

GRUP KAZIK BAŐLIKLARININ 3B ANALİZİ İÇİN BİR PROGRAM (G.U.K.)

İnşaat Müh. Mustafa TOPUZ

FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Geoteknik Pogramında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

106187

Tez DanıŐmanı : Yrd. DoÇ. Dr. Mehmet BERİLGEN

Prof. Dr. Gökhan Baykal
Gökhan Baykal
Pub. Dr. Kutay ÖZAYDIN
Kutay ÖZAYDIN

İSTANBUL, 2001,

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAZIK TÜRLERİ	3
3. YANAL YÜKLÜ KAZIK DAVRANIŞI	4
3.1. Yanal Yüklü Kazıklarda Sonlu Elemanlar Metodu.....	5
3.1.1. Çözüm İçin Kullanılan Genel Eşitlikler	5
3.1.2. A Matrisin Elemanlarının Bulunması.....	7
3.1.3. S Matrisinin Elemanlarının Bulunması	8
3.1.4. ESA ^T ve EASA ^T Matrislerinin Elemanlarının Bulunması.....	9
3.2. Yatay Kazık Programı	10
4. DÜŞEY YÜK ALTINDA KAZIK GRUPLARI	12
4.1. Kazık Grubu Taşıma Gücü	12
4.2. Kazık Grubunun Oturması	12
5. GRUP KAZIKLARININ ANALİZİ	14
5.1. Grup Kazıkların Taşıma Gücü	14
5.2. Grup Kazıkların F.E.M. Yardımıyla Analizi	15
5.2.1. A matrisinin Oluşturulması	16
5.2.2. S matrisinin Oluşturulması.....	18
6. SAYISAL UYGULAMA	20
6.1. Uygulama.....	20
6.2. Uygulama.....	30
6.3. Sonuç ve Öneriler	33
KAYNAKLAR	36
EKLER.....	37
Ek 1: Programın Kullanılması	37
Ek 2: Program Kodu	43
ÖZGEÇMİŞ.....	49

SİMGE LİSTESİ

c	Kohezyon Katsayısı
A	Alan
E	Yerdeğiştirme
K_s	Zemin Modülü
E	Elastisite Modülü
I	Atalet Momaenti
A^T	A matrisinin Tersisi
P	Kuvvet
F	Kuvvet Vektörü
M	Moment
NM	Yatay Yüklü Kazıkta Eleman Sayısı
NP	Yatay Yüklü Kazıkta Düğüm Sayısı
Δ	Dönme
δ	Ötelenme
L	Kazık Boyu
η_g	Grup Etkileşim Katsayısı
Q_g	Grubun Taşıyabileceği Toplam Yük
Q_o	Tek Kazığın Taşıyabileceği Toplam Yük
β	Kazık Düzlemi ile X Aksıyla Yaptığı Aç
θ	Eğik Kazıklarda, Kazığın Düşeyle Yaptığı Aç
x	Koordinat Değeri
y	Koordinat Değeri
z	Koordinat Değeri

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1	İç ve Dış Sonlu Eleman Kuvvetleri..... 6
Şekil 3.2	(a) Yapı Elemanı, (b) İlk elemanın P-X'i, (c) Eleman Kuvvetleri, (d) Toplam Düğüm Kuvveti..... 7
Şekil 3.3	Yanal Yüklü Kazıkta Sonlu Elemanların Kullanılması..... 10
Şekil 5.1	Kazık ve Kazık Başlığının Koordinat Düzleminde Gösterilmesi..... 17
Şekil 5.2	Koordinat Düzlemi..... 19
Şekil 6.1	Grup Kazık Uygulaması..(1. Örnek)..... 22
Şekil 6.2	Tek Kazığa Gelen Kuvvetler..... 23
Şekil 6.3	Kazık Sabiti Grafiği..... 28
Şekil 6.4	Grup Kazık Uygulaması...(2. Örnek)..... 32
Şekil Ek1.1	Programın Açılış Formu..... 41
Şekil Ek1.2	Grup Kazık Analiz İçin Bilgi Formu..... 42
Şekil Ek1.3	Eleman Boyu Bilgi Giriş Formu..... 43
Şekil Ek1.4	Grup Kazık Sayısı Giriş Formu..... 43
Şekil Ek1.5	Grup Kazık Koordinat ve Gruba Etkiyen Kuvvet Giriş Formu..... 44
Şekil Ek1.6	Grup Kazık Sonuç Formu..... 45

ÇİZELGE LİSTESİ

		Sayfa
Çizelge 3.1	EA Matrisi.....	8
Çizelge 3.2	ES Matrisi.....	9
Çizelge 3.3	ESA^T ve $EASA^T$ Matrisleri.....	9
Çizelge 5.1	A Matrisi.....	17
Çizelge 5.2	Kazık Tablasına Etkiyen Moment ve Kuvvetler.....	19
Çizelge 5.3	S Matrisi.....	19
Çizelge 5.4	C Katsayılarının Hesaplanması.....	20
Çizelge 6.1	Grup Kazık Koordinatları.....	22
Çizelge 6.2	Grup Kazık Koordinatları.....	32
Çizelge 6.3	Kendi Programımıza Ait Analiz Sonuçları.....	37
Çizelge 6.4	Bowles'a Ait Analiz Sonuçları.....	38
Çizelge Ek1.1	Zemin Reaksiyon Modülü (Bowles).....	43



ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana her türlü zorluklarda kendisine başvurduğum, yardım ve tavsiyelerini esirgemeyen , tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mehmet BERİLGEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bugünlere gelmemi sağlayan aileme, bu tez çalışmaları sırasında her zaman yanımda olan Muharrem Topuz'a ve tez konusunda tavsiyelerini aldığım Prof. Dr. Kutay Özaydın'a teşekkür ederim.



ÖZET

Köprü tabliyeleri, rıhtım ve istinat duvarları ve benzeri yapıların temellerinde, kazıklar genellikle gruplar halinde kullanılmakta bu da grup reaksiyonun doğmasına neden olmaktadır. Ayrıca ortaya çıkan grup reaksiyonun 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 altında ise, veya bu yükler eksantrik olarak etkiliyorsa; her kazığın ne kadar yük taşıyacağı sorusu daha da önem kazanacaktır. Bu çalışmada bu tip sistemlerin üç boyutlu analizi ele alınmıştır. Üst yapıdan etkilenen 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 giriş olarak idealize edilmiştir. Böylelikle gruptaki her bir kazığa etkilenen kesme ve eksenel kuvvetlerle momentler bulunmuştur. Ayrıca yükler altında ortaya çıkan deplasman ve dönmeler de hesaplanmıştır. Literatürden verilen bazı örnekler geliştirilen yazılımla analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sonlu elemanlar yöntemi, Delphi5, Matris çözümü, C katsayısı, Grup kazık analizi.



ABSTRACT

Piles in the foundation of structures like bridges 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 piles consists of 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 attempts to develop a computer program providing the three dimensional analysis of such systems. Here it is assumed that external loads from the superstructure are transferred to the piles through an infinitely rigid pile cap, and piles reach the bearing strata. Each pile is idealized as a beam having a uniformly distributed linearly elastic spring reaction in the lateral direction. Thus; shear, axial forces and moments acting on the piles within the group are determined. The 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.

Keywords: Finite element method, Delphi5, Matrix solution, coefficients of C, Group pile analysis



1. GİRİŞ

Üst yapı yüklerinin kısmen veya tamamen zemin yüzünden daha derinlerdeki tabakalara aktaran (temel derinliği/temel genişliği oranı genellikle 5'den büyük olan) temel sistemleri derin temel olarak nitelendirilmektedir. Derin temeller arasında kazıklı temeller, ayak/keson temeller ve derin kazı içine yerleştirilen yapı temelleri düşünülebilir.

Yapımı yönünden birbirinden oldukça farklılıklar gösteren kazık temeller ile ayak/keson temeller, son yıllarda çok büyük çaplı kazıklı temeller inşa edilebilmesi de göz önüne alınarak, davranış analizi yönünden aynı grup içinde düşünülebilir. Derin kazı sonucu zemin yüzünden büyük derinliklere yerleştirilen yapı temellerinin tasarımı ise büyük oranda yüzeysel temellerin tasarımı ile aynı esaslara dayanmaktadır.

Yüzeysel temel çözümlerine göre daha pahalı olmalarına karşın, kazıklı temeller yapı güvenliği açısından gerekli oldukları bazı koşullar aşağıda sıralanmaktadır:

1. Üsteki zemin tabakalarının üst yapı yükleri için yeterli taşıma güçlerinin olmayışı veya çok sıkışabilir nitelikleri nedeniyle yüklerin daha sağlam zemin tabakalarına veya kayaca aktarılma zorunluluğu olabilir. Sağlam tabakanın çok derinde olması halinde yükün büyük kısmını kazık çevresinden zemine aktaracak şekilde düzenleme yapılabilir.
2. Dayanma yapıları veya yüksek yapı temellerinde zemin, rüzgar ve deprem yükü gibi yan etkilerinin karşılanması amacı ile düzenlenmesidir.
3. Suyu ilişkiye geçtiğinde kabaran veya ani çökme gösteren zeminlerde üst yapı yüklerini aktif zon diye tariflenen bir bölgenin dışına aktarmak gerekebilir.
4. Kuleler, deniz platformu ve yeraltı suyu altındaki radyeler kaldırma kuvvetleri etkisindedir. Bu kuvvetlerin karşılanmasında kazıklı temeller düzenlenebilir.
5. Köprü kenar ve orta ayaklarında erozyon nedeniyle temel altının oyulması karşı kazıklı temeller düzenlenebilir.
6. Kazıklar bazı durumlarda zemin hareketini kontrol amacıyla kullanılabilir.
7. Gevşek granüler zeminlerin sıkı hale getirilerek iyileştirilmesi amacıyla kullanılabilir.

Düşey yükler, kazık grubunun merkezine veya $0.67s$ (kazık merkezleri arası uzaklık) 'den daha az kadar bir eksantrisite olacak şekilde etki ettiğinde ve bu yüklerin, düşey kazıklar

tarafından ne kadar taşındığı ve bu kazıklarda ne kadar bir yer değiştirme meydana getirdiği, basit ampirik formüllerle yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir.

Eğer kazık grubuna 0.67s'ten daha büyük bir eksantirisitede, daha büyük bir eğilme momenti ve/veya yatay yükler ve hem düşey, hem de eğik kazıklar tarafından taşınmasının analizi yapılacaksa bu oldukça karmaşık bir durum oluşturacaktır. Bu gibi durumlarda ampirik formüller yeterli gelmeyebilir ve bu çözümlerin hiçbiri, moment ve yatay yüke maruz kalan grup kazıklar için uygun değildir. Bunun hesaplanması hem çok uzun zaman alacak hem de çok daha kaba sonuçlar elde edilecektir. Bilgisayarlar yardımıyla bu gibi hesaplamalar hem çok kısa zamanda hem de çok hassas olarak elde edilebilir. Matris metodu kullanılarak, bu türden hesaplamalarda kullanılarak, bilgisayar yardımıyla, grup kazık analizi yapılır. Bowles(1974a) matris metodu ile bu hesaplamalar yapılmış ve kendi ilk çalışmalarıyla mukayese imkanı bulmuştur. Matris hesaplamalarının hesap işlemini, günümüz imkanlarında Borland Delphi5 yazılım dilinde geliştirilmiştir.

Geliştirdiğimiz olduğumuz bu yazılımda, grup kazık analizinde hem çok hassas sonuçlar bulunmakta, hem de zaman bakımından ekonomik olmaktadır. Kullanılan Delphi programlama dili diğer kullanılan; Basic,Fontran, Pascal ve C++ vb. bilgisayar programlama dillerinden oldukça iyidir. Çünkü Delphi programlama dili görsel olarak kullanıcı tarafından rahatlıkla kullanılır. Bizim yaptığımız programı kullanmak isteyen inşaat mühendislerinin, çok iyi bilgisayar bilgisine gerek kalmadan, sadece kendi inşaat bilgileri sayesinde istediği analizleri kolaylıkla yapabileceği düşünülmektedir.

2. KAZIK TÜRLERİ

Kazıklar değişik özellikleri esas alınarak birçok şekilde sınıflandırılabilir. Örneğin kazık malzemesi göz önüne alındığında ahşap, beton, çelik veya bunların her ikisinin bir arada kullanıldığı türlerden söz edilebilir. Yükü zemine aktarış biçimi düşünüldüğünde ise büyük kesimi kazık ucunda taşılıyorsa uç kazığı, kazık çevresinde taşılıyorsa sürtünme kazığı olarak adlandırılabilir. Kazıklardan çekme yükünü taşıyanlarsa çekme kazığı adını alırlar. Bazı kazıklar özel üretim biçimleri nedeniyle patente sahip firmanın adı ile anılırlar- örneğin Franki kazıklar gibi. Bunların yanı sıra kazıkların sınıflandırılması belki daha açıklayıcı olarak zemine yerleştirilmesi sırasında zemine neden oldukları yer değiştirilmelere göre yapılabilir;

a) **Zemine çok yer değiştirmeye neden olanlar:** Genel olarak çakma kazıklar bu gruba girmektedir. İçi boş ancak alt tarafı kapalı kesitlerin zemine çakılıp yerinde bırakılmalarıyla oluşurlar. İçi dolu kesitler ahşap veya hazır beton (normal donatılı veya ön germeli) kazıkları oluştururken içi boş kesitler çelik boru veya çelik kutu ile beton boru kazıklar olabilir ve içleri çakıldıklarından sonra boş bırakılabilir veya betonla doldurulabilir. Genişletilmiş tabanın ve gövdesinin oluşturulmasında tokmaklanan betonun zemini yanal olarak sıkıştırması nedeniyle Franki kazıkları da bu grup içerisinde sayılmalıdır. Killi zeminlerin %50'si, siltli killi zeminlerin de %30'u kadar bir hacmin kabarması gözlenebilir. Kabarmayı önlemek için kazıklar önceden oluşturulmuş deliklere çakılabilir.

b) **Zemine az yer değiştirmeye neden olanlar:** H kesitli, ucu açık boru veya kutu çelik kazıklar çakma sırasında uçlarında bir tıkaç oluşmuyorsa zemine çok az yer değiştirmeye neden olurlar. Büyük çekme kuvvetleri taşıyabilen çelik vida kazıklarda bu sınıftadırlar.

c) **Zemine yer değiştirmeye neden olmayanlar:** Zemin kazılarak bir boşluk oluşturmak ve bu boşluğun betonla doldurulması ile oluşturulan kazıklardır. Boşluk kenarlarının desteklenip desteklenmemesi, destekleniyorsa kalıcı mı yoksa geçici mi olduğu, geçici ise bir kılıf yardımıyla mı yoksa sondaj çamuru ile mi yapıldığına göre değişik kazık türlerinden söz edilebilir.

Kazıkların diğer yaygın bir sınıflandırılışı zemine yerleştiriliş biçimlerine göre yapılmaktadır. Hazır çakma kazıklar, çakma yerinde dökme kazıklar, delinip yerinde dökme kazıklar, burgulanarak yerleştirilenler, su jeti kullanarak yerleştirilenler, iterek yerleştirilenler ve vibrasyonla yerleştirilenler gibi.

3. YANAL YÜKLÜ KAZIK DAVRANIŞI

Zemin-yapı etkileşimi problemlerinden birisi olan yanal yüklü kazıkta birbiriyle temasta olan kazık ve zeminde aynı deformasyon ve yer değiştirme söz konusudur. Zeminde gerilme-şekil değiştirme davranışı elastik olmadığından sonuçta yük-moment-ötelenme arasındaki bağıntı güvenli çalışma bölgesinde dahi genellikle doğrusal olmaz.

