

3955+

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DÖNÜŞÜMLER VE İZLEMLER

39557

YATAY YÜKLÜ KAZIK, PALPLANŞ PERDE
VE AHŞAP İKSA HESABI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Hulusi CERRAHOĞLU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 4 Şubat 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Mart 1994

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Tuğrul Özkan

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Ahmet SAĞLAMER

Prof. Dr. Ergun TOĞROL

MART 1994

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca benden değerli yardımlarını esirgemeyen ve böyle bir çalışmanın ortaya çıkması için beni gerektiği yerde ve zamanda yönlendiren danışmanım, hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Tuğrul Özkan'a teşekkür ederim.

Bunun yanında metinlerin yazılmasında bana yardımcı olan Elif Cerrah'a, bilgisayar programlarını çalıştıramadığım zamanlarda imdadıma yetişen İnş. Müh. Murat Titizoğlu, Ahmet Aksoy ve Cem Erdem'e de teşekkür etmek isterim.

Ayrıca tüm yüksek lisans öğrenimimde değerli bilgilerinden ve yardımlarından yararlandığım İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geoteknik Ana Bilimdalı Öğretim Üyelerine de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul, Ocak 1994

Hulusi CERRAHOĞLU
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. KAZIKLI TEMELLER.....	3
2.1. Kazıklı Temeller ve Çeşitleri.....	3
2.1.1. Uç Kazıkları.....	4
2.1.2. Sürtünme Kazıkları.....	4
2.1.3. Çekme Kazıkları.....	5
2.1.4. Ankraj Kazıkları.....	5
2.1.5. Kompaksiyon Kazıkları.....	5
2.1.6. Eğik Kazıklar.....	5
2.2. Çeşitli Tür Kazıkların Karşılaştırılması.....	7
2.3. Kazık Tipi Seçimini Etkileyen Faktörler.....	11
2.4. Kazıkların Zemine Yerleştirilmesi.....	12
2.5. Kazıkların Çakılma Derinliği.....	13
BÖLÜM 3. KAZIKLI TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ.....	16
3.1. Kazıklı Temellerin Taşıma Gücü.....	16
3.2. Münferit Kazıkların Taşıma Gücü.....	18
3.3. Kazıkların Taşıma Gücü Üzerinde Başlıca	
Etkenler.....	20
3.3.1. Zaman Tesiri.....	20
3.3.2. Negatif Çevre Sürtünmesi.....	20
3.3.3. Yanlardaki Alanların Yüklenmesi.....	21
3.3.4. Dinamik Zorlanmaların Tesiri.....	21
3.4. Statik Kazık Formülleri.....	21
3.4.1. Kum İçindeki Kazıklar.....	22
3.4.2. Kil İçindeki Kazıklar.....	30
3.5. Dinamik Kazık Formülleri.....	32
3.5.1. Genel Formül.....	35
3.5.2. Delmag Formülü.....	35

3.5.3. Engineering News Formülü.....	35
3.5.4. Danimarka Formülü.....	36
3.5.5. Janbu Formülü.....	36
3.5.6. Eytelweyn Formülü.....	37
3.5.7. Hiley Formülü.....	37
BÖLÜM 4. YATAY YÜKLÜ KAZIKLAR.....	41
4.1. Yatay Yüklü Kazıklar.....	41
4.2. Zemin Reaksiyonu-Kazık Yerdeğiştirmesi (p-y) Yöntemi.....	43
4.3. Yatay Yüklü Kazık Hesabında Sonlu Farklar ve Sonlu Elemanlar Metotları.....	49
BÖLÜM 5. PALPLANŞLAR.....	56
5.1. Giriş.....	56
5.2. Palplanş Elemanların Genel Tipleri.....	59
5.2.1. Ahşap Palplanşlar.....	59
5.2.2. Betonarme Palplanşlar.....	60
5.2.3. Çelik Palplanşlar.....	61
5.3. Palplanş Duvar Tipleri.....	63
5.3.1. Konsol Palplanş Duvarlar.....	63
5.3.2. Ankrajlı Palplanş Duvarlar.....	64
5.3.3. Kurtarma Platformları.....	64
5.3.4. Batardo Hücreleri.....	65
5.4. Palplanşların Dayanımı.....	65
5.5. Palplanş Duvarların Dizaynı.....	66
5.6. Palplanşlara Etkiyen Basınçlar.....	66
5.6.1. Toprak Basınçları.....	67
5.6.2. Su ve Boşluk Suyu Basıncı.....	68
5.7. Kazıklı Perdeler.....	70
5.8. Mini Kazıklar.....	71
5.8.1. Mini Kazıkların İmali.....	73
5.8.2. Mini Kazıkların Taşıma Gücü.....	73
BÖLÜM 6. YANAL TOPRAK BASINCI.....	76
6.1. Genel Tanımlama.....	76
6.2. Toprak Basıncının Tanımı ve Oluşumu.....	77
6.3. Düşey Duvarlara Gelen Toprak Basıncı ve Toprak Direncinin Hesabı.....	80
6.4. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Toprak Basıncı.....	81
6.5. Kohezyonlu Zeminlerdeki Toprak Basıncı.....	82

6.6. Toprak Direnci.....	82
6.7. Eğimli Duvarlara Gelen Toprak Basıncı ve Toprak Direnci.....	84
BÖLÜM 7. TEMEL ÇUKURU KAPLAMA YAPILARI.....	87
7.1. Temel Çukuru Açılması.....	87
7.2. Temel Çukuru Yanlarının Güvenlik Altına Alınması.....	88
7.2.1. Kaplamasız Düzenlenebilen Temel Çukurları....	88
7.2.2. Kaplamalı Temel Çukurları.....	91
7.2.2.1. Kaplama Türlerinin Sınıflandırılması.....	91
7.2.2.2. Kaplama Tipinin Seçimi.....	93
7.3. Temel Çukuru Kaplama Yapılarına Gelen Toprak Basınçları.....	95
7.4. Bilgisayar Çözümü.....	100
BÖLÜM 8. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ.....	121
8.1. Giriş.....	121
8.2. Elastik Zemine Oturan Kirişler İçin Sonlu Elemanlar Yöntemi.....	121
8.3. A Matrisi.....	124
8.4. B Matrisi.....	128
8.5. S Matrisi.....	128
8.6. P Matrisi.....	130
BÖLÜM 9. BİLGİSAYAR PROGRAMLARI.....	132
9.1. Genel Açıklamalar.....	132
9.2. Programların Veri Dosyalarının Açıklanması.....	132
9.2.1. GIRIS.DAT Dosyasının Satır Satır Açıklaması..	133
9.2.2. VERI.DAT Dosyasının Satır Satır Açıklaması...	140
9.2.3. TOPBAS.DAT Dosyasının Satır Satır Açıklaması..	146
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	148
KAYNAKLAR.....	150
EK A.1.....	151
EK A.2.....	159
EK B.1.....	162
EK B.2.....	164
EK C.1.....	166
EK C.2.....	183
ÖZGEÇMİŞ.....	186

ÖZET

Bu çalışmada, yatay yüklü kazık, palplanş perde ve ahşap iksa problemleri çeşitli bilgisayar programları yardımıyla incelenmeye çalışılmıştır. Bunun için daha önceden elde bulunan ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak geliştirilmiş olan, yatay yüklü kazık ve palplanş programlarına çeşitli alt programlar eklenerek modifiye edilmiştir.

Çalışmada bilgisayar programlarının yanında teorik bilgiler de verilmeye çalışılmıştır. 2 ve 3. bölümlerde kazıklı temeller ve kazıklı temellerin taşıma gücü hakkında bilgiler verilmiş, 4. bölümde yatay yüklü kazıklar incelenmiştir. 5. bölümde palplanşlar ele alınmış, 6. bölümde ise yanal toprak basınçları hakkında bilgiler verilmiştir. 7. bölümde temel çukuru kaplama yapıları hakkında bilgi verilmiş, ayrıca ahşap iksalar için, geliştirilen bilgisayar programı kullanılarak çeşitli sonuç dosyaları elde edilmiş ve bunlar tablo ve grafikler yardımıyla gösterilmiştir. Burada çeşitli araştırmacılar tarafından (Terzaghi, Tschebotarioff, Klenner, Lehman) önerilen toprak basıncı dağılımları ele alınmış ve birbirleriyle karşılaştırılarak eğilme momenti, kesme kuvveti ve yatay deplasman bakımından değişimleri incelenmiştir. 8. bölümde bilgisayar programlarında kullanılan sonlu elemanlar yöntemi anlatılmıştır. 9. bölümde ise bilgisayar programları hakkında genel bilgiler verilmiş, veri giriş dosyalarının ne şekilde hazırlanacağı anlatılmıştır.

Programların fortran dilindeki kodları, örnek giriş ve çıkış dosyaları ise ekler bölümünde gösterilmiştir.

DESIGN OF LATERALLY LOADED PILES, SHEET PILE WALLS, FLANKING STRUTTING AND SUPPORTING TRENCHES

SUMMARY

Computer technology has developed more than anything in recent years. This is a good news for engineers who have to solve problems more efficiently. Today's engineers are spending more time on computers than before. Consequently solutions are getting more economical and safer.

In this study, three computer programs have been developed. Using these programs, it is possible to solve some geotechnical problems. These problems are:

- 1) Laterally loaded piles
- 2) Lateral earth pressure (using Coulomb equations)
- 3) Sheet pile walls
- 4) Braced wall excavations

Piles in groups are often subject to both axial and lateral loads. Early designers assumed piles could carry only axial loads with graphical methods being used to find the individual pile loads in a group. In this case a force polygon containing horizontal forces required battered piles, to carry the horizontal load as a component of the axial load. Sign posts, power poles, and many marine pilings represented a large class of partially embedded piles subject to lateral loads that tended to be designed as "laterally loaded poles." Current practice treats the full range of slender vertical (or battered) structural members, fully or partially embedded in the ground, as lateral piles. A large number of load tests have fully validated the concept of vertical piles being capable of carrying lateral loads via shear and bending rather than as "axial" loaded members. It is also common to us superposition to compute pile stresses when both axial and lateral loads are present.

Early attempts to analyze a laterally loaded pile used the finite-difference method. This was used to obtain a series of nondimensional curves so that a user could enter the appropriate curve with the given lateral load and estimate the ground line deflection and maximum bending moment in the pile shaft. For obvious reasons, only selected variations of soil modulus with depth could be input into this type of solution.

The finite-difference method is not easy to program since the end and interior difference equations are not the same. The equations will also depend on whether the head is free or either translation and/or rotation is restrained. Other difficulties are encountered if the pile section is not constant, and soil stratification or other considerations require use of variable length segments. Of course, all these factors can be accounted for, but it is not very straightforward.

The finite element method probably models the pile more realistically than finite difference method since both node displacement and rotation are used. This should better define the elastic curve of the pile than displacements alone as in the finite difference method. Boundary conditions are substantially easier to model both for zero displacement and/or rotation or for known values of node displacements.

In the finite element method solution for lateral piles we should use the more general form of k_s as

$$k_s = A_s + B_s Z^n$$

Or where there is concern that the k_s profile does not increase without bound a form as

$$k_s = A_s + B_s \tan^{-1} \frac{Z}{B}$$

can be used where Z = depth and B =pile width or diameter. This latter equation is not currently in computer program but can be easily added.

One of these equations for k_s together with the means in the program to reduce the ground line node

spring and to input selected soil node springs to account for lenses, voids, etc., and use of $X_{\max}$ to model nonlinear effects is about as accurate a soil-pile model as can be justified by both pile loads and soil data. Even when we have a lateral pile load test to back compute the parameters A_s, B_s (and n) all we have are the parameters for that pile load test at that particular location on the site. Substantial load test data shows that different values of k_s can be obtained if several piles are tested at the same site. The site variability justifies the using of a single value of k_s to $X_{\max}$ rather than trying to move along a nonlinear q vs. δ curve to obtain k_s based on the current value of node displacement. Since most lateral piles are usually designed for lateral displacements on the order of 6 to 10 mm at the soil line and the pile being very much stiffer than the soil the pile flexural resistance EI dominates so that bending moments in the pile are little affected over a very large range of k_s . The ground line deflections are heavily dependent on k_s ; however, if they are tolerable over a fairly wide range of values the use of a simple expression for k_s can be justified.

On the other hand the lateral earth pressure is a significant design parameter in a number of foundation engineering problems. Retaining and sheet-pile walls, both braced and unbraced excavations, grain pressure on silo walls and bins, and earth or rock pressure on tunnel walls and other underground structures require a quantitative estimate of lateral pressure on a structural member for either a design or stability analysis.

The method of plastic equilibrium as defined by the Mohr rupture envelope is most generally used for estimating the lateral pressure from earth and other materials such as grain, coal, and ore. On occasion one may use the finite-element (of the elastic continuum) method but this has several distinct disadvantages for most routine design. Pressures on tunnel liners and large buried conduits are more suitable for the finite element method than most other analyses.

Earth pressures are developed during soil displacements (or strains) but until the soil is on the verge of failure, as defined by the Mohr's rupture envelope, the stresses are indeterminate. They are also somewhat indeterminate at rupture since it is difficult to produce simultaneously everywhere a plastic

equilibrium state in a soil mass-most times it is a progressive event. Nevertheless it is common practice to analyze this as an ideal state occurrence, both for convenience and from limitations on obtaining the necessary soil parameters with a high degree of reliability.

It is a legal necessity when new construction is begun in a developed area to provide protection to the adjacent existing buildings when excavation in the new site is to any depth which may cause loss of bearing capacity, settlements, or lateral movements to existing property. New construction may include cut-and-cover work when public transportation or public utility systems are installed below ground and the depth is not sufficient to utilize tunneling operations. The new construction may include excavation from depths of 1 to perhaps 15 m or more below existing ground surface for placing of one to three or more basements and subbasements.

This type of work requires installation of some kind of systems of retaining structure termed a cofferdam, braced sheeting, or slurry wall together with a means of holding the retaining structure in position. The retaining structure may be constructed of one of the following:

- 1) Sheet piling (steel, concrete, or wood)
- 2) Soldier beams (or piles) with or without lagging
- 3) Drilled-in-place concrete piles (or piers)
- 4) Concrete poured in a cavity retained with slurry (a dense liquid) producing a slurry wall

System to hold the retaining wall in place include:

- 1) Wales and struts or rakers
- 2) Compression rings (when excavation is relatively small in plan)
- 3) Tieback anchorages

Sheet piling is commonly used for retaining excavations because it has the highest-strength/weight ratio, and much of the piling is reusable and can generally be easily installed either with sheet pile hammers or with vibratory driving devices.

Sheet pile walls are widely used for both large and small waterfront structures ranging from small pleasure-boat launching facilities to large dock structures for ocean going ships. Piers jutting into the harbor consisting of two rows of sheet piling are widely used. Sheet piling is also used for beach erosion protection, to assist in stabilizing ground slopes, for shoring walls of trenches and other excavations, and for cofferdams. When the wall is under about 3 m in height it may be cantilevered; however, for larger wall heights it is usually anchored.

There are no exact methods to analyze/design sheet pile type walls. Both field observations and laboratory model tests show that there is a complex interaction of excavation depth, wall material stiffness, and passive pressure resistance. With anchored wall there is also the anchor geometry and initial anchor prestress (or load) to further complicate the analysis.

Current analysis methods may be divided into two groups:

- 1) Discrete element methods-in this category are finite difference and finite element approaches.
- 2) Classical methods-procedures which involve extremely simplifying assumptions and rigid body statics.

The finite element method using beam elements is used in this study as providing the best solution since there is more realistic modeling of the wall and including wall and anchor rod flexibility as well as reasonably incorporating the soil in an interaction process with the wall.

The finite difference method is not further considered as it offers no advantage over the finite element method and in fact is more difficult to use. It has the disadvantage of requiring constant length elements over the full pile length and the stiffness matrix cannot be banded. Also it is difficult to model boundary conditions of zero displacement and rotation.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde bilgisayarların giderek hayatımızı kolaylaştırdığı bir gerçektir. Özellikle inşaat mühendislerinin, rutin hesaplar yerine daha çok problemin geneli üzerinde düşünmesi, şüphesiz en ekonomik ve en güvenli çözümün bulunmasını kolaylaştıracaktır. Bu nedenle, bu çalışmada yanal toprak basınçları, yatay yüklü kazıklar, palplanş problemleri ve ahşap iksa problemlerinin çözümü çeşitli bilgisayar programları yardımıyla incelenmeye çalışılmıştır.

Kazıklar esas olarak yapı yüklerini zeminin derin tabakalarına taşıtmak amacı ile kullanılan bir derin temel çeşitidir. Zemin yüzüne yakın tabakalar, yapı yüklerini, göçmeden veya aşırı miktarda oturmaksızın taşıyabilecek bir yüzeysel temel teşkiline müsait değilse derin temel tercih edilir. Kazıklı temellerin projelendirilmesinde de göçmeye karşı bir güvenliğin bulunduğu, ayrıca, servis yüklerinin meydana getireceği oturmaların kabul edilebilir bir sınırı aşmadığı gösterilmelidir.

Gerek münferit kazıkların, gerek kazık gruplarının göçme şekilleri hakkında elde yeterli bilgi bulunmaktadır. Buna karşılık, oturmaları hesaplarken daha çok amprik esaslardan hareket edilmekte ve oturmaların mertebesi hakkında bir fikir edinilebilmektedir. Böylece, kazık taşıma gücü için oldukça iyi bir tahminde bulunulurken oturma miktarı ancak kabaca tahmin edilebilmektedir. Bunun yanında oturmalar kazıkların birçok kullanılışları için önemli bir proje kriteri olmamaktadır [1].

Temel problemleri; zemin mekaniğinin gerekleri üzerine yapılan araştırmaların, yeni gelişmelerin ve gelişen temel tekniğinin bir sonucu olarak pek çok güç temel zemini koşullarında bile başarılı bir biçimde çözümlenebilmiştir.

Yoğun yerleşime sahne olan endüstri ülkelerinde, çoğu kez kötü temel zeminleri üzerine bile yapı yapmak zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu koşullar altında, mekanik temel yapım metotları geliştirilerek daha çok derin temellerin uygulanmasına geçilmiştir.

Derin bodrum, derin garaaj ve yeraltı yapılarının temellerinde, yeraltı suyunun önlenmesi ve yapı çukuru duvarlarının güvenlik altına alınması yönünden temel çukuru kuşatımının büyük önemi vardır.

Bir yapı projesinin planlaması sırasında, amaca en uygun düşen temel biçiminin seçimi üzerinde ne kadar durulsa azdır. Pekçok durumda beklenen oturmaların, yapının taşıyıcı sistemine etkisi önemlidir. Yapıların pek çoğunda beklenen oturma oranları, yapının konstrüksiyonuna bağlı olarak önceden aşağı yukarı tahmin edilebilir. Temel zemini özelliklerinin yeteri kadar bilinmediği yerlerde, sağlıklı bir zemin araştırması yapılarak, tüm temel zemini sorunları gerçeğe uygun olarak aydınlanabilir. Araştırmaların tümü için yapılacak harcamalar, sonunda bizi ekonomik çözümlere götüreceğinden, gider fazlası olarak düşünülmemelidir [2].

BÖLÜM 2. KAZIKLI TEMELLER

2.1. KAZIKLI TEMELLER VE ÇEŞİTLERİ

Genellikle kazıklar, üst yapı yüklerinin yüzeysel temeller ile güvenilir bir biçimde zemine aktarılamadığı durumlarda yükü, taşıyıcı özelliği yüksek olan ve zemin profilinde zemin yüzeyinden derinde yer alan tabakalara aktarmada kullanılan yapı elemanlarıdır. Kazıklar yükleri ekseriya eksenel basınç ile taşıyıcılar da açık deniz platformları, rıhtım duvarları, sürekli veya aralıklı iksa duvarları, şev stabilitesi gibi bazı mühendislik uygulamalarında yanal toprak basıncı, dalga veya deprem kuvvetleri gibi yatay veya suyun kaldırması gibi çekme kuvvetlerinin karşılanmasında da kullanılabilirler. Kazıklar, ırmak ya da göl kenarlarındaki yumuşak veya gevşek zeminlerin sağlamlaştırılmasında da kullanılırlar.

Genelde kazıklı temel sistemini gerektirecek veya kazıklı temel sisteminin geçerli bir çözüm olabileceği durumlar şu şekilde sıralanabilir:

- a) Eğimli ve büyük yatay yük aktaran yapılar,
- b) Üniform olmayan küçük alanlara yoğunlaşmış yük aktaran yapılar,
- c) Güvenilir seviyede taşıma gücüne sahip zemin tabakalarının yüzeysel bir temel sistemi teşkili için ekonomik olmayacak kadar derinde olması,
- d) Zemin yüzü veya zeminde tabakalaşmanın fazla eğimli olması,
- e) Statik sistemleri veya fonksiyonları bakımından farklı oturmalara hassas yapılar.

Kullanılma yerlerine göre kazıklar altı gruba ayrılabilirler.

- 1- Uç kazıkları,
- 2- Sürtünme kazıkları (yüzen kazıklar),
- 3- Çekme kazıkları,
- 4- Ankraj kazıkları,
- 5- Kompaksiyon (sıkıştırma) kazıkları,
- 6- Eğik kazıklar.

2.1.1. UÇ KAZIKLARI

Yapı yüklerini su veya zayıf zemin altındaki sağlam tabakaya aktarmak için kullanılan kazıklardır. Kazık yükü, kazık ucu vasıtasıyla temel zemine aktarılır. Çevre sürtünmesi rol oynamaz.

Uç kazıkların tasarımında büyük negatif çevre sürtünmesi oluşabileceği hesaba katılmalı ve bu sebeple kazığa gelecek fazla yük göz önüne alınmalıdır. Sağlam tabakanın üzerindeki zayıf zemin çeşitli nedenlerle oturabilir. Bunlar; zemin yüzeyine yeni dolgu yapılması, yer altı suyunun inmesi gibi olaylar olabilir. Oturan zemin yüzünden negatif çevre sürtünmesi oluşur ve bu olay kazık üzerinde ek düşey yük oluşturur.

2.1.2. SÜRTÜNME KAZIKLARI (YÜZEN KAZIKLAR)

Yapı yüklerinin kazık çevresinde oluşan zemin sürtünmesi ile kısmen veya tamamen taşıtılması için kullanılan kazıklardır. Bu tip kazıklar kum-çakıl gibi granüler zeminlerde çakılırsa sıkıştırma kazığı adını da alırlar.

Zeminler için yaklaşık çevre sürtünmesi değerleri Terzaghi ve Peck tarafından şu şekilde verilmiştir:

Gevşek kum	25 kN/m ²
Sıkı kum	100 kN/m ²
Yumuşak kil-silt	10 - 20 kN/m ²
Kumlu silt	20 - 50 kN/m ²
Katı kil	40 - 100 kN/m ²

2.1.3. ÇEKME KAZIKLARI

Suyun kaldırma kuvvetine maruz, yapılara veya üst yapıya gelen kuvvetler yüzünden döndürme kuvvetine maruz temel sistemlerinin güvenilir bir şekilde zemine tespit amacı ile kullanılan kazıklardır. Teçhiz edilmiş olan çakma kazıkları, yerinde dökülen kazıklar uygun çekme kazık türlerindendir.

2.1.4. ANKRAJ KAZIKLARI

Yatay kuvvetlere karşı kullanılan kazıklardır. palplanş perdelerini tespit etmek veya diğer yanal kuvvetlere karşı bu tür kazıklar kullanılır. Gemi ve diğer yüzen cisimlerin sademelerini karşılamak için Gemi Bağlama Kazıkları, Dalbeler kullanılır.

2.1.5. KOMPAKSİYON KAZIKLARI

Ayrık daneli zeminleri sıkıştırmak amacıyla kullanılan kazıklardır.

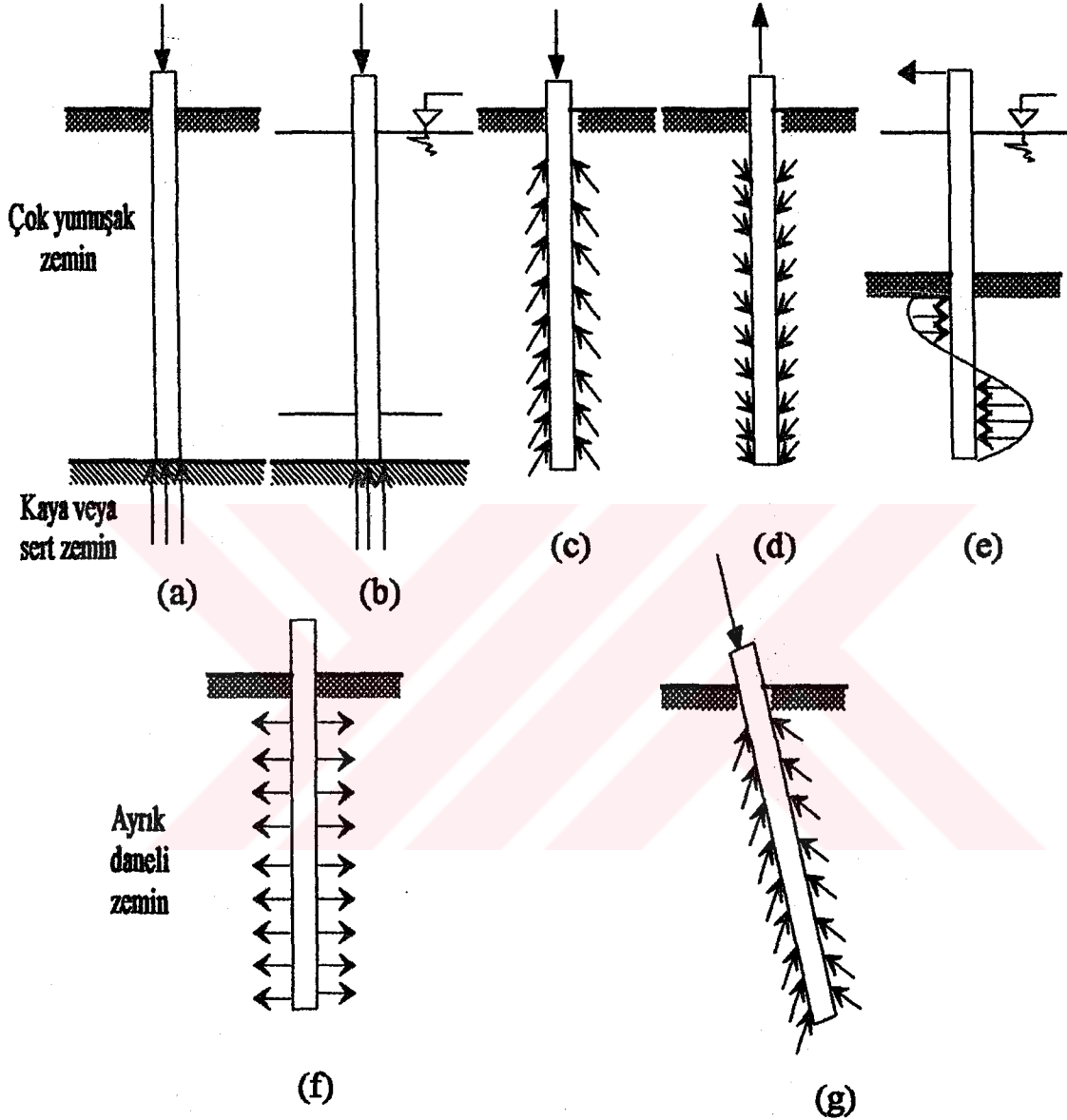
2.1.6. EĞİK KAZIKLAR

Eğimli (hem yatay hem düşey) yükü taşımak için yapılan kazık çeşitidir.

Kazıklar imal edildiği malzemenin cinsine göre dört grupta toplanabilir.

- 1- Ahşap kazıklar,
- 2- Betonarme kazıklar,

- 3- Karmaşık kazıklar (genellikle alt kısmı ahşap veya çelik, üst kısmı beton olan kazıklar),
4- Çelik kazıklar.



Şekil 2.1 Kazıkların kullanımı; (a,b) Uç Kazığı, (c) Sürtünme Kazığı, (d) Çekme Kazığı, (e) Ankraj Kazığı, (f) Sıkıştırma Kazığı, (g) Eğik Kazık

Kazıklar yapım şekillerine göre;

- 1- Çakma kazıklar (ahşap, betonarme, çelik),
- 2- Yerinde dökme-çakma kazıklar (beton, betonarme, kılıflı veya kılıfsız),
- 3- Yerinde dökme sondaj kazıkları (fore kazıklar),

(beton veya betonarme, kılıflı veya kılıfsız),

4- Karma kazıklar (kısmen sondaj kısmen çakma kazıklar),

5- Burgu kazıklar olmak üzere beş sınıfa ayrılırlar.

Bazı yönetmelikler ve araştırmacılar ise yapım şekillerine göre kazıkları üç sınıfta toplarlar.

1- Geniş yer değiştirme kazıkları (large-displacement piles): İnşasında zemini yanlara iterek yer değiştirmesine neden olan tüm hazır çakma veya yerinde dökme-çakma kazıklar.

2- Küçük yer değiştirme kazıkları (small displacement piles): H veya I kesitli ve açık uçlu çakılmış kutu veya boru çelik kazıklar veya burgu kazıklar.

3- Yer değiştirmeme kazıkları (non-displacement piles): Geleneksel yerinde dökme kazıklar veya muhafaza borusu yardımı ile zemin kazılarak betonlanan kazıklar.

2.2. ÇEŞİTLİ TÜR KAZIKLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bir projede kazıklı temel uygulamasına karar verildikten sonra kazık tipinin seçiminde arazi özellikleri ve yapımcının imkanları ile birlikte aşağıda özetlenen hususlar göz önüne alınmalıdır.

A- Hazır Çakma Kazıklar

Olumlu yanları :

1. Kazık malzemesi, kazık teşkilinden önce kontrol edilebilir.

2. Yumuşak zeminlerde shaft çapının daralması tehlikesi yoktur.

3. Komşu kazıkların çakımı sırasında zemin genişlemesinden etkilenmezler.

4. Yeraltı suyu altında teşkil edilebilirler.

5. İskele kazıklarında olduğu gibi kazığın bir bölümü zemin dışında bırakılabilir.

6. Çakım uzunluğu istenildiği gibi seçilebilir.

Sakıncaları :

1. Çakma sırasında kazıkta görülmeyen zararlar ortaya çıkabilir.

