YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAĞLAM ZEMİNDE OTURAN KAZIK GRUPLARININ ÜÇ BOYUTLU ANALİZİ

93728

Suat KÜÇÜKUĞURLUOĞLU

F.B.E.İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Mekanik Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı :Prof.Sinan ÇAĞDAŞ

Prof Dr. Tuncer ÇELİK

Prof Dr. R. Fanık Yükseler

İSTANBUL, 2000

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ i

FİGÜR LİSTESİ iii

TABLO LİSTESİ iv

ÖRNEK LİSTESİ v

ÖNSÖZ vi

ÖZET vii

1. GİRİŞ 1

2. KAZIK GRUPLARININ ANALİZİ 3

2.1 Kazık analizinin kazık grubu analiziyle kıyaslanması 3
2.2 Düşey kazık grupları 4
2.3 Düşey ve eğimli kazık grupları 5
2.4 Kazıklar için üç yöndeki grafik metod 6
2.5 Elastik teoriye dayanan temeller 8

3. PROGRAMLAMA 9

3.1 Sertlik matrislerinin element formasyonu 9
3.2 Kazık sertlik matrislerinin formasyonu 14
3.3 Kazık sertlik matrislerinin Gauss eliminasyonu 15
3.4 Kosinüs yönünün hesabı 16
3.5 Dönüşüm matrisleri formasyonu 17
3.6 Döndürme matrislerinin düzeni 18
3.7 Dönüşüm matrislerinin düzeni 19
3.8 Gauss eliminasyonu kazık sertlik matrislerinin düzeni 19
3.9 Karşılık kazık grubu sertlik matrislerinin formülasyonu 20
3.10 Karşılık kazıkların yerdeğiştirmelerinin çözümü 21
3.11 Kazıkbaşı reaksiyonlarının determinasyonu 21
3.12 Noktasal yerdeğiştirmelerin ve reaksiyonların determinasyonu 22

4. DİĞER HESAPLAMA YÖNTEMLERİYLE KIYASLAMA 23

4.1 "Grundbau Taschenbuch"tan bir örnek 23
4.2 "Bowles"ten bir örnek 28

5. SONUÇLAR VE YORUMLAR 32

KAYNAKLAR 33

EKLER 34

Ek 1 Program listesi 35
Ek 2 Giriş veri formatı 44
Ek 3 Sayısal örnekler 46

ÖZGEÇMİŞ 54

SİMGE LİSTESİ

A	Kesit alanı (L^2)
Aij	Sertlik matrisi elemanları
$\|A\|_i$	Dönüşüm matrisi
$\|a\|_i$	Kazık başının matrislerdeki yeri
α	Gerilim faktörü (L^{φ})
bij	Yükleme matrislerindeki elemanlarda, eşitliğin diğer tarafındaki sabit sayılar.
BG	Bant matrislerinin genişliği
C	Düşük dereceli reaksiyonun sabit sayısı
C_1, C_2, C_3, C_4	İntegrasyon sabitleri
C (I)	Toprak modüllerinin dizilişi
CO (I)	Kosinüs yönlerinin dizilişleri
$\|d\|_0$	Genel eksende kazıkbaşı yerdeğiştirmeleri matrisleri
$\|d\|_i$	Kazık ekseninde kazıkbaşı yerdeğiştirmeleri matrisleri
E	Elastisite modülü
$EL_{(I)}$	Kazık elemanlarının uzunluklarına göre dizilişi (L)
$\|ER\|_i$	Sertlik matrisleri elemanı
E_X	Her kazık elemanı için X yönündeki momente karşılık gelen sertlik
E_Y	Her kazık elemanı için Y yönündeki momente karşılık gelen sertlik
G	Kazık malzemesi elastisitesinin kesme modülü ($F.L^{-2}$)
γ	Kazık sertlik faktörü : (Cb / 4EI) x 0,25
Gj	Her kazık elemanı için gerilmeye karşılık gelen sertlik
$GL_{(I)}$	Her eleman için gama (L) dizilişi
H	Yatay kuvvet (F)
I	Kazık kesiti için atalet momenti (L^{φ})
|I|	Matris bilgisi
$\|I\ DKR\|_i$	Yeniden düzenlenmiş ve Gauss eliminasyonuna uğramış sertlik matrisleri.
|I DKRT|	Kazık gruplarına karşılık gelen sertlik matrisleri.
$\|I\ KR\|_i$	Yeniden düzenlenmiş kazık sertlik matrisleri
ITS	Eşitliğin diğer tarafındaki sütun sayısı
i	Sertlik matrislerindeki satır sayısı
j	Sertlik matrislerinde sütun sayısı
KS(i,j)	İki boyutlu matrislerin tek boyutlu hale dönüştürülmesiyle ilgili fonksiyon
Q	Kazık elemanı uzunluğu (L)
M	Moment (F x L)
ND	Bir kazıktaki elemanların toplam nokta sayısı
NI	Nokta numarası
$\|NIKR\|_i$	Kazık sertlik matrislerinin yeni dizilişi
N LOAD	Toplam yükleme sayısı
NPKE	Bir gruptaki toplam kazık sayısı
P	Herhangi bir noktadaki yanal alt dereceli reaksiyon (FL^{-1})
P_1, P_2, P_3, P_4	Yükleme matrislerinin elemanları
$\|POC\|_i$	Kazık kafası reaksiyon matrisleri
a	Eksenel kuvvet (F)
$\|q\|_0$	Genel eksendeki dış yüklemeli kazık başı matrisleri
$\|q\|_i$	Kazık eksenindeki kazık başı reaksiyon matrisleri
R	Bileşke kuvvet (F)
$\|T_1\|_i$	Dönüşüm matrisi
$(T_1)_i$	Dönme matrisi
V	Düşey kuvvet (F)
W	Yanal kazık döndürmeleri (L)

X(I)	X, Y, Z koordinatlarının sıralanması
YBG	Yarım bant matrislerinin genişliği

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil.1.1 Dış kuvvetler ve momentlerin etkisindeki sağlam zemine oturan kazık gruplarının 3 boyutlu modellemesi.... 2

Şekil.2.1 İki yöndeki eğilme momenti etkisindeki kazık grubu.... 6

Şekil.2.2 İstinad duvarlarının bağlanması için hazırlığı.... 7

Şekil.2.3 Aynı düzlemde ve üç yöndeki yanal kazıkların grafik metodu.... 8

a) Kuvvetlerin pozisyonlarını ve yönlerini gösteren diyagram

b) Bow'un kuvvetler için diyagramı

Şekil.3.1 Bir kazık elemanın kuvvetler ve yerdeğiştirmeler etkisindeki şematik sunumu.... 9

Şekil.3.2 Bir kazık için sertlik matrisi.... 12

Şekil.3.3 Bir kazık elemanı için yeniden düzenlenmiş sertlik matrisi.... 14

Şekil.3.4 Sertlik matrislerinde elemanların tek boyutlu dizilişi.... 14

Şekil.3.5 Tek boyutlu sertlik matrislerinin bir dosyaya yerleştirilmesi.... 14

Şekil.3.6 Kazık sertlik matrislerinin tek boyutlu dizilişi.... 15

Şekil.3.7 Simetrik bant matrislerinin Gauss eliminasyonu.... 15

Şekil.3.8 Düşey kazığın kosinüs yönü.... 17

Şekil.3.9 Gauss eliminasyonuna uğramış kazık başı sertlik matrisler.... 18

Şekil.3.10 Kazıkbaşı sertlik matrislerinin yeniden düzenlenmesi.... 21

Şekil.3.11 Kazık sertlik matrislerinin yeni dizilişi.... 22

Şekil.3.12 Nokta numaraları ile sertlik matrisleri elemanları arasındaki ilişkinin şematik sunumu.... 24

Şekil.4.1 "Grundbau Taschenbuch" tan bir örnek.... 25

Şekil.4.2 "Bowles" ten bir örnek.... 27

Şekil.4.3 Eksenel ve yanal kuvvetlerin, Bowles tarafından geliştirilmiş programla elde edilen sonuçları.... 29

Şekil.4.4 Grundbau Taschenbuch örneği.... 31

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge.4.1 "Grundbau Taschenbuch" örneğindeki kazıkların eksenel reaksiyonları.....25

Çizelge.4.2 Üç değişik oran için "Bowles" örneğindeki kazıkların eksenel ve yanal reaksiyonları.....26

Çizelge.4.3 Bowles tarafından geliştirilen program yardımıyla eksenel ve yanal kuvvetlerin hesaplanması.....29

Çizelge.4.4 Geliştirilen programla eksenel ve yanal kuvvetlerin hesaplanması. 30

ÖRNEK LİSTESİ

		Sayfa
F. A-1	Örnek numarası 1	46
F. A-2	Örnek numarası 2	48
F. A-3	Örnek numarası 3	51

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasındaki değerli katkılarından ve bana karşı göstermiş olduğu toleranstan dolayı Prof Sinan ÇAĞDAŞ' a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca yardımlarından ve değerli tavsiyelerinden dolayı Prof. Dr. Ercüment KÖKSAL' a teşekkür etmek isterim.

SAĞLAM ZEMİNE OTURAN KAZIK GRUPLARININ ÜÇ BOYUTLU ANALİZİ

Suat KÜÇÜKUĞURLUOĞLU
İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Köprü tabliyeleri, rıhtım ve istinat duvarları ve benzeri yapıların temellerinde, kazıklar genellikle gruplar halinde kullanılmakta bu da grup reaksiyonunun doğmasına neden olmaktadır. Ayrıca ortaya çıkan grup reaksiyonunun kazıklar arasındaki dağılımının belirlenmesi problemi de ortaya çıkmaktadır. Özellikle, eğer kazık grubu düşey ve eğik kazıklardan meydana gelmişse ve bu grup yatay ve düşey yükler etkisi altındaysa , veya bu yükler eksantrik olarak etkiyorsa; her kazığın ne kadar yük taşıdığı sorusu daha da önem kazanmaktadır. Çalışmada bu tip sistemlerin üç boyutlu analizi ele alınmıştır. Üstyapıdan etkiyen dış yüklerin sonsuz rijit bir tabliye tarafından kazıklara aktarıldığı ve kazıkların sağlam zemine ulaştıkları varsayılmıştır. Her kazık yatay yönde eşit sayılı lineer elastik yay reaksiyonlarıyla desteklenmiş bir kiriş olarak idealize edilmiştir. Böylelikle gruptaki her bir kazığa etkiyen kesme ve eksenel kuvvetlerle momentler bulunmuştur. Ayrıca yükler altında ortaya çıkan deplasman ve dönmeler de hesaplanmıştır. Literatürden verilen bazı örnekler geliştirilen programdan elde edilen neticelerle karşılaştırılmıştır.

THREE DIMENSIONAL ANALYSIS OF POINT-BERING PILE GROUPS

ABSTRACT

Piles in the foundation of structures like bridge piers, quays, retaining walls and the like are usually installed in groups resulting in a group reaction. This brings about the problem of determining the distribution of this reaction among individual piles in the group. Especially, if a group of files consists of both vertical and battered piles, if there are both horizontal and vertical loads or if the loads on the group are eccentric with respect to the pile group, the question of what load is carried by each pile in the group naturally arises. This study attemps to develop a computer program providing the three dimensional analysis of such systems. Here it is assumed that external loads from the superstructure are transfered to the piles through an infinitely rigid pile cap, and piles reach the bearing strata. Each pile is idealized as a beam having a uniform distirbuted linearly elastic spring reaction in the lateral direction. Thus; shears, axial forces and moments acting on the piles within the group are determined. Teh displacements and rotations of each single pile are also calculated. The results of the analysis are checked against the solutions of some particular examples given in the literature.

1. GİRİŞ

Kazık temellerin analizi, araştırmalarda önemli bir alan olagelmiştir. Bu konuyla ilgili yaklaşımlar geliştirilmiş ve bazı sistemler oluşturulmuştur. Bu konunun önemi sadece kazık temellerinin kendisinden meydana gelmez, aynı zamanda altyapıların davranışlarını anlamamıza da yardımcı olur ve üst yapıların ortaya çıkarılmasına katkıda bulunur. Problemin karmaşıklığından ötürü ve alt reaksiyonların farklılığı, kazık boylarının çeşitliliği genel çözümü mümkün kılmaz. Bir matematik model oluşturmanın güçlüğüne rağmen tek kazıklar için, farklı toprak özelliklerinde deneyimsel bir metod oluşturulabilir. Tüm bunların sonucunda, tek kazıkların değişik toprak tiplerinde gösterdiği davranışlar tesbit edilmiş ve geliştirilmiştir. Broms'tan sonra, yatay kuvvet ve eğilme momenti etkisindeki reaksiyonlar ve sonuç kazık davranışları hesaplanmıştır. Bununla birlikte mühendislik kuralları ve şartnameler, tek kazıklar için kapasiteler belirtirler. Hiçbir destek aynı gruba konmuş farklı kazıkların reaksiyon kapasitelerini sınırlamayı sağlayamaz (1). Şunu da eklemeliyiz ki, bir gruptaki kazık şekli, tek kazık reaksiyonlarının büyüklük ve dağılımlarını etkilemektedir.

Mikrobilgisayarların yardımıyla, kazık grupları için numune olan modeller, grup içinde yalnız kazık basınçlarını bulmak amacıyla analiz edilebilirler (5). Önceki üçboyutlu analiz çalışmalarını içeren yeni bir araştırma, Bowles tarafından yapılmış ve bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Eğer toprak verileri yeteri kadar güvenilir olursa, birbirlerini izleyen bir tahmin analizi yapılabilir. Kazık gruplarının bu metodla yapılan analizleri aşağıdaki önermeleri meydana getirir.

1- Herhangi bir kazıkta, taşınan yük kazık tabliyesinin yerdeğiştirmesiyle orantılıdır. Yerdeğiştirme; kesme kuvveti, normal kuvvet ve dönme elemanlarından oluşur.
2- Sonsuz rijitlikteki kazık tabliyesi
3- Kazıklar sadece küçük yerdeğiştirmeler yaparlar.
4- Kazık başları bağlanmıştır.

Bu önermeler kesinlikle doğru koşulları göstermemekle birlikte ciddi hataları da ortaya koymazlar. Program yatay ve düşey yükler altındaki grubu analiz eder ve herhangi bir kazık için kesme ve normal kuvvet hesaplanır. Bununla birlikte kazık gruplarının eğilme ve gerilme momentlerini her kazık için hesaplamak mümkün değildir. Tüm bu zorluklar nedeniyle diğer

bir yaklaşım olan yanal yöndeki elastik yüklü kirişler modeli kabul edilmiştir. Bu da her kazığın, serbest boşlukta kuvvetler ve yer değiştirmelerinin üç boyutlu analizini mümkün kılar. İlgili şekil Şekil.1.1 de gösterilmiştir. Geliştirilen program sadece sağlam zeminde oturan kazıklar içindir ve sürtünme ihmal edilmiştir. Burada yüklerin etkilerinin her kazığa rijit kazık tabliyeleri yardımıyla iletildiği varsayılır. Bu tip kazık grupları ile toplam kazık temelleri arasında pratik bir oran vardır. Aynı zamanda Winkler Hipotezi gereği; herhangi bir kazık boyunca , herhangi bir noktadaki yerdeğiştirme ile alt derece reaksiyonunun orantılı olduğu kabul edilir. Winkler'inkinden farklı diğer modellerde de istenirse bu program kullanılabilir.

Mühendislik bürolarının ihtiyaç duymasından ötürü, basit veri girişleri en az hafıza tutacak şekilde formül haline getirilmiştir. Programda kullanıcılar, kazıkları yatay ve çapraz yönde tek tek tanımlayabilir. Alt derece reaksiyonları, değişen toprak özelliklerinde temelden kazık başına kadar tanımlanabilir. Bu program analizleri, yerdeğiştirmeleri ve dönmeleri hesaplamakla birlikte eksenel kesme kuvvetleri ve momentleri de hesaplar.