Liman ve kıyı yapılarında gemi çarpması ve navlun yükleri, açık deniz yapılarında rüzgar ve dalga yükleri, dayanma yapıları temelleri, kule temelleri kazıkların yanal yüklenmesine birer örnektir. Bu tür kazıkların tasarım kriteri nihai taşıma gücü değil çoğunlukla kazıkların maksimum deformasyonudur. Nihai taşıma gücü ve yer değiştirmelerin yanı sıra kazıkta eğilme ve göçme meydana gelme olasılığına karşı güvenlik de gözetilmelidir. Genelde nihai taşıma gücüne aşırı deformasyondan sonra ulaşıldığı için belirleyici olan diğer iki koşul olmaktadır.

Pratikte kazık ve kazık başlığının göreceli rijitliğine ve birbirine olan bağlı oluş biçimlerine göre serbest başlı kazıklar ve tutulu başlı kazıklar olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Grup içerisinde bulunan kazıklar sık aksenal ve yatay yüklere maruz kalırlar. Geçmişte yatay yükler eğik kazıklar tarafından taşınırdı. Bu eğik kazıklar, yatay yükün bir parçası olarak sayılarak bir grup içindeki kazık yüklerini bulmak için grafik metotlar kullanılmakta idi. Günümüzde yapılan çalışmalarda, zemine kısmen veya bir kısmı gömülü yatay yapısal elemanları , yatay kazık olarak ele alırlar. Hem aksenal hem de yatay yükün bulunması durumunda, kazık gerilmelerinin hesap edilmesinde superpoze edilmesi oldukça yaygın bir metottur. Bowles(1974), hem aksenal hem de yatay yükün bulunması durumunda kazık gerilmesinin analizi ($P-\Delta$ etkisi dahil) ve tamamı veya bir kısmı gömülü eğik kazığın genel durumu için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Yatay yüklü kazıkların analizinde ilk olarak araştırmacılar, Howe(1955), Matlock ve Reese(1960), ve Bowles(1974) Sonlu-Farklar metodunu kullanmışlardır. Matlock ve Reese(1960), Sonlu-Farklı elemanlar metodu, bir ölçeksiz eğriler ki bu eğriler bir kullanıcı tarafından verilen yatay yük ve zemin çizgisi sapmasından elde edilen yaklaşık bir eğri bulunmaktadır. Yalnız derinlikle zemin modülünün seçilme çeşitleri , bu tip çözümlerde girdi olarak olmuştur. Matlock ve Reese(1960)' in bu eğrilerin oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip olmasına rağmen, bu tip analizlerde bir bilgisayar programı aracılığı ile kullanılması Bowles(1974) tarafından tavsiye edilmemektedir.

3.1 Yanal Yüklü Kazıklarda Sonlu Elemanlar Metodu

Yanal yüklü tek kazığın sonlu elemanlar metodu ile analizi, basit bir temelin elastik olarak çözümlenmesi, olarak yapılır. Bu yöntemlerde sonlu eleman metodu, genel olarak k_s 'e bağlı olarak (3.1) çözüm ön görülmüştür. (3.1) formülüne dayanan problem tipinde, elastik temellerin çözümü için en iyi yoldur. Ancak bu çözüm için bir bilgisayar yardımına ihtiyaç vardır. Sınır durumlarını açıklamak kolaydır. Sonlu elemanlar metodu, sonlu farklar metodundan çok yönlüdür. Çünkü bir eleman için bir eşitlik modeli yazılır ve temel modeli herhangi bir eleman için kullanılır. Sonlu farklar yönteminde ise bütün elemanlar aynı uzunlukta ve kesitte olmalıdır.

Sonlu farklar yönteminde, çok fazla bilgisayar hafızasına ihtiyaç olmayan bir avantajı vardır. Çünkü bir düğümde yalnızca bir bilinmeyen vardır. Bu bilinmeyen ise yer değiştirme bilinmeyenidir. Şerit matris çözüm metodunun bulunması ile bu avantaj tamamıyla ortadan kalmıştır.

$$k_s = A_s + B_s Z^n \quad (3.1)$$

Burada sonlu elemanlar metodunda, (3.1)'deki kullanılarak klasik bir çözüm yapılabilir. Bu basit eşitlik (3.2) halinde kullanılarak (Bu eşitlik yatak katsayısı eşitliği, 'Winkler Eşitliği' olarak ta bilinmektedir) sonlu elemanlar metodunda, oldukça yaygın olarak kullanılır.

Sonlu elemanlar metodunun kullanılmasında Bowles(1974a)'un matris yöntemi kullanılmıştır.

3.1.1 Çözüm İçin Genel Eşitlikler

Elastik basit temellerin analizinde, yatak katsayısına bağlı olarak yapılmıştır. (3.1)'de kullanılan formül aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir

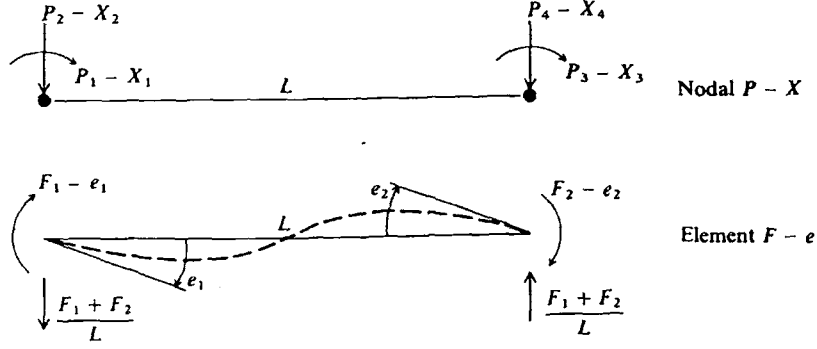
$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = q = -k'_s y \quad (3.2)$$

$$k'_s = k_s B \quad (3.3)$$

Herhangi bir düğümde aşağıdaki formülü yazabiliriz.

$$P_i = A_i F_i \quad (3.4)$$

Dış düğüm kuvveti olan P_i , iç düğüm kuvveti F_i ile A sabitini çarpımı eşittir. P ve F, ya kuvvetler, yada momentler için kullanılır ve herhangi bir düğüm noktasında bulunan $A_i F_i$ 'in değişik değerleri için kısaltılmış bir dönüştürme olarak anlaşılır.



Sekil 3.1:İç ve dış sonlu eleman kuvvetleri

Herhangi bir yapı elemanında, mevcut dolu düğüm noktaları için, aşağıdaki şekilde basitleştirilmiştir;

$$P=AF \quad (3.5)$$

P ve F vektörleri; moment veya kuvvetlerinden oluşmaktadır.

Herhangi bir düğümde, başka bir noktadan etkileyerek birim elemanın neden olduğu deformasyonu;

$$e=BX \quad (3.6)$$

olarak elde edilir. X ve e ötelenme veya dönme (radyan olarak) olabilir. Yapı mekaniğinde karşıt teoremlerden; A matrisinin tranpozisi, B matrisi olarak gösterilir. Bu durumda (3.5) aşağıdaki şekle dönüşür.

$$e=A^T X \quad (3.7)$$

İç eleman kuvveti F, iç eleman yer değiştirmesi e ve S sabitinin çarpımıyla;

$$F=Se \quad (3.8)$$

olarak elde edilir. Yukarıda bulunan (3.5), (3.7), (3.8) eşitlikleri sonlu elemanlar metodunda kullanılan en temel eşitliklerinden oluşmuştur.

(3.7),(3.8) eşitlikleri birbiri cinsinden yazılırsa;

$$F=Se=SA^T X \quad (3.9)$$

(3.5),(3.9) eşitlikleri benzer şekilde dönüştürülürse;

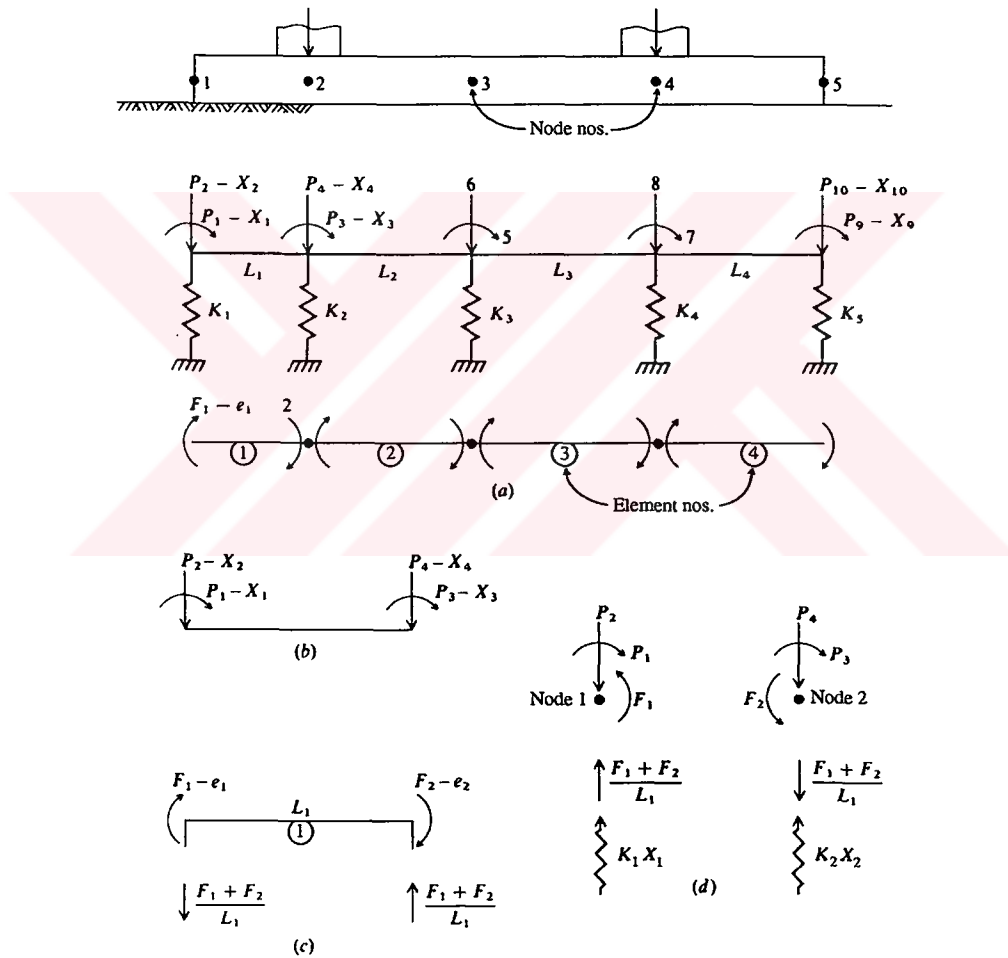
$$P=AF=ASA^T X \quad (3.10)$$

(3.5) ve (3.9) eşitlikleri genellikle bu şekilde kullanılmaz. Bu eşitliklerin gelişiminde terimlerin sırasına dikkat edilmelidir. Bu eşitlik sisteminde bilinmeyen olarak yalnızca X kalmıştır. Bu nedenle (3.10) eşitliğinde ASA^T terimini eşitliğin karşı tarafına atarsak;

$$X = (ASA^T)^{-1}P \quad (3.11)$$

eşitliği elde edilmiş olur ve X ile projelendirme için gerekli olan iç eleman kuvvetini elde etme için (3.9) eşitliğinde yerine koymak yeterlidir.

3.1.2 A Matrisinin Bulunması



Sekil 3.2: (a) Yapı elemanı, (b) İlk elemanın P-X'L, (c) Eleman kuvvetleri, (d) Top. Düş.Kuvveti

Tek bir temel elementinin P-X 'in dört değeri için ve bu elemanlara gelen kuvvetler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bu elemanların kuvvetleri; eğilme momenti ve bu momentin neden olduğu kesme kuvvetinden oluşmuştur.

1. noktaya etkileyen toplam moment

$$P_1 = F_1 + 0F_2 \quad (3.12)$$

Toplanan kuvvetler ve tabii olan zemin kuvvetleri ayrı olarak dahil edilebilir.

$$P_2 = \frac{F_1}{L} + \frac{F_2}{L} \quad (3.13)$$

$$P_3 = 0F_1 + F_2 \quad (3.14)$$

$$P_4 = -\frac{F_1}{L} - \frac{F_2}{L} \quad (3.15)$$

1. elemanın A matrisi için aşağıda gösterilen biçimde bu değerler yerleştirilir.

Çizelge 3.1: EA Matrisi

P/F	1	2
1	1	0
EA = 2	$\frac{1}{L}$	$\frac{1}{L}$
3	0	1
4	$-\frac{1}{L}$	$-\frac{1}{L}$

3.1.3 S Matrisinin Bulunması

$$\frac{F_1 L}{3EI} - \frac{F_2 L}{6EI} = e_1 \quad (3.16)$$

$$-\frac{F_1 L}{6EI} + \frac{F_2 L}{3EI} = e_2 \quad (3.17)$$

$$F_1 = \frac{4EI}{L} e_1 + \frac{2EI}{L} e_2 \quad (3.18)$$

$$F_2 = \frac{2EI}{L} e_1 + \frac{4EI}{L} e_2 \quad (3.19)$$

1. elemanın S matrisi için aşağıda gösterilen biçimde bu değerler yerleştirilir.

Çizelge 3.2: ES Matrisi

$$ES = \begin{array}{c|cc} F/e & 1 & 2 \\ \hline 1 & \frac{4EI}{L} & \frac{2EI}{L} \\ \hline 2 & \frac{2EI}{L} & \frac{4EI}{L} \end{array}$$

3.1.4 ESA^T ve $EASA^T$ Matrislerinin Elemanlarının Bulunması

ESA^T matrisi EA matrisinin tranpozesi ile ES matrisinin toplanmasından meydana gelir.

Çizelge 3.3: ESA^T ve $EASA^T$ Matrisleri

$$EA^T = \begin{array}{c|cccc} e/X & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 1 & \frac{1}{L} & 0 & -\frac{1}{L} \\ \hline 2 & 0 & \frac{1}{L} & 1 & -\frac{1}{L} \end{array}$$

$$ES = \begin{array}{c|cc} F/e & 1 & 2 \\ \hline 1 & \frac{4EI}{L} & \frac{2EI}{L} \\ \hline 2 & \frac{2EI}{L} & \frac{4EI}{L} \end{array} \Rightarrow ESA^T = \begin{array}{c|cccc} \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \hline \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} \end{array}$$

$$EA = \begin{array}{c|cc} 1 & 0 \\ \hline \frac{1}{L} & \frac{1}{L} \\ \hline 0 & 1 \\ \hline -\frac{1}{L} & -\frac{1}{L} \end{array} \Rightarrow EASA^T = \begin{array}{c|cccc} \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \hline \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} + K_1 & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} \\ \hline \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \hline -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} + K_2 \end{array}$$

ESA^T matrisinin elemanlarını, global elemanlardan ayırmak için başına E konulur. A matrisinin tranpozesi e ve X'den meydana gelir. $EASA^T$ matrisini çizelge 3.3'de gösterildiği gibi basit bir şekilde elde edilir. $EASA^T$ matrisin K sabit elemanını elde etmek için bir kaç farklı yol vardır.

