

**YATAY YÜK VE MOMENT ETKİSİ ALTINDAKİ
DÜŞEY TEKİL KAZIKLARIN YATAK KATSAYISI
KULLANILARAK SONLU ELEMANLAR (DEPLASMAN)
METODU İLE STATİK ANALİZİ**

İnş Müh. İ. Hakkı AKTUĞ

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

✓

Danışman : Doç. Dr. Ahmet TOPÇU

**Anadolu Üniversitesi,
Merkez Kütüphane**

Şubat - 1988

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
BÖLÜM 1	1
1.1 KAZIK TEMELLER KONUSUNDAKİ ARAŞTIRMALAR...	1
1.2 SONLU ELEMANLAR METODU	10
1.3 KLASİK TAŞIMA GÜCÜ YÖNTEMİ	12
ÖRNEK 1.1	16
BÖLÜM 2 .YATAY YÜK VE MOMENT ETKİSİ ALTINDAKİ TEKİL DÜŞEY KAZIKLARIN SONLU ELEMANLAR (DEPLASMAN) METODU İLE STATİK ANALİZİ	18
2.1 GİRİŞ	18
2.2 KAZIĞIN TOPLAM POTANSİYELİ	20
2.3 ELEMAN BÜYÜKLÜKLERİ VE DEPLASMAN FONKSİYONU	22
2.4 ELEMANIN RİJİTLİK MATRİSİ	24
2.5 SİSTEM YÜK VEKTÖRÜ	29
2.6 SİSTEM RİJİTLİK MATRİSİ VE SİSTEM YÜK VEKTÖRÜ	29
ÖRNEK 2.1	31
ÖRNEK 2.2	34
ÖRNEK 2.3	35

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3. SONUÇ	36
BÖLÜM 4. BİLGİSAYAR PROGRAMI	37
4.1 PROGRAMIN DEĞİŞKENLERİ	37
4.2 VERİLER	38
4.3 ÇIKTILAR	38
4.4 PROGRAMIN AKIŞ DİAGRAMI	40
BÖLÜM 5. KAYNAKLAR	41
EK - 1	43

Ö N S Ö Z

Bu çalışmada, kazık temellerin incelenmesi amaçlan-
mış ve BASIC dilinde bir bilgisayar programı geliştiril-
miştir. Kullanılan bilgisayar AMSTRAD CPC 6128 (Z 80 A/
4Mh mikro işlemci) dir.

Kazık temeller pahalı bir çözüm olmalarına rağmen ,
zorunlu olarak kullanıldıkları sahalar az değildir. Baraj,
bağlama vb. su yapılarının stabilite, ankraj ve sızma boyu
uzatımı gibi tasarım çalışmalarında, karayollarında dolgu
stabilitesinin sağlanmasında, yüksek yapı teknolojisinde,
liman ve rıhtım gibi deniz yapılarının oluşturulmalarında,
büyük çaplı kanalizasyon kollektörlerinin stabilitesinde
(İzmir kollektör sisteminde, keşif bedeli 4 milyar TL.)vb.
kısaca, zemin taşıma gücünün yeterli olmadığı ve yüzeysel
temeller ile çözümün sağlanamadığı tüm problemlerde kesin
ve güvenilir çözümler sağlarlar.

Ö Z E T

Çalışmanın ilk bölümünde, kazık temeller konusunda yapılan araştırmalar ve kullanılan yöntemler özetlenmiş, sonlu elemanlar (deplasman) metodunun kısa bir tanıtımı yapılmıştır.

İkinci bölümde B. SCHMİDT' in çalışması temel alınmış, yatay kuvvet ve moment etkisi altındaki düşey tekil bir kazığın statik çözümü sonlu elemanlar metodu ilkelere göre formüle edilmiştir.

Geliştirilen bilgisayar programı ile çeşitli örnekler çözülmüş ve sonuçlar kaynak ile üçüncü bölümde karşılaştırılmıştır.

Dördüncü bölümde ise bilgisayar programı, programın değişkenleri, verileri, çıktıları ve işlev sırası sunulmuştur.

A B S T R A C T

On the first part's of this work, the investigations on subject of pile foundations were done, methods which are used were abstracted and the finite element method (displacement) was introduced shortly.

On the second part, the investigations of B.SCHMIDT were followed , the solution of a vertical single pile which is under affect of lateral forces and bending moments were formulated by finite element method principles.

Many examples were solved with the program which is developed here and the results were compared with the same literature.

The third part includes the results of this work.

On the fourth part, the program, the variables of the program, datas, outputs and the flow chart is represented.

T A B L O L A R L İ S T E S İ

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Kazık ve zemin elastisite modüllerinin oranlarının narinliğe bağlı olarak statik ve dinamik davranışlar ile ilişkisi	9
1.2	Terzaghi'ye göre N_q değerleri	12
1.3	Çakma kazıkların çeperlerinde meydana gelen adhezyon(killi zeminler)	14
1.4	Schenk'e göre f_s ve q_d değerleri	15
2.1	Sulzberger'e göre yatak katsayıları	19
2.2	Terzaghi'ye göre yatak katsayıları	20
2.3	Örnek 2.1' in sonuçları ve karşılaştırılması	33
2.4	Örnek 2.2' nin sonuçları ve karşılaştırılması	34
2.5	Örnek 2.3' ün sonuçları ve karşılaştırılması	35
4.1	Programın akış diagramı	40

Ş E K İ L L E R L İ S T E S İ

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Baguelin ve Frank'ın idealizasyonu	1
1.2	İzoparametrik ince-katman elemanı	2
1.3	Temas yüzeyi elemanı	2
1.4	Desai ve Kuppusamy idealizasyonu	3
1.5	Kazığın zemindeki konumu	4
2.1	Problemin görünümü	21
2.2	Sonlu eleman modeli	22
2.3	Tipik eleman	23
2.4	Sistem denge denklemlerinin şematik gösterimi	30
2.5	Örnek 1' in görünümü	31
2.6	Örnek 2' nin görünümü	34
2.7	Örnek 3' ün görünümü	35

B Ö L Ü M 1

1.1 KAZIK TEMELLER KONUSUNDAKİ ARAŞTIRMALAR

Geoteknik mühendisliğinde, sonlu elemanlar metodunun detaylı tanımlamaları ABEL, DESAİ (1972), ZIENKIEWICZ(1971) ve CHRISTIAN (1977) tarafından verilmiştir.

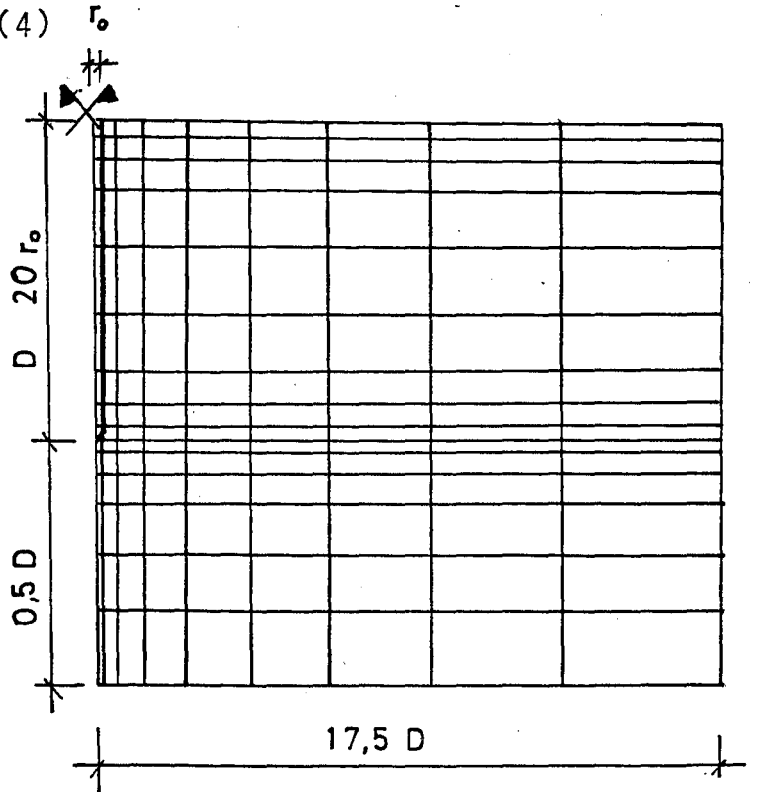
ELLISON (1971), zeminin lineer olan gerilme-deformasyon eğrilerini çeşitli doğrultularda kabul ederek, kazık ile zemin temas yüzeylerinde mafsal elemanları kullanmıştır.

Kildeki tekil bir kazığın analizinde, ESU ve OTTOWIANNİ hiperbolik gerilme-deformasyon dağılımı kabulü ile çalışmışlardır.

LEE ve VALLIAPPAN (1974) katmanların oturması konusunda elastik-plastik çalışmalar yapmışlardır.

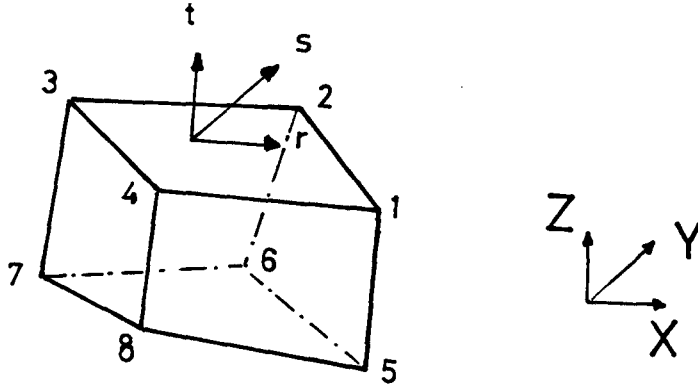
BALAAM (1975-1976), dönme ve düğüm kuvvetlerini belirlemede sonlu elemanlar tekniğini kullanarak elastik yöntemi genelleştirmiştir. İki boyutlu ortamda, zemini ve kazığı üçgen elemanlara bölmüşlerdir.(4)

BAGUELIN ve FRANK aynı tip çalışmaları kazığın baş ve uç bölgelerinde hem kazık hem de zemin için daha sık elemanlar kullanarak tekrarlamışlardır. Bunun sonucunda gerilmelerin umulmadık farklılıklar gösterdiği bu bölgelerde daha doğru sonuçlar elde etmişlerdir (16)

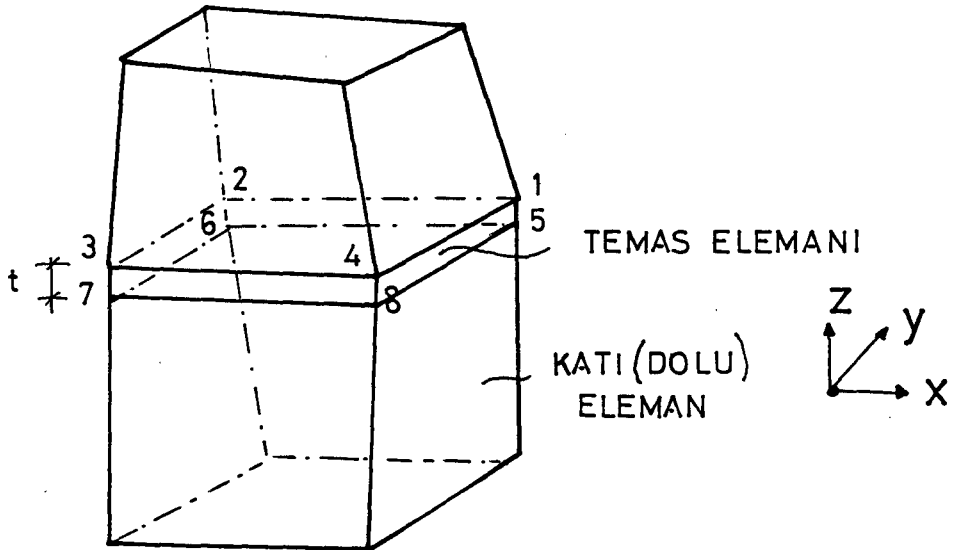


Şekil 1.1 Baguelin ve Frank'ın İdealizasyonu

DESAİ , MUQTADİR ve SCHELEE (7) üç eksenli analiz yapmış, ince-katman(thin-layer) elemanı kullanarak bir idealizasyon geliştirmiş ve zemin-kazık etkileşimini incelemiştir. Gelişen ve kullanımı artan bu prosedür, Şekil 1.2. de gösterilen 8 düğümlü tipik bir izoparametrik elemanı kullanıma sunmuştur. Her düğümde u , v , ve w deplasmanları kabulü vardır.



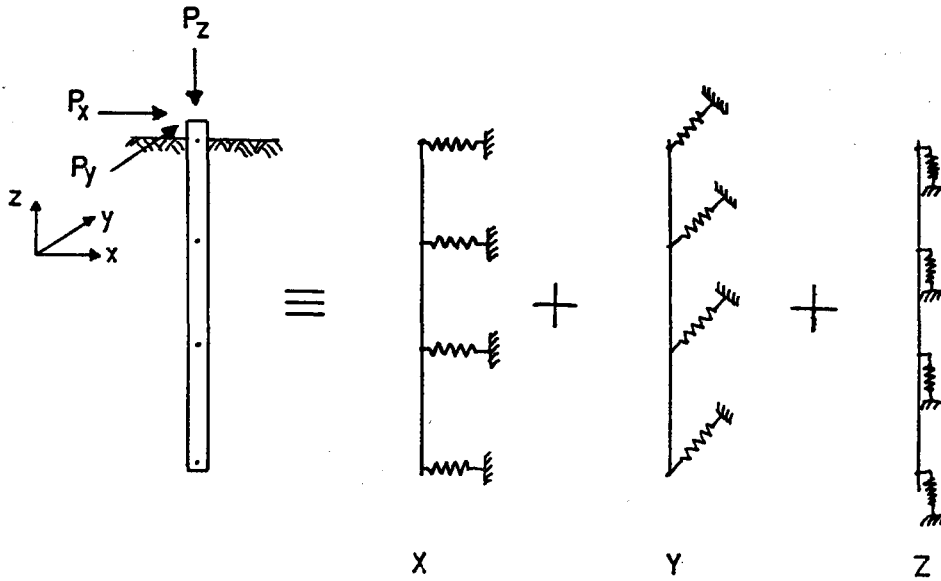
Şekil 1.2. İzoparametrik ince-katman elemanı



Şekil 1.3. Temas yüzeyi elemanı

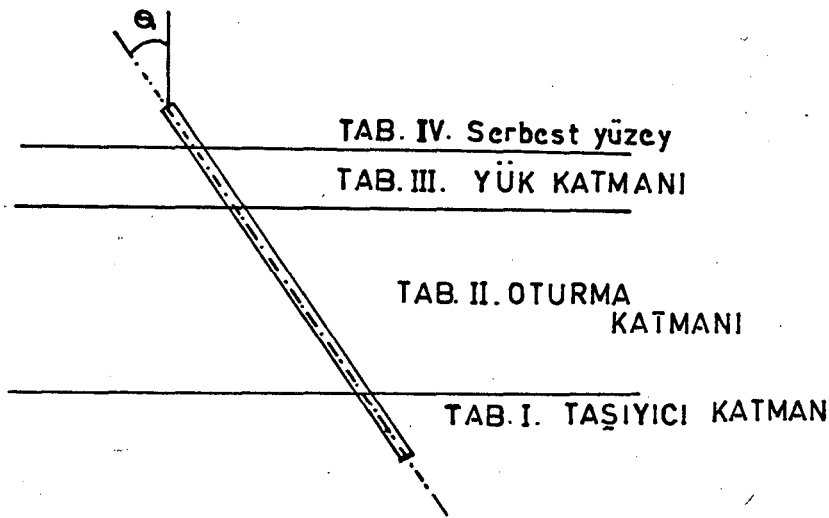
Bu temas yüzeyi elemanın davranışı elastik veya elasto-plastik gibi modellenmiştir. Pratikte kullanılan malzeme kanunları : lineer elastik, lineer olmayan(hiperbolik) elastik değişken modül, Drucker-prager'ın kritik konum ve başlık modelleridir.

DESAİ ve KUPPUSAMY (11) temelde yüklü bir kazığı eşdeğer tek eksenli bir sistem gibi almışlar, x , y , z yönlerindeki deplasmanların süperpozisyonunu yapmışlardır. 3 eksenli zemin tepkisinin , 3 koordinat doğrultusundaki lineer olmayan yaylar vasıtasıyla karşılandığı kabul edilmiştir.



Şekil 1.4. Desai ve Kuppusamy İdealizasyonu

1985 yılında konuyla ilgili olarak Kunio TAKAHASHI(10) yeni araştırmalar yapmıştır. Yönteminde kil zemin içindeki eğik bir kazık 4 parçaya bölünmüş ve gerek sonlu elemanlar metodunun 2 ve 3 eksenli analizlerinin sonuçları ve gerekse laboratuvar, arazi testlerinin sonuçlarını hep aynı yakınlıkta bulmuşlardır. Kazık eğik bir kiriş gibidüşünülmüştür. Metot ilginç görüldüğünden aşağıda özetlenmiştir.



şekil 1.5. Kazığın Zemindeki Konumu

Terzaghi (10) kazığın diferansiyel bağıntısını şöyle vermiştir:

$$\frac{EI}{B} \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = p = k (S(x) \cdot \sin \theta - y) \quad 1.1$$

Burada EI : kazığın eğilme rijitliğı , B : kazık genişliğı,
p : zemin gerilmesi, θ : eğim , y : kazık eksene dik çökme,
x : kazık eksenini boyunca kazığın ucundan uzaklık , k : yatak katsayısı , S (x) : zemin oturma fonksiyonu.