2. Bazı durumlarda ekonomik olmayabilirler.

3. Kazık uzunluğu, karşılaşılan tabakalara göre kolayca değiştirilemez.

4. Çakma sırasında çevrede gürültü ve zarar oluştururlar.

5. Büyük çaplı ($D > 60$ cm) kazıklar çakılamıyabilir.

6. Genişletilmiş uç yapımı imkansızdır.

7. Tavan yüksekliği sınırlı ise çakma olanaksızdır.

B- Yerinde Dökülen - Çakma Kazıklar

Olumlu yanları :

1. Kaplama borusu ucu kapalı olarak çakıldığından yeraltı suyundan bağımsızdırlar.

2. Kazık uzunluğu sağlam tabakanın derinliğine uygun olarak ayarlanabilir.

3. Genişletilmiş uç oluşturulabilir.

4. Gürültü ve titreşim azaltılabilir.

Sakıncaları :

1. Dökümden sonra betonun durumu incelenemez.

2. Betonlama sırasında dikkatli olunmazsa zeminin itkisiyle "boğulma" olabilir.

3. Artezyen durumu varsa beton şaft sağlam olmaz.

4. Kazık boyu kısıtlı olabilir.
5. Çakma sırasında komşu kazıklar etkilenir.
6. Gürültü, titreşim ve zemin kabarması çevreye zarar verebilir.
7. Kazık çapı sınırlıdır.
8. Kısıtlı tavan yüksekliklerinde çakılamazlar.
9. Genişletilmiş uç çok büyük yapılamaz.

C- Sondaj Kazıkları

Olumlu yanları :

1. İnşa sırasında gürültü, sarsıntı ve zemin kabarması minimumdur.
2. Değişen zemin koşullarına göre boyları ayarlanabilir.
3. Kazık çapı istendiği kadar büyük olabilir (3 m. ye kadar).
4. İstenilen uzunlukta yapılabilirler.
5. Çok geniş uç teşkil edilebilir.
6. Tavan yüksekliği kazık yapımını, boyunu etkilemez.

Sakıncaları :

1. Küçük çaplı kazıkların su altında dökülmesi güçtür.
2. Akıcı zeminlerde kesit daralması tehlikesi vardır.
3. Yapımdan sonra beton durumu incelenemez.
4. Artezyen durumunda veya muhafaza borusu çıkarılan kazıklarda betonun dışarı çekilmesi olasılığı vardır.
5. Su yapılarında kazık boyu zemin dışına uzatılamaz.
6. Kohezyonsuz zeminlerde genişletilmiş uç yapılamaz.
7. Sondaj sonucu zeminde gevşeme olabilir.

8. Kohezyonsuz zeminlerde, grup kazıklarda çevrenin oturması olasıdır.

D- Ahşap Kazıklar

Olumlu yanları :

1. Taşınması, yerleştirilmesi ve kesilmesi kolaydır.
2. Relatif olarak ekonomiktirler.

Sakıncaları :

1. Taşıma kapasiteleri sınırlıdır.
2. Yer altı suyunda kalan kazıkların çürüme tehlikesi vardır.
3. Mekanik aşınma, yangın, böcek veya kurtların tahribatı ile hasara uğrayabilirler.
4. Çakma sırasında kazık ucu hasara uğrar.
5. Ek yapımı güçtür.

E- Çelik Kazıklar

Olumlu yanları :

1. Taşınması ve çakılması kolaydır.
2. İstenilen uzunlukta kolayca kesilebilirler.
3. Sıkı zemin tabakalarına kolaylıkla çakılabilirler.
4. Çakma sırasında yanıl zemin yerdeğiştirmesi küçüktür.
5. Eklenti yapımı göreceli olarak kolaydır.

Sakıncaları :

1. Çakma sırasında kazık ucu tahrip olabilir.
2. Ekonomik olmayabilirler.

3. Örselenmiş veya dolgu zeminlerde korozyon tehlikesi vardır.

4. Çakma sırasında kolayca eksenden sapabilirler.

F- Prefabrik Beton Kazıklar

Olumlu yanları :

1. Aşınma veya çürüme tehlikesi yoktur.
2. Ek yapımı kolaydır.
3. Çakma öncesi beton kalitesi kontrol edilebilir.
4. Göreceli olarak ucuzdurlar.
5. Yer altı suyu koşullarından etkilenmezler.

Sakıncaları :

1. Kesilmesi zordur.
2. Çakma sırasında kazık hasara uğrayabilir.
3. Çakma sırasında zemin yer değiştirir.
4. Gürültü ve vibrasyon sorunlar yaratabilir.

2.3. KAZIK TİPİ SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kazık tipi seçimi şu faktörlere bağlıdır :

1. Her bir kazık için istenilen taşıma değeri,
2. Karşılaştırılmalı maliyet,
3. Hazırlama hızı ve kolaylığı,
4. Gerekli olduğu taktirde kazık adedini artırabilme,
5. İnşaat alanına girebilme,
6. Kazıkları kullanma araçları,
7. İstenilen uzunluk,
8. Çakma sonrası kazığın zarar görme olasılığı,
9. Gerekli olduğu taktirde uzunluğun değiştirilebilmesi,
10. Eldeki malzemeler veya kolay bulunabilirlik,
11. Sondaj aletlerinin mevcudiyeti,

12. Çakma şartlarına ve metotlarına en uygun kazıklar,
13. Gerekli sürekliliğin derecesi,
14. Zeminde asit veya diğer zararlı maddeler bulunması,
15. Eğik kazıklar gerektiğinde, bir açıda çakma kolaylığı,
16. Zeminin minimum örselenmesi,
17. Eğer uç kazığı ise kazık ucunun alanı,
18. Su seviyesinin altında veya üzerinde çakma,
19. Uç taşımaya göre ise, kolon olarak taşıma değeri,
20. Eğilme için direnç veya esneklik,
21. Aynı türden yapılar için kullanılan yapım tecrübesi,
22. Mühendisin geçmişteki deneyleri ile belirli bir çeşit için sahip olduğu kişisel tercih hakkı,
23. Müteahhidin mevcudiyeti ve elindeki ekipmanların belirli bir kazık tipini hazırlamak için uygun olması.

2.4. KAZIKLARIN ZEMİNE YERLEŞTİRİLMESİ

Sondaj kazıklarının dışında kalan tipler zemine çakma, itme, titreşim ve yıkama ile yerleştirilirler. Zemin ve kazık tipine, şantiyenin özelliğine göre, seçilen yollardan herbirinin faydalı ve sakıncalı tarafları vardır. Çevre sorunları ve gürültünün önemli sosyal problemler getirdiği günümüzde, komşu yapılar ve çevredeki insanları etkilemeyen hidrolik itme ve titreşim yöntemleri kuşkusuz öncelik kazanabilmektedir.

Hazır kazıkların çakılmaları, şahmerdanlar yardımıyla sağlanır. Kazık ve palplanşları zemine çakmaya yarayan şahmerdanlar, kendi ağırlıklarıyla veya buharla veyahut da basınçlı hava ile çalışırlar. Son dönemde dizel çekiçleriyle çalışan şahmerdanlar kullanıma konulmuştur.

Titreşimle kazık çakma son yirmi yılda şahmerdanlara karşı bir seçenek olarak belirmiştir. Kazık, başına rijit olarak bağlanmış vibratör tarafından düşey yönde titreşime getirilir. Çevredeki zemin de buna uyarak gevşediğinden kazık zemine kendi ağırlığıyla batar. Bu yöntem kum zeminlerde en uygun sonuçları vermekle birlikte yumuşak killerde de başarılı olmuştur. Sert killerde geçersizdir.

Kum ve çakıl depolarında çok sayıda kazık çakmak gerektiğinde zeminin hızla sıkışması sonucu birçok kazığın kırılma olasılığı belirir. Böyle durumlarda kazık yıkama yolu ile zemine indirilir. Hazır kazığın içine bırakılmış delikten veya kazık ucunun yanlarına takılan hortumların 8 Atmosfer basınçta su 6 lt/sn debide verilirken kazık kendi ağırlığı ile zemine girer, bu yöntem iri çakıllı ve ağır killi katmanlarda başarılı olmaz. Yumuşak killer ve siltlere uygulanacak kazıklar, eğer yakında titreşimden zarar görecektir yapılar varsa, zemine statik kuvvetle itilirler.

Çakılarak zemine yerleştirilen kazıkların yapımında karşılaşılan en büyük sorunlar, şahmerdanın vuruşlarıyla kazık başının zarar görmesi ve sert tabakaya rastlama sonucu ilerleme olmadığı (refü) aşırı çakma sonucu kazık bölgesinde dışarıdan görünmeyen flanbaj, kırılma, sapma nedeniyle yük taşımayı olumsuz yönde etkileyen olaylardır.

Gövdede oluşacak hasarın önlenmesi için kazığın her vuruşta zemine girme miktarı (set) ölçülmeli ve sıfıra düştükten sonra vuruşlar periyotlu ve kısıtlı olarak sürdürülmelidir.

2.5. KAZIKLARIN ÇAKILMA DERİNLİĞİ

Kazıklar çakma esnasında zeminden beklenen direnç oluşuncaya kadar çakılır. Bu direnç pratikte kazığın

zemine belli bir miktar girmesi için gereken darbe sayısı olarak tarif edilebilir.

Ahşap kazıklarda	2 darbe/cm
Beton kazıklarda	3 darbe/cm
Çelik kazıklarda	5-6 darbe/cm

Diğer bir yol Zorluk Katsayısı Metodu'dur. F. Akkaya tarafından geliştirilmiş olan bu metotta kazığın çakılacağı zeminin profili göz önüne alınır. Zemin tabakaları cins, sıklık veya kıvam durumlarına göre sınıflandırılır. Her sınıf zemin için verilmiş olan zorluk katsayısı, o zemin tabakasının kalınlığı ile çarpılır. Böylece elde edilen itibari tabaka kalınlıkları, zemin yüzünden başlayarak toplanır ve toplam 16 değerine erişinceye kadar işleme devam edilir. İtibari derinliğin 16 m olmasına tekabül eden gerçek derinlik kazığın çakma derinliği olarak alınır.

Zorluk katsayısı metodunun uygulanabilmesi için, öncelikle kohezyonlu zeminlerde, çakmanın şartnamelerin öngördüğü şahmerdanlar ile yapılması şarttır.

Zorluk katsayıları Tablo 2.1 de verilmiştir.

TABLO 2.1 Zorluk Katsayıları [1]

Zemin cinsi	Plastik zeminler	Ayrık daneli zeminler SPT değerlerine göre				
		0-4	4-10	10-30	30-50	50
Nb	0					
DL	0					
A1		0.5	1	8	16	32
A2		0.5	1	8	16	32
A20		0.5	1	8	16	32
A70		0.5	1	8	16	64
Ab		0.5	1	8	16	64
T00	0.0					
T04	0.4					
T10	1.0					
T20	2.0					
T40	4.0					
Kt						32
Km						128
Kv						128
AKİ		0.5	1	8		
AKO		0.5	1	8		
AKB		0.5	1	8		
Tr	0.0					

TABLO 2.2 Tablo 2.1 de kullanılan sınıflandırma

Notasyon	Zemin cinsi	Açıklama
Nb	Bitkisel toprak	
DL	Dolma zemin	
A0	İnce kum	en iri dane 0.2 mm.
A1	Orta kum	en iri dane 1 mm.
A2	İri kum	en iri dane 2 mm.
A20	Genellikle kum çakıl	en iri dane 20 mm.
A70	İri kum çakıl	en iri dane 70 mm., 50-70 mm. arası daneler %25
Ab	Blok	70 mm. den daha büyük
T00	Cıvık kil	parmaklar arasında fıskırır
T04	Yumuşak kil	fıskırmaz, kolay yoğrulur
T10	Katı kil	zor yoğrulur
T20	Çok katı kil	çok zor yoğrulur
T40	Sert kil	yoğrulmaz, çekiçle kırılır
KT		tabakalı, pişmemiş
KM		tabakalı, pişmiş, billurlu
KV		tabakasız, billurlu
AKİ		0.2-1 mm. arası
AKO		1-7 mm. arası
AKB		7 mm. den büyük
Tr	Turba	

BÖLÜM 3. KAZIKLI TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ

3.1. KAZIKLI TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ

Bir kazığa gelen düşey yük, kısmen kazığın uç direnci, kısmen de çevre sürtünmesi ile karşılanmaktadır.

Kumlarda gerek uç direnci gerekse çevre sürtünmesi derinlikle artmaktadır. Kum içindeki münferit bir kazığın çevre sürtünmesi, kumun sıkılığına, kazığın şekline, yüzeyinin pürüzlülüğüne ve kazığın yerini aldığı kum hacmine bağlıdır. Homojen bir kum tabakasına çakılan silindirik veya prizmatik bir kazığın daha fazla çakılmaya karşı koyan çevre sürtünmesi, taşıma gücünün yarısından oldukça büyük olmakla beraber, aynı kazığın çıkarılmak üzere çekilmesi halinde hasil olan çevre sürtünmesi, taşıma gücünün yarısından küçüktür. Bu fark, kazığın aşağı doğru hareketinin çevrede meydana gelen basıncı arttırmasından doğmaktadır.

Yumuşak kil veya plastik içindeki bir sürtünme kazığının uç direnci ihmal olunabilir. Çevre sürtünmesi ise hemen tamamen zemin özelliklerine bağlıdır.

Yumuşak kil ve siltte çevre sürtünmesi, genel olarak zamanla bir miktar artar. Yumuşak bir kile çakılan kazık, çakma sırasında çevresindeki bir zemin halkasını örseler. Bu bölgede zeminin kayma direnci büyük ölçüde azalır. Bununla beraber, örselenen halkanın genellikle bir ay gibi kısa bir zamanda konsolide olması sonucu, kazık çevresinde eskisinden daha sağlam bir bölge hasil olur. Bir çok inşaatta yapı yükleri, kazık çakıldıktan

sonra birkaç ay geçmeden intikal ettirilmeyeceğinden, kazık çakılması sırasında ortaya çıkan, bu geçici direnç azalması, önemli değildir. Özel olarak, kazığın çakılır çakılmaz yüklenmesi gerekiyorsa direnç azalmasının miktarı, örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde yapılacak laboratuvar deneyleri ile incelenmelidir. Tecrübelerle dayanılarak, yumuşak kil ve plastik siltler içine çakılmış bir kazığın nihai sürtünmesi, drenajsız kayma direncine veya serbest basınç direncinin yarısına eşit alınabilir.

Katı killerde çevre sürtünmesinin değeri serbest basınç direncinin yarısından daha küçüktür. Zira yumuşak killer yüksek plastiklik özellikleri yüzünden kazıkla dğrudan doğruya temas ederler ve adhezyon, kilin kayma direncine eşit olur. Oysa, katı killerde kazık çakılırken zemin örselenmekle kalmaz, zemin ile kazık arasında ufak boşluklar oluşur. Kilin kayma direnci büyüdükçe çevre sürtünmesi, kazık çeperini teşkil eden malzemeye bağlı olmaya başlar.

Uç kazıklarının kullanılmasında amaç, yükü derinde bulunan sağlam tabakaya iletmektir. Bununla beraber, yükün tatbikinden sonra, kısa bir süre için de olsa, yükün önemli bir kısmı çevre sürtünmesi tarafından taşınır. Eğer kazık, yumuşak kil veya silt gibi çok sıkışabilen tabakalar içinden geçiyorsa, negatif sürtünme dolayısıyla zemin tarafından aşağıya itilir. Kazık ucu altındaki zemine gelen basınç artar. Eğer bu basınç kazık ucu seviyesindeki zeminin taşıyabileceğinden büyük bir değere erişirse oturma da çok büyük olur ve tehlike, haftalarca sürecek bir kazık yükleme deneyiyle bile anlaşılamayabilir. Bu yüzden uç kazıklarında, kazığın toplam taşıma gücünden çok uç direncini bilmek daha önemlidir.

Çevre sürtünmesi ile uç sürtünmesi arasındaki oran, yalnız zemin cinsine ve kazık boyutlarına değil, aynı

zamanda kazığın imal ve yerine yerleştiriliş şekline bağlıdır. Ahşap kazıklar ve dışarıda hazırlanmış betonarme kazıklar, bir tokmağın kazık başına düşürülmesiyle zemine çakılırlar. Diğer bir yol, içi boş, alt ucu çakma sırasında kapalı tutulan bir çelik boruyu zemine çakmak, sonra borunun içini betonlayıp boruyu yukarı çekmektir. Böylece, borunun çakılması sırasında zemine tatbik edilen basınç kısmen azaltılmış olur. Bir sondaj deliğine beton dökülerek de kazık imal edilebilir. Kazık imal ve yerleştirilişinde kullanılan çeşitli yolların çevre sürtünmesini ne şekilde etkileyeceğini kestirmek güçtür.

Sert bir tabakaya veya yumuşak kayaya oturan veya bir miktar girmiş olan kazıkların taşıma gücünü tahmin etmek zordur. Yaklaşık formüllerden faydalanılır. Bununla beraber, elde edilen sonuçlar kazık yükleme deneyleri ile tahkik edilmelidir. Kullanılan statik taşıma gücü formülleri arasında, oldukça sıkı ve sert zeminlere oturan dairesel sömeller için çıkarılmış basit taşıma gücü ifadesi güvenilir sonuçlar vermektedir.

3.2. MÜNFERİT KAZIKLARIN TAŞIMA GÜCÜ

Bir kazığın göçmeden taşıyabileceği maksimum yükü, yani kazığın taşıma gücü (Q_d), şu iki bileşenine bağlı olarak ifade edilebilir :

$$Q_d = Q_p + Q_s$$

Bu ifadede Q_p uç direncini, Q_s çevre sürtünmesini göstermektedir. Şurası da belirtilmektedir ki, bu bileşenlerin değerlerini tayin etmek birçok halde mümkün olmamaktadır. Ancak özel hallerde bilgimiz yeterli olabilmektedir. Örneğin, kazık yumuşak kil veya silt gibi üniform plastik bir zemin içinde bulunuyorsa Q_p 'nin değeri, Q_s 'nin yanında ihmal olunabilir. Böyle zeminlerdeki kazıklara sürtünme kazığı denilir. Öte

yandan yükü, esas olarak, derindeki sağlam tabakaya aktarmak amacı ile kullanılan uç kazıkları için ise, çoğu kez Q_s , Q_p 'nin yanında ihmal olunabilir.

Kazık taşıma gücü aşağıdaki yöntemler kullanılarak belirlenebilir :

- a) Zemin mekaniği prensiplerine dayanan statik formüller,
- b) Kazık çakımı sırasında zemin mukavemetine karşı yapılan işe dayanan dinamik formüller,
- c) Arazide yapılan kazık yükleme deneyleri.

Kazık yükleme deneyleri, kazık taşıma gücünün belirlenmesi için yerinde yapılan 1/1 model deneylerdir. Kazığın geçtiği veya oturduğu tabakaların geoteknik özelliklerinden faydalanarak kazık taşıma gücünün hesaplanmasına yarayan ifadeler statik formüller denir. Öte yandan, kayma direnci, dolayısıyla taşıma gücü fazla olan zeminlere kazık nüfuz miktarının (penetrasyon) az olmasına bakılarak, kazığın zemine penetrasyon miktarından taşıma gücünü tahmine yarayan ifadeler dinamik kazık formülleri denir.

Kum, çakıl gibi zeminlerde dinamik ve statik yükler altında hasıl olacak direnç hemen her zaman aynı olacağından statik yüke karşı zemin direnci dinamik kazık formülleri ile oldukça güvenilir bir şekilde tahmin edilebilir. Oysa, killi ve siltli zeminlerde, genellikle dinamik ve statik yükler altında zemin direnci bir hayli farklı olur. Dinamik formüller ile hesaplanacak taşıma gücü, sıkı killi zeminlerde statik taşıma gücünden çok küçük çıkar ve ancak tesadüfen iki değer birbirine eşit olur.

3.3. KAZIKLARIN TAŞIMA GÜCÜ ÜZERİNDE BAŞLICA ETKENLER

Bir kazığın taşıma gücü;

zemin cinsine ve karakteristiklerine,
yeraltı suyu durumuna,
kazığın taşıyıcı zemin tabakası içindeki
uzunluğuna,

örtü (üst) tabakalarının kalınlığına,
kazık şekline ve kesit alanına,
kazığın yapıldığı malzemeye,
çevre şeklinin özelliklerine,
kazık ucu (soğanının) yapılışına,
kazıkların tanzimine ve aralığına,
yerine tatbik şekline bağlıdır.

Bundan başka zamanın tesirlerine, negatif çevre sürtünmesine, yanlardaki alanların yüklenmesine de gerektiği taktirde dikkat etmelidir.

3.3.1. ZAMAN TESİRİ

Taşıma gücünün hatırı sayılır bir kısmını çevre sürtünmesinin teşkil ettiği çakma kazıklarda, bilhassa ince kumlu, siltli ve killi zeminlerde çakmadan sonra taşıma uzun bir süre artmakta devam edebilir.

3.3.2. NEGATİF ÇEVRE SÜRTÜNMESİ

Eğer üsteki zemin, tabakalara oturursa kazık fazladan negatif çevre sürtünmesi ile yüklenir. Negatif çevre sürtünmesinin yapı üzerindeki etkisi uygun kazıklar yapılmak ve büyük kazık mesafeleri seçilmek suretiyle azaltılabilir.

3.3.3. YANLARDAKİ ALANLARIN YÜKLENMESİ

Bir kazıklı temelin yanında taşıyıcı zeminin üzerindeki yumuşak zemin tabakları yayılı bir yük ile düzgün olmayan bir şekilde yüklenirse bu, yumuşak zeminin yatay hareketine sebep olabilir. Bu surette kazıklar, fazladan eğilmeye de zorlanırlar.

3.3.4. DİNAMİK ZORLANMALARIN TESİRİ

Büyük sallantı veya titreşimler taşıma gücünün azalmasına ya da oturmaların artmasına sebep olur.

3.4. STATİK KAZIK FORMÜLLERİ

Çakma kazıkların taşıma gücü, zeminin ve kazığın özelliklerinden faydalanılarak hesaplanabilir. Bu amaçla, deney sonuçları zemin mekaniği ilkeleri ışığında değerlendirilerek statik formüller geliştirilmiştir.

Kazığın taşıyabileceği nihai yük (Q_d) iki bileşene ayrılır. Bu bileşenler, (1) uç direnci Q_p , (2) çevre sürtünmesi Q_s dir. Böylece, kazığın toplam taşıma gücü,

$$Q_d = Q_p + Q_s \quad (3.1)$$

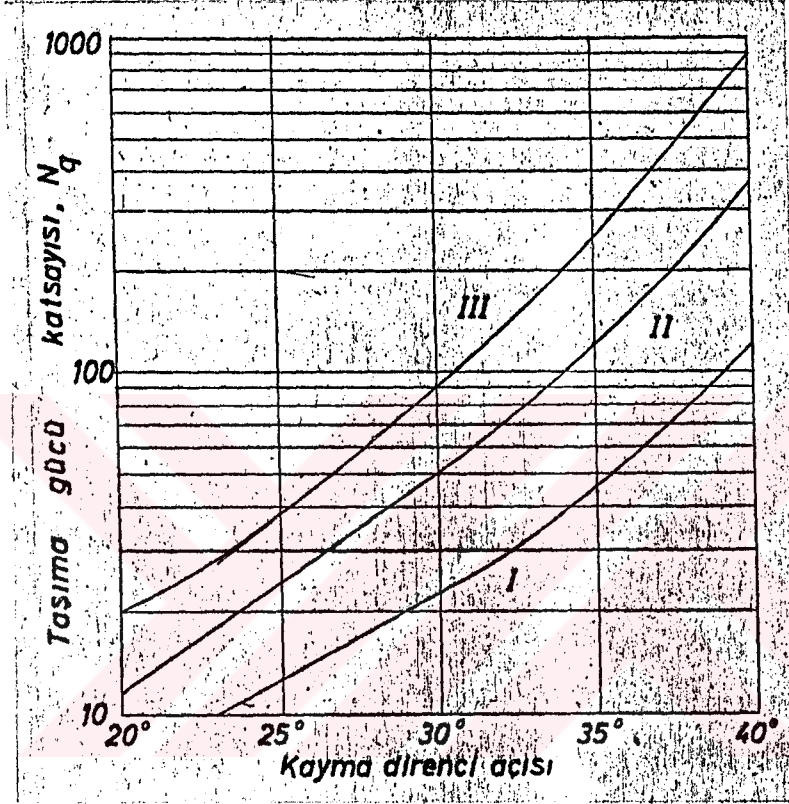
olarak yazılabilir. Kazık ucunun oturduğu tabakanın taşıma gücünü q_d , kazık uç alanını A_p , kazığın birim çevre alanına gelen çevre sürtünmesini f_s ve kazığın zemin içinde kalan çevre alanını A_s ile gösterirsek (3.1) denklemini

$$Q_d = q_d A_p + f_s A_s \quad (3.2)$$

olarak yazabiliriz. Tatbikatta, çeşitli tabakalar söz konusu olduğu için $f_s A_s$ terimi, her tabakanın ortalama f_s değeri ile kazığın o tabaka içinde kalan kısmının çevre

alanı çarpımlarının toplamı olarak hesaplanmalıdır. Taşıma gücünün güvenilir bir şekilde tahmin edilebilmesi için q_d ve f_s değerlerinin doğru olarak belirlenmiş olması gerekir.

Çekme kazıkların nihai çekme yükü, pratik maksatlar için yeterli bir doğrulukla Q_s 'e eşit kabul edilebilir.



Şekil 3.1. Taşıma gücü katsayısı N_q : (I) Terzaghi (1943), (II) Brinch Hansen (1961), (III) Meyerhof (1951) tarafından zeminin kırılma şekli hakkında yapılan kabullere göre elde edilmiş değerler.

3.4.1. KUM İÇİNDEKİ KAZIKLAR

Kum içindeki kazıkların q_d nihai uç direnci, p_0 jeolojik yükü ile N_q taşıma gücü faktörünün çarpımına eşit olarak ifade edilir :

$$q_d = p_0 N_q$$

(3.3)

N_q kazık ucunun oturduğu zeminin kayma direnci açısına bağlıdır. N_q 'nın derindeki dairesel bir taban için değeri, kayma yüzeyinin şekli hakkında yapılan çeşitli kabullere göre hesaplanmıştır. Şekil 3.1. de derindeki dairesel bir alan için Terzaghi (1943), Brinch Hansen (1961) ve Meyerhof (1951) tarafından elde edilmiş N_q değerleri görülmektedir.

Sert bir tabakaya veya yumuşak kayaya oturan uç kazıklarının taşıma gücünü veren genel ifade (Terzaghi, 1943),

$$Q_p = \left(\frac{D}{2} \right)^2 \left(1.3cN_c + \gamma L_0 N_q + 0.6\gamma \frac{D}{2} N_\gamma \right) \quad (3.4)$$

olarak yazılabilir. Burada, D kazık çapı, c zeminin kohezyonu, γ kazığı çevreleyen zeminin birim hacim ağırlığı, L_0 kazığın zemin içindeki kısmının toplam uzunluğu, N_c , N_q , N_γ taşıma gücü faktörleridir.

Kumlarda ($c=0$, $\phi \neq 0$) bu denklem,

$$Q_p = \left(\frac{D}{2} \right)^2 \left(\gamma L_0 N_q + 0.6\gamma \frac{D}{2} N_\gamma \right) \quad (3.5)$$

olarak yazılır. $\gamma \frac{D}{2} N_\gamma$ terimi, (3.5) denkleminin birinci terimi yanında ihmal edilebileceğinden, (3.6) denklemi yazılabilir :

$$Q_p = A_p \gamma L_0 N_q = A_p p_0 N_q \quad (3.6)$$

Burada, p_0 efektif gerilmeler cinsinden jeolojik yüküdür.

Kum içindeki kazıkların birim çevre sürtünmesi f_s ise, toprak basıncı katsayısı K , jeolojik yük p_0 ve çevre sürtünmesi açısının tanjantının (tg) çarpımına eşittir :

$$f_s = K P_0 \tan \delta$$

(3.7)

Toprak basıncı katsayısı bir zemin elemanına gelen yatay ve düşey gerilmeler arasındaki orandır. f_s 'i hesaplarken K 'nın değerinin bilinmesi önemli olduğu kadar da güçtür.

Kazık çakılmadan önce, yatay ve düşey basınçların oranı, sükunetteki toprak basıncı katsayısına K_0 eşittir. Herhangi bir zeminin K_0 değeri, zeminin oluşumuna ve gerilme tarihçesine bağlıdır. Kumda yaklaşık olarak 0.5 alınabilir.