Bunlardan birinde, düğüm zemin esnekliği (K_1 ve K_2), alt tabaka reaksiyon modülünden elde edilir ve yardımcı düğüm alanına dayanır. k_s sabit olduğuna göre;

$$K_1 = \frac{L_1}{2} Bk_s \quad \text{ve} \quad K_2 = \frac{L_1 + L_2}{2} Bk_s \quad (3.20)$$

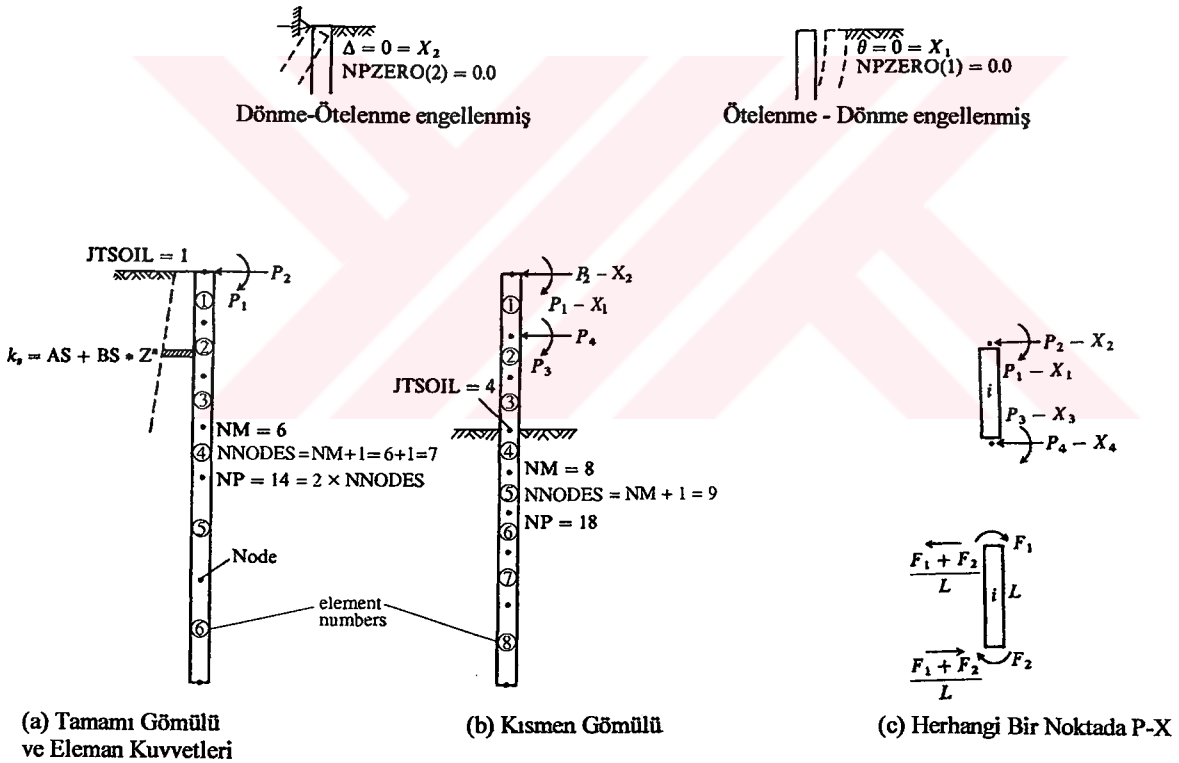
şeklinde hesaplanır. Bir düğüm noktasındaki düşey kuvvetleri Şekil 3.2'deki gibi toplarsak

$$P_2 - \frac{F_1 + F_2}{2} - k_1 X_2 = 0 \quad (3.21)$$

elde edilir.

3.2 Yatay Kazık Programı

Yatay kazık programı, grup kazık programı için gerekli olan kazık sabitlerini elde etmek için kullanılmaktadır.



Şekil 3.3: Yanal Yüklü Kazıkta Sonlu Elemanların Kullanılması

1. Kazık uygun sayıda elemanlara ayrılır (Şekil 3.3.). İlk üç eleman kritik olduğundan bu bölgede, eleman boylarını daha küçük seçerek, ayrıca dikkat etmek gerekir. Ardışık elemanlarda, uzun bir elemandan sonra kısa bir eleman yada kısa bir elemandan sonra uzun bir eleman seçmekten kaçınılmalıdır. Çünkü kazıkta kesitsel değişiklikler, zeminin katman değişikliği ve uygulanan kuvvetlerin olduğu yerler olabilir. Genellikle 10-15 tane eleman arasında seçilebilir. Eğer bir kısmı gömülü kazık analizi yapılacaksa, zemin yüzünden yukarıda olan kısım 3-4 parçaya ayrılabilir.

3. Ötelenmenin ve dönmenin sıfır olduğu yer tanımlanır. NZX= Sıfır deplasmanın X' in sayısı olarak alınır. NXZERO(I) kullanarak girilen bu X değerinin tanımlamak için eleman kodlanması kullanılır.
4. Zemin reaksiyonunun modülünü ve onun derinlikle varyasyonu için bazı tahminler yapmak gerekir ($k_s = A_s + B_s Z^n$ -AS, BS, EXPO). AS veya BS değerinin herhangi biri sıfır olabilir. EXPO ise yaklaşık 0.5, 0.75, 1.0 yada 1.5 olabilir.
5. K_s değerinin tahmininde, geri hesaplama yolu ile elde edilen girdiler yardımıyla da yapılabilir.

Kazık yükleme deneyinin olmadığı zaman (tamamen gerçekçi olmayan), k_s değeri tahmin edilebilir. Aşağıda doğal zemin reaksiyon modülü için tahminler kullanılır.

Zemin kazık çevresinde önemli bir kesme direnci sağladığında, bir tahmin yapılabilir. K_s tahmini için aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir.

$$\begin{aligned} k_s &= 24(SF)q_a + C\bar{q}N'_q \quad (\text{kcf}) \\ &= 80(SF)q_a + C\bar{q}N'_q \quad (\text{kN/m}^3) \end{aligned} \quad (3.1)$$

q_a =izin verilebilir zemin gerilmesi= q_u . İlk terim olan $24(3)q_u = 72q_u$ değeri, killer için $67 s_u$ olarak Davisson ve Robinson(1965) tarafından önerilmiştir. Daha sonra Robinson(1978) bir seri yatay yükleme deneyleriyle, $67s_u$ 'nun k_s değerinin yaklaşık yarısı olduğunu buldu. API(1984) yatay taşıma kapasitesi, yumuşak killerde 9c ile, sert killerde 8-12 c arası olan bir değer önermiştir.

N'_q terimi bir derinlik artışı verir ve Meyerhof, Hansen ve Vesic'in taşıma kapasite eşitliklerinde kullanılan taşıma kapasitesi faktörleri tablosundan bir değer alınır. C ise 24-80 arasında bir değer alınabilir.

4. DÜŞEY YÜK ALTINDA KAZIK GRUPLARI

4.1 Kazık Grubu Taşıma Gücü

Bir çok temel mühendisliği çözümünde yapısal yükler grup halindeki kazıklara taşınır. Zeminle temas halinde veya açık deniz yapılarında olduğu gibi zeminin üzerinde bir grup başlığı teşkil ederek kazıkların birlikte yük taşımasını sağlar. Kazık gruplarının taşıma gücünün hesaplanması oldukça güç bir konudur. Kazıkların sık olması halinde zemine aktarılan gerilmelerin çakışacağı ve bu nedenle taşıma gücünün azalacağı söylenebilir. Kazıkların ideal olarak çözülebileceği kadar yakın, birbirinden etkileyip taşıma gücünün düşmeyeceği kadar uzakta olmasına çalışılmalıdır. Ayrıca killi zeminlerde kazık grupları blok göçmesine karşı tahkik edilmelidir.

AASTHO(1993)'e göre kazıklar öyle bir grup içerisine yerleştirilmelidir ki merkezden merkeze 75 cm. veya 2.5(çap/ genişlik)'dan fazla olmalıdır. Herhangi bir kazık kenarından yakın kazık başlığı kenarına 22.5 cm.den az olmamalıdır.

4.2 Kazık Grubunun Oturması

Bir büyük kazık grubunun aynı kazık yüklerinde küçük gruba göre, büyük yada küçük kazık grubunun da tek kazığa göre oturması pratikte gözlenmektedir. Bu gözlem elastik oturmalar için de konsolidasyon oturmaları içinde doğrudur.

Killi zeminlerde bir grubun oturmasının zaman, zemin örselenmesi ve ölçek farklılıkları nedeniyle tek kazığın oturmasından hareketle bulunacağı açıktır. Bu nedenle kazık grubunun yükü zemine nasıl aktarıldığı konusunda varsayım yapılmakta ve bu transferin yapılacağı yerde fiktif bir temel varsayılarak oturması hesaplanabilir. Literatürde aşağıdaki varsayımların kullanıldığı görülmektedir.

- Kazık boyunun 2/3 L aşağısında kazıklarca çevrelenen fiktif bir temel
- Yüzeyden 4 düşey 1 yatay açı ile genişleyen ve 2/3 L aşağısında kazıklarca çevrelenen fiktif bir temel
- Kazıkların ucunda kazıkların çevrelediği bir fiktif temel
- Kazık ucunda daha geniş alanlı bir fiktif temel

Simon ve Perez(1976) zemine yerdeğiştirici kazıklarda 1. ve 2. çözümlerin daha uygun olduğunu, zira 3. çözüme göre daha fazla oturma vereceğini belirtmekte ve bunun kazık

çakımı ile örselenmeyi de göz önüne alacağını söylemektedir. Fore kazıklar özellikle yakın aralıklı ise 3. çözüm daha gerçekçidir.

Granüler zeminlerde killerdeki benzer bir yöntemle oturmaları hesaplamak olanaklı ise de genellikle bu yol izlenmeyip grup oturması tek kazık oturma sonucuna göre belirlenmektedir.

Bu konuda önerilen basit eşitlikler aşağıda verilmiştir. Bu eşitliklerden Skempton(1953) tarafından;

$$\frac{S_g}{S} = \left(\frac{4B_g + 3}{B_g + 4} \right)^2 \quad (4.1)$$

Vesic(1977) tarafından;

$$\frac{S_g}{S} = \sqrt{\frac{B_g}{B}} \quad (4.2)$$

önerilmiştir. Burada S tek kazığın çalışma yükündeki oturması, B_g grup genişliği, S_g grup oturmasıdır.

5. GRUP KAZIKLARININ ANALİZİ

5.1 Grup Kazıkların Taşıma Gücü

Bir grup içerisinde tek bir kazığın davranışı, komşu kazıkların davranışı ve grubun geometrisinden etkilenmektedir. Bu etkileşime grup etkisi adı verilmektedir. Kazıkların zemin-kazık etkileşiminin genelde iki bileşeni olduğu düşünülebilir. Yerleştirme etkisi veya mekanik yükleme etkisidir.

Değişik grup etkinlik eşitliklerinde etkinlik, kazıklar arası uzaklığa bağlanmakta olup kazık zemin durumu gözetmeksizin daima $\eta_g < 1$ vermektedir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmektedir.

- Converse-Labarre (Bolin 1941)

$$\eta_g = 1 - \frac{\xi}{90^\circ} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right] \quad (5.1)$$

$$\xi = \text{Arc tg } \frac{D}{s} \quad (5.2)$$

Burada m kazık sıra sayısı, n bir sıradaki kazık sayısını, D kazık çapını, s ise kazık merkezleri arası uzaklığı göstermektedir.

- Field (1943) kazık sayısına göre $\eta_g = 0.72-0.94$ değer alınması önermektedir.
- Poulos ve Davis (1980)

$$\frac{1}{\eta_g^2} = \frac{(mn)^2 Q_o^2}{Q_B^2} \quad (5.3)$$

Burada Q_o tek kazığın Q_B ise kazık grubu yerine düşünülecek eşdeğer büyük kazığın nihai yük taşıma kapasitesidir (blok göçmesine karşı taşıma gücü) .

Grup etkisinin yalnızca kazık çevresinde taşınan yükte göz önüne alınması gerektiğinden

$$Q_g = \sum Q_P + \eta_s \sum Q_s \quad Q_o = Q_P + Q_s \quad (5.3)$$

yazılabilir. Burada Q_g grubun taşıyacağı toplam yük, Q_o tek kazığın taşıyacağı yük, Q_p ve Q_s uçta ve çevredeki tek kazık yüküdür.

Grup kazıkların taşıma gücü hesabı yapılırken, ilk önce tek kazığın taşıma gücü bulunur ve daha sonra yukarıda gösterilen grup etkileşim katsayıları yardımıyla grubun analizi yapılır.

5.2 Grup Kazıklarının F.E.M. Yardımıyla Analizi

Saul(1968) üç boyutlu matris çözümü ile grup kazık analizinde yeni bir boyut kazandırdı. Daha sonra Bowles(1974), bu matris çözümü geliştirdi. Bu matris çözümde daha önce bölüm3.1'de belirtilen

$$P=AF \quad e=A^T X \quad F=Se=SA^T X \quad \text{ve} \quad P=ASA^T X$$

matris eşitlikleri kullanılmıştır.

Bölüm3.1'deki matris eşitlikleri, grup kazık analizinde kullanıldığında görülen başlıca temel farklılıklar aşağıda gösterilmiştir;

1. $P=$ Herhangi bir kazık tarafından taşınan toplam kazık-başı kuvvetinin belirli kısmı

$A=$ Herhangi bir kazık tarafından taşınan toplam kazık-başı kuvvetinin belirli kısmına, o kazığın kuvvetlerine ilişkin bir tamamlama matrisi

2. Bölüm 1'de belirtilen, bilinen $4EI/L$, $2EI/L$ terimi ve zemin esneklik terimi olan K 'nın yerine kazık sabiti kavramı ile tanımlanır. Burada S matrisi için gerekli olan 10 tane sabitten 8 tanesini elde etmek için yatay yüklü kazık programı ile çözmek gereklidir. Kazık sabitlerini elde etmek için yatay yüklü kazık programını her iki yönde kuvvet ve moment için ayrı olarak 4 kez uygulamak ve çıkan sonuçlara göre bir moment-dönme ile kuvvet-ötelenme grafiğinden elde edilir. Ayrıca $S(1,1)$ hesaplamak için, $\frac{\lambda AE}{L_p}$

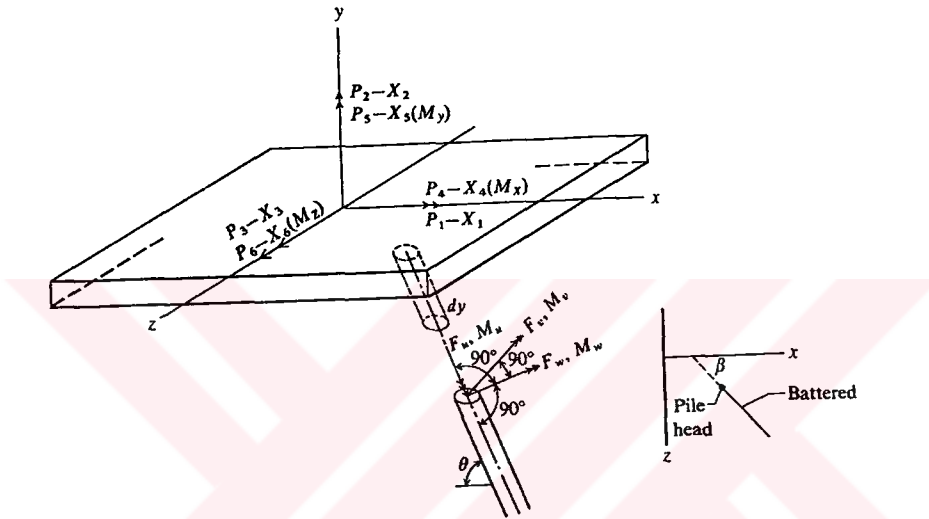
eşitliğinden, $S(4,4)$ hesaplamak için, $\frac{\Omega G' J}{L_p}$ eşitliğinden hesaplanır. Böylece grupta

bulunan her kazık için $S_{6,6}$ rijitlik matrisi elemanları tamamlanmış olur.

3. Grupta bulunan her kazık için bir ASA^T matrisi hesaplanır ve grup için bu ASA^T matrisler toplanarak, tek bir ASA^T matrisi elde edilir. Örneğin 4 kazık için; dört tane ASA^T matrisi oluşturulur ve bu dört ASA^T matrisinden gruba ait tek bir ASA^T matrisi elde edilir.
4. Grup ASA^T matrisi (6×6 boyutlu) ters çevrilir ve temel yer değiştirmeleri yada X 'ler elde edilir.

5. X değerleri ile kazık başlık deplasmanları (e), $e=AX$ eşitliğine göre hesaplanır. $F=SA^T X$ eşitliğinin kullanılması için bu hesaplama gereklidir. Çünkü A matrisi koordinat başlangıcı ile ilgili olarak, kazık durumuna dair girişler içerir.
6. e değerleri ile kazık kuvvetleri, $F=Se$ ile hesaplanır.