Şekil 1.5. deki ilk tabaka taşıyıcı tabaka olup ,
 $S(x)=0$ alınmıştır. (Tabaka I)

II. Tabaka oturma yapacak katmandır.

$$y = A_1 z_1 + A_2 z_2 + A_3 z_3 + A_4 z_4 + S(x) \cdot \sin \theta \quad 1.2$$

$A_1 - A_4$: sabitler

$$z_1 = \cos \beta x \cdot \cosh \beta x$$

$$z_2 = \frac{1}{2} (\sin \beta x \cdot \cosh \beta x + \cos \beta x \cdot \sinh \beta x)$$

$$z_3 = \frac{1}{2} \sin \beta x \cdot \sinh \beta x$$

$$z_4 = \frac{1}{2} (\sin \beta x \cdot \cosh \beta x - \cos \beta x \cdot \sinh \beta x)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{B \cdot k}{4EI}}$$

$$S(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 x^2 + \alpha_3 x^3 \quad 1.3$$

$$S(x) = S_\infty \left[\frac{x}{d/\cos \theta} - (1-u) \left(\frac{x}{d/\cos \theta} \right)^2 \cdot \left(3 - 2 \frac{x}{d/\cos \theta} \right) \right] \quad 1.4$$

S : Zemin yüzeyindeki nihai oturma, d : oturma katmanı iç kalınlığı, u : oturma derecesi ($u \leq \frac{1}{2}$ olacaktır.)

Yük katmanı için 1.1 nolu eşitlik değişir. (Tabaka III.)

$$\frac{EI}{B} \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = p = \gamma (x_0 - x) \sin^2 \theta \cdot \cos \theta \quad 1.5$$

γ : yük katmanı birim hacim ağırlığı , x_0 : kazık eksenini boyunca yük katmanının üst yüzeydeki nokta ile kazık ucu arasındaki mesafe.

$$y = A_1 + A_2x + A_3x^2 + A_4x^3 + A_5x^4 + A_6x^5 \quad 1.6$$

$$A_5 = \frac{1}{24} \cdot \frac{B\gamma}{EI} x_0 \cdot \sin^2 \theta \cdot \cos \theta$$

$$A_6 = \frac{1}{120} \frac{B\gamma}{EI} \cdot \sin^2 \theta \cdot \cos \theta$$

Serbest kısımda (IV. Tabaka) $k=0$ dir.

$$y = A_1 + A_2x + A_3x^2 + A_4x^3$$

Sonuç olarak sınır şartları ve süreklilik şartları işlendikten sonra moment, kesme kuvveti ve zemin basıncı içeren hali şöyle olur.

$$\begin{bmatrix} y \\ y' \\ y'' \\ y''' \\ y'''' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y \\ y' \\ -M/EI \\ -Q/EI \\ Bp/EI \end{bmatrix} \quad 1.7$$

Taşıyıcı katman (Tabaka I) içindeki bir kazığın davranışı için Y aşağıdaki gibi olur.

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ -4Bz_4 & Bz_1 & Bz_2 & Bz_3 \\ -4B^2z_3 & -4B^2z_4 & B^2z_1 & B^2z_2 \\ -4B^3z_2 & -4B^3z_3 & -4B^3z_4 & B^3z_1 \\ -4B^4z_1 & -4B^4z_2 & -4B^4z_3 & -4B^4z_4 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} = \underline{Z} \cdot \underline{A} \quad 1.8$$

Oturma yapacak (II. Tabaka) için S bir vektör olarak gösterilebilir.

$$\underline{S} = \begin{bmatrix} S \\ S' \\ S'' \\ S''' \\ S'''' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_\infty \left[\frac{x}{d/\cos\theta} - (1-u) \left(\frac{x}{d/\cos\theta} \right)^2 \left(3 - 2 \frac{x}{d/\cos\theta} \right) \right] \\ \frac{S_\infty}{d/\cos\theta} \left[1 - 6(1-u) \frac{x}{d/\cos\theta} \left(1 - \frac{x}{d/\cos\theta} \right) \right] \\ - \frac{6 S_\infty}{(d/\cos\theta)^2} (1-u) \left(1 - 2 \frac{x}{d/\cos\theta} \right) \\ \frac{12 S_\infty}{(d/\cos\theta)^3} (1-u) \\ 0 \end{bmatrix} \quad 1.9$$

Sonuç olarak bu tabaka için kazığın davranışı şöyledir :

$$\underline{Y} = \underline{Z} \cdot \underline{A} + \underline{S} \quad 1.10$$

Yük katmanı için (III. Tabaka) ise :

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \\ 0 & 1 & 2x & 3x^2 \\ 0 & 0 & 2 & 6x \\ 0 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x^4 & x^5 \\ 4x^3 & 5x^4 \\ 12x^2 & 20x^3 \\ 24x & 60x^2 \\ 24 & 120x \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{1}{24} \frac{B\gamma}{EI} x_0 \cdot \sin^2 \theta \cos \theta \\ - \frac{1}{120} \frac{B\gamma}{EI} \sin^2 \theta \cdot \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$= \underline{X} \cdot \underline{A} + \underline{C} \quad 1.11$$

Serbest kısım (IV. Tabaka) için ise :

$$\underline{Y} = \underline{X} \cdot \underline{A} \quad 1.12$$

olur.

Şekil 1.5. deki model için 16 sabit, katmanlar arasındaki 3 sınırdaki 12 süreklilik şartının kullanımı ve kazığın en üstündeki 4 sınır şartının kullanımıyla çözülmüştür.

Elde edilen sonuçlardan bazıları şunlardır : eğilme momentinin zamanla arttığı ve sabit, durgun bir değere ulaştığı, max. eğilme momentinin zemin yüzeyindeki oturma ve kazığın eğimi ile orantılı olduğu, 2 eksenli sonlu eleman çözümünün kazığı eğilmeli bir giriş elemanı gibi karakterize edilebilir.

1985 yılında G. GUDELUS , TH. SCHLEGEL ve Q.W. SCHWARZ(8) yatak katsayısı ile kumdaki aksenal yüklü kazıkların kayma kuvvetlerini ve yatay yüklü kazıkların moment değişimlerini incelemişlerdir.

A. VELEZ , G.GAZETAS ve R. KRISHMAN' ın araştırmalarında(9) kazıĝın elastisite modülü ile zemin elastisite modülü oranlarının narinliĝe baĝımlı olarak statik ve dinamik davranışlar ile ilişkisi bir tabloda verilmiştir. İlginç görüldüĝünden tablo 1.1 de gösterilmiştir.

TABLO 1.1

Ep/Es	L/d (NARINLIK)	Is/d	Statik Davranışın Tabiatı	Ld/d	Dinamik Davranışın Tabiatı
58	5	4.1	flexible	8.2	Non-flexible
	10		"		flexible
	15		"		"
	25		"		"
	40		"		"
290	5	5.6	Hemen hemen flexible	10.1	Non-flexible
	10		flexible		Hemen hemen flexible
	15		"		flexible
	25		"		"
	40		"		"
1450	5	8.0	Non-flexible(Gevrek)	12.5	Non-flexible
	10		flexible		"
	15		"		flexible
	25		"		"
	40		"		"
29000	5	14.9	Non-flexible	19.8	Non-flexible
	10		"		"
	15		flexible		"
	25		"		flexible
	40		"		"
145000	5	20.5	Non-flexible	24.6	Non-flexible
	10		"		"
	15		"		"
	25		flexible		Hemen hemen flexible
	40		"		flexible

1.2. SONLU ELEMANLAR METODU

Sonlu eleman adı ilk olarak CLOUGH tarafından 1960 yılında kullanılmıştır. TURNER, MARTİN ve TOPP ilk karşılaşılan araştırmacılar olmuşlardır. Metot, malzeme özellikleri, geometrik özellikler, yükleme durumları ve ortam (sürekli-sürekli) ne olursa olsun güvenilebilir, yaklaşık sonuçları, kolayca ve çok hızlı vermektedir. (2,3,6)

Herhangi bir cisim (yapı, sürekli ortam...) özellikleri bilinen sonlu sayıdaki elemanlara bölünür. Bu elemanlar birbirlerine düğüm noktalarıyla bağlanırlar. Çalışılan problem tipine göre bu düğümler, serbestlik derecesi diye adlandırılan deplasman ögeleriyle tanımlanırlar. Problemlerin hassas çözümleri için eleman seçimi önem taşır. Eleman ağı, gerilmelerin büyükçe olabileceği kabul edilen bölümlerde sık olarak, diğer bölümlerde ise daha seyrekçe düzenlenmektedir. Bunun sebebi ise bilgisayar kapasitesini zorlamadan gerçekçi bir yaklaşım sağlanabilmesidir. Az sayıda eleman ise gerçek değerlerden oldukça uzak sonuçlar vermektedirler.

Metodun Formülasyonu:

Lineer elastik bir denge hali için

$$\underline{K} \cdot \underline{u} = \underline{F} \quad 1.13$$

Burada \underline{K} : sistemin rijitlik matrisi , \underline{u} : sistem deplasmanları ve \underline{F} : sisteme etkiyen dış yüklerdir. Bu elemanların herbiri matris formundadır.

$$\underline{u} = \underline{K}^{-1} \cdot \underline{F} \quad 1.14$$

ile sistem deplasmanları bulunur.

Bir sistemin deplasman formu biliniyor ise iç kuvvetleri bulunabilir. (RİTZ METODU) İşlem sırası şöyle olur: eleman için uygun bir deplasman fonksiyonu seçilir, sınır şartları işlenir, birim deformasyon-deplasman bağıntıları çıkartılır, bünye denklemleri yazılır ve minimum potansiyel enerji ilkesi ile denge denklemleri kurulur.

$$\Pi = U - W \quad 1.15$$

Burada U : iç kuvvetlerin işi, W : dış kuvvetlerin işidir.

Elemanın denge konumundaki durumu, potansiyel enerjisinin minimum olduğu durumdadır. İşte sonlu elemanlar metodunun temel felsefesi budur.

$$\delta \Pi = \delta U - \delta W \quad 1.16$$

$$U = \frac{1}{2} \int_V \underline{\underline{\epsilon}}^T \cdot \underline{\underline{\sigma}} \cdot dV \quad , \quad W = \int_S \underline{\underline{u}}^T \cdot \underline{\underline{F}} \cdot dS$$

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_V \underline{\underline{\epsilon}}^T \cdot \underline{\underline{\sigma}} \cdot dV - \int_S \underline{\underline{u}}^T \cdot \underline{\underline{F}} \cdot dS \quad 1.17$$

$$\underline{\underline{u}}^T = [u, v, w] \quad \underline{\underline{F}} = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix}$$

$\underline{\underline{K}}$ rijitlik matrisi bu felsefeyle çıkartılabilir. Her eleman için $\underline{\underline{K}}_e$ matrisleri kurulduktan sonra direkt rijitlik yöntemiyle sistem rijitliği elde edilir. Deplasmanlar çözülür. İlgili eleman deplasmanları aynı rijitliklerle çarpılarak uç kuvvetleri bulunur.

$$\underline{\underline{K}}_e \cdot \underline{\underline{u}}_e = \underline{\underline{F}}_e \quad 1.18$$

Günümüzde bu yöntem ile geliştirilmiş çok amaçlı programların bazıları : ANSA , ASKA , ELAS , NASTRAN ve SAP IV dür.(12,13)

1.3 KLASİK TAŞIMA GÜCÜ YÖNTEMİ

Ülkemizde kazık temellerin analizi genel olarak TERZAGHİ ve PECK yöntemiyle yapılmaktadır. Burada bu yöntem, kısaca özetlenmiştir.(17)

$$Q_d = Q_p + Q_s \quad 1.19$$

Burada Q_d : kazığın taşıyabileceği nihai yük, Q_p : uç direnci ve Q_s : çevre sürtünmesidir.

$$Q_d = q_d \cdot A_p + f_s \cdot A_s \quad 1.20$$

q_d : kazık ucunun oturduğu zeminin taşıma gücü, A_p : kazık uç alanı
 f_s : kazığın birim çevre alanına gelen çevre sürtünmesi,
 A_s : kazığın zemin içinde kalan çevre alanıdır.

$$q_d = p_0 \cdot N_q \quad 1.21$$

Burada p_0 : zemin basıncı, N_q : zemin ϕ kayma direncine bağlı katsayıdır. Tablo 1.2 de verilmiştir.

TABLO 1.2 TERZAGHİ' ye göre N_q değerleri

ϕ (°)	0	5	10	15	20	25	30	35
N_q	1	2	3	5	8	12	22	40

Sert tabaka veya yumuşak kaya için

$$Q_p = \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \Pi \left(1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot L_0 \cdot N_q + 0,6 \cdot \gamma \cdot \frac{D}{2} \cdot N_\gamma \right) \quad 1.22$$

$\Pi = 3,14$ olmak üzere,

Burada N_c, N_q, N_γ : taşıma gücü faktörleri. (Tablo 1.2),

L_0 : kazığın zemin içindeki kısmının toplam uzunluğu, c : zemin kohezyonu , D : kazık çapıdır.

Kumlarda ise ($c=0$, $\phi \neq 0$)

$$Q_p = \Pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \left(\gamma \cdot L_0 \cdot N_q + 0,6 \cdot \gamma \cdot \frac{D}{2} \cdot N_\gamma \right) \quad 1.23$$

Bu denklemde $(\gamma \cdot \frac{D}{2} \cdot N_\gamma)$ terimi birinci terimin yanında küçük olduğu için ihmal edilebilir.

$$Q_p = A_p \cdot \gamma_0 \cdot N_q = A_p \cdot p_0 \cdot N_q \quad 1.24$$

Kum içindeki kazıkların birim çevre sürtünmesi f_s , toprak basıncı katsayısı K , zemin gerilmesi p_0 , ile çevre sürtünmesi açısının tanjantınının $(\text{tg} \delta)$ çarpımlarına eşittir.

$$f_s = K \cdot p_0 \cdot \text{tg} \delta \quad 1.25$$

K : bir zemin elemanına gelen yatay ve düşey gerilmeler arasındaki orandır. Kumda $K \cong 0,5$ alınabilir. Kum zemin için K değerleri (Mc Clelland, Emrich) Dar çukura daha büyük çaplı kazık çakımında $0,4 - 0,7$, Geniş çukura daha küçük çaplı kazık çakımında $0,1 - 0,4$ arasında alınabilir. Genel olarak kazık çakılırken bu oran $0,7 - 3$ arasında olmaktadır.

Zemin ile çelik arasındaki sürtünme açısı kumun kayma sürtünme açısına eşit alınabilir. ($\delta = \phi_r$). Zemin ile beton

ve ahşap arasında ise kumun kritik boşluk oranına erdiği zamanki kayma açısı alınmalıdır. ($\delta = \phi_{c_v}$) .

Kil içindeki kazıklar için

$$q_d = c \cdot N_c$$

1.26

alınabilir. N_c : dairesel kesitli ve zemin içindeki kısmı yeterli uzunlukta olan kazıklarda $N_c=9$ alınır. Kilin kohezyonu $0,5 \text{ kg/cm}^2$ den küçük ise $f_s = c$ alınabilir.

Kilin kıvamından kazık ile zemin arasındaki adhezyonu tahmin etmek için TOMLINSON (1957) ve CHELLIS (1961) tarafından ileri sürülen değerler Tablo 1.3 de ve kazığın uç ve çevre dirençlerini hesaplamak için SCHENK tarafından verilen değerler 1.4 de verilmiştir.

TABLO 1.3 Çakma kazıklar çeperinde meydana gelen adhezyon (killi zeminler)

ZEMİN CİNSİ	KAYMA DİRENCİ Kg/cm ²	ADHEZYON Kg/cm ²
	Beton ve ahşap kazıklar	
Yumuşak kil	0-0.37	0-0.34
Orta kil	0.37-1.47	0.34-0.44
Katı kil	0.73-1.47	0.44-0.64
	Çelik kazıklar	
Yumuşak kil	0-0.37	0-0.29
Orta kil	0.37-0.73	0.29-0.37
sert kil	0.73-1.47	yeterli bilgi yok
	Her türlü kazık için	
Yumuşak kil		0.10-0.29
Orta kil		0.24-0.44
Sert kil		0.54-0.93

TOMLINSON

CHELLIS

TABLO 1.4 SCHENK'e göre f_s ve q_d değerleri

ZEMİN CİNSİ	Taşıyıcı Tabaka için deki kazık Boyu (m)	f_s (kg/cm ²)				q_d (kg/cm ²)			
		Ahşap	Beton	Çelik kutu ke - sitli, ucu açık)	Çelik (Kiriş Ke- sitli)	Ahşap	Beton	Çelik (kutu ke- sitli, ucu açık)	Çelik (Kiriş ke- sitli)
İnce kum	} < 5 } 5-10 } > 10	0.20-0.45	0.20-0.45	0.20-0.35	0.20-0.30	} 20-35 } 30-75 } 40-80	20-50	15-40	15-30
Orta Kum		0.40-0.65	0.40-0.65	0.35-0.55	0.30-0.50		35-65	30-60	25-50
İri Kum Karışık		0.60	0.50-0.75	0.40-0.75			40-80	35-75	30-60
Kum-Çakıl Karışımı		Yukarıdaki gibi.				Şartnameye uyularak yukarıdaki değerler % 25 artırılabilir.			
Yumuşak kil, len, organik sahil kili		0.05 - 0.20							
Kata, çok katı len		0.20 - 0.45				0 - 20			
Taşlı kil, Çok katı,	5 10	—	0.50-0.80	0.4 -0.7 0.6-0.9	0.3-0.5 0.4-0.7	—	20-60 50-90	15-50 40-90	15-40 30-75
Sert	> 10	—	0.8-1.00	0.8-1.10	0.5-0.8	—	80-100	80-100	60-99

ÖRNEK 1.1

İçi betonlanmış bir çelik boru kazığının dış çapı 30 cm, zemin içindeki boyu 12 m dir.

a) Zemin kum, birim hacim ağırlığı $\gamma_n = 1,8 \text{ gr/cm}^3$, kayma direnci açısı $\phi_u = 30^\circ$, kayma sürtünmesi açısı $\phi_p = 20^\circ$ hali için,

b) Zemin yumuşak kil, birim hacim ağırlığı $\gamma_n = 2,0 \text{ gr/cm}^3$, drenajsız üç eksenli basınç deneyi ile bulunan kohezyonu $c_u = 0,5 \text{ kg/cm}^2$ hali için kazığının taşıma gücünü statik formüller ile bulmak isteniyor.

Su seviyesi her iki halde de zemin yüzündedir.

ÇÖZÜM

$$a) \quad Q_d = p_o \cdot N_q \cdot A_p + K \cdot \bar{p}_o \cdot \text{tg} \delta \cdot A_s$$

Kazık ucundaki efektif gerilme:

$$p_o = 12^m (1,8 - 1,0) = 9,6 \text{ t/m}^2 \approx 1,0 \text{ kg/cm}^2$$

Kazık boyunca ortalama efektif jeolojik

$$\text{yük} \quad \bar{p}_o = 0,5 \text{ kg/cm}^2$$

$\phi = 30^\circ$ için $N_q = 22$ (Tablo 1.2 den)

$K = 2$ alınabilir. Çelik ile zemin

arasındaki sürtünme açısı $\delta = \phi$

kabul edilebilir.

