2 + h_1t_1$$

$$J = I_z = \frac{\alpha}{3}(2bt_2^3 + h_1t_1^3)$$

$$I_{\bar{y}} = \frac{1}{12}(h_1t_1^3 + 2t_2b^3)$$

$$I_{\bar{z}} = \frac{1}{12}(bh^3 - 2b_1h_1^3)$$

10) İnce Cidarlı Çelik Profil veya Betonarme Perde “L” Kesit:



$$A = h_1 t_1 + b t_2$$

$$J = I_z = \frac{1}{3} (h_1 t_1^3 + b t_2^3)$$

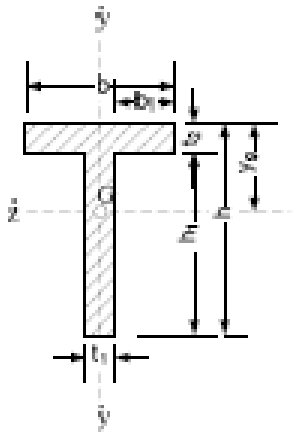
$$I_y = \frac{1}{12} h t_1^3 + h t_1 (z_g - \frac{t_1}{2})^2 + \frac{1}{12} t_2 b_1^3 + t_2 b_1 (t_1 + \frac{b_1}{2} - z_g)^2$$

$$I_z = \frac{1}{12} (t_1 h^3 + t_1 h (\frac{h}{2} - y_g)^2) + \frac{1}{12} b_1 t_2^3 + t_2 b_1 (y_g - \frac{t_2}{2})^2$$

$$y_g = \frac{t_1 h^2 + b_1 t_2^2}{2(t_1 h + b_1 t_2)}$$

$$z_g = \frac{h t_1^2 + b_1 t_2 (2 t_1 + b_1)}{2(t_1 h + b_1 t_2)}$$

11) İnce Cidarlı Çelik Profil veya Betonarme Perde “T” Kesit:



$$A = h_1 t_1 + b t_2$$

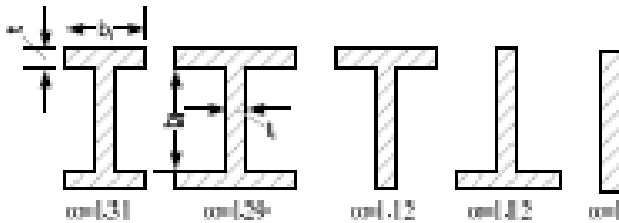
$$J = I_z = \frac{\alpha}{3} (h_1 t_1^3 + b t_2^3)$$

$$I_y = \frac{1}{12} (t_2 b^3 + h_1 t_1^3)$$

$$I_z = \frac{1}{12} t_1 h^3 + t_1 h (\frac{h}{2} - y_g)^2 + 2 [\frac{1}{12} b_1 t_2^3 + b_1 t_2 (y_g - \frac{t_2}{2})^2]$$

$$y_g = \frac{t_1 h^2 + 2 b_1 t_2^2}{2(t_1 h + 2 t_2 b_1)}$$

12) İnce Cidarlı Kesitler: (Çelik profiller, betonarme perdeler)



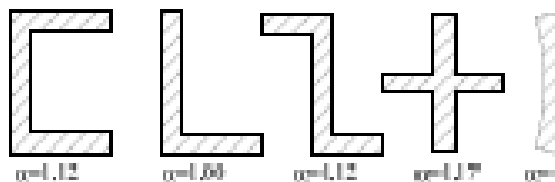
$A = \text{her kesitte farklı}$

$$J = I_z = \frac{\alpha}{3} \sum_{i=1}^n b_i t_i^3$$

$I_y = \text{her kesitte farklı}$

$I_z = \text{her kesitte farklı}$

$k = \text{her kesitte farklı}$



*n*:Et kalınlığı  $t_i$  ve uzunluğu  $b_i$  olan parça sayısı

*Parçaların uzunluğu yay şeklinde olabilir. Bu durumda  $b_i$  yay uzunluğudur.*

*$I_y$  ve  $I_z$  değerleri profiller için profil tablolarından alınır, betonarme perdeler için bilinen bir yolla (Steiner Formülü) hesaplanır.*