5.2.1 A matrisinin Oluşturulması



Şekil 5.1: Kazık Ve Kazık Başlığının Koordinat Düzleminde Gösterilmesi

A matrisi şekil 5.1'e göre aşağıdaki şekilde oluşturulur.

Çizelge 5.1: A Matrisi

$\cos \theta \cos \beta$	$\sin \beta$	$\sin \theta \cos \beta$	0	0	0
$-\sin \theta$	0	$\cos \theta$	0	0	0
$\cos \theta \sin \beta$	$-\cos \beta$	$\sin \theta \sin \beta$	0	0	0
$+Z \sin \theta$	$-Y \cos \beta$	$-Z \cos \theta$	$\cos \theta \cos \beta$	$\sin \beta$	$\sin \theta \cos \beta$
$+Y \cos \theta \sin \beta$		$+Y \sin \theta \sin \beta$			
$+Z \cos \theta \cos \beta$	$+Z \sin \beta$	$+Z \sin \theta \sin \beta$	$-\sin \theta$	0	$\cos \theta$
$-X \cos \theta \sin \beta$	$+X \cos \beta$	$+X \sin \theta \sin \beta$			
$-Y \cos \theta \cos \beta$	$-Y \sin \beta$	$-Y \sin \theta \sin \beta$	$\cos \theta \sin \beta$	$-\cos \beta$	$\sin \theta \sin \beta$
$-X \sin \theta$		$+X \cos \theta$			

- F_v, M_v daima XZ düzlemine paraleldir.
- β : X aksı ile kazık düzleminin yaptığı açı olarak kabul edilir.

3. Ö: eğik kazıklarda, kazığın yatayla yaptığı açđ
4. Kazık başlıkları her zaman aynı kalınlıkta olmayabilir.
5. Kazık başına etkiyen kuvvetler yönü, kazıklara göre negatif yön olarak gösterilir.

Programlamada A matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur.

```

for p:=1 to 6 do
for r:=1 to 6 do
begin
a[p,r]:=0;

a[1,1]:=cosa*cosb;
a[1,2]:=sinb;
a[1,3]:=sina*cosb;
a[2,1]:=-sina;
a[2,3]:=cosa;
a[3,1]:=cosa*sinb;
a[3,2]:=-cosb;
a[3,3]:=sina*sinb;
a[4,1]:=z[i,1]*sina+y[i,1]*cosa*sinb;
a[4,2]:=-y[i,1]*cosb;
a[4,3]:=-z[i,1]*cosa+y[i,1]*sina*sinb;
a[4,4]:=a[1,1];
a[4,5]:=a[1,2];
a[4,6]:=a[1,3];

a[5,1]:=z[i,1]*a[1,1]-x[i,1]*a[3,1];
a[5,2]:=z[i,1]*sinb+x[i,1]*cosb;
a[5,3]:=z[i,1]*a[1,3]-x[i,1]*a[3,3];
a[5,4]:=a[2,1];
a[5,6]:=a[2,3];

a[6,1]:=-y[i,1]*a[1,1]-x[i,1]*sina;
a[6,2]:=-y[i,1]*a[1,2];
a[6,3]:=-y[i,1]*a[1,3]+x[i,1]*cosa;
a[6,4]:=a[3,1];
a[6,5]:=a[3,2];
a[6,6]:=a[3,3];
end;

```

P'i ve M' ideğerleri, kazık başlık kuvvetleriyle aşağıdaki şekilde birbiri ile ilişkilendirilir.

β açısı dūsey kazıklar için 0 olarak alınır ve y aksı etrafında açđ değerleri değiştikçe farklı değerler almaktadır.

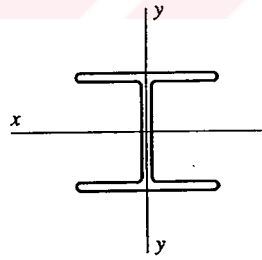
Çizelge 5.2: Kazık Tablasına Etkiyen Moment ve Kuvvetler

Kazığa gelen kuvvet	Programda kullanılan	Kazığa gelen kuvvet	Programda kullanılan
P'_x	P(1)	M'_x	P(4)
P'_y	P(2)	M'_y	P(5)
P'_z	P(3)	M'_z	P(6)
$\sum_1^n P'_x = P(1)$	$\sum_1^n P'_y = P(2)$ vb.		

5.2.2 S Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 5.3 S Matrisi

$S(1,1)$	0	0	0	0	0
0	$S(2,2)$	0	0	0	$S(2,6)$
0	0	$S(3,3)$	0	$-S(3,5)$	0
0	0	0	$S(4,4)$	0	0
0	0	$-S(5,3)$	0	$S(5,5)$	0
0	$S(6,2)$	0	0	0	$S(6,6)$



Şekil 5.2: Koordinat Düzlemi

P_x = Y aksına paralel kazık başı kuvveti (Şekil 5.2)

M_x = X aksına paralel kazık başı momenti

P_y = X aksına paralel kazık başı kuvveti

M_y = Y aksına paralel kazık başı momenti

P'_x = Sıfır kazık başı ötelenmesi ile M_x 'den dolayı Y aksına paralel kazık başı kuvveti

M'_x = Sıfır dönme ve P_x 'den dolayı kazık başı momenti

P'_y ve $M'_y = M'_x$ ve P'_x ' e benzer.

$C(I,1)$ hesaplanmasında kullanılan parametrelerden L: kazık boyu, λ :2.0-1.0 arasında bir değer alınır, A:kazık alanı,E:elastisite modülü

C(I,6) hesaplanmasında kullanılan parametrelerden L: kazık boyu, ψ :2-3 arasında bir değer alınır, G' ise ;

$$G' = \frac{E}{2(1 + \varphi)} \quad (5.10)$$

şeklinde hesaplanır. Poisson oranı:0.15 (Betonarme kazıklar için),0.33(Çelik kazıklar için) alınır. J:Burkulma rijitliği ise aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$J=I_x+I_y$ Kare ve dikdörtgen kazıklar için,

$J = \frac{1}{3} \sum bt^3$ H profil kazıklar için, b:elemanın genişliği, t:elemanın kalınlığı

Bu moment kazığın ilk elemanına etkiyen moment olarak alınmıştır.

Çizelge 5.4: C Katsayılarının Hesaplanması

C Değere	S(I,J)	Hesaplama Şekli
C(I,1)	S(1,1)	$\lambda AE/L$
C(I,2)	S(2,2)	P_y/δ_y
C(I,3)	S(2,6)	P'_x/θ_x
C(I,4)	S(3,3)	P_x/δ_x
C(I,5)	S(3,5)	P'_y/θ_y
C(I,6)	S(4,4)	$\Omega G' J/L$
C(I,7)	S(5,3)	M'_x/δ_x
C(I,8)	S(5,5)	M_x/θ_x
C(I,9)	S(6,2)	M'_y/δ_y
C(I,10)	S(6,6)	M_y/θ_y

$$C(I,2) = C(I,4) \quad (5.4)$$

$$C(I,3) = C(I,5) \quad (5.5)$$

$$C(I,7) = C(I,9) \quad (5.6)$$

$$C(I,8) = C(I,10) \quad (5.7)$$

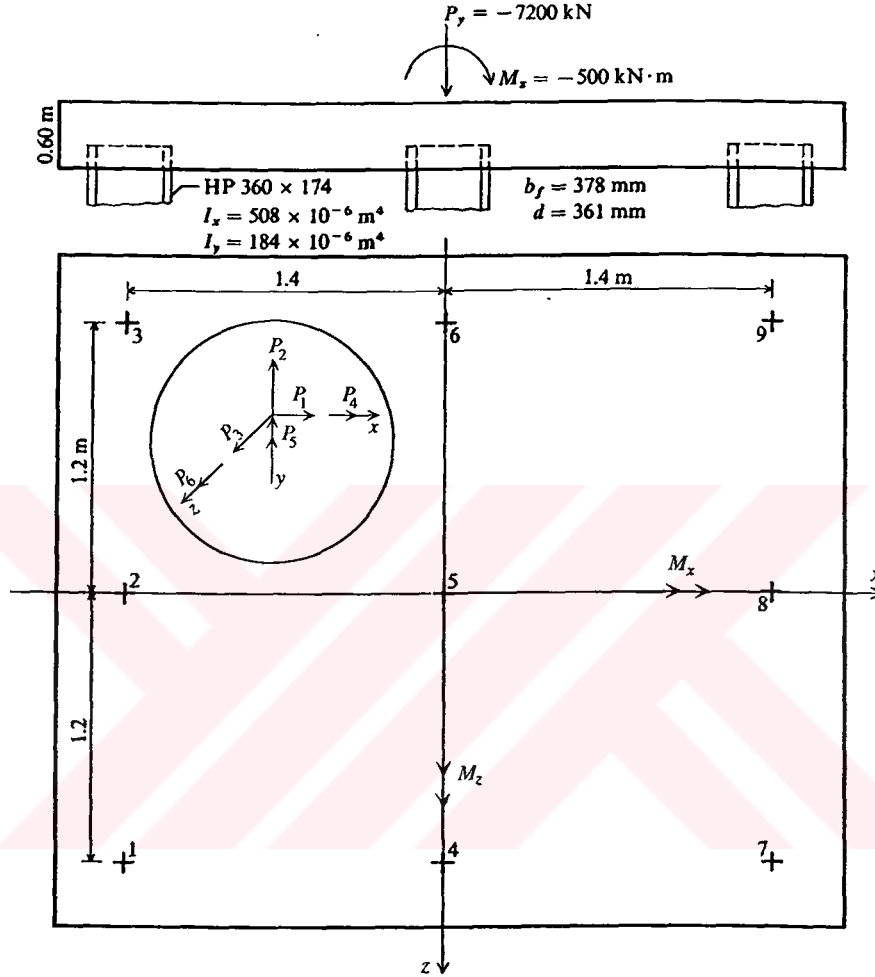
$$C_1 = \frac{\lambda AE}{L} \quad (5.8)$$

$$C_4 = \frac{\Psi G' J}{L} \quad (5.9)$$

Bir çok grup kazık analizinde $C_2 = C_3$; $C_7 = C_8$; $C_5 = C_6$; $C_9 = C_{10}$ olarak alınır. Bu işi yaparak 10 ayrı kazık sabiti yerine 6 tane kazık sabiti alınır.

6. SAYISAL UYGULAMA

6.1 Yalnızca düşey kazıklardan oluşan, düşey yük ve M_z momenti etkisindeki aşağıdaki kazık grubunun analizini yapalım.



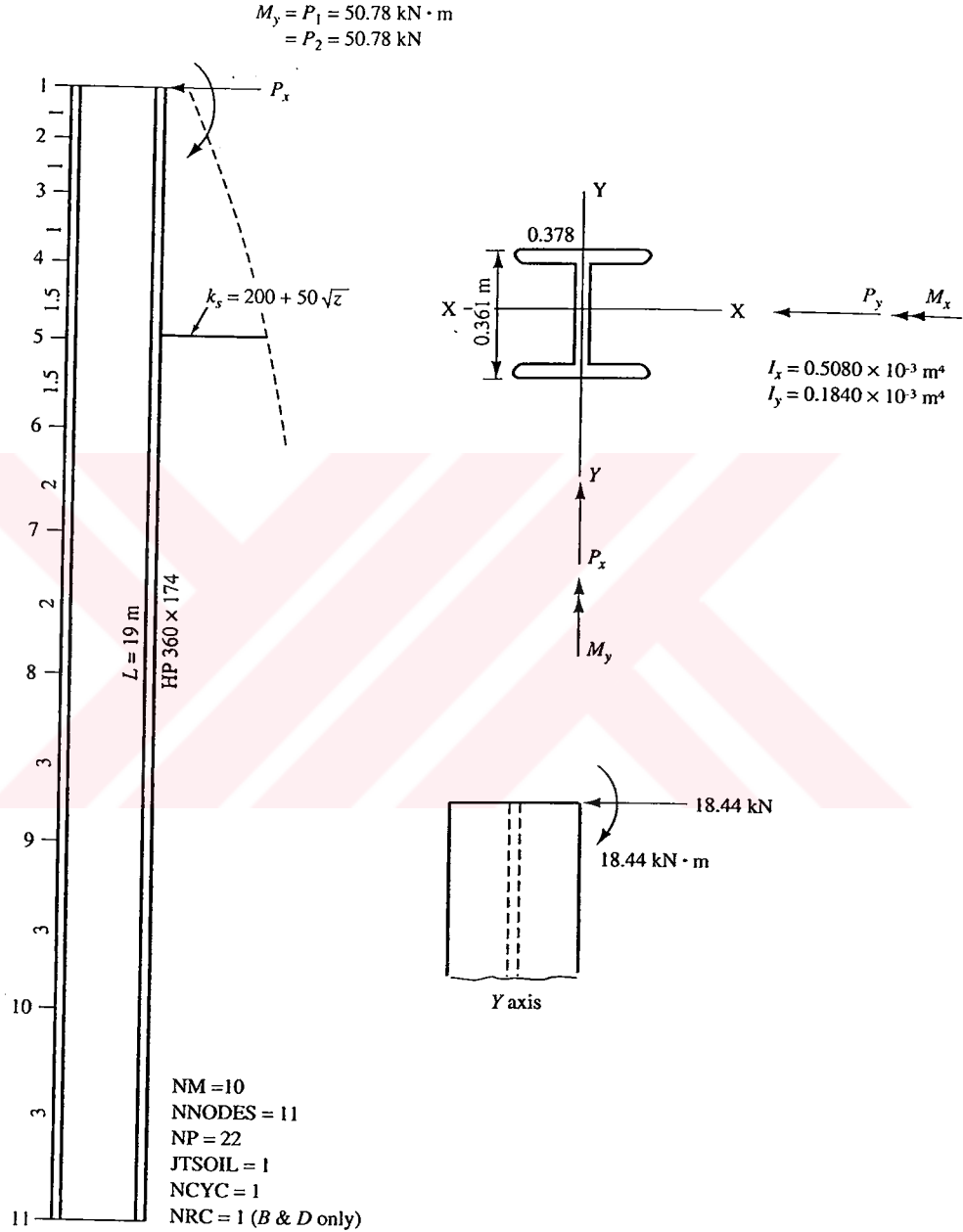
Şekil 6.1: Grup Kazık Uygulaması

Çizelge 6.1: Grup Kazık Koordinatları

KAZIK NO	X	Z	Y	BETA	BATTER
1	-1.4	1.2	-0.6	0.0	0.0
2	-1.4	0.0	-0.6	0.0	0.0
3	-1.4	-1.2	-0.6	0.0	0.0
4	0.0	1.2	-0.6	0.0	0.0
5	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0
6	0.0	-1.2	-0.6	0.0	0.0
7	1.4	1.2	-0.6	0.0	0.0
8	1.4	0.0	-0.6	0.0	0.0
9	1.4	-1.2	-0.6	0.0	0.0

Öncelikle grupta kullanılan kazığın yanal yük altında ötelenme ve dönme hesabı yapılacağı için kazık her iki yönde kuvvet ve momentlere maruz bırakılıyor. Aşağıdaki şekil 6.2'de

kazığın özellikleri verilmekte ve kazığın 10 elemana ayrılmaktadır. Daha sonra Bowles(1974) tarafından yapılan yatay yüklü kazık programı ile analizi yapılmaktadır. Bu programda tek kazık önce her iki yönde, P_x , P_y kuvvetleri ve sonra M_x , M_y momentleri ile tek tek analizleri yapılır.