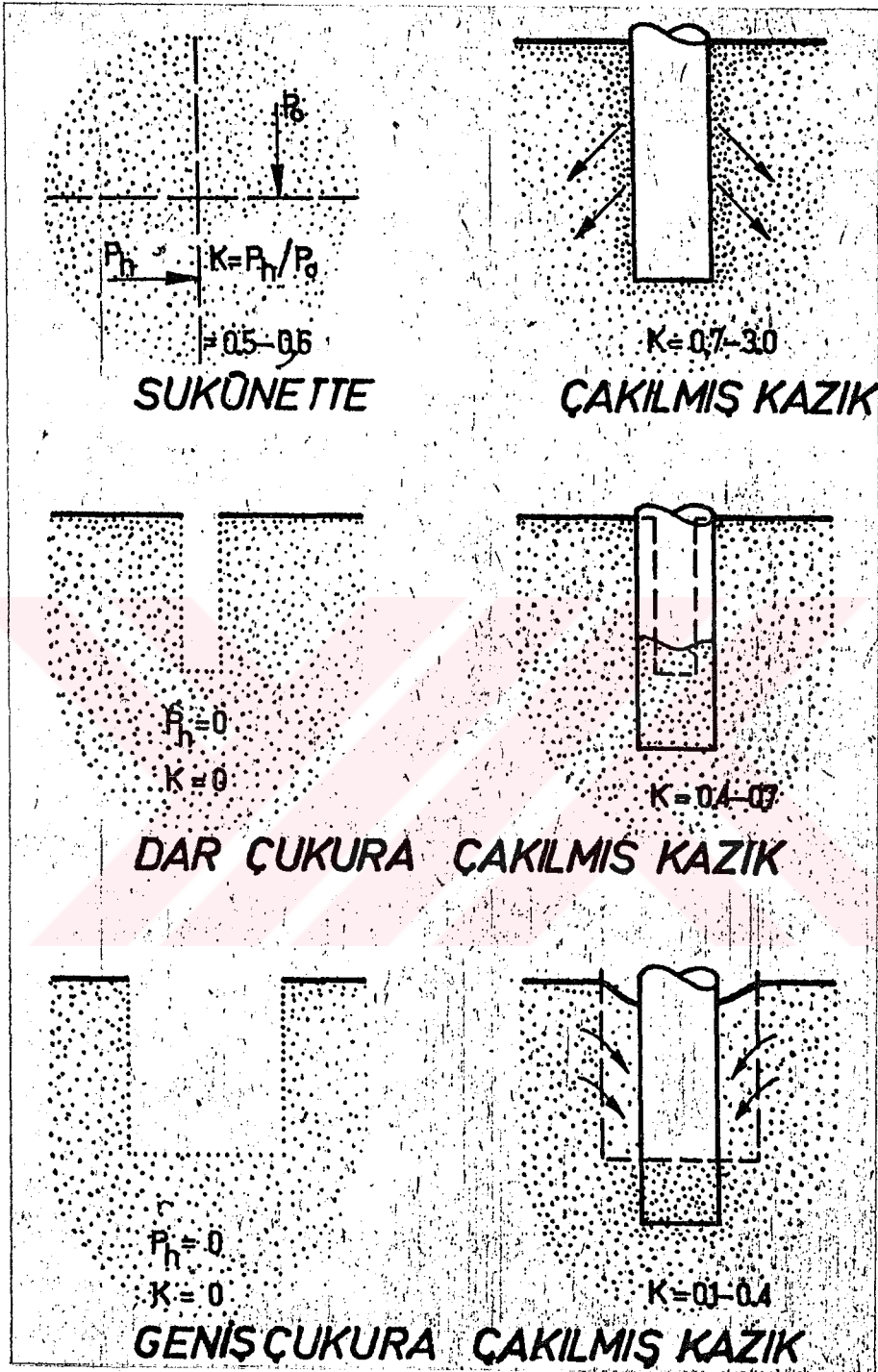
Kazık çakılırken kumun sıkışması, yani yatay gerilmenin artması sonucu, toprak basıncı katsayısının değeri 0.7 ila 3 arasında olur. Kazık genişçe bir çukura çakılıyorsa, K 'nın değeri, 0.1 ila 0.4 arasında bulunur (Şekil 3.2.). Görüldüğü gibi, çevre sürtünmesinin belirlenebilmesi için toprak basıncı katsayısının doğru olarak tahmini gerekmektedir.

Toprak basıncı katsayısının değeri, (1) kumda kazık çakılmadan önceki, sükunetteki toprak basıncı katsayısına, (2) kumun başlangıçtaki porozitesine, (3) kazığın yerini aldığı kum hacmine, (4) kazığın şekline, (5) çakma dışında kazığın yerleştirilmesi için uygulanan işlemlere, (6) kazığa tatbik edilen kuvvetin yükleme veya çekme olmasına bağlıdır.

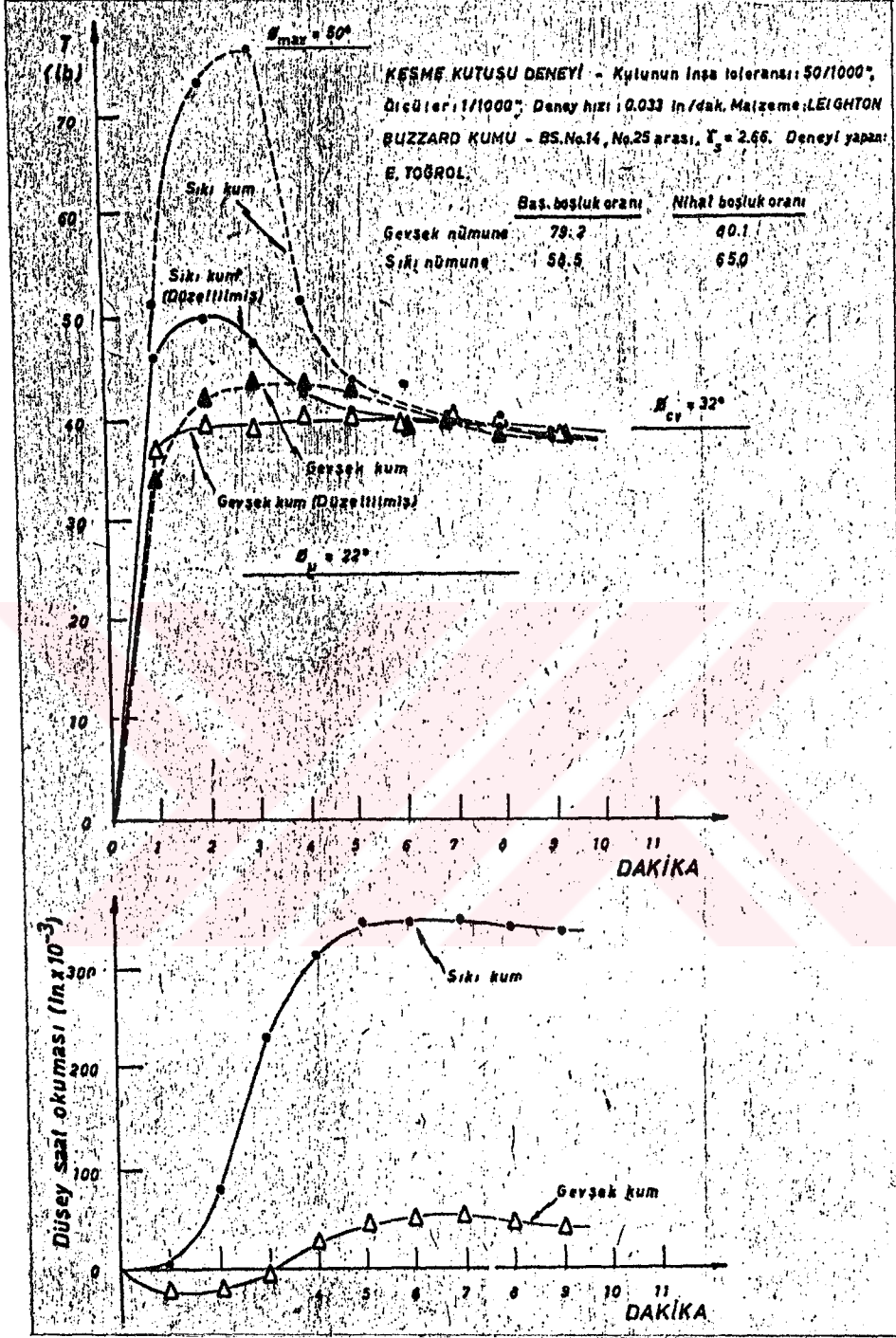
Diğer belirlenmesi gereken büyüklük çevre sürtünmesi açısıdır. Zemin ile çelik arasındaki sürtünme açısı, kumun kayma sürtünmesi açısına ($\phi\mu$) eşit alınabilir :

$$\delta = \phi\mu$$

(3.8)



Şekil 3.2. Kazık çakılması ile toprak basıncı katsayısının değişimi [1].



Şekil 3.3. Kumun kayma direnci (Sıkı ve gevşek numuneler ile elde edilen deney sonuçları ve deney sırasında meydana gelen hacim değişimi göz önüne alınarak düzeltilmiş değerler.)

Öteyandan, zemin ile beton veya zemin ile ahşap arasındaki sürtünme açısı olarak, kumun kritik boşluk oranına eriştiği zamanki kayma açısı (ϕ_{cv}) alınmalıdır.

Bir kum numunesi üzerinde yapılan kesme deneyi yeteri kadar ilerletilecek olursa, numunenin boşluk oranı değişiminin durduğu ve kayma gerilmesinin sabit bir değere ulaştığı gözlenecektir (Şekil 3.3.). Bu boşluk oranına kritik boşluk oranı denir ve zeminin kritik boşluk oranındaki kayma direnci açısı ϕ_{cv} ile gösterilir. Sıkı kumlarda ϕ_{cv} açısı, kesme deneyi sırasında ortaya çıkan maksimum kayma direnci açısından daha küçüktür.

ϕ_{μ} ise kumun malzeme kayma sürtünme açısıdır. Bir kum tanesinin diğeri üzerinde sürtünmesi sonucu ortaya çıkar. ϕ_{cv} 'nin hesaplanabilmesi için Caquot (1934) tarafından verilen aşağıdaki yaklaşık ifade kullanılabilir :

$$\tan \phi_{cv} = \frac{\pi}{2} \tan \phi_{\mu} \quad (3.9)$$

$$\delta = \phi_{cv} \quad (3.10)$$

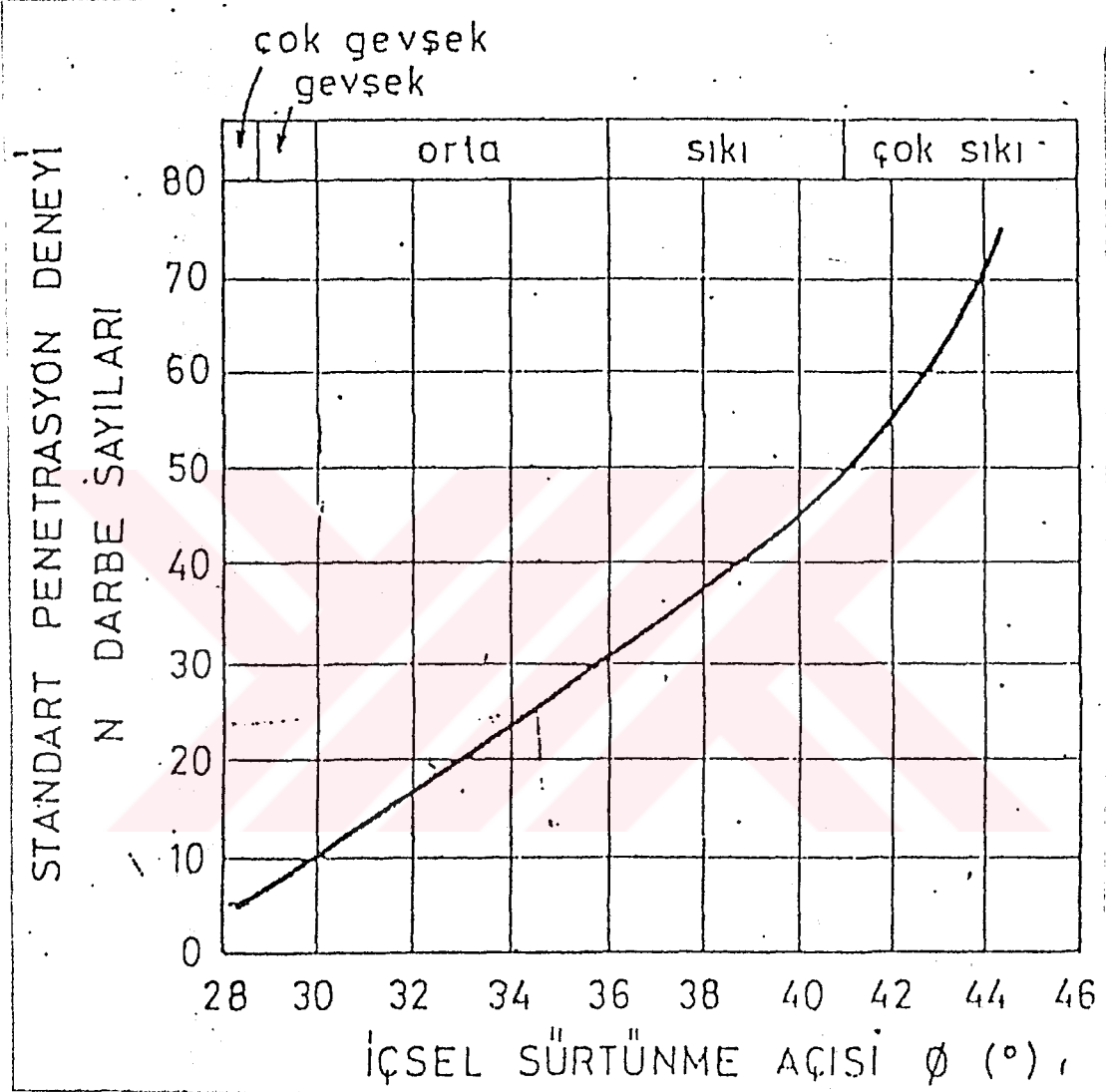
Bütün bu değerlerin belirlenmesi standart penetrasyon değerleriyle çok kolay olmaktadır. Aşağıdaki tablolarda (Tablo 3.1. ve 3.2.) SPT sayılarıyla kumlu zeminlerin sıklılığı hakkında bilgi edinilebilir.

Tablo 3.1. Standart Penetrasyon Deneyi Sonuçlarına Göre Kumların Sıklılığı*

Darbe adedi	Sıklılık
0 - 4	Çok gevşek
4 - 10	Gevşek
10 - 30	Orta
30 - 50	Sıkı
> 50	Çok sıkı

* Terzaghi, Peck (1968) 'den

Killi zeminlerde elde edilen değerler daha az güvenilir olmakla beraber, böyle zeminlerden aynı zamanda numune almak ta mümkün olmaktadır.



Şekil 3.4. ϕ içsel sürtünme açısı ile N darbe sayıları (SPT) arasındaki bağıntı

Terzaghi ve Peck (1968), ince kum veya bol siltli kum halinde ve yeraltı su seviyesi altında yapılan deneyler için SPT değerinin düzeltilmesini tavsiye etmektedir. Deney sırasında kaydedilen darbe adedi, N' , 15 'den büyükse, bu değer,

$$N = 15 + \frac{1}{2}(N' - 15) \quad (3.11)$$

olarak düzeltililecektir.

Tablo 3.2. Suyu Doygun İnce Kumlar İçin, SPT Değerlerinden Faydalanarak Bulunan Amprik ϕ , D, Y Değerleri(i)

Tarif	Çok gevşek	Gevşek	Orta	Sıkı	Çok sıkı
İzafi sıkılık, D_r (ii)	0-0.15	0.15-0.35	0.35-0.65	0.65-0.85	0.85-1.00
Darbe adedi, N	<4	4-10	10-30	30-50	>50
Yaklaşık içsel sürtünme açısı(iii)	25-30	27-32	30-35	35-40	38-43
Yaklaşık birim hacim ağırlık γ (gr/cm ³)	1.1-1.6	1.4-1.8	1.8-2.1	1.8-2.2	2.1-2.4

(i) Bowles (1968) 'den

(ii) Arazideki boşluk oranı e olan kumlu bir zeminin D izafi sıkılığı

(iii) Numunenin %5'i veya daha azı ASTM 200 no.lu elekten geçiyorsa büyük değer kullanılmalıdır.

Öte yandan Gibbs ve Holtz (1957), sondaj çukuru derinleştikçe, zemin ağırlığı yüzünden, darbe adedinin büyük çıktığını görmüşler, zemin yüzüne yakın yerlerde bulunan küçük SPT değerlerinin düzeltilmesi gerektiğini ileri sürerek kuru veya yeraltı su seviyesi üstünde bulunan kumlar için aşağıdaki düzeltmeyi vermişlerdir. Belli bir seviyede efektif jeolojik yük p_0 (ton/m²) ile gösterilirse derinlik düzeltilmesi yapılmış SPT değeri,

$$N = N' \frac{35}{p_0 + 7} \quad (3.12)$$

olur. Bu ifadenin kullanılabilmesi için efektif jeolojik yük 28 ton/m² 'yi geçmemelidir.

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (3.13)$$

olarak hesaplanır. $e_{\max}$ bu kumun elde edilebilecek en gevşek, $e_{\min}$ ise en sıkı durumdaki boşluk oranlarıdır.

3.4.2. KİL İÇİNDEKİ KAZIKLAR

Kil içindeki kazıkların q_d nihai uç direnci, bir N_c taşıma gücü faktörü ile kilin kohezyonu c 'nin çarpımına eşit olarak alınabilir :

$$q_d = cN_c \quad (3.14)$$

Dairesel kesiti ve zemin içindeki kısmı yeterli uzunlukta olan kazıklarda N_c 'nin değeri 9 olarak alınır. Bununla beraber, öncelikle yumuşak killer içindeki kazıkların çoğunda Q_p uç direnci, Q_s çevre sürtünmesinin yanında ufaktır.

Birim alana gelen çevre sürtünmesi, kilin kayma direncinden küçük olabilir; fakat hiç bir zaman daha büyük değildir. Bu sürtünme gerilmesi, zeminle kazık arasındaki adhezyona eşit alınabilir. Peck (1958) ve Tomlinson (1957) tarafından değerlendirilen istatistiksel bilgiler, kilin kohezyonu 0.5 kg/cm² den küçük olduğu takdirde,

$$f_s = c \quad (3.15)$$

olacağını buna karşılık c 'nin daha büyük değerleri için f_s 'nin c 'den küçük olacağını göstermektedir.

Ayrıca kohezyonlu zeminlerin SPT değerleri ile kıvamlar ve serbest dirençleri arasındaki ilişki Tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Kohezyonlu Zeminlerin SPT Değerleri ile Kıvamları ve Serbest Basınç Dirençleri Arasındaki İlişki⁽¹⁾

Kıvam	Çok yumuşak	Yumuşak	Orta	Katı	Çok katı	Sert
Darbe adedi, N	<2	2-4	4-8	8-15	15-30	>30
Serbest basınç direnci, q_u (kg/cm ²)	<0.25	0.25-0.50	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0-4.0	>4.0

(1) Terzaghi, Peck (1968)'den.

Kilin kıvamından kazık ile zemin arasındaki adhezyonu tahmin etmek için Tomlinson (1957) ve Chellis (1961) tarafından ileri sürülen değerler Tablo 3.4. de verilmiştir.

Tablo 3.4. Çakma Kazıkların Çeperinde Meydana Gelen Adhezyon (Killi Zeminler), Tomlinson (1957):

BETON VE AHŞAP KAZIKLAR

Zemin cinsi	Kayma direnci (kg/cm ²)	Adhezyon (kg/cm ²)
Yumuşak kil	0-0.370	0-0.340
Orta kil	0.370-1.470	0.340-0.440
Katı kil	0.730-1.470	0.440-0.640

ÇELİK KAZIKLAR

Zemin cinsi	Kayma direnci (kg/cm ²)	Adhezyon (kg/cm ²)
Yumuşak kil	0-0.370	0-0.290
Orta kil	0.370-0.730	0.290-0.370
Katı kil	0.730-1.470	yeter bilgi yok

Tablo 3.4. Çakma Kazıkların Çeperinde Meydana Gelen Adhezyon (Killi Zeminler), (Devam),

Chellis (1961):

HER TÜRLÜ KAZIK

Zemin cinsi	Adhezyon (kg/cm ²)
Yumuşak kil	0.100-0.290
Orta kil	0.240-0.440
Katı kil	0.540-0.930

Ayrıca kazığın uç ve çevre dirençlerini hesaplamak için Schenk tarafından verilen değerler de mevcuttur (Tablo 3.5.).

3.5. DİNAMİK KAZIK FORMÜLLERİ

Yükün sağlam bir tabakaya aktarılabilmesi veya çevre sürtünmesinden de faydalanılarak taşınabilmesi için kazığın zemine belli bir derinliğe kadar girmesi gereklidir. Kazığın zemine girmesi ise en uygun ve iktisadi şekilde, çakılarak temin edilir.

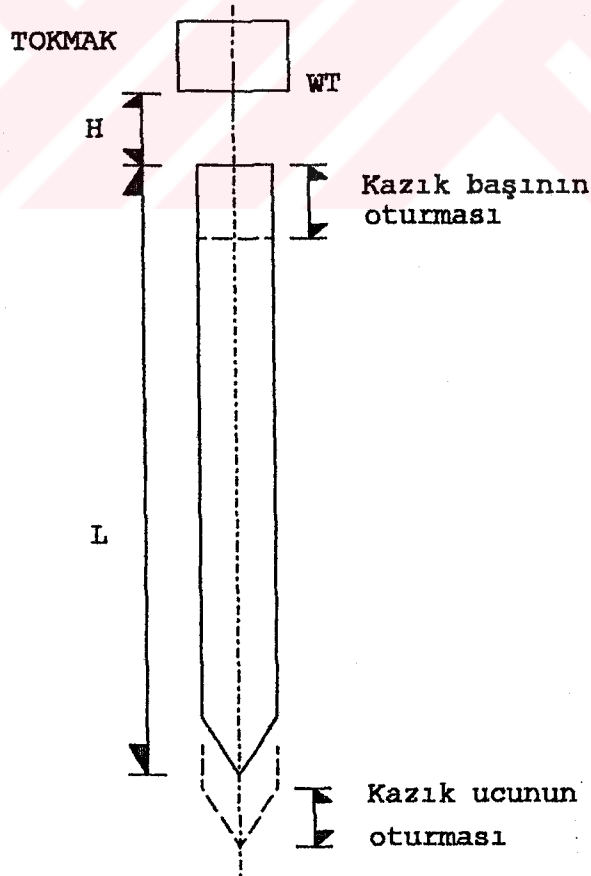
Bir uç kazığı çakılırken sağlam bir tabkaya tesadüf edilirse kazığın zeminden gördüğü direnç birdenbire artar. Genel olarak, kazığın taşıyabileceği yükün bu direnç ile ilgili olduğu görülmüş ve bu gözlemden faydalanılarak dinamik kazık formülleri ortaya atılmıştır.

Dinamik kazık formülleri ile, kazık çakılması için harcanan iş ve kazığın zemine girme miktarından faydalanılarak zeminin direnci ve taşıyabileceği statik yük tahmin edilmeye çalışılır. Kazık, ağırlığı belli bir tokmağın, belli bir yükseklikten, kazık başlığına düşürülmesi ile çakılır. Oysa, iki cismin birbirine çarpması sonucu, hesabı güç bir enerji kaybı olmaktadır. Bu bakımdan, kazığın taşıyabileceği yükü tahmin ederken

olayı basitleştirmek ve bazı kabuller yapmak gerekmektedir.

Dinamik kazık formülleri ile yalnız kazık ucunun taşıyabileceği yük tahmin edilebilir. Bu formüllerde kazık boyu, dolayısıyla çevre sürtünmesi dikkate alınmamıştır. Yumuşak silt ve killere çakılmış, sürtünme kazıklarının taşıma gücü ise kazık boyu ile doğru orantılı olarak artar. Bu yüzden, dinamik kazık formülleri böyle zeminlerde geçerli değildir.

Zeminin kazığın nüfuzuna karşı dinamik direnci, aslında iyi belirlenmemiş bir direnç tanımlamasıdır. Tokmak darbesinin etkiye süresi içinde, zeminin kazığın girmesine karşı maksimum direnci aşılabileceği gibi, bu dirence varılmamış da olabilir. Her iki halde de dinamik direnç olarak darbenin etkiye süresi sonundaki direnç gözönüne alınır.



Şekil 3.5. Genel denklemdeki ifadelerin gösterilişi

Tablo 3.5. Schenk'e Göre f_s ve q_d Değerleri

ZEMİN CİNSİ	TAŞIYICI TABAKA İÇİNDEKİ KAZIK -- BOYU	f_s (kg/cm ²)			q_d (kg/cm ²)		
		AHŞAP	BETON	ÇELİK (KUTU) KESİTLİ UCU AÇIK)	AHŞAP - -	BETON	ÇELİK- (KUTU) KESİTLİ UCU AÇIK)
İnce kum	5	0.20-0.45	0.20-0.45	0.20-0.35	20-35	20-50	15-40
Orta kum	5-10	0.40-0.65	0.40-0.65	0.35-0.55		35-65	30-60
İri kum	-	-	-	-	30-75	-	-
Karışık	10	-	0.60	0.50-0.75	-	40-80	35-75
Kum çakıl karışımı	-	Yukarıdaki gibi			-	-	-
Yumuşak kil, lem, organik sahil kili	-	0.05-0.20			Şartnameye uyularak yukarıdaki değerler \$25 artırılabilir		
Katı, çok katı kil, lem	-	0.20-0.45			0.20		
Taşlı kil	5	-	0.50-0.80	0.4-0.7	-	20-60	15-50
Çok katı	10	-	-	0.6-0.9	-	50-90	40-90
Sert	10	-	-	0.8-1.0	-	80-100	80-100
							15-40
							30-75
							60-99

3.5.1. GENEL FORMÜL

Dinamik kazık formüllerinin genel denklemi

$$W_t \cdot H = Q_d \cdot \rho + F \quad (3.16)$$

şeklindedir. (Şekil 3.5.) Genel denklemdeki terimler :

Q_d : Dinamik yoldan kazık taşıma gücü (F)

W_t : Tokmağın ağırlığı (F)

H : Tokmak düşüm yüksekliği (L)

ρ : Tek darbede zemine girme miktarı (L)

F : Toplam enerji kaybı (FL)

dır.

3.5.2. DELMAG FORMÜLÜ

Bu formül daha çok 25 m'ye kadar olan kazıkların, yaklaşık taşıma gücü hesabında kullanılır. Formülün ifadesi

$$Q_d = \frac{F \cdot W_t}{(s + 0.3L(W_K / W_T))} \quad (3.17)$$

şeklindedir. Bu formülü kullanırken emniyetli taşıma gücünü hesap etmek için güvenlik sayısı $G_s = 3$ 'dür.

3.5.3. ENGINEERING NEWS FORMÜLÜ

1888'de dinamik formüller üzerine *Engineering News* isimli dergide bir tartışma sonucu ortaya çıkan formül

$$Q_d = \frac{W_T \cdot H}{S + C} \quad (3.18)$$

şeklindedir. Burada c enerji kayıplarını ifade eden bir sabittir. c'nin değeri genellikle 0.25 cm dir. Bu formül için güvenlik katsayısı $G_s = 6$ 'dır.

3.5.4. DANİMARKA FORMÜLÜ

Kazık çakımı sırasındaki enerji kaybının tamamının kazığın elastik kısalmasından ileri geldiği kabul edilirse bu formül elde edilir.

$$Q_d = \frac{W_T \cdot H}{S + \frac{1}{2} C_2} \quad (3.19)$$

Burada kazığın elastik kısalması

$$C_2 = \sqrt{\frac{W_T H L}{2 A F_m}} \quad (3.20)$$

olarak hesaplanabilir. Güvenlik katsayısı olarak 4 kullanılmalıdır.

3.5.5. JANBU FORMÜLÜ

$$Q_d = \frac{W_T H}{s K_u} \quad (3.21)$$

olup burada,

$$K_u = C_d \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\lambda}{C_d}} \right) \quad (3.22)$$

$$C_d = 0.75 + 0.15 \frac{W_k}{W_T} \quad (3.23)$$

$$\lambda = \frac{W_T \cdot H \cdot L}{A \cdot F_m \cdot S^2} \quad (3.24)$$

dir. Güvenlik sayısı 3 olarak alınmalıdır.

3.5.6. EYTELWEYN FORMÜLÜ

Bu formül ise taşıma gücünü

$$Q_d = \frac{W_T \cdot H}{S + 0.1 \frac{W_K}{W_T}} \quad (3.25)$$

olarak verir. Formül kullanılırken güvenlik sayısı 6 alınmalıdır.

3.5.7. HILEY FORMÜLÜ

İlk dinamik kazık formülleri, Newton'un çarpma kanunlarından esinlenerek ortaya çıkarılmıştır. Tokmağın geri sıçraması, zeminin kazığa tatbik ettiği ankastrelik, şekil değiştirmeler gibi sebeplerle tatbikatta ortaya çıkan farklı durum, formüllerin çeşitli amprik katsayılarla düzeltilmesine çalışılmıştır.

Hiley formülü, bu bakımdan bir hayli geliştirilmiş bir ifadedir :

$$Q_d = \frac{W_T \cdot H}{S + \frac{1}{2} (C_1 + C_2 + C_3)} \frac{W_T + e^{-2} W_K}{W_T + W_K} \quad (3.26)$$

Serbest düşüş C_1 kazık başındaki darbe takozu ve yastığının elastik kısılması (Tablo 3.6.) ; C_2 kazığın elastik kısılması, C_3 zeminin elastik kısılmasıdır. e çarpma sayısıdır (bir küre H yüksekliğinden bir yüzeye düşürülünce h kadar zıplarsa, çarpma sayısı $e = h/H$ olur). Tokmağın malzemesinden yapılmış bir cismin kazığın malzemesinden yapılmış bir yatay düzleme çarptığı zaman zıplama miktarı deneyle bulunabilir. Çarpma sayısının değerleri hakkında Tablo 3.7. bir fikir verebilir.

Kazık ve zeminin elastik sıkışmaları (C_2 ve C_3) çakma sırasında tayin olunabilir (Şekil 3.6.). Ölçü yapılamıyorsa, tecrübeye dayanılarak hazırlanmış tablolardan faydalanılır.

Formülün kullanılması ile ilgili olarak Chellis (1961), kazık ucunun kayaya veya penetrasyon direnci yüksek bir zemine ulaşması halinde, WK yerine WK/2 'nin kullanılmasının daha uygun olduğunu ileri sürmektedir.

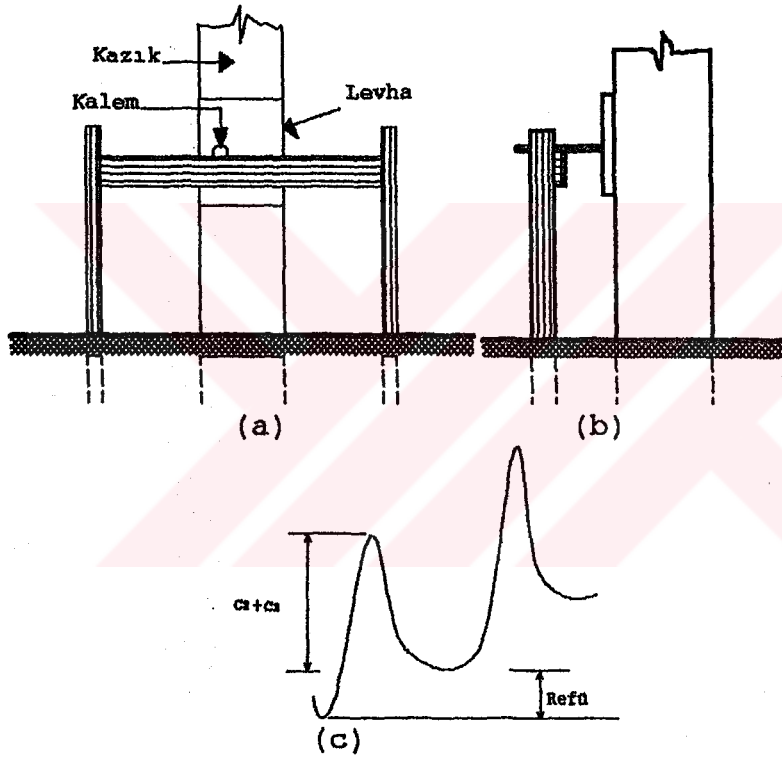
Hiley formülü ile kullanılacak güvenlik sayısı 3'tür.