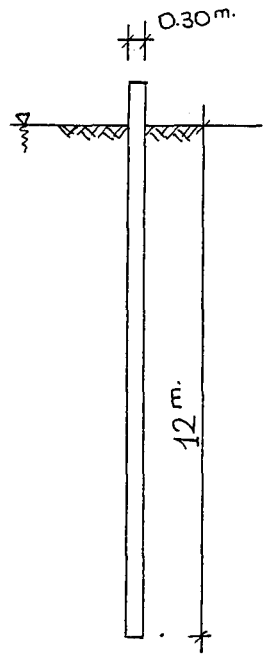
$$Q_d = 1,0 \cdot 22 \left[\pi \left(\frac{30}{2} \right)^2 \right] 2 \cdot 0,5 \cdot \text{tg}(20^\circ) \left[\pi \cdot 30 \cdot 1200 \right]$$

$$= 97 \ 600 \text{ kg} = 98 \text{ ton.}$$

$$\gamma_n = 1,8 \text{ gr/cm}^3$$

$$\phi_u = 30^\circ$$

$$\phi_p = 20^\circ$$



b) Kil içindeki kazık için ise,

$$Q_d = c \cdot N_c \cdot A_p + f_s \cdot A_s$$

$N_c = 9$, $f_s = 0,3 \text{ kg/cm}^2$ (Tablo 1.3 den) alınarak,

$$\begin{aligned} Q_d &= 9 \cdot 0,5 \left[\pi \left(\frac{30}{2} \right)^2 \right] + 0,3 \left[\pi \cdot 30 \cdot 1200 \right] \\ &= 37 \ 200 \text{ kg} = 37 \text{ ton} \end{aligned}$$

Güvenlik katsayısı 2 alınır, kullanma yükleri:

Kum içindeki kazık için $Q = 49 \text{ ton}$

Kil içindeki kazık için $Q = 18 \text{ ton}$ bulunur.

B Ö L Ü M 2

YATAY YÜK ve MOMENT ETKİSİ ALTINDAKİ TEKİL DÜŞEY KAZIKLARIN SONLU ELEMANLAR (DEPLASMAN) METODU İLE STATİK ANALİZİ

2.1 GİRİŞ

Eğilmeye çalışılan kazıklar, genellikle lineer elastik davranış kabulü altında diferansiyel denklemi bilinen bir kiriş olarak çözülür. B. SCHMIDT (1) ise sonlu elemanlar metodunu aynı probleme uygulayarak yeni bir çözüm metodu formüle etmiştir. Burada bu metoda geniş bir şekilde yer verilecektir.

Kazıklar tekil kuvvetlere ve momentlere maruz kalırlar. Tekil kuvvetler, yapılarda genelde basınç olmasına rağmen, kule tipi yapılarda (Su deposu, TV Kulesi, Yüksek gerilim direkleri vs.) basınç ve yatay kuvvet yanında, çok yüksek çekme kuvvetleri de oluşur. Bu sebeple, bilhassa beton kazıklarda çekme kuvvetinin karşılanabildiğinin gösterilmesi şarttır. Ayrıca zemin gerilmelerinin emniyet gerilmesi altında kaldığının da gösterilmesi gerekir.

Tek kazık üzerinde inşaa edilmiş yapı kazığa önemli ölçüde moment ve az miktarda basınç tatbik eder. Çekme kuvveti oluşmaz. Günümüzde kazık hesaplarında yatak katsayısı metodu çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu metoda göre kazığa etkiyen p zemin gerilmesi kazık eksenine dik w deplasmanı ile lineer değişir.

$$p = c \cdot w$$

2.1

Burada c yatak katsayısıdır.ve kazık boyunca değişir. Yatak katsayısının belirlenmesi zordur.

Yapılan araştırmalara göre bu katsayının 4. ve 5. kökü hesap-
lara girmektedir. Böylece yatak katsayısının belirlenmesinde
yapılacak hata sonuçları çok az değiştirmektedir. Kaynaklarda
verilen yatak katsayıları Tablo 2.1 de SULZBERGER'e göre ve
Tablo 2.2 de TERZAGHİ ' ye göre verilmiştir.

TABLO 2.1 SULZBERGER' e Göre Yatak Katsayıları

Zemin Cinsi	MN/m ³ Yatak Katsayısı
Hafif turba ve bataklık arazi	5 - 10
Ağır " " " "	10 - 15
İnce kıyı kumu	10 - 15
Kum,akıl ve humuslu dolgu	10 - 20
Balçık zemin ; Islak	20 - 30
Rutubetli	40 - 50
Kum	60 - 80
Kum ve sert	100
Az taşlı balık ve sıkı kumlu humus	60 - 80
Çok taşlı balık	80 - 100
Çok miktarda ince kumlu ince akıl	70 - 90
İnce kumlu orta akıl	90 - 110
Kaba kumlu orta çakıl	110 - 130
Çok miktarda kaba kumlu kaba akıl	110 - 130
Az miktarda kaba kumlu kaba akıl	130 - 160
Az miktarda kaba kumlu ve çok sağlam tabakalaşmış kaba akıl	160 - 200

TABLO 2.2 TERZAGHİ ' ye Göre Yatak Katsayıları

Zemin Cinsi	MN/m^3 Yatak Katsayısı
%88 kum, %12 killi yıkanmış zemin	20 - 30
Sıkı tabakalaşmış sert kum	100 - 125
Yaşlı dolgu kumu	7 - 13
Temiz yıkanmış kum	20 - 40
Özel olarak sağlam tabakalaşmamış örselenme- miş kum	20
Yıkanmış zemin(%16 su ihtiva eden kumlubalçık)	73 - 120
Küçük daneli maden cürüflu zemin	50 - 60
Çakıl yatağı	30 - 40

Yatak katsayısının kazık boyunca tek tabakalı ve sağlam zeminlerde sabit kaldığı, gevşek zeminlerde ise derinlikle arttığı gösterilmiştir.

2.2 KAZIĞIN TOPLAM POTANSİYELİ

Şekil 2.1 de kazığa ait büyüklükler tanımlanmıştır.

$w(x)$: deplasman fonksiyonu

$M(x), Q(x)$: Moment ve kesme kuvvetleri

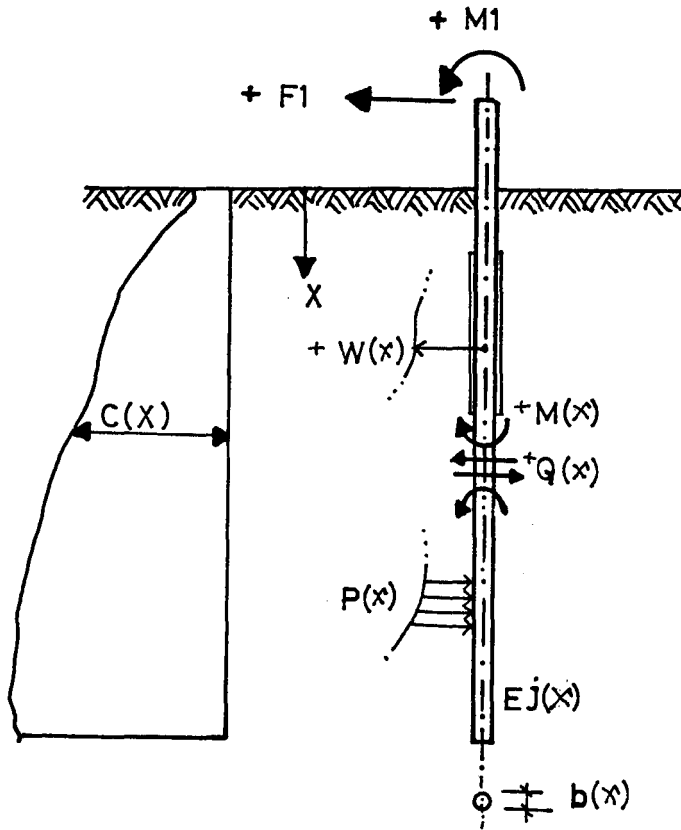
$p(x)$: zemin yanıl basıncı

$b(x)$: kazık çapı

$EJ(x)$: eğilme rijitliği

$c(x)$: yatak katsayısı

F_1, M_1 : kazık tepesine etkiyen yatay kuvvet ve moment.



Şekil 2.1 Problemin Görünümü

Kazık Diferansiyel Denklemi

$$\frac{d^2}{dx^2} \left(EJ(x) \frac{d^2 w}{dx^2} \right) + b(x) \cdot c(x) \cdot w = 0 \quad 2.2$$

olmak üzere bu denklemden sınır şartları yardımıyla $w(x)$ deplasman fonksiyonu belirlenebilir.

Boyutlandırma ve tahkik için gerekli olan iç kuvvetler ve zemin gerilmesi.

$$Q = - \frac{d}{dx} \left(EJ(x) \frac{d^2 w}{dx^2} \right) \quad 2.3$$

$$M = EJ(x) \frac{d^2 w}{dx^2} \quad 2.4$$

$$p = c(x) \cdot w(x) \quad 2.5$$

ile hesaplanır. Ancak 2.2 denkleminin kapalı bir çözümünün bulunması kompleks haller için hemen hemen imkansızdır. Bu sebeple nümerik çözüm metodları geliştirilmiştir. Burada sonlu elemanlar metodu çözüm için formüle edilecektir.

Bilindiği gibi kazığın toplam potansiyelini minimum yapan $w(x)$ fonksiyonu denge konumuna ait deplasman fonksiyonudur. Gösterilebilir ki kazığın toplam potansiyeli Π

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_0^t EJ(x) \cdot (w'')^2 dx + \frac{1}{2} \int_0^t b(x) \cdot c(x) \cdot w^2 dx - F_1 w_1 - M_1 \cdot \varphi_1 \quad 2.6$$

bağıntısıyla verilebilir. Burada,

t : kazık boyu

w_1 : F_1 kuvvetinin etkidiği noktadaki yatay deplasman

φ_1 : M_1 momentinin etkidiği noktadaki dönme

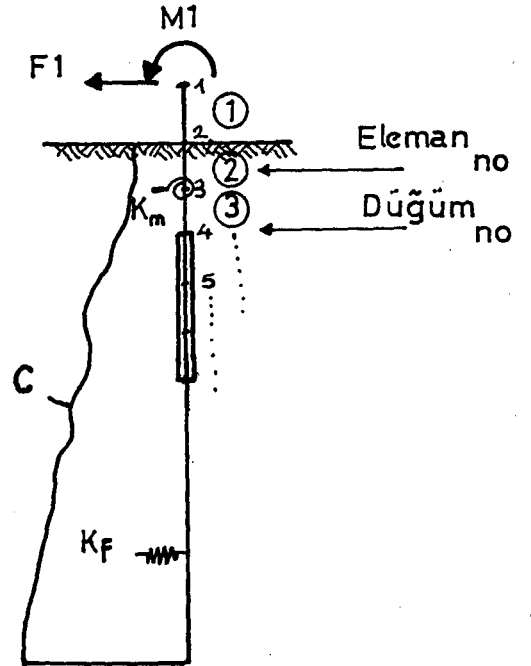
2.3 ELEMAN BÜYÜKLÜKLERİ ve DEPLASMAN FONKSİYONU

Kazık sonlu sayıda elemanlara ayrılırsa zemin içindeki elemanların rijitliği k_f olan yaylar ile yatay yönde ve rijitliği k_m olan yaylar ile dönmeye karşı elastik olarak tutulduğu varsayılır. (Şekil 2.2)

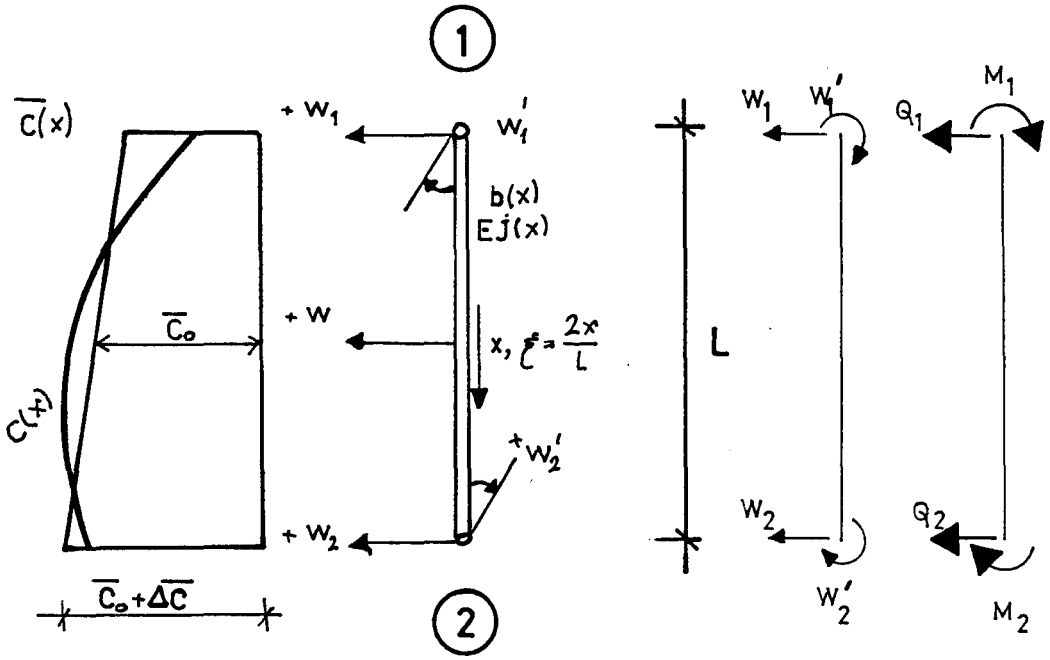
Elemanın şekil 2.3 de gösterildiği gibi bir düğüm noktasının w_1 yatay deplasmanı ve w_1' dönme olmak üzere 2 serbestlik derecesi vardır. Böylece lokal deplasman vektörü,

$$\underline{d}_{\underline{E}} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_1' \\ w_2 \\ w_2' \end{bmatrix} \begin{matrix} \textcircled{1} \text{ noktası} \\ \textcircled{2} \text{ noktası} \end{matrix} \quad 2.7$$

olmaktadır.



Şekil 2.2 Sonlu eleman modeli



Şekil 2.3 Tipik Eleman

Eleman için RITZ metodu bölgesel olarak uygulanmak istenirse w deplasman fonksiyonunun seçilmesi ve elemanın toplam potansiyelinin minimuma zorlanması ve böylece elemanın denge denklemlerinin kurulması gerekecektir. Burada w fonksiyonu,

$$w = \underline{f}^T \cdot \underline{H} \cdot \underline{d}_E \quad 2.8$$

olarak seçilmiştir. (1)

$$\underline{H} = \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & \ell & & \\ & & 1 & \\ & & & \ell \end{bmatrix} \quad 2.8a$$

$$\underline{f}^T = [f_1, f_2, f_3, f_4] \quad 2.8b$$

$$f_1 = \frac{1}{4} (\xi - 1)^2 (\xi + 2), \quad f_3 = -\frac{1}{4} (\xi + 1)^2 (\xi - 2) \quad 2.8c$$

$$f_2 = \frac{1}{8} (\xi - 1)^2 (\xi + 1), \quad f_4 = \frac{1}{8} (\xi + 1)^2 (\xi - 1), \quad \xi = \frac{2x}{\ell}$$

2.4 ELEMANIN RİJİTLİK MATRİSİ

Yukarıdaki deplasman fonksiyonu kabulüne göre rijitlik matrisi

$$\underline{K}_E = \underline{K}_p + \underline{K}_B \quad 2.9$$

olacaktır. \underline{K}_p : kazık rijitlik matrisi, \underline{K}_B : zemin rijitlik matrisidir ve

$$\underline{K}_p = \frac{8}{\ell^3} \cdot \underline{H} \left(\int_{-1}^{+1} EJ(\xi) \cdot \frac{d^2 \underline{f}}{d\xi^2} \cdot \frac{d^2 \underline{f}^T}{d\xi^2} d\xi \right) \underline{H} \quad 2.9a$$

$$\underline{K}_B = \frac{\ell}{2} \cdot \underline{H} \left(\int_{-1}^{+1} b(\xi) \cdot c(\xi) \underline{f} \cdot \underline{f}^T \cdot d\xi \right) \underline{H} \quad 2.9b$$

ile hesaplanır.

\underline{K}_E , \underline{K}_B , \underline{K}_p matrisleri 4 x 4 boyutunda simetrik matrislerdir. Yukarıda görülen integrallerin $EJ(\xi)$, $b(\xi)$, $c(\xi)$ değişken hali için kapalı olarak belirlenmesi mümkün değildir. SIMPSON veya GAUSS metodlarıyla nümerik olarak hesaplanır.

Tatbikatta kullanılan kazıklar sabit çaplı ve dolayısıyla sabit eğilme rijitliğine sahiptirler. Bu sebeple bundan sonra b : sabit, EJ : sabit kabulü her eleman için geçerli olacaktır. Ayrıca yatak katsayısının derinlikle değişimi de eleman boyunca şekil 2.3 de görüldüğü gibi lineer kabul edilecektir. Burada yapılan hata, sonuçları hemen hemen hiç etkilemeyecektir. Şekilden de görüldüğü gibi eleman boyunca yatak katsayısı diagramı

$$\bar{c}(\xi) = \bar{c}_0 + \Delta \bar{c} \cdot \xi \quad 2.10$$

$$\bar{c}_0 = \frac{1}{2} \int_{-1}^{+1} c(\xi) \cdot d\xi \quad 2.10a$$

$$\Delta \bar{c} = \frac{3}{2} \int_{-1}^{+1} \xi \cdot c(\xi) \cdot d\xi \quad 2.10b$$

değerleriyle trapez bir form almaktadır.

Yukarıdaki basitleştirici kabuller sonucu 2.9a ve 2.9b deki integraller aşağıdaki gibi hesaplanarak \underline{K}_p ve \underline{K}_B matrisleri belirlenir.