*Çelik profiller için “ $\alpha$ ” şekillerde gösterilen değer alınır.  $\alpha$  katsayısının etkisi fazla değildir. Burada verilmeyen kesitlerde  $\alpha=1$  alınabilir. Betonarme kesitler için  $\alpha=1$  dir.  $t_i/b_i < 1/10$  durumunda kesit ince cidarlı kabul edilebilir.*

**Ek.2.**

$(\bar{s})$ , **Matrisi**

$$\left\{ \left\{ \frac{AE (Cy1 Cy4 Cz2 Cz5 + Cz2 Cz5 Sy1 Sy4 + Sz2 Sz5)}{L}, \frac{AE (Cy1 Cz2 Sx6 Sy4 + Cx6 Cz5 Sz2 - Cx6 Cz2 Sy1 Sy4 Sz5 - Cy4 Cz2 (Sx6 Sy1 + Cx6 Cy1 Sz5))}{L}, \right. \right.$$

$$\frac{AE (-Cx6 Cy4 Cz2 Sy1 + Cx6 Cy1 Cz2 Sy4 - Cz5 Sx6 Sz2 + Cy1 Cy4 Cz2 Sx6 Sz5 + Cz2 Sx6 Sy1 Sy4 Sz5)}{L}, 0, 0, 0,$$

$$\frac{AE (Cy1 Cy7 Cz2 Cz8 + Cz2 Cz8 Sy1 Sy7 + Sz2 Sz8)}{L}, \frac{AE (-Cy1 Cz2 Sx9 Sy7 - Cx9 Cz8 Sz2 + Cx9 Cz2 Sy1 Sy7 Sz8 + Cy7 Cz2 (Sx9 Sy1 + Cx9 Cy1 Sz8))}{L},$$

$$\frac{AE (Cx9 Cz2 (Cy7 Sy1 - Cy1 Sy7) + Sx9 (Cz8 Sz2 - Cz2 (Cy1 Cy7 + Sy1 Sy7) Sz8))}{L}, 0, 0, 0 \left. \right\},$$

$$\left\{ \frac{12 (Cy4 Cz5 (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) - Cz5 Sy4 (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) + Cx3 Cz2 Sz5) EI_{ss}}{L^3}, \right.$$

$$\frac{12 (Cx3 Cx6 Cz2 Cz5 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^3},$$

$$\frac{12 (-Cx3 Cz2 Cz5 Sx6 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^3},$$

$$\frac{6 (Cx3 Cz5 (Cy4 Sy1 - Cy1 Sy4) + Sx3 (Cy1 Cy4 Cz5 Sz2 + Cz5 Sy1 Sy4 Sz2 - Cz2 Sz5)) EI_{ss}}{L^2},$$

$$\frac{6 (-Cx6 Cz2 Cz5 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^2},$$

$$\frac{6 (Cz2 Cz5 Sx3 Sx6 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^2},$$

$$\frac{12 (Cy1 Cz8 Sx3 Sy7 + Cx3 Cz8 Sy1 Sy7 Sz2 + Cy7 Cz8 (-Sx3 Sy1 + Cx3 Cy1 Sz2) - Cx3 Cz2 Sz8) EI_{ss}}{L^3},$$

$$\frac{12 (Cx3 Cx9 Cz2 Cz8 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^3},$$

$$\frac{12 (-Cx3 Cz2 Cz8 Sx9 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^3},$$

$$\frac{6 (Cx3 Cz8 (Cy7 Sy1 - Cy1 Sy7) + Sx3 (Cy1 Cy7 Cz8 Sz2 + Cz8 Sy1 Sy7 Sz2 - Cz2 Sz8)) EI_{ss}}{L^2},$$

$$\frac{6 (-Cx9 Cz2 Cz8 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^2},$$

$$\frac{6 (Cz2 Cz8 Sx3 Sx9 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^2},$$