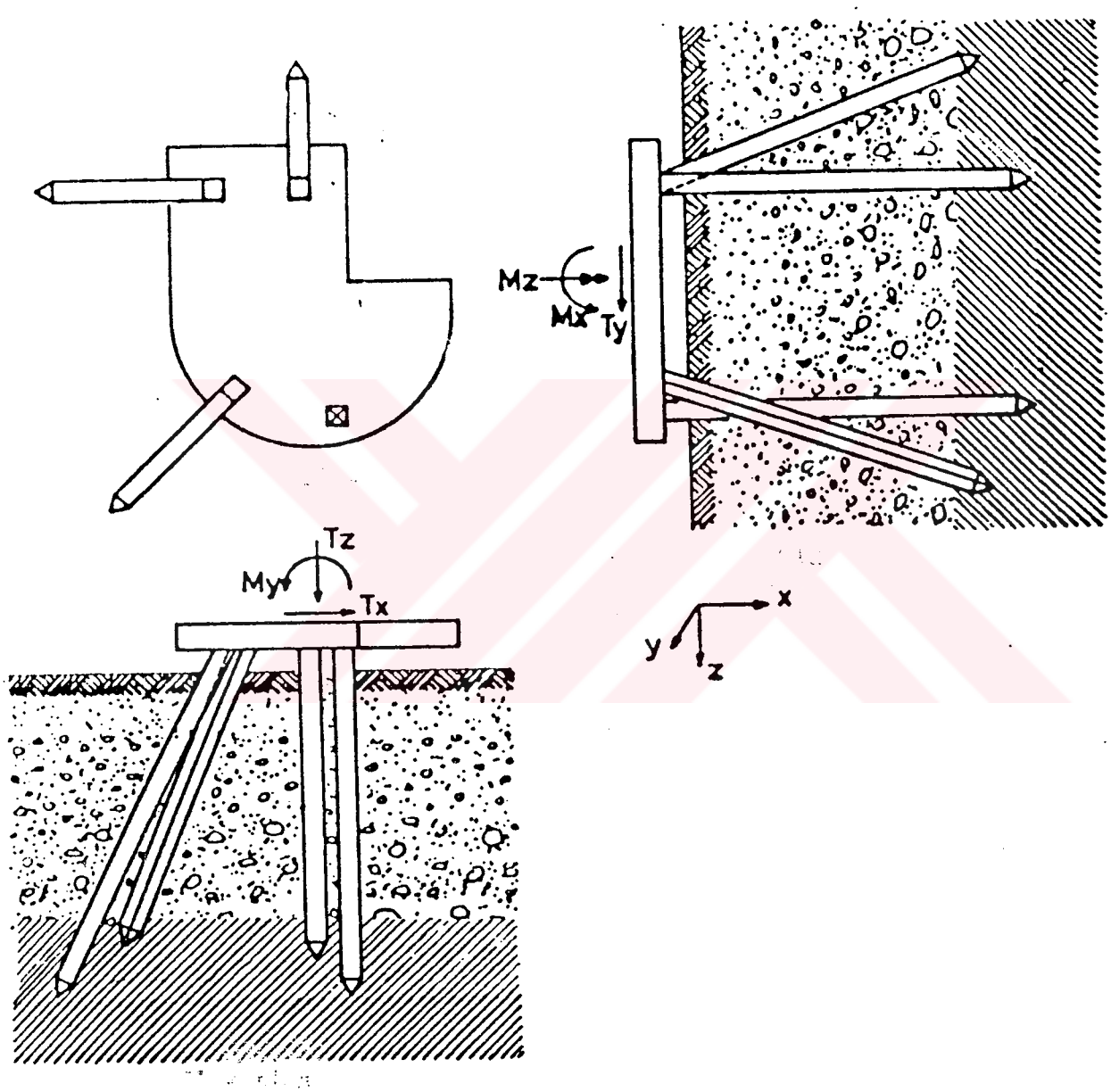
Analizin tanımlanmasının hemen ardından her kazık davranışı için yapısal ve geotekniksel açıdan yerdeğiştirmeleri bulmak gerekli olacaktır. Ayrıca tüm grup reaksiyon kapasiteleri de bulunmalıdır.

Son olarak, literatürde verilen bazı örneklerin çözümleriyle, bu çalışmada bilgisayar aracılığıyla elde edilen çözümler kıyaslanmıştır.

2. KAZIK GRUPLARININ ANALİZİ

2.1 Kazık Analizinin Kazık Grubu Analiziyle Kıyaslanması

Kazıklar nadiren yalnız başına kullanılırlar. Yükleme genellikle temel kazık başlarına dağıtılmış ağırlığın kazık gruplarına yüklenmesiyle oluşur. Kazık başının eğilmesiyle oluşan temele dayanıksız temel denir. Eğer kazıklar yerüstüne yerleştirilmişse bu tip kazıklara bağımsız dikilmiş grup denir.



Şekil 1.1 Kazık Gruplarının Üç Boyutlu Modellemesi

Her kazığa uygulanan ortalama yükün, dik kazıklara etkitilmesi, karşılaştırılabilir tek kazıktan farklıdır. Aynı şekilde, kazık grubu tarafından taşınan en büyük yükün, grup içindeki kazıkların sayısı ile orantılı olarak tek kazığa uygulanan toplam yükle çarpılması gerekli değildir.

Bu ve buna neden olan mekanik durum, genellikle grup hareketi olarak tanımlanır. Toprakta kazıkların sürtünmesiyle birlikte, kazıkların çakıldığı noktasal dayanmalar da önemlidir. Genellikle kazıkların, kayanın neresine çakıldığının pek bir önemi yoktur. Dayanma kapasitesi, kazık başına düşen yükün gruptaki kazık sayısıyla çarpılmasıyla bulunur. Temelin yerleştirilmesi, yük etkisindeki elastik kısalmış kazıktan genelde daha önemsizdir.

Çalışmanın diğer bir bölümü kazıklanmış temeldeki yatay kuvvetlere karşı uygulanan dirençtir. Birçok açıklamada, bu kuvvetlerin önemsenmeyecek kadar küçük olduğu söylenir. Fakat büyük köprü ve binalarda, rüzgar kuvvetleri ve deprem alanlarında yatay kuvvetler önemli şoklara neden olur. Köprülerde uygun trafik yoğunluğu hesabı önemlidir. İstinad duvarlarında, yatay kuvvetlerin dizaynı yükleme sisteminin büyük parçası olmuştur.

Düşey kazık, ilk durumundan kazığın başına uygulanan yatay kuvvet yönünde çevrilirse döndürme biçimi, kazığın başına, uzunluğuna, toprağa ve kazığın sertliğine bağlıdır. Toprak içinde oluşan sabit kazığın eğimi için denklem

$$EI(d^4W / dX^4) + P = 0 \qquad (2.1)$$

dır.

Burada,

W : Bazı noktalardaki kazıkların dönmesi

X : Toprak yüzeyinin bu noktadaki derinliği

P : Herhangi bir noktada ki yanal alt dereceli reaksiyon degeri.

E : Kazık malzemesinin elastisite modülü

I : Kazık kesitinin atalet momenti

Kötü zemin (çamur) için genellikle bir C katsayısı alınır. Burada yatay reaksiyon katsayıları değişmez. Bu nedenle P = CW olarak alınır. Granül toprak için C, derinlikle orantılı kabul edilir. Bunun için $C = n_hX$ ve bu nedenle $P = n_hXW$ olarak alınır. Burada n_h yatay alt reaksiyon sabitidir. Terzaghi tarafından tanımlanmıştır. Ayrıca Palmer ve Brown'un

hesapladığı (2.1) eşitliği de yukarıdaki denklemle ilişkilidir. Burada C_1, L derinliğindeki C'nin değeridir. L de kazık boyudur. n için bu değerleri $0<n<1$ arasında bulmuşlardır. Burada bir kazık için P = CW ve yatay kuvvet P, zemine uygulanır.

$$W = [H / (2*EI\ \beta^3)] * e^{-\beta x} \cos \beta x \quad (2.2)$$

$$M = - (H/ \beta) * e^{-\beta x} \sin \beta x \quad (2.3)$$

M : Kazıktaki moment

X : Derinlik

$\beta = (c/4EI)^{1/4}$

$$W = [H / (4*EI\ \beta^3)] * e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x) \quad (2.4)$$

$$M = (H/2\beta) * e^{-\beta x} (\sin \beta x - \cos \beta x) \quad (2.5)$$

Yanal yüklenmiş tek kazıkları hesaplamak için birçok yaklaşım olduğu halde, teorik çözümlerin, pratik modele uygulanması C değerinin bulmaktaki zorluk nedeniyle engellenir. Bununla beraber C parametresinin değerini saptamak çok önemlidir. Bu değerin zemin tipine, sınırlanan basınca, yüzey genişliğine, dönme miktarına ve süreklilik yüklerine göre değiştiği bilinmektedir.

2.2 Düşey Kazık Grupları

Takip edilen yaklaşık metodlar genellikle aynı kazık kuvvetler grubu ile pratik modeldeki momentler için kullanılır. Kazıkbaşı rijitliği üstlenir ve herhangi bir kazığın reaksiyonu direk başının yerdeğiştirmesiyle orantılı olarak varsayılır.

Eğer düşey V yükü kazık gruplarının ağırlık merkezine etkirse, her kazık başının yerdeğiştirmesi aynı olur ve bu nedenle yük dağılımında eşit yüklenilir. $V = \theta.n$ formülünde θ bir kazık yükünü ve n de kazık sayısını göstermek üzere

$$Q_1 / x_1 = Q_2 / x_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots = Q_n / x_n \quad (2.6)$$

Buradan,

$$Q_1 = Q_1 x_1 / x_1\ ,\ Q_2 = Q_1 x_2 / x_1\ ,\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ ,\ Q_n = Q_1 x_n / x_1 \quad (2.7)$$

Elde edilen sonuç;

$$M = Q_1 x_1 + Q_2 x_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Q_n x_n \quad (2.8)$$

Burada,

$$M = Q_1 x_1^2 / x_1 + Q_1 x_2^2 / x_1 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Q_n x_n^2 / x_1 \quad (2.9)$$

Böylelikle,

$$Q_1 = M_{x_1} \Big/ \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \quad (2.10a)$$

Benzer olarak,

$$Q_2 = M_{x_2} \Big/ \sum_{i=1}^{n} x_i^2 , \ldots\ldots\ldots\ldots , Q_n = M_{x_n} \Big/ \sum_{i=1}^{n} x_n^2 \quad (2.10b)$$

olur.

Burada toplam yükleme 1. kazığa yapılmıştır. Bunun nedeni yatay kuvvetin ve momentin ağırlık merkezine etkitilmesidir.

$$Q_1 = V / n \pm M x_1 / \sum_{i=1}^{n} x^2 \quad (2.11)$$

eğer dikdörtgen bir kazık grubundaki momentler her iki eksendeki xx ve yy yönünde yerleştirilirse, grubun ağırlık merkezi düşey kuvvetin etkidiği nokta olur.

Böylelikle,

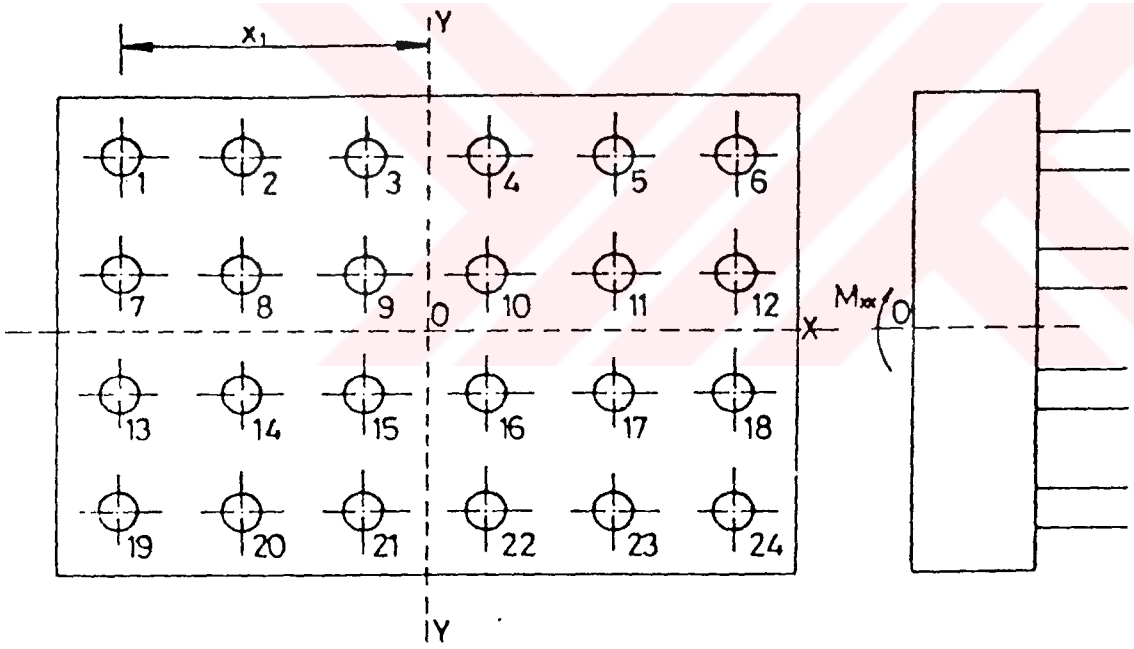
$$Q_1 = V / n \pm Myy\ x_1 / \sum_{i=1}^{n} x^2 \pm Mxx\ y_1 / \sum_{i=1}^{n} y^2 \quad (2.12)$$

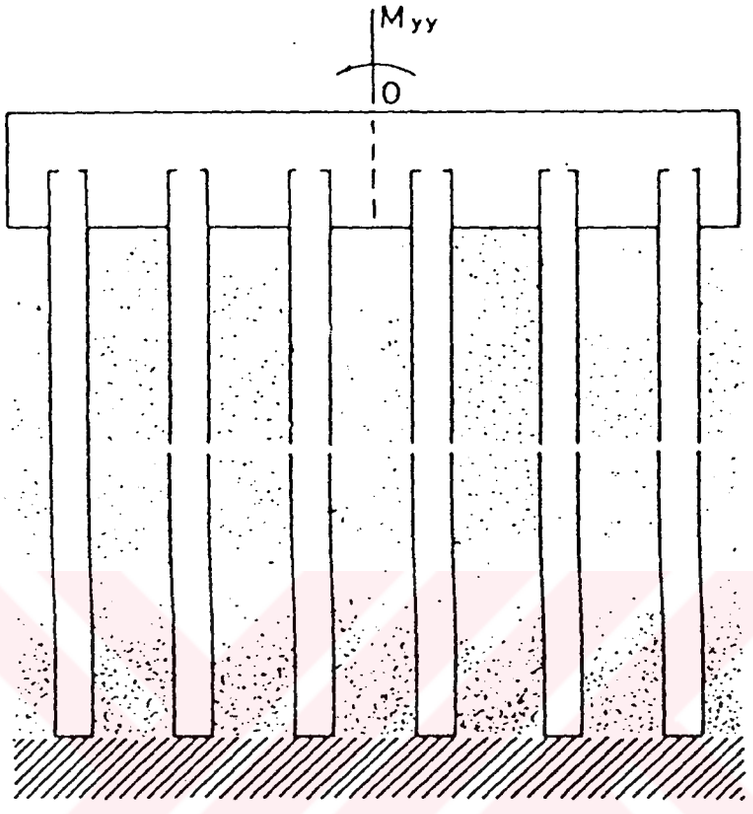
olur.

İkinci terimin işareti soldaki yy yönü kazıkları için pozitif olur. 3. terimin işareti üstteki xx yönü moment yönleri, sağ el kuralına göre pozitif olur.

2.3 Düşey Ve Eğimli Kazık Grupları

Eğer kazıklar yatay kuvvet veya düşey kuvvet alarak momente maruz kalırlarsa, bazı kazıkların dış kuvvetlerden meydana gelen etkiden ötürü (yaklaşık olarak) eksenlerden eğilmeleri doğaldır. Gruptaki her kazığın kuvvet ve moment değerlerinin, son derece karmaşık problemlerinde doğru sonucu bulmak mümkün değildir. Konuya doğru yaklaşım, yapı mühendisliği düzenlemesiyle yapılmış ve burada kazıklar kafes elemanı gibi davranmış, başlıkta rijitliği üstlenmiştir. Determinant çözümü ve çeşitli sadeleştirmeler sorunun çözümünü uygun kılar.



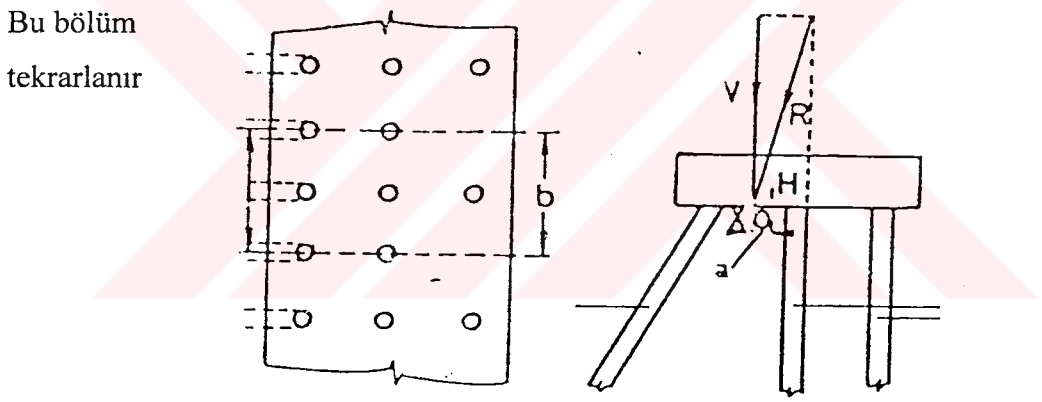


Şekil 2.1 Kazık grubu, her iki yönde dönme momentlerine maruz bırakılır.

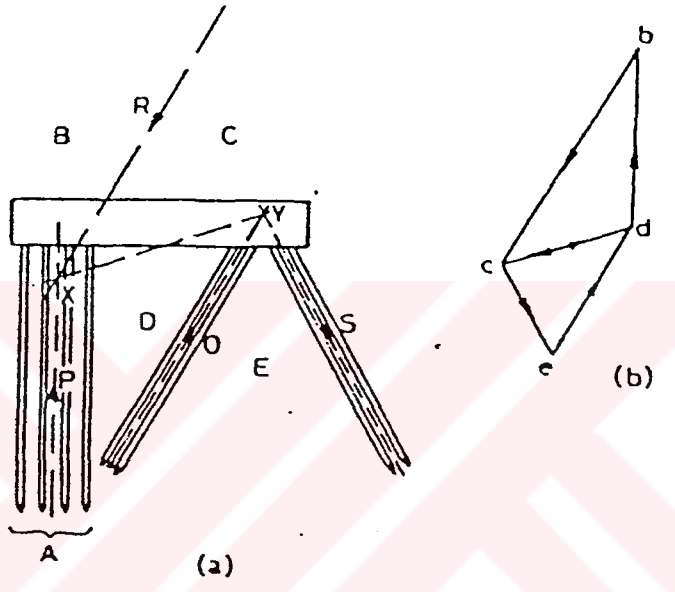
Kazığın eksenel yer değiştirmesi, toprağın sıkışmasına neden olur. Örnek olarak istinad duvarları alınabilir. Şekil.2.2 de gösterildiği gibi yapı, sadece b genişliğine etkiyen kuvveti hesaplamak için gerekli olan uzunluktur. Dış R kuvvetinin hareket yönü ve büyüklüğü bilinir. R, kazık başının temeliyle, x ekseninde O ağırlık merkezinden a kadar uzakta kesişir. V ve H, R'nin x noktasındaki düşey ve yatay bileşenleridir. x eksenindeki düşey kuvvetin etkisi, O'daki düşey kuvvet ve V_a momentinin toplamına eşittir. H sadece eğimli kazıkta eksenel kuvvetin yatay bileşenleri ile alındığı kabul edilir ve düşey kazıklar yatay kuvvetlere herhangi bir direnç gösteremez.