TÜREVLER :

$$N_1 = \frac{1}{4} (\xi^2 - 2\xi + 1)(\xi + 2) = \frac{1}{4} (\xi^3 + 2\xi^2 - 2\xi + \xi + 2) = \frac{1}{4} (\xi^3 - 3\xi + 2)$$

$$N_1' = \frac{1}{4} (3\xi^2 - 3) \quad N_1'' = \frac{1}{4} \cdot 6\xi = \frac{3}{2}\xi$$

$$N_2 = \frac{1}{8} (\xi^2 - 2\xi + 1)(\xi + 1) = \frac{1}{8} (\xi^3 + \xi^2 - 2\xi^2 - 2\xi + \xi + 1) = \frac{1}{8} (\xi^3 - \xi^2 - \xi + 1) \ell$$

$$N_2' = \frac{1}{8} (3\xi^2 - 2\xi - 1) \ell \quad N_2'' = \frac{1}{8} (6\xi - 2) \ell = \left(\frac{3\xi}{4} - \frac{1}{4} \right) \ell$$

$$N_3 = -\frac{1}{4} (\xi^2 + 2\xi + 1)(\xi - 2) = -\frac{1}{4} (\xi^3 - 2\xi^2 + 2\xi^2 - 4\xi + \xi - 2) = -\frac{1}{4} (\xi^3 - 3\xi - 2)$$

$$N_3' = -\frac{1}{4} (3\xi^2 - 3) \quad N_3'' = -\frac{1}{4} 6\xi = -\frac{3}{2}\xi$$

$$N_4 = \frac{1}{8} (\xi^2 + 2\xi + 1)(\xi - 1) = \frac{1}{8} (\xi^3 - \xi^2 + 2\xi^2 - 2\xi + \xi - 1) = \frac{1}{8} (\xi^3 + \xi^2 - \xi - 1) \ell$$

$$N_4' = \frac{1}{8} (3\xi^2 + 2\xi - 1) \ell \quad N_4'' = \frac{1}{8} \ell (6\xi + 2) = \left(\frac{3\xi}{4} + \frac{1}{4} \right) \ell$$

$$\underline{N}'' = \left[\frac{3\xi}{2}, \left(\frac{3\xi}{4} - \frac{1}{4} \right) \ell, -\frac{3\xi}{2}, \ell \left(\frac{3\xi}{4} + \frac{1}{4} \right) \right]$$

$$\underline{f}^{T''} = \left[\frac{3\xi}{2}, \left(\frac{3\xi}{4} - \frac{1}{4} \right), -\frac{3\xi}{2}, \left(\frac{3\xi}{4} + \frac{1}{4} \right) \right]$$

\underline{K}_p ' NİN İNTEGRASYONLA BULUNMASI :

$$\underline{K}_p = \frac{8}{\ell^3} \cdot \underline{H} \left(\int_{-1}^{+1} E_j \cdot \begin{bmatrix} \frac{3\xi}{2} \\ \left(\frac{3\xi}{4} - \frac{1}{4} \right) \\ -\frac{3\xi}{2} \\ \left(\frac{3\xi}{4} + \frac{1}{4} \right) \end{bmatrix} \left[\frac{3\xi}{2}, \left(\frac{3\xi}{4} - \frac{1}{4} \right), -\frac{3\xi}{2}, \left(\frac{3\xi}{4} + \frac{1}{4} \right) \right] d\xi \right) \underline{H}$$

$$= \frac{8}{\rho^3} E J \begin{matrix} +1 \\ -1 \end{matrix} \begin{bmatrix} \frac{9\xi^2}{4} & , & (\frac{9\xi^2}{8} - \frac{3\xi}{8}) & , & -\frac{9\xi^2}{4} & , & (\frac{9\xi^2}{8} + \frac{3\xi}{8}) \\ (\frac{9\xi^2}{8} - \frac{3\xi}{8}) & , & (\frac{9\xi^2}{16} - \frac{3\xi}{8} + \frac{1}{16}) & , & (-\frac{9\xi^2}{8} + \frac{3\xi}{8}) & , & (\frac{9\xi^2}{16} - \frac{1}{16}) \\ -\frac{9\xi^2}{4} & , & (-\frac{9\xi^2}{8} + \frac{3\xi}{8}) & , & \frac{9\xi^2}{4} & , & (-\frac{9\xi^2}{8} - \frac{3\xi}{8}) \\ (\frac{9\xi^2}{8} + \frac{3\xi}{8}) & , & (\frac{9\xi^2}{16} - \frac{1}{16}) & , & (-\frac{9\xi^2}{8} + \frac{3\xi}{8}) & , & (\frac{9\xi^2}{8} + \frac{3\xi}{8} + \frac{1}{16}) \end{bmatrix}$$

$$= \frac{8 E J}{\rho^3} \underline{\underline{H}} \cdot \begin{bmatrix} \frac{6}{4} & , & \frac{3}{4} & , & -\frac{6}{4} & , & \frac{3}{4} \\ \frac{3}{4} & , & \frac{1}{2} & , & -\frac{3}{4} & , & \frac{1}{4} \\ -\frac{6}{4} & , & -\frac{3}{4} & , & \frac{6}{4} & , & -\frac{3}{4} \\ \frac{3}{4} & , & \frac{1}{4} & , & -\frac{3}{4} & , & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \cdot \underline{\underline{H}}$$

$$\underline{\underline{K}}_p = \begin{bmatrix} \frac{12EJ}{\rho^3} & & & & \\ \frac{6EJ}{\rho^3} & \frac{4EJ}{\rho} & & & \\ -\frac{12EJ}{\rho^3} & -\frac{6EJ}{\rho^3} & \frac{12EJ}{\rho^3} & & \\ -\frac{6EJ}{\rho^3} & \frac{2EJ}{\rho^3} & -\frac{6EJ}{\rho^3} & \frac{4EJ}{\rho} & \end{bmatrix}$$

Simetrik

$$\bar{c}(\xi) = \bar{c}_0 + \Delta \bar{c} \cdot \xi$$

$$\underline{K}_B = \frac{\ell}{2} \underline{H} \left(\int_{-1}^{+1} b \cdot (\bar{c}_0 + \Delta \bar{c} \cdot \xi) \cdot \underbrace{\begin{matrix} \underline{f} \\ \left[\begin{array}{c} \frac{1}{4}(\xi^3 - 3\xi + 2) \\ \frac{\ell}{8}(\xi^3 - \xi^2 - \xi + 1) \\ -\frac{1}{4}(\xi^3 - 3\xi - 2) \\ \frac{\ell}{8}(\xi^3 + \xi^2 - \xi - 1) \end{array} \right] \end{matrix}} \cdot \underline{f}^T \cdot d\xi \right) \cdot \underline{H}$$

$$= \frac{\ell}{2} \cdot \underline{H} \cdot \left(\int_{-1}^{+1} b \cdot \left(\bar{c}_0 \cdot \underbrace{\left[\begin{array}{c} \text{I} \\ \left[\quad \quad \quad \end{array} \right]_{4 \times 4} \right.}_{4 \times 4} + \Delta \bar{c} \cdot \xi \cdot \underbrace{\left[\begin{array}{c} \text{II} \\ \left[\quad \quad \quad \end{array} \right]_{4 \times 4} \right.}_{4 \times 4} \right) d\xi \right) \cdot \underline{H}$$

I nolu kısmın integrali,

$$\left[\begin{array}{cccc} \frac{416 \ell}{1120} & & & \\ \frac{82 \ell^2}{6720} & \frac{128 \ell^3}{13440} & & \\ \frac{144 \ell}{1120} & \frac{519 \ell^2}{20160} & \frac{416 \ell}{1120} & \\ \frac{519 \ell^2}{20160} & \frac{94 \ell^2}{13440} & \frac{3,38 \ell^2}{64} & \frac{128 \ell^2}{13440} \end{array} \right] \cdot b \cdot \bar{c}_0$$

Simetrik

II nolu kısmın integrali,

$$\left[\begin{array}{cccc} \frac{256\ell}{1280} & & & \\ \frac{8\ell^2}{420} & -\frac{0,30\ell^2}{128} & & \\ 0 & \frac{\ell^2}{420} & \frac{84\ell^2}{420} & \\ \frac{1\ell^2}{420} & 0 & -\frac{8\ell^2}{420} & \frac{\ell^2}{420} \end{array} \right] \cdot b \cdot \Delta \bar{c}$$

Simetrik

Burada,

$$\alpha = \frac{EJ}{3} \quad B_1 = \frac{b \cdot \bar{c}_0 \cdot \ell}{13440} \quad \text{ve} \quad B_2 = \frac{\Delta \bar{c} \cdot b \cdot \ell}{420}$$

kabulleri yapılırsa \underline{K}_B matrisi aşağıdaki gibi bulunur.

$$\underline{K}_B = \left[\begin{array}{cccc} 4992B_1 - 84B_2 & & & \\ 704\ell B_1 - 8\ell B_2 & 128\ell^2 B_1 - \ell^2 B_2 & & \\ 1728B_1 & 416\ell B_1 + \ell B_2 & 4992B_1 - 84B_2 & \\ -416\ell B_1 + \ell B_2 & -96\ell^2 B_1 & -704\ell B_1 - 8\ell B_2 & 128\ell^2 B_1 + \ell^2 B_2 \end{array} \right] \quad 2.12$$

Simetrik

Elemanın rijitlik matrisi \underline{K}_E ise $\underline{K}_P - \underline{K}_B$ den elde edilir.

$$\underline{K}_E = \left[\begin{array}{cccc} 12\alpha + 4992B_1 - 84B_2 & & & \\ 6\ell\alpha + 704\ell B_1 - 8\ell B_2 & 4\ell^2\alpha + 128\ell^2 B_1 - \ell^2 B_2 & & \\ -12\alpha + 1728B_1 & -6\ell\alpha + 416\ell B_1 + \ell B_2 & 12\alpha + 4992B_1 + 84B_2 & \\ 6\ell\alpha - 416\ell B_1 + \ell B_2 & 2\ell^2\alpha - 96\ell^2 B_1 & -6\ell\alpha - 704\ell B_1 - 8\ell B_2 & 4\ell^2\alpha + 128\ell^2 B_1 + \ell^2 B_2 \end{array} \right]$$

Simetrik

2.5 SİSTEM YÜK VEKTÖRÜ

Sadece 1 nolu elemanın bir nolu düğümünde dış yük mevcut olduğundan \underline{q}_E yük vektörü 1 nolu eleman için,

$$\underline{q}_E = \begin{bmatrix} F_1 \\ -M_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad 2.13$$

ve bütün diğer elemanlar için,

$$\underline{q}_E = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad 2.14$$

2.6 SİSTEM RİJİTLİK MATRİSİ ve SİSTEM YÜK VEKTÖRÜ

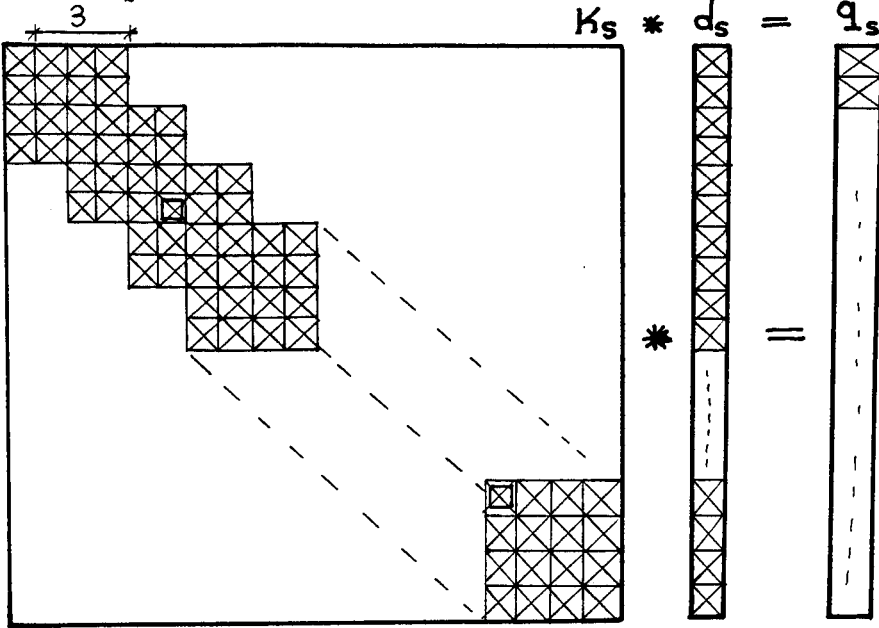
Kazığın zeminde konumunun düşey olduğu kabul edildiğinden global eksenler ile elemanların lokal eksenleri çakışmaktadır. Bu sebeple sistem rijitlik matrisinin kurulması için transformasyonlara gerek yoktur. Diğer bir deyişle elemanın lokal rijitlik matrisi ile global rijitlik matrisi aynı olmaktadır. Direkt rijitlik metodu kullanılarak

$$\underline{K}_S \cdot \underline{d}_S = \underline{q}_S \quad 2.15$$

Sistem denge denklemleri Şekil 2.4 'de gösterildiği gibi kurulur.

Şekil 2.2'de gösterildiği gibi sistemde k_F yayı varsa ve bu m . noktada ise $i=2m-1$ diagonaline bu yay ilave edilir. k_F yay rijitliği ise $i=2m$ diagonal elemanına eklenir.

YARI BAND GENİŞLİĞİ



- ☒ Sıfırdan farklı elemanlar
 ☒ Yay rijitliği eklenmiş elemanlar

Şekil 2.4 Sistem Denge Denklemine Şematik Gösterimi.

\underline{K}_s sistem rijitlik matrisi simetrik olduğundan yarı band genişliği nazara alınarak çözüme gidilir. Böylece hem bilgisayar belleğinden hem de zamandan tasarruf edilir.

2.15 denkleminin GAUSS veya CHOLESKY metoduyla çözümü sonucu sistem deplasman vektörü \underline{d}_s belirlenir.

\underline{d}_E deplasman vektörü \underline{d}_s vektöründen teşkil edilir.

\underline{d}_E belli olduğundan

$$\underline{K}_E \cdot \underline{d}_E = \underline{S}_E$$

2.16

bağıntısından \underline{S}_E eleman kuvvetleri hesaplanır. Burada

$$\underline{S}_E = \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \\ \hline Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix} \begin{matrix} \textcircled{1} \\ \textcircled{2} \end{matrix}$$

dır.

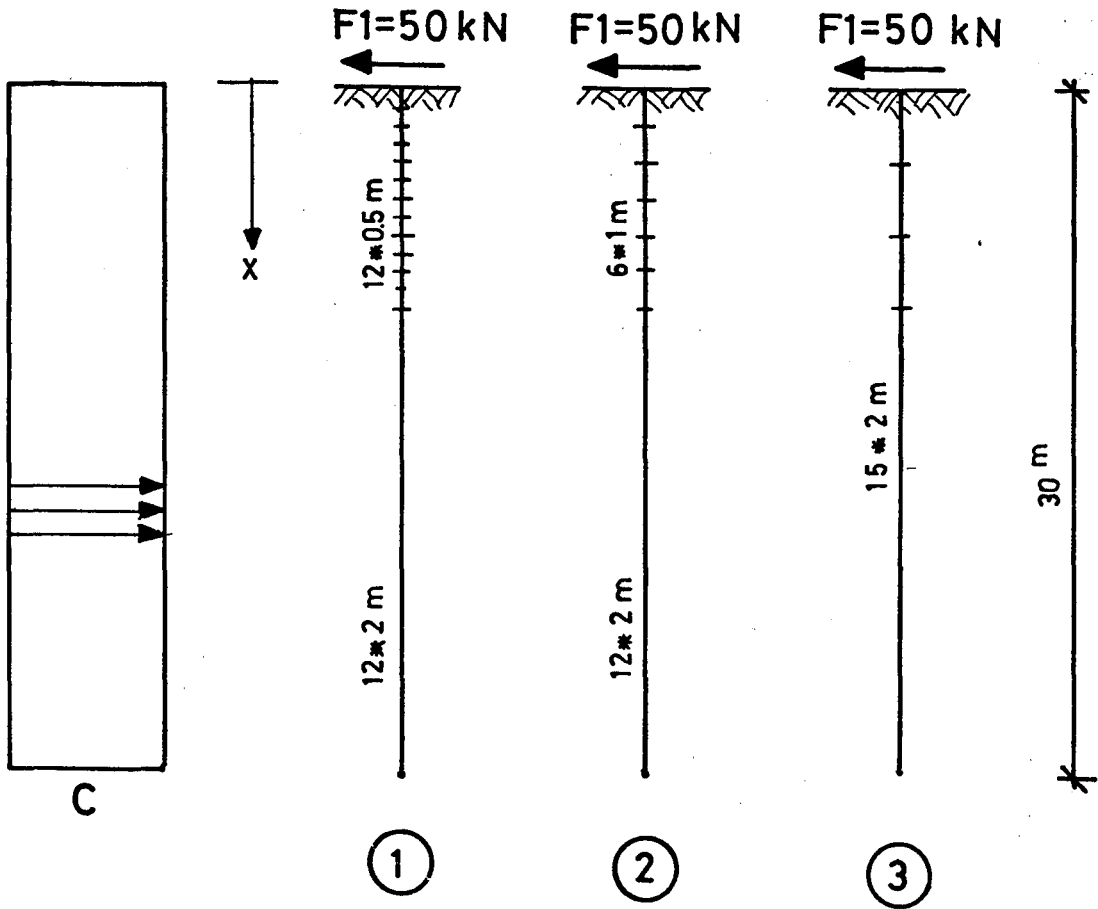
Şekil 2.3 veya w_1, w_1', w_2, w_2' artık bilindiğinden,

$$Q_{(\xi=0)} = \frac{6EJ}{\ell^3} \left(2(w_2 - w_1) - (w_2' + w_1') \right) \quad 2.17$$

$$M_{(\xi=0)} = \frac{EJ}{\ell} (w_2' - w_1') \quad 2.18$$

fonksiyon olarak hesaplanır.(şekil 2.3)