Tablo 3.6. Darbe Takoza ve Yastığının Elastik Kısılması

Çakma sırasında kazık başına gelen gerilme, Q/A (kg/cm^2)				
Kazık cinsi	35	70	105	140
Çelik kazıklar veya borular	c_1 (cm)			
Doğrudan kazık başına	0	0	0	0
Ahşap takozlu, çelik örtülü başlıklı	0.10	0.20	0.30	0.40
1 cm. kalınlığında iki çelik levha arasında 0.5 cm. kalınlığında fiber conta başlıkla	0.05	0.10	0.15	0.20
Betonarme kazık				
Kazık başında 1-2 cm. kalınlığında bir altlık ile	0.06	0.13	0.20	0.25
Kazık başlığı içinde 7.5 ila 1 cm. kalınlığında yastık + darbe takozu ile	0.18+0.13	0.38+0.25	0.56+0.38	0.75+0.50
Ahşap kazık				
Doğrudan kazık başına	0.13	0.25	0.38	0.50

Tablo 3.7. Çarpma Sayısının Temsili Değerleri

Malzeme	ϵ
Harap olmuş ahşap	0
Ucu bozulmamış ahşap kazık	0.25
Sağlam ahşap yastıklı çelik kazık	0.32-0.40
Çelik başlıklı çelik veya beton kazık	0.50
Başlıksız beton kazık üstüne dökme demir tokmakla vurulması hali	0.40

Şekil 3.6. Kazık ve zeminlerin elastik sıkışmaları (c_2, c_3)

Şimdiye kadar adı geçen dinamik kazık formüllerinde kullanılan notasyon şöyledir :

- A : kazığın kesit alanı
- W_T : tokmak ağırlığı
- W_K : kazık ağırlığı
- S : refü
- F : enerji
- E_m : elastisite modülü

C : enerji kayıplarını ifade eden bir katsayı
C₁ : kazık başındaki darbe takozu ve yastığının
kısalmaması
C₂ : kazığının elastik kısalmaması
C₃ : zeminin elastik kısalmaması
e : çarpma sayısı
H : tokmanın düşüş yüksekliği
L : kazık boyu
c : tokmak tipine bağlı katsayı
Q_{em}: emniyetli taşıma gücü
G_s : güvenlik sayısı
K_u : katsayı



BÖLÜM 4. YATAY YÜKLÜ KAZIKLAR

4.1. YATAY YÜKLÜ KAZIKLAR

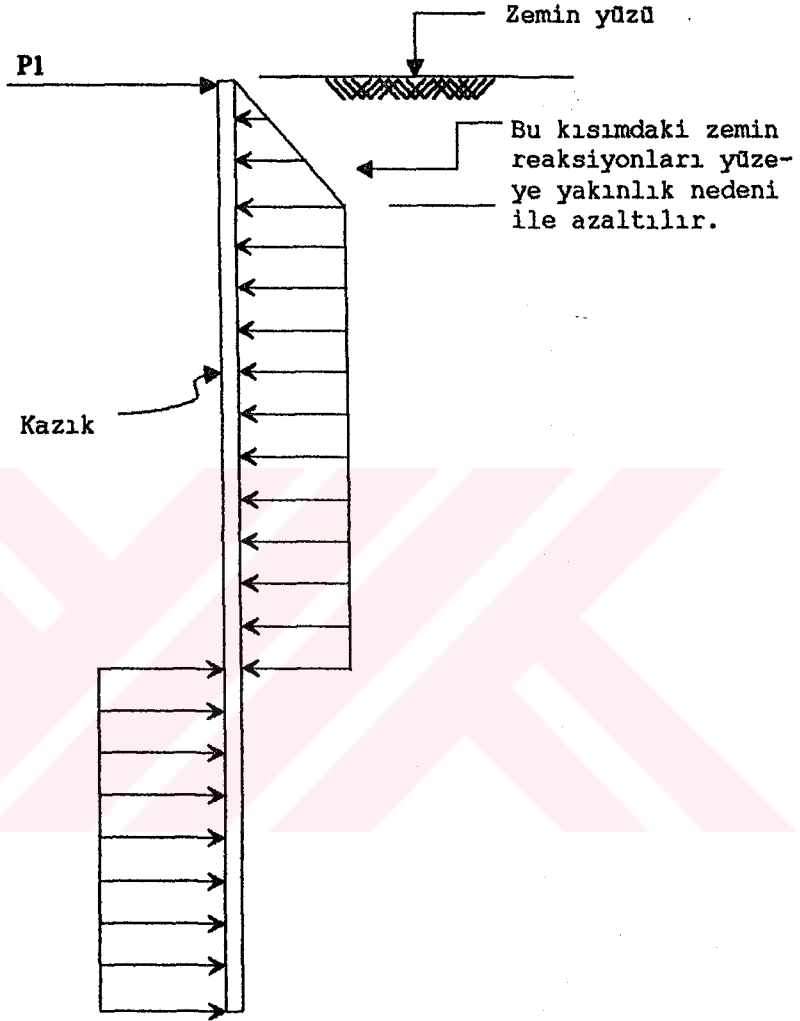
Kazıklı temeller üst yapıya etkiyen deprem, rüzgar, dalga kuvvetleri ve toprak basınçları nedeniyle çoğu zaman yatay kuvvetler etkisindedir. Bu kuvvetlerden dalga ve deprem kuvvetleri tekrarlı (cyclic) kuvvetlerdir. Günümüzde yatay kuvvet etkisindeki kazık problemi özellikle açık denizde yapılan petrol üretme platformları, endüstri ve savunma tesisleri ile liman yapıları nedeniyle önem kazanmıştır. Örneğin, bir açık deniz petrol platformunun bulunduğu bölgedeki su derinliği 300 m. olabilmekte ve kazıklar zemin içerisinde yeterli yatay ve düşey taşıma kapasitelerinin elde edildiği derinliğe kadar indirilmektedir. Bu tip yapıdaki bir kazığa etkiyen üst yapı tesirleri alışılmış değerlerin çok üstündedir. Kazığın aksenal kuvvet için tasarımı bilinen statik ve dinamik kazık formülleriyle yapılmaktadır. Kazığın yatay kuvvet etkisindeki davranışının incelenmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar başlıca iki gruba ayrılır :

- a) Elastik yöntemler,
- b) Yatak katsayısı yöntemleri.

Elastik Yöntemler:

Bu yöntemlerde zemin yarısonsuz, ideal elastik ve izotrop bir ortam kabul edilmektedir. Kazık L boyunda ve d genişliğinde düşey bir şerit olarak düşünülmektedir. Poulos tarafından önerilen elastik yöntemde kazık boyunca

Zeminin elasto-plastik davranışını gözönünde bulundurarak problemin çözümü zemin reaksiyonu-kazık yerdeğiştirmesi yöntemiyle yapılabilir.



Şekil 4.1. Limit analiz için kuvvet diyagramı örneği

4.2. ZEMİN REAKSİYONU-KAZIK YERDEĞİŞTİRMESİ (p-y) YÖNTEMİ

Yatay kuvvet etkisindeki kazık probleminin diferansiyel denkleminin yazılmasında klasik elastik zemine oturan kiriş teorisi kullanılabilir.

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = p \quad (4.1)$$

Bu eşitlikte :

y : kazığın yatay yerdeğiştirmesi,
x : kazık boyunca ölçülen derinlik,
EI : kazığın eğilme rijitliği,
p : zemin reaksiyonudur.

(4.1) eşitliği kazığın aksenal kuvvet taşımadığı durumlarda geçerlidir. p zemin reaksiyonu birçok zemin ve kazık özelliklerinin fonksiyonudur ve (4.1) eşitliğinin çözülebilirliği ve çözümün formu p zemin reaksiyonu için seçilen fonksiyona bağlıdır.

Zemin reaksiyonu ve kazık yerdeğiştirmesi arasında doğrusal bir bağıntının varlığı kabul edilirse, kazığın birim uzunluğuna etkiyen zemin reaksiyonu :

$$p = -E_s y \quad (4.2)$$

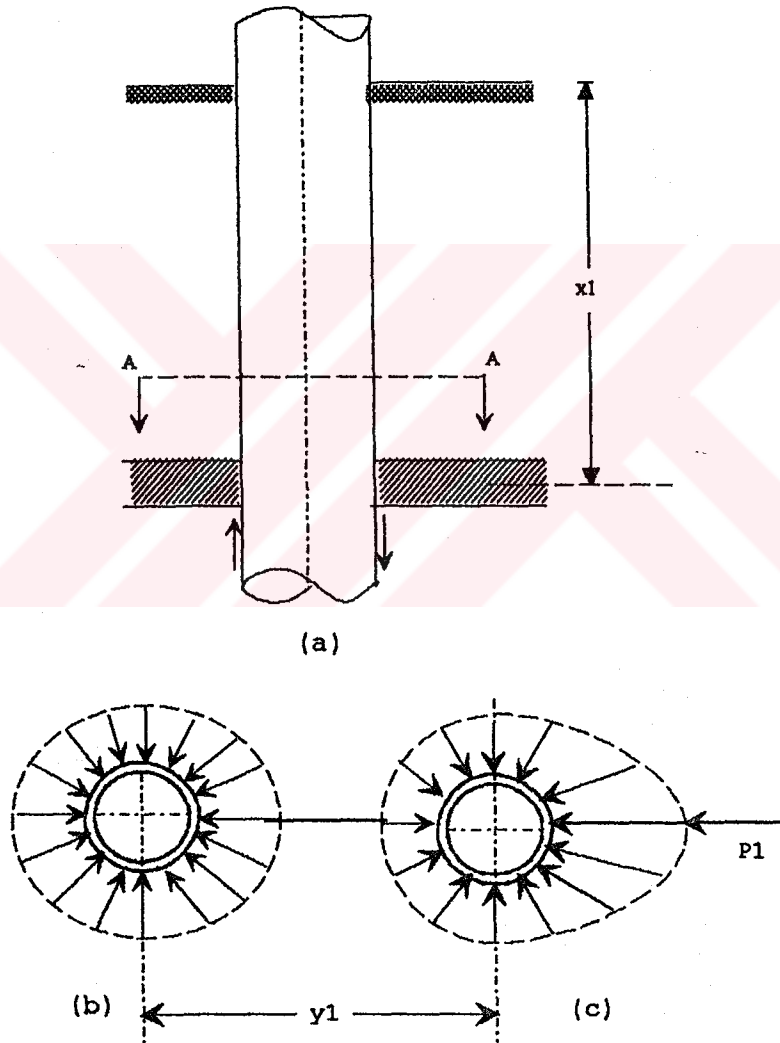
eşitliğinden hesaplanır. Burada eksi işareti, zemin reaksiyonu ile kazık yerdeğiştirmesinin zıt yönlü olduklarını ifade etmektedir. (4.2) eşitliğindeki E_s katsayısı, kazığın bir noktasındaki zemin reaksiyonunun, o noktadaki kazık yerdeğiştirmesine oranıdır ve *zemin modülü* olarak tanımlanır. (4.1) ve (4.2) eşitlikleri birleştirilirse :

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + E_s y = 0 \quad (4.3)$$

eşitliği elde edilir.

Zeminin elasto-plastik davranışını dikkate alacak şekilde (4.3) eşitliğinin çözümü p-y yaklaşımıyla mümkündür. Şekil 4.2.a. da zemin içerisindeki kazığın

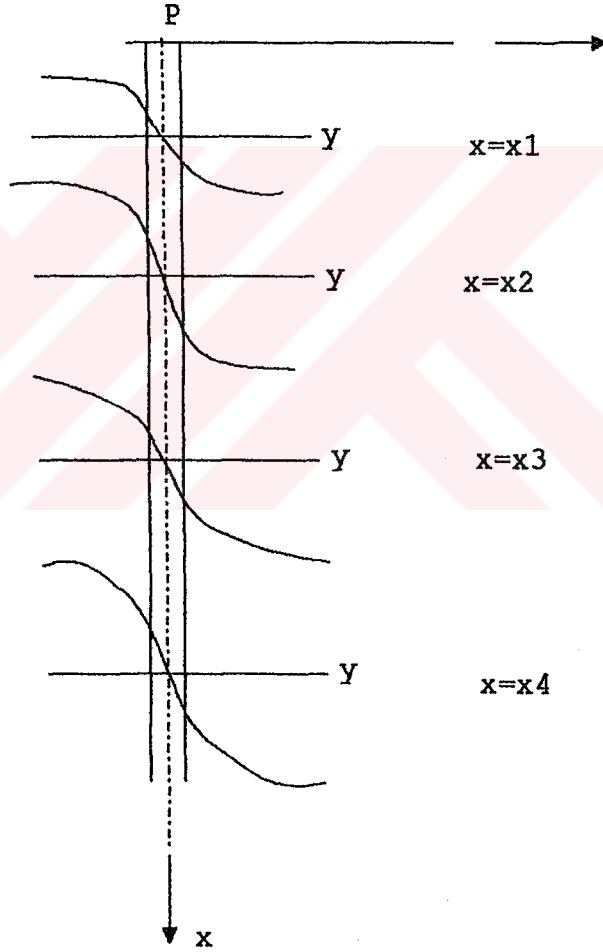
boyuna kesiti, Şekil 4.2.b. de ise kazık yüklenmeden önce x_1 derinliğindeki toprak basıncı dağılışı gösterilmiştir. Kazığın yatay kuvvetle yüklenmesini takiben x_1 derinliğindeki kazık yerdeğiştirmesi y_1 ise, toprak basıncı dağılışı Şekil 4.2.b. deki gibi olacak ve bu basınçların kazık çevresi boyunca integrasyonu kazığın birim boyuna etkiyen p_1 zemin reaksiyonunu verecektir. Bu noktada p ve y nin tanımı üzerinde dikkatle durulmalıdır.



Şekil 4.2. Zemin Reaksiyonu p ve Kazık Yerdeğiştirmesi y 'nin Grafik Tanımlaması

y_1 , yatay kuvvetinin belirli bir değeri için x_1 derinliğindeki kazık yerdeğiştirmesidir. p_1 ise bu yerdeğiştirme sonucu mobilize olan ve kazığın birim

boyuna etkiyen zemin reaksiyonudur. Yatay kuvvetin farklı bir değeri için x_1 derinliğindeki kazık yerdeğiştirmesi ve zemin reaksiyonu yukarıda bulunan y_1 ve p_1 değerlerinden farklı olacaktır. Genel olarak derinlik arttıkça zemin reaksiyonu da artmaktadır. Sonuç olarak kazık boyunca Şekil 4.3. de verilene benzer p-y eğrileri elde edilir. Ele alınan problemdeki kazık-zemin sistemi için Şekil 4.3 de verilene benzer p-y eğrileri elde edilebilirse, (4.3) eşitliğiyle verilen diferansiyel denklemin, zeminin lineer olmayan davranışını da dikkate alarak çözülmesi mümkündür.



Şekil 4.3. p-y Eğrilerinin Kazık Boyunca, Derinlikle Değişimi

(4.3) eşitliği sonlu farlar cinsinden aşağıdaki gibi yazılabilir :

$$\frac{EI}{(L/t)^4} [y_{n-2} - 4y_{n-1} + 6y_n - 4y_{n+1} + y_{n+2}] + E_{sn}y_n = 0 \quad (4.4)$$

Bu eşitlikte, L uzunluktaki kazığın herbiri L/t boyunda sonlu sayıda t eşit parçaya bölündüğü düşünölmekte ve seçilen bir n düğüm noktası için (4.4) eşitliğı yazılmaktadır. Benzer şekilde eğim S, eğilme momenti M, kesme kuvveti V ve zemin reaksiyonu P için aşağıdaki eşitlikler yazılabilir :

$$S_n = \frac{1}{2(L/t)} (-y_{n+1} + y_{n-1}) \quad (4.5)$$

$$M_n = \frac{EI}{(L/t)^2} (y_{n+1} - 2y_n + y_{n-1}) \quad (4.6)$$

$$V_n = \frac{EI}{2(L/t)^3} (-y_{n+2} + 2y_{n+1} - 2y_{n-1} + y_{n-2}) \quad (4.7)$$

$$P_n = \frac{EI}{(L/t)^4} (y_{n+2} - 4y_{n+1} + 6y_n - 4y_{n-1} + y_{n-2}) \quad (4.8)$$

Kazık t eşit parçaya bölündüğüne göre (4.4) eşitliğıyle verilen formda (t+1) eşitlik yazılabilir. Kazık başındaki ve ucundaki kesme kuvveti ve moment değerleri problemin sınır şartları olup söz konusu dört sınır şartı da sonlu farklar formunda yazılarak (t+5) adet cebirsel eşitlik elde edilir. Bu denklem takımı matris metodlarıyla çözülebilir.

p-y eğrileri Şekil 4.3. de gösterilidiğı gibi lineer olmayıp aynı zamanda derinliğın bir fonksiyonudur. Dolayısıyla yatay yüklenmiş kazık probleminin çözümünde iterasyon yapılmalıdır. Genel olarak takip edilen çözüm yolu şöyledir :

1. E_s zemin modülü için kazık boyunca bir seri değer seçilir. Çoğunlukla ilk yaklaşım olarak zemin modülünün derinlikle doğrusal arttığı varsayılır ($E_s = k_h x$).

2. Her düğüm noktası için E_{sn} değerleri hesaplanır ve (4.4) eşitlikleriyle sınır şartlarından oluşan denklem takımı çözülerek y_n kazık yerdeğiştirmeleri bulunur.

3. Her düğüm noktası için elde edilen y değerleri, bu düğüm noktasının bulunduğu derinliğe ait p - y eğrisinde yerine konarak o düğüm noktasındaki p zemin reaksiyonu hesaplanır.

4. Bütün düğüm noktaları için bu şekilde p değerleri belirlendikten sonra (4.2) eşitliğinden yeni bir dizi E_s değeri elde edilir.

5. Hesaplanan bu yeni E_s değerleri kullanılarak (4.4) denklem takımı yeniden çözülür ve yeni bir dizi kazık yerdeğiştirmesi elde edilir.

6. Bu y değerleri kullanılarak p - y eğrilerinden p değerleri ve (4.2) eşitliğinden yeni bir dizi E_s bulunur.

7. Kazık boyunca hesaplanan E_s zemin modülü değerlerinin bir önceki adımda bulunan zemin modülü değerlerine eşit olması veya aradaki kabul edilebilir sınır içerisinde kalması halinde iterasyona son verilir.

8. Nihai E_s değerlerine ait kazık yerdeğiştirmeleri (4.5), (4.6), (4.7) ve (4.8) eşitliklerinde yerine konarak eğim, eğilme momenti, kesme kuvveti ve zemin reaksiyonu değerleri hesaplanır.

Yatay yüklenmiş kazık probleminin zeminin lineer olmayan davranışını da dikkate alarak çözümünde en önemli husus arazide mevcut zemin cinsi ve kazık boyutları için

kazık boyunca bir seri p-y eğrisinin belirlenmesidir. Bu eğrilerin mevcudiyeti halinde yukarıda anlatıldığı gibi her adımda kazık ve zemin yerdeğiştirmeleri arasında uyum sağlayarak problemi iterasyonla çözmek mümkündür.

p-y analiziyle elde edilen çözümlerin hassaslığı p-y eğrilerinin hassaslığına ve tekrarlı yüklemenin bu eğrilerde sebep olduğu biçim değişiminin doğru tahmin edilmesine bağlıdır. Kazık boyunca hesaplanan eğilme momentleri p-y eğrilerindeki değişikliklerden, diğer bir değişle kuvvetin tekrar sayısından fazla etkilenmemekte ise de, kazık yerdeğiştirmeleri için aynı řey söylenemez. Kazığın $t > 20$ eřit parçaya bölünmesiyle yeterli hassaslıkta çözümler üretilebilmektedir. Uygulamada çoğunlukla $t = 50$ sečilmektedir. Başlangıçta seçilen gelişigüzel veya derinlikle doğrusal artan zemin modülü dağılışından kazık-zemin sisteminin davranışını temsil eden p-y eğrilerine uygun zemin modülü dağılışına yaklaşık 10-12 iterasyonla ulaşılabilmektedir. Bu yöntemle tahmin edilen kazık yerdeğiştirmesi, eğilme momenti, kesme kuvveti ve zemin reaksiyonu dağılışlarıyla arazide yapılan kazık yükleme deneylerinden elde edilen sonuçlar uyum iğerisindedir veya p-y yaklaşımı daha konservatif değerler vermektedir.

4.3. YATAY YÜKLÜ KAZIK HESABINDA SONLU FARKLAR VE SONLU ELEMANLAR METOTLARI

Grup halindeki kazıklar sık sık düşey ve yatay yüklerin etkisi altındadırlar. Önceki yıllarda tasarımcılar, kazıkların sadece düşey yükleri taşıdığını varsayarak, grup içindeki bir kazığın taşıdığını düşey yükü bulmak için grafik metotlara başvurmuşlardır. İşaret direkleri, yüksek gerilim hatlarını taşıyan direkler ve çeşitli deniz kazıkları "yatay yüklü kazık" hesabına göre dizayn edilen, kısmen gömülmüş kazıkları temsil ederler. şu anki uygulama, zemine kısmen ya da tamamen gömülmüş, narin yapı elemanlarını, yatay yüklü kazılar olarak

dikkate alır. Çok sayıda yapılan yükleme deneyleri, düşey kazıkların eksenel yüklü elemanlara nazaran, yatay yükleri kesme kuvveti ve eğilme ile taşıdıkları düşüncesini onaylamıştır. Ayrıca, kazık üzerine hem yatay hem de eksenel yükler etkirken süperpozisyon yapmak yaygın bir metottur. Bowles bu konuda, kazık üzerinde hem yatay hem eksenel yükler mevcutken (p-y etkisini de içeren), genel bir durum olan kazığın tamamen ya da kısmen gömülü olduğu durumlarda, kazık gerilmelerini analiz eden bir bilgisayar programı geliştirmiştir (1974). Gelneksel hesap yönteminde yatay yüklü kazık hesaplanırken eksenel yük dikkate alınmaz. Bu programda ikisi de dikkate alınmıştır.

Daha önceki çalışmalarda Howe(1955), Matlock, Reese(1960), Bowles(1968), yatay yüklü kazıkların analizinde sonlu farklar yöntemini kullanmışlardır. Matlock ve Reese bir seri boyutsuz eğriler elde etmek için sonlu farklar metodunu kullanmıştır. Bu sayede, kullanıcı verilen yatay yüke, zemin yüzü deplasmanına ve kazık bünyesinin maksimum eğilme momentine göre uygun eğriyi girebilmektedir. Belli sebeplerden dolayı, bu çözüm için sadece seçilmiş zemin modülünün derinlikle değişimi kullanılabilmektedir.

Günümüzde kazık maliyetlerinin yüksek oluşu ve bu hesapları yapabilecek bilgisayarların ve bilgisayar programlarının bulunmasından ötürü Matlock ve Reese'in bu boyutsuz eğrileri çokça kullanılmalarına rağmen Bowles bunları tavsiye etmemektedir. Eğriler kullanılırken enterpolasyon yapmak gerektiğinde çoğunlukla yuvarlatmadan dolayı hatalar çıkmaktadır. Daha da önemlisi, eğriler en ekonomik çözümü bulmak için yapılacak herhangi bir parametrik çalışmada çok fazla zaman alıcıdır.

Reese(1977) önceleri kullanılan sonlu farklar metodu üzerindeki çalışmalarını devam ettirdi, McClelland

ve Focht(1958) tarafından da kullanılmış olan p-y eğrisi formundaki zemin modülünün kazık gövdesi boyunca değişiminin analizini de genişletti. Bu eğrilerde p; zemin modülü ile kazık genişliğinin çarpımıdır (Es ile aynı birimdedir). y ise kazık gövdesinde oluşan yer değiştirmedir. $p \times y$ çarpımı düzgün yayılı giriş yükü w nin birimiyle aynı olacak şekilde vermektedir. Teorik olarak p-y eğrileri kazık boyunca her noktada kullanılır. Uygulamada, eğer bir noktadaki yerdeğiştirme bilinmiyorsa, p-y eğrisi bilgisayar vasıtasıyla tahmini olarak geliştirilebilir.

Sonlu farklar metodu programlamak için kolay bir yöntem değildir. Denklemler, kazık başının serbest veya dönme ve yerdeğiştirmeye karşı tutulmuş olmasına bağlıdır. Kazık kesitinin sabit olmaması, zeminin tabakalı oluşu çeşitli zorluklar çıkarabilir.

Sonlu farklar matrisi $N \times N$ boyutundadır. Buradaki N düğüm noktaları sayısıdır. Bu boyutta bir matrisin olması ve düğüm noktaları arasındaki mesafenin büyük tutulması, hafızası sınırlı ilk bilgisayarlar için bir avantajdı. Fakat sonradan görüldü ki düğüm noktaları arasındaki mesafelerin kısaltılması, dolayısıyla N sayısının büyümesi tasarımda daha iyi sonuçlar vermektedir. Örneğin, kazığın ilk 1/3'lük bölümünde daha sık düğüm noktaları kullanmak daha yararlıdır. Sonlu farklar metodu düğüm noktaları arasındaki mesafenin aynı olmasını gerektirmektedir. 36 m. lik bir kazık için 0.3 m. mesafeyle düğüm noktalarını yerleştirirsek 121 tane düğüm noktası elde edilir. Matris boyutu $N \times N = 14641$ karakter olur. Bu da 58.6 Kbyte demektir. Genellikle sayılar çift incelikli (double precision) olduğu için bu sayı 117 Kbyte'a çıkar. Sonlu elemanlar metodunda ise bir düğüm noktası için $2 \times NP$ adet nokta bulunur. Bu da matrisin boyutunu tek incelikli sayılar için $2N \times 2N = 234.2$ Kbyte'a çıkarır.

Şu andaki bant matrisi azaltma yöntemleriyle, matrisin boyutu $2N \times 4$ olarak bulunabilir. Genellikle bant genişliği 4 olarak alınabilir. Bu örnekte o zaman;

$$\text{Boyut} = 2(121) \times 4 = 968 \text{ karakter ve } 3.9 \text{ Kbyte}$$

olarak bulunur. Bu dizi, bir PC de çok cüzi bir zaman içinde çözülebilir. Sonlu elemanlar yöntemiyle düğüm noktaları arasındaki mesafeleri farklı almak mümkündür. Bu örnekte; kazığın ilk 3 m. si için 0.3 m. lik elemanlar, sonraki 3 m. için 0.5 m. lik elemanlar, sonraki 6 m. için 0.75 m. lik elemanlar, geri kalan parçalar için 1 ve 2 m. lik elemanlar kullanılarak 40 veya 50 adet düğüm noktasına ulaşılır (0.6 ~ 0.8 Kbyte). Bu verilerle kazığın önemli olan $L/3$ 'lük mesafesi için tatmin edici sonuçlar alınır.

Daha kolay programlanabilir olmasının yanında, sonlu elemanlar metodu, sonlu farklar metodu'na göre nokta deplasmanları ve dönmeleri kullandığı için daha gerçekçidir. Bu, kazığın elastik eğrisini daha iyi tanımlamaktadır. Sınır koşullarının (sıfır deplasman ve/veya dönme veya belli deplasman değerleri ve/veya dönme değerleri) modellenmesi daha kolaydır.

Sonlu elemanlar çözümünde yatay yüklü kazıklar için zemin modülünün hesaplanmasında şu genel form kullanılacaktır:

$$k_s = A_s + B_s Z^n \quad (4.9)$$

veya bunun yanında ,

$$k_s = A_s + B_s \tan^{-1} \frac{Z}{B} \quad (4.10)$$

kullanılabilir. Burada;

k_s : zemin modülü

A_s : düşey ve yatay elemanlar için bir sabit

B_s : derinlik katsayısı

Z : derinlik

B : kazık genişliği (veya çap)

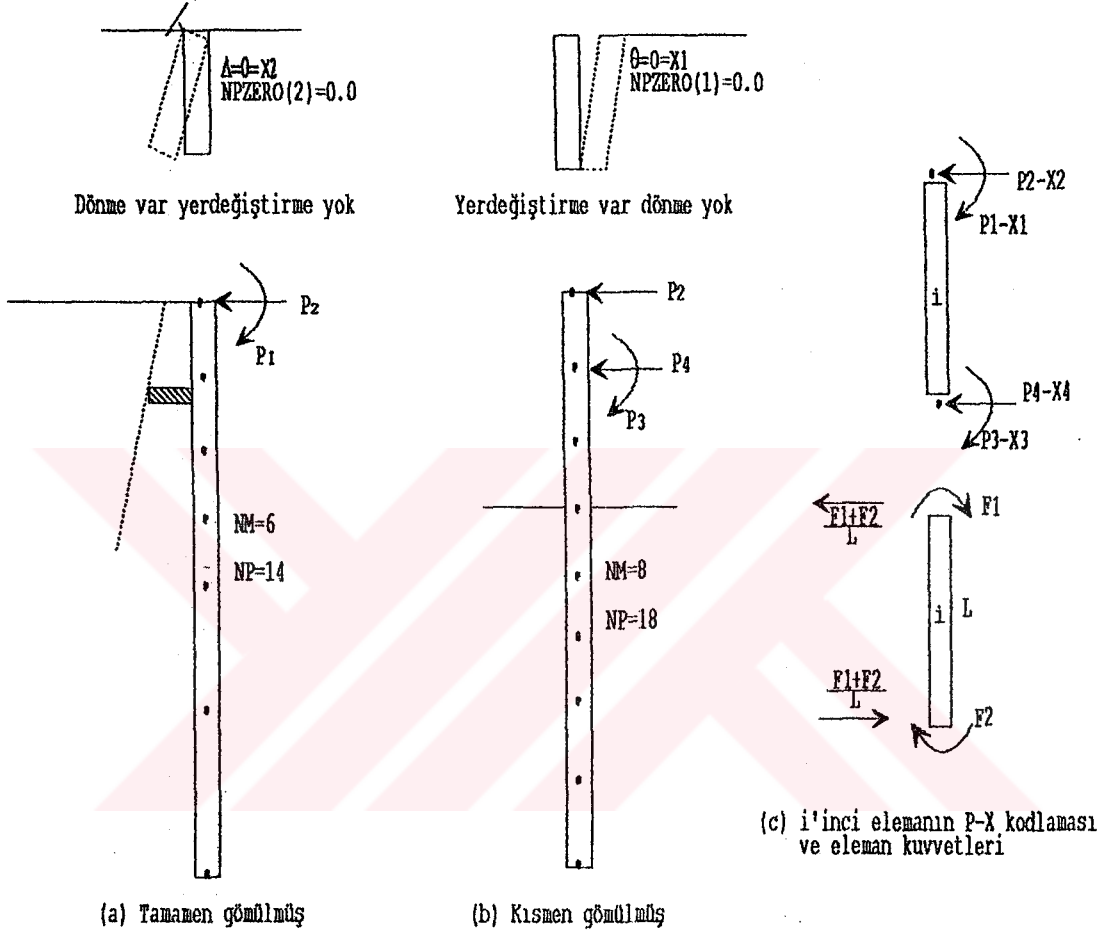
olarak alınmıştır. Son verilen formül bu tezdeki bilgisayar programında kullanılmıştır. Fakat istenirse diğer formüllerde kolayca eklenebilir.