2.4 Kazıklar İçin Üç Yöndeki Grafik Metod

Eğer grup içindeki kazıklar 3 farklı yöne yönlendirilmişlerse, grafik çözüm kullanılabilir. Kazıklar üzerindeki başlık rijit kabul edilir. Kazıkların ve kuvvetlerin aynı düzlemde olduğu kabul edilir. Sonuç, R kuvveti dengede olduğundan bilinir. Buradan P, Q, S kuvvetleri çizilir.



Şekil.2.2 Duvar üzerinde kazık planının gösterilişi.



Şekil.2.3 Üç yönde eğilmiş kazıkların düzlemdeki grafik gösterimi

a) Kuvvetlerin yönlerini gösteren diyagram

b) Bow'un kuvvetler için diyagramı

Kazıkların yönler boyunca hareketi gösterilir. Eğimli kazıkların yönü de ağırlık merkezini gösterir.

R yönü P çizgisiyle X'te kesişir. Q ve S çizgileri Y'de kesişir. Bow sistemini kullanarak Şekil.2.3 'te gösterildiği gibi, X, Y ve P yönlerindeki kuvvetler belirlenir. Bunlardan yararlanılarak Q ve S yönlerindeki kuvvetler hesaplanır. Ayrıca her üç yöndeki kuvvetlerin eşit olarak direkler tarafından bu yönde eğildiği kabul edilmektedir.

2.5 Elastik Teoriye Dayanan Temeller

Vettler tarafından önerilen yöntem kazık yüklerinin üç sıradan fazla veya bir noktada sabitlendiklerinde tahmin edilmelerini sağlar. Bu, iki boyutlu sistemler ve aşağıda yapılan kabullerle sınırlandırılmıştır.

1- Direk başı rijittir
2- Kazıklar esnektir
3- Tüm yük kazıklar tarafından taşınır.
4- Kazıkların direnci kenar kazık yerine ortada ve kazığın 1/3 oranında tabandaki kazıktan yukarıda toplanır.
5- Toprak, rijit eksenel bağlantıyı sağlar fakat başka bir destek vermez.

Asplund ve Francis tarafından önerilen yöntemler her ne kadar toprak kazık etkileşiminin bilinmesini getirse de, toprağın yanal direncini doğruya yakın olarak hesaplarda ortaya koyar.

Bütün yöntemler, destek toprağının yerdeğiştirmesine önem vermiyorsa da, tek kazığın komşularına olan etkinliği ve kazık başının esnek olduğundaki etkisi, yere dikey basınç uygular. Bütün yöntemlerde kazıkların bağımsız olarak rol oynadığı varsayılır. Ancak kazıklar birbirlerine çok yakın yerleştirilirlerse, birbirlerine etki ederler. Jampel ve Francis, birbirlerine yakın yerleştirilmiş kazıkların ve grup hareketinin örneklerde verildiği gibi düşey olduğunda, yatay güçlerde C değerinin azaldığını ileri sürdüler.

İstinad duvarları, köprüler veya iskelelerin dizaynında karışık yöntemlerin kullanılması C değeri hakkındaki şüpheler yüzünden, kolaylıkla uygulanabilir görülmektedir.

3. PROGRAMLAMA

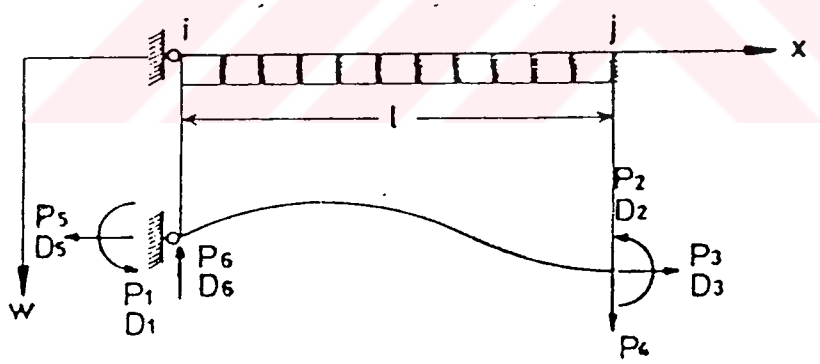
Kazık gruplarının analizinde, her kazık kirişinin hareketi için, kirişin gerekli doğrultularda yüklü olduğu kabul edilir. İlgili sertlik matrisi Winkler Hipotezi kullanılarak elde edilmiştir.

3.1 Rijitlik Matrislerinin Eleman Formasyonu

Her kısım uzunluğu için, reaksiyon kuvveti ile yerdeğiştirmenin doğru orantılı olduğu varsayılır. Böylelikle sabit yatay yerdeğiştirme, yatay reaksiyon P'ye eşit olur.

$$P(x) = c\ b\ w(x) \quad , \quad c > o \tag{3.1}$$

Burada, b elemanın genişliğidir.
Her elemanın serbestlik açıları ve sonuç reaksiyonları F.3.1 de gösterilmiştir.



Şekil.3.1 Bir kazığın, kuvvetler altındaki yerdeğiştirme şematik gösterimi

L açıklığı için; elastik eğri, farklı denklemlerle ifade edilir.

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = -\frac{P(x)}{EI} = -\frac{cb}{EI} w(x)$$

Homojen çözüm için

$$W = C_1 * \cosh \gamma x * \cos \gamma x + C_2 * \sinh \gamma x * \cos \gamma x + C_3 * \cosh \gamma x * \sin \gamma x + C4 * \sinh \gamma x * \sin \gamma x$$

Burada C_1, C_2, C_3, C_4 integrasyon katsayılarıdır.

$$\gamma = \sqrt{Cb / 4EI}$$

Momentler ve kesme kuvvetleri çözüm dışında yazılabilir.

Yerdeğiştirmeler için;

$$M(x) = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \tag{3.4}$$

ve

$$T(x) = -EI\frac{\partial^2 w}{\partial x^3} \tag{3.5}$$

dir.

Böylelikle reaksiyon kuvvetleri için aşağıdaki sonuçları elde ederiz.

$$P_1 = M(0) = EI\frac{\partial^2 w(0)}{\partial x^2} \tag{3.6}$$

$$P_2 = M(\ell) = -EI\frac{\partial^3 w(\ell)}{\partial x^2} \tag{3.7}$$

$$P_4 = T(\ell) = -EI\frac{\partial^3 w(\ell)}{\partial x^3} \tag{3.8}$$

$$P_6 = T(0) = -EI\frac{\partial^3 w(0)}{\partial x^3} \tag{3.9}$$

ilgili yerdeğiştirmelerde;

$$D_1 = -\frac{\partial w(0)}{\partial x} \tag{3.10}$$

$$D_2 = -\frac{\partial w(\ell)}{\partial x} \tag{3.11}$$

olur.

$$D_4 = W(e) \tag{3.12}$$

$$D_4 = -W(o) \tag{3.13}$$

Betti'nin teoremi gereği esneklik matrisleri, kendilerinin çaprazlarındaki elemanlarla simetrik olmalıdırlar.

Böylelikle bu matrislerin bazı elemanları aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$f_{11} = f_{22}, f_{66} = f_{44}, f_{24} = f_{16}, f_{26} = f_{62} = f_{14} \tag{3.14}$$

burada,

l : eleman uzunluğu

A : alan dır.

$$f_{13} = f_{24} = f_{34} = f_{35} = 0, \quad f_{33} = \frac{l}{EA} \tag{3.15}$$

Bu tesbit gereği, matrislerin diğer elemanları için kiriş üzerine iki farklı yükleme daha yapılır. C_1, C_2, C_3, C_4 integrasyon sabitleri olmak üzere $P_1=P_3=P_4=P_6=0$ ve $P_2=1$ eşitlik 3.6 ve 3.9 kullanılarak hesaplanır.

Bu hesaplamada

$$D_1 = f_{12},\ D_2 = f_{22} = f_{11},\ D_4 = f_{42} = f_{16},\ D_6 = f_{62} = f_{14}$$

olarak gösterilir.

$$f_{11} = \frac{l}{EI} \cdot \frac{1}{\gamma l} \cdot \frac{\sinh \gamma l \cdot \cosh \gamma l + \sin \gamma l \cdot \cos \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.17}$$

$$f_{12} = \frac{l}{EI} \cdot \frac{1}{\gamma l} \cdot \frac{\sinh \gamma l \cdot \cos \gamma l + \cosh \gamma l \cdot \sin \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.18}$$

$$f_{13} = \frac{l^2}{EI} \cdot \frac{1}{(\gamma l)^2} \cdot \frac{\sinh \gamma l \cdot \sin \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.19}$$

2. yüklemede $P_1=P_2=P_3=P_6$ ve $P_4=1$ için integrasyon sabitleri eşitlik 3.6 ve 3.9 kullanılarak

$$f_{14} = \frac{l^2}{EI} \cdot \frac{1}{2(\gamma l)^2} \cdot \frac{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.20}$$

hesaplanır. Böylece $D_4=f_{44}$ ve $D_6=f_{46}$ olarak elde edilir.

$$f_{44} = \frac{l^3}{EI} \cdot \frac{1}{2(\gamma l)^3} \cdot \frac{\sinh \gamma l \cdot \cosh \gamma l - \sin \gamma l \cdot \cos \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.21}$$

$$f_{46} = \frac{3}{EI} \cdot \frac{1}{2(\gamma l)^3} \cdot \frac{\sinh \gamma l \cdot \cosh \gamma l - \cosh \gamma l \cdot \sin \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.22}$$

Rijitlik matrisi esneklik matrisinin inversidir. Bu nedenle sertlik matrislerinin elemanları esneklik matrisinin elemanlarıyla karşılıklıdır. Bunları şu şekilde gösterebiliriz

$$k_{11} = \frac{EI}{l} \cdot 2\gamma l \cdot \frac{\sin \gamma l \cdot \cosh \gamma l - \sin \gamma l \cdot \cosh \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.23}$$

$$k_{12} = \frac{EI}{l} \cdot 2\gamma l \cdot \frac{\sin \gamma l \cdot \sinh \gamma l - \sin \gamma l \cdot \cos \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin \gamma l} \tag{3.24}$$

$$k_{13} = \frac{EI}{l^2} \cdot 4(\gamma l)^2 \cdot \frac{\sinh \gamma l \cdot \sin \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.25}$$

$$k_{14} = \frac{EI}{l^2} \cdot 2(\gamma l)^2 \cdot \frac{\sinh^2 \gamma l + \sin^2 \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.26}$$

$$k_{15} = \frac{EI}{l^2} \cdot 4(\gamma l)^2 \cdot \frac{\sinh \gamma l \cdot \cosh \gamma l + \sin \gamma l \cdot \cos \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.27}$$

$$k_{16} = \frac{EI}{l^3} \cdot 4(\gamma l)^3 \cdot \frac{\cosh \gamma l \cdot \sin \gamma l + \sinh \gamma l \cdot \cosh \gamma l}{\sinh^2 \gamma l - \sin^2 \gamma l} \tag{3.28}$$

Sonuç rijitlik matrisi F.3.2 de gösterilmiştir.

[K]=

1	2	3	4	5=3	6	
K11	K12	0	K14	0	K16	1
K21	K11	0	K16	0	K14	2
0	0	EA/l	0	EA/l	0	3
K14	K16	0	K44	0	K46	4
0	0	EA/l	0	EA/l	0	5=3
K16	K14	0	K46	0	K44	6

Şekil.3.2 Bir kazık elemanı için rijitlik matrisi

Rijitlik matrisinin hesaplanması için programa bir alt rutin girilir. Bu alt rutin her elemanda; bir tanesi reaksiyonlar, bir tanesi de kiriş yüzeyi olmak üzere iki kez hesaplanır.

2. hesaplamada G_α , eksenel sertlik olan EA' nın yerini tutar.

Burada

G = Kesme elastiklik modülü

α = Gerilim faktörüdür.

Bu nedenle bazı büyüklükler, başlangıçta basitçe hesaplanabilir. İşlem sırasında, ortadaki bazı matris değerleri kolaylıkla elde edilir. Hesaplama yolu,

GL = L* (C*B/(4*E*I)) **0,25 şeklindedir.

Değerler bir kez hesaplanır.

CH = coshγl
CI = cosγl
SH = sinhγl
SI = sinγl
SHCH = sinγl * coshγl
CHSI = coshγl * sinγl
SHCΦ = sinhγl * sinγl
SICΦ = sinγl * cosγl
PYD = $\sinh^2\gamma l$-$\sin^2\gamma l$
PYDT = 1/PYD

Bu değerlerden yararlanılarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılır.

L11 = (CHCH – SICΦ) * PYDT
L44 = (SHCH – SICΦ) * PYDT
L12 = (CHSI – SHCΦ) * PYDT
L46 = (SHSI + SHCΦ) * PYDT
L14 = SH * SI * PYDT
EI = E * I
GJ = G* J
CK1 = (EI * GL * 2) / L
CK2 = CK1 * GL * 2 / L
CK3 = CK2 * GL / L

Böylece rijitlik matrisi elemanları

K11 = CK1 * L11

K12 = CK1 * L12

K14 = CK2 * L14

K16 = CK2 * 0,5 * L16

K44 = CK3 * L44

K46 = CK3 * L44 şeklinde yazılabilir.

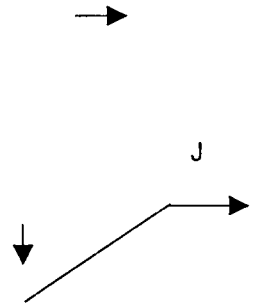
Matrisleri bir sertlik derecesinden diğerine ve diğerinden de bir ötekine yerleştirip, yeniden düzenlemek mümkündür. Tekrar düzenlenmiş matrisler Şekil.3.3 te verilmiştir.

[K]=

1	5	6	2	3	4	
K11	0	K16	K12	0	K14	1
0	EA/l	0	0	EA/l	0	5
K16	0	K44	K14	0	K46	6
K12	0	K14	K11	0	K16	2
0	EA/l	0	0	EA/l	0	3
K14	0	K46	K16	0	K44	4

Şekil.3.3 Bir kazık elemanı için yeniden düzenlenmiş rijitlik matrisleri

Bir sonraki girişim iki boyutlu rijitlik matrisini, tek boyutlu forma dönüştürmektir. Simetri özelliğinden yaralanarak gereksiz elemanlar sadeleştirilir. Tek boyut için yapılan işlem Şekil.3.4 te gösterilmiştir.



	1	7	12	16		
I		2	8	13		
[ER]=			3	9	14	
				4	10	15
					5	11
						6

NJ=4 NI=3

J=5 I=2,

3=NI K = 3 * 6 - 2 * 3 * 0.5 + 2 = 17 =

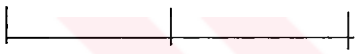
ER(17)

IS = (3-1) * 3+2 = 6+2 = 8

4=NJ JS = (3-1) * 3+5 = 6+5 = 11

JS = (11-8) * 6+3 - (11-8-1) *

(11-8) / 2 + 8 = 59



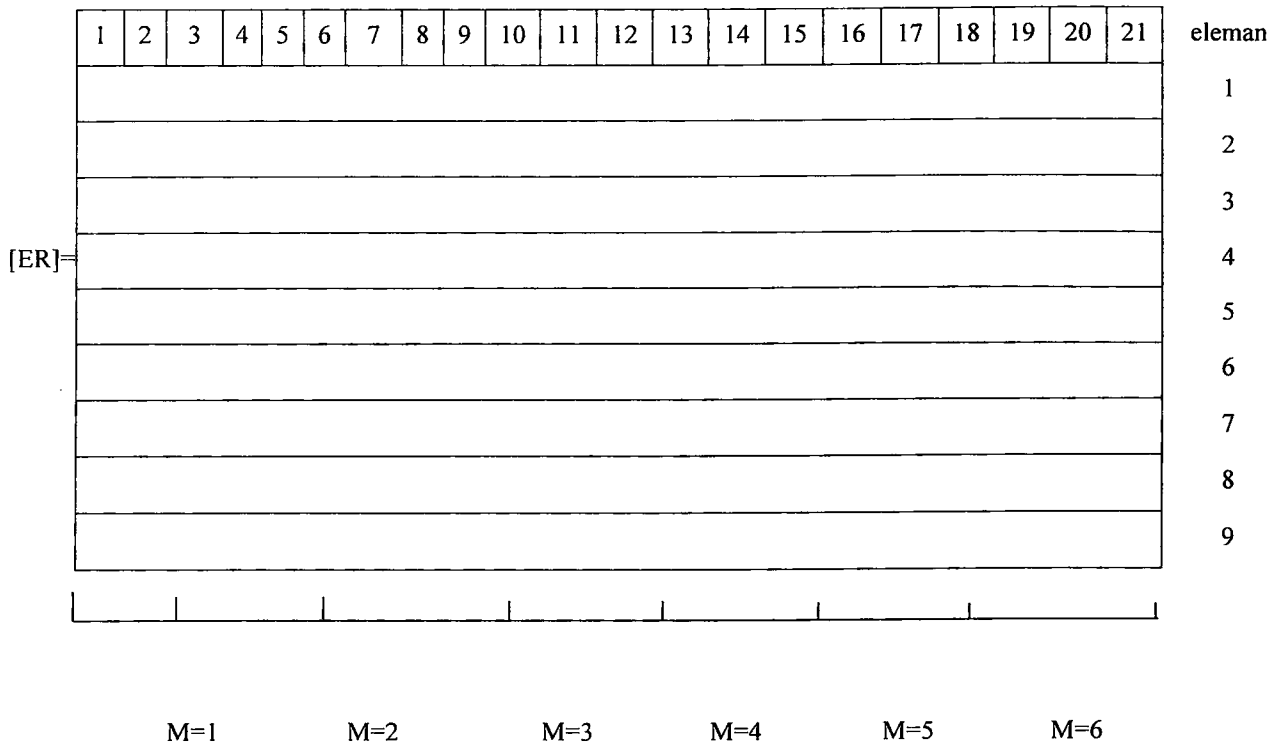
NI=3 NJ=4

Şekil.3.4 Sertlik matrislerinin tek boyutlu sıralanışı

Tek boyutlu |ER| sıralama her element için yapılır ve elde edilen elemanlarla bir tablo oluşturulur. Aynı işlem serbest dik yüzeydeki açıdan zemindeki elemana kadar tekrarlanır. Kayıtlar her eleman için saklanır. İlgili işlem Şekil.3.5 te gösterilmiştir.