ÖRNEK 2.1



Şekil 2.5 Örnek 2.1'in görünümü

VERİLER:

$$b = 0,407 \text{ m.}$$

$$EJ = 41735,4 \text{ kNm}^2$$

$$c = 50000 \text{ kN/m}^3$$

Kesin değerler diferansiyel denklem cözümlerinden elde edilen řu ifadelerle bulunmuştur.(1)

$$w = \frac{2F_1}{L \cdot b \cdot c} e^{-\lambda} \cdot \cos \lambda, \quad 2.19$$

$$M = F_1 \cdot L \cdot e^{-\lambda} \cdot \sin \lambda$$

$$Q = F_1 \cdot e^{-\lambda} (\sin \lambda - \cos \lambda)$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{b \cdot c}}$$

$$\lambda = \frac{x}{\ell}$$

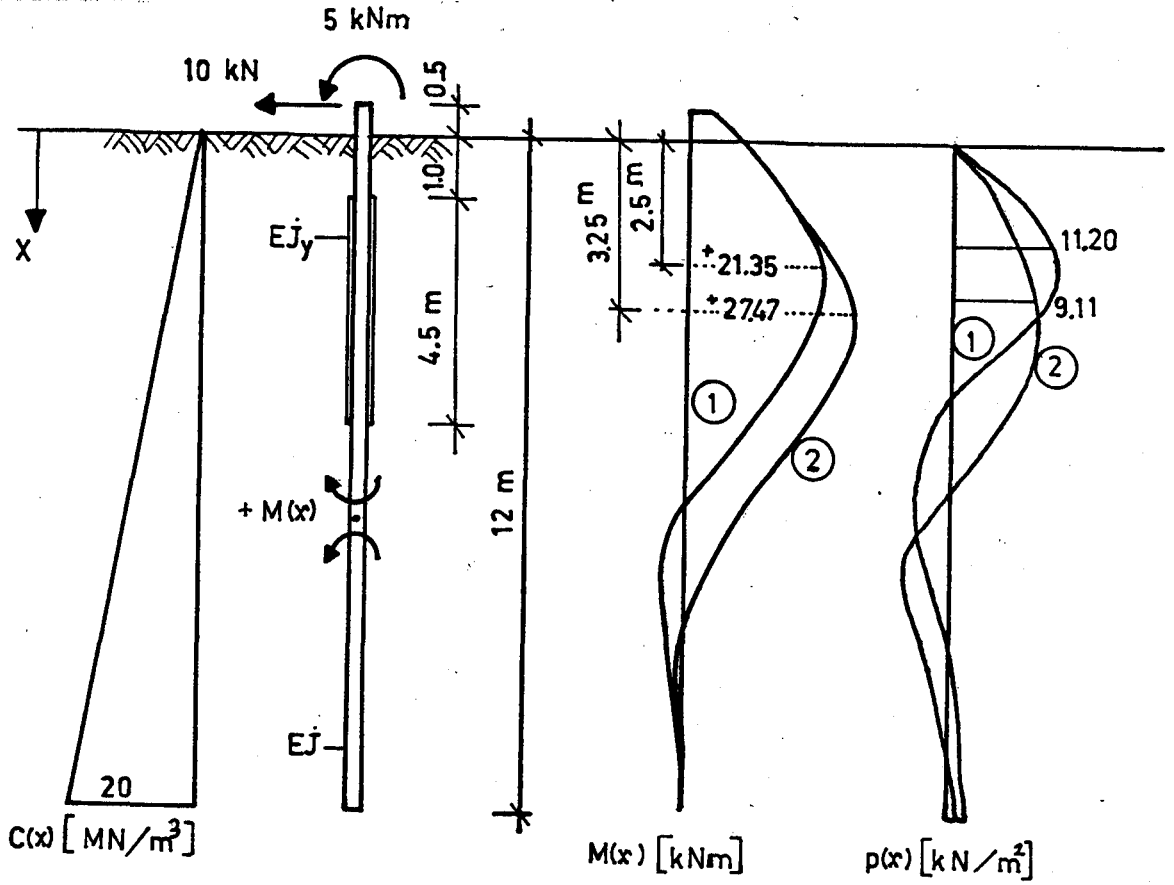
Bulunan değerler Tablo 2.3' de sunulmuştur.

Ek - 1' de Bilgisayar Çıktıları verilmiştir.(Sf. 51-60)

TABLO 2.3: ÖRNEK 2.1 in sonuçları ve karşılaştırılması

X (m)	w (cm)				M (kNm)				Q (kN)			
	Tam Değer	①	②	③	Tam Değer	①	②	③	Tam Değer	①	②	③
0	0.290	0.290	0.290	0.289	0				-50			
0.25					10.74	10.22			-36.32	-36.53		
0.50	0.207	0.207			18.34		16.58		-24.76		-25.57	
0.75					23.29	22.94			-15.23	-15.43		
1.00	0.134	0.134	0.134		26.11			21.50	-7.57			-10.22
1.25					27.22	27.00			-1.58	-1.73		
1.50	0.0757	0.0757			27.02		26.37		2.94		2.43	
1.75					25.86	25.75			6.19	6,08		
2.00	0.0338	0.037	0.0338	0.0331	24.02				8.37			
2.25					21.74	21.71			9.69	9.61		
2.50	0.00619	0.00621			19.23		19.17		10.30		10.08	
2.75					16.64	16.65			10.36	10.32		
3.00	-0.00989	-0.00989	-0.00989		14.08			14.28	10.02			9.55

ÖRNEK 2.2




Şekil 2.6 Örnek 2.2 'nin görünümü

VERİLER:

$$b = 0,534 \quad EJ = 20202 \text{ kNm}^2 \quad \text{LP20}$$

$$EJ_y = 61362 \text{ kNm}^2 \quad \text{LP20 - lama } 250 \cdot 20$$

TABLO 2.4 Karşılaştırma (Bilgisayar Çıktıları Sf. 60-74)

 x(m)	M(Kaynakta verilen)	M(Bulunan)	Fark %
Takviyesiz 2,5	+21,35	+21,549	+% 0,93
Takviyeli 3,25	+27,41	+24,89	-% 9,19

B Ö L Ü M 3

S O N U Ç

Değişik idealizasyon kabulü ile elde edilen sonuçlar analitik çözüm ve kaynak (1)'de verilen sonuçlar ile karşılaştırılmış ve deplasmanlarda %0,34, kuvvetlerde ise %0,93 fark bulunmuştur.

Ancak örnek 2.2'deki takviyeli kazık probleminde %9,19 bir sapma görülmektedir. Çünkü takviye lamalarının eklenmesi ile kazığın o bölgesinde b kazık çapı artmıştır. Bu artış doğrudan doğruya elemanın rijitlik matrisi terimlerini etkilemektedir. Takviye bölgesinde kazık kesiti dairesel değildir. Halbuki hesaplara b kazık çapı girmektedir. Bu bölgedeki elemanların EJ rijitliği aynı kalacak şekilde eşdeğer bir b çapı hesaplanmıştır. Yatak katsayısında da bu eşdeğer çap kullanıldığından kaynak ile program çözümü arasında takviye bölgesinde, %9,19'luk bir sapma olmaktadır. Buna rağmen hata miktarı kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır.

Program sadece düşey tekil kazıkları çözmektedir. Tatbikatta ise daha çok eğik kazıklar ve kazık grupları ile karşılaşılmaktadır. B.SCHMIDT (1) çalışmasının ikinci bölümünde eğik kazık için transformasyonları ve grup kazık sisteminin analizini vermiştir.

B Ö L Ü M 4
B İ L G İ S A Y A R P R O G R A M I

4.1 PROGRAM DEĞİŞKENLERİ

- ES% : Eleman Sayısı
- NS% : Nokta Sayısı
- L : Kazık Boyu
- KS% : Kuvvet Sayısı
- SS% : Sınır Şartı Sayısı
- SD% : Sistem Serbestlik Derecesi
- GR(4 , 4) : Sistem Global (Local) Rijitlik Matrisi(Elemanın)
- XY(NS%,2) : Koordinatlar Matrisi
- U : Sistem Deplasmanları
- B , j : Kazık çapı ve Atalet Momenti
- SR(Sd%,BAND%+1): Sistem Rijitlik Matrisi
- P(j%,1) : Kuvvet Vektörü
- BAND%+1 : Yarı Band Genişliği
- C1 , C2 : Elemanın Üst , Alt Noktalarındaki Yatak Katsayısı
- B1 : $C_0 \cdot B \cdot L / 13440$ Yatak Katsayısı Parametresi
- B2 : $\Delta C \cdot B \cdot L / 420$ " " "
- Co : Elemanın Ortalama Yatak Katsayısı($C1 + C2 / 2$)
- DELTAC : " " ile C2 arasındaki Değişim Miktarı
($\Delta C = C2 - C0$)
- MQ : Moment ve Kesme Kuvveti
- E1% : Eleman Sayıcısı
- K% : Nokta "
- IN%,JN% : Elemanın Düğüm Noktaları (Yönlendirilmiş)
- Al(∞) : Her Elemanın Rijitlik Değişkeni (EJ/l^3)

4.2 VERİLER

DATA ANA VERİLER

DATA " PROBLEMİN ADI "

DATA ES% , NS% , L

DATA KS% , SS%

DATA ELEMAN TARİFLERİ

DATA E1% , IN% , JN% , B , EJ , C1 , C2
 : : : : : : :
 : : : : : : :

DATA KOORDİNATLAR

DATA K% , X , Y
 : : :
 . . .

DATA KUVVETLER

DATA K% , YON% , KUV.
 . . .

DATA SINIR ŞARTLARI

DATA K% , YON% , DEP.
 . . .

DATA SON

4.3 ÇIKTILAR

PROBLEM :

TEKİL KAZIK ÇÖZÜMÜ

ES% =

NS% =

KS% =

L =

SS% =

SD% =

ELEMAN TARİFLERİ

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	KESİT ALANI	EJ	C-ÜST	C-ALT
:	:	:	:	:	:	:

DENKLEM SAYISI

REAKSİYON SAYISI

YARI BAND GENİŞLİĞİ

NOKTALARIN KOORDİNATLARI

NOKTA	X	Y
:	:	:
:	:	:

VERİLMİŞ KUVVETLER

NOKTA	YON	KUVVET
:	:	:
:	:	:

VERİLMİŞ SINIR ŞARTLARI

NOKTA	YON	DEPLASMAN
:	:	:
:	:	:

DEPLASMANLAR

NOKTA	2-YÖNÜ	DÖNME
:	:	:
:	:	:

KESME KUVVETİ VE MOMENT

NOKTA	N_0	KESME KUVVETİ	MOMENT
:	:	:	:
:	:	:	:

REAKSİYONLAR

NOKTA	YON	REAKSİYON
:	:	:
:	:	:

----- HESAP SONU -----

4.4 PROGRAMIN AKIŞ DIĞRAMI

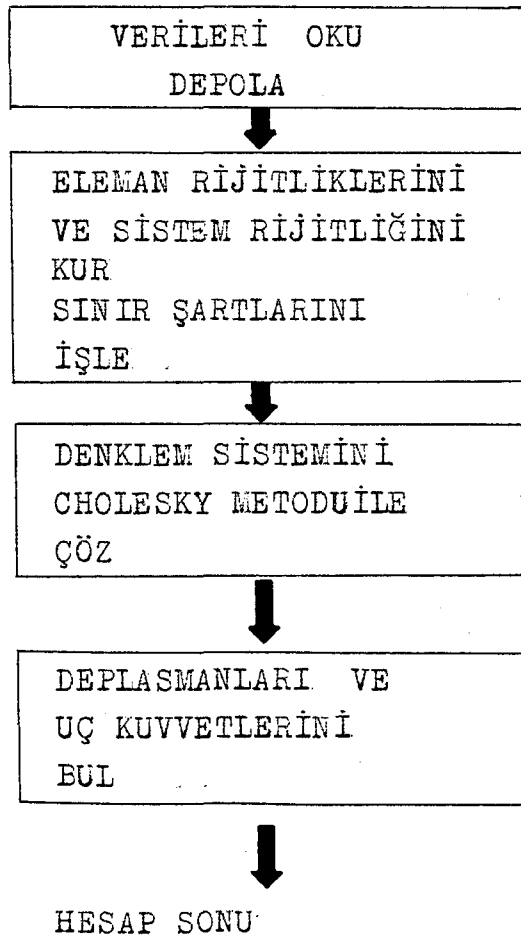
Problem tipi idealizasyonu, eleman özellikleri, koordinatları yük vektörü ve sınır şartları okunur ve depolanır.

Eleman rijitlik matrisleri ve sistem rijitliği kurulur.

Sınır şartları işlenir ve denklem takımı CHOLESKY yöntemi ile çözülür. Deplasmanlar elde edilir.

Bulunan deplasmanlar ilgili rijitliklerle çarpılır ve uç kuvvetleri bulunur. Var ise reaksiyonlar bulunur.

Tablo 4.1 Programın Akış Diğramı



B Ö L Ü M 5
K A Y N A K L A R

1. SCHMIDT ,B . : "Die Berechnung Biegebeanspruchter, Elastisch Gebetter Pfahle Nach Der Methode Der Finiten Elemente", Wilhelm Ernst and Sohn, Verlag für Architektur und technische wissenschaften, Berlin 1985. Bautechnik. 1/1985
2. ZIENKIEWICZ, O.C.: " The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics " , Mc-Graw Hill.
3. ZIENKIEWICZ ,O.C.: " The Finite Element Method" Mc-Graw Hill. 1977.
4. POULOS AND DAVIS : "Pile foundation Analyses and Design", Mc-Graw Hill, 1980.
5. BOWLES, J.E. : " Analytic and Computer Methods in foundation Engineering." , Wiley and Sons.
6. PRZEMIENIECKI, J.S.: " Theory of matrix structural analysis", Mc-Graw Hill, 1968.
7. MUQTADIR ,A., DESAI- C.S. and SCHEELE, F. : " Three dimensional analysis of pile group foundation and anchor-soil system", fifth International conference on numerical methods in Geomechanics/Nagoya/ 1-5 April ,1985.
8. GUDELUS, G., SCHLEGEL TH. and SCHWARZ ,W.: "Subgrade moduli for shallow foundations and piles", fifth International conference on numerical methods in Geomechanics/Nagoya/1-5 April, 1985.

9. VELEZ,A., GAZETAS,G., KRISHMAN,R. : "Lateral dynamic response of constrained head piles", journal of Geotechnical Engineering V.109 Aug. 1983. p.1063-1081.
10. TAKAHASHI , K.: "Bending of a batter pile due to ground settlement", Japanese Society of soil mechanics and foundation engineering, Soils and foundations. V25 . 4 .Dec.85.p.75-91.
11. DESAI,C.S. and KUPPUSAMY.: " Application of a numerical procedure for laterally loaded structures", Numerical methods in offshore piling, The Institution of civil engineers.p.93-99. LONDON . 1980.
12. TOPÇU,A. : " Sonlu elemanlar metodu yüksek lisans ders notları",Anadolu Üniversitesi, 1987.
13. WASTI ,T. and UTKU,M.: " Sonlu Elemanlar yöntemiyle yapıların çözümlenmesi",adli makale,ODTÜ.
14. TEZCAN,S.: " Çubuk sistemlerin elektronik hesap makinaları ile çözümü",1970, İstanbul.
15. SMOLTCZYK ,U.: "Lateral deformation testing keuper marl bore holes",1977.proced. Geot.struct.complex formations, Ass. Geot. Ital. p.443-446.
16. BAGUELIN,F. and FRANK,R.: " Theoretical studies of piles using finite element method", Numerical Methods in offshore piling, The Institution of civil engineers, p.83-91. LONDON.1980.
17. TOĞROL,E. : " Kazıklı Temeller ", Temel araştırma yayınları No:1 .1970. İstanbul.

EK-1

— PROGRAM

— ÖRNEK-2.1' in çözümü

— " -2.2'nin "

— " -2.3'ün "

P R O G R A M

```

10 REM TEST ICIN KULLANILAN BILGISAYAR AMSTRAD 128K-DIR
20 PRINT #KB, "SONLU ELEMENLAR METODU ILE KAZIK SISTEMLERIN ANALIZI "
30 REM HATA LISTESI
40 HATA0$="----->VERILERDE HATA VAR !"
50 HATA1$="----->ELEMEN NO HATALI !"
60 HATA2$="----->NOKTA NO HATALI !"
70 HATA3$="----->KESIT ALANI HATALI !"
80 HATA4$="----->HATALI YON TARIFI !"
90 HATA5$="----->DAHA ONCEDE VERILDI !"
100 HATA6$="----->SISTEM LABIL !"
110 HATA7$="----->VERILERIN SIRASI YANLIS
120 REM KB=8:PRINT#KB,CHR$(15)
130 D1$="ANA VERILER"
140 D2$="ELEMENLARIN TARIFI"
150 D3$="KOORDINATLAR"
160 D4$="KUVVETLER"
170 D5$="SINIR SARTLARI"
180 D6$="SON"
190 REM ONEMLI DEGISKENLERIN TARIFI
200 REM ESZ=ELEMEN SAYISI
210 REM NSZ=NOKTA SAYISI
220 REM KSZ=VERILMIS KUVVET SAYISI
230 REM SSZ=VERILMIS SINIR SARTI SAYISI
240 REM B=KAZIK CAPI
250 REM J=KAZIK ATALET MOMENTI
260 REM E=ELASTISITE MODULU
270 REM ED MATRISI=ELEMEN DATALARI
280 REM BR MATRISI=ELEMENIN GLOBAL RIJITLIK MATRISI
290 REM SR MATRISI=SISTEM RIJITLIK MATRISI
300 REM XY MATRISI=NOKTALARIN KOORDINATLARI
310 REM SDZ=SISTEM SERBESTLIK DERECESI
320 REM P MATRISI=KUVVET VEKTORU
330 REM BAND%+I=YARI BAND GENISLIGI
340 REM ANA VERILER
350 HATA$="YOK"
360 READ DO$
370 IF DO$(<>)D1$ THEN PRINT #KB,HATA7$ : GOTO 2020
380 READ PROBLEMADI$
390 PRINT#KB,"PROBLEM:";PRINT#KB, PROBLEMADI$
400 PRINT#KB
410 READ ESZ,NSZ,L
420 READ KSZ,SSZ
430 SDZ=2*NSZ
440 PRINT#KB
450 PRINT#KB,"ELEMEN SAYISI.....=";ESZ
460 PRINT#KB,"NOKTA SAYISI.....=";NSZ
470 PRINT#KB,"KUVVET SAYISI.....=";KSZ
480 PRINT#KB,"KAZIK BOYU(metre).....=";L
490 PRINT#KB,"SINIR SARTI SAYISI.....=";SSZ
500 PRINT#KB,"SISTEM SERBESTLIK DERECESI.....=";SDZ