Şekil 6.2: Tek kazığa gelen kuvvetler (Bowles-1974)

SOLUTION FOR LATERALLY LOADED PILE ++++++

NO OF NP= 22 NO OF ELEMENTS,NM= 10 NON-ZERO NNZP= 1
 NO OF LOAD CASES,NLC= 1 NO OF CYCLES NCYC= 1
 CORRECTED NODE SPRINGS NRC= 0 NO OF SOIL STARTS JTSOIL= 1
 NONLINEAR (IF>0)= 0 NO OF BOUNDARY CONDI NZX = 1
 VAR I (IF>0) = 0 LIST BAND IF>0 = 0 IMET (SI>0)= 1

MOD OF ELASTICITY E=200000000. KPA UNIT WT OF FTG= .000 KN/M
 MAX OF NON-LINEAR SOIL DISPL ,XMAX= 1.0000 M
 SOIL MODULUS = 200.0+ 50.0*Z** .500 KN/M*3
 GROUND LINE REDUCTION FACTOR FOR PILES, REDFAC= .90

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	WIDTH	THICK	INERTIA,M **4
1	1	2	3	4	1.000	.378	.000	.50800E-03
2	3	4	5	6	1.000	.378	.000	.50800E-03
3	5	6	7	8	1.000	.378	.000	.50800E-03
4	7	8	9	10	1.500	.378	.000	.50800E-03
5	9	10	11	12	1.500	.378	.000	.50800E-03
6	11	12	13	14	2.000	.378	.000	.50800E-03
7	13	14	15	16	2.000	.378	.000	.50800E-03
8	15	16	17	18	3.000	.378	.000	.50800E-03
9	17	18	19	20	3.000	.378	.000	.50800E-03
10	19	20	21	22	3.000	.378	.000	.50800E-03

SOIL MODULUS AND NODE SPRINGS			
NODE NO	SOIL MOD, KN/M*3	NODE SPRING, KN/M	
1	200.000	37.270	
2	250.000	93.192	
3	270.711	102.045	
4	286.603	136.274	
5	306.066	173.263	
6	322.474	214.165	
7	341.421	257.729	
8	358.114	340.446	
9	380.278	430.973	
10	400.000	453.432	
11	417.945	233.667	

NX BOUNDRY CONDITIONS = 1

BOUNDRY VALUES XSPEC = .0000

MEMBER MOMENTS, NODE REACTIONS, DEFLECTIONS, SOIL PRESSURE, AND LAST USED P-MATRIX FOR LC = 1											
MEMNO	MOMENTS--NEAR END 1 ST , KN-M	NODE	SPG FORCE, KN	ROT, RAD ^S	DEFL, M	SOIL Q, KPA	P-, KN-M	P- KN			
1	208.295	-159.822	1	2.31	.00000	.06200	12.40	.00	50.78		
2	159.822	-117.045	2	5.69	-.00181	.06106	15.26	.00	.00		
3	117.044	-80.238	3	5.97	-.00317	.05853	15.84	.00	.00		
4	80.239	-36.243	4	7.47	-.00415	.05484	15.72	.00	.00		
5	36.243	-4.694	5	8.30	-.00500	.04790	14.66	.00	.00		
6	4.694	20.193	6	8.59	-.00531	.04010	12.93	.00	.00		
7	-20.193	29.845	7	7.62	-.00515	.02956	10.09	.00	.00		
8	-29.845	24.189	8	6.71	-.00466	.01971	7.06	.00	.00		
9	-24.189	9.528	9	3.00	-.00386	.00696	2.65	.00	.00		
10	-9.528	.000	10	-1.71	-.00337	-.00377	-1.51	.00	.00		
			11	-3.176	-.00323	-.01359	-5.68	.00	.00		
SUM SPRING FORCES =			50.78	SUM APPLIED FORCES =			50.78	KN			
APPLIED FORCES ADJUSTED FOR NONLIN SOIL REACTIONS WHEN SPRING S ARE ZEROED ++++++											

Bu kazık analizinden C katsayılarından;

$$C(I,7)=S(5,3)=\frac{M'_x}{\delta_x} = \frac{208.3}{0.062} = 3360 \text{ ve}$$

$$C(I,4)=S(3,3)=\frac{P_x}{\delta_x} = \frac{50.78}{0.062} = 819 \text{ olarak bulunur.}$$

SOLUTION FOR LATERALLY LOADED PILE ++++++

NO OF NP= 22 NO OF ELEMENTS,NM= 10 NON-ZERO NNZP= 1
 NO OF LOAD CASES,NLC= 1 NO OF CYCLES NCYC= 1
 CORRECTED NODE SPRINGS NRC= 0 NODE OF SOIL STARTS JTSOIL= 1
 NONLINEAR (IF>0)= 0 NO OF BOUNDARY CONDI NZX = 1
 VAR I (IF>0) = 0 LIST BAND IF>0 = 0 IMET (SI>0)= 1

MOD OF ELASTICITY E=200000000. KPA UNIT WT OF FTG= .000 KN/M
 MAX OF NON-LINEAR SOIL DISPL ,XMAX= 1.0000 M
 SOIL MODULUS = 200.0+ 50.0*Z** .500 KN/M*3
 GROUND LINE REDUCTION FACTOR FOR PILES, REDFAC= .90

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	WIDTH	THICK	INERTIA,M **4
1	1	2	3	4	1.000	.378	.000	.50800E-03
2	3	4	5	6	1.000	.378	.000	.50800E-03
3	5	6	7	8	1.000	.378	.000	.50800E-03
4	7	8	9	10	1.500	.378	.000	.50800E-03
5	9	10	11	12	1.500	.378	.000	.50800E-03
6	11	12	13	14	2.000	.378	.000	.50800E-03
7	13	14	15	16	2.000	.378	.000	.50800E-03
8	15	16	17	18	3.000	.378	.000	.50800E-03
9	17	18	19	20	3.000	.378	.000	.50800E-03
10	19	20	21	22	3.000	.378	.000	.50800E-03

SOIL MODULUS AND NODE SPRINGS

NODE NO	SOIL MOD, KN/M*3	NODE SPRING, KN/M
1	200.000	37.270
2	250.000	93.192
3	270.711	102.045
4	286.603	136.274
5	306.066	173.263
6	322.474	214.165
7	341.421	257.729
8	358.114	340.446
9	380.278	430.973
10	400.000	453.432
11	417.945	233.667

NX BOUNDRY CONDITIONS = 2

BOUNDRY VALUES XSPEC = .0000

MEMNO	MOMENTS--NEAR	END 1ST, KN-M	NODE	SPG FORCE, KN	ROT, RADS	DEFL, M	SOIL Q, KEA	P-, KN-M	P- KN
1	50.780	-44.337	1	.00	.00192	.00000	.00	50.78	.00
2	44.337	-38.050	2	.16	.00145	.00168	.42	.00	.00
3	38.050	-32.061	3	.30	.00104	.00292	.79	.00	.00
4	32.060	-23.851	4	.52	.00070	.00379	1.09	.00	.00
5	23.851	-16.814	5	.78	.00029	.00451	1.38	.00	.00
6	16.814	-9.447	6	1.01	-.00001	.00470	1.52	.00	.00
7	9.447	-4.346	7	1.13	-.00027	.00440	1.50	.00	.00
8	4.346	-.473	8	1.26	-.00041	.00370	1.32	.00	.00
9	.473	.374	9	1.01	-.00048	.00234	.89	.00	.00
10	-.374	.000	10	.41	-.00048	.00090	.36	.00	.00
			11	-.125	-.00047	-.00053	-.22	.00	.00

SUM SPRING FORCES = 6.44VS SUM APPLIED FORCES = .00 KN

APPLIED FORCES ADJUSTED FOR NONLIN SOIL REACTIONS WHEN SPRING S ARE ZEROED ++++++

Bu kazık analizinden C katsayılarından;

$$C(I,8)=S(5,5)=\frac{M_x}{\theta_x}=\frac{50.78}{0.00192}=26448 \text{ ve}$$

$$C(I,3)=S(2,6)=\frac{P'_x}{\theta_x}=\frac{6.45}{0.00192}=3360 \text{ olarak bulunur.}$$

SOLUTION FOR Laterally Loaded PILE ++++++

NO OF NP= 22 NO OF ELEMENTS,NM= 10 NON-ZERO NNZP= 1
 NO OF LOAD CASES,NLC= 1 NO OF CYCLES NCYC= 1
 CORRECTED NODE SPRINGS NRC= 0 NODE OF SOIL STARTS JTSOIL= 1
 NONLINEAR (IF>0)= 0 NO OF BOUNDARY CONDI NZX = 1
 VAR I (IF>0) = 0 LIST BAND IF>0 = 0 IMET (SI>0)= 1

MOD OF ELASTICITY E=200000000. KPA UNIT WT OF FTG= .000 KN/M
 MAX OF NON-LINEAR SOIL DISPL ,XMAX= 1.0000 M
 SOIL MODULUS = 200.0+ 50.0*Z** .500 KN/M*3
 GROUND LINE REDUCTION FACTOR FOR PILES, REDFAC= .90

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	WIDTH	THICK	INERTIA,M **4
1	1	2	3	4	1.000	.361	.000	.18400E-03
2	3	4	5	6	1.000	.361	.000	.18400E-03
3	5	6	7	8	1.000	.361	.000	.18400E-03
4	7	8	9	10	1.500	.361	.000	.18400E-03
5	9	10	11	12	1.500	.361	.000	.18400E-03
6	11	12	13	14	2.000	.361	.000	.18400E-03
7	13	14	15	16	2.000	.361	.000	.18400E-03
8	15	16	17	18	3.000	.361	.000	.18400E-03
9	17	18	19	20	3.000	.361	.000	.18400E-03
10	19	20	21	22	3.000	.361	.000	.18400E-03

SOIL MODULUS AND NODE SPRINGS	NODE NO	SOIL MOD, KN/M*3	NODE SPRING, KN/M
	1	200.000	35.594
	2	250.000	89.001
	3	270.711	97.455
	4	286.603	130.145
	5	306.066	165.471
	6	322.474	204.533
	7	341.421	246.138
	8	358.114	325.135
	9	380.278	411.590
	10	400.000	433.040
	11	417.945	223.158

NX BOUNDRY CONDITIONS = 1

BOUNDRY VALUES XSPEC = .0000

MEMNO	MOMENTS--NEAR END 1ST, KN-M	NODE	SPG FORCE, KN	ROT, RADS	DEFL, M	SOIL Q , KPA			
1	59.132	-41.755	1	1.06	.00000	.02985	5.97	.00	18.44
2	41.754	-26.970	2	2.59	-.00137	.02913	7.28	.00	.00
3	26.969	-14.841	3	2.66	-.00230	.02726	7.38	.00	.00
4	14.840	-1.457	4	3.21	-.00287	.02464	7.06	.00	.00
5	1.457	6.959	5	3.31	-.00320	.02002	6.13	.00	.00
6	-6.959	11.943	6	3.12	-.00309	.01525	4.92	.00	.00
7	-11.943	12.233	7	2.35	-.00258	.00953	3.25	.00	.00
8	-12.233	7.762	8	1.64	-.00192	.00503	1.80	.00	.00
9	-7.762	2.579	9	.24	-.00111	.00058	.22	.00	.00
10	-2.579	.000	10	-.87	-.00069	-.00201	-.80	.00	.00
			11	-.860	-.00058	-.00385	-1.61	.00	.00

SUM SPRING FORCES = 18.44VS SUM APPLIED FORCES = 18.44 KN

APPLIED FORCES ADJUSTED FOR NONLIN SOIL REACTIONS WHEN SPRING S ARE ZEROED ++++++

Bu kazık analizinden C katsayılarından;

$$C(1,9)=S(6,2)=\frac{M'_y}{\delta_y} = \frac{59.132}{0.0298} = 1983 \oplus \text{ ve}$$

$$C(1,2)=S(2,2)=\frac{P_y}{\delta_y} = \frac{18.44}{0.0298} = 618 \text{ olarak bulunur.}$$

NOT \oplus : Bu değer C(1,5) ile ya eşit değerdedir ya da eşit değilse bile bu iki değer in ortalaması alınır (Bowles1974).

SOLUTION FOR LATERALLY LOADED PILE ++++++

NO OF NP= 22 NO OF ELEMENTS,NM= 10 NON-ZERO NNZP= 1
 NO OF LOAD CASES,NLC= 1 NO OF CYCLES NCYC= 1
 CORRECTED NODE SPRINGS NRC= 0 NODE OF SOIL STARTS JTSOIL= 1
 NONLINEAR (IF>0)= 0 NO OF BOUNDARY CONDI NZX = 1
 VAR I (IF>0) = 0 LIST BAND IF>0 = 0 IMET (SI>0)= 1

MOD OF ELASTICITY E=200000000. KPA UNIT WT OF FTG= .000 KN/M
 MAX OF NON-LINEAR SOIL DISPL ,XMAX= 1.0000 M
 SOIL MODULUS = 200.0+ 50.0*Z** .500 KN/M*3
 GROUND LINE REDUCTION FACTOR FOR PILES, REDFAC= .90

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	WIDTH	THICK	INERTIA,M **4
1	1	2	3	4	1.000	.361	.000	.18400E-03
2	3	4	5	6	1.000	.361	.000	.18400E-03
3	5	6	7	8	1.000	.361	.000	.18400E-03
4	7	8	9	10	1.500	.361	.000	.18400E-03
5	9	10	11	12	1.500	.361	.000	.18400E-03
6	11	12	13	14	2.000	.361	.000	.18400E-03
7	13	14	15	16	2.000	.361	.000	.18400E-03
8	15	16	17	18	3.000	.361	.000	.18400E-03
9	17	18	19	20	3.000	.361	.000	.18400E-03
10	19	20	21	22	3.000	.361	.000	.18400E-03

SOIL MODULUS AND NODE SPRINGS

NODE NO	SOIL MOD, KN/M*3	NODE SPRING, KN/M
1	200.000	35.594
2	250.000	89.001
3	270.711	97.455
4	286.603	130.145
5	306.066	165.471
6	322.474	204.533
7	341.421	246.138
8	358.114	325.135
9	380.278	411.590
10	400.000	433.040
11	417.945	223.158

NX BOUNDARY CONDITIONS = 2

BOUNDARY VALUES XSPEC = .0000

MEMBER MOMENTS, NODE REACTIONS, DEFLECTIONS, SOIL PRESSURE, AND LAST USED P-MATRIX FOR LC = 1

MEMNO	MOMENTS--NEAR END 1ST, KN-M	NODE	SPG FORCE, KN	ROT, RADS	DEFL, M	SOIL Q , KPA
1	18.440	1	.00	.00151	.00	18.44
2	15.449	2	.11	.00105	.32	.00
3	12.571	3	.21	.00067	.58	.00
4	9.900	4	.34	.00036	.76	.00
5	6.409	5	.48	.00003	.89	.00
6	3.641	6	.57	-.00017	.90	.00
7	1.093	7	.56	-.00030	.78	.00
8	-.325	8	.54	-.00032	.59	.00
9	-.836	9	.31	-.00028	.28	.00
10	-.423	10	.00	-.00022	.00	.00
		11	-.141	-.00021	-.26	.00

SUM SPRING FORCES = 2.99VS SUM APPLIED FORCES = .00 KN

APPLIED FORCES ADJUSTED FOR NONLIN SOIL REACTIONS WHEN SPRING S ARE ZEROED ++++++

Bu kazık analizinden C katsayılarından;