3.2 Kazık Rijitlik Matrislerinin Formasyonu

Her kazık tabliyesi için ilgili katmanlardan ardışık nokta numaraları seçilir. Ardışık seçme sırasında, nokta numaraları elemanın süperpozesi tarafından kolaylıkla matris formatına sokulabilir. Kazık rijitlik matrisleri tek boyutlu dizi haline de getirilebilir. Bir kazık için 5 eleman ve 6 nokta numarası ile birlikte matrisler, Şekil.3.6 da gösterilmiştir.



Şekil.3.5 rijitlik matrislerinin bir dosyadaki dizilişleri.

Kazık rijitlik matrislerinde, benzer satır numaraları bir fonksiyon tarafından hesaplanır. İlk olarak satır ve sütun numaraları belirlenir. Fonksiyon;

$$KS(IS,JS) = (JS-IS) * ND*3 - (JS-IS-1) * (XS-IS) / 2 + IS \quad (3.28)$$

ve

$$IS = (NI - 1) * 3+I \quad (3.29)$$

$$JS = (NI - 1) * 3+J \quad (3.30)$$

şeklindedir. Burada;

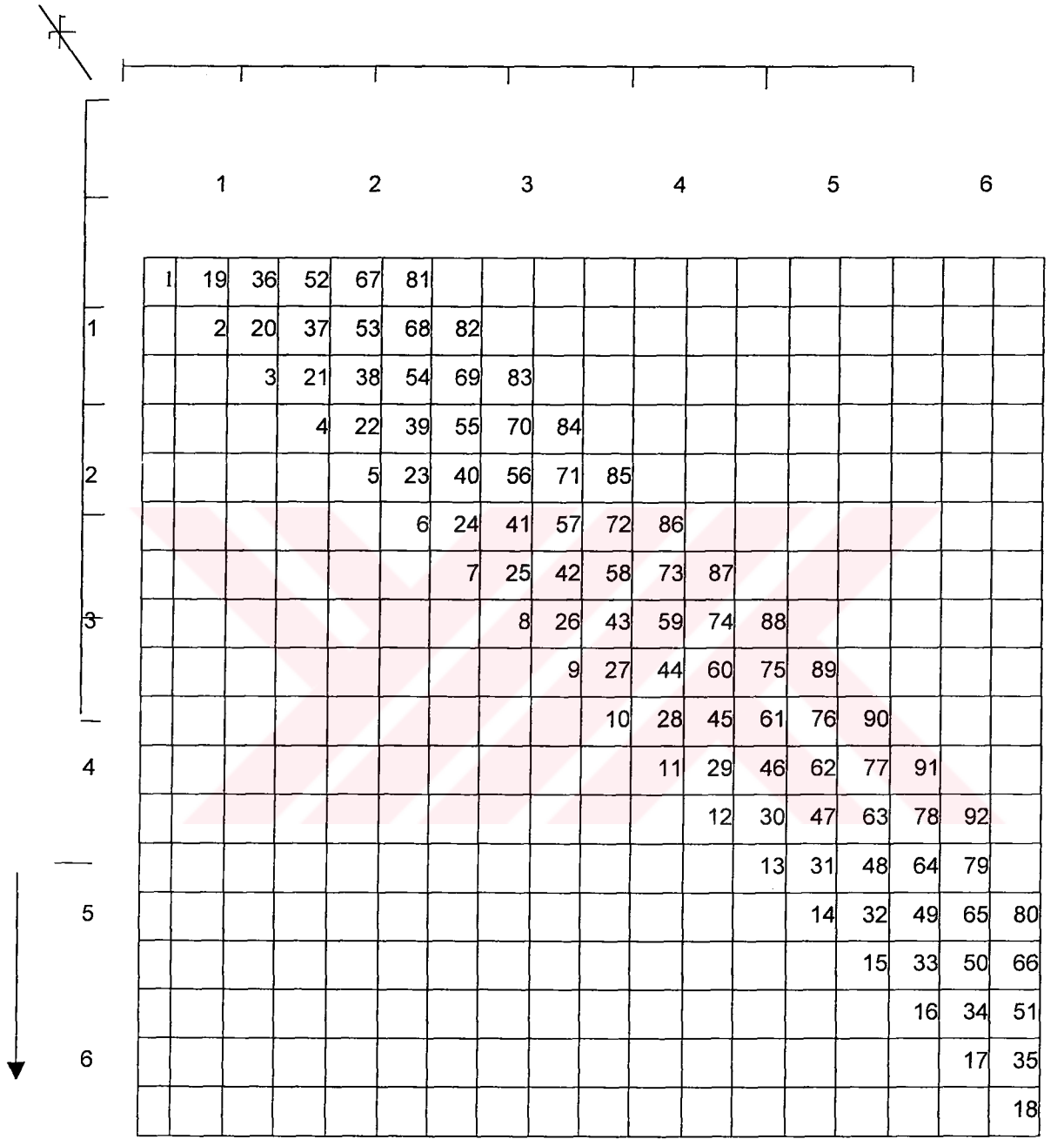
ND , kazıktaki noktaların toplam sayısı

NI , nokta numarası

I , rijitlik matrislerindeki satır numarası

J , rijitlik matrislerindeki sütun numarası

Kazığın rijitlik matrisleri formülündeki benzer i. elemanlarının i. noktası (i-1). elemanın j. noktasına eklenmiştir.



KS=(18-13) * 18 - (18-13-1)
*(18-13) / 2 + 13 = 93

Şekil.3.6 Kazık rijitlik matrislerinin tek boyutlu sırası

3.3 Kazık Rijitlik Matrislerinin Gaussian Eliminasyonu

Simetrik şerit matrislerinde Gaussian eliminasyonu için programa bir alt rutin eklenir. Verilmiş olan yarım şerit genişliği için, iterasyon metodu kullanılır. Örnekte, eşitliğin 2. tarafına bilinmeyen N numaraları ve sütunların numaraları (ITS) alınarak iterasyon gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü gibi, simetri özelliği her basamakta korunmuştur. Grafik Şekil.3.7 de sunulmuştur.

Burada;

BG : Şerit matrislerinin genişliği

YBG : Yarım şerit matrislerinin genişliği

ITS : Eşitliğin diğer tarafındaki sütun sayısı

BG, YBG ve ITS integre edilir. Eliminasyon diğer N-1'e ulaşana kadar yapılacaktır. I, (N-YBG+1) den daha küçük olduğunda, Ss son iterasyon numarası olacak ve diğeri de N-YBG+1 ve N-1 arasında olacaktır.

2. tarafın eliminasyonu da aynı yolla yapılacaktır.

$$\overline{b}_{21} = b_{11} - \frac{a_{12}}{a_{11}} * b_{11} \qquad (3.33)$$

$$\overline{b}_{22} = b_{12} - \frac{a_{12}}{a_{11}} * b_{12} \longrightarrow J=1,ITS \qquad (3.34)$$

Aşağıdaki örnekle, eliminasyona uğramış şerit matrislerinin simetrik olduğunu ispatlamak kolaylaşacaktır.

$$\overline{a}_{32} = a_{32} - \frac{a_{31}}{a_{11}} * a_{12} = a_{23} - \frac{a_{12}}{a_{11}} * a_{13} = \overline{a}_{23}$$

3.4 Kosinüs Yönünün Hesabı

Sağ el kuralına göre, Z ekseni düşey kuvvetii gösterecek şekilde seçilir. Programa noktasal koordinatlar, veri değerleri olarak girilir. Kazığın eksenel yönü, kazığın koordinat sistemi olarak alınıp, ilgili yöndeki kosinüsler hesaplanır. Ayrıca Y yönünün kosinüsü de programa veri değeri olarak girilir. Aşağıdaki formül yardımıyla kosinüs Z yönü belirlenir.

$$C\Phi(7) = C\Phi(2) * C\Phi(6) - C\Phi(3) * C\Phi(5) \quad (3.35)$$

$$C\Phi(8) = C\Phi(3) * C\Phi(4) - C\Phi(1) * C\Phi(6) \quad (3.36)$$

$$C\Phi(9) = C\Phi(1) * C\Phi(5) - C\Phi(2) * C\Phi(4) \quad (3.37)$$

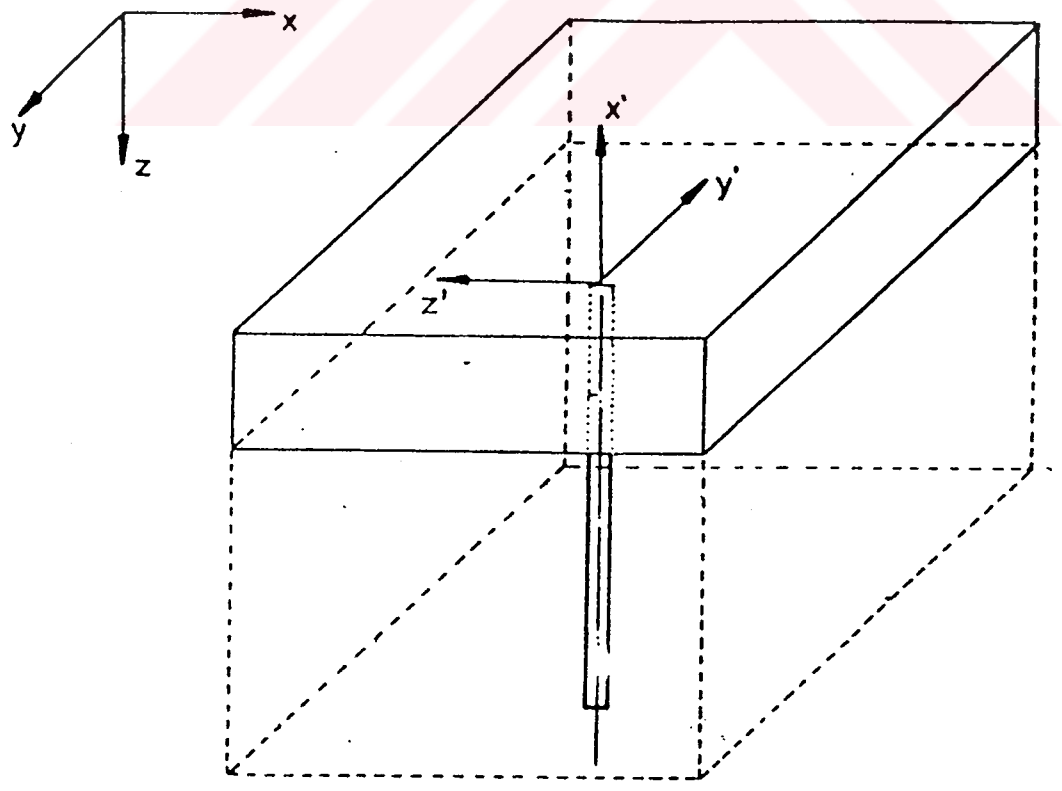
Burada;

$$x = C\Phi(1)\,\underline{i} + C\Phi(2)\,\underline{j} + C\Phi(3)\,\underline{k} \quad (3.38)$$

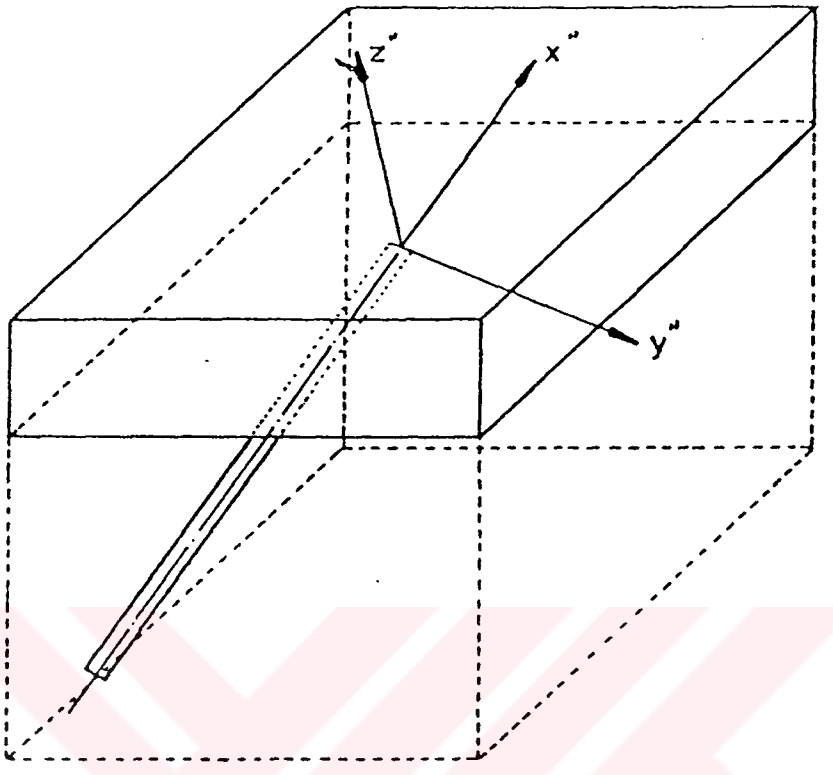
$$y = C\Phi(4)\,\underline{i} + C\Phi(5)\,\underline{j} + C\Phi(6)\,\underline{k} \quad (3.38)$$

$$z = C\Phi(7)\,\underline{i} + C\Phi(8)\,\underline{j} + C\Phi(9)\,\underline{k} \quad (3.38)$$

Ayrıca, C θ sıralı kosinüs yönleridir. Düşey ve yanal yöndeki kazıklar, Şekil.3.8 ve 3.9 da gösterilmiştir.



Şekil.3.8 Düşey kazığın kosinüs yönleri



Şekil.3.9 Yanal kazığın kosinüs yönleri

3.5 Dönüşüm Matrisleri Formasyonu

Dönüşüm matrisi $|T_i|$ olarak belirtilecektir. Eğer başlangıç noktaları farklı, iki koordinat sistemi birbirine paralelse, yerdeğişim miktarı ile kuvvetlerin birinden diğerine transferinde her bir kazıkbaşının, yerel eksene göre koordinatlarının x, y, z olduğu dönüşüm matrisi kullanılır.

$$[T_i] = \begin{bmatrix} |I| & |a|_i \\ |0| & |I| \end{bmatrix} \qquad [a]_i = \begin{bmatrix} |0| & |z| & |-y| \\ |-z| & |0| & |j| \\ |y| & |-x| & |0| \end{bmatrix}_i$$

Tanım olarak şöyle ifade edilebilir

$$[T_1].[T_1]^{-1}=[I] \rightarrow [T_1]^{-1}=[T_1]^T \tag{3.41}$$

$$[T_1]^T.[q_0] = [q_1] \tag{3.42}$$

$$[T_1][d_0] =[d_1] \tag{3.43}$$

$[d]_o$; genel eksende yer değiştirme ve dönme için alınan matrisler

$[d]_i$; kazık ekseninde yer değiştirme ve dönme için alınan matrisler

$[g]_o$; genel eksende dış kuvvetler için alınan matrisler

$[g]_i$; kazık ekseninde dış kuvvetler için alınan matrisler

Matris formatında yazarsak,

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & z & -y \\ 0 & 1 & 0 & -z & 0 & x \\ 0 & 0 & 1 & y & -x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ux \\ Uy \\ Uz \\ Wx \\ Wy \\ Wz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ux \\ Uy \\ Uz \\ Wx \\ Wy \\ Wz \end{bmatrix}$$

Buradan,

$(Ux)_i = (Ux)_0 + z\,(Wy)_0 - y(Wz)_0$

$(Uy)_i = (Uy)_0 + -z\,(Wx)_0 + x(Wz)_0$

$(Uz)_i = (Uz)_0 + y\,(Wx)_0 - x(Wy)_0$

$(Wx)_i = (Wx)_0$

$(Wy)_i = (Wy)_0$

$(Wz)_i = (Wz)_0$

eşitliklerini elde ederiz.