```

```

510 IF ESZ<2 OR NSZ<3 THEN HATA$="VAR"
520 IF KSZ<0 OR KSZ>SDZ-SSZ THEN HATA$="VAR"
530 IF HATA$="VAR" THEN PRINT#KB,HATA0$ : GOTO 2020
540 IF SSZ>SDZ-KSZ THEN HATA$="VAR"
550 DIM ED(ESZ,6),GR(4,4),XY(NSZ,2),U(4)
560 REM ELEMENLARIN TARIFI
570 READ D0$
580 IF D0$<>D2$ THEN PRINT HATA7$ : GOTO 2020
590 BANDZ=0
600 PRINT#KB,"ELEMEN TARIFLERI"
610 PRINT#KB,"-----"
620 PRINT#KB,"ELEMEN I-NOKTASI J-NOKTASI KESIT ALANI EL-MOD#J-AT.MOM C-UST C-ALT"
630 PRINT#KB,"-----"
640 FOR IZ=1 TO ESZ
650 READ E1Z,INZ,JNZ,B,EJ,C1,C2
660 PRINT#KB,USING" ## ## ## ##.### ##.### ##.###

670 IF E1Z<1 OR E1Z>ESZ THEN PRINT#KB,HATA1$ :HATA$="VAR"
680 IF INZ<1 OR INZ>NSZ THEN PRINT#KB,HATA2$ :HATA$="VAR"
690 IF JNZ<1 OR JNZ>NSZ THEN PRINT#KB,HATA2$ :HATA$="VAR"
700 IF INZ=JNZ THEN PRINT#KB,HATA2$ :HATA$="VAR"
710 IF ED(E1Z,1)<>0 THEN PRINT#KB,HATA5$ : HATA$="VAR"
720 IF HATA$="VAR" GOTO 2020
730 ED(E1Z,1)=INZ
740 ED(E1Z,2)=JNZ
750 ED(E1Z,3)=B
760 ED(E1Z,4)=EJ
770 ED(E1Z,5)=C1:ED(E1Z,6)=C2
780 IF ABS(JNZ-INZ)>BANDZ THEN BANDZ=ABS(JNZ-INZ)
790 NEXT IZ
800 BANDZ=(BANDZ+1)*2-1
810 PRINT#KB,"DENKLEM SAYISI....=":SDZ-SSZ
820 PRINT#KB,"REAKSIYON SAYISI..=":SSZ
830 PRINT#KB,"YARI BAND GENISLIGI=":BANDZ+1
840 DIM SR(SDZ,BANDZ+1),P(SDZ+BANDZ+1,1),SS(SDZ,3)
850 REM NOKTALARIN KOORDINATLARI
860 READ D0$
870 IF D0$<>D3$ THEN PRINT#KB,HATA7$ : GOTO 2020
880 PRINT#KB,"NOKTALARIN KOORDINATLARI"
890 PRINT#KB,"-----"
900 PRINT#KB,"NOKTA", "X", "Y"
910 PRINT#KB,"-----"
920 FOR I1Z=1 TO NSZ
930 READ KZ,X,Y
940 PRINT#KB,KZ,X,Y
950 IF KZ<1 OR KZ>NSZ THEN PRINT#KB,HATA2$ :HATA$="VAR"
960 IF XY(KZ,1)<>0 THEN PRINT#KB,HATA5$ : HATA$="VAR"
970 IF XY(KZ,2)<>0 THEN PRINT#KB,HATA5$ :HATA$="VAR"
980 IF HATA$="VAR" GOTO 2020
990 XY(KZ,1)=X
1000 IF X<0 THEN PRINT#KB,"ZEMIN DISINDAKI KISIM"

```

```

1010 XY(KZ,2)=Y
1020 NEXT I1%
1030 REM KUVVETLER
1040 READ D0$
1050 IF D0$<>D4$ THEN PRINT#KB,HATA7$ :HATA$="VAR"
1060 PRINT#KB,"VERILMIS KUVVETLER"
1070 PRINT#KB,"-----"
1080 IF KSZ=0 THEN PRINT#KB,"VERILMIS KUVVET YOK"
1090 PRINT#KB,"NOKTA", "YON", "KUVVET"
1100 PRINT#KB,"-----"
1110 FOR IX=1 TO KSZ
1120 READ KZ,YONZ,KUV
1130 PRINT#KB,KZ,YONZ,KUV
1140 IF YONZ<1 OR YONZ>2 THEN PRINT#KB, HATA4$ : HATA$="VAR"
1150 D2Z=2*KZ-2+YONZ
1160 IF P(D2Z,1)<>0 THEN PRINT#KB, HATA5$ :HATA$="VAR"
1170 IF HATA$="VAR" GOTO 2020
1180 P(D2Z,1)=KUV
1190 NEXT IZ
1200 REM SINIR SARTLARI
1210 READ D0$
1220 IF D0$<>D5$ THEN PRINT#KB, HATA2$ : HATA$="VAR"
1230 PRINT#KB,"VERILMIS SINIR SARTLARI"
1240 PRINT#KB,"-----"
1250 PRINT#KB,"NOKTA", "YON", "DEPLASMAN"
1260 PRINT#KB,"-----"
1270 FOR IX=1 TO SSZ
1280 READ KZ,YONZ,DEP
1290 PRINT#KB,KZ,YONZ,DEP
1300 IF KZ<1 OR KZ>NSZ THEN PRINT#KB,HATA2$:HATA$="VAR"
1310 IF YONZ<1 OR YONZ>2 THEN PRINT#KB,HATA4$ : HATA$="VAR"
1320 D2Z=2*KZ-2+YONZ
1330 IF SS(D2Z,1)<>0 THEN PRINT#KB, HATA5$: HATA$="VAR"
1340 IF HATA$="VAR" GOTO 2020
1350 SS(D2Z,1)=YONZ
1360 SS(D2Z,2)=DEP
1370 NEXT IZ
1380 READ D0$
1390 REM SISTEM RIJITLIK MATRISI
1400 GOSUB 2370
1410 REM DEPLASMAN KUVVETLERI
1420 FOR JZ=1 TO SDZ
1430 DEP=SS(JZ,2)
1440 IF DEP<>0 THEN GOSUB 2590
1450 NEXT JZ
1460 REM SINIR SARTLARININ ISLENMESI
1470 FOR JZ=1 TO SDZ
1480 IF SS(JZ,1)=0 GOTO 1510
1490 DEP=SS(JZ,2)
1500 GOSUB 2490

```

```

1510 NEXT JZ
1520 REM DENKLEM SISTEMININ COZUMU
1530 GOSUB 2860
1540 FOR JZ=1 TO SDZ
1550 P(JZ,1)=P(JZ,1)
1560 NEXT JZ
1570 IF HATA#="TEKIL" THEN PRINT#KB,HATA# : GOTO 2020
1580 PRINT#KB,"DEPLASMANLAR"
1590 PRINT#KB,"-----"
1600 PRINT#KB,"NOKTA", "2-YONU-----", "DONME-----"
1610 PRINT#KB,"-----"
1620 FOR IZ=1 TO NSZ
1630 I1Z=2*IZ-2
1640 PRINT#KB, IZ, P(I1Z+1,1), P(I1Z+2,1)
1650 NEXT IZ
1660 REM CUBUK KUVVETLERI
1670 PRINT#KB, "KESME KUVVETI VE MOMENT"
1680 PRINT#KB, "-----"
1690 PRINT#KB, "NOKTA NO", "KESME KUVVETI-----", "MOMENT-----"
1700 PRINT#KB, "-----"
1710 FOR E1Z=1 TO ESZ
1720 GOSUB 2760
1730 PRINT#KB, TAB(3)INZ TAB(15)ROUND(QI,3) TAB(40)ROUND(MI,3)
1740 PRINT#KB, TAB(3)JNZ TAB(15)ROUND(QJ,3) TAB(40)ROUND(MJ,3)
1750 PRINT#KB, "-----"
1760 NEXT E1Z
1770 REM REAKSIYONLAR
1780 PRINT#KB, "REAKSIYONLAR"
1790 PRINT#KB, "-----"
1800 PRINT#KB, "NOKTA", "YON", "REAKSIYON"
1810 PRINT#KB, "-----"
1820 FOR IZ=1 TO SDZ
1830 SR(IZ,1)=0
1840 NEXT IZ
1850 GOSUB 2370
1860 FOR JZ=1 TO SDZ
1870 YONZ=SS(JZ,1)
1880 IF YONZ=0 GOTO 2000
1890 A=0
1900 FOR KZ=2 TO BANDX+1
1910 JZ%=JZ-1+KZ
1920 A=A+SR(JZ,KZ)*P(JZ%,1)
1930 IF JZ<KZ GOTO 1960
1940 J1Z=JZ+1-KZ
1950 A=A+SR(J1Z,KZ)*P(J1Z,1)
1960 NEXT KZ
1970 A=E*(A+SR(JZ,1)*P(JZ,1))+SS(JZ,3)
1980 KZ=(JZ-YONZ+2)/2
1990 PRINT#KB, KZ, YONZ, A
2000 NEXT JZ

```

```

2010 PRINT#KB,"----HESAP SONU----"
2020 END
2030 REM ELEMANIN GLOBAL RIJITLIK MATRISI
2040 GR(1,1)=12*A1+4992*B1-84*B2
2050 GR(2,1)=6*L*A1+704*L*B1-8*L*B2
2060 GR(3,1)=-12*A1+1728*B1
2070 GR(4,1)=6*L*A1-416*L*B1+L*B2
2080 GR(2,2)=4*L^2*A1+128*L^2*B1-L^2*B2
2090 GR(3,2)=-6*L*A1+416*L*B1+L*B2
2100 GR(4,2)=2*L^2*A1-96*L^2*B1
2110 GR(3,3)=12*A1+4992*B1+84*B2
2120 GR(4,3)=-6*L*A1-704*L*B1-8*L*B2
2130 GR(4,4)=4*L^2*A1+128*L^2*B1+L^2*B2
2140 GR(1,2)=GR(2,1)
2150 GR(1,3)=GR(3,1)
2160 GR(1,4)=GR(4,1)
2170 GR(2,4)=GR(4,2)
2180 GR(3,4)=GR(4,3)
2190 FOR IX=1 TO 4
2200 FOR JX=IX+1 TO 4
2210 GR(IX,JX)=GR(JX,IX)
2220 NEXT JX
2230 NEXT IX
2240 RETURN
2250 REM ELEMANIN GEOMETRIK OZELLIKLERI
2260 JNZ=ED(E1X,2) : INZ=ED(E1X,1)
2270 X=XY(JNZ,1)-XY(INZ,1)
2280 Y=XY(JNZ,2)-XY(INZ,2)
2290 L=SGR(X*X+Y*Y)
2300 EJ=ED(E1X,4) : C1=ED(E1X,5) : C2=ED(E1X,6)
2310 C0=(C1+C2)/2 : DELTAC=C2-C0
2320 A1=EJ/L^3
2330 B1=C0*B*L/13440
2340 B2=DELTAC*B*L/420
2350 RETURN
2360 REM SISTEM RIJITLIK MATRISI
2370 FOR E1X=1 TO ESX
2380 GOSUB 2260
2390 GOSUB 2040
2400 REM ELM. RIJITLIGININ SIST. RIJITLIGINE EKLENMESI
2410 I1X=2*INZ-2
2420 J1X=2*JNZ-2
2430 U(1)=I1X+1
2440 U(2)=I1X+2
2450 U(3)=J1X+1
2460 U(4)=J1X+2
2470 FOR I1X=1 TO 4
2480 IX=U(I1X)
2490 FOR J1X=1 TO 4
2500 JX=U(J1X)

```

```

2510 IF JX<IX GOTO 2540
2520 JZ=JX-IX+1
2530 SR(IX,JZ)=SR(IX,JZ)+GR(IX,JZ)
2540 NEXT JZ
2550 NEXT IX
2560 NEXT EIX
2570 RETURN
2580 REM VERILMIS DEPLASMANLARDAN OLUSAN KUVVETLER
2590 T=E*DEP
2600 FOR KZ=2 TO BANDX+1
2610 JZ=JX-1+KZ
2620 P(JZ,1)=P(JZ,1)-SR(JZ,KZ)*T
2630 IF JX<KZ GOTO 2660
2640 JZ=JX+1-KZ
2650 P(JZ,1)=P(JZ,1)-SR(JZ,KZ)*T
2660 NEXT KZ
2670 RETURN
2680 REM SINIR SARTLARININ ISLENMESI
2690 FOR KZ=2 TO BANDX+1
2700 SR(JZ,KZ)=0
2710 IF JZ>=KZ THEN SR(JZ+1-KZ,KZ)=0
2720 NEXT KZ
2730 SR(JZ,1)=1 : P(JZ,1)=E*DEP
2740 RETURN
2750 REM CUBUK KUVVETLERI
2760 GOSUB 2260
2770 GOSUB 2040
2780 I1X=2*INX-2
2790 J1X=2*JNX-2
2800 QI=P(I1X+1,1)*GR(1,1)+P(I1X+2,1)*GR(1,2)+P(J1X+1,1)*GR(1,3)+P(J1X+2,1)*GR(1,4)
2810 MI=P(I1X+1,1)*GR(2,1)+P(I1X+2,1)*GR(2,2)+P(J1X+2-1,1)*GR(2,3)+P(J1X+2,1)*GR(2,4)
2820 OJ=P(I1X+1,1)*GR(3,1)+P(I1X+2,1)*GR(3,2)+P(J1X+1,1)*GR(3,3)+P(J1X+2,1)*GR(3,4)
2830 NJ=P(I1X+1,1)*GR(4,1)+P(I1X+2,1)*GR(4,2)+P(J1X+2-1,1)*GR(4,3)+P(J1X+2,1)*GR(4,4)
2840 RETURN
2850 REM DENKLEM SISTEMININ COZUMU
2860 G=0 : A$="DUZENLI"
2870 REM NORM
2880 FOR IX=1 TO SDX
2890 IF SR(IX,1)>G THEN G=SR(IX,1)
2900 NEXT IX
2910 IF G<=0 GOTO 3360
2920 G=G*0.000001
2930 LX=BANDX+1
2940 REM CARPANLARA AYIRMA
2950 FOR NX=1 TO SDX
2960 T=SR(NX,1)
2970 IF T<G GOTO 3360
2980 T=SQR(T)
2990 FOR JZ=1 TO LX
3000 SR(NX,JZ)=SR(NX,JZ)/T

```



```
3010 NEXT JZ
3020 FOR JZ=1 TO BANDZ
3030 IZ=NZ+JZ
3040 IF IZ>SDZ GOTO 3110
3050 T=SR(NZ,JZ+1)
3060 FOR KZ=JZ TO BANDZ
3070 I1Z=1+KZ-JZ
3080 SR(IZ,I1Z)=SR(IZ,I1Z)-T*SR(NZ,KZ+1)
3090 NEXT KZ
3100 NEXT JZ
3110 NEXT NZ
3120 REM ILERI HESAP
3130 FOR NZ=1 TO SDZ
3140 P(NZ,1)=P(NZ,1)/SR(NZ,1)
3150 FOR JZ=1 TO BANDZ
3160 IZ=NZ+JZ
3170 IF IZ>SDZ GOTO 3210
3180 T=SR(NZ,JZ+1)
3190 P(IZ,1)=P(IZ,1)-T*P(NZ,1)
3200 NEXT JZ
3210 NEXT NZ
3220 REM GERI HESAP
3230 P(SDZ,1)=P(SDZ,1)/SR(SDZ,1)
3240 FOR IZ=1 TO SDZ-1
3250 KZ=SDZ-IZ
3260 T=0
3270 FOR JZ=1 TO BANDZ
3280 I1Z=JZ+KZ
3290 IF SDZ<I1Z GOTO 3320
3300 T=T+SR(KZ,JZ+1)*P(I1Z,1)
3310 NEXT JZ
3320 P(KZ,1)=(P(KZ,1)-T)/SR(KZ,1)
3330 NEXT IZ
3340 RETURN
3350 REM MATRIS NEGATIF VEYA TEKIL TARIFLI
3360 A$="TEKIL"
3370 RETURN
3380 DATA ANA VERILER
3390 DATA "TEKIL KAZIGIN -1.00m*6+2.00m*12- 1IK IDEALIZASYON ICIN COZUMU"
3400 DATA 18,19,30
3410 DATA 1,0
3420 DATA ELEMENLARIN TARIFI
3430 DATA 1,1,2,0.407,41735.4,50000,50000
3440 DATA 2,2,3,0.407,41735.4,50000,50000
3450 DATA 3,3,4,0.407,41735.4,50000,50000
```

PROBLEM:

ORNEK 2.1 - (1) TEKİL KAZIGIN 0.50m*12 + 2.00m*12' LİK İDEALİZASYON İCİN ÇÖZÜMÜ

ELEMAN SAYISI.....= 24
 NOKTA SAYISI.....= 25
 KUVVET SAYISI.....= 1
 KAZIK BOYU(metre).....= 30
 SINIR SARTI SAYISI.....= 0
 SİSTEM SERBESTLİK DEREDESİ.....= 50
 ELEMAN TARIFLARI

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	KESİT ALANI	EJ	C-ÜST	C-ALT
1	1	2	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
2	2	3	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
3	3	4	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
4	4	5	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
5	5	6	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
6	6	7	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
7	7	8	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
8	8	9	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
9	9	10	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
10	10	11	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
11	11	12	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
12	12	13	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
13	13	14	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
14	14	15	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
15	15	16	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
16	16	17	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
17	17	18	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
18	18	19	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
19	19	20	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
20	20	21	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
21	21	22	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
22	22	23	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
23	23	24	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
24	24	25	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000

DENKLEM SAYISI....= 50
 REAKSİYON SAYISI..= 0
 YARI BAND GENİSLİĞİ= 4
 NOKTALARIN KOORDİNATLARI

NOKTA	X	Y
1	0	0
2	0.5	0
3	1	0
4	1.5	0
5	2	0
6	2.5	0
7	3	0
8	3.5	0
9	4	0
10	4.5	0

11	5	0
12	5.5	0
13	6	0
14	8	0
15	10	0
16	12	0
17	14	0
18	16	0
19	18	0
20	20	0
21	22	0
22	24	0
23	26	0
24	28	0
25	30	0