Yukarıda bahsedilen iki formülden herhangi birinin kullanılması; zemin yüzünde boşluklardan dolayı meydana gelecek yay katsayısındaki herhangi bir azalmayı belirlemek, istenilen yay katsayısını o noktada uygulamak veya nonlinear etkiyi de hesaba katarak daha gerçekçi bir model oluşturmak içindir. Elde yatay yüklü bir kazık yükleme deneyi sonucundan bulunmuş A_s , B_s (ve n) parametreleri bulunsa bile bunlar sadece arazideki o nokta için geçerlidir. Alizadeh ve Davisson'un da (1970) gösterdiği gibi aynı noktada bir çok kazıkla yükleme deneyi yapılması halinde bile farklı k_s değerleri elde edilebilmektedir. Arazi içindeki bu farklılaşma, kazık boyunca hesaplanan ve k_s baz alınarak bulunan $q-\delta$ eğrilerinden çok, k_s 'den başlayıp X_{max} 'a kadar uzanan değerlerin kullanılmasının daha yararlı olacağını göstermiştir. Genelde yatay yüklü kazıklar 6-10 mm. lik yatay zemin yüzü deplasmanlarına göre dizayn edildiklerinden, ayrıca kazık zeminden daha rijit olduğundan (aksi halde kazık kullanımına gerek kalmaz), kazığın eğilme rijitliği bu olayda daha etkindir. Dolayısıyla k_s 'nin çok büyük bir aralıkta değişmesi eğilme momentlerini fazla etkilememektedir. Zemin yüzü deplasmanları büyük ölçüde k_s değerine bağlıdır. Bununla beraber k_s 'nin çok büyük bir aralıkta kullanılması, basit bir ifadeyle belirlenmesine yeterli olacaktır.

Bilgisayar programı kullanılırken izlenmesi gereken yol şöyledir:

1- Kazık yeterli sayıda parçalara bölünür. Kazığın ilk 1/3'lük bölümü önemli olduğu için buradaki parça boyları daha kısa olmalıdır. Çok kısa bir parçadan sonra

çok uzun bir parça gelmemesine dikkat etmek gerekir. Düğüm noktaları, kazık kesitinin değiştiği yerlerde, zemin tabakasının değiştiği yerlerde ve kuvvet uygulanan yerlerde teşkil edilmelidir. Genelde 10-15 parçalık bir bölünme yeterli olmaktadır.



Şekil 4.4. Yatay yüklü kazıkların sonlu elemanlar yöntemiyle gösterilişi. (a), (b) tipik yükleme türleri. Eleman uzunlukları aynı olmak zorunda değildir.

2- Kısmen gömülmüş kazıklar da bu programla hesaplanabilir. Bunun için kazığın hangi noktadan itibaren zemine gömüldüğünün belirtilmesi gerekir (JZEMIN= düğüm noktası no).

3- Sıfır dönme ve yerdeğiştirmesi olan noktalar tanımlanmalıdır. NZX = sıfır deplasmanı olan X değerlerinin sayısıdır.

4- Zemin modülü ve onun derinlikle nasıl değiştiği tahmin edilmelidir ($A_s, B_s, EXPO$). A_s, B_s 'nin her ikisi de sıfır olabilir. $EXPO = 0.5, 0.75, 1.0, 1.5$ değerlerini alabilir.. Alternatif olarak (4.10) denklemine benzer bir ifade de kullanılabilir.

5- k_s 'nin en iyi tahmini, yatay yüklü kazık yükleme deneyi sonuçlarının elde bulunmasıyla mümkündür. Bunun yanında çok kesin bir k_s değerini bulmak için uğraşmak da doğru değildir. Gerek arazi içindeki varyasyonlar gerekse kazık kesitindeki değişimler buna engel teşkil eder. Yine de çalışma yüküne yakın değerlerdeki test yükleriyle işlem yapmak daha doğru olacaktır.

Kazık yükleme deney sonuçlarının olmadığı yerlerde, k_s 'nin tahmin edilmesi gereklidir. Aşağıdaki tabloda k_s değerlerinin değişik zemin tipleri için aldığı değerler verilmiştir. Bu değerler 3~6 m. derinlik civarındaki A_s değerleri olarak alınabilir.

Tablo 4.1. Bazı Zemin Tabakaları İçin Zemin Modülü Değerleri ($k_s = A_s + B_s Z^n$ formülündeki A_s değerleri)

ZEMİN	k_s, kcf	$k_s, MN/m^3$
Sıkı kumlu çakıl	1400-2500	220-400
Orta sıkı iri kum	1000-2000	157-300
Orta kum	700-1800	110-280
İnce kum	500-1200	80-200
Sert kil (nemli)	350-1400	60-220
Sert kil (doymuş)	175-700	30-110
Orta kil (nemli)	250-900	39-140
Orta kil (doymuş)	75-500	10-80
Yumuşak kil	10-250	2-40

BÖLÜM 5. PALPLANŞLAR

5.1. GİRİŞ

Bir zemin kütlelerini tutmak amacıyla teker teker bir dizi halinde zemin içerisine çakılan elemanlar ile oluşturulan düşey sürekli duvarlar palplanş duvarlar olarak adlandırılır. Palplanş duvarlar zeminden gelen yatay yüklerin büyük bir kısmını, düşey yüklerin ise çok az bir kısmını, tutabildiklerinden statik sistem olarak düşey yönde oturtulmuş bir kiriş olarak düşünülebilir. Kesit olarak genişlikleri uzunluklarına oranla çok fazla olduğundan narin birer yapı elemanıdır. Genel olarak ;

1) Su tutma yapılarının inşaatında, diğer duvarların yapımı esnasında suyu inşaat sahasından uzak tutmak için,

2) Hafif yapılarda üst zemin tabaka veya tabakalarının istinat yapısını desteklemeye yetersiz kaldığı zamanlarda,

kullanılırlar. Bu genel uygulama alanlarını da içeren bir biçimde palplanş duvarlar pratikte bölme perdesi kolonlarında, rıhtımlarda, dalgakıranlarda, deniz içinde inşa edilen duvarlarda, derin kazı duvar kaplamalarında kullanılırlar. Bununla beraber palplanş duvarlar ;

a) Yüksek bükülebilirlik dayanımı isteyen çok yüksek duvarlarda,

b) Zemin özellikleri yüzünden (sert kaya veya zeminin büyük kaya blokları içermesi) çakma zorlukları olan bölgelerde,

kullanılışlı değildirler.

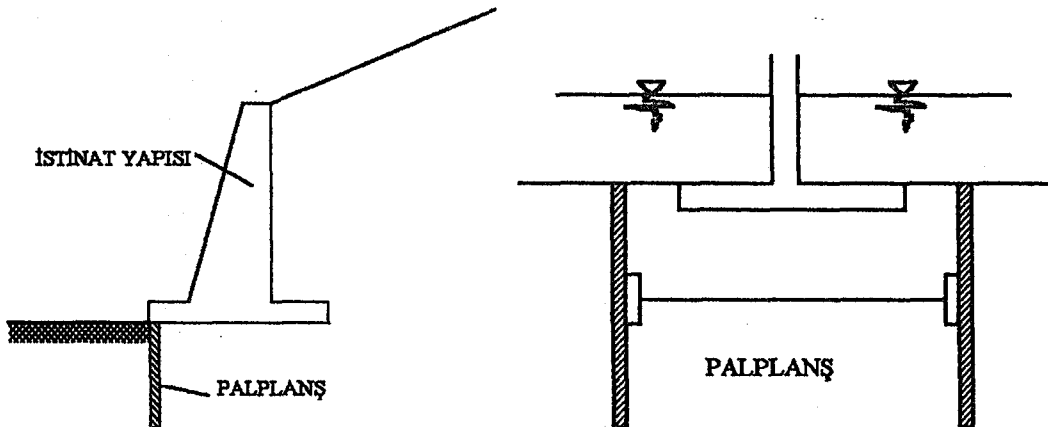
Palplanş duvarlar yapısal açıdan ;

- 1) Ankastre (gömme)
- 2) Ankrajlı
- 3) Destekli

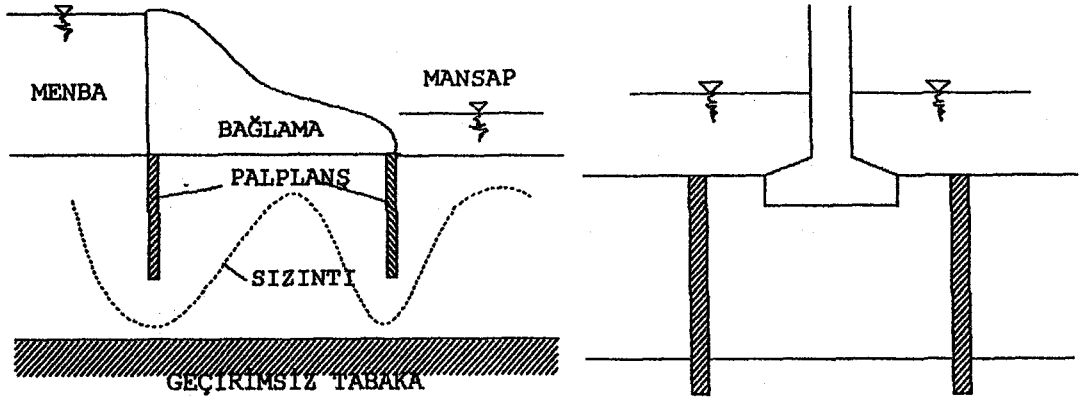
olarak inşa edilebilirler. En büyük özellikleri zemin problemlerine çabuk çözümler getirebilmeleridir. Kullanım amaçları açısından palplanş duvarlar üç ana grupta toplanabilirler :

- 1) Yapının bir bölümünü oluşturan palplanş duvarlar,
- 2) Yapıda yardımcı eleman olarak oluşturulan palplanş duvarlar,
- 3) Başlı başına yapı olan palplanş duvarlar.

Yapının bir bölümünü oluşturan palplanş duvarlarda amaç yapının gerekli olan stabilitesinin veya sızdırmazlığının bir palplanş duvar ile sağlanmasıdır. Bu amaçlarla kullanılan palplanş duvarlara örnekler Şekil 5.1.a. ve 5.1.b. de verilmiştir.

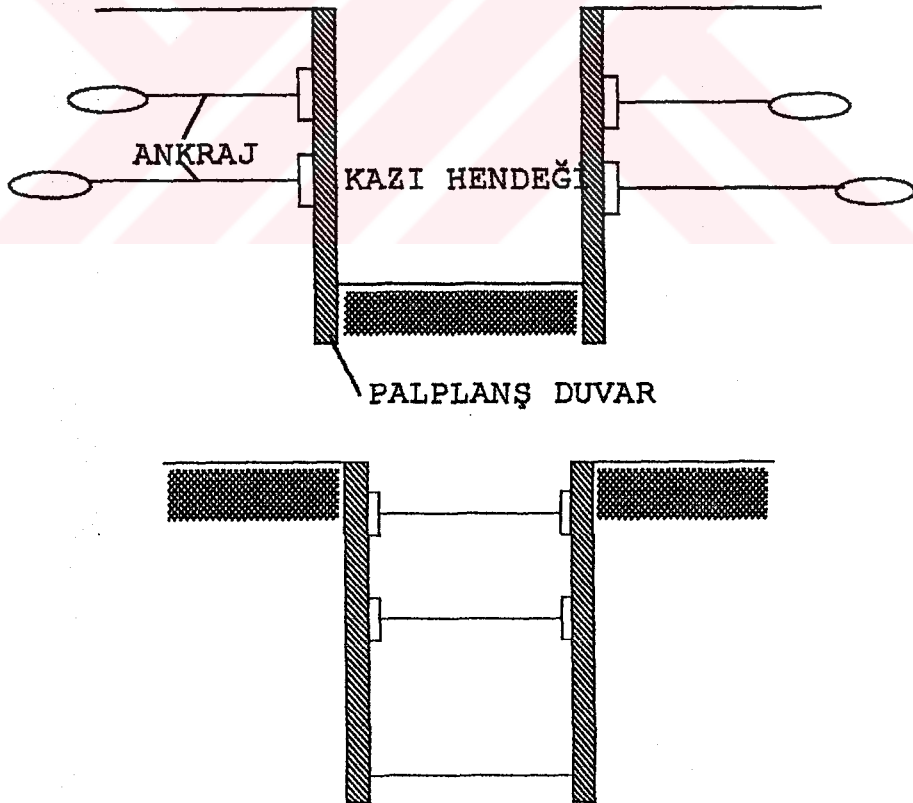


Şekil 5.1.a. Palplanşın Uygulama Yerleri



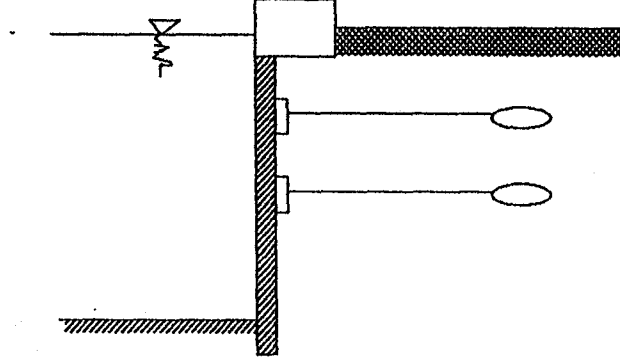
Şekil 5.1.b. Palplanşın Uygulama Yerleri

Bir yapıda yardımcı olarak kullanılan palplanş duvarları inşaat sırasında suyu inşaat sahasından uzak tutmak veya düşey derin kazı yapabilmek amaçları için kullanılırlar. Görevi bittikten sonra sökülerek başka bir alanda kullanılabilirler (Şekil 5.2.).



Şekil 5.2. Palplanşın Yardımcı Yapı Olarak Kullanımı

Palplanş duvarların başlı başına yapı olarak kullanılmasına en iyi örnek rıhtım duvarları gösterilebilir (Şekil 5.3.).



Şekil 5.3. Palplanş Duvar İle Rıhtım Duvarı

5.2. PALPLANŞ ELEMANLARIN GENEL TİPLERİ

Palplanş elemanlar genel olarak 3 tipte imal edilirler :

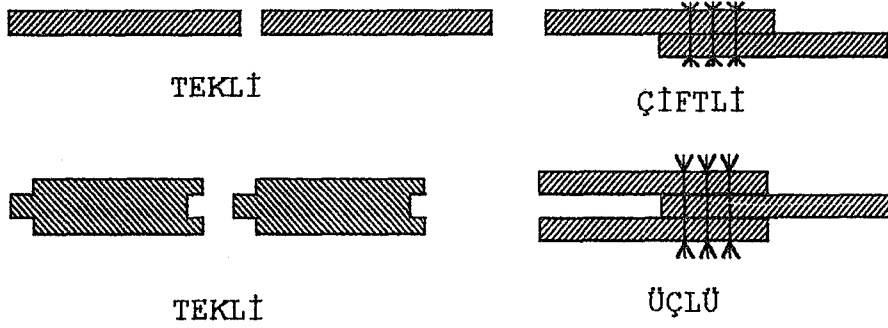
- 1) Ahşap palplanşlar
- 2) Betonarme palplanşlar
- 3) Çelik palplanşlar

5.2.1. AHŞAP PALPLANŞLAR

Ahşaptan oluşan bu elemanlar zaman içerisinde zemin şartlarından büyük hasar görebildiklerinden sadece geçici amaçlar için kullanılırlar. Şekil 5.4. de görüldüğü gibi tekli veya çiftli olarak kullanılabilen ahşap palplanşların Wakefield tipi denen üçlü tipleri de vardır. Tekli tipleri duvarların bütünlüğünü sağlamak amacıyla geçmeli olarak da imal edilebilirler.

Ahşap palplanşlar çakma esnasında uç kısımlarının korunması amacıyla uçlarına çarık takılarak kullanılırlar. Genel olarak yükseklikleri maksimum 5 m. civarındadır. Genişlikleri ise, 2m. yüksekliğe kadar 8

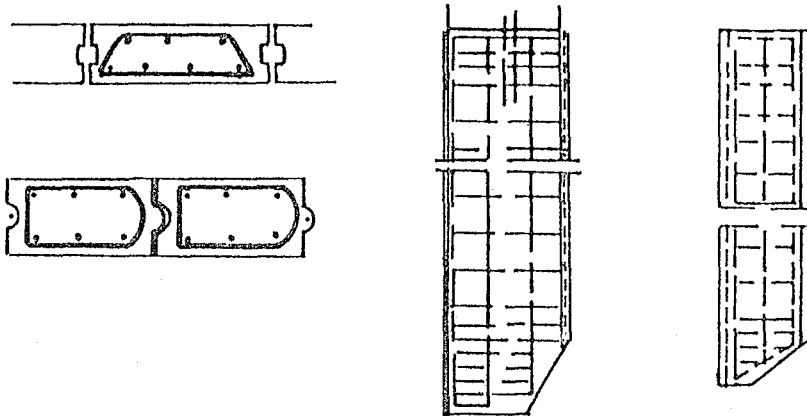
cm. olup bundan sonraki her yükseklik metresi için genişliğe 1 cm. ilave edilerek hesaplanabilir.



Şekil 5.4. Ahşap Palplanş Tipleri

5.2.2. BETONARME PALPLANŞLAR

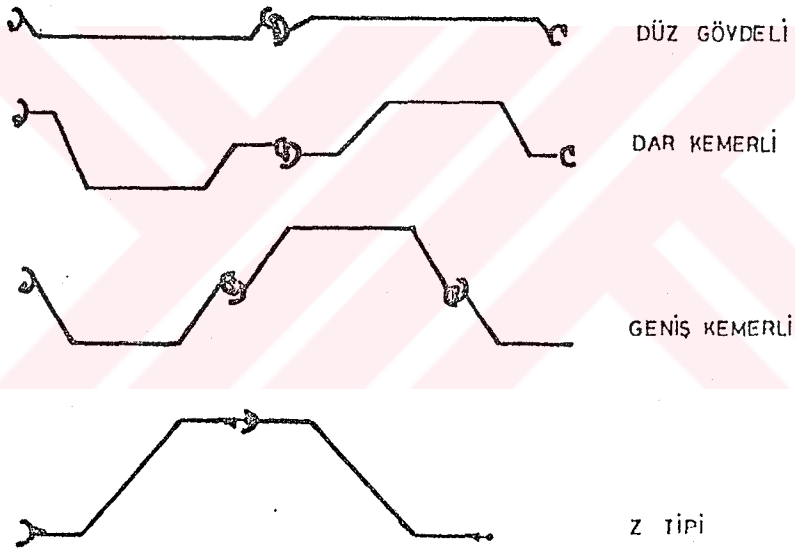
Betonarme palplanşlar servis yüklerine ve inşaat süresince etkiyecek yüklere karşı dayanabilecek şekilde istenilen kesit ve boyda imal edilebilirler. Ağırdırlar ve hacimleri büyüktür. Bu sebeple taşınmaları ve çakılmaları sırasında problemlere yol açabilirler. Kısa boylu betonarme palplanşlar tepesinden üçte birlik mesafeden bağlanarak taşınabilirler. Uzun palplanşları taşımak için üzerlerinde iki yada daha fazla taşıma noktası tertiplenmelidir. Kullanım amaçları dolayısıyla eğilme gerilmelerini taşımak üzere donatılı olarak tertiplenirler. Ayrıca taşıma ve çakma esnasındaki ilave



Şekil 5.5. Betonarme Palplanş

yüklemelere karşı koymak için ilave donatılar yerleştirilmelidir. Çakma tesirlerine karşı koymak için alt ve üst uçlarında donatı sıkıştırılması da yapılır (Şekil 5.5.). Su sızdırmazlığı istenen yerlerde birleşim yerleri su geçirmeyecek şekilde tertiplenir. Ayrıca çakma esnasında birbirlerine yanaşmalarını sağlamak amacıyla uçları eğimli olarak tertiplenir.

Hacimlerinin büyük olması nedeniyle çakıldıklarında oluşturacakları büyük yer değiştirmeler sonucu çakılmaları zordur. Büyük rijiditeye sahip olduklarından eğilme momentinin büyük olduğu yerlerde diğer tiplere tercih edilirler.



Şekil 5.6. Çelik Palplanşlar

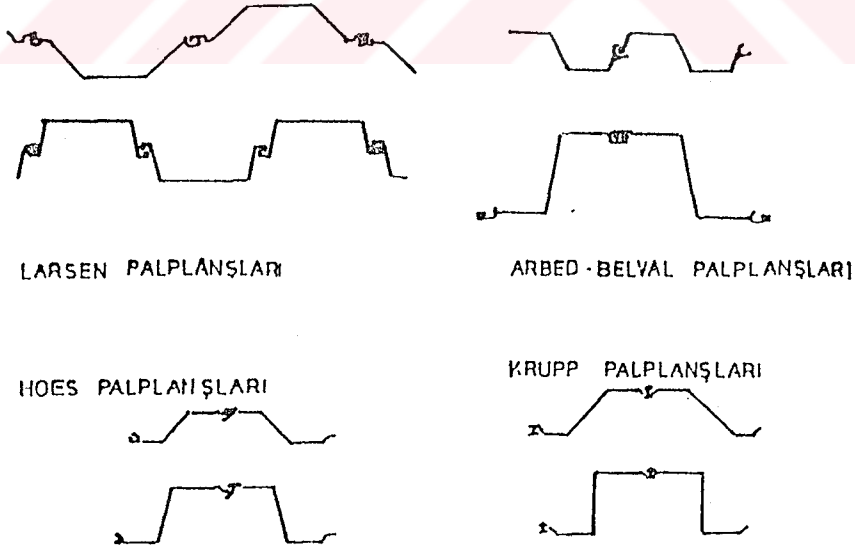
5.2.3. ÇELİK PALPLANŞLAR

Çelik palplanşlar dökme demirden birbirine geçmeli olarak imal edilirler. Kesit şekilleri çok değişken olan çelik palplanşların en çok kullanılan tipleri Şekil 5.6. de verilmiştir. Amerikan tipi çelik palplanşlar tam esnek mafsallı olarak imal edilirler ve bazen önlerinde oluşturulacak betonarme bir duvara kalıp dörevi de göreceklelerinden, beton miktarını azaltmak için girintili

kısımları hep aynı tarafa gelecek biçimde tertiplenebilirler. Bununla beraber bu tip düzenlemede palplanşların çakılması ve mafsallarının ayarlanması güç olacağından bu yöntem pek tavsiye edilmemektedir.

Amerikan pratiğinde mafsallarda sürtünme olmadığı kabul edilir ve kesit ağırlık merkezi esas alınarak hesaplanır. Palplanşlar arasında muhakkak sürtünme olduğuna göre gerçek eğilme dayanımının bu şekilde hesaplanandan daha büyük olacağı söylenebilir. Bütün çelik palplanşlar zemine genellikle çakılarak yerleştirilir. Köşe elemanları ve derzler Y yada T tipi olup perçin veya kaynakla birleştirilir.

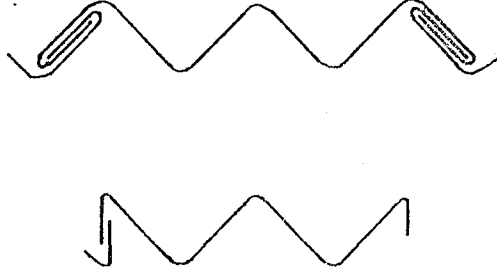
Düz gövdeli palplanşlar çekme gerilmesi taşıyan, geçme yerlerinin dayanımının yüksek olmasının istendiği yerlerde, özellikle hücreli batardolarda, kemerli palplanşlar büyük eğilme ve konsol yükü taşıyan yerlerde, Z tipi palplanşlar ise büyük bükülme dayanımı gerektiren yerlerde kullanılırlar. Avrupada yaygın olarak kullanılan palplanş tipleri Şekil 5.7. de verilmiştir.



Şekil 5.7. Avrupada Kullanılan Çelik Palplanşlar

Şekil 5.7. de verilen palplanş tipleri 3/8" yada 1/2" lik gövde kalınlığına sahiptir ve yüksek toprak

basınçlarının etkisini azaltmak için kullanılırlar. Sığ bir kazıdaki zemini tutmak amacıyla ekonomik olarak daha hafif ve ince metalden imal edilebilirler.



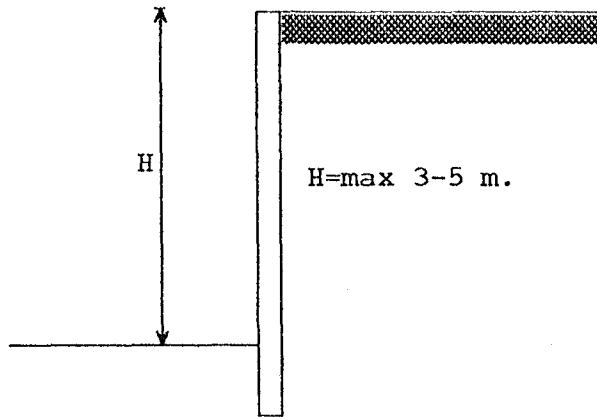
Şekil 5.8. Hafif Çelik Palplanşlar

5.3. PALPLANŞ DUVAR TİPLERİ

Palplanş duvarlar kullanım şekillerine göre dört sınıfta toplanabilirler.

5.3.1. KONSOL PALPLANŞ DUVARLAR

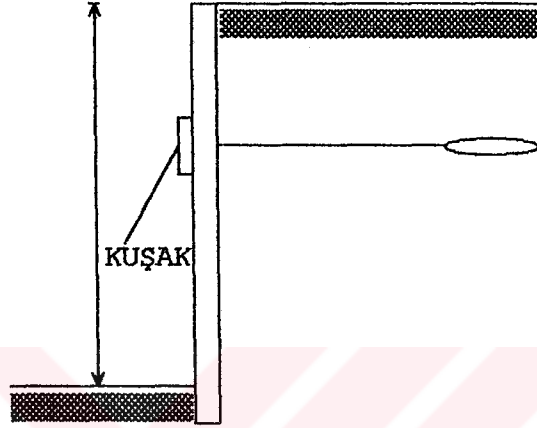
Toprak basıncını karşılamak için düşey bir konsol olarak çalıştırılan palplanş belirli bir derinliğe kadar zemine çakılır (Şekil 5.9.). Bu tip palplanşların kullanımı belirli bir yükseklikle sınırlıdır. Aksi taktirde yanal ötelenmeler sonucu duvarın önünde erozyon oluşabilir.



Şekil 5.9. Konsol Palplanş Duvar

5.3.2. ANKRAJLI PALPLANŞ DUVARLAR

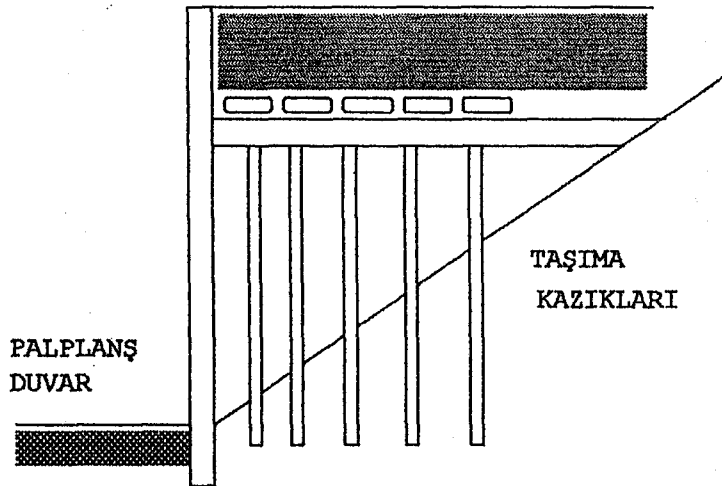
Yanal toprak itkilerini karşılamak üzere konsol olarak inşa edilen bu duvarlar 10 m derinliğe kadar bir, daha sonra 2-3 yerden zemine ankrajlarla bağlanarak kullanılırlar (Şekil 5.10.).



Şekil 5.10. Ankrajlı Palplanş Duvar

5.3.3. KURTARMA PLATFORMLARI

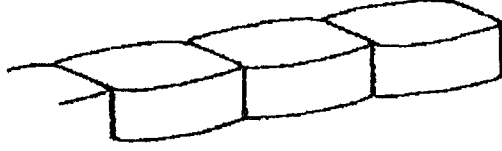
Kazıklar üzerine oturtulmuş bir toprak dolgu yada platformun önünde oluşacak yanal basınçları karşılamak üzere inşa edilir. Genelde demiryolları ve kreyn hatları için kullanılır (Şekil 5.11.).



Şekil 5.11. Kurtarma Platformu

5.3.4. BATARDO HÜCRELERİ

Palplanşlar bir hücre oluşturacak ve kendi kendini destekleyecek şekilde yanyana çakılır. Daha sonra içleri dolgu malzemesi ile doldurularak batardo hücresi olarak kullanılırlar (Şekil 5.12.).



Şekil 5.12. Batardo Hücresi

5.4. PALPLANŞLARIN DAYANIMI

Palplanşlar hem kuruda hem suda kullanılabilen yapı elemanlarıdır. Palplanşlar zaman içerisinde korozyona uğrayabilirler. Kuru zemindeki uygulamalarda zemin korozyon oluşturucu maddeler ihtiva etmiyorsa korozyona karşı önlem olarak hesap kalınlığına 1/16" ilave yapmak yeterlidir.