3.6 Dönme Matrislerinin Formasyonu

Dönme matrisleri $[T_2]$ olarak ifade edilecektir. Eğer iki farklı koordinat ekseni aynı orijinde değerlendiriliyorsa, dönme matrisi, reaksiyonları ve yer değiştirmeleri birinden

$$|T_2| = \begin{bmatrix} |\lambda_i| & \vdots & |0| \\ \cdots\cdots & & \\ |0| & \vdots & |\lambda_1| \end{bmatrix}_{6*6} \qquad \rightarrow |T_2|^T = \begin{bmatrix} |\lambda_i|^T & \vdots & |0| \\ \cdots\cdots & & \\ |0| & \vdots & |\lambda_1|^T \end{bmatrix}$$

diğerine transfer eder.

ve

$$\lambda_i = \begin{bmatrix} C\phi(1) & C\phi(2) & C\phi(3) \\ C\phi(4) & C\phi(5) & C\phi(6) \\ C\phi(7) & C\phi(8) & C\phi(9) \end{bmatrix}$$

Ayrıca

CΦ(1), CΦ(2), CΦ(3) x eksenindeki kosinüs yönü

CΦ(4), CΦ(5), CΦ(6) y eksenindeki kosinüs yönü

CΦ(7), CΦ(8), CΦ(9) z eksenindeki kosinüs yönü

Kolaylıkla bulunacağı gibi,

$$[T_2] \cdot [T_2]^{-1} = [I] \rightarrow [T_2]^{-1} = [T_2]^T \qquad (3.44)$$

$$[T_2]^T \cdot [d_0] = [d_1] \qquad (3.45)$$

$$[T_2] \cdot [q_0] = [q_1] \quad \text{olur.} \qquad (3.46)$$

$$\begin{bmatrix} C\phi(1) & C\phi(2) & C\phi(3) & 0 & 0 & 0 \\ C\phi(4) & C\phi(5) & C\phi(6) & 0 & 0 & 0 \\ C\phi(7) & C\phi(8) & C\phi(9) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C\phi(1) & C\phi(2) & C\phi(3) \\ 0 & 0 & 0 & C\phi(4) & C\phi(5) & C\phi(6) \\ 0 & 0 & 0 & C\phi(7) & C\phi(8) & C\phi(9) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ux \\ Uy \\ Uz \\ Wx \\ Wy \\ Wz \end{bmatrix}_0 = \begin{bmatrix} Ux \\ Uy \\ Uz \\ Wx \\ Wy \\ Wz \end{bmatrix}_i$$

Bu,

$(Ux)i = C\Phi(1) * Ux_0 + C\Phi(4) * Uy_0 + C\Phi(7) * Uz_0$
$(Uy)i = C\Phi(2) * Ux_0 + C\Phi(5) * Uy_0 + C\Phi(8) * Uz_0$
$(Uz)i = C\Phi(3) * Ux_0 + C\Phi(6) * Uy_0 + C\Phi(9) * Uz_0$
$(Wx)i = C\Phi(1) * Wx_0 + C\Phi(4) * Wy_0 + C\Phi(7) * Wz_0$
$(Wx)i = C\Phi(2) * Wx_0 + C\Phi(5) * Wy_0 + C\Phi(8) * Wz_0$
$(Wx)i = C\Phi(3) * Wx_0 + C\Phi(6) * Wy_0 + C\Phi(9) * Wz_0$

şeklinde yazılabilir.

3.7 Dönüşüm Matrislerinin Formasyonu

Dönüşüm matrisleri |A| biçiminde gösterilecektir. Dönme kombinasyonu ve translasyon matrislerinin toplamından elde edilir.

Reaksiyonların ve yerdeğiştirmelerin bir koordinattan bir diğerine dönüşümü yapılabilir. Şöyle ki;

$$|A| = |T_2|^T . |T_1| \qquad (3.47)$$

$$|A|^T . |q_0| = |q_i| \qquad (3.48)$$

$$|A| . |d| = |d_i| \qquad (3.49)$$

3.8 Eliminasyona Uğramış Kazık Başı Rijitlik Matrislerinin Gaussion Formasyonu

Kazık başı sertlik matrisleri, yeni bir alt rutinin (KURIKR) programa eklenip, elemanların baş noktaya benzemesiyle elde edilir. Birisi kiriş yüzeyinden dik doğrultuya, diğeri de kiriş yüzeyinden serbest yüzeye olmak üzere işlem iki kez tekrarlanır. Ayrıca bu matrisler, dönüşümler yapılarak ve kuvvetler değerlendirilerek tekrar düzenlenir. Her iki matris de Şekil.3.10 ve Şekil.3.11 de gösterilmiştir.

[IKR]=

	6	1	2	5	4	3
6	.(16) k(1,1)	.(34) k(1,2)	.(51) k(1,3)	0	0	0
1	.(34) k(2,1)	.(17) k(2,2)	.(35) k(2,3)	0	0	0
2	.(51) k(3,1)	.(35) k(3,2)	.(18) k(3,3)	0	0	0
5	0	0	0	.(16) k(4,4)	.(34) k(4,5)	.(51) k(4,6)
4	0	0	0	.(34) k(5,4)	.(17) k(5,5)	.(35) k(5,6)
3	0	0	0	.(51) k(6,4)	.(35) k(6,5)	.(18) k(6,6)

Kiriş düzlemindeki etkilerin ilk hesabı

Dik yüzeyden kiriş yüzeyine, 2. hesaplama

Şekil.3.10 Kazıkbaşı rijitlik matrislerinin Gauss eliminasyonu

[NIKR]=

	1	2	3	4	5	6
1	k(2,2)	k(2.3)	0	0	0	k(2,1)
2	k(3,2)	k(3,3)	0	0	0	k(3,1)
3	0	0	K(6,6)	k(6,5)	k(6,4)	0
4	0	0	K(5,6)	k(5,5)	k(5,4)	0
5	0	0	K(4,6)	k(4,5)	k(4,4)	0
6	k(1,2)	k(1,3)	0	0	0	k(1,1)

Şekil.3.11 Kazık başı rijitlik matrislerinin yeniden düzenlenmesi

3.9 Kazık Grubu Rijitlik Matrislerine Karşılık Gelen Matrislerin Formülasyonu

Gauss eliminasyonuna tabi tutulmuş ve yeniden düzenlenmiş kazıkbaşı matrisleri üst yapıdan, noktasal kuvvetler formuna çevrilir. Bu $|IDKR|_1$ olarak adlandırılacaktır. Buradan yola çıkarak

$$|IDKR|_i = |A|_i \,.\, |NIKR|_i \,.\, |A|_i^T \tag{3.50}$$

$$= |T_1|_i^T \,.\, |T_2|_i \,.\, |NIKR|_i \,.\, |T_2|_i^T \,.\, |T_1|_i \tag{3.51}$$

$$\begin{bmatrix} [I] & \vdots & [0] \\ \cdots & & \cdots \\ [a_i]^T & \vdots & [I] \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} [\lambda_i] & \vdots & [0] \\ \cdots & & \cdots \\ [0] & \vdots & [\lambda_i] \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} k(2,2) & k(2,3) & 0 & 0 & 0 & k(2,1) \\ k(3,2) & k(3,3) & 0 & 0 & 0 & k(3,1) \\ 0 & 0 & k(6,6) & k(6,5) & k(6,4) & 0 \\ 0 & 0 & k(5,6) & k(5,5) & k(5,4) & 0 \\ 0 & 0 & k(4,6) & k(4,5) & k(4,4) & 0 \\ k(1,2) & k(1,3) & 0 & 0 & 0 & k(1,1) \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} [\lambda_i] & \vdots & [0] \\ \cdots & & \cdots \\ [0] & \vdots & [\lambda_i] \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} [I] & \vdots & [a_i] \\ \cdots & & \cdots \\ [0] & \vdots & [I] \end{bmatrix}_i$$

elde edilir.

Karşılık matris grubu, tüm kazık başı rijitlik matrislerinin teker teker toplanmasıyla bulunur.

$$|IDKRT| = \sum_{i=1}^{n\,pile} |IDKR|_i \tag{3.52}$$

3.10 Karşılık Kazığın Yerdeğiştirmelerinin Çözümü

İlk olarak karşılık kazığı rijitlik matrislerinin formu oluşturulur. Bunun için dış kuvvetler ve ilgili yerdeğştirmeler arasındaki ilişkiler gösterilir.

$$\left(\sum_{i=1}^{n\,pile} |IDKR|_i \,|T_1|_i^T \,.\, |T_2|_i \,.\, |NIKR|_i \,.\, |T_2|_i^T \,.\, |T_1|_i \right) \quad |d_0| = |q_0| \tag{3.53}$$

Burada yükleme matrisleri ve sonuç yerdeğiştirmeler açıkça görülebilir.

$$q_0 = \begin{bmatrix} Qx_0 \\ Qy_0 \\ Qz_0 \\ Mx_0 \\ My_0 \\ Mz_0 \end{bmatrix} \qquad d_0 = \begin{bmatrix} Ux_0 \\ Uy_0 \\ Uz_0 \\ Wx_0 \\ Wy_0 \\ Wz_0 \end{bmatrix}$$

6 eşitlik ve 6 bilinmeyenle her yüklemenin kuvvet etkisindeki yerdeğiştirme ve dönmeleri hesaplanır. Burada 6 yüklemenin üçü momentlerden üçü de kuvvetlerden gelir ve benzer yerdeğiştirmeler bir dosya içinde saklanır.

3.11 Kazık Başı Reaksiyonları Ve Yerdeğiştirmelerinin Determinasyonu

Öncelikle $|A|_i^T$ ve $|NIKR|_i$ matrisleri hesaplanarak orjinal yerdeğiştirmeler ve reaksiyonlar bulunur. Bundan sonra;

$$|d|_i = |T_0|_i^T \,.\, |T_1|_i \,.\, |d|_0 \tag{3.54}$$

$$= |A|^T \,.\, |d|_0 \tag{3.55}$$

$$|POC|_i = |NKTR|_i \,.\, |d|_i \tag{3.56}$$

Burada;

$|d|_0$: kuvvet etkisindeki kazık tabliyesi yerdeğiştirmeleri matrisleri

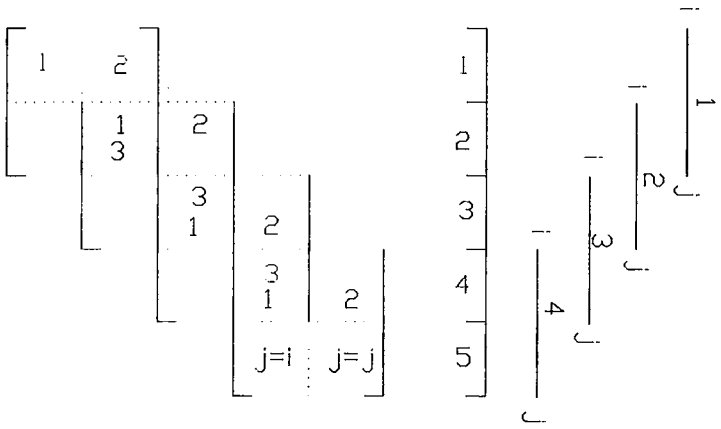
$|d|_i$: kazık başı yerdeğiştirmeleri matrisleri

$|A|^T$: dönüşüm matrislerinin transpozesi

$|POC|_i$: kazık başı reaksiyonları matrisidir.

3.12 Noktasal Yerdeğiştirmelerin Ve Reaksiyonların Hesaplanması

Bir dosyada saklanan kazık elemanı rijitlik matrisleri, süperpoze ve yerdeğiştirmeler için hafızadan çağrılır ve reaksiyonlar için tekrarlanmış çözümde, her eleman için bulunur. En yüksek kazık elemanı j. noktadan yerdeğiştirmesi hesaplanır. Fonksiyonların i. noktasında bu yer değiştirmeler kolaylıkla elde edilir. Sonra i. noktada bu yerdeğiştirmeler tekrar kullanılır. i. noktadaki bazı kazık elemanlarının saptanmasında elde edilen reaksiyonlar aynı zamanda (ND-1). kazık elemanının j. noktasında olan reaksiyonlardır. İterasyonda, noktasal yerdeğiştirmeden noktasal reaksiyonlar ve noktasal reaksiyondan noktasal yerdeğiştirmeler, ilk kazık elemanının i. noktasına kadar birbirini izleyerek elde edilir. Şekil.3.12 de rijitlik matrisleri elemanlarıyla noktalar arasındaki ilişki şematik olarak gösterilmiştir.



Kazık başına benzeyen nokta numarası.

Şekil..3.12 Rijitlik matrisleri elemanlarıyla noktalar arasındaki ilişki

4. DİĞER HESAPLAMA YÖNTEMLERİYLE KIYASLAMA

4.1 "GRUNDBAU TASCHENBUCH" tan Bir Örnek

15 kazıktan oluşan bir kazık grubunu; 300 tonluk bir düşey yükleme, x ve y yönlerinde 50 tm ve 60 tm olmak üzere bir eğilme momentine tabi tutalım. İlgili şekil Şekil.4.1 de gösterilmiştir. Kazık malzeme özellikleri eşit ve tüm kazıkların katmanları sert bağlantılı varsayılmıştır. Eksenel yüklemelerden dolayı oluşan reaksiyonlar Formül 2.12 de verilmiştir.

$$\sum_{i=1}^{15} x^2 = 270 \qquad \sum_{i=1}^{15} y^2 = 50, \qquad n = 15$$

Bundan sonra;

$$Q_i = \frac{300}{15} + \frac{50}{90} y_i - \frac{60}{270} x_i$$

Sonuç eksenel kuvvetler çizelge 4.1 de gösterilmiştir.

Pile No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x(m)	-6	-3	0	3	6	-6	-3	0	3	6	-6
y(m)	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	-3
Q_i(t)	23	22.3	21.7	21	20.3	21.3	20.7	20	19.3	18.7	19.7

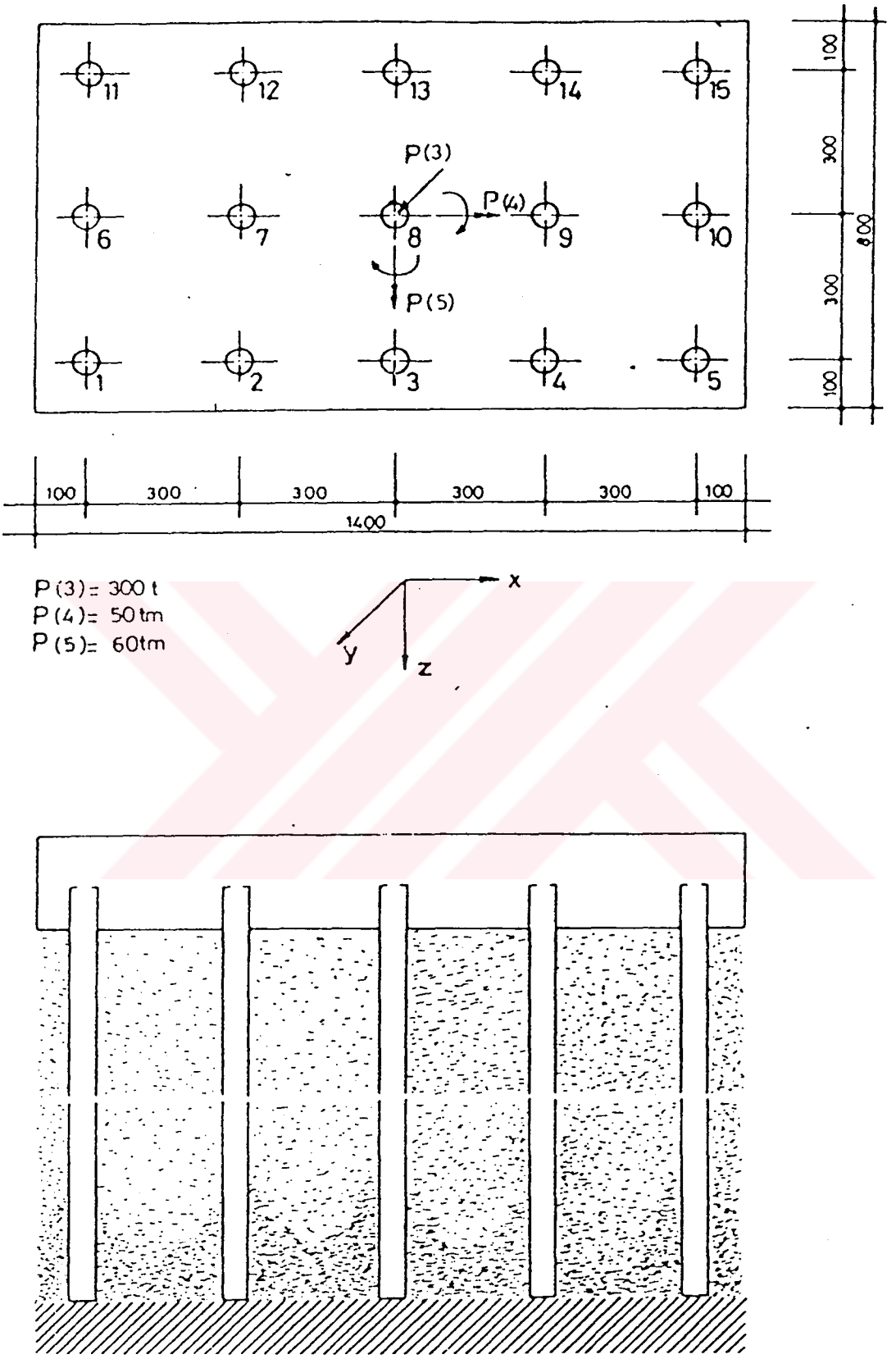
Pile No	12	13	14	15
x(m)	-3	0	3	6
y(m)	-3	-3	-3	-3
Qi(t)	19	18.3	17.7	17

Çizelge.4.1 "Grundbau Taschenbuch" daki örneğin eksenel reaksiyonları

Aynı kazık grubu için geliştirilen bir programda sonuç kazık başı eksenel reaksiyonları (kesme kuvveti, eğilme momenti, yerdeğiştirmeler, dönmeler) her kazık için hesaplanmıştır. Bulunan değerler Şekil.4.2 de gösterilmiştir.