VERILMIS KUVVETLER

NOKTA	YDN	KUVVET
1	1	50

VERILMIS SINIR BARTLARI

NOKTA	YDN	DEPLASMAN
-------	-----	-----------

DEPLASMANLAR

NOKTA	2-YONU-----	DONME-----
1	0.002903492	-1.71564E-03
2	2.06716E-03	-1.59322E-03
3	1.33540E-03	-1.31842E-03
4	7.56630E-04	-9.94938E-04
5	3.37785E-04	-6.86516E-04
6	6.19293E-05	-4.26504E-04
7	-9.88910E-05	-2.27084E-04
8	-1.75104E-04	-8.71270E-05
9	-1.94552E-04	1.71432E-06
10	-1.80031E-04	5.07045E-05
11	-1.48579E-04	7.12580E-05
12	-1.11832E-04	7.33883E-05
13	-7.69263E-05	6.50306E-05
14	4.67985E-07	1.48800E-05
15	7.30265E-06	-2.65964E-06
16	1.63601E-06	-2.00352E-06
17	-3.06704E-07	-2.12098E-07
18	-2.23567E-07	1.38604E-07
19	-2.27393E-08	5.17200E-08
20	1.56603E-08	-1.06676E-09
21	5.73405E-09	-5.08323E-09
22	-1.50418E-10	-1.07262E-09
23	-5.81998E-10	2.25399E-10
24	-1.16973E-10	1.77480E-10
25	1.51886E-10	1.17423E-10

KESME KUVVETI VE MOMENT

NOKTA NO	KESME KUVVETI-----	MOMENT-----
1	50	0
2	-24.764	18.336
2	24.764	-18.336
3	-7.57	26.108
3	7.57	-26.108
4	2.936	27.021
4	-2.936	-27.021
5	8.373	24.016
5	-8.373	-24.016
6	10.297	19.232
6	-10.297	-19.232
7	10.024	14.084
7	-10.024	-14.084
8	8.571	9.403
8	-8.571	-9.403
9	6.653	5.589
9	-6.653	-5.589
10	4.726	2.75
10	-4.726	-2.75
11	3.046	0.821
11	-3.046	-0.821
12	1.72	-0.355
12	-1.72	0.355
13	0.763	-0.961
13	-0.763	0.961
14	-0.453	-0.75
14	0.453	0.75
15	-0.175	-0.083
15	0.175	0.083
16	0.002	0.051
16	-0.002	-0.051
17	0.017	0.019
17	-0.017	-0.019
18	0.004	0

18	-0.004	0
19	-0.001	-0.002
19	0.001	0.002
20	-0.001	0
20	0.001	0
21	0	0
21	0	0
22	0	0
22	0	0
23	0	0
23	0	0
24	0	0
24	0	0
24	0	0
25	0	0

REAKSIYONLAR

NOKTA YON REAKSIYON

---HESAP SONU---

PROBLEM:

ORNEK 2.1(2) TEKİL KAZIGIN 1.00m*6 + 2.00m*12'LİK IDEALIZASYON İCİN ÇÖZÜMÜ

ELEMAN SAYISI.....= 18
 NOKTA SAYISI.....= 19
 KUVVET SAYISI.....= 1
 KAZIK BOYU(metre).....= 30
 SINIR SARTI SAYISI.....= 0
 SİSTEM SERBESTLİK DEREDESİ.....= 38
 ELEMAN TARIFLARI

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	KESİT ALANI	EJ	C-ÜST	C-ALT
1	1	2	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
2	2	3	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
3	3	4	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
4	4	5	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
5	5	6	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
6	6	7	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
7	7	8	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
8	8	9	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
9	9	10	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
10	10	11	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
11	11	12	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
12	12	13	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
13	13	14	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
14	14	15	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
15	15	16	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
16	16	17	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
17	17	18	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
18	18	19	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000

DENKLEM SAYISI.....= 38

REAKSIYON SAYISI..= 0

YARI BAND GENİSLİĞİ= 4

NOKTALARIN KOORDİNATLARI

NOKTA	X	Y
1	0	0
2	1	0
3	2	0
4	3	0
5	4	0
6	5	0
7	6	0
8	8	0
9	10	0
10	12	0
11	14	0
12	16	0
13	18	0
14	20	0
15	22	0
16	24	0

17	26	0
18	28	0
19	30	0

VERILMIS KUVVETLER

NOKTA	YON	KUVVET
-------	-----	--------

1	1	50
---	---	----

VERILMIS SINIR BARTLARI

NOKTA	YON	DEPLASMAN
-------	-----	-----------

DEPLASMANLAR

NOKTA	2-YONU-----	DDNME-----
-------	-------------	------------

1	2.90221E-03	-1.71518E-03
2	1.33459E-03	-1.31795E-03
3	3.37401E-04	-6.86135E-04
4	-9.89679E-05	-2.26854E-04
5	-1.94474E-04	1.80119E-06
6	-1.48465E-04	7.12527E-05
7	-7.68396E-05	6.49891E-05
8	4.82674E-07	1.48579E-05
9	7.29792E-06	-2.66085E-06
10	1.63355E-06	-2.00173E-06
11	-3.06828E-07	-2.11573E-07
12	-2.23365E-07	1.38557E-07
13	-2.26813E-08	5.16602E-08
14	1.56747E-08	-1.07616E-09
15	5.72735E-09	-5.07979E-09
16	-1.51438E-10	-1.07094E-09
17	-5.81495E-10	2.25466E-10
18	-1.16783E-10	1.77318E-10
19	1.51780E-10	1.17284E-10

KESME KUVVETI VE MOMENT

NOKTA NO	KESME KUVVETI-----	MOMENT-----
----------	--------------------	-------------

1	50	0
2	-7.564	26.106
2	7.564	-26.106
3	8.377	24.011
3	-8.377	-24.011
4	10.024	14.077
4	-10.024	-14.077
5	6.65	5.584
5	-6.65	-5.584
6	3.043	0.818

6	-3.043	-0.818
7	0.751	-0.961

7	-0.751	0.961
8	-0.452	-0.749

8	0.452	0.749
9	-0.175	-0.082

9	0.175	0.082
10	0.002	0.051

10	-0.002	-0.051
11	0.017	0.019

11	-0.017	-0.019
12	0.004	0

12	-0.004	0
13	-0.001	-0.002

13	0.001	0.002
14	-0.001	0

14	0.001	0
15	0	0

15	0	0
16	0	0

16	0	0
17	0	0

17	0	0
18	0	0

18	0	0
19	0	0

REAKSIYONLAR

NOKTA YDN REAKSIYON

---HESAP SONU---

PROBLEM:

ORNEK 2.1 - ③ TEKİL KAZIĞIN 2.00 m' LİK IDEALİZASYON İCİN ÇÖZÜMÜ

ELEMAN SAYISI.....= 15
 NOKTA SAYISI.....= 16
 KUVVET SAYISI.....= 1
 KAZIK BOYU(metre).....= 30
 SINIR SARTI SAYISI.....= 0
 SİSTEM SERBESTLİK DERECESESİ.....= 32
 ELEMAN TARIFLARI

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	KESİT ALANI	EJ	C-UST	C-ALT
1	1	2	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
2	2	3	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
3	3	4	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
4	4	5	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
5	5	6	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
6	6	7	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
7	7	8	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
8	8	9	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
9	9	10	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
10	10	11	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
11	11	12	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
12	12	13	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
13	13	14	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
14	14	15	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000
15	15	16	0.4070	41735.40	50000.000	50000.000

DENKLEM SAYISI....= 32

REAKSİYON SAYISI...= 0

YARI BAND GENİSLİĞİ= 4

NOKTALARIN KOORDİNATLARI

NOKTA	X	Y
1	0	0
2	2	0
3	4	0
4	6	0
5	8	0
6	10	0
7	12	0
8	14	0
9	16	0
10	18	0
11	20	0
12	22	0
13	24	0
14	26	0
15	28	0
16	30	0

VERILMIS KUVVETLER

NOKTA	YON	KUVVET
-------	-----	--------

1	1	50
---	---	----

VERILMIS SINIR SARTLARI

NOKTA	YON	DEPLASMAN
-------	-----	-----------

DEPLASMANLAR

NOKTA	2-YONU-----	DONME-----
1	2.88602E-03	-1.71101E-03
2	3.30949E-04	-6.80806E-04
3	-1.93806E-04	3.43157E-06
4	-7.55341E-05	6.44659E-05
5	7.52315E-07	1.45077E-05
6	7.23784E-06	-2.69245E-06
7	1.59451E-06	-1.97625E-06
8	-3.10189E-07	-2.02756E-07
9	-2.20487E-07	1.38202E-07
10	-2.17048E-08	5.07538E-08
11	1.56301E-08	-1.25143E-09
12	5.62575E-09	-5.03533E-09
13	-1.70602E-10	-1.04428E-09
14	-5.76244E-10	2.27503E-10
15	-1.13747E-10	1.74995E-10
16	1.50398E-10	1.15159E-10

KESME KUVVETI VE MOMENT

NOKTA NO	KESME KUVVETI-----	MOMENT-----
1	50	0
2	8.477	23.97
2	-8.477	-23.97
3	6.626	5.514
3	-6.626	-5.514
4	0.731	-0.974
4	-0.731	0.974
5	-0.452	-0.74
5	0.452	0.74
6	-0.172	-0.079
6	0.172	0.079
7	0.003	0.051
7	-0.003	-0.051
8	0.017	0.019

8	-0.017	-0.019
9	0.004	0

9	-0.004	0
10	-0.001	-0.002

10	0.001	0.002
11	-0.001	0

11	0.001	0
12	0	0

12	0	0
13	0	0

13	0	0
14	0	0

14	0	0
15	0	0

15	0	0
16	0	0

REAKSIYONLAR

NOKTA	YDN	REAKSIYDN
-------	-----	-----------

---HESAP SONU---

PROBLEM:

ORNEK 2.2-① TAKVIYESİZ KAZIĞIN .25m' LİK IDEALİZASYON İCİN ÇÖZÜMÜ

ELEMAN SAYISI.....= 49
 NOKTA SAYISI.....= 50
 KUVVET SAYISI.....= 2
 KAZIK BOYU(metre).....= 12
 SINIR SARTI SAYISI.....= 0
 SİSTEM SERBESTLİK DEREDESİ.....= 100
 ELEMAN TARIFLARI

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	KESİT ALANI	EL.MOD * J.AT.MOM	C-ÜST	C-ALT
1	1	2	0.5340	20202.00	0.000	0.000
2	2	3	0.5340	20202.00	0.000	0.000
3	3	4	0.5340	20202.00	0.000	416.666
4	4	5	0.5340	20202.00	416.666	833.333
5	5	6	0.5340	20202.00	833.333	1250.000
6	6	7	0.5340	20202.00	1250.000	1666.666
7	7	8	0.5340	20202.00	1666.666	2083.333
8	8	9	0.5340	20202.00	2083.333	2500.000
9	9	10	0.5340	20202.00	2500.000	2916.666
10	10	11	0.5340	20202.00	2916.666	3333.333
11	11	12	0.5340	20202.00	3333.333	3750.000
12	12	13	0.5340	20202.00	3750.000	4166.666
13	13	14	0.5340	20202.00	4166.666	4583.333
14	14	15	0.5340	20202.00	4583.333	5000.000
15	15	16	0.5340	20202.00	5000.000	5416.666
16	16	17	0.5340	20202.00	5416.666	5833.333
17	17	18	0.5340	20202.00	5833.333	6250.000
18	18	19	0.5340	20202.00	6250.000	6666.666
19	19	20	0.5340	20202.00	6666.666	7083.333
20	20	21	0.5340	20202.00	7083.333	7499.999
21	21	22	0.5340	20202.00	7499.999	7916.666
22	22	23	0.5340	20202.00	7916.666	8333.333
23	23	24	0.5340	20202.00	8333.333	8750.000
24	24	25	0.5340	20202.00	8750.000	9166.666
25	25	26	0.5340	20202.00	9166.666	9583.333
26	26	27	0.5340	20202.00	9583.333	10000.000
27	27	28	0.5340	20202.00	10000.000	10416.666
28	28	29	0.5340	20202.00	10416.666	10833.333
29	29	30	0.5340	20202.00	10833.333	11250.000
30	30	31	0.5340	20202.00	11250.000	11666.666
31	31	32	0.5340	20202.00	11666.666	12083.333
32	32	33	0.5340	20202.00	12083.333	12500.000
33	33	34	0.5340	20202.00	12500.000	12916.666
34	34	35	0.5340	20202.00	12916.666	13333.333
35	35	36	0.5340	20202.00	13333.333	13750.000
36	36	37	0.5340	20202.00	13750.000	14166.666
37	37	38	0.5340	20202.00	14166.666	14583.333
38	38	39	0.5340	20202.00	14583.333	15000.000
39	39	40	0.5340	20202.00	15000.000	15416.666
40	40	41	0.5340	20202.00	15416.666	15833.333
41	41	42	0.5340	20202.00	15833.333	16250.000

42	42	43	0.5340	20202.00	16250.000	16666.666
43	43	44	0.5340	20202.00	16666.666	17083.333
44	44	45	0.5340	20202.00	17083.333	17500.000
45	45	46	0.5340	20202.00	17500.000	17916.666
46	46	47	0.5340	20202.00	17916.666	18333.333
47	47	48	0.5340	20202.00	18333.333	18750.000
48	48	49	0.5340	20202.00	18750.000	19166.666
49	49	50	0.5340	20202.00	19166.666	20000.000

DENKLEM SAYISI....= 100

REAKSIYON SAYISI..= 0

VARI BAND GENISLIGI= 4

NOKTALARIN KOORDINATLARI

NOKTA	X	Y
1	-0.5	0
ZEMIN DISINDAKI KISIM		
2	-0.25	0
ZEMIN DISINDAKI KISIM		
3	0	0
4	0.25	0
5	0.5	0
6	0.75	0
7	1	0
8	1.25	0
9	1.5	0
10	1.75	0
11	2	0
12	2.25	0
13	2.5	0
14	2.75	0
15	3	0
16	3.25	0
17	3.5	0
18	3.75	0
19	4	0
20	4.25	0
21	4.5	0
22	4.75	0
23	5	0
24	5.25	0
25	5.5	0
26	5.75	0
27	6	0
28	6.25	0
29	6.5	0
30	6.75	0
31	7	0
32	7.25	0
33	7.5	0
34	7.75	0
35	8	0
36	8.25	0
37	8.5	0
38	8.75	0

39	9	0
40	9.25	0
41	9.5	0
42	9.75	0
43	10	0
44	10.25	0
45	10.5	0
46	10.75	0
47	11	0
48	11.25	0
49	11.5	0
50	12	0

VERILMIS KUVVETLER

NOKTA	YON	KUVVET
1	1	10
1	2	-5

VERILMIS SINIR BARTLARI

NOKTA	YON	DEPLASMAN
-------	-----	-----------

DEPLASMANLAR

NOKTA	2-YONU-----	DONME-----
1	1.28828E-02	-4.59552E-03
2	1.17430E-02	-4.51818E-03
3	0.010626336	-4.40989E-03
4	9.54062E-03	-4.27075E-03
5	8.49346E-03	-4.10163E-03
6	7.49211E-03	-3.90493E-03
7	6.54308E-03	-3.68374E-03
8	5.65192E-03	-3.44254E-03
9	4.82309E-03	-3.18592E-03
10	4.05993E-03	-0.002918803
11	3.36415E-03	-2.64612E-03
12	2.73684E-03	-2.37263E-03
13	2.17754E-03	-2.10277E-03
14	1.68492E-03	-1.84053E-03
15	1.25634E-03	-1.58939E-03
16	8.88960E-04	-1.35223E-03
17	5.79874E-04	-1.13133E-03
18	3.21800E-04	-9.28358E-04
19	1.13107E-04	-7.44422E-04
20	-5.20465E-05	-5.80094E-04
21	-1.78582E-04	-4.35451E-04
22	-2.71384E-04	-3.10142E-04
23	-3.35205E-04	-2.03447E-04
24	-3.74574E-04	-1.14344E-04
25	-3.93739E-04	-4.15805E-05
26	-3.96608E-04	1.62661E-05
27	-3.86722E-04	6.07260E-05
28	-3.67229E-04	9.33828E-05

29	-3.40881E-04	1.15825E-04
30	-3.10038E-04	1.29605E-04
31	-2.76677E-04	1.36206E-04
32	-2.42417E-04	1.37015E-04
33	-2.08545E-04	1.33303E-04
34	-1.76046E-04	1.26213E-04
35	-1.45636E-04	1.16754E-04
36	-1.17794E-04	1.05795E-04
37	-9.28013E-05	9.40729E-05
38	-7.07703E-05	8.21927E-05
39	-5.16774E-05	7.06394E-05
40	-3.53920E-05	5.97862E-05
41	-2.17030E-05	4.99058E-05
42	-1.03425E-05	4.11818E-05
43	-1.00676E-06	3.37199E-05
44	6.62593E-06	2.75583E-05
45	1.28792E-05	2.26771E-05
46	1.80655E-05	1.90063E-05
47	2.24739E-05	1.64326E-05
48	2.63606E-05	1.48040E-05
49	2.99392E-05	1.39335E-05
50	3.67631E-05	1.35511E-05

KESME KUVVETI VE MOMENT

NOKTA NO	KESME KUVVETI-----	MOMENT-----
1	10	-5
2	-10	7.5
2	10	-7.5
3	-10	10
3	10	-10
4	-9.725	12.477
4	9.725	-12.477
5	-8.978	14.824
5	8.978	-14.824
6	-7.872	16.936
6	7.872	-16.936
7	-6.512	18.739
7	6.512	-18.739
8	-4.991	20.179
8	4.991	-20.179
9	-3.394	21.228
9	3.394	-21.228
10	-1.794	21.876
10	1.794	-21.876
11	-0.251	22.13

11	0.251	-22.13
12	1.185	22.011
12	-1.185	-22.011
13	2.478	21.549
13	-2.478	-21.549
14	3.601	20.786
14	-3.601	-20.786
15	4.536	19.764
15	-4.536	-19.764
16	5.277	18.534
16	-5.277	-18.534
17	5.809	17.145
17	-5.809	-17.145
18	6.168	15.644
18	-6.168	-15.644
19	6.351	14.075
19	-6.351	-14.075
20	6.375	12.482
20	-6.375	-12.482
21	6.259	10.9
21	-6.259	-10.9
22	6.024	9.362
22	-6.024	-9.362
23	5.693	7.896
23	-5.693	-7.896
24	5.286	6.522
24	-5.286	-6.522
25	4.825	5.257
25	-4.825	-5.257
26	4.328	4.112
26	-4.328	-4.112
27	3.815	3.094
27	-3.815	-3.094
28	3.301	2.205
28	-3.301	-2.205
29	2.798	1.443