$$\left. \left\{ \frac{12 (Cx3 Cz5 (Cy4 Sy1 - Cy1 Sy4) + Sx3 (Cy1 Cy4 Cz5 Sz2 + Cz5 Sy1 Sy4 Sz2 - Cz2 Sz5)) EI_{yy}}{L^3}, \right. \right.$$

$$\begin{aligned}
& \frac{12 (-Cx6 Cz2 Cz5 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{12 (Cz2 Cz5 Sx3 Sx6 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{6 (Cy1 Cz5 Sx3 Sy4 + Cx3 Cz5 Sy1 Sy4 Sz2 + Cy4 Cz5 (-Sx3 Sy1 + Cx3 Cy1 Sz2) - Cx3 Cz2 Sz5) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{6 (Cx3 Cx6 Cz2 Cz5 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{6 (-Cx3 Cz2 Cz5 Sx6 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{12 (Cx3 Cz8 (Cy7 Sy1 - Cy1 Sy7) + Sx3 (Cy1 Cy7 Cz8 Sz2 + Cz8 Sy1 Sy7 Sz2 - Cz2 Sz8)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{12 (-Cx9 Cz2 Cz8 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{12 (Cz2 Cz8 Sx3 Sx9 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{6 (Cy1 Cz8 Sx3 Sy7 + Cx3 Cz8 Sy1 Sy7 Sz2 + Cy7 Cz8 (-Sx3 Sy1 + Cx3 Cy1 Sz2) - Cx3 Cz2 Sz8) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{6 (Cx3 Cx9 Cz2 Cz8 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{6 (-Cx3 Cz2 Cz8 Sx9 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^2}, \{0, 0, 0, \\
& \frac{6J (Cy1 Cy4 Cz2 Cz5 + Cz2 Cz5 Sy1 Sy4 + Sz2 Sz5)}{L}, \frac{6J (Cy1 Cz2 Sx6 Sy4 + Cx6 Cz5 Sz2 - Cx6 Cz2 Sy1 Sy4 Sz5 - Cy4 Cz2 (Sx6 Sy1 + Cx6 Cy1 Sz5))}{L}, \\
& \frac{6J (-Cx6 Cy4 Cz2 Sy1 + Cx6 Cy1 Cz2 Sy4 - Cz5 Sx6 Sz2 + Cy1 Cy4 Cz2 Sx6 Sz5 + Cz2 Sx6 Sy1 Sy4 Sz5)}{L}, \frac{6J (-Cx9 Cz2 Cz8 Sx9 Sy7 + Sz2 Sz8)}{L}, \frac{6J (-Cy1 Cz2 Sx9 Sy7 - Cx9 Cz8 Sz2 + Cx9 Cz2 Sy1 Sy7 Sz8 + Cy7 Cz2 (Sx9 Sy1 + Cx9 Cy1 Sz8))}{L}, \\
& \frac{6J (Cx9 Cz2 (Cy7 Sy1 - Cy1 Sy7) + Sx9 (Cz8 Sz2 - Cz2 (Cy1 Cy7 + Sy1 Sy7) Sz8))}{L}, \\
& \left\{ \frac{6 (Cx3 Cz5 (Cy4 Sy1 - Cy1 Sy4) + Sx3 (Cy1 Cy4 Cz5 Sz2 + Cz5 Sy1 Sy4 Sz2 - Cz2 Sz5)) EI_{yy}}{L^2}, \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{6 (-Cx6 Cz2 Cz5 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{6 (Cz2 Cz5 Sx3 Sx6 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{4 (Cy4 Cz5 (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) - Cz5 Sy4 (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) + Cx3 Cz2 Sz5) EI_{yy}}{L}, \\
& \frac{4 (Cx3 Cx6 Cz2 Cz5 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L}, \\
& \frac{4 (-Cx3 Cz2 Cz5 Sx6 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L}, \\
& \frac{6 (Cx3 Cz8 (Cy7 Sy1 - Cy1 Sy7) + Sx3 (Cy1 Cy7 Cz8 Sz2 + Cz8 Sy1 Sy7 Sz2 - Cz2 Sz8)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{6 (-Cx9 Cz2 Cz8 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{6 (Cz2 Cz8 Sx3 Sx9 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{2 (Cy7 Cz8 (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) - Cz8 Sy7 (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) + Cx3 Cz2 Sz8) EI_{yy}}{L}, \\