Kazık No:	Düz Hesaplama Yöntemiyle Bulunan Eksenel Momentler	Geliştirilmiş Program Yardımıyla Bulunan Eksenel Kuvvetler
1	23	22.96
2	22.33	22.297
3	21.67	21.635
4	21	20.973
5	20.33	20.31
6	21.33	21.325
7	20.67	20.662
8	20	20
9	19.33	19.338
10	18.67	18.675
11	19.67	19.69
12	19	19.027
13	18.33	18.365
14	17.67	17.703
15	17	17.04

Çizelge.4.2 Bowles tarafından örneği verilen kazıkların eksenel ve bağıl değerleri



Şekil.4.4 Grundbau Taschenbuch örneği

BOWLES'İN TEMEL ANALİZLERİ ve DİZAYNLARI ÖRNEĞİNDEN (C=4320 t/m^3)

NOKTASAL YÜKLEMELER

LOAD NO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	-150.00	0.00	1000.00	0.00	0.00	0.00

LOAD NO	PILE NO	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1	1	9.79E-06	5.55E-06	1.91E-04	-6.73E-07	2.79E-07	1.06E-06
1	2	-2.62E-07	1.64E-05	1.90E-04	-6.73E-07	-2.77E-07	1.06E-06
1	3	-2.70E-06	-1.01E-05	1.88E-04	-6.73E-07	-4.07E-07	1.02E-06
1	4	-5.13E-06	-1.28E-05	1.85E-04	-6.73E-07	-4.07E-07	1.02E-06
1	5	-8.39E-06	-7.44E-06	1.85E-04	-6.73E-07	-4.07E-07	1.02E-06
1	6	-5.96E-06	-4.74E-05	1.88E-05	-6.73E-07	-4.07E-07	1.02E-06
1	7	-1.57E-05	2.05E-05	1.89E-04	8.66E-08	8.36E-07	1.06E-06
1	8	-1.17E-05	-2.05E-06	1.85E-04	-6.73E-07	-4.07E-07	1.02E-06
1	9	-1.41E-05	-4.74E-06	1.82E-04	-6.73E-07	-4.07E-07	1.02E-06
1	10	-2.92E-07	-2.83E-05	1.79E-04	6.73E-07	-2.79E-07	1.06E-06
1	11	1.65E-05	-1.51E-05	1.79E-04	6.73E-07	2.77E-07	1.06E-06
1	12	-1.08E-05	-1.01E-05	1.82E-04	-6.73E-07	-4.07E-07	1.02E-06
1	13	1.61E-05	2.66E-06	1.80E-04	2.79E-07	6.73E-07	1.06E-06

KAZIK BAŞI REAKSİYONLARI

LOAD NO	PILE NO	TX	TY	TZ	MX	MY	MZ
1	1	132.838	1.685	21.927	-0.917	194.565	23.994
1	2	-3.554	2.92	21.295	-0.918	184.182	34.819
1	3	-36.627	-0.139	20.924	-0.918	179.792	7.643
1	4	-69.699	-0.445	20.618	-0.918	177.112	4.963
1	5	-113.922	0.167	20.618	-0.918	177.112	10.323
1	6	-80.85	0.473	20.924	-0.918	179.792	13.003
1	7	-212.96	3.385	22.33	0.118	202.947	38.892
1	8	-158.146	0.779	20.618	-0.918	177.112	15.683
1	9	-191.218	0.173	20.312	-0.918	174.432	13.003
1	10	-3.965	-2.157	20.006	0.917	172.863	-9.673
1	11	224.27	-0.659	20.633	0.918	183.209	3.457
1	12	-146.995	-0.139	20.312	-0.918	174.432	7.643
1	13	218.623	1.356	21.105	0.381	190.791	21.113

4.2 BOWLES'TEN Bir Örnek

İkinci bir örnek olarak, başka bir kazık grubu, gelişmiş programla çözülmüştür. Bu grup 13 tane daha iyi düzey kazıktan oluşmakta ve Şekil.4.2 de gösterildiği gibi, düşeyde 1000 kip.'lik bir kuvvete, yatayda 150 kip.'lik bir yüke maruz bırakılmaktadır.

Bowles'in sonuçlarına göre karışım oranı (r) ye bağlı olarak üç farklı çözüm mümkündür. Çizelge 4.3'te eksenel ve yanal kuvvetlerden ileri gelen sertlik matris değerleri gösterilmiştir. Her ne kadar tepkileri karışım oranına göre büyük ölçüde değişse de, bunlar gelişmiş programdan elde edilenlerle uygundur.

Matrix					Çözüm		
r oranı için = 0.22616					Kazık No	TX (bağıl) (eksenel kuvvet)	TX (bağıl) (yanal kuvvet)
0	0	0	7.008	0	1	-64.81	17.65
-3.55	0	-11.96	0	0	2	-74.09	13.7
0	-12.07	0	0	0	3	-86.12	10.84
-11.1	0	-388.6	0	0	4	-89.41	10.84
0	0	0	-498.38	0	5	-82.84	10.84
0	0	0	0	-892.64	6	-79.55	10.84
					7	-83.86	7.71
					8	-76.26	10.84
					9	-79.55	10.84
					10	-83.36	7.71
					11	-74.09	13.7
					12	-86.12	10.84
					13	-64.81	17.65

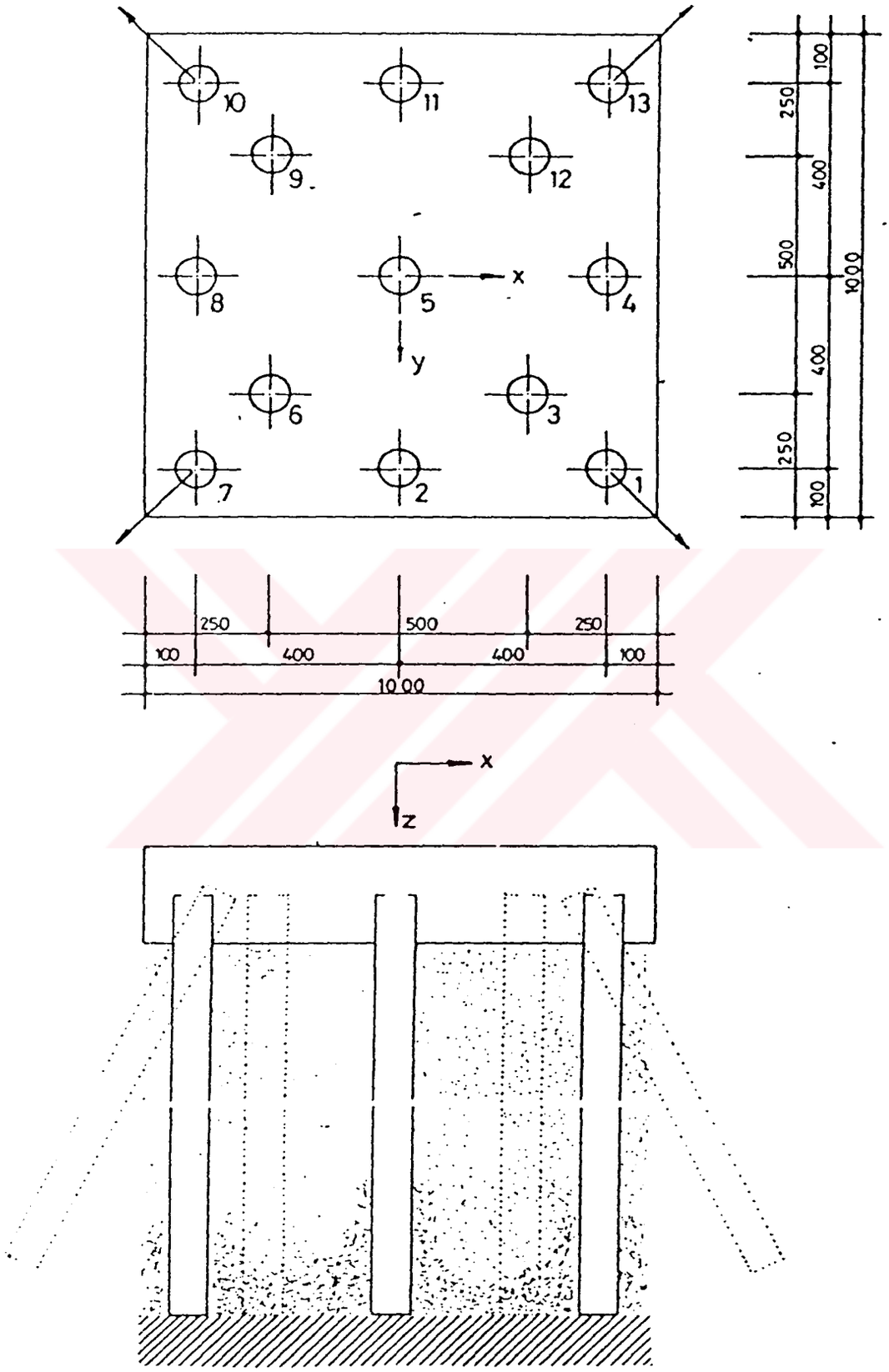
r oranı için = 0.0056						Kazık No:	Eksenel Kuvvet	Yanal Kuvvet
-0.47	0	0	0	9	0	1	-64.81	17.65
0	-0.868	0	-15.364	0	0	2	-74.09	13.7
0	0	-11.806	0	0	0	3	-86.12	10.84
0	-15.364	0	-371.63	0	0	4	-89.41	10.84
0	0	0	0	-397.087	0	5	-82.84	10.84
0	0	0	0	0	-5.026	6	-79.55	10.84
						7	-83.86	7.71
						8	-76.26	10.84
						9	-79.55	10.84
						10	-83.36	7.71
						11	-74.09	13.7
						12	-86.12	10.84
						13	-64.81	17.65

R oranı için = 0.0000						Kazık No:	Eksenel Kuvvet	Yanal Kuvvet
-0.4	0	0	0	9.05	0	1	82.82	0
0	-8.8	0	-15.45	0	0	2	-21.87	0
0	0	-11.8	0	0	0	3	-197.15	0
0	-15.45	0	-371.2	0	0	4	-274.67	0
0	0	0	0	-396.8	0	5	-133.25	0
0	0	0	0	0	0	6	-55.73	0
						7	-106.12	0
						8	8.16	0
						9	-69.35	0
						10	-128.34	0
						11	-58.64	0
						12	-210.77	0
						13	157.04	0

Çizelge.4.3 Eksenel ve yanal kuvvetlerin, Bowles tarafından geliştirilmiş programla elde edilen sonuçları

Kazık No:	TX (Bağıl) (Eksenel Kuvvet)	TZ (Bağıl) (Yanal Kuvvet)
1	132.838	21.927
2	-3.554	21.295
3	-36.627	20.924
4	-69.699	20.618
5	-113.922	20.618
6	-80.85	20.924
7	-212.96	22.33
8	-158.146	20.618
9	-191.218	20.312
10	-3.965	20.006
11	224.27	20.633
12	-146.995	20.312
13	218.623	21.105

Çizelge.4.4 Eksenel ve bağıl kuvvetlerin geliştirilmiş program ile elde edilen sonuçları



Şekil.4.2 Bowles'in analiz ve dizayn örneği

5. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Eğimli yükleme altındaki birleştirilmiş düşey ve yan yatan kazıkların veya bir grup yan yatmış kazığın üzerindeki basınç ve gerilim kuvvetlerinin hesabı çok karışıktır. Kazıkla oluşturulmuş bir temel çok karışık üç boyutlu bir yapıya sahip olduğu için güvenilir teorik temele dayalı, önceden oluşturulmuş bir prosedürü yoktur. Literatürde bu problemi ele almak için bazı analitik metodlar önerilir. Ama gerçek bir çözüm bulunmaz. Nokta taşıyıcı kazıkların daha iyi bir grup analizi için bu çalışma elastik kiriş modeli olarak benimsenir. Önerilen modelle, literatürde verilmiş bazı sayısal örneklerin diğer hesaplama metodlarıyla karşılaştırılması elde edilen sonuçların kabul edilebilir limitlerde olduğunu ispatlamıştır.

Sonuçta denilebilir ki, sıkıcı hesaplamaları mühendislik dizayn bürolarının ihtiyaçlarına pratik ve verimli bir hale dönüştüren sonlu taşıyıcı kazık gruplarının dizaynı için uygun bir program geliştirilmiştir.

Her bir kazık için eğilme momenti, kesme kuvveti gibi değerler hesaplanmış eksen, aynı zamanda kazıkların yapısal dizaynında da kullanışlıdır. Kazıkların kesiti, tesiri altında oldukları kuvvetlerle uyum içinde seçilmelidir.

Çalışmanın bir başka önemi de; tasarımcıyı, hareketlerin, kazığın sert tabakada bulunduğunu gösteren kabul edilebilir limitler içinde olduğuna ikna eden, üstyapının kuvvetleri altında kazık temeldeki oturmaların bulunabileceğidir.

Geliştirilen programla yapılan sayısal hesaplamalar göstermiştir ki alt derece katsayısı C, gruplar sadece dikey kazıklardan oluştuğunda ters kuvvetleri ve hareketleri etkilemeyecektir. Bununla beraber, eğer grup çarpık kazıklardan oluşuyorsa, hesaplanmış ters kuvvetler ve hareketler, alt derece katsayısındaki değişmeden dolayı oldukça farklılaşacaktır. Bu yüzden toparlamak gerekirse; güvenilir toprakaltı özellikleri, sürtünmeli kazık içeren kazık gruplarının üç boyutlu analizi için gereklidir ama eğer grup sadece düşey kazıklardan oluşuyorsa geçerli değildir.

Araştırmanın bir başka önemli yönü de, ayrıntılı toprakaltı bilgileri varsa, oturma ve kazık hareketlerinin hesaplanabilmesidir. Araştırma sadece nokta taşıyıcı kazıklar üzerinde sınırlandırıldığından, düşey oturmalar kazıkların elastik kısalmalarından daha detaylı

incelenebilmiştir. Hareketlerin hesabı için kesin sonuca yaklaştıkça, tasarımcıya önceden yatay ve düşey kuvvetlerin sıfır kabul edilerek hesaplanmış ek kuvvetlerini kontrol etmesine imkan verir. Eğer hareketler kabul edilebilir limitler içerisinde değilse, ek kuvvetlerdeki bir değişiklik, sabit kuvvetin hesaplanmış yerdeğiştirme miktarını çeken elastik destek olarak modellenmesiyle başarılabilir.

Kazık gruplarının dinamik analizi veya sürtünmeli kazıklara giriş, komple bir inceleme için bu programın geliştirilmesinde araştırma konularının devamı olarak kabul edilebilir. Bu çalışmada kullanılan matris yöntemleri, kazık grup incelemesinin bu alanlarında da çok etkilidir.

KAYNAKLAR

"National Building Code" (American)

Anderson, P. (1956); Substructure Analysis and Design, 2nd edition the Ronald Press Company, New York,.

Blum, H. ; (1966). Grundbau Taschenbuch, Verlag von Wilhelm Ernest Sohn, Berlin München,

Broms, B.B. ; (1965), Design Of Laterally Loaded Piles, proceedings, Am. Soc. Civ. Engns, May, pp. 79-99.

Bowles, X.E. ; (1968) ; Foundation Analysis and Design, Mc. Graw-Hill Kogakuşka, ltd.

Chellis, R.D. ; (1961); Pile Foundations, 2nd edition, Mc.Grawhill Book Company, New York.

Çakıroğlu, A. , Özden E. ve Özmen G. (1970); Yapısal Sistemlerin Hesaplanması İçin Matris Metodları Ve Bilgisayar Programları, Dizerkonca Matbaası, İstanbul.

Francis, A.J. ; (1964); Analysis of Pile Groups with Flexural Resistance, J. Soil Mech. Found. DIV–ASCE, vol. SM3-90, pp. 1-32, May.

Terzaghi, K. And Peck. R.B. (1967); Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd edition, J. Wiley Sons, New York.

Tomlinson, M.J. (1978) ; Foundation design and construction, Pitman Publishing Limited, London.

Whitaker, T. ; The Design Of Piled Foundations, Robert Maxwell, M.C.

Winterkon, H.F. and Fang H.F. (1975); Foundation Engineering Handbook, Van Nostrad Reinhold Company.