29	-2.798	-1.443
30	2.318	0.804
30	-2.318	-0.804
31	1.869	0.281
31	-1.869	-0.281
32	1.458	-0.134
32	-1.458	0.134
33	1.088	-0.451
33	-1.088	0.451
34	0.762	-0.681
34	-0.762	0.681
35	0.481	-0.836
35	-0.481	0.836
36	0.243	-0.925
36	-0.243	0.925
37	0.048	-0.961
37	-0.048	0.961
38	-0.109	-0.953
38	0.109	0.953
39	-0.229	-0.91
39	0.229	0.91
40	-0.317	-0.841
40	0.317	0.841
41	-0.376	-0.754
41	0.376	0.754
42	-0.41	-0.655
42	0.41	0.655
43	-0.422	-0.551
43	0.422	0.551
44	-0.415	-0.446
44	0.415	0.446
45	-0.392	-0.344
45	0.392	0.344
46	-0.356	-0.251
46	0.356	0.251
47	-0.306	-0.167

47	0.306	0.167
48	-0.246	-0.098
48	0.246	0.098
49	-0.175	-0.045
49	0.175	0.045
50	0	0

REAKSIYONLAR

NOKTA	YON	REAKSIYON
-------	-----	-----------

---HESAP SONU---

PROBLEM:

ORNEK 2.2-2 TAKVIYELI KAZIGIN 0.25m' LİK IDEALIZASYON İCİN ÇÖZÜMÜ

ELEMAN SAYISI.....= 49
 NOKTA SAYISI.....= 50
 KUVVET SAYISI.....= 2
 KAZIK BOYU(metre).....= 12
 SINIR SARTI SAYISI.....= 0
 SİSTEM SERBESTLİK DEREJESİ.....= 100
 ELEMAN TARIFLARI

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	KESİT ALANI	EJ	C-ÜST	C-ALT
1	1	2	0.5340	20202.00	0.000	0.000
2	2	3	0.5340	20202.00	0.000	0.000
3	3	4	0.5340	20202.00	0.000	416.666
4	4	5	0.5340	20202.00	416.666	833.333
5	5	6	0.5340	20202.00	833.333	1250.000
6	6	7	0.5340	20202.00	1250.000	1666.666
7	7	8	0.5340	61362.00	1666.666	2083.333
8	8	9	0.5340	61362.00	2083.333	2500.000
9	9	10	0.5340	61362.00	2500.000	2916.666
10	10	11	0.5340	61362.00	2916.666	3333.333
11	11	12	0.5340	61362.00	3333.333	3750.000
12	12	13	0.5340	61362.00	3750.000	4166.666
13	13	14	0.5340	61362.00	4166.666	4583.333
14	14	15	0.5340	61362.00	4583.333	5000.000
15	15	16	0.5340	61362.00	5000.000	5416.666
16	16	17	0.5340	61362.00	5416.666	5833.333
17	17	18	0.5340	61362.00	5833.333	6250.000
18	18	19	0.5340	61362.00	6250.000	6666.666
19	19	20	0.5340	61362.00	6666.666	7083.333
20	20	21	0.5340	61362.00	7083.333	7499.999
21	21	22	0.5340	61362.00	7499.999	7916.666
22	22	23	0.5340	61362.00	7916.666	8333.333
23	23	24	0.5340	61362.00	8333.333	8750.000
24	24	25	0.5340	61362.00	8750.000	9166.666
25	25	26	0.5340	20202.00	9166.666	9583.333
26	26	27	0.5340	20202.00	9583.333	10000.000
27	27	28	0.5340	20202.00	10000.000	10416.666
28	28	29	0.5340	20202.00	10416.666	10833.333
29	29	30	0.5340	20202.00	10833.333	11250.000
30	30	31	0.5340	20202.00	11250.000	11666.666
31	31	32	0.5340	20202.00	11666.666	12083.333
32	32	33	0.5340	20202.00	12083.333	12500.000
33	33	34	0.5340	20202.00	12500.000	12916.666
34	34	35	0.5340	20202.00	12916.666	13333.333
35	35	36	0.5340	20202.00	13333.333	13750.000
36	36	37	0.5340	20202.00	13750.000	14166.666
37	37	38	0.5340	20202.00	14166.666	14583.333
38	38	39	0.5340	20202.00	14583.333	15000.000
39	39	40	0.5340	20202.00	15000.000	15416.666
40	40	41	0.5340	20202.00	15416.666	15833.333
41	41	42	0.5340	20202.00	15833.333	16250.000

42	42	43	0.5340	20202.00	16250.000	16666.666
43	43	44	0.5340	20202.00	16666.666	17083.333
44	44	45	0.5340	20202.00	17083.333	17500.000
45	45	46	0.5340	20202.00	17500.000	17916.666
46	46	47	0.5340	20202.00	17916.666	18333.333
47	47	48	0.5340	20202.00	18333.333	18750.000
48	48	49	0.5340	20202.00	18750.000	19166.666
49	49	50	0.5340	20202.00	19166.666	20000.000

DENKLEM SAYISI....= 100

REAKSIYON SAYISI..= 0

YARI BAND GENISLIGI= 4

NOKTALARIN KOORDINATLARI

NOKTA	X	Y
1	-0.5	0
ZEMIN DISINDAKI KISIM		
2	-0.25	0
ZEMIN DISINDAKI KISIM		
3	0	0
4	0.25	0
5	0.5	0
6	0.75	0
7	1	0
8	1.25	0
9	1.5	0
10	1.75	0
11	2	0
12	2.25	0
13	2.5	0
14	2.75	0
15	3	0
16	3.25	0
17	3.5	0
18	3.75	0
19	4	0
20	4.25	0
21	4.5	0
22	4.75	0
23	5	0
24	5.25	0
25	5.5	0
26	5.75	0
27	6	0
28	6.25	0
29	6.5	0
30	6.75	0
31	7	0
32	7.25	0
33	7.5	0
34	7.75	0
35	8	0
36	8.25	0
37	8.5	0
38	8.75	0

39	9	0
40	9.25	0
41	9.5	0
42	9.75	0
43	10	0
44	10.25	0
45	10.5	0
46	10.75	0
47	11	0
48	11.25	0
49	11.5	0
50	12	0

VERILMIS KUVVETLER

NOKTA	YON	KUVVET
1	1	10
1	2	-5

VERILMIS SINIR SARTLARI

NOKTA	YON	DEPLASMAN
-------	-----	-----------

DEPLASMANLAR

NOKTA	2-YONU-----	DONME-----
1	8.38948E-03	-2.83057E-03
2	7.69086E-03	-2.75322E-03
3	7.01545E-03	-2.64494E-03
4	6.37097E-03	-2.50577E-03
5	5.76509E-03	-2.33630E-03
6	5.20521E-03	-2.13809E-03
7	4.69825E-03	-1.91346E-03
8	4.22994E-03	-1.83178E-03
9	3.78291E-03	-1.74352E-03
10	3.35863E-03	-1.64998E-03
11	2.95829E-03	-1.55225E-03
12	2.58273E-03	-1.45189E-03
13	2.23246E-03	-1.35016E-03
14	1.90766E-03	-1.24834E-03
15	1.60820E-03	-1.14767E-03
16	1.33364E-03	-1.04928E-03
17	1.08328E-03	-9.54209E-04
18	8.56179E-04	-8.63361E-04
19	6.51180E-04	-7.77527E-04
20	4.66942E-04	-6.97366E-04
21	3.01980E-04	-6.23398E-04
22	1.54695E-04	-5.56001E-04
23	2.34117E-05	-4.95414E-04
24	-9.35877E-05	-4.41732E-04
25	-1.98027E-04	-3.94914E-04
26	-2.81103E-04	-2.73010E-04
27	-3.36147E-04	-1.70477E-04
28	-3.67852E-04	-8.60649E-05
29	-3.80566E-04	-1.82884E-05

30	-3.79246E-04	3.44953E-05
31	-3.64424E-04	7.40163E-05
32	-3.42196E-04	1.02031E-04
33	-3.14222E-04	1.20272E-04
34	-2.82736E-04	1.30404E-04
35	-2.49565E-04	1.33993E-04
36	-2.16164E-04	1.32478E-04
37	-1.83642E-04	1.27163E-04
38	-1.52803E-04	1.19197E-04
39	-1.24181E-04	1.09578E-04
40	-9.80812E-05	9.91507E-05
41	-7.46149E-05	8.86122E-05
42	-5.37376E-05	7.85188E-05
43	-3.52827E-05	6.92946E-05
44	-1.89924E-05	6.12414E-05
45	-4.54840E-06	5.45476E-05
46	8.40189E-06	4.92968E-05
47	2.02193E-05	4.54742E-05
48	3.12493E-05	4.29722E-05
49	4.17992E-05	4.15932E-05
50	6.23633E-05	4.09690E-05

KESME KUVVETI VE MOMENT

NOKTA NO	KESME KUVVETI-----	MOMENT-----
1	10	-5
2	-10	7.5
2	10	-7.5
3	-10	10
3	10	-10
4	-9.817	12.485
4	9.818	-12.485
5	-9.314	14.882
5	9.314	-14.882
6	-8.555	17.121
6	8.555	-17.121
7	-7.594	19.143
7	7.594	-19.143
8	-6.48	20.905
8	6.48	-20.905
9	-5.257	22.374
9	5.256	-22.374
10	-3.968	23.528
10	3.968	-23.528
11	-2.653	24.356

11	2.654	-24.356
12	-1.347	24.855
12	1.346	-24.855
13	-0.077	25.032
13	0.077	-25.032
14	1.13	24.899
14	-1.13	-24.899
15	2.251	24.474
15	-2.252	-24.474
16	3.272	23.781
16	-3.272	-23.781
17	4.154	22.852
17	-4.154	-22.852
18	4.934	21.713
18	-4.934	-21.713
19	5.581	20.396
19	-5.581	-20.396
20	6.092	18.934
20	-6.092	-18.934
21	6.464	17.361
21	-6.464	-17.361
22	6.697	15.713
22	-6.697	-15.713
23	6.791	14.025
23	-6.791	-14.025
24	6.749	12.329
24	-6.749	-12.329
25	6.573	10.661
25	-6.573	-10.661
26	6.27	9.053
26	-6.27	-9.053
27	5.864	7.535
27	-5.864	-7.535
28	5.381	6.128
28	-5.381	-6.128
29	4.848	4.848

29	-4.848	-4.848
30	4.288	3.706
30	-4.288	-3.706
31	3.718	2.705
31	-3.718	-2.705
32	3.157	1.846
32	-3.157	-1.846
33	2.618	1.125
33	-2.618	-1.125
34	2.112	0.534
34	-2.112	-0.534
35	1.645	0.065
35	-1.645	-0.065
36	1.225	-0.292
36	-1.225	0.292
37	0.853	-0.551
37	-0.853	0.551
38	0.53	-0.723
38	-0.53	0.723
39	0.257	-0.82
39	-0.257	0.82
40	0.032	-0.856
40	-0.032	0.856
41	-0.147	-0.84
41	0.147	0.84
42	-0.284	-0.785
42	0.284	0.785
43	-0.382	-0.701
43	0.382	0.701
44	-0.442	-0.598
44	0.442	0.598
45	-0.469	-0.483
45	0.469	0.483
46	-0.464	-0.366
46	0.464	0.366
47	-0.429	-0.253

47	0.429	0.253
48	-0.365	-0.154
48	0.365	0.154
49	-0.273	-0.073
49	0.273	0.073
50	0	0

REAKSİYONLAR

NOKTA	YON	REAKSİYON
-------	-----	-----------

---HESAP SONU---

PROBLEM:

ORNEK 2.3 OZEL TEKIL KAZIGIN COZUMU(YATAK KATSAYISI DEGISKEN)

ELEMAN SAYISI.....= 27
 NOKTA SAYISI.....= 28
 KUVVET SAYISI.....= 1
 KAZIK BOYU(metre).....= 17.5
 SINIR SARTI SAYISI.....= 0
 SISTEM SERBESTLIK DEREJESI.....= 56
 ELEMAN TARIFLERI

ELEMAN	I-NOKTASI	J-NOKTASI	KESIT ALANI	EJ	C-UST	C-ALT
1	1	2	0.5080	82488.00	0.000	0.000
2	2	3	0.5080	82488.00	0.000	0.000
3	3	4	0.5080	82488.00	0.000	0.000
4	4	5	0.5080	82488.00	0.000	0.000
5	5	6	0.5080	82488.00	0.000	0.000
6	6	7	0.5080	82488.00	0.000	2500.000
7	7	8	0.5080	82488.00	2500.000	5000.000
8	8	9	0.5080	82488.00	5000.000	7500.000
9	9	10	0.5080	82488.00	7500.000	10000.000
10	10	11	0.5080	82488.00	10000.000	10000.000
11	11	12	0.5080	82488.00	10000.000	10000.000
12	12	13	0.5080	82488.00	10000.000	10000.000
13	13	14	0.5080	82488.00	10000.000	10000.000
14	14	15	0.5080	82488.00	50000.000	50000.000
15	15	16	0.5080	82488.00	50000.000	50000.000
16	16	17	0.5080	82488.00	10000.000	10000.000
17	17	18	0.5080	82488.00	10000.000	10000.000
18	18	19	0.5080	82488.00	10000.000	45000.000
19	19	20	0.5080	82488.00	45000.000	80000.000
20	20	21	0.5080	82488.00	80000.000	82500.000
21	21	22	0.5080	82488.00	82500.000	85000.000
22	22	23	0.5080	82488.00	85000.000	87500.000
23	23	24	0.5080	82488.00	87500.000	90000.000
24	24	25	0.5080	82488.00	90000.000	92500.000
25	25	26	0.5080	82488.00	92500.000	95000.000
26	26	27	0.5080	82488.00	95000.000	97500.000
27	27	28	0.5080	82488.00	97500.000	100000.000

DENKLEM SAYISI....= 56

REAKSIYON SAYISI..= 0

YARI BAND GENISLIGI= 4

NOKTALARIN KOORDINATLARI

NOKTA	X	Y
1	-2.5	0
ZEMIN DISINDAKI KISIM		
2	-2	0
ZEMIN DISINDAKI KISIM		
3	-1.5	0
ZEMIN DISINDAKI KISIM		

4	-1	0
ZEMİN DİSİNDAKİ KISIM		
5	-0.5	0
ZEMİN DİSİNDAKİ KISIM		
6	0	0
7	0.5	0
8	1	0
9	1.5	0
10	2	0
11	2.5	0
12	3	0
13	3.5	0
14	4	0
15	4.5	0
16	5	0
17	5.5	0
18	6	0
19	6.5	0
20	7	0
21	8	0
22	9	0
23	10	0
24	11	0
25	12	0
26	13	0
27	14	0
28	15	0

VERİLMİŞ KUVVETLER

NOKTA	YDN	KUVVET
1	1	40

VERİLMİŞ SINIR ŞARTLARI

NOKTA	YDN	DEPLASMAN
-------	-----	-----------

DEPLASMANLAR

NOKTA	Z-YONU	DONME
1	0.038862676	-8.94900E-03
2	3.43983E-02	-8.88838E-03
3	2.99945E-02	-8.70654E-03
4	2.57119E-02	-8.40346E-03
5	2.16112E-02	-7.97914E-03
6	1.77530E-02	-7.43360E-03
7	1.41977E-02	-6.76813E-03
8	1.10024E-02	-5.99795E-03
9	8.21147E-03	-5.15789E-03
10	5.84872E-03	-4.29284E-03
11	3.91511E-03	-3.44859E-03
12	2.39041E-03	-2.66221E-03
13	1.23915E-03	-1.95795E-03
14	4.16406E-04	-1.34978E-03

15	-1.27923E-04	-8.45428E-04
16	-4.46827E-04	-4.47356E-04
17	-5.91510E-04	-1.47044E-04
18	-6.09175E-04	6.14630E-05
19	-5.44510E-04	1.83449E-04
20	-4.38129E-04	2.31395E-04
21	-2.15025E-04	1.95746E-04
22	-6.30149E-05	1.07800E-04
23	7.43750E-06	3.95810E-05
24	2.54529E-05	2.55665E-06
25	2.06263E-05	-9.32138E-06
26	1.05027E-05	-9.96467E-06
27	1.40133E-06	-8.30754E-06
28	-6.56371E-06	-7.83735E-06

KESME KUVVETI VE MOMENT

NOKTA NO	KESME KUVVETI-----	MOMENT-----
1	40	0
2	-40	20
2	40.001	-20
3	-40.001	40.001
3	40.001	-40.001
4	-40.001	60.001
4	40.001	-60.001
5	-40.001	80.001
5	40.001	-80.001
6	-40.001	100.002
6	40.001	-100.002
7	-35.125	119.158
7	35.125	-119.158
8	-23.323	133.976
8	23.323	-133.976
9	-8.275	141.945
9	8.275	-141.945
10	7.144	142.194
10	-7.144	-142.194
11	19.455	135.34
11	-19.455	-135.34
12	27.379	123.47
12	-27.38	-123.47
13	31.915	108.525

13	-31.915	-108.525
14	33.953	91.971

14	-33.953	-91.971
15	35.518	74.316

15	-35.518	-74.316
16	31.657	57.354

16	-31.657	-57.354
17	30.307	41.848

17	-30.307	-41.848
18	28.76	27.079

18	-28.76	-27.079
19	24.744	13.507

19	-24.744	-13.507
20	16.991	2.962

20	-16.991	-2.962
21	3.658	-6.624

21	-3.658	6.624
22	-1.928	-6.964

22	1.928	6.964
23	-2.886	-4.304

23	2.886	4.304
24	-2.007	-1.79

24	2.007	1.79
25	-0.894	-0.357

25	0.894	0.357
26	-0.151	0.127

26	0.151	-0.127
27	0.132	0.1

27	-0.132	-0.1
28	0	0

REAKSIYONLAR

NOKTA YDN REAKSIYON

---HEBAP SONU---