Palplanş duvarların dayanımı ile ençok Beach Erosion Board ilgilenmiştir (1952). Çalışmada genelde, normal su ile karışık deniz suyu temasında olan 90'ın üzerinde duvar incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucu olarak palplanşların dayanımına etkiyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- 1) Yapının tipi
- 2) Arazinin jeolojik durumu
- 3) Su seviyesindeki değişim
- 4) Zeminin cinsi
- 5) Deniz suyu ve tuz etkisi
- 6) Boyama ile koruma

5.5. PALPLANŞ DUVARLARIN DİZAYNI

Palplanş duvarların dizayn esasları aşağıda sıralanan adımlardan oluşur :

- Genel bilgilerin toplanması ve ön çalışmalar için topoğrafik çalışmalar, arazinin durumunu detaylı olarak belirleyebilecek şekilde yapılmalı; duvar üst kotu, duvar önündeki zemin seviyesi, maksimum su seviyesi, su seviyesinin zaman içindeki değişimi belirlenmelidir.

- Duvarın inşa edileceği yerdeki zeminin geoteknik özellikleri belirlenmeli, mevcut herbir zemin tabakasının kohezyonsuz ise SPT, kohezyonlu ise serbest basınç deneyi ile kayma mukavemeti parametreleri belirlenmelidir. Eğer mevcut zemin üzerinden belli bir kısmı herhangi bir şekilde kaldırılacaksa bu efektif gerilmenin düşmesine neden olacağından, kayma direncinde oluşacak azalmanın hesaplarda göz önüne alınması gerekir.

- Zemin sondajları, sondaj çok sıkı zemin veya kayaya erişinceye kadar yapılmalı ve sondaj sonuçları ile en gayri müsait zemin profili belirlenmelidir.

- Kullanım amacı ve arazi özellikleri göz önüne alınarak konsol veya ankrajlı olarak kullanılacak palplanş tipi belirlenir.

- Toprak ve sürşarj yükleri hesaplanır.

- Çakma gücü belirlenir.

- Üzerine etkiyen bu yüklere göre palplanş kesidi belirlenir.

- Ankraj yükleri ve yerleri belirlenir.

- Ankrajlar dizayn edilir.

5.6. PALPLANŞLARA ETKİYEN BASINÇLAR

Bir palplanş duvar aşağıda sıralanan yatay itkilerin bir kısmına veya hepsine maruz kalabilir.

- Aktif ve pasif toprak itkisi

- Sürşarjdan ileri gelen yatay itki
- Su ve boşluk suyu basıncı
- Dış etkiler (çarpma v.s.)
- Deprem veya dalga yükleri

5.6.1. TOPRAK BASINÇLARI

Palplanş duvarlara etkiyen toprak basınçları klasik Rankine ve Coulomb teorileriyle hesaplanamaz. Bunun sebebi klasik teorilere göre hesabın duvarın kayması veya alt ucu etrafında dönmesinin esas alınarak yapılmasıdır. Bu şartlar genellikle normal istinat yapıları için geçerlidir. Palplanş duvarlar değişik şekilde mesnetlendiklerinden daha fleksibeldirler, netice olarak diğer duvarlar için kullanılan toprak basıncı hesap yöntemleri palplanş duvarlar için net sonuçlar vermezler. Palplanş duvarlar elastik deformasyon yapabilme özellikleri nedeniyle bel verebilirler. Aynı zamanda üst nokta ile ankraj noktası arasında kesit diğer noktalardan daha fazla zorlanır. Bu zorlama bu noktadaki basınç genliğinin düşmesine neden olur. Duvarda düşey hat boyunca basınç dağılımı ankraj boyuna ve palplanşın penetrasyon boyuna etkir.

Palplanş duvarlara etkiyen toprak basıncı hesap yöntemleri duvarın zorlanmasını esas alır (Hansen, J.Brinch, 1953). Pratikte duvarın zorlanmasını esas alarak işlem yapan hesap yöntemleri zahmetli olduklarından genelde sadece özel ve büyük projeler ile hassas hesabı gerektiren uygulamalarda kullanılırlar.

Pratik amaçlar için Coulomb Teorisi duvara etkiyen aktif ve pasif toprak itkilerini hesaplamak için kullanılabilir. Bu teori pasif toprak itkisini gerçekten büyük verdiğiinden bu fazlalık gözönüne alınarak kullanılmalıdır. Pasif toprak itkisinin daha hassas hesabı için Wedge Teorisi kullanılabilir. Toprak basıncı için pratik amaçlarda kullanılabilecek kayma mukavemeti

açısı, sürtünme açısı ve bunlara karşı gelen K_a ve K_p toprak basıncı katsayıları Tablo 5.1. de verilmiştir.

5.6.2. SU VE BOŞLUK SUYU BASINCI

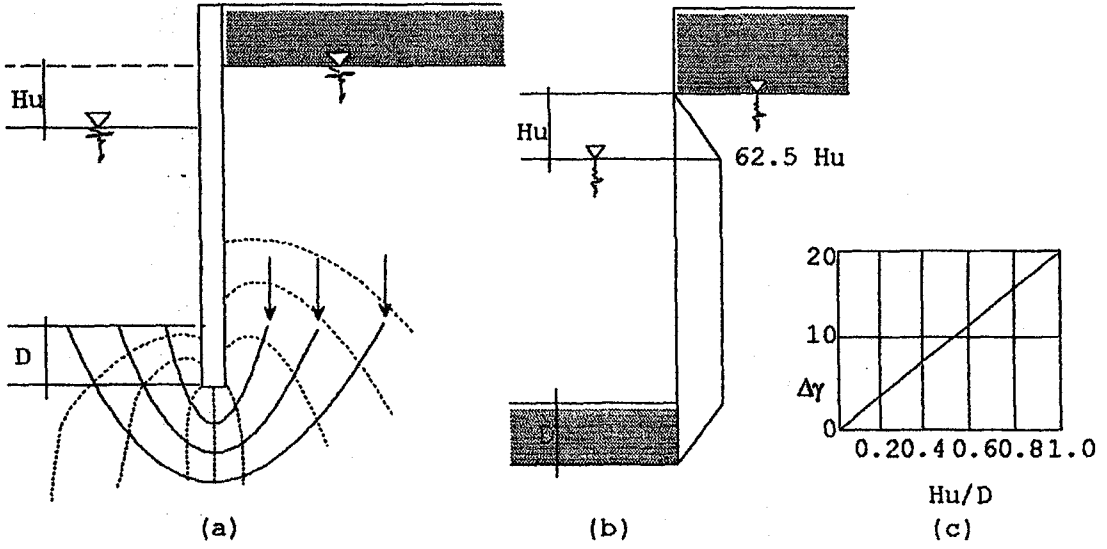
Palplanş duvarlar genellikle su ile temasta olarak inşa edilirler. Öndeki su en düşük seviyeye geldiğinde palplanşın arkasındaki toprak itkisi maksimum olur. Bir yağış mevsimi sonunda arkadaki su seviyesinin yükselmesi ile ilave basınçlar oluşur. Palplanşın arkasındaki suyun alçalması ile zemin filtreden geçirilir ve boşluk suyu basıncındaki değişim zeminin efektif ağırlığını azaltır. Buna bağlı olarak pasif direnç de azalır. Duvarın önünde ve arkasında farklı seviyelerde su bulunması halinde su basınçlarının hesaba katılması gerekir.

Su çekilmesi sonucu zeminde oluşacak oturma eğer zemin granüler ise önemsiz derecededir. Kum veya siltli kum ise bir miktar oturma oluşur. Eğer zemin kil veya silt ise tam hidrolik basınç olan halde, yani suyun mümkün olan en üst seviyede olduğu kabul edilir.

Eğer bir palplanş üniform bir permeabilite katsayısına sahip granüler bir zemine çakılıyorsa boşluk suyu şekil 5.13.a. da oklarla gösterilen yolu izler. Bu yola boşluk suyunun akış diyagramı denir. Dengelenmemiş su basıncı Şekil 5.13.b. de görüldüğü gibi bir trapezoid oluşturur. Eğer zeminin permeabilitesi düşey yönde değişim gösteriyorsa dengelenmemiş su basıncı buna göre hesaplanmalıdır.

Tablo 5.1.1. Granüler Zeminlerin Birim Hacim Ağırlıklar
ve Toprak Basıncı Katsayıları

ZEMİN CİNSİ	BİRİM HACİM AĞIRLIK		SU ALTINDAKİ BİRİM HACİM AĞIRLIK		AKTİF TOPRAK BASINCI KATSAYISI				PASİF TOPRAK BASINCI KATSAYISI			
	MİN.	MAX.	MİN.	MAX.	DOLGU	ORJİNAL ZEMİN	SÜRTÜNME AÇISI		DOLGU	SÜRTÜNME AÇISI		
							ϕ	δ		ϕ	δ	
TEMİZ KUM	SIKI	17.64	22.46	10.43	12.11		0.20	38	20	9.0	39	25
	ORTA	17.64	20.85	9.62	10.81		0.25	34	17	7.0	34	23
	GEVŞEK	14.44	20.08	8.96	10.11	0.38	0.30	30	15	5.0	30	20
SİLTİLİ KUM	SIKI	17.64	24.06	11.23	14.12		0.25	34	17	7.0	34	23
	ORTA	15.24	20.85	9.62	10.91		0.30	30	15	5.0	30	20
	GEVŞEK	12.83	20.05	8.02	10.11	0.50	0.35	26	13	3.0	26	18



Şekil 5.13. Dengelenmemiş Su Basıncı

Zeminin statik bir su seviyesi altında birim hacim ağırlığı su altındaki birim hacim ağırlığıdır. Boşluklardaki suyun yukarı doğru hareketi ile su altındaki birim ağırlık

$$\Delta\gamma' = 20 \frac{H_u}{D} \quad (5.1)$$

olarak azalır. Burada :

$\Delta\gamma'$ = Birim ağırlıktaki azalma
 H_u = Dengelenmemiş su seviye farkı
 D = Penetrasyon derinliği

$\Delta\gamma'$ nın değişimi Şekil 5.13.c. de verilmiştir. Suyun aşağı doğru hareketi ile oluşan basınç değişimi ihmal edilebilecek kadar azdır.

5.7. KAZIKLI PERDELER

Bu tip perdeler birbirini kesen, yanyana veya aralıklı imal edilen fore kazıklarla teşkil edilmektedir. Kendisini nispeten tutabilen zeminlerde ve yeraltı

suyunun derinde olması durumunda kazık aralıkları kazık çapının üç katına kadar çıkabilmektedir. Eğer sızdırmazlık istenirse birbirini kesen kazıklar imal edilmektedir.

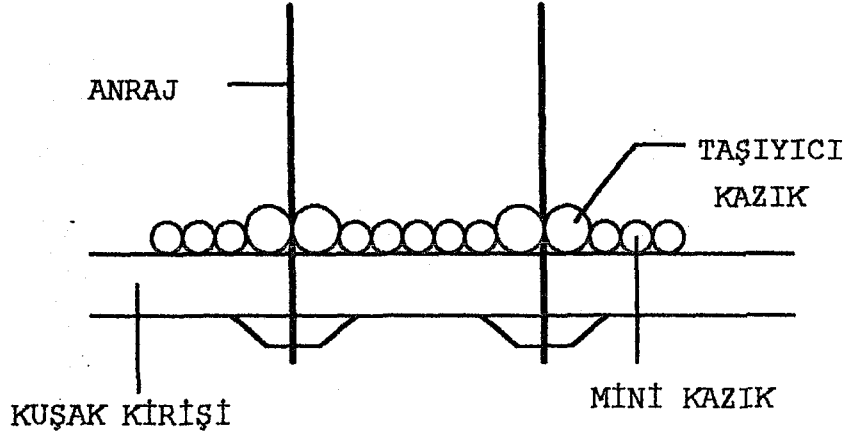
Genelde kazık çapları 10 cm. ile 200 cm. arasında değişmektedir. Kazı derinliğinin küçük, kazık çaplarının büyük olması halinde, kazıklı perde konsol çalışmakta ve sistemi oluşturan kazıklar uçlarından mütemedi bir kirişle bağlanmaktadır. Kazık çaplarının küçük, kazı derinliğinin büyük olması halinde veya destek sisteminin yatay deformasyon yapmasının istenmediği durumlarda, kazıklı perde ankrajla geriye bağlanmaktadır (Şekil 5.14.).

Kazıklı perde uygulamalarında son yıllarda gittikçe yaygınlaşan yöntem şev stabilitesinin mini kazıklarla sağlanmasıdır.

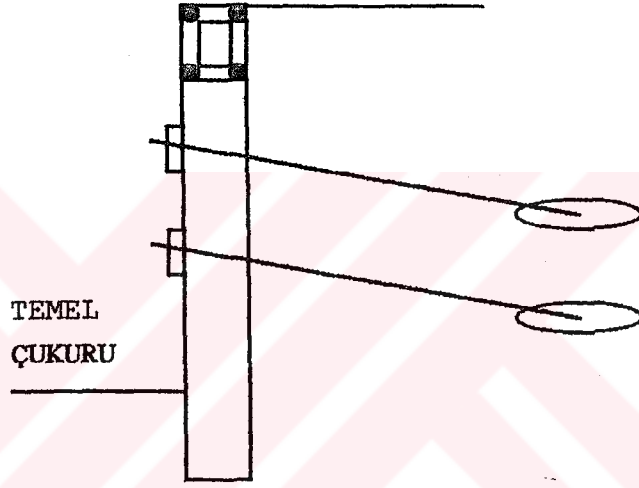
5.8. MİNİ KAZIKLAR

Mini kazıkların ilk uygulamaları 1970'li yıllarda başlamıştır. O yıllarda mini kazıklar genellikle mevcut bina temellerinin tutulmasında kullanılmıştır. Mini kazık sistemi daha çok normal kazık ekipmanının yaklaşmadığı tavan yüksekliği sınırlı bodrum katları, temel yanları vb. yerlerde kullanılıyordu. Sondaj ve enjeksiyon tekniğindeki gelişmeler sonucu bugün mini kazıklar hem çekme hem de basınç taşıyan elemanlar olarak kullanılabilirler.

Mini kazıklar genelde 10 cm. ile 30 cm. arasında çaplarda çimento şerbeti veya çimento harcı enjeksiyonu ile hazırlanmaktadır. Donatı olarak beton çeliği veya özel çelik profiller kullanılabilirler.



PLAN



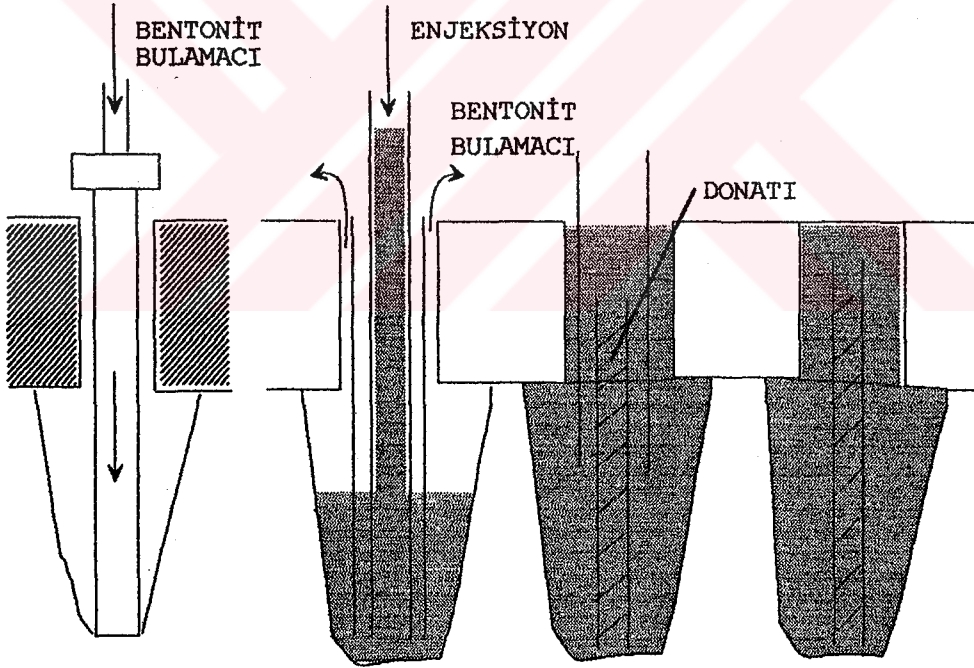
KESİT

Şekil 5.14. Yerinde Dökme Kazıklı Perde

Kazığın zemine yükleri aktarması daima beton gövde sürtünme yüzeyinden almaktadır. Yani yükler kayaya oturan kazıklar dışında, çevre sürtünmesi ile aktarılır. Kazık çapı olarak, delicinin veya kaplama borusunun dış çapı alınır. Mini kazıklar yatayla 10° eğimden, düşey doğrultuya kadar çeşitli eğimlerde imal edilmektedir. Çekme kazıklarının minimum boylarının 10 m. civarında olması ve kazığın yük aktaran kısmının zemin yüzünden enaz ortalama 5m. kadar derine yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

5.8.1. MİNİ KAZIKLARIN İMALİ

Mini kazıklarda kuyunun açılmasında darbeli, rotary ve diğer sistemlerde çalışan makinalar kullanılabilir. Burada dikkat edilecek önemli husus kuyu cidarının göçmeye karşı korunmasıdır. Düşük eğimlerde her durumda muhafaza borusu kullanılmalıdır. Normal şartlarda delikler yataya göre 10° 'den daha yatık projelendirilmeli ve aralarında minimum 1.0 m. mesafe olmalıdır. Çimento harcı genelde 500 dozlu olarak imal edilir ve çimento harcı enjeksiyon basıncı en az 50 N/cm^2 olmalıdır. Normalde 3 cm. olan paspayı, betona zararlı maddeler ihtiva eden su veya yeraltı suyu bulunması durumunda 4.5 cm. olarak seçilebilir. Mini kazık imalatının safhaları Şekil 5.15. de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.15. Mini Kazık İmali

5.8.2. MİNİ KAZIKLARIN TAŞIMA GÜCÜ

Mini kazıkla, shaftın taşıma gücü betonun ve çelik donatısının mukavemetine bağlıdır. Zemin içindeki taşıma gücünün tayini için ise diğer birçok temel elemanında olduğu gibi henüz kesin bir teori yoktur. Alman normu

DIN-4128 mini kazıklarda taşıma gücü tahkikini sahada etraflı bir zemin etüdüne ve şantiyede yapılacak yükleme deneylerine dayandırmaktadır. Bu normda taşıma gücü tahkiki için verilen öneriler aşağıda sıralanmıştır :

- Kazığın kuvvet aktaran boyu yeterli taşıma gücüne haiz zemin içinde en az 3.0 m. olmalıdır. Kayalık zeminlerde bu boy 0.5 m.'ye kadar indirilebilir.

- Mini kazığın hem basınç hem de çekme durumunda taşıma gücünü çevre sürtünmesinden sağladığı, yalnız kaya ve benzeri zeminlerde uç gerilmelerinin doğabileceği kabul edilir.

- Sahada kazık sayısının en az %3'ü oranında (veya en az 2 kazıkta) kazık üzerinde ve zemin etüdlerinde rastlanan nispeten zayıf bir zemin profiline haiz bölgelerde yükleme deneyi yapılması tavsiye edilmektedir.

- Yükleme deneyinde kullanılacak kazıklar ileride yapıda kullanılacaksa, bunların deney sırasında taşıma gücü açısından zarar görmemeleri sağlanmalıdır. Deneylerle elde edilen değerlere Tablo 5.2. de verilen güvenlik sayıları uygulanır. En düşük deney değeri esas alınır.

Tablo 5.2. Mini Kazık Güvenlik Sayıları (DIN-4128)

KAZIĞIN KULLANILMASI		YÜK DURUMLARI (DIN 1024'E GÖRE)		
		1	2	3
BASINÇ KAZIKLARI		2.00	1.75	1.51
ÇEKME KAZIKLARI	DÜŞEYLE 0-45° AÇI YAPIYOR	2.00	1.75	1.50
	DÜŞEYLE 80° AÇI YAPIYOR	3.00	2.50	2.00
DÜŞEYLE 45°-80° ARASI AÇI YAPANLAR İÇİN ENTERPOLASYON UYGULANIR.				

- Sürtünme alan basınç kazıklarında, çekme deneyi sonuçları da kullanılabilir.

- Kazıkların taşıma gücü tayininde Tablo 5.3. de verilen sınır çevre sürtünmesi değerlerinin kullanılması ancak yükleme deneylerinin yapılamadığı özel durumlarda söz konusu olmaktadır.

Tablo 5.3. Mini Kazıklarda Çevre Sürtünmeleri

ZEMİN CİNSİ	BASINÇ KAZIĞI	ÇEKME KAZIĞI
ORTA VE İRİ ÇAKIL	20	10
KUM VE KURU ÇAKIL	15	8
KOHEZYONLU ZEMİN	10	5

BÖLÜM 6. YANAL TOPRAK BASINCI

6.1. GENEL TANIMLAMA

Bazı mühendislik yapılarının uygulanması sırasında, arazi üzerinde büyük kot farklarının ortaya çıkması sonucu, toprak kütlelerini düşey veya düşeye yakın durumlarda tutmak gerekebilir. Böyle durumlarda, toprak kütlelerinin bir dayanma yapısı tarafından tutulması zorunludur. Bu durum mevcut arazi üzerine belli bir yükseklikte dolgu yapılarak elde edilebileceği gibi, bir bölüm toprağın kazılarak uzaklaştırılması sonucu da ortaya çıkabilir. Burada zeminin doğal şev açısından küçük eğimde oluşturulan şevli kot farkları durumunda, ilke olarak bir dayanma yapısına gerek yoktur. Sonuç olarak dayanma yapıları toprak kütlelerinin yanal yönde hareketini sınırlayarak, onları tutmaya yarayan elemanlardır. Dayanma yapıları, toprak kütlelerini yan yönde tutarken, toprak ile yapının değme yüzeyinde oluşan basınca *Toprak Basıncı* denir.

Toprak basıncının büyüklüğü ve duvar yüksekliğince dağılımı, yalnızca duvar arkasındaki toprağın özelliklerine bağlı olmayıp, aynı zamanda yapı ile toprağın birbirlerine göre rölatif yerdeğiştirmesine de bağlıdır. Eğer bu yerdeğiştirmeler yeterli büyüklükte ise, deformasyonlar toprakta plastik sınır durumunda bir denge oluşması ile son bulurlar. Burada sınır şartlarını sağlayan gerilme ve kuvvetler kinematik olarak bulunur.

Duvarın ve toprağın değişik hareket serbestliğine göre, değişik sınır durumlar ortaya çıkar. Buna bağlı

olarak toprak basınçlarının bulunmasında değişik metotlar uygulanır. Dar kayma yüzeyli çizgisel kırılmalarda, kinematik metotlar tercih edilir. Seyrek olarak ortaya çıkan bölgesel kırılmalarda ise statik metotların kullanılması daha uygundur. Kırılma çizgi ve bölgelerinin kesin olarak elde edilememesi nedeniyle, her iki metot da yaklaşık sonuçlar verir. Karışık metotlar eksiksiz çözümler vermesine karşın, pratik önemleri pek yoktur. Hacimsel sınır durumlarının hesabı yalnızca radyal simetrik durumlarda yapılabilir. Öteki durumlarda tek çıkar yol model tekniğine başvurmaktır.

Duvarın yerdeğiştirmeleri küçükse, plastik sınır durum oluşmaz. Çünkü rölatif yerdeğiştirmeler çizgisel veya bölgesel kırılmaların oluşması için yeterli olmazlar. Bu durumda toprak basıncı elastik ve plastik deformasyonların gözönüne alınmasıyla bulunabilir. Burada toprak basıncı etkisindeki elemanların boyutlandırılmasında genel olarak toprak basıncı dağılımı ile duvar hareketleri arasındaki bağıntıları içeren bilgilerin iyi bilinmesi gerekir. Buna göre, mevcut basınçlar altında duvar ötelenmesindeki en küçük değerler, verilen yerdeğiştirmeler altında toprak basıncının değişmesi, yerdeğiştirme ve basınçların önceden bilinmesi durumunda bükülebilir duvarlardaki yatak reaksiyonu konularının araştırılması gerekir.

Aşağıda, dayanma yapılarına etkiyen toprak basıncı, plastik sınır durumu esas alan kinematik metotlarla bulunacaktır.

6.2 TOPRAK BASINCININ TANIMI VE OLUŞUMU

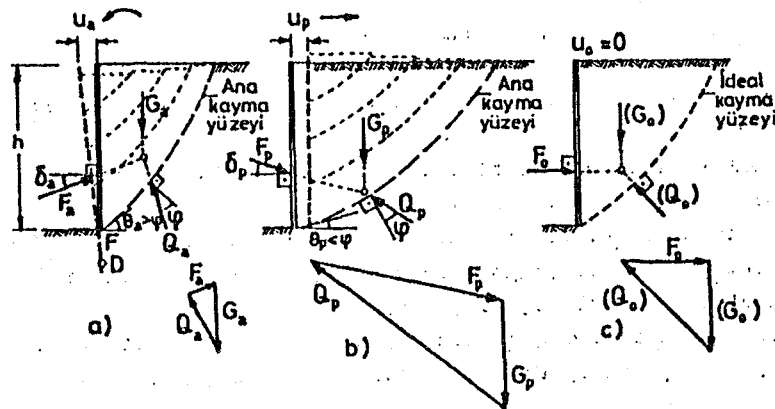
Dayanma yapılarına etki eden toprak basıncının, yalnızca zeminin özelliklerine bağlı olmayıp, duvar yüzüyle zemin arasındaki rölatif hareketin biçimine de bağlıdır. Ayrıca kaplama duvarı gibi bükülebilir

konstrüksiyonlarda, toprak basıncı üzerine duvar deformasyonunun da çok önemli etkisi vardır.

Dayanma yapılarına etki eden toprak basıncı için iki sınır durum ayırtedilir :

a) Duvar, yanındaki zeminden yeterli ölçüde uzaklaşacak biçimde hareket ederse, tekil zemin bölümlerinin birbiri arkasına duvara doğru hareket etmesi sonucu, zeminde bir kayma bölgesi oluşur. Bu kayma bölgesinde sürütünme ve kohezyondan dolayı kesme kuvvetleri ortaya çıkar. Bu durumda denge, en küçük değerde bir toprak basıncı etkimesiyle sağlanabilir. Toprak basıncının bu alt sınır değerine "aktif toprak basıncı = toprak basıncı" denilir.

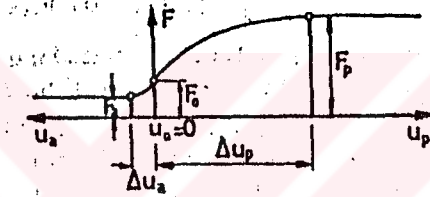
b) Duvar bir dış kuvvet tarafından zorlanarak, yanındaki zemine doğru hareket ederse, bu durumda ortaya çıkan kayma bölgesinde tekil zemin bölümleri birbiri arkasına uygun biçimde hareket eder. Böylece oluşan kesme kuvvetleri duvar hareketine artan bir dirençle karşı koyar ve toprak basıncı olanaklı olan en büyük değerine ulaşır. Toprak basıncını bu en büyük değerine "pasif toprak basıncı = toprak direnci" denilir.



Şekil 6.1. Toprak Basıncı Kuvvetlerinin Duvar Hareketlerine Bağlı Olarak Değişimi

c) Duvar yanında bulunan zemine göre rölatif olarak hiç hareket etmezse, bu durumda duvara etki eden toprak basıncı, büyük ölçüde toprak malzemesinin elastik özelliklerine bağlı kalır. Bu ara toprak basıncına "durgun toprak basıncı" denilir. Durgun toprak basıncı aktif toprak basıncından yaklaşık 2 kat büyük, fakat pasif toprak basıncından önemli ölçüde k  kt r.

Weissenbach tarafından mevcut araştırma sonuçlarının biraraya getirilmesi sonucu; toprak basıncı veya toprak direncinin büyüklüğü, duvar deformasyonlarının büyüklüğü ve biçimi ile zemin türü arasındaki bağıntılar ayrıntılı biçimde verimştir.



Şekil 6.2. Toprak Basıncının Duvar Hareketine Göre Değişimi

Buna göre, durgun basınçtan aktif toprak basıncına geçebilmesi için, duvar hareketi biçimine ve zemin türüne bağlı olarak aşağıdaki u duvar yerdeğiştirmesi gereklidir:

$$u_a = \cancel{h/100} - \cancel{h/400}$$

Burada, u_a ortalama duvar yerdeğiştirmesi, h ise duvarın yüksekliğidir.

Toprak direncinin tam olarak ortaya çıkabilmesi için gerekli u_p değeri;

$$u_p = \frac{h}{100}$$

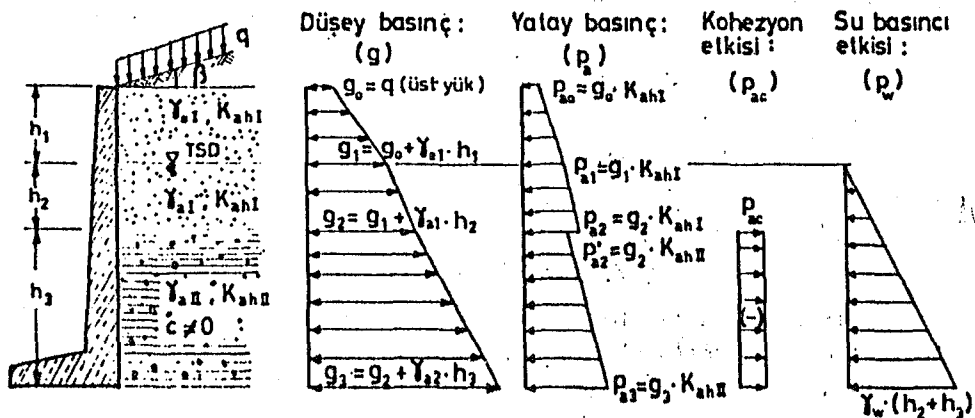
olarak verilir. Toprak basıncının duvar yerdeğiştirmesine bağıllılığını gösteren eğriden şekil (6.2.); durgun toprak basıncının küçülen basınç bölgesi tarafında, eğrinin çok eğimli olduğu ve durgun basınç bölgesinde duvar yerdeğiştirmesine bağlı olarak basıncın birdenbire azalıp çoğaldığı görülür. Buna göre, bükülebilir bir duvar konstrüksiyonu aktif toprak basıncı etkisine göre hesaplanabilir. Buna karşılık, çok destekli olarak yerinde dökme betondan yapılmış az deformasyon yapan duvarlarda, durgun toprak basıncı geçerli olur.