EKLER

Ek 1 Program Listesi

Ek 2 Giriş Veri Formatı

Ek 3 Sayısal Örnekler

EK 1 PROGRAM LİSTESİ

```
      ****************************************************************
      *
!     *          BU PROGRAM SUAT KÜÇÜKUĞURLUOĞLU TARAFINDAN
!     *                        DÜZENLENMİŞTİR
!     ****************************************************************
!     *    NPILE :KAZIK NUMARALARI
!     *    NLOAD :YÜKLEME NUMARALARI
!     *    X(I)  :BİR KAZIĞIN X,Y,Z NOKTASAL KOORDİNATLARI SIRALAMASI
!     *    C(I)  :KAZIK İÇİN NOKTASAL TOPRAK MODÜLÜ
!     *    E     :ELASTİSİTE MODÜLÜ
!     *    MU    :POİSON ORANI
!     *    G     : ELASTİSİTE MODÜLÜ: G=E/(1+2*EMU)
!     *    EL(I) :SEQUENCE FOR THE LENGHTS OF EACH ELEMENT FOR EACH PILE
!     *    GL(I) :SEQUENCE FOR GAMMA(L) FOR EACH PILE
!     *    EX    :STIFFNESS AGAINST MOMENT IN X DIRECTION FOR EACH PILE
!     *    EX    :STIFFNESS AGAINST MOMENT IN Y DIRECTION FOR EACH PILE
!     *    GJ    :STIFFNESS AGAINST TORSION FOR EACH PILE
!     *    P(I,J):SEQUENCE OF LOADING MATRICE
      ****************************************************************

      COMMON/BLOCK1/SR(200),IBB,ISS,ND,IKR(6,6)
      COMMON/BLOCK2/ER(21),RN
      COMMON/BLOCK3/NPILE,NLOAD
      COMMON/BLOCK4/ID,IREC,COF
      DIMENSION ATRANS(6,6),DEP(6,10),P(6,10),DEPOR(6,10),POF(6,10)
      REAL:: IKR,NIKR(6,6),IDKRM(6,6),IDKRT(6,6)
      REAL:: COF(6,6),DIS(6,6)
      INTEGER RN,ROW(6)
      CHARACTER(4) BAS(17)
      DATA ROW/6,1,2,5,4,3/
      OPEN(UNIT=1,FILE='ELEMNT',ACCESS='DIRECT',RECL=21)
      OPEN(UNIT=2,FILE='PILE',ACCESS='DIRECT',RECL=36)
      OPEN(UNIT=3,FILE='ATRANS',ACCESS='DIRECT',RECL=36)
      OPEN(UNIT=7,FILE='NIKR',ACCESS='DIRECT',RECL=36)
      OPEN(UNIT=9,FILE='DEPOR',ACCESS='DIRECT',RECL=06)
      OPEN(UNIT=10,FILE='FORCES',ACCESS='DIRECT',RECL=06)
      OPEN(UNIT=11,FILE='DISP',ACCESS='DIRECT',RECL=30)
      OPEN(UNIT=12,FILE='PREAC',ACCESS='DIRECT',RECL=30)

!
!     A PROGRAM FOR THE CALCULATION OF GROUP CAPACITY OF PILES
!

      NTL=1
750   READ(*,'(A1,17A4)',END=650)TOP,BAS
      IF(TOP.NE.1H*) GO TO 750
      IF(NTL.NE.1) WRITE(6,'(1H1)')
      WRITE(6,'/10X,17A4)') BAS
      READ(*,'(5I5)') NPILE,NLOAD,ND,ITR,NTR
      DO 10 J=1,NLOAD
10    READ(*,'(6F10.0)') (P(I,J),I=1,6)
      RN=1
      DO 11 IPIL=1,NPILE
      CALL PILRI(IPIL)
11    CONTINUE
```

```
      DO 12 I=1,6
      DO 12 J=1,6
12    IDKRT(I,J)=0
      DO 13 IPIL=1,NPILE
      READ(2,REC=IPIL)((IDKRM(I,J),J=1,6),I=1,6)
      DO 13 I=1,6
      DO 13 J=1,6
13    IDKRT(I,J)=IDKRT(I,J)+IDKRM(I,J)
      CALL SOLVE(6,NLOAD,IDKRT,P,DEP)
      IF(NTR.EQ.0) GO TO 640
      WRITE(6,'(//,10X,36HSUMMATION OF PILE STIFFNESS MATRICES:)')
      WRITE(6,'(6/10X,6E15.5))') ((IDKRT(I,J),I=1,6),J=1,6)
      WRITE(6,'(//,10X,13HDISPLACEMENTS)')
      WRITE(6,'(6(/10X,6E15.5))')((DEP(I,J),I=1,6),J=1,NLOAD)
640   JREC=1
      NREC=1
      DO 20 IPIL=1,NPILE
      READ(3,REC=IPIL) ((ATRANS(I,J),J=1,6),I=1,6)
      READ(7,REC=IPIL) ((NIKR(I,J),J=1,6),I=1,6)
21    JREC=JREC+1
      DO 20 IK=1,2
      IREC=2*IPIL*(ND-1)+IK-2
      DO 211 I=1,3
      DO 211 J=1,NLOAD
211   DIS(I,J)=DEPOR(ROW(I+3*(IK-1)),J)
      CALL READER(3,ND)
      CALL MATCAR(3,NLOAD,COF,DIS,POF)
      WRITE(11,REC=NREC) ((DIS(I,J),I=1,3),J=1,NLOAD)
      WRITE(12,REC=NREC) ((POF(I,J),I=1,3),J=1,NLOAD)
      NREC=NREC+1
      DO 212 ID=1,ND-1
      CALL READER(2,ND)
      CALL MATCAR(3,NLOAD,COF,POF,DIS)
      CALL READER(1,ND)
      CALL SOLVE(3,NLOAD,COF,POF,DIS)
      WRITE(11,REC=NREC) ((DIS(I,J),I=1,3),J=1,NLOAD)
      WRITE(12,REC=NREC) ((POF(I,J),I=1,3),J=1,NLOAD)
      NREC=NREC+1
212   IREC=IREC-2
20    CONTINUE
      CALL OUTPUT(P,ND,ITR)
      NTL=NTL+1
      GO TO 750
650   CLOSE(UNIT=8)
      STOP
      END


      SUBROUTINE PILRI(IPIL)
      DIMENSION X(300),C(100),EL(100),GL(100),CO(12)
      DIMENSION NIKR(6,6),IDKR(6,6),IDKRM(6,6),A(6,6),ATRANS(6,6)
      DIMENSION ROTA(6,6),TRNSLT(6,6)
      COMMON/BLOCK1/SR(200),IBB,ISS,ND,IKR(6,6)
      COMMON/BLOCK2/ER(21),RN
      INTEGER RN,ROW(6)
      REAL:: MU
      REAL:: IKR,NIKR,IDKR,IDKRM
      CHARACTER*5 KP,KPILE
      DOUBLE PRECISION PI
      DATA KPILE,PI/'PILE:',3.141592654/
      DATA ROW/6,1,2,3,4,3/
      KS(I,J)=(J-I)*ND*3-(J-I-1)*(J-I)*0.5+I
      READ(*,'(I2,3X,A5)') IROW,KP
      IF(IROW.NE.IPIL.OR.KP.NE.KPILE) THEN
```

```
      WRITE(6,'(5X,I2,3X,23HPILE HEAD CARD IS WRONG)') IPIL
      GO TO 75
      ENDIF
      READ(*,61) D,E,MU,C(1),KST,KTY,(CO(I),I=4,6)
      READ(*,'(8F10.0)') (X(I),I=1,ND*3,3)
      READ(*,'(8F10.0)') (X(I),I=2,ND*3,3)
      READ(*,'(8F10.0)') (X(I),I=3,ND*3,3)
      IF(KTY.EQ.0) THEN
      DO 12 I=2,ND-1
12    C(I)=C(1)
      ELSEIF(KTY.EQ.1) THEN
      READ(*,'(8F10.0)') (C(I),I=1,ND-1)
      ENDIF
      G=E/(2*(1+2*MU))
      IF(KST.EQ.0) THEN
      EF=E*PI*D**2/4
      EIX=E*PI*D**4/64
      EIY=EIX
      GJ=G*PI*D**4/32
      ELSEIF(KST.EQ.1) THEN
      EF=E*D**2
      EIX=E*D**4/12
      EIY=EIX
      GJ=G*D**4/6
      ENDIF
      J=1
      DO 20 I=1,3*(ND-1),3
      ww=x(I+3)
      EL(J)=SQRT((ww-X(I))**2+(X(I+4)-X(I+1))**2+(X(I+5)-X(I+2))**2)
      GL(J)=EL(J)*SQRT(SQRT(C(J)*D*1000/(4*EIX)))
20    J=J+1
      IL=3*ND-5
      SS=KS(IL,3*ND)
      IBB=1
      ISS=3
      DO 8 K=1,2
      DO 30 I=1,200
30    SR(I)=0
      DO 9 NI=1,ND-1
      IF(K.EQ.1) THEN
      CALL ELRI(EF,EL(NI),EIX,GL(NI))
      ELSE
      CALL ELRI(GJ,EL(NI),EIY,GL(NI))
      ENDIF
      IS=(NI-1)*3+1
      JS=IS
      LS=6
      LM=1
      DO 10 L=1,6
      KL=KS(IS,JS)
      DO 11 M=1,LS
      SR(KL+M-1)=SR(KL+M-1)+ER(LM)
11    LM=LM+1
      LS=LS-1
10    JS=JS+1
9     CONTINUE
      CALL ELE
      CALL KURIKR
      IBB=4
      ISS=6
8     CONTINUE

  !
  !   NEW ORDER OF PILE STIFFNESS MATRICE
```

```
!
      DO 21 I=1,6
      DO 21 J=1,6
21    NIKR(I,J)=0
      DO 22 I=1,6
      DO 22 J=1,6
22    NIKR(ROW(I),ROW(J))=IKR(I,J)
      WRITE(7,REC=IPIL) ((NIKR(I,J),J=1,6),I=1,6)

!
!  CALCULATION OF DIRECTION COSINES
!

      CO(1)=X(1)
      CO(2)=X(2)
      CO(3)=X(3)
      MS=ND*3-2
      CO(10)=X(MS)
      CO(11)=X(MS+1)
      CO(12)=X(MS+2)
      DO 31 I=1,3
31    CO(I)=CO(9+I)-CO(I)
      DELTA=1/(SQRT(CO(1)*CO(1)+CO(2)*CO(2)+CO(3)*CO(3)))
      DO 32 I=1,3
32    CO(I)=CO(I)*DELTA
      IF(CO(3).EQ.-1) THEN
      CO(4)=0.
      CO(5)=-1.
      CO(6)=0.
      ENDIF
      CO(7)=CO(2)*CO(6)-CO(3)*CO(5)
      CO(8)=CO(3)+CO(4)-CO(1)*CO(6)
      CO(9)=CO(1)+CO(5)-CO(2)*CO(4)
      REWIND 08
      WRITE(8,'(12F10.4)') (CO(I),I=1,12)
      REWIND 08
      READ(8,'(12F10.4)') (CO(I),I=1,12)
      WRITE(6,'(3F15.4)') (CO(I),I=1,12)

!
!  FORMATION OF THE ROTATION MATRICE
!

      DO 41 I=1,6
      DO 41 J=1,6
41    ROTA(I,J)=0
      DO 42 K=1,4,3
      DO 42 I=K,K+2
      DO 42 J=K,K+2
42    ROTA(I,J)=CO(3*(I-K)+(J-K+1))

!
!  FORMATION OF THE TRANSPOSE OF THE TRANSLATION MATRICE
!

      DO 51 I=1,6
      DO 51 J=1,6
      IF(I.NE.J) THEN
      TRNSLT(I,J)=0
      ELSE
      TRNSLT(I,J)=1.
      ENDIF
51    CONTINUE
```

```
      TRNSLT(4,3)=CO(11)
      TRNSLT(5,3)=-CO(10)
      TRNSLT(6,1)=-CO(11)
      TRNSLT(6,2)=CO(10)

!
!     FORMATION OF THE TRANSFORMATION MATRICE
!
      CALL MATCAR(6,6,TRNSLT,ROTA,A)
      DO 52 I=1,6
      DO 52 J=1,6
52    ATRANS(I,J)=A(J,I)
      WRITE(3,REC=IPIL) ((ATRANS(I,J),J=1,6),I=1,6)

!
!     ROTATION AND TRANSLATION OF GAUSSIAN ELIMINATED PILE STIFFNESS
!
      CALL MATCAR(6,6,NIKR,ATRANS,IDKR)
      CALL MATCAR(6,6,A,IDKR,IDKRM)
      WRITE(2,REC=IPIL) ((IDKRM(I,J),J=1,6),I=1,6)
61    FORMAT(4E10.0,2I5,3E10.0)
75    RETURN
      END

      SUBROUTINE ELRI(EF,EL,EI,GL)
      COMMON/BLOCK2/ER(21),RN
      INTEGER RN

!
!     FORMATION OF THE ELEMENT STIFFNESS MATRICE ON ELASTIC FOUNDATION
!
      CH=COSH(GL)
      CO=COS(GL)
      SH=SINH(GL)
      SI=SIN(GL)
      SHCH=SH*CH
      CHSI=CH*SI
      SHCO=SH*CO
      SICO=SI*CO
      PYDT=1./(SH*SH-SI*SI)

!
!     MEMBERS OF THE STIFFNESS MATRICE
!
      CK1=2*EI*GL/EL
      CK2=2*CK1*GL/EL
      CK3=CK2*GL/EL

!
!     FORMATION OF ELEMENT STIFFNESS MATRICE IN ONE DIMENSIONAL (ER)
!
      ER(1)=CK1*(SHCH-SICO)*PYDT
      ER(2)=EF/EL
      ER(3)=CK3*(SHCH+SICO)*PYDT
      ER(4)=ER(1)
      ER(5)=ER(2)
      ER(6)=ER(3)
      ER(9)=CK2*(SH*SI*PYDT)
```

```
      ER(12)=CK2*0.5*(SH*SH+SI*SI)*PYDT
      ER(15)=ER(12)
      ER(16)=CK1*(CHSI-SHCO)*PYDT
      ER(17)=ER(2)
      ER(18)=CK3*(CHSI+SHCO)*PYDT
      ER(21)=ER(9)
      WRITE(1,REC=RN) ER
      RN=RN+1
      RETURN
      END


      SUBROUTINE KURIKR
      COMMON/BLOCK1/SR(200),IBB,ISS,ND,IKR(6,6)
      REAL:: IKR
      M=3*ND-2
      ME=M
      K=1
      DO 10 I=IBB,ISS
      ART=ND*3
      DO 20 J=I,ISS
      IKR(I,J)=SR(ME)
      IF(I.NE.J) IKR(J,I)=IKR(I,J)
      ME=ME+ART
20    ART=ART-1
      ME=M+K
10    K=K+1
      RETURN
      END


      SUBROUTINE ELE
      INTEGER YBG
      COMMON/BLOCK1/A(200),IBB,ISS,ND,IKR(6,6)
      K(I,J)=(J-I)*N-(J-I-1)*(J-I)*0.5+I
      N=3*ND
      NS=N-3
      YBG=6
      IL=N-YBG+1
      KS=K(IL,N)

  !
  !   ELEMINATION
  !

      DO 10 I=2,NS
      IF(I.GT.IL) GOTO 19
      JS=I+YBG-2
      GO TO 20
19    JS=N
20    ORAN=A(K(I-1,I))/A(K(I-1,I-1))
      DO 11 J=I,JS
11    A(K(I,J))=A(K(I,J))-ORAN*A(K(I-1,J))
10    CONTINUE
      RETURN
      END


      SUBROUTINE OUTPUT(P,ND,ITR)
      DIMENSION P(6,10),DISP(6,10),PREC(6,10)
      COMMON/BLOCK3/NPILE,NLOAD
      INTEGER ROW(6)
      CHARACTER(5) SEQ(30),HDEP(6),HFOR(6),HLOAD(6)
      CHARACTER(15) ISM1,ISM2,ISM3
```

```
      DATA ROW/6,1,2,5,4,3/
      DATA ISM1,ISM2,ISM3/'LOAD NO: ',' PILE NO : ',' NODE NO : '/
      DATA HDEP/'D1','D2','D3','D4','D5','D6'/
      DATA HFOR/'TX','TY','TZ','MX','MY','MZ'/
      DATA HLOAD/'P1','P2','P3','P4','P5','P6'/
      DATA SEQ(1),SEQ(2),SEQ(3),SEQ(4)/'ST','ND','RD','TH'/
      DATA SEQ(21),SEQ(22),SEQ(23)/'ST','ND','RD'/
      DO 110 I=4,30
      IF(I.LE.20.OR.I.GE.24) SEQ(I)=SEQ(4)
110   CONTINUE
      WRITE(6,'(//,11X,11HNODAL LOADS)')
      WRITE(6,101) ISM1,HLOAD
      DO 10 JLOAD=1,NLOAD
      WRITE(6,102) JLOAD,(P(I,JLOAD),I=1,6)
10    CONTINUE
      WRITE(6,'(//,11X,23HPILE HEAD DISPLACEMENTS)')
      WRITE(6,103) ISM1,ISM2,HDEP
      DO 20 JLOAD=1,NLOAD
      DO 21 IPIL=1,NPILE
      IREC=(IPIL-1)+NLOAD+JLOAD
      READ(9,REC=IREC) (DISP(I,JLOAD),I=1,6)
21    WRITE(6,105) JLOAD,IPIL,(DISP(I,JLOAD),I=1,6)
20    CONTINUE
      WRITE(6,'(//,11X,19HPILE HEAD REACTIONS)')
      WRITE(6,104) ISM1,ISM2,HFOR
      DO 30 JLOAD=1,NLOAD
      DO 31 IPIL=1,NPILE
      IREC=(IPIL-1)+NLOAD+JLOAD
      READ(10,REC=IREC) (PREC(I,JLOAD),I=1,6)
31    WRITE(6,106) JLOAD,IPIL,(PREC(I,JLOAD),I=1,6)
30    CONTINUE
      IF(ITR.EQ.0) RETURN
      WRITE(6,'(//,1H1,26HPILE ELEMENT DISPLACEMENTS)')
      DO 40 IPIL=1,NPILE
      WRITE(6,'(//10X,I2,A2,2X,5HPILE:)') IPIL,SEQ(IPIL)
      WRITE(6,103) ISM1,ISM3,HDEP
      DO 40 ID=1,ND
      NREC=2*ND*(IPIL-1)+ND-ID+1
      READ(11,REC=NREC) ((DISP(ROW(I),J),I=1,3),J=1,NLOAD)
      NREC=NREC+ND
      READ(11,REC=NREC) ((DISP(ROW(I),J),I=4,6),J=1,NLOAD)
      WRITE(6,105) (J,ID,(DISP(I,J),I=1,6),J=1,NLOAD)
40    CONTINUE
      WRITE(6,'(1H1,//11X,22HPILE ELEMENT REACTIONS)')
      DO 50 IPIL=1,NPILE
      WRITE(6,'(//,10X,I2,A2,2X,5HPILE:)') IPIL,SEQ(IPIL)
      WRITE(6,104) ISM1,ISM2,ISM3,HFOR
      DO 50 ID=1,ND
      NREC=2*ND*(IPIL-1)+ND-ID+1
      READ(12,REC=NREC)((PREC(ROW(I),J),I=1,3),J=1,NLOAD)
      MREC=NREC+ND
      READ(12,REC=NREC) ((PREC(ROW(I),J),I=4,6),J=1,NLOAD)
      WRITE(6,106) (J,ID,(PREC(I,J),I=1,6),J=1,NLOAD)
50    CONTINUE
101   FORMAT(//10X,A10,21X,6(A2,13X))
102   FORMAT(//15X,I2,12X,6F15.2)
103   FORMAT(//10X,2A10,12X,6(A2,13X))
104   FORMAT(//10X,2A10,13X,6(A2,13X))
105   FORMAT(//15X,I2,8X,I2,5X,6E15.3)
106   FORMAT(//15X,I2,8X,I2,5X,6F15.3)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE SOLVE(N,MD,COEFMA,LOAD,X)

    !
    !  SOLUTION FOR LINEAR EQUATIONS BY MEANS OF GAUSSIAN ELIMINATION
    !

      DIMENSION D(6,16),X(6,10)
      REAL:: COEFMA(6,6),LOAD(6,10)
      DO 100 I=1,N
      DO 100 J=1,N+MD
      IF(J.LE.N) THEN
      D(I,J)=COEFMA(I,J)
      ELSE
      D(I,J)=LOAD(I,J-N)
      ENDIF
100   CONTINUE

    !
    !  ELIMINATION
    !

      DO 10 K=1,N-1
      DO 10 I=K+1,N
      OR=D(I,K)/D(K,K)
      DO 10 J=1,N+MD
10    D(I,J)=D(I,J)-OR*D(K,J)

    !
    !  SUBSTITUTION
    !

      DO 80 I=1,N
      DO 40 L=1,MD
      X(N,L)=D(N,N+L)/D(N,N)
      DO 40 M=N-1,1,-1
      TOP=0
      DO 50 J=M+1,N
50    TOP=TOP+D(M,J)*X(J,L)
      D(M,N+L)=D(M,N+L)-TOP
40    X(M,L)=D(M,N+L)/D(M,M)
80    CONTINUE
      RETURN
      END


      SUBROUTINE MATCAR(IM,IL,Q,R,S)
      REAL:: Q(6,6),R(6,10),S(6,10)
      DO 10 I=1,IM
      DO 10 J=1,IL
      S(I,J)=0
      DO 10 K=1,IM
10    S(I,J)=S(I,J)+Q(I,K)*R(K,J)
      RETURN
      END


      SUBROUTINE READER(NR,ND)
      COMMON/BLOCK4/ID,IREC,COF
      DIMENSION COEFFI(6,6),COF(6,6),ER(21),INTI(3),INTJ(3)
      DATA INTI/0,0,1/
      DATA INTJ/0,1,1/
      KS(I,J)=(J-I)*6-(J-I-1)*(J-I)*0.5+I
      READ(1,REC=IREC)  (ER(I),I=1,21)
      DO 10 I=1,6
```

```
      DO 10 J=1,6
      COEFFI(I,J)=ER(KS(I,J))
10    COEFFI(J,I)=COEFFI(I,J)
      DO 11 I=1,3
      DO 11 J=1,3
11    COF(I,J)=COEFFI((3*INTI(NR)+I),(3*INTJ(NR)+J))
      IF(NR.EQ.1.AND.ND.GT.2.AND.ID.LT.(ND-1)) THEN
      READ(1,REC=IREC-2) (ER(I),I=1,21)
      NR=3
      DO 20 I=1,6
      DO 20 J=1,6
20    COEFFI(I,J)=ER(KS(I,J))
      DO 21 I=1,3
      DO 21 J=1,3
21    COF(I,J)=COF(I,J)+COEFFI((3*INTI(NR)+I),(3*INTJ(NR)+J))
      ENDIF
      RETURN
      END
```