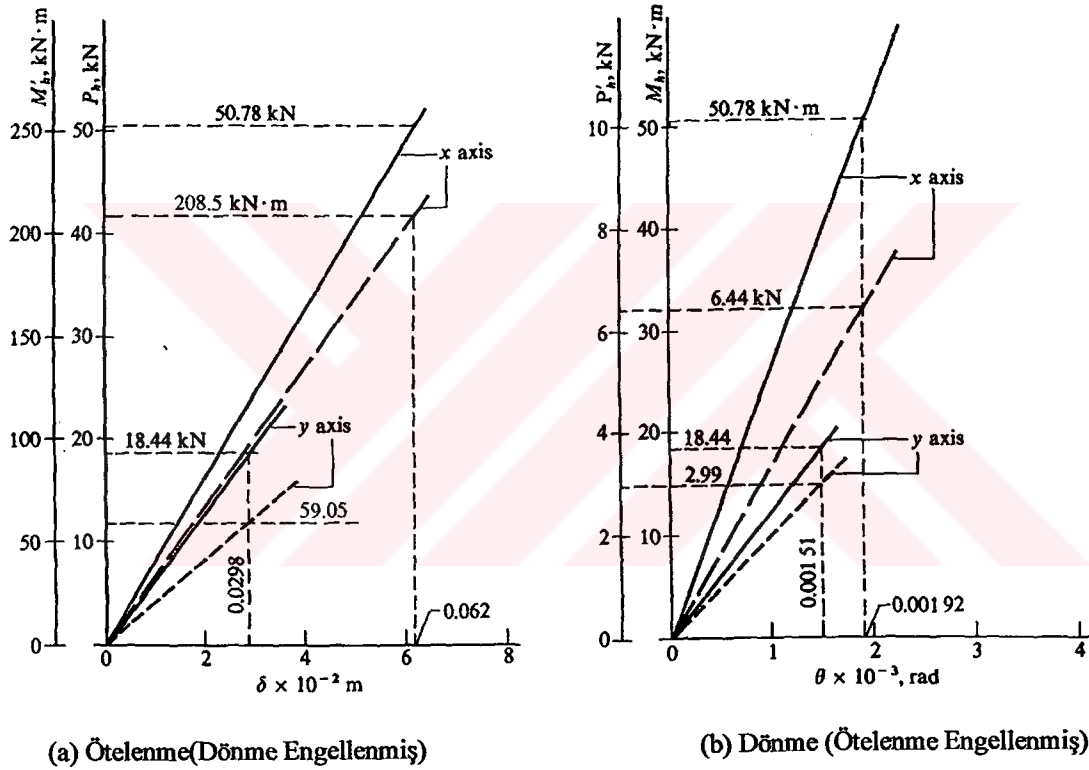
$$C(I,10)=S(6,6)=\frac{M_y}{\theta_y} = \frac{18.44}{0.00151} = 12212 \text{ ve}$$

$$C(I,5)=S(3,5)=\frac{P'_y}{\theta_y} = \frac{2.99}{0.00151} = 1983 \oplus \text{ olarak bulunur.}$$

$$C(I,1)=S(1,1)=\frac{\lambda AE}{L} = \frac{0.5(22.2 \times 10^{-3})(200000000)}{19} = 116800 \text{ kN/m}$$

$$C(I,6)=S(4,4)=\frac{\Omega G'J}{L}=\frac{2.5(75.2 \times 10^6)(3.0455 \times 10^{-6})}{19}=30.13 \text{ olarak 10 tane kazık sabiti elde}$$

edilmiş olur. Grup kazık analizinde kullanılmak üzere, yatay kazık programından elde edilen kazık sabitlerinden aşağıdaki şekilde bir grafik elde edilir. Bu grafiği elde etmek için yukarıda görüldüğü gibi yatay kazık programı dört kez ayrı olarak kullanılmaktadır (Her iki aks için kuvvet ve moment olarak). Simetrik akslı kazıklar için bu program iki kez kullanılır.



Şekil 6.3 : Kazık sabiti grafiği

Yukarıda yapılan analizde $NXZERO=2$ değeri, momente karşı gelen 1 no'lu noktadaki dönmeyi tahmin etmek için alınır ve şekil 6.2.a'da grafik, bu değerlere göre çizilmiştir. $NXZERO=1$ değeri ise, kuvvete karşı gelen 1 no'lu noktadaki ötelenmeyi tahmin etmek için alınır ve şekil 6.2.b'de grafik, bu değerlere göre çizilmiştir.

Daha sonra Bowles(1974) tarafından yapılan program tarafından grup kazık analizi yapılırsa;

GENERAL INPUT DATA

PILE NO	X	Z	Y	BETA	BATTER
1	-1.40	-.60	1.20	.00	.00
2	-1.40	-.60	.00	.00	.00
3	-1.40	-.60	-1.20	.00	.00
4	.00	-.60	1.20	.00	.00
5	.00	-.60	.00	.00	.00
6	.00	-.60	-1.20	.00	.00
7	1.40	-.60	1.20	.00	.00
8	1.40	-.60	.00	.00	.00
9	1.40	-.60	-1.20	.00	.00

THE PILE CONSTANT ARE

PILE NO	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)	C(9)	C(10)
1	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
2	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
3	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
4	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
5	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
6	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
7	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
8	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
9	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0

THE P MATRIS FORILOAD CASES IS FOLLOWS

1	PX=	.000
2	PY=	-7200.000
3	PZ=	.000
4	MX=	.000
5	MY=	.000
6	MZ=	-500.000

THE FOUNDATION ASAL MATRIS

1	7371.00	.00	.00	.00	.00	34662.60
2	.00	1051200.00	.00	.00	.00	.00
3	.00	.00	5562.00	-21184.20	.00	.00
4	.00	.00	.01	-21184.20	1142479.00	.00
5	.00	.00	.00	.00	.00	14614.74
6	34662.60	.00	.00	.00	.00	1650542.00

THE PILE DISPLACEMENTS FOR NLC= 1

X= .001581 Y= -.006849 Z= .000000 ALPHA X= .000000 ALPHA Y= .000000 ALPHA Z= -.000336

THE PILE FORCES LC= 1

FILE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0064	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	745.037	.000	.000	.000	4.256	.000
2	.0064	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	745.037	.000	.000	.000	4.256	.000
3	.0064	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	745.037	.000	.000	.000	4.256	.000
4	.0068	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	800.000	.000	.000	.000	4.256	.000
5	.0068	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	800.000	.000	.000	.000	4.256	.000
6	.0068	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	800.000	.000	.000	.000	4.256	.000
7	.0073	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	854.963	.000	.000	.000	4.256	.000
8	.0073	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	854.963	.000	.000	.000	4.256	.000
9	.0073	.0000	.0014	.0000	.0003	.0000	854.963	.000	.000	.000	4.256	.000

INDIVIDUAL FILE COMPOTENS TO CHECK SUM OF

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	.0000	-745.0367	.0000	894.0441	.0000	1038.7950
2	.0000	-745.0367	.0000	.0000	.0000	1038.7950
3	.0000	-745.0367	.0000	-894.0441	.0000	1038.7950
4	.0000	-800.0000	.0000	960.0001	.0000	-4.2565
5	.0000	-800.0000	.0000	.0000	.0000	-4.2565
6	.0000	-800.0000	.0000	-960.0001	.0000	-4.2565
7	.0000	-854.9633	.0000	1025.9560	.0000	-1201.2050
8	.0000	-854.9633	.0000	.0000	.0000	-1201.2050
9	.0000	-854.9633	.0000	-1025.9560	.0000	-1201.2050
TOTAL=	.0000	-7200.0000	.0000	.0000	.0000	-500.0002

Yukarıdaki grup kazık analizini, kendi yaptığımız programla tekrar aşağıdaki gibi çözümleriz.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON BİRİMİ

GRUP KAZIK ANALİZİ

KAZIKLARIN KOORDİNATLARI

PILE NO	X	Z	Y	BETA	BATTER
1	-1.40	-.60	1.20	.00	.00
2	-1.40	-.60	.00	.00	.00
3	-1.40	-.60	-1.20	.00	.00
4	.00	-.60	1.20	.00	.00
5	.00	-.60	.00	.00	.00
6	.00	-.60	-1.20	.00	.00
7	1.40	-.60	1.20	.00	.00
8	1.40	-.60	.00	.00	.00
9	1.40	-.60	-1.20	.00	.00

C KATSAYILARI

C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)	C(9)	C(10)
116842.1	621.7	1980.8	823.1	3359.4	30.6	3359.4	26473.9	1980.8	12211.0

GRUBA ETKİYEN KUVVET VE MOMENTLER

PX	PY	PZ	MX	MY	MZ
0.0	-7200.0	0.0	0.0	0.0	-500.0

ASAL MATRİS

1	7407.90	.00	.00	.00	.00	34679.34
2	.00	1051578.90	.00	.00	.00	.00
3	.00	.00	5595.30	-21184.38	.00	.00
4	.00	.01	-21184.38	1142821.70	.00	-.01
5	.00	.00	.00	.00	14698.18	.00
6	34679.34	.00	.00	.00	.00	1651276.60

KAZIK BAŞLIĞININ ÖTELENMESİ

X=0.001572 Y=0.006847 Z=0.000000 ALPHA X=0.000000 ALPHA Y=0.000000 ALPHA Z=-0.000336

KAZIK ÖTELENMELERİ

KAZIK NO	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W
1.Kazık	0.0064	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000
2.Kazık	0.0064	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000
3.Kazık	0.0064	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000
4.Kazık	0.0068	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000
5.Kazık	0.0068	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000
6.Kazık	0.0068	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000
7.Kazık	0.0073	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000
8.Kazık	0.0073	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000
9.Kazık	0.0073	0.0000	0.0014	0.0000	0.0003	0.0000

KAZIK KUVVETLERİ

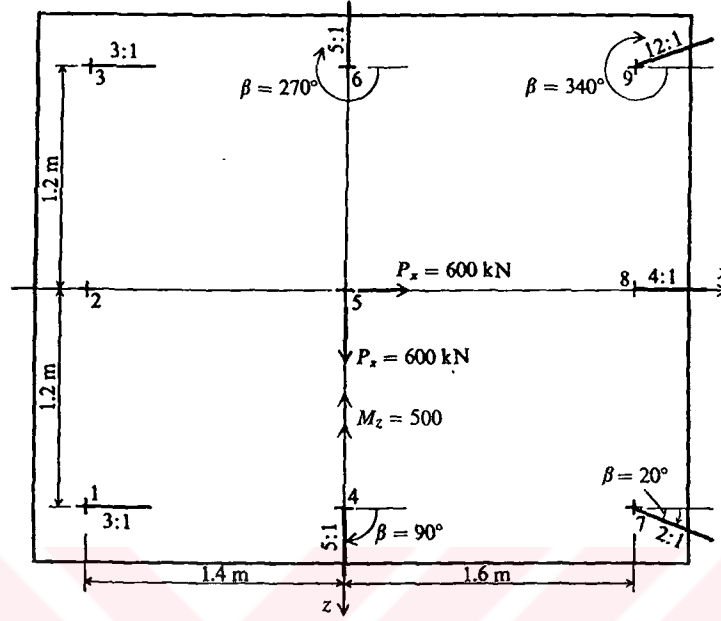
KAZIK NO	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1.Kazık	745.0682	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000
2.Kazık	745.0682	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000
3.Kazık	745.0682	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000

4.Kazık	800.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000
5.Kazık	800.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000
6.Kazık	800.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000
7.Kazık	854.9318	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000
8.Kazık	854.9318	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000
9.Kazık	854.9318	0.0000	0.0000	0.0000	4.2859	0.0000

KAZIĞA GELEN KUVVETLER VE MOMENTLER

<u>KAZIK NO</u>	<u>FX</u>	<u>FY</u>	<u>FZ</u>	<u>MX</u>	<u>MY</u>	<u>MZ</u>
1.Kazık	0.0000	-745.0682	0.0000	894.0819	0.0000	1038.8096
2.Kazık	0.0000	-745.0682	0.0000	0.0000	0.0000	1038.8096
3.Kazık	0.0000	-745.0682	0.0000	-894.0819	0.0000	1038.8096
4.Kazık	0.0000	-800.0000	0.0000	960.0000	0.0000	-4.2859
5.Kazık	0.0000	-800.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-4.2859
6.Kazık	0.0000	-800.0000	0.0000	-960.0000	0.0000	-4.2859
7.Kazık	0.0000	-854.9318	0.0000	1025.9181	0.0000	-1201.1904
8.Kazık	0.0000	-854.9318	0.0000	0.0000	0.0000	-1201.1904
9.Kazık	0.0000	-854.9318	0.0000	-1025.9181	0.0000	-1201.1904
TOPLAM	0.0000	-7200.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-500.0000

6.2 Hem düşey hem de yatayla açı yapan kazıklardan oluşan, düşey yük, yatay yük ve M_z momenti etkisindeki aşağıdaki kazık grubunun analizini yapalım.



Şekil 6.4: Grup Kazık Uygulaması

Çizelge 6.2: Grup Kazık Koordinatları

KAZIK NO	X	Z	Y	BETA	BATTER
1	-1.4	1.2	-0.6	0.0	3.0
2	-1.4	0.0	-0.6	0.0	0.0
3	-1.4	-1.2	-0.6	0.0	3.0
4	0.0	1.2	-0.6	90.0	5.0
5	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0
6	0.0	-1.2	-0.6	270.0	5.0
7	1.6	1.2	-0.6	20.0	12.0
8	1.6	0.0	-0.6	0.0	4.0
9	1.6	-1.2	-0.6	340.0	12.0

Öncelikle grupta 6.1.'de kullanılan aynı kazık sabitleri kullanılıyor.

Daha sonra Bowles(1974) tarafından yapılan program tarafından grup kazık analizi yapılırsa;

GENERAL INPUT DATA

PILE NO	X	Z	Y	BETA	BATTER
1	-1.40	-.60	1.20	.00	3.00
2	-1.40	-.60	.00	.00	.00
3	-1.40	-.60	-1.20	.00	3.00
4	.00	-.60	1.20	90.00	5.00
5	.00	-.60	.00	.00	.00
6	.00	-.60	-1.20	270.00	5.00
7	1.60	-.60	1.20	20.00	12.00
8	1.60	-.60	.00	.00	4.00
9	1.60	-.60	-1.20	340.00	12.00

THE PILE CONSTANT ARE

PILE NO	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)	C(9)	C(10)
1	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
2	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
3	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
4	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
5	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
6	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
7	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
8	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0
9	116800.0	618.0	1983.0	819.0	3360.0	30.1	3360.0	26448.0	1983.0	12212.0

THE P MATRIS FORILOAD CASES IS FOLLOWS

1	PX=	600.000
2	PY=	-7200.000
3	PZ=	600.000
4	MX=	.000
5	MY=	.000
6	MZ=	-500.000

THE FOUNDATION ASAL MATRIS

1	38353.13	-114915.90	.41	2.96	.19	74529.80
2	-114915.90	1010660.00	.95	-5.3	-4.76	23594.15
3	.41	.95	15119.83	31822.46	-2018.32	1.80
4	2.96	-5.3	31822.46	1059000.00	127668.40	.42
5	.19	-4.76	-2018.32	127668.40	54058.93	-2.79
6	74529.80	23594.14	1.80	.42	-2.79	1796019.00

THE PILE DISPLACEMENTS FOR NLC= 1

X= -.009305 Y= -.008187 Z= .045191 ALPHA X= -.002183 ALPHA Y= .006841 ALPHA Z= .000215

THE PILE FORCES LC= 1

PILE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0053	-.0561	-.0028	-.0072	-.0002	.0001	614.651	-34.473	-1.548	-.216	3.624	-110.071
2	.0085	-.0561	-.0092	-.0068	-.0002	-.0022	991.462	-38.985	-6.792	-.206	25.139	-137.859
3	.0050	-.0561	-.0200	-.0072	-.0002	.0001	588.658	-34.473	-15.662	-.216	61.528	-110.071
4	.0146	-.0010	.0445	-.0067	-.0022	.0016	1702.859	2.481	43.784	-.201	-207.267	17.043
5	.0082	-.0465	-.0092	-.0068	-.0002	-.0022	956.260	-33.066	-6.792	-.206	25.139	-118.866
6	.0015	.0174	-.0477	-.0068	.0022	.0011	172.552	12.989	-46.413	-.203	218.053	48.292
7	.0061	-.0337	.0108	-.0070	-.0009	-.0014	717.132	-23.633	12.016	-.210	-61.312	-84.035
8	.0054	-.0356	-.0108	-.0072	-.0002	-.0005	628.732	-22.881	-8.125	-.216	30.609	-76.101
9	.0081	-.0275	-.0293	-.0070	.0005	-.0015	941.291	-20.043	-25.802	-.211	112.749	-73.374

INDIVIDUAL PILE COMPOTENS TO CHECK SUM OF

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	192.9012	-583.5983	34.4726	575.1436	245.1406	929.1544
2	-6.7920	-991.4619	38.9847	-161.2494	54.7845	1358.8330
3	171.2918	-563.4023	34.4726	-801.2573	-191.8910	830.0107
4	2.4908	-1661.2040	376.8918	1560.0440	6.5281	18.1724
5	-6.7920	-956.2599	33.0656	-138.7050	.2059	-29.2139
6	-12.9881	-178.3031	11.6724	-439.0235	25.2560	-55.0905
7	59.1328	-713.6573	46.6718	728.7053	-10.4848	-1077.4060
8	144.6071	-611.9305	22.8813	-87.6095	-54.8579	-922.9338
9	56.1486	-940.1819	.8872	-1236.0480	-74.6814	-1551.5260
TOTAL=	600.0000	-7200.0000	599.9999	-.0004	.0000	-499.9999

Yukarıdaki grup kazık analizini, kendi yaptığımız programla tekrar aşağıdaki gibi çözümleriz.