& \frac{2 (Cx3 Cx9 Cz2 Cz8 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L}, \\
& \frac{2 (-Cx3 Cz2 Cz8 Sx9 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L}, \\
& \left\{ \frac{6 (Cy4 Cz5 (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) - Cz5 Sy4 (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) + Cx3 Cz2 Sz5) EI_{ss}}{L^2}, \right. \\
& \frac{6 (Cx3 Cx6 Cz2 Cz5 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{6 (-Cx3 Cz2 Cz5 Sx6 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \left. \frac{4 (Cx3 Cz5 (Cy4 Sy1 - Cy1 Sy4) + Sx3 (Cy1 Cy4 Cz5 Sz2 + Cz5 Sy1 Sy4 Sz2 - Cz2 Sz5)) EI_{ss}}{L}, \right. \\
& \frac{4 (-Cx6 Cz2 Cz5 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L}, \\
& \left. \frac{4 (Cz2 Cz5 Sx3 Sx6 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L}, \right.
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& \frac{6 (Cyl Cz8 Sx3 Sy7 + Cx3 Cz8 Syl Sy7 Sz2 + Cy7 Cz8 (-Sx3 Syl + Cx3 Cyl Sz2) - Cx3 Cz2 Sz8) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{6 (Cx3 Cx9 Cz2 Cz8 + (Sx3 Syl - Cx3 Cyl Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cyl Sx3 + Cx3 Syl Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{6 (-Cx3 Cz2 Cz8 Sx9 + (Sx3 Syl - Cx3 Cyl Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cyl Sx3 + Cx3 Syl Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{2 (Cx3 Cz8 (Cy7 Syl - Cyl Sy7) + Sx3 (Cyl Cy7 Cz8 Sz2 + Cz8 Syl Sy7 Sz2 - Cz2 Sz8)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{2 (-Cx9 Cz2 Cz8 Sx3 + (Cx3 Syl + Cyl Sx3 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cx3 Cyl - Sx3 Syl Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L}, \\
& \frac{2 (Cz2 Cz8 Sx3 Sx9 + (Cx3 Syl + Cyl Sx3 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cx3 Cyl - Sx3 Syl Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L}, \\
& \left\{ \frac{AE (Cyl Cy4 Cz2 Cz5 + Cz2 Cz5 Syl Sy4 + Sz2 Sz5)}{L}, \frac{AE (-Cyl Cz2 Sx6 Sy4 - Cx6 Cz5 Sz2 + Cx6 Cz2 Syl Sy4 Sz5 + Cy4 Cz2 (Sx6 Syl + Cx6 Cyl Sz5))}{L}, \right. \\
& \frac{AE (Cx6 Cz2 (Cy4 Syl - Cyl Sy4) + Sx6 (Cz5 Sz2 - Cz2 (Cyl Cy4 + Syl Sy4) Sz5))}{L}, 0, 0, 0, \frac{AE (Cyl Cy7 Cz2 Cz8 + Cz2 Cz8 Syl Sy7 + Sz2 Sz8)}{L}, \\
& \frac{AE (Cyl Cz2 Sx9 Sy7 + Cx9 Cz8 Sz2 - Cx9 Cz2 Syl Sy7 Sz8 - Cy7 Cz2 (Sx9 Syl + Cx9 Cyl Sz8))}{L}, \\
& \frac{AE (-Cx9 Cy7 Cz2 Syl + Cx9 Cyl Cz2 Sy7 - Cz8 Sx9 Sz2 + Cyl Cy7 Cz2 Sx9 Sz8 + Cz2 Sx9 Syl Sy7 Sz8)}{L}, 0, 0, 0 \left. \right\}, \\
& \left\{ \frac{12 (Cyl Cz5 Sx3 Sy4 + Cx3 Cz5 Syl Sy4 Sz2 + Cy4 Cz5 (-Sx3 Syl + Cx3 Cyl Sz2) - Cx3 Cz2 Sz5) EI_{ss}}{L^3}, \right. \\
& \frac{12 (Cx3 Cx6 Cz2 Cz5 + (Sx3 Syl - Cx3 Cyl Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cyl Sx3 + Cx3 Syl Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^3}, \\