EK 2 GİRİŞ VERİ FORMATI

TITLE (Başlık)

ROW NO (Satır no)	SYMBOL (Sembol)	COLUM NO (Sütun no)	**NAME OF THE INPUT DATA** (Giriş Veri İsmi)	FORMAT
1	TOP	1	'*'	A1
2	BAS	2-77	Heading	19A4

SYSTEM PROPERTIES (Sistem Özellikleri)

ROW NO (Satır no)	SYMBOL (Sembol)	COLUM NO (Sütun no)	**NAME OF THE INPUT DATA** (Giriş Veri İsmi)	FORMAT
1	NPILE	1-5	Kazık Numaraları	I5
2	NLOAD	6-10	Yükleme Numaraları	I5
3	ND	11-15	Nokta Numaraları	I5
4	ITR	16-20	Yerdeğiştirmeler ve Reaksiyonları İçin anahtar.	I5
5	NTR	21-24	Kazık Sertlik Matrisi ve Yerdeğiştirmeler için Karşılık Kazık anahtarı.	I5

LOADINGS (Yüklemeler)

ROW NO (Satır no)	SYMBOL (Sembol)	COLUM NO (Sütun no)	**NAME OF THE INPUT DATA** (Giriş Veri İsmi)	FORMAT
1	P(1)	1-10	X Yönündeki kuvvet	F10.0
2	P(2)	11-20	Y Yönündeki kuvvet	F10.0
3	P(3)	21-30	Z Yönündeki kuvvet	F10.0
4	P(4)	31-40	X Yönündeki Moment	F10.0
5	P(5)	41-50	Y Yönündeki Moment	F10.0
6	P(6)	51-60	Z Yönündeki Moment	F10.0

PILE PROPERTIES (Kazık Özellikleri)

ROW NO (Satır no)	SYMBOL (Sembol)	COLUM NO (Sütun no)	**NAME OF THE INPUT DATA** (Giriş Veri İsmi)	FORMAT
1	D	1-10	Pile Diamer (Kazık Çapı)	E10.0
2	E	11-20	Elasticity modulus (Elastisite M.)	E10.0
3	MU	21-30	Poison Oranı	E10.0
4	C	31-40	Soil Modulus (Toprak Modu.)	E10.0
5	KST	41-45	0-Çember için, 1-Kare için	I5
6	KTY	46-50	0-Sabit toprak .1-Değişken toprak için	I5

NODAL X COORDINATES (Noktasal X Koordinatları)

ROW NO (Satır no)	SYMBOL (Sembol)	COLUM NO (Sütun no)	**NAME OF THE INPUT DATA** (Giriş Veri İsmi)	FORMAT
1-2-3-4-5-6-7-8	X(I), I=1,4,7,10...	1-80	Noktasal X Koordinatları Sıralaması	8F10.0

NODAL Y COORDINATES (Noktasal Y Koordinatları)

ROW NO (Satır no)	SYMBOL (Sembol)	COLUM NO (Sütun no)	**NAME OF THE INPUT DATA** (Giriş Veri İsmi)	FORMAT
1-2-3-4-5-6-7-8	X(I), I=2,5,8,11...	1-80	Noktasal Y Koordinatları Sıralaması	8F10.0

NODAL Z COORDINATES (Noktasal Z Koordinatları)

ROW NO (Satır no)	SYMBOL (Sembol)	COLUM NO (Sütun no)	**NAME OF THE INPUT DATA** (Giriş Veri İsmi)	FORMAT
1-2-3-4-5-6-7-8	X(I), I=3,6,9,12...	1-80	Noktasal Z Koordinatları Sıralaması	8F10.0

SEQUENCE OF SOIL MODULUS (Toprak Modülü Sıralaması)

ROW NO (Satır no)	SYMBOL (Sembol)	COLUM NO (Sütun no)	**NAME OF THE INPUT DATA** (Giriş Veri İsmi)	FORMAT
1-2-3-4-5-6-7-8	C(I), I=1,2,3,4...	1-80	KTY=1 Durumundaki Toprak Modulu sıralaması	8F10.0

NODAL LOADS

LOAD NO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	0.00	0.00	2927.26	4258.74	0.00	0.00

PILE HEAD DISPLACEMENTS

LOAD NO	PILE NO	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1	1	-3.31E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	2	-3.31E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	3	-3.31E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	4	-3.31E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	5	-6.28E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	6	-6.28E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	7	-6.28E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	8	-6.28E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	9	-9.25E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	10	-9.25E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	11	-9.25E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	12	-9.25E-04	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	13	-1.22E-03	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	14	-1.22E-03	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	15	-1.22E-03	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05
1	16	-1.22E-03	1.25E-03	-1.14E-10	-4.42E-20	9.03E-12	-9.90E-05

PILE HEAD REACTIONS

LOAD NO	PILE NO	TX	TY	TZ	MX	MY	MZ
1	1	-77.965	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	2	-77.965	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	3	-77.965	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	4	-77.965	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	5	-147.957	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	6	-147.957	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	7	-147.957	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	8	-147.957	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	9	217.950	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	10	217.950	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	11	217.950	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	12	217.950	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	13	287.943	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	14	287.943	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	15	287.943	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676
1	16	287.943	8.745	0.000	0.000	0.000	14.676

NODAL LOADS

LOAD NO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

PILE HEAD DISPLACEMENTS

LOAD NO	PILE NO	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1	1	2.41E-04	0.00E+00	-8.50E-03	0.00E+00	2.41E-04	0.00E+00
1	2	-2.41E-04	0.00E+00	-8.50E-03	0.00E+00	2.41E-04	0.00E+00
1	3	-2.41E-04	0.00E+00	-8.50E-03	0.00E+00	2.41E-04	0.00E+00
1	4	2.41E-04	0.00E+00	-8.50E-03	0.00E+00	2.41E-04	0.00E+00
2	1	-2.41E-04	-8.50E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.41E-04
2	2	-2.41E-04	-8.50E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.41E-04
2	3	2.41E-04	-8.50E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.41E-04
2	4	2.41E-04	-8.50E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.41E-04
3	1	-1.06E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	2	-1.06E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	3	-1.06E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	4	-1.06E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	1	9.33E-05	1.45E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.33E-05
4	2	9.33E-05	1.45E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.33E-05
4	3	-9.33E-05	1.45E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.33E-05
4	4	-9.33E-05	1.45E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.33E-05
5	1	-9.33E-05	0.00E+00	1.45E-03	0.00E+00	-9.33E-05	0.00E+00
5	2	9.33E-05	0.00E+00	1.45E-03	0.00E+00	-9.33E-05	0.00E+00
5	3	9.33E-05	0.00E+00	1.45E-03	0.00E+00	-9.33E-05	0.00E+00
5	4	-9.33E-05	0.00E+00	1.45E-03	0.00E+00	-9.33E-05	0.00E+00
6	1	0.00E+00	1.19E-03	-1.19E-03	-1.19E-03	0.00E+00	0.00E+00
6	2	0.00E+00	-1.19E-03	-1.19E-03	-1.19E-03	0.00E+00	0.00E+00
6	3	0.00E+00	-1.19E-03	1.19E-03	-1.19E-03	0.00E+00	0.00E+00
6	4	0.00E+00	1.19E-03	1.19E-03	-1.19E-03	0.00E+00	0.00E+00

PILE HEAD REACTIONS

LOAD NO	PILE NO	TX	TY	TZ	MX	MY	MZ
1	1	56.899	0.000	-41.438	0.000	-99.430	0.000
1	2	-56.899	0.000	-41.438	0.000	-99.430	0.000
1	3	-56.899	0.000	-41.438	0.000	-99.430	0.000
1	4	56.899	0.000	-41.438	0.000	-99.430	0.000
2	1	-56.899	-41.438	0.000	0.000	0.000	-99.430
2	2	-56.899	-41.438	0.000	0.000	0.000	-99.430
2	3	56.899	-41.438	0.000	0.000	0.000	-99.430
2	4	56.899	-41.438	0.000	0.000	0.000	-99.430
3	1	-25.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	-25.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	3	-25.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	4	-25.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	21.992	6.353	0.000	0.000	0.000	13.430
4	2	21.992	6.353	0.000	0.000	0.000	13.430
4	3	-21.992	6.353	0.000	0.000	0.000	13.430
4	4	-21.992	6.353	0.000	0.000	0.000	13.430
5	1	-21.992	0.000	6.353	0.000	13.430	0.000
5	2	21.992	0.000	6.353	0.000	13.430	0.000
5	3	21.992	0.000	6.353	0.000	13.430	0.000
5	4	-21.992	0.000	6.353	0.000	13.430	0.000
6	1	0.000	6.251	-6.251	-12.497	-16.174	16.174
6	2	0.000	-6.251	-6.251	-12.497	-16.174	-16.174
6	3	0.000	-6.251	6.251	-12.497	16.174	-16.174
6	4	0.000	6.251	6.251	-12.497	16.174	16.174

NODAL LOADS

LOAD NO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

PILE HEAD DISPLACEMENTS

LOAD NO	PILE NO	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1	1	2.34E-04	0.00E+00	-7.44E-03	0.00E+00	2.34E-04	0.00E+00
1	2	-2.34E-04	0.00E+00	-7.44E-03	0.00E+00	2.34E-04	0.00E+00
1	3	-2.34E-04	0.00E+00	-7.44E-03	0.00E+00	2.34E-04	0.00E+00
1	4	2.34E-04	0.00E+00	-7.44E-03	0.00E+00	2.34E-04	0.00E+00
1	5	0.00E+00	0.00E+00	-7.44E-03	0.00E+00	2.34E-04	0.00E+00
2	1	-2.34E-04	-7.44E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-04
2	2	-2.34E-04	-7.44E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-04
2	3	2.34E-04	-7.44E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-04
2	4	2.34E-04	-7.44E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-04
2	5	0.00E+00	-7.44E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-04
3	1	-8.49E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	2	-8.49E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	3	-8.49E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	4	-8.49E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	5	-8.49E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	1	9.06E-05	1.41E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.06E-05
4	2	9.06E-05	1.41E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.06E-05
4	3	-9.06E-05	1.41E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.06E-05
4	4	-9.06E-05	1.41E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.06E-05
4	5	0.00E+00	1.41E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-9.06E-05
5	1	-9.06E-05	0.00E+00	1.41E-03	0.00E+00	-9.06E-05	0.00E+00
5	2	9.06E-05	0.00E+00	1.41E-03	0.00E+00	-9.06E-05	0.00E+00
5	3	9.06E-05	0.00E+00	1.41E-03	0.00E+00	-9.06E-05	0.00E+00
5	4	-9.06E-05	0.00E+00	1.41E-03	0.00E+00	-9.06E-05	0.00E+00
5	5	0.00E+00	0.00E+00	1.41E-03	0.00E+00	-9.06E-05	0.00E+00

6	1	0.00E+00	1.06E-03	-1.06E-03	-1.06E-03	0.00E+00	0.00E+00
6	2	0.00E+00	-1.06E-03	-1.06E-03	-1.06E-03	0.00E+00	0.00E+00
6	3	0.00E+00	-1.06E-03	1.06E-03	-1.06E-03	0.00E+00	0.00E+00
6	4	0.00E+00	1.06E-03	1.06E-03	-1.06E-03	0.00E+00	0.00E+00
6	5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.06E-03	0.00E+00	0.00E+00

PILE HEAD REACTIONS

LOAD NO	PILE NO	TX	TY	TZ	MX	MY	MZ
1	1	55.238	0.000	-35.958	0.000	-85.479	0.000
1	2	-55.238	0.000	-35.958	0.000	-85.479	0.000
1	3	-55.238	0.000	-35.958	0.000	-85.479	0.000
1	4	55.238	0.000	-35.958	0.000	-85.479	0.000
1	5	0.000	0.000	-35.958	0.000	-85.479	0.000
2	1	-55.238	-35.968	0.000	0.000	0.000	-85.479
2	2	-55.238	-35.968	0.000	0.000	0.000	-85.479
2	3	55.238	-35.968	0.000	0.000	0.000	-85.479
2	4	55.238	-35.968	0.000	0.000	0.000	-85.479
2	5	0.000	-35.968	0.000	0.000	0.000	-85.479
3	1	-20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	-20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	3	-20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	4	-20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	5	-20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	21.349	6.168	0.000	0.000	0.000	13.038
4	2	21.349	6.168	0.000	0.000	0.000	13.038
4	3	-21.349	6.168	0.000	0.000	0.000	13.038
4	4	-21.349	6.168	0.000	0.000	0.000	13.038
4	5	0.000	6.168	0.000	0.000	0.000	13.038
5	1	-21.349	0.000	6.618	0.000	13.038	0.000
5	2	21.349	0.000	6.618	0.000	13.038	0.000
5	3	21.349	0.000	6.618	0.000	13.038	0.000
5	4	-21.349	0.000	6.618	0.000	13.038	0.000
5	5	0.000	0.000	6.618	0.000	13.038	0.000
6	1	0.000	5.557	-5.557	-11.109	-14.378	14.378
6	2	0.000	-5.557	-5.557	-11.109	-14.378	-14.378
6	3	0.000	-5.557	5.557	-11.109	14.378	-14.378
6	4	0.000	5.557	5.557	-11.109	14.378	14.378
6	5	0.000	0.000	0.000	-11.109	0.000	0.000

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	24.06.1974	
Doğum Yeri	Eceabat	
Lise	1988-1992	Çanakkale End. Meslek Lisesi
Lisans	1992-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnş. Müh. Bölümü
Yüksek Lisans	1997-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Bölümü Mekanik Ana Bilim Dalı

Çalıştığı Kurumlar

1995-1996	Ob-Je Mühendislik Ltd.Şti.
1996-2000	Koray Yapı A.Ş.