6.3. DÜŞEY DUVARLARA GELEN TOPRAK BASINCI VE TOPRAK DİRENCİNİN HESABI

Coulomb, plastik sınır durumu esas alan kinematik hesap metodunda, eğrisel kayma yüzeylerinin düzlemsel olduğunu varsayarak bir basitleştirme yapmıştır. Bu Coulomb'un klasik toprak basıncı teorisi olarak bilinir.

Coulomb teorisine göre zeminin bir dayanma yapısına yaptığı basınç, aşağıdaki değerlerin bir fonksiyonudur :

1) Zemin danecikleri arasındaki ϕ içsel sürtünme açısının (bu değer kohezyonsuz zeminlerde çoğunlukla doğal şev açısına eşittir).



Şekil 6.3. Düşey Dayanma Duvarına Etki Eden Basınç Kuvvetleri

2) Zeminin γ_s birim ağırlığının

3) Toprak basıncı doğrultusunun dayanma yüzeyi normalinden δ sapma açısının. Kohezyonlu zeminlerde yukarıdaki 3 değerden başka bir de kohezyonun etkisini gözönüne almak gerekir. Zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı δ , en çok içsel sürtünme açısı ϕ ye eşit olup, tümüyle pürüzsüz olan dayanma yüzeyinde ve suya doymun zeminlerde ise $\delta=0$ alınabilir.

6.4. KOHEZYONSUZ ZEMİNLERDEKİ TOPRAK BASINCI

Zeminin kendi ağırlığından ve üniform yayıllı üst yükten oluşan yatay P_{ai} aktif toprak basıncı :

$$P_{ai} = (\sum \gamma_i h + q) K_{ah} = (g + q) K_{ah} \quad (6.1)$$

şeklinde yazılabilir. Burada; q : üst yük(sürşarj), γ : zeminin birim hacim ağırlığı, h : toprak basıncı hesaplanacak noktanın üzerindeki özellikleri değişik tabaka yükseklikleri, K_{ah} : aşağıda formülü verilecek olan aktif toprak basıncı katsayısı, g_i : toprak basıncı hesaplanacak noktadaki yatay alana gelen düşey basınçtır. Buna göre aktif toprak basıncı katsayısı :

$$K_{ah} = \frac{\cos^2 \phi}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta_a) \sin(\phi - \beta)}{\cos \delta_a \cos \beta}} \right]^2} \quad (6.2)$$

şeklinde verilebilir. Burada;

ϕ : içsel sürtünme açısı.

δ_a : duvar ile zemin arasındaki sürtünme açısı
(zemin duvarda rölatif olarak aşağı kayarsa pozitif, dolayısıyla genellikle aktif basınçta pozitifdir).

β : arazi eğimidir (eğer arazi duvardan uzaklaştıkça yükselirse pozitiftir).

Duvar şekil değiştirmesi pek büyükse, sürtünme açısı $\delta_a = 0$ alınabilir. Normal durumlarda $\delta_a = \frac{2}{3} \varphi$ alınarak; hem ekonomik bir çözüm yapılmış olur, hem de güvenli yönde kalınır.

6.5. KOHEZYONLU ZEMİNLERDEKİ TOPRAK BASINCI

Kohezyonlu zeminlerde, zeminin c (ton/m²) kohezyonu toprak basıncının kohezyonsuz zeminlerdekine göre azalmasına yol açar. Bu azalma :

$$P_{ac} = 2c\sqrt{K_{ah}} \cos \delta_a \quad (6.3)$$

olarak verilir. Böylece toprak basıncı formülü ;

$$P_a = (g + q)K_{ah} - P_{ac} \quad (6.4)$$

şekline girer.

6.6. TOPRAK DİRENCİ

Toprak direncinin (pasif toprak basıncının) bulunmasında, bilim adamlarının çoğu K_{ph} pasif yanal basınç katsayısını esas alır; bu K_{ph} pasif yanal basınç katsayısı K_{ah} 'ye benzer biçimde :

$$K_{ph} = \frac{\cos^2 \varphi}{\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta) \sin(\varphi + \beta)}{\cos \delta \cos \beta}} \right]^2} \quad (6.5)$$

yazılabilir. Formüldeki φ , δ ve β açılarının anlamları (6.2) formülündeki gibidir. Pasif yanal basınç

katsayılarının (K_{ph}) hesaplanmasında, δ_p sürtünme açısı için genellikle:

$$\varphi \leq 30^\circ \text{ için Krey'e göre } \delta_p = -\frac{2}{3}\varphi \text{ ve}$$

$$\varphi > 30^\circ \text{ için Caquot - Kerisel'e göre } \delta_p = -\varphi \text{ alınır.}$$

Zeminin kendi ağırlığından ve üniform yayılı üst yükten oluşan toprak direnci benzer biçimde :

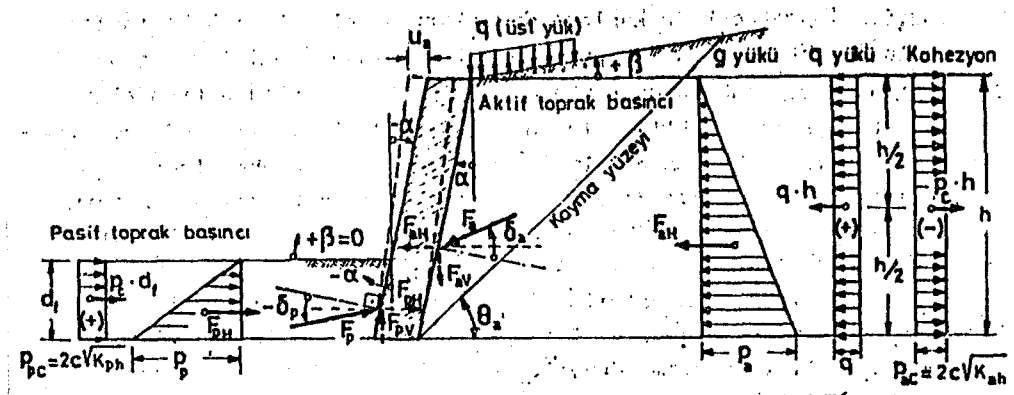
$$P_{pi} = \left(\sum \gamma_i h_i + q \right) K_{ph} = (g + q) K_{ph} \quad (6.6)$$

formülünden hesaplanır.

Kohezyonlu zeminlerde toprak direnci P_{pc} kadar artarak :

$$P_p = P_{pi} + P_{pc} = g \cdot K_{ph} + 2c\sqrt{K_{ph}} \cdot \cos \delta_p \quad (6.7)$$

şeklini alır. Genellikle basitlik sağlamak için formül (6.2) deki $\cos \delta$ değeri bire eşit ($\cos \delta_p = 1$) alınabilir.



Şekil 6.4. Aktif ve Pasif Toprak Basınçlarının Genel Durumda Gösterilişi

Basit durumlar (düşey duvar $\alpha=0$ ve yatay zemin yüzü $\beta=0$) için, aktif ve pasif basınç katsayıları Tablo 6.1. de verilmiştir.

Bu şekilde bulunan yatay p basınç gerilmelerinden duvara etkiyen F_a ve F_p tekil kuvvetlerine geçilir. F kuvvetlerinin değerleri, P yatay basınç gerilme yamuklarının (veya üçgenlerin) alanına eşit olup, kuvvetlerin etki noktası da, gerilme yamukları (veya üçgenlerinin) ağırlık noktasıdır.

6.7. EĞİMLİ DUVARLARA GELEN TOPRAK BASINCI VE TOPRAK DİRENCİ

Coulomb, üst yüzeyi eğimli bir toprak kütlesi taşıyan, eğimli basınç yüzeyine sahip bir duvara gelen yanal basınçları aşağıdaki genel formda vermiştir. Aşağıda belirtilen aktif ve pasif toprak basıncı kuvvetleri, yalnızca zeminin g özlük ağırlığı için gösterilmiş olup, gerektiğinde q üst yükü ve kohezyondan oluşan kuvvetler işaretiyle toplanarak gözönüne alınmalıdır.

$$\text{- Toplam aktif toprak basıncı: } F_a = \frac{\gamma h^2}{2} K_a$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha - \delta_a)} \quad (6.8)$$

$$\text{Yatay bileşen: } F_{ah} = F_a \cos(\delta_a - \alpha) = \frac{\gamma h^2}{2} K_{ah}$$

$$K_{ah} = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (6.9)$$

DüŖey bileŖen: $F_{av} = F_a \sin(\delta_a - \alpha) = F_{ah} \tan(\delta_a - \alpha)$

- Toplam pasif toprak basıncı: $F_p = \frac{\gamma h^2}{2} K_p$

$$K_p = \frac{\cos^2(\alpha - \varphi)}{\cos^2 \alpha \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\alpha - \delta_p) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha - \delta_p)} \quad (6.10)$$

Yatay bileŖen: $F_{ph} = F_p \cos(\delta_p - \alpha) = \frac{\gamma h^2}{2} K_{ph}$

$$K_{ph} = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\alpha - \delta_p) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (6.11)$$

DüŖey bileŖen: $F_{pv} = F_p \sin(\delta_p - \alpha) = F_{ph} \tan(\delta_p - \alpha)$

Tablo 6.1. $\alpha=0$ ve $\beta=0$ için yanıl toprak basıncı değlerleri

İçsel sürtünme açısı φ	Toprak basıncı değlerleri				Toprak direnci değlerleri		
	$\delta_a = 0$ için		$\delta_a = +2/3\varphi$		$\delta_a=0$ için	$\delta_p=-2/3\varphi$	$\delta_p = -\varphi$
	K_a	θ_a	K_{ah}	θ_a	K_p	K_{ph}	K_{ph}
15	0.59	52.5	0.52	47	1.70	2.10	
17.5	0.54		0.47		1.86	2.42	
20	0.49	55	0.43	50	2.04	2.81	
22.5	0.45		0.38		2.24	3.30	
25	0.41	57.5	0.35	53	2.46	3.91	
27.5	0.37		0.31		2.72	4.70	
30	0.33	60	0.28	56	3.00	5.74	
32.5	0.30		0.25		3.32	7.15	6.86
35	0.27	62.5	0.22	59	3.69	9.15	8.48
37.5	0.24		0.20		4.11	12.10	10.67
40	0.22	65	0.18	62	4.60	16.73	13.67

BÖLÜM 7. TEMEL ÇUKURU KAPLAMA YAPILARI

7.1. TEMEL ÇUKURU AÇILMASI

Zemin içinde kalan yapı kesimlerini inşa etmek için açılan çukura temel çukuru veya inşaat çukuru denir. Temel çukurları çoğunlukla kısa ve düz kenarlardan oluşacak şekilde açılmalıdır. Yapı temel biçiminden dolayı, birbirine çok yakın temel çukurları açmak gerekli ise, bu durumda temelin tümünü içine alacak bir temel çukuru açmak daha uygundur. Buna karşılık yeraltı suyu saldırısının fazla olduğu kesimlerde, büyük temel çukurunu bölümlere ayırarak açmak su saldırısını önleme yönünden daha elverişlidir.

Temel çukuru, özel önlemler alınmadan ancak yeraltı suyu düzeyine kadar indirilebilir. yeraltı suyu düzeyi altında bulunan temel çukurları, tabanları sağlam zeminden oluşuyorsa ve derinliği yeraltı su düzeyinin pek fazla aşağısında değilse, su tulumbalarla boşaltılarak kuru tutulabilir. Derinliği yeraltı su düzeyinin oldukça aşağısında bulunan ve tabanındaki zemin su ile kolayca hareket edebilen (örneğin, ince kum gibi) temel çukurları, ancak yeraltı su düzeyinin indirilmesiyle kuru tutulabilir.

Uygulamada sık sık karşılaşılan sığ temel çukurlarında, çukur yanları kaplamasız olarak açılabilir. Bu durumda çukur boyutlarını, her bir yönde yapı dış boyutlarından yaklaşık 0.5 m. geniş seçmek yeterlidir.

Büyük su saldırısı etkisinde bulunan ve bu nedenle yanları palplanş perdeleri ve batardolarla çevrilmesi gereken temel çukurlarında; yapı araç ve makinalarının kullanılması amacıyla yapı çevresi temel çukurundan daha geniş çevrilir. Ayrıca, böyle durumlarda temel çukurunu temel boyutlarından biraz daha geniş (1.0 - 1.5 m) seçmek çalışma yönünden yararlıdır.

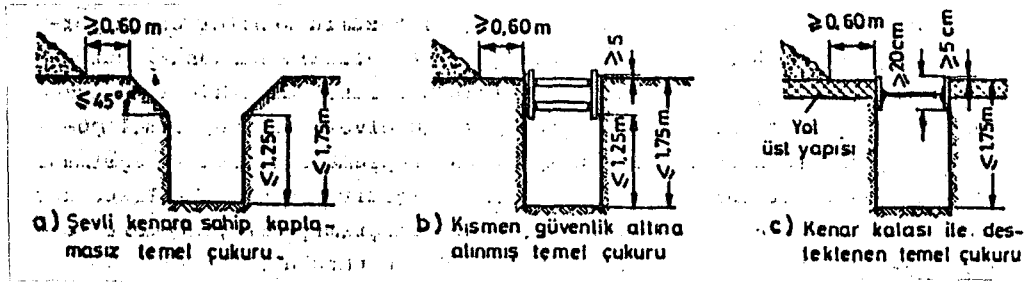
Temel çukuru tabanı çoğu kez yatay olarak açılır ve yapı temeli bir radye temel ise, temel doğrudan bu tabana oturur. Eğer yapı temeli tekli ve sürekli sömel olarak tasarlanmış ise, tabanı temel çukuru tabanından temel derinliği kadar aşağıda olan sömel çukurları veya sömel hendekleri açılır. Bu çukurların yerleri, çukur dışına kurulacak ip iskeleleri ile işaretlenir. İskeleler temel atılincaya kadar bozulmayacak şekilde kurulmalıdır.

7.2. TEMEL ÇUKURU YANLARININ GÜVENLİK ALTINA ALINMASI

7.2.1. KAPLAMASIZ DÜZENLENEBİLEN TEMEL ÇUKURLARI

Düşey kazı yüzlü (duvarlı) temel çukurları, eğer arazi üst yüzeyi bağlantısız zeminlerde 1:10 dan, bağlantılı zeminlerde 1:2 den daha dik değilse, özel önlem alınmaksızın kaplamasız olarak genellikle 1.25 m derinliğe kadar açılabilir. Katı ve yarı sert bağlantılı zeminlerde veya kayada, eğer tabandan başlayarak 1.25 m den daha yüksekte bulunan bölgede $\beta \leq 45^\circ$ lik açı altında bir şev düzenlenirse, temel çukurunun 1.75 m derinliğe kadar kaplamasız olarak kazılmasına izin verilir. Bazı durumlarda temel çukurunun tabandan başlayarak 1.25 m den daha yüksekte bulunan bölümü Şekil 7.1. de görüldüğü gibi desteklenerek çukur güvenlik altına alınabilir. Ayrıca üst yüzeyinde sağlam bir yol üst yapısı bulunan (örneğin, yeter kalınlıkta beton ve bitüm tabakası gibi) temel

çukurlarında en az 20 cm genişliğinde bir kenar kalası da yeterlidir.



Şekil 7.1. Temel çukuru çeşitleri

TS 2519-1977 baskısında çık sıkı kum, çakıl ve çok sert kil gibi doğal gelişimli zeminlerde kaplamasız kazı derinliği 1.5 m olarak sınırlandırılmaktadır. Ayrıca sağlam oluşumlu kayalarda açılan temel çukurlarında her derinliğe kadar kaplamasız kazı yapılabilceği belirtilmektedir.

1.25 m veya 1.75 m den daha derin kazılarda heyelan tehlikesi nedeniyle kaplamasız yapı çukuru ve hendekler şevli olarak yapılır. Toprak ve kaya zeminlerde çukur yanlarını alt tarafında bir kazı yapılarak konsol oluşumuna kesinlikle izin verilmez.

Kaplamasız temel çukuru ve hendeklerin şev eğimi zeminin gevşetilebilirliğinde bağımsız olarak, zemin mekaniği özelliklerine göre seçilir. Ayrıca dış etkilere açık bulunan şevler üzerinde zamanın da etkili olacağı göz önüne alınmalıdır. Stabilitate güvenliğinin hesaplarla kontrol edilmediği durumlarda, şev açılarının aşağıdaki değerlerin altında kalması gerekir:

a) Bağlantısız veya yumuşak bağlantılı zeminlerde $\beta=45^\circ$

b) Katı veya yarı sert bağlantılı zeminlerde $\beta=60^\circ$

c) Kayalarda $\beta=80^\circ\sim90^\circ$

Burada suyun etkisiyle dayanım özelliği azalmayan, zemin mekaniği anlamında sert bağlantılı zeminler ile kayaya benzer zeminler gerektiğinde kaya olarak işlem görür.

Temel çukurunun stabilite güvenliği özel etkilerle tehlikeye sokulduğunda, 1.25 m veya 1.75 m den daha küçük derinlik veya daha sık şevler öngörülür. Bu etkiler aşağıdaki nedenlerden doğabilir:

- a) Çatlak ve fay oluşumu ile zemin yapısının bozulması,
- b) Sıkıştırılmamış veya az sıkıştırılmış dolguların varlığı,
- c) Açık su drenajı ile yeraltı suyunun indirilmesi,
- d) Tabakalar arasında su akıntısı olması,
- e) Trafik, çakma işleri, sıkıştırma çalışmaları ve patlamalardan sonra oluşan şiddetli sarsıntılar.

Bir şevin üst yüzeyi su, kuruluk ve donma ile tehlikeye sokulabilir. Bunların içinde en elverişsiz etkiyi yağış doğurur. Yağışlar alçak şevler üzerinde pek önemli hasar oluşturmaz. Fakat yüksek şevlerin alt bölgesinde zamanla yağıştan dolayı erozyon yivleri oluşabilir. Bu erozyon yivlerinden şev üzerine çimento şerbeti ve bitümlü malzeme fışkırtılarak kaçınılabılır. Bir yapı çukuru yanında şev kenarına doğru eğimli büyük bir arazi yüzeyi varsa, eğimli araziden gelen yağmur suları şevin stabilitesini önemli ölçüde tehlikeye sokar. Bu durumda eğimli arazi yüzeyinden gelen yüzey suyunun temel çukurunun üst tarafında düzenlenen geçirimsiz tabanlı bir kafa hendeği ile uzaklaştırılması gerekir.

Bir temel çukurunda aşağıdaki koşullar varsa, kaplamasız duvarların stabilite güvenliği hesaplama kanıtlanmalıdır:

- a) Kaplamasız düşey çukur duvarlarında yukarıda belirtilen varsayımlar gerçekleşmezse,

b) Temel çukurunun evli duvarı 5 m den daha yüksek veya yukarıda belirtilen ev açısından daha dik düzenlenirse,

c) Zemin türüne bağlı olarak yukarıda sınırlanan ev açılarının kullanılmasına bozucu etkilerden dolayı izin verilmeyip, izin verilen duvar yüksekliği ve ev eğimi mevcut deneyimlerden güvenilir olarak saptanamazsa,

d) Mevcut boru hatları veya öteki mimari tesislerin tehlikeye girmesi sözkonusu ise,

e) ukur ve ev kenarı yakınındaki arazi çok eğimli ise veya doğrudan doğruya 0.60 m lik koruma şeridi yanında 1:2 den daha eğimli bir toprak dks veya 1 ton/m² den fazla bir istif yükü bekleniyorsa,

f) Ağırlığı 12 tona kadar olan ekskavatör veya vinç gibi genel kullanma iznine sahip yol taşıtlarının tepki yüzeyi dış kenarları ile çukur ve ev kenarı arasında 1.00 m lik aralık bulunmazsa,

g) Ağır araçlar ve yüksek dingil yüklü araçlarda (rneğin, yol silindiri ve öteki ağır iletim araçları ve toplam ağırlığı 12 tondan büyük ekskavatör veya vinç) tepki yüzeyi dış kenarı ile çukur veya ev kenarı arasında en az 2.00 m lik aralık bulunmazsa.

7.2.2. KAPLAMALI TEMEL ÇUKURLARI

Temel ukuru ve hendekler, yukarıdaki koşullar sağlanmadığında kaplama ile güvenlik altına alınır.

7.2.2.1. KAPLAMA TÜRLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

İnşaat ukuru kaplamaları farklı bakış açılarına göre farklı şekillerde snıflandırılabilir:

a) İnşaat ukuru biçimine göre:

- 1) ukur kazısı kaplamaları,
- 2) Hendek kazısı kaplamaları,
- 3) Galeri kazısı kaplamaları.

TS 2519'a göre çukur kazısı; çeşitli amaçlarla yapılan ve boyu ile eni arasında önemli bir fark olmayan kazılardır. Hendek kazısı boyu eninden önemli ölçüde büyük olan kazıyı tanımlar. Galeri kazısı ise, yeraltında birbirine bacalarla veya hendeklerle bağlanan, enkesit boyutları küçük ve uzunlukları az olan kazılar olarak tanımlanabilir

b) Kaplama türüne göre:

- 1) Aralıklı perde,
- 2) Kapalı perde,
- 3) Palplanş perde.

Aralıklı perde; aralıklı olarak yerleştirilip bağlantı kirişleri ve destek elemanlarıyla desteklenen düşey kaplama birimlerinden oluşan veya aralıklı olarak yerleştirilip göğüsleme kirişleri ve destek elemanlarıyla desteklenen yatay kaplama birimlerinden oluşan bir perdedir.

Kapalı perde; elverişsiz zeminlerde yapılan kazılarda, güvenlik yönünden bitişik olarak (aralıksız) dizilmiş düşey veya yatay kaplama birimlerinden oluşan bir perdedir.

Palplanş perde; elverişsiz zemin koşullarında yapılan kazılarda, kazı yüzünü desteklemek ve kazı sırasında ortaya çıkan yeraltı suyunun boşaltılmasında yardımcı olmak amacıyla kazı hattı boyunca dizilip, çakılan ahşap, betonarme ya da çelikten yapılmış düşey elemanlardır.

c) Kaplama birimlerinin konumuna göre:

- 1) Yatay kaplama birimlerinden oluşan kaplama,
- 2) Düşey kaplama birimlerinden oluşan kaplama,

d) Kaplama malzemelerine göre:

- 1) Ahşap kaplama,
- 2) Çelik kaplama,
- 3) Betonarme kaplama.

7.2.2.2. KAPLAMA TİPİNİN SEÇİMİ

Kaplama tipinin ve uygulanacak kaplama yönteminin seçimine etki eden faktörler; kazı boyutları ile ilişkili olarak zemin yapısı dayanımı, yan etkiler ve kazı yüzeylerinin açıkta kalma süresi olarak sıralanabilir. Zemin yapısı ve dayanımı da bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar, zeminin doğal özellikleri faktörü, kötü hava koşulları faktörü, yer altı suyu faktörü ve kazı genişliği faktörüdür.

a) Zeminin doğal özellikleri faktörü:

Zeminin doğal özellikleri denilince kazı derinliği ile ilişkisi olarak zeminin birim hacim ağırlığı ve içsel sürtünme açısı gibi fiziksel özellikleri anlaşılmalıdır. Bu özelliklerin derinlikle değişmesi de kaplama tipinin seçiminde önemli rol oynar.

Değişken olmayan (tüm kesitte aynı tür ve homojen yapıda olan) zeminlerde yapılan düşey yüzlü kazılarda, kazı derinliği faktörü ile ilişkili olarak saptanan "çukur kaplaması tipleri" TS 2519 da verilmiştir. Tablo (7.1.)

b) Kötü hava koşulları faktörü:

Kazı bölgesi yoğun yağış etkisinde bulunursa, zemindeki su oranının artması sonucu zeminin stabilitesi bozulur. Örneğin kuru havalarda yüzeyinde çatlaklar oluşan killi zeminler, ağır yağışlar süresince

çatlaklardan önemli ölçüde su alırlar. Alınan bu su zemin yapısında ve giderek zeminin stabilitesinde olumsuz değişiklikler oluşturur. Su oranının artması kumlu zeminlerde de akıcılık özelliğini artırarak olumsuz yönde etki eder. Bu koşullar altında yapılan kaplamaların hesabında, zemin yapısında beklenmeyen su miktarı artışlarının doğurabileceği ek yatay yükler göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle aynı zemin türünün yağışlı mevsimlerde yapılan çalışmalarda, yağışsız mevsimlerde yapılan çalışmalardan daha çok yük taşıma önlemi gerektireceği göz önünde tutulmalıdır.

c) Yeraltı suyu faktörü:

Çakıl, kum, siltli zeminler gibi stabilitesi ilke olarak malzemenin sürtünme yeteneğine bağlı olan zeminlerde, su hareketleri (özellikle yeraltı suyu düzeyinin değişmesi) zemin stabilitesine önemli ölçüde etki ederek dengenin bozulmasına neden olabilir.

Yer altı suyu düzeyi altında kalan kazı tabanının sürekli kuru tutulması amacıyla uygulanan pompalama işlemi sırasında inşaat çukuruna doğru sürekli bir su hareketi oluşur. İnce daneli kohezyonsuz ve akıcı zeminlerde kaymanın önüne geçmek için, kazı yüzeyi, içinden suyu geçirebilecek fakat ince kumlu tabakaları yerinde tutabilecek ölçüde kalın daneli malzemeden oluşan bir tabaka ile örtülerek hareket önlenmelidir.

d) Kazı genişliği faktörü:

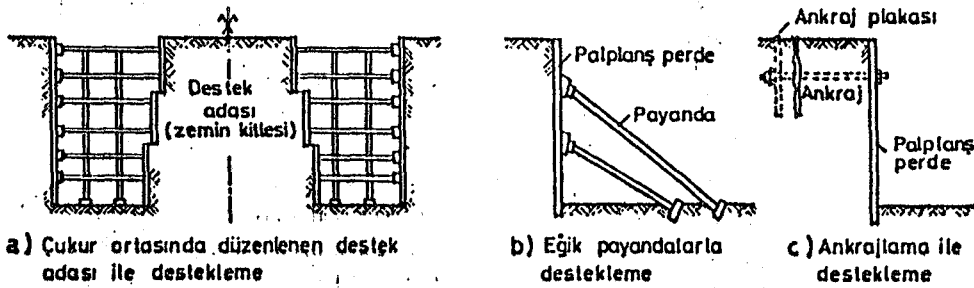
Kazı genişliği, kaplama birimlerinin desteklenmesi yönünden kaplama tipinin seçimine önemli ölçüde etki eder. Kazı genişliğinin 6 m yi geçmediği durumlarda kazı yüzleri birinden diğerine uzanan kesintisiz bir destek ile desteklenebilir. Buna karşılık, daha büyük kazı genişliklerinde iki veya daha fazla destek eklenerek kullanılır. Bu durumda ek yerlerinde göğüsleme kirişleri

veya bağlantı dikmeleri kullanılması gerekir (Çelik veya betonarme destek eleman kullanılması durumunda, bağlantı dikmeleri kullanılmayabilir).

Kazı genişliği, kazı yüzlerinin karşıdan karşıya destek elemanları ile desteklenmesi ekonomik yönden elverişli olmayacak kadar büyük olduğunda, aşağıdaki yöntemlerden biri seçilmelidir:

- 1) Kazı kaplama gerektirmeyecek bir eğimde şevli olarak yapılır,
- 2) Ortada bir destek adası (iksa adası) oluşturulur (Şekil 7.2.),
- 3) Kazı yüzleri, kazı dışında ankre edilerek bağlanan veya kazı içinde payandalar ile desteklenen palplanşlar ile kaplanır (Şekil 7.2.).

TS -2519'a göre destek adası (veya iksa adası), geniş derin kazılarda (örneğin büyük boyutlu bir çukurda) kazı taban çevresini izleyen hendeklerin desteklenmesi için doğal dayanak oluşturmak üzere çukur içinde kazılmadan bırakılan ve sözü edilen hendeklerle çevrelenen bir zemin kütlesidir.



Şekil 7.2. Temel çukurlarının desteklenmesi

7.3. TEMEL ÇUKURU KAPLAMA YAPILARINA GELEN TOPRAK BASINÇLARI

Derin inşaat çukurlarında ve kendini tutamayan zeminlerle çevrili çukurlarda, temel çukurunun kaplama

Tablo 7.1. TS 2519'a Göre Değişken Olmayan Zeminlerde Yapılan Düşey Yüzlü Kazılarda Oluşturulması Gereken Kaplama Türleri

Zemin sınıfı	Zemin türü tanımı	SPT deneyi Nsp (adet)	Rölatif sıkılık Dr (%)	Kazı derinliği (metre)		
				1.5	15.-4.5	4.5
				a	b	c
1	A	Masif volkanik kayalar, ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar ve çok sert çimentolu tortul kayalar	-	-	K.G.	K.G.
	B	Çok sıkı kum, çakıl	50	85-100	K.G.	A.P. (X)
	C	Çok sert kil	32	-	K.G.	A.P. (X)
2	A	Tuf ve aglomera gibi gevşek magmatik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar	-	-	A.P.	A.P. (X)
	B	Çok sıkı kum, çakıl	30-50	65-85	A.P.	A.P. (X)
	C	Sert kil	16-32	-	A.P.	A.P. (X)
3	A	Yumuşak, süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar	-	-	A.P.	K.P.
	B	Orta sıkılıkta kum ve çakıl	10-30	35-65	A.P. (x)	K.P.
	C	Katı kil, siltli kil	8-16	-	A.P. (x)	K.P.
4	A	Yeraltı su düzeyinin yüksek olduğu yumuşak ve kalın alüvyon tabakaları, bataklık ve çamura benzer dolgu zeminler	-	-	K.P.	K.P. veya P.
	B	Gevşek kum	0-10	35	K.P.	K.P. veya P.
	C	Yumuşak kil, siltli kil	0-8	-	K.P.	K.P. veya P.

- Tabloda; K.G.= Kaplama gerekmez, A.P.= Aralıklı perde, K.P.= Kapalı perde, K.P. veya P.= Kapalı perde veya palplanş, P= Palplanş anlamında kullanılmıştır.