& \frac{12 (-Cx3 Cz2 Cz5 Sx6 + (Sx3 Syl - Cx3 Cyl Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cyl Sx3 + Cx3 Syl Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^3}, \\
& \frac{6 (Cx3 Cz5 (Cy4 Syl - Cyl Sy4) + Sx3 (Cyl Cy4 Cz5 Sz2 + Cz5 Syl Sy4 Sz2 - Cz2 Sz5)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{6 (-Cx6 Cz2 Cz5 Sx3 + (Cx3 Syl + Cyl Sx3 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cx3 Cyl - Sx3 Syl Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{6 (Cz2 Cz5 Sx3 Sx6 + (Cx3 Syl + Cyl Sx3 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cx3 Cyl - Sx3 Syl Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{12 (Cy7 Cz8 (Sx3 Syl - Cx3 Cyl Sz2) - Cz8 Sy7 (Cyl Sx3 + Cx3 Syl Sz2) + Cx3 Cz2 Sz8) EI_{ss}}{L^3},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{12 (Cx3 Cx9 Cz2 Cz8 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^3}, \\
& \frac{12 (-Cx3 Cz2 Cz8 Sx9 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^3}, \\
& \frac{6 (Cx3 Cz8 (Cy7 Sy1 - Cy1 Sy7) + Sx3 (Cy1 Cy7 Cz8 Sz2 + Cz8 Sy1 Sy7 Sz2 - Cz2 Sz8)) EI_{ss}}{L^4}, \\
& \frac{6 (-Cx9 Cz2 Cz8 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \frac{6 (Cz2 Cz8 Sx3 Sx9 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{ss}}{L^2}, \\
& \left\{ \frac{12 (Cx3 Cz5 (Cy4 Sy1 - Cy1 Sy4) + Sx3 (Cy1 Cy4 Cz5 Sz2 + Cz5 Sy1 Sy4 Sz2 - Cz2 Sz5)) EI_{yy}}{L^3}, \right. \\
& \frac{12 (-Cx6 Cz2 Cz5 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{12 (Cz2 Cz5 Sx3 Sx6 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{6 (Cy4 Cz5 (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) - Cz5 Sy4 (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) + Cx3 Cz2 Sz5) EI_{yy}}{L^4}, \\
& \frac{6 (Cx3 Cx6 Cz2 Cz5 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx6 Sy4 - Cx6 Cy4 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy4 Sx6 + Cx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{6 (-Cx3 Cz2 Cz5 Sx6 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Cx6 Sy4 + Cy4 Sx6 Sz5) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cx6 Cy4 - Sx6 Sy4 Sz5)) EI_{yy}}{L^2}, \\
& \frac{12 (Cx3 Cz8 (Cy7 Sy1 - Cy1 Sy7) + Sx3 (Cy1 Cy7 Cz8 Sz2 + Cz8 Sy1 Sy7 Sz2 - Cz2 Sz8)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{12 (-Cx9 Cz2 Cz8 Sx3 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{12 (Cz2 Cz8 Sx3 Sx9 + (Cx3 Sy1 + Cy1 Sx3 Sz2) (Cx9 Sy7 + Cy7 Sx9 Sz8) + (Cx3 Cy1 - Sx3 Sy1 Sz2) (Cx9 Cy7 - Sx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^3}, \\
& \frac{6 (Cy7 Cz8 (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) - Cz8 Sy7 (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) + Cx3 Cz2 Sz8) EI_{yy}}{L^4}, \\
& \left. \frac{6 (Cx3 Cx9 Cz2 Cz8 + (Sx3 Sy1 - Cx3 Cy1 Sz2) (Sx9 Sy7 - Cx9 Cy7 Sz8) + (Cy1 Sx3 + Cx3 Sy1 Sz2) (Cy7 Sx9 + Cx9 Sy7 Sz8)) EI_{yy}}{L^2}, \right\}
\end{aligned}$$