GRUP KAZIK ANALİZİ

KAZIKLARIN KOORDİNATLARI

PILE NO	X	Z	Y	BETA	BATTER
1	-1.40	-.60	1.20	.00	3.00
2	-1.40	-.60	.00	.00	.00
3	-1.40	-.60	-1.20	.00	3.00
4	.00	-.60	1.20	90.00	5.00
5	.00	-.60	.00	.00	.00
6	.00	-.60	-1.20	270.00	5.00
7	1.60	-.60	1.20	20.00	12.00
8	1.60	-.60	.00	.00	4.00
9	1.60	-.60	-1.20	340.00	12.00

C KATSAYILARI

C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)	C(9)	C(10)
116842.1	621.7	1980.8	823.1	3359.4	30.6	3359.4	26473.9	1980.8	12211.0

GRUBA ETKİYEN KUVVET VE MOMENTLER

PX	PY	PZ	MX	MY	MZ
600.0	-7200.0	600.0	0.0	0.0	-500.0

ASAL MATRİS

1	7407.90	-114953.56	0.41	2.96	0.190	74556.96
2	-114953.00	1011025.70	0.95	-0.54	-4.75	23602.31
3	0.41	0.95	15157.01	31836.17	-2018.01	1.80
4	2.96	-0.54	31836.17	1059368.70	127701.83	0.40
5	0.19	-4.75	-2018.01	127701.00	54156.30	-2.79
6	74556.96	23602.31	1.80	0.40	-2.79	1796757.10

KAZIK BAŞLIĞININ ÖTELENMESİ

X=-0.009287 Y=-0.008182 Z=0.045060 ALPHA X=-0.002175 ALPHA Y=0.006806 ALPHA Z=0.000215

KAZIK ÖTELENMELERİ

KAZIK NO	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W
1.Kazık	0.0053	-0.0559	-0.0028	-0.0071	-0.0002	0.0001
2.Kazık	0.0085	-0.0559	-0.0092	-0.0068	-0.0002	-0.0022
3.Kazık	0.0050	-0.0559	-0.0199	-0.0071	-0.0002	0.0001
4.Kazık	0.0146	-0.0010	0.0044	-0.0066	-0.0002	0.0015
5.Kazık	0.0082	-0.0464	-0.0092	-0.0068	-0.0002	-0.0022
6.Kazık	0.0015	0.0173	-0.0476	-0.0067	0.0022	0.0011
7.Kazık	0.0061	-0.0337	0.0107	-0.0069	-0.0009	-0.0014
8.Kazık	0.0054	-0.0355	-0.0108	-0.0071	-0.0002	-0.0005
9.Kazık	0.0081	-0.0274	-0.0292	-0.0070	0.0005	-0.0015

KAZIK KUVVETLERİ

KAZIK NO	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1.Kazık	614.4227	-34.5720	-1.5817	-0.2186	3.2859	-109.6230
2.Kazık	991.1399	-39.0562	-6.8172	-0.2083	25.2859	-137.2669
3.Kazık	589.3832	-34.5720	-15.6951	-0.2186	61.2859	-109.6230

4.Kazık	1700.9377	2.4438	43.8274	-0.2029	-206.2859	16.9021
5.Kazık	956.0482	-33.1323	-6.8172	-0.2083	25.2859	-118.3929
6.Kazık	174.0579	13.0009	-46.4680	-0.2055	217.2859	48.0574
7.Kazık	717.6323	-23.7047	12.0068	-0.2126	-61.2859	-83.7740
8.Kazık	629.0739	-22.9639	-8.1571	-0.2182	30.2859	-75.8730
9.Kazık	940.8932	-20.0979	-25.8449	-0.2129	112.2859	-73.1447

KAZIĞA GELEN KUVVETLER VE MOMENTLER

KAZIK NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1.Kazık	192.7970	-583.3928	34.5720	575.2625	245.2987	928.7106
2.Kazık	-6.8172	-991.1399	39.0562	-160.7006	54.8869	1358.4196
3.Kazık	171.4897	-564.1012	34.5720	-801.7313	-191.8453	830.3156
4.Kazık	2.4537	-1669.3114	376.5575	1558.6090	6.4582	18.0118
5.Kazık	-6.8172	-956.0482	33.1323	-138.2723	0.2083	-29.1763
6.Kazık	-13.0000	-179.7909	11.4311	-440.0196	25.2264	-54.8667
7.Kazık	59.1385	-714.1563	46.7503	729.5841	-10.5794	-1078.3394
8.Kazık	144.6593	-612.2697	22.9639	-87.4389	-54.9325	-923.3905
9.Kazık	56.0963	-939.7894	0.9648	-1235.2919	-74.7214	-1550.6847
TOPLAM=	600.0000	-7200.0000	600.0000	0.0000	0.0000	-500.0000

6.3. Sonuç ve Öneriler

- Bu programda bilgi girişlerine dikkat etmek gerekir. Bundan dolayı girdilerdeki herhangi bir hatada sonuç tamamen yanlış olabilir. Özellikle x, y, z koordinatları, β açısı, kazık eğim açıları ve bunlardan elde edilen C katsayılarına özellikle dikkat etmek gerekir.
- ASAT matrisi her zaman simetrik olmayabilir. ASAT matrisinin birçok elemanın sıfır olması sadece 1. Örneğe has bir olaydır. Bunun nedeni ise grubu oluşturan kazıkların tamamı düşey olarak planlanmıştır. Diğer örnekte bunu görmek mümkün değildir. Çünkü bu düşey kazıkların yanında eğik ve yatay kazıkta kullanılmıştır.
- Bu programda ayrıca başlık ötelenmeleri de listelenmiştir ve grup konfigrasyonu için başlıca ötelenmeler görülmektedir. Örneğin 1. Örnekte 7200 kN'luk bir yükleme için 0.00687 değerinde ötelenme çıkmıştır. M_z momentinden dolayı $\alpha_z = -0.000336$ rad değerinde bir dönmeye maruz kalmıştır. M_z momenti sağ el kuralını uygularsak z aksına göre negatif bir değer almıştır. Bundan dolayı momentin yönü doğru olarak onaylanmıştır.
- Yanlışca $M_v = +4.2859$ moment, uygulanan moment $M_z = -500$ Knm'den dolayı oluşmuştur. Sabit kafalı kazık başlığının neden olduğu kazık kafa momenti, bilinen;

$$\frac{P}{A} \pm \frac{M_c}{I} \quad (6.1)$$

analizinden elde edilemeyecekti.

- Mx momentini, x aksına göre ve kazıkların durumuna göre değişir. Üç kazık (2,5,8) aks üzerinde olduğundan Mx momentini bu kazıklarda sıfırdır. 1 no'lu kazıkta ise;

$$F_U \times X + M_V = 745.0682 \times 1.4 + 4.2859 = 1038.8096 \text{ olur.}$$

Z aksında bulunan üç kazıkta ise Mz momentini eşit ve (-4.2859) değerine eşit olur. Bu gruptaki bütün MZ momentlerinin maruz kaldığı Mz momentini tam olarak sağlamaktadır.

Kendi yaptığımız program ile Bowles yaptığı programı karşılaştırdığımızda ise aşağıdaki sonuçları elde etmekteyiz.

1. Bowles grup kazık analizi yapmak başka bir program (yatay kazık programı) kullanmak zorundadır. Bu tez ile geliştirilen programda ise böyle bir yardımcı programın kullanılmasını gerek yoktur.
2. Bowles yatay kazık programından elde ettiği ötelenme ve dönme değerleri ile kuvvet ve moment arasında bir grafik çizmektedir. Bu grafik yardımı ile C katsayılarını tek tek dışarıdan elle hesaplamaktadır. Bu hesap modeli ile sonuçlarda istenilen hassasiyet azalmaktadır. Bu tez ile geliştirilen programla yapılan grup kazık analizinde ise bu iş tamamen program tarafından yapılmaktadır.
3. Ayrıca Bowles bazı C katsayılarının hesaplanmasında, iki katsayı ortalaması olarak, bu değerleri katsayılara atamaktadır.
4. Bowles programı Fortran 77'de yazıldığından dolayı, programa bilgi girişi sağlamak için, bilgi kartlara hazırlamak gerekmektedir. Bu işlemi yapabilmek için inşaat mühendisliği bilgilerinin yanı sıra Fortran 77 programlama dilini de bilmek gerekmektedir. Çünkü Fortran 77 programlama dili görsel bir dil olmadığından bilgi kartlarında bütün bilgileri yan yana yazılır ve çok bilgi olduğundan genellikle bu bilgilerin sırası hatta yanlış değer bile girilmesi mümkün olmaktadır. Bu tez ile geliştirilen program tamamen görsel olduğundan, herhangi bir bilgisayar programlama dili öğrenmeye gerek kalmadan sadece inşaat bilgileri yardımı ile rahatlıkla kullanılabilir.
5. Ayrıca kendi programımıza ait sonuçlar ile Bowles ait sonuçları mukayese etmek için aşağıdaki çizelge 6.1 ve çizelge 6.2'ye bakmak yeterlidir.

Bu iki çizelgede öncelikle sonuçlarda toplam satırına bakarsak; Bu tez ile geliştirilen programda kazıklara gelen kuvvetler toplandığında gruba etkiyen kuvvet değerini tam olarak elde edilmektedir. Örneğin MX momentlerinin toplamı kendi programımızda 0.0000 değerini alırken Bowles'un programında ise bu değer -0.0004 olmaktadır.

Çizelge 6.3 : Bu tez ile geliştirilen programa ait analiz sonuçları

Kazık No	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1.Kazık	192.7970	-583.3928	34.5720	575.2625	245.2987	928.7106
2.Kazık	-6.8172	-991.1399	39.0562	-160.7006	54.8869	1358.4196
3.Kazık	171.4897	-564.1012	34.5720	-801.7313	-191.8453	830.3156
4.Kazık	2.4537	-1669.3114	376.5575	1558.6090	6.4582	18.0118
5.Kazık	-6.8172	-956.0482	33.1323	-138.2723	0.2083	-29.1763
6.Kazık	-13.0000	-179.7909	11.4311	-440.0196	25.2264	-54.8667
7.Kazık	59.1385	-714.1563	46.7503	729.5841	-10.5794	-1078.3394
8.Kazık	144.6593	-612.2697	22.9639	-87.4389	-54.9325	-923.3905
9.Kazık	56.0963	-939.7894	0.9648	-1235.2919	-74.7214	-1550.6847
TOPLAM	600.0000	-7200.0000	600.0000	0.0000	0.0000	-500.0000

Çizelge 6.4 : Bowles'a ait analiz sonuçları

Kazık No	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1.Kazık	192.9012	-583.5983	34.4726	575.1436	245.1406	929.1544
2.Kazık	-6.7920	-991.4619	38.9847	-161.2494	54.7845	1358.8330
3.Kazık	171.2918	-563.4023	34.4726	-801.2573	-191.8910	830.0107
4.Kazık	2.4908	-1661.2040	376.8918	1560.0440	6.5281	18.1724
5.Kazık	-6.7920	-956.2599	33.0656	-138.7050	.2059	-29.2139
6.Kazık	-12.9881	-178.3031	11.6724	-439.0235	25.2560	-55.0905
7.Kazık	59.1328	-713.6573	46.6718	728.7053	-10.4848	-1077.4060
8.Kazık	144.6071	-611.9305	22.8813	-87.6095	-54.8579	-922.9338
9.Kazık	56.1486	-940.1819	.8872	-	-74.6814	-1551.5260
				1236.0480		
TOPLAM	600.0000	-7200.0000	599.9999	-.0004	0.0000	-499.9999

Bu olayda, tez ile geliştirilen programda daha hassas olduğunu göstermektedir. Ayrıca diğer değerlerin toplamına baktığımızda da aynı olayları görülmektedir.

Ayrıca Bowles yatay kazık analizi yaparken; ötelenme ve dönmeyi bulması için öncelikle kazık başına, öncelikle yatay bir yük uyguluyor. Daha sonra kazık başına bir moment uygulamaktadır. Eğer kazık simetrik değilse, kazığın atalet momenti değişeceğinden yukarıda yapılan işlemler diğer yön için de yapılır ve bu yönde kazık için diğer ötelenme ve dönme değerleri bulunur. Bowles tek bir kazığa ait dönme ve ötelenmeleri hesaplamak için kendi yaptığı programı dört kez kullanmaktadır.

KAYNAKLAR

AASTHO(1193), Standart Specifications for Highway Bridges,14th Ed.,

API(1984), API Recommended Practice for Planning Desiging and Constructing Fixed Offshore Platforms, 15th Ed., American Petroleum Institute,

Aytaç, M., ve Sezen, H.K., (1999), “Bilgisayar Programlama ve Fontran 77”, 6. Baskı. Beta Yayınevi. İstanbul

Bowles, J.E.,(1974), “ Foundation Analysis and Desing”, 2th Ed., Mc Graw Hill Book Co., N.Y.

Davisson, R.F.,(1959), “BRD Vibratory Driving Formula”, Published periodically by Raymond International, Inc., Houston

Davisson, R.F. and K.E. Robinson, (1965), “Bending and Buckling of Partically Embedded Piles”. 6th Ed., I.C.S.M.F.E.,Inc., Houston

Howe, W.S.(1955), “A Numerical Method for Predicting the Behavior of Laterally Loaded Piling”, Exploration and Production Research Division Publ.,Shell Oil Co. Houston, TX.

I.M., Smith and D.V. Griffiths,(1988), “Programming the Finite Element Method”, 2th Ed., John Wiley and Sons, N.Y.

Karagülle, İ.,(1999), “ Borland Delphi”, Türkmen Yayınevi, İstanbul

Matlock, H., and L.C., Reese, (1961), “Foundation Analysis of Offshore Supported Structures”, Proc. 5th Ed., I.C.S.M.F.E., Dunod,Paris

Poulos, H.G., and E.H., Davis, (1974), “Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics”, John Wiley and Sons, N.Y.

EKLER

EK 1: Programın kullanılması



Bu programda grup kazık analizinin yanında, yatay olarak yüklenmiş bir kazık analizi yapmak için de bir program mevcuttur. Yatay program ile bulunan grup kazık programını kullanmak için programı bilgisayarımıza kurmamız gerekmektedir. Programı çalıştırmak için .exe uzantılı dosya seçilir ve program kullanmak için hazır hale gelir(Şekil Ek1.1). Hangi analizi yapacaksak o analiz için ayrılmış alan seçilir. Sonra ENTER tuşuna basılır. Eğer herhangi bir alan seçilmez ise program açmak için hiçbir tuş aktif hale gelmeyeceğinden, mutlaka bir alan seçmek gerekir.

Şekil Ek1.1 : Programın Açılış Formu

Eğer programı bilgisayarımıza yüklemeyen, disket üzerinden çalıştırmak istersek, diskette bulunan .exe uzantılı dosya seçilir ve program çalıştırılır. Ancak disket üzerinden işlem yapmak oldukça yavaş olduğundan programı bilgisayara yükleyip çalıştırmayı öneriyoruz.

Yatay kazık veya grup kazık analizi seçeneklerinden, grup kazık analizini seçersek karşımıza, örnek olarak HP360×174 profil kazığının özelliklerinin gösterildiği örnek bir bilgi giriş formu karşımıza çıkacaktır (Şekil Ek1.2). Grup kazık analizinde kullanılan kazığın özellikleri ve bu kazığın yatay olarak herhangi bir altında ötelenmeleri ve dönmeyi hesaplamak için gerekli olan bilgi girişlerini girmek için TEMİZLE butonu yardımıyla bilgi giriş alanları temizlenir. Daha sonra tek kazıkta sonlu eleman metodu analizini uygulamak için kazık uygun şekilde ve sayıda parçalara bölünür ve NM bilgi kutusuna eleman sayısı girilir (Bakınız Bölüm 3.2) .

NP bilgi kutusuna, düğüm sayısı girilir ($NP = [(NM + 1) \times 2]$). Kazık boyu değeri ve elastisite modülü kendilerine ait bilgi kutularına girilir. $REDFAC$ ise zemin azaltma faktörü olarak 0.7-1.0 arasında bir değer seçilir.

NP.....: []	Alan.....: []	Yatay Kazığa Etkiyen Kuvvet ve Momentler	
NM.....: []	Kalınlık...: []	Px (KN)	Py (KN)
JTSÖL.....: []	Sx.....: []	[]	[]
L.....: []	Sy.....: []	Mx (KN-m)	My (KN-m)
AS.....: []	Ix.....: []	[]	[]
BS.....: []	Iy.....: []		
EXPO.....: []			
REDFAC....: []	C <i>Kare veya Dikdörtgen Kazık Tipi</i>		
E...: []	C <i>Profil Kazık Tipi</i>		
[TAMAM]		[KAPAT]	
[TEMİZLE]			

Şekil Ek1.2 : Grup Kazık Analizi İçin Bilgi Formu

Zemin reaksiyon modülü ve derinlikle değişimi için bazı tahminle yapmak gerekir. Bunun için ($k_s = A_s + B_s Z^n$) formülündeki zemin reaksiyon modülünü ya terimlerini tek olarak ya da bir bütün olarak tahmin yapmak gerekir. Kazık yükleme deneylerinin yapılmasının mümkün olmadığına, zemin reaksiyon modülünü tahmini bir değer vermek tamamıyla gerçekçi olmayabilir. Yapılan tahminlerin tam olmasa bile yaklaşık olarak bir değer seçilmesi gerekir. İşte bu nedenle, zemin reaksiyon modülünün tahmininde tahminler yapmak için aşağıdaki ampirik formüllerden yararlanılırz (Bowles1974).

$$A_s = AS = C(cN_c + 0.5\gamma B_p N_r) \quad (1)$$

$$B_s Z^n = BS \times (Z^n) = C(\gamma N_q Z^1) \quad (2)$$

$C=40$ alınır(SI ölçü sistemine göre).

Diğer bir yöntem ise aşağıdaki Çizelge Ek.1.1' e göre bir zemin reaksiyon modülü seçilebilir. Zemin reaksiyon modülü yukarıdaki bir değeri alınarak, AS, BS ve $EXPO$ değerleri hesaplanır

ve bilgi kutularındaki yerlerine yazılır. Daha sonra kazık alanı, atalet momenti değerleri de yazılarak kazık ile ilgili özelliklerin yazılması bitirilir. Tek kazık analizi için gerekli olan

Çizelge Ek1.1 :Zemin reaksiyon modülü (Bowles)

Zemin Türü	K_s, kcf	$K_s, \text{MN/m}^3$
Sıkı kumlu çakıl	1400-2500	220-400
Orta sıkı iri kum	1000-2000	157-300
Orta Kum	700-800	110-280
İnce yada siltli, ince Kum	500-1200	80-200
Sert Kil (ıslak)	350-1400	60-220
Sert Kil (Doygun)	175-700	30-110
Orta Kil (ıslak)	250-900	39-140
Orta Kil (Doygun)	75-500	10-80
Yumuşak Kil	10-250	2-40

kuvvet ve moment değerleri yazıldıktan sonra kazık tipi seçilir. ENTER tuşuna basılır. Çıkan formda yatay kazık analizi için gerekli olan kazık eleman boylarının girilmesi gerekmektedir.

Şekil Ek1.3 : Eleman Boyu Bilgi Giriş Formu

Girilen eleman boyları değerleri ondalık olarak girilmesi gerekmektedir (Şekil Ek1.3) . Zaten tam sayı girilmesi halinde programda bir formu görülmektedir. Eğer kazık boyları tam ve doğru olarak girilmişse karşımıza grupta bulunan kazık sayısını girmemiz için gerekli olan bir form çıkacaktır(Şekil Ek1.4) .

Şekil Ek1.4 : Grup Kazık Sayısı Giriş Formu

Kazık sayısı girilir ve ENTER tuşuna basılırsa karşımıza grup kazıklarının özellikleri içeren bir form çıkacaktır. Grupta bulunan kazıklar ilk önce koordinat düzlemi içerisine yerleştirilir. Kazıkların koordinatları, koordinat düzleminde işaretleri göz önünde bulundurularak, ondalıklı olarak yazılır. Eğer grupta eğik kazık mevcutsa, bu kazığa ait eğiklik ve eğim değerleri, BETA, BATTER sütunlarındaki yerlerine yazılırlar (Şekil Ek1.5) .

KAZIK KOORDİNATLARI

	X	Y	Z	U	V	W	BAKIM	BATIR
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

PX PY PZ MX MY MZ

Şekil Ek1.5 : Grup Kazık Koordinat ve Gruba Etkiyen Kuvvet Giriş Formu

Koordinat değerleri ve gruba etkiyen kuvvetler tam olarak girildikten sonra ENTER basılır ve program çalışması tamamlanır. Sonra yaptığımız grup kazık analizi ile sonuç formu çıkar.

SONUÇLAR

GİRDİLER ÇIKTILAR

ASAT MATRİS | ÖTELENME | GR.KUV.LERİ | KAZIK KUV.LERİ | GR.TOP. BAŞLIK ÖTE.

Şekil Ek1.6 : Grup Kazık Sonuç Formu

Programdan elde edilen sonuçların hangisini görmek istersek, istediğimiz sonuca ait formun adının yazılı olduğu kısım mouse yardımı ile tıklanarak, o sonuca ait bilgileri görebiliriz (Şekil Ek1.6). Eğer sonuçları bir rapor halinde görmek istersek RAPORLA tuşuna basmamız yeterlidir. Grup kazık analizi ile ilgili bütün bilgiler karşımıza toplu olarak çıkacaktır. Sonuçları kağıt üstüne dökmek istediğimizde iste PRINTER tuşuna basarak işlemimizi tamamlamış oluruz. Ayrıca yaptığımız grup kazık analizini, isteğimiz bir isimli kaydederek saklamamız mümkündür. Eğer yeni bir analiz yapmak istersek programı kapatıp yeniden açılması gerekmektedir.

NOT= Programı çalıştırdığımızda, eğer ondalıklı bir bilgi girerken programda bir hata söz konusu olursa bilgisayarınızın sistem ayarlarında bir düzeltme yapmanız gerekmektedir. Bunun için START tuşuna basarak bilgisayarınız ayarlar kısmını seçiniz. Burada *bölgesel ayarlar* kısmında (Number) ve (Currency) bölümlerinde *decimal ayırıcı* olarak; eğer (,) ise (.) yoksa (.) ise (,) olarak değiştirin.

EK2: Program Kodu (Grup Kazık Programı İçin)



```

for i:=1 to StrToInt(FORM3.EDIT1.TEXT) do
begin
Beta:=Beta[i,1]*0.017453;
sinb:=sin(Betar);
cosb:=cos(Betar);
slope:=sqrt(1+(Batter[i,1]*Batter[i,1]));
sina:=Batter[i,1]/slope;
if Batter[i,1]=0. then
sina:=1.;
cosa:=1/slope;
if Batter[i,1]=0. then
cosa:=0.;
for p:=1 to 6 do
for r:=1 to 6 do
begin
a[p,r]:=0;
a[1,1]:=cosa*cosb;
a[1,2]:=sinb;
a[1,3]:=sina*cosb;
a[2,1]:=-sina;
a[2,3]:=cosa;
a[3,1]:=cosa*sinb;
a[3,2]:=-cosb;
a[3,3]:=sina*sinb;
a[4,1]:=z[i,1]*sina+y[i,1]*cosa*sinb;
a[4,2]:=-y[i,1]*cosb;
a[4,3]:=-z[i,1]*cosa+y[i,1]*sina*sinb;
a[4,4]:=a[1,1];
a[4,5]:=a[1,2];
a[4,6]:=a[1,3];
a[5,1]:=z[i,1]*a[1,1]-x[i,1]*a[3,1];
a[5,2]:=z[i,1]*sinb+x[i,1]*cosb;
a[5,3]:=z[i,1]*a[1,3]-x[i,1]*a[3,3];
a[5,4]:=a[2,1];
a[5,6]:=a[2,3];
a[6,1]:=-y[i,1]*a[1,1]-x[i,1]*sina;
a[6,2]:=-y[i,1]*a[1,2];
a[6,3]:=-y[i,1]*a[1,3]+x[i,1]*cosa;
a[6,4]:=a[3,1];
a[6,5]:=a[3,2];
a[6,6]:=a[3,3];
end;

for j:=1 to 6 do
for k:=1 to 6 do
begin
sat[j,k]:=0;
for m:=1 to 6 do
sat[j,k]:=sat[j,k]+s[j,m]*a[k,m];
end;

```

```

begin
for j:=1 to 6 do
for k:=1 to 6 do
for m:=1 to 6 do
asat[j,k]:=asat[j,k]+a[j,m]*sat[m,k];
end;
end;
FORM5.STRINGGRID2.CELLS[0,1]:='1';
FORM5.STRINGGRID2.CELLS[0,2]:='2';
FORM5.STRINGGRID2.CELLS[0,3]:='3';
FORM5.STRINGGRID2.CELLS[0,4]:='4';
FORM5.STRINGGRID2.CELLS[0,5]:='5';
FORM5.STRINGGRID2.CELLS[0,6]:='6';
for p:=1 to 6 do
begin
for k:=1 to 6 do
FORM5.STRINGGRID2.CELLS[K,P]:=floattoStrF(asat[k,p],ffFixed,8,2);
end;
begin
for i:=1 to StrToInt(FORM3.EDIT1.TEXT) do
begin
t[1,1]:=STRTOFLOAT(EDIT1.TEXT);
t[2,1]:=STRTOFLOAT(EDIT2.TEXT);
t[3,1]:=STRTOFLOAT(EDIT3.TEXT);
t[4,1]:=STRTOFLOAT(EDIT4.TEXT);
t[5,1]:=STRTOFLOAT(EDIT5.TEXT);
t[6,1]:=STRTOFLOAT(EDIT6.TEXT);
end;
for k:=1 to 6 do
begin
con:=1/asat[k,k];

for j:=1 to 6 do
begin
if j<>k then
asat[k,j]:=asat[k,j]*con;
end;

for p:=1 to 6 do
begin
if p<>k then
for j:=1 to 6 do
begin
if j<>k then
asat[p,j]:=asat[p,j]-asat[k,j]*asat[p,k];
end;
end;
end;

```



```

for p:=1 to 6 do
begin
if p=k then
asat[p,k]:=-asat[p,k]/asat[k,k];
end;
asat[k,k]:=con;
end;

for jj:=1 to 1 do
for p:=1 to 6 do
begin
xf[p,jj]:=0;
for j:=1 to 6 do
begin
xf[p,jj]:=xf[p,jj]+asat[p,j]*t[j,jj];
end;
end;

for j:=1 to 1 do
begin
for k:=1 to 6 do
//STRINGGRID2.CELLS[k,j]:=floattostrF(xf[k,j],ffFixed,10,6);
end;
end;
///
begin
with FORM5.Stringgrid3 do
begin
RowCount:=(StrToInt(FORM3.EDIT1.TEXT))+1;
for i:=1 to RowCount-1 do
begin
Cells[0,i]:=Inttostr(i)+'Kazık';
end;
Cells[1,0]:='DU';
Cells[2,0]:='DV';
Cells[3,0]:='DW';
Cells[4,0]:='ALPHA U';
Cells[5,0]:='ALPHA V';
Cells[6,0]:='ALPHA W';
END;
END;
/////
///
begin
with FORM5.Stringgrid4 do
begin
RowCount:=(StrToInt(FORM3.EDIT1.TEXT))+1;
for i:=1 to RowCount-1 do
begin
Cells[0,i]:=Inttostr(i)+'Kazık';

```

```

end;
Cells[1,0]:='FU';
Cells[2,0]:='FV';
Cells[3,0]:='FW';
Cells[4,0]:='MU';
Cells[5,0]:='MV';
Cells[6,0]:='MW';
END;
END;
/////

///
begin
with FORM5.Stringgrid5 do
begin
RowCount:=(StrToInt(FORM3.EDIT1.TEXT))+1;
for i:=1 to RowCount-1 do
begin
Cells[0,i]:=Inttostr(i)+'Kazık';
end;
Cells[1,0]:='FX';
Cells[2,0]:='FY';
Cells[3,0]:='FZ';
Cells[4,0]:='MX';
Cells[5,0]:='MY';
Cells[6,0]:='MZ';
END;
END;
/////

for jj:=1 to 1 do
for j:=1 to 6 do
begin
xpile[i,j,jj]:=0;
for k:=1 to 6 do
xpile[i,j,jj]:=xpile[i,j,jj]+a[k,j]*xf[k,jj];
end;

for jj:=1 to 1 do
begin
for j:=1 to 6 do
FORM5.STRINGGRID3.CELLS[j,i]:=floattostrF(xpile[i,j,1],ffFixed,10,4);
//Memo8.Text:=Memo8.Text+' '+floattostrF(xpile[i,j,jj],ffFixed,10,4);
//Memo8.Text:=Memo8.Text+#13#10;
end;
end;

begin

```

```

for jj:=1 to 1 do
for j:=1 to 6 do
begin
f[i,j,jj]:=0;
for k:=1 to 6 do
f[i,j,jj]:=f[i,j,jj]+s[j,k]*xpile[i,k,jj];
end;

```

```

for jj:=1 to 1 do
begin
for j:=1 to 6 do
FORM5.STRINGGRID4.CELLS[j,i]:=floattostrF(f[i,j,1],ffFixed,10,4);
//Memo9.Text:=Memo9.Text+' '+floattostrF(f[i,j,jj],ffFixed,10,4);
//Memo9.Text:=Memo9.Text+#13#10;
end;
end;

```

```

for jj:=1 to 1 do
for k:=1 to 6 do
begin
comp[i,k,jj]:=0;
for j:=1 to 6 do
comp[i,k,jj]:=comp[i,k,jj]+a[k,j]*f[i,j,jj];
sum[k,jj]:=sum[k,jj]+comp[i,k,jj]
end;
for jj:=1 to 1 do
begin
for j:=1 to 6 do
FORM5.STRINGGRID5.CELLS[j,i]:=floattostrF(comp[i,j,1],ffFixed,10,4);
//Memo10.Text:=Memo10.Text+' '+floattostrF(comp[i,j,jj],ffFixed,10,4);
//Memo10.Text:=Memo10.Text+#13#10;
end;
end;
for jj:=1 to 1 do
begin
for j:=1 to 6 do
FORM5.STRINGGRID6.CELLS[j,jj]:=floattostrF(sum[j,jj],ffFixed,10,4);
//Memo11.Text:=Memo11.Text+' '+floattostrF(sum[j,jj],ffFixed,10,4);
//Memo11.Text:=Memo11.Text+#13#10;
end;
FORM5.SHOWMODAL;
end;

```


ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	17.05.1974	
Doğum Yeri	Şişli-İstanbul	
Lise	1988-1991	İstanbul Etiler Lisesi
Lisans	1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Geoteknik Programı