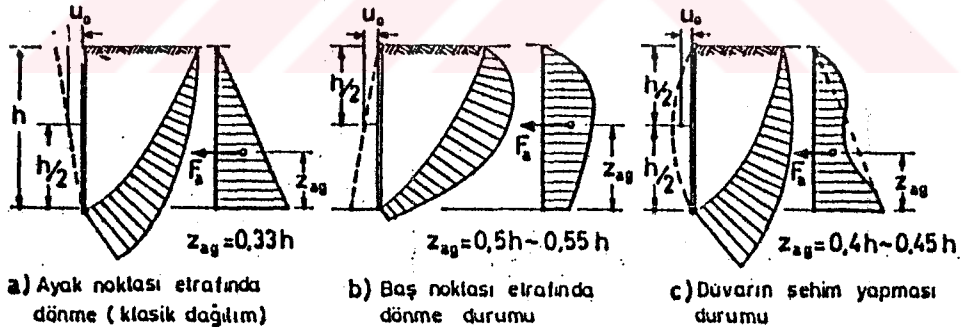
- (x) İşaretili perdeler, yağış beklendiğinde kapalı perde olarak uygulanacaktır.

- Perde terimi TS 2519 da belirtilen kaplama tiplerinden birinin yerine yazılmış olup, bunun seçimi proje gereksinimine göre yapılacaktır.

duvarı ile güvenlik altına alınması gerekir. Ayrıca sürekli kullanma amacıyla deniz yapılarında uygulanan ankrajlı ve ankrajsız palplanş duvarları da bu gruba girer.

Bundan önceki bölümde dayanma yapılarına gelen toprak basıncının klasik Coulomb teorisine göre hesabı ayrıntılı olarak anlatılmıştı. Yine aynı bölümde Coulomb teorisinin dayanma yapısının ayak noktası etrafında yeterli ölçüde dönmesi ilkesine dayandığı belirtilmişti. Bu deformasyon biçimi oldukça rijit dayanma duvarları için doğrudur.

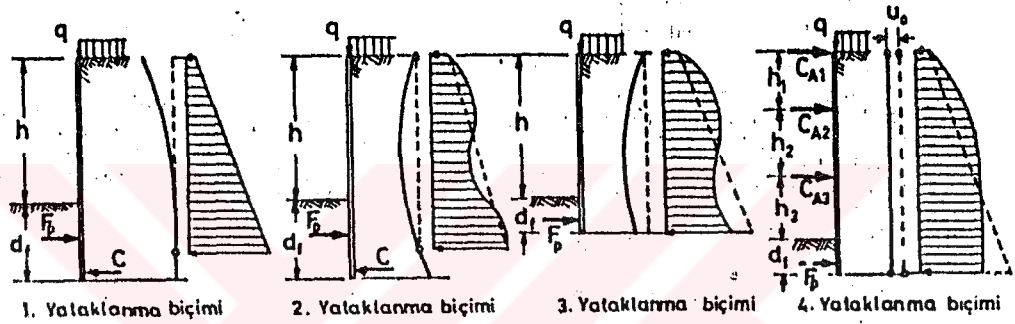
Ancak özellikle kaplama duvarlarında sistemin kendisi de deformasyon yapabildiğinden, Coulomb teorisinden değişik taban basınçları elde edilir. Bu durumda klasik Coulomb teorisindeki değişik taban basınçları elde edilir. Bu durumda klasik Coulomb teorisindeki taban basıncı yayılışına göre daima bir basınç yayılımı söz konusudur.



Şekil 7.3. Farklı duvar hareketleri için toprak basıncı dağılımları

Şekil 7.3. de üç ana duvar hareketi durumu için değişik toprak basıncı dağılımları gösterilmiştir. Birincisi, duvarın ayak noktası etrafında dönmesi, ikincisi, duvarın baş noktası etrafında dönmesi, üçüncüsü ise duvarın sehim yapmasıdır. Pratikte bu üç durum ayrı ayrı ortaya çıkabileceği gibi, bunların farklı konbinezonları olarak da ortaya çıkabilir.

Uygulamada karşılaşılan kaplama türlerinde ortaya çıkan deformasyon biçimleri ve muhtemel taban basıncı dağılımları Şekil 7.4. de topluca gösterilmiştir: 1. yataklanma biçimi üstten serbest, alttan zemine ankastre mesnetlenmeyi, 2. yataklanma üstten ve alttan dönebilir biçimde mesnetlenmeyi, 3. yataklanma üstten dönebilir ve alttan hem dönebilir ve hem de yerdeğiştirebilir bir mesnetlenmeyi, 4. yataklanma paralel yerdeğiştirebilen çok destekli (veya ankrajlı) bir mesnetlenmeyi göstermektedir.



Şekil 7.4. İnşaat çukuru kaplamalarında değişik yataklanma biçimleri

İnşaat çukuru kaplamalarında bu mesnetlenmeler altında gerçek toprak basıncı dağılımlarının bulunması çok güçtür. Çünkü böyle durumlarda toprak basıncı dağılımı bir çok etkene bağlıdır ve dağılım ancak yaklaşık biçimde bulunabilir.

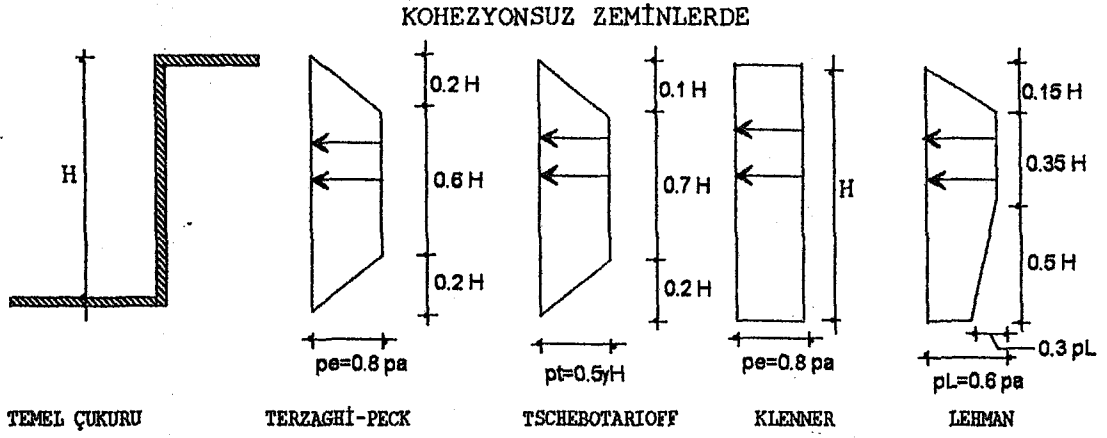
Bu nedenle yönetmelikler kaplama duvarlarındaki kesit kuvvetlerinin bulunması amacıyla olabildiğince basit bir yük figürü kullanılmasına izin vermektedir.

Bükülebilir kaplama duvarlarında toprak basıncı genellikle duvarın mesnetlenme noktalarında artmakta, buna karşılık açıklıklarda azalmaktadır. Bu durumlarda genellikle toprak basıncı bileşkesi duvar yüksekliğinin ortasında bulunur. Yalnız baş noktasından mesnetlenmiş duvarlarda bileşke kural olarak ortadan biraz yukarıda,

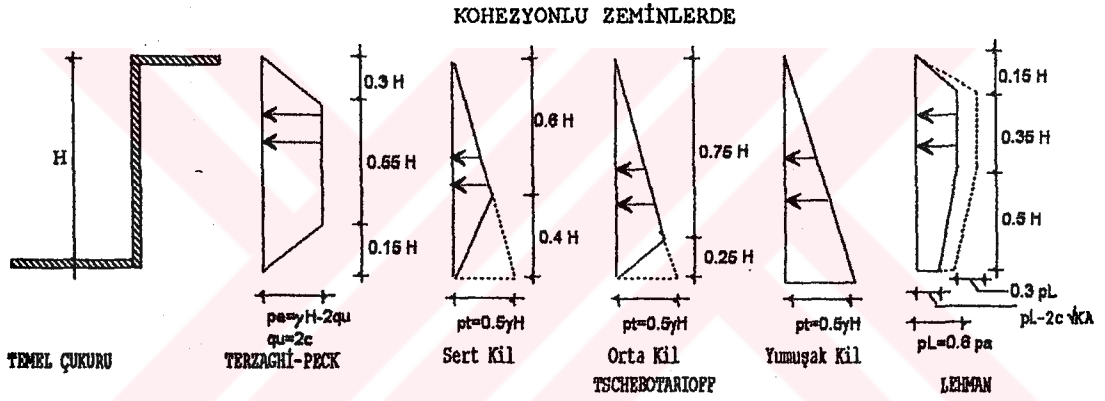
çok noktasından mesnetlenmiş duvarlarda ortadan biraz aşağıda bulunur. Ayrıca taşıyıcı ahşap duvarlarda bileşke, palplanş veya yerinde dökme beton duvarlara oranla biraz daha yukarıda bulunur. Yumuşak kıvamdaki bağlantılı zeminlerde ve gevşek yerleşmiş daneli zeminlerde muhtemelen Coulomb'un klasik toprak basıncı dağılımı ortaya çıkar. Bu yalnız zemine ankastrelenmiş (desteksiz) duvarlar için de geçerlidir.

TS 2519 iksa hesap, yapım, bakım ve sökülme kurallarında, ortaya çıkan gerçek yük figürü yerine, eşit alanlı bir üniform yük seçilmesine ve kesit kuvvetlerinin bulunmasında bu yükün temel alınmasına ilke olarak izin verilir. Bu basitleştirme ile yapılan hata bir dizi düzeltme faktörü ile yeniden dengelenir. Genel olarak iksa, aktif toprak basıncı için hesaplanmalıdır. Takviye kirişleri ile desteklenen iksalarda kesin ve sağlıklı hesap yapılamıyorsa, kohezyon ve diğer yükler dikkate alınmalı ve toprak yükü bir yaklaşımla eşit yüzeyli dikdörtgen olarak saptanmalıdır. Bu yaklaşımın getirdiği güvensizliği gidermek için, toprak basıncı dikdörtgeninden bulunan mesnet kuvvetleri; takviye kirişleri, bağlantı kirişleri ve göğüsleme kirişleri hesabında %20 oranında artırılmalıdır. Yeterli sayıda mesnetlere dayalı bir perdeye etki eden toprak basıncının yamuk şeklinde kabul edilmesi halinde bu artırmanın bir kısmından ya da tamamından vazgeçilebilir.

Çok mesnetli inşaat çukuru perde duvarlarına gelen toprak basıncı için çeşitli yazarlar tarafından gerçeğe yakın basınç figürleri verilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 7.5. Temel Çukuru Kaplama Yapılarına Gelen Toprak Basınçlarının Çeşitli Yazarlar Tarafından Gösterilişi (Kohezyonsuz Zeminler İçin)



Şekil 7.6. Temel Çukuru Kaplama Yapılarına Gelen Toprak Basınçlarının Çeşitli Yazarlar Tarafından Gösterilişi (Kohezyonlu Zeminler İçin)

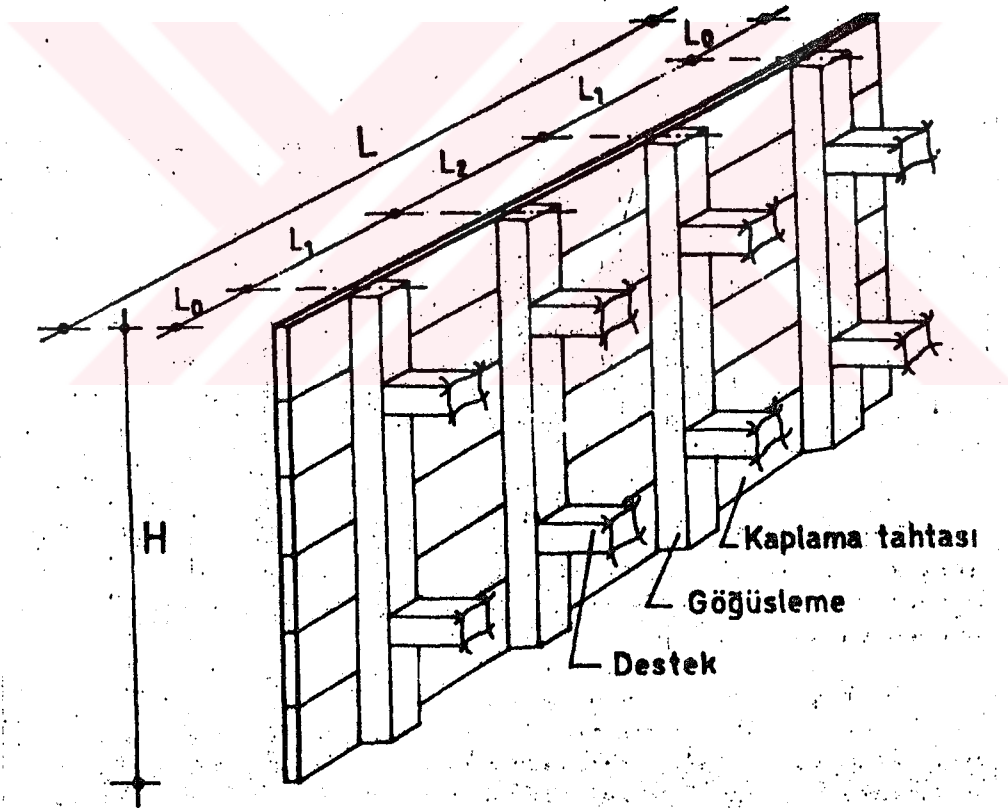
7.4. BİLGİSAYAR ÇÖZÜMÜ

Yukarıda anlatılan bilgilerin ışığında geliştirilen bilgisayar programıyla çeşitli zemin türleri ve statik sistemler için çözüm yapılmış ve bunlar tablo ve grafiklerle gösterilmiştir.

Aşağıdaki tabloda bilgisayar çözümünde kullanılan zeminlerin cinsleri ve özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.2. Bilgisayar çözümünde kullanılan zemin cinsleri ve özellikleri

Zemin	Türü	Birim Hacim Ağırlık γ (KN/m ³)	İçsel sürtünme Açısı ϕ	Kohezyon c (KN/m ²)
1	Gevşek Kum	18	30	-
2	Orta Sıkı Kum	19	32.5	-
3	İri Kum	16	37.5	-
4	Kum	18	27.5	-
5	Kil	19	25	25
6	Balçık	21	27.5	10



Şekil 7.7. Genel sistem şeması

Bilgisayarla çözümü yapılan iksa sistemi, çukur boyunca yatay olarak kazı şevlerine yerleştirilen kaplama tahtaları, bunlara dik, iki veya daha çok sayıda göğüslemeler ve göğüslemelere kamalarla irtibatlandırılan

desteklerden oluşmaktadır. Şekil 7.7. de iksa sistemi ve boyutlar için kullanılan notasyonlar gösterilmiştir.

Kaplama tahtası kalınlığının minimum olması için göğüslemelerin uygun yerleştirilmesi gerekmektedir. Uygunluk şartı olarak, düzeltilmiş mesnet momenti ile açıklık momenti değerlerinin yaklaşık eşitliği kullanılmıştır.

Çeşitli boydaki kaplama tahtaları için belirlenen statik sistemlere ait bilgiler Tablo 7.3. de özetlenmiştir [3].

Tablo 7.3. Statik sistemler ve birim yükleme için eğilme momenti değerleri

Statik sistem No	Mesnet sayısı	Kaplama tahtası boyu L (m)	L ₀ (m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	Maks. Moment Değerleri		
						Düzeltilmiş mesnet momenti (tm)	Açıklık momenti (tm)	M birim (tm)
S1.2.200	2	2.00	0.43	1.14	0.00	-0.070	0.070	0.070
S2.2.250	2	2.50	0.53	1.44	0.00	-0.114	0.119	0.119
S3.3.250	3	2.50	0.35	0.90	0.00	-0.049	0.035	-0.049
S4.3.300	3	3.00	0.43	1.07	0.00	-0.070	0.049	-0.070
S5.4.300	4	3.00	0.30	0.80	0.80	-0.036	0.030	-0.036
S6.4.350	4	3.50	0.35	0.95	0.90	-0.051	0.045	-0.051
S7.4.400	4	4.00	0.40	1.10	1.00	-0.067	0.064	-0.067

Tablo 7.5. de yukarıda belirtilen zemin türleri ve statik sistemler için çeşitli toprak basıncı metotlarının, maksimum moment, kesme kuvveti ve yatay deplasman bakımından karşılaştırılması yapılmıştır. Burada kullanılan semboller:

- A: Düşeyde H = 2 m., Destek sayısı = 2,
B: Düşeyde H = 3 m., Destek sayısı = 2,
C: Düşeyde H = 4 m., Destek sayısı = 3,
D: Düşeyde H = 5 m., Destek sayısı = 3'ü

ifade etmektedir. Ayrıca SON* (*=1,2,3...) olarak gösterilen kolon, program çalıştırıldıktan sonraki sonuç dosyalarını ifade etmektedir. Bu dosyaların özellikleri tablo 7.4. de verilmiştir. Tablo 7.5. deki çıktıların bazıları bölüm sonunda çeşitli garfiklerle gösterilmiştir.

Tablo 7.4. Programların sonuç dosyalarının özellikleri

Dosya adı	Zemin türü	Statik sistem
SON01	1	S1.2.200
SON02	1	S4.3.300
SON03	1	S5.4.300
SON04	1	S7.4.300
SON05	2	S1.2.200
SON06	2	S4.3.300
SON07	2	S5.4.300
SON08	2	S7.4.300
SON09	3	S1.2.200
SON10	3	S4.3.300
SON11	3	S5.4.300
SON12	3	S7.4.300
SON13	4	S1.2.200
SON14	4	S4.3.300
SON15	4	S5.4.300
SON16	4	S7.4.300
SON17	5	S1.2.200
SON18	5	S4.3.300
SON19	5	S5.4.300
SON20	5	S7.4.300
SON21	6	S1.2.200
SON22	6	S4.3.300
SON23	6	S5.4.300
SON24	6	S7.4.300

Tablo 7.5. Temel çukuru kaplama yapılarında çeşitli toprak basıncı metotlarının, maksimum moment, kesme kuvveti ve yatay deplasman bakımından karşılaştırılması

	MAKSİMUM MOMENT (KNm)				KESME KUVVETİ (KN)				YATAY DEPLASMAN (mm)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
SON01	TERZAGHİ	0,83	2,02	2,00	4,01	7,75	17,34	23,08	36,27	0,2	0,3	0,8
	TSCEHEBOTARIOFF	0,91	2,32	2,69	5,25	6,89	15,23	18,45	28,83	0,2	0,4	1,7
	KLENNER	1,77	3,80	5,17	8,49	7,80	15,07	22,51	32,58	0,4	1,0	3,5
	LEHMAN	1,01	2,45	2,66	7,44	6,33	13,88	16,63	30,00	0,2	0,6	3,0
SON02	TERZAGHİ	0,89	2,16	2,19	4,29	8,30	18,56	24,70	38,83	0,2	0,3	0,9
	TSCEHEBOTARIOFF	0,98	2,48	2,88	5,62	7,38	16,30	19,74	30,84	0,2	0,5	1,9
	KLENNER	1,88	4,02	5,48	8,95	8,31	16,04	23,97	34,63	0,4	1,4	3,7
	LEHMAN	1,07	2,60	2,82	7,85	6,75	14,82	17,79	31,91	0,2	0,6	3,2
SON03	TERZAGHİ	0,67	1,61	1,64	3,20	6,19	13,86	18,44	28,97	0,1	0,2	0,6
	TSCEHEBOTARIOFF	0,73	1,86	2,15	4,20	5,51	12,17	14,76	23,07	0,1	0,4	1,4
	KLENNER	1,44	3,13	4,25	7,06	6,31	12,25	18,26	26,59	0,3	1,1	3,0
	LEHMAN	0,82	2,00	2,17	6,20	5,10	11,19	13,31	24,45	0,2	0,5	2,5
SON04	TERZAGHİ	0,87	2,13	2,15	4,21	8,14	18,21	24,24	38,10	0,2	0,3	0,9
	TSCEHEBOTARIOFF	0,96	2,44	2,82	5,51	7,24	15,99	19,37	30,27	0,2	0,5	1,8
	KLENNER	1,85	3,96	5,40	8,82	8,17	15,77	23,55	34,05	0,4	1,4	3,6
	LEHMAN	1,05	2,56	2,78	7,73	6,63	14,55	17,45	31,36	0,2	0,6	3,1
SON05	TERZAGHİ	0,79	1,92	1,95	3,82	7,39	16,53	21,99	34,57	0,1	0,2	0,8
	TSCEHEBOTARIOFF	0,96	2,45	2,84	5,54	7,28	16,08	19,48	30,43	0,2	0,5	1,8
	KLENNER	1,68	3,62	4,93	8,09	7,43	14,37	21,45	31,05	0,4	1,3	3,3
	LEHMAN	0,96	2,33	2,53	7,09	6,03	13,23	15,85	28,59	0,2	0,6	2,9

Tablo 7.5. devam

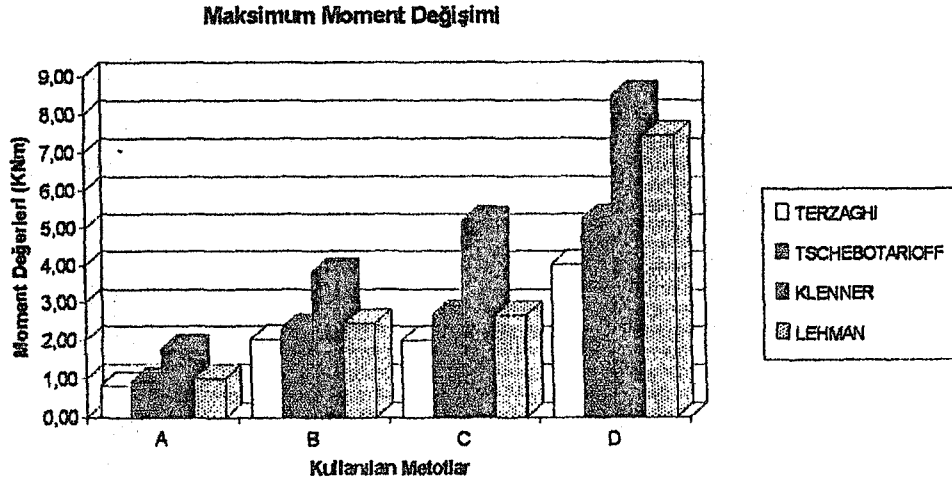
	MAKSİMUM MOMENT (KNm)				KESME KUVVETİ (KN)				YATAY DEPLASMAN (mm) -				
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
SON06	TERZAGHI	0,85	2,06	2,09	4,09	7,91	17,69	23,54	37,01	0,2	0,3	0,3	0,8
	TSCEHEBOTARIOFF	1,03	2,62	3,04	5,93	7,79	17,21	20,84	32,56	0,2	0,5	0,7	2,0
	KLENNER	1,79	3,83	5,23	8,53	7,92	15,29	22,84	33,01	0,4	1,3	1,6	3,5
	LEHMAN	1,02	2,48	2,69	7,48	6,44	14,12	16,95	30,41	0,2	0,6	0,7	3,0
SON07	TERZAGHI	0,63	1,54	1,56	3,05	5,90	13,21	17,57	27,61	0,1	0,2	0,2	0,6
	TSCEHEBOTARIOFF	0,77	1,96	2,27	4,43	5,81	12,85	15,58	24,35	0,1	0,4	0,5	1,5
	KLENNER	1,37	2,99	4,05	6,74	6,01	11,67	17,41	25,34	0,3	1,1	1,2	2,8
	LEHMAN	0,78	1,91	2,07	5,91	4,86	10,66	12,68	23,31	0,2	0,5	0,5	2,4
SON08	TERZAGHI	0,83	2,02	2,05	4,02	7,76	17,35	23,10	36,31	0,2	0,3	0,3	0,8
	TSCEHEBOTARIOFF	1,01	2,57	2,98	5,82	7,64	16,88	20,45	31,95	0,2	0,5	0,7	1,9
	KLENNER	1,76	3,77	5,14	8,41	7,78	15,03	22,45	32,45	0,4	1,3	1,5	3,5
	LEHMAN	1,00	2,44	2,65	7,37	6,32	13,87	16,64	29,89	0,2	0,6	0,7	3,0
SON09	TERZAGHI	0,54	1,31	1,33	2,60	5,03	11,24	14,96	23,52	0,1	0,2	0,2	0,5
	TSCEHEBOTARIOFF	0,81	2,06	2,39	4,67	6,13	13,54	14,20	25,62	0,2	0,4	0,6	1,5
	KLENNER	1,14	2,46	3,36	5,50	5,06	9,78	14,60	21,13	0,3	0,9	1,0	2,3
	LEHMAN	0,65	1,59	1,72	4,82	4,10	9,00	10,78	19,46	0,1	0,4	0,4	2,0
SON10	TERZAGHI	0,58	1,40	1,42	2,79	5,38	12,03	16,02	25,18	0,1	0,2	0,2	0,6
	TSCEHEBOTARIOFF	0,87	2,21	2,56	4,99	6,56	14,49	17,55	27,42	0,2	0,4	0,6	1,6
	KLENNER	1,22	2,61	3,56	5,81	5,39	10,40	15,54	22,46	0,3	0,9	1,1	2,4
	LEHMAN	0,69	1,69	1,83	5,09	4,38	9,61	11,53	20,69	0,1	0,4	0,5	2,1

Tablo 7.5. devam

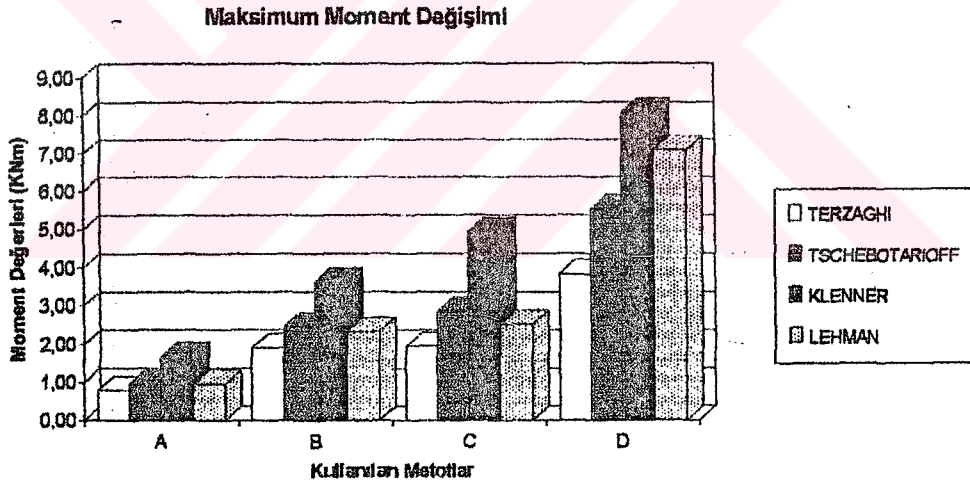
		MAKSİMUM MOMENT (KNm)				KESME KUVVETİ (KN)				YATAY DEPLASMAN (mm)			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
SON11	TERZAGHI	0,43	1,05	1,06	2,08	4,01	8,99	11,96	18,79	0,1	0,1	0,2	0,4
	TSCEHEBOTARIOFF	0,65	1,65	-1,91	3,73	4,90	10,82	-13,12	20,50	0,1	0,3	0,4	1,2
	KLENNER	0,93	2,03	2,76	4,59	4,09	7,94	11,84	17,24	0,2	0,7	0,8	1,9
	LEHMAN	0,53	1,30	1,41	4,02	3,31	7,26	8,63	15,86	0,1	0,3	0,4	1,7
SON12	TERZAGHI	0,57	1,37	1,39	2,73	5,28	11,81	15,72	24,71	0,1	0,2	0,2	0,6
	TSCEHEBOTARIOFF	0,85	2,17	2,51	4,90	6,44	14,22	17,22	26,90	0,1	0,4	0,6	1,6
	KLENNER	1,20	2,57	3,50	5,72	5,30	10,23	15,27	22,08	0,3	0,9	-1,1	2,4
	LEHMAN	0,68	1,66	1,80	5,01	4,30	9,44	11,03	20,34	0,1	0,4	0,4	2,0
SON13	TERZAGHI	0,92	2,23	2,26	4,43	8,56	19,15	25,49	40,07	0,2	0,3	0,3	0,9
	TSCEHEBOTARIOFF	0,91	2,32	2,69	5,25	6,89	15,23	18,45	28,83	0,2	0,4	0,6	1,7
	KLENNER	1,95	4,19	5,72	9,37	8,61	16,65	24,86	35,99	0,4	1,5	1,7	3,9
	LEHMAN	1,11	2,70	2,94	8,21	6,99	15,34	18,37	33,14	0,2	0,6	0,7	3,3
SON14	TERZAGHI	0,98	2,38	2,42	4,74	9,16	20,50	27,29	42,90	0,2	0,3	0,4	1,0
	TSCEHEBOTARIOFF	0,98	2,48	2,88	5,62	7,38	16,30	19,74	30,84	0,2	0,5	0,7	1,9
	KLENNER	2,07	4,44	6,06	9,89	9,18	17,72	26,47	38,26	0,5	-1,6	1,8	4,1
	LEHMAN	1,18	2,87	3,12	8,67	7,46	16,37	19,65	-35,24	0,2	0,7	0,8	3,5
SON15	TERZAGHI	0,74	1,78	1,81	3,53	6,84	15,31	20,37	32,00	0,1	0,2	0,3	0,7
	TSCEHEBOTARIOFF	0,73	1,86	2,15	4,20	5,51	12,17	14,76	23,07	0,1	0,4	0,5	1,4
	KLENNER	1,59	3,46	4,70	7,82	6,97	13,53	20,17	29,37	0,4	1,2	1,4	3,3
	LEHMAN	0,90	2,21	2,40	6,85	5,63	12,36	14,70	27,01	0,2	0,5	0,6	2,8
SON16	TERZAGHI	0,97	2,34	2,38	4,65	8,99	20,11	26,77	42,09	0,2	0,3	0,4	0,9
	TSCEHEBOTARIOFF	0,96	2,44	2,82	5,51	7,24	15,99	19,37	30,27	0,2	0,5	0,7	1,8
	KLENNER	2,04	4,37	5,96	9,75	9,02	17,42	26,02	37,61	0,5	1,5	1,8	4,0
	LEHMAN	1,16	2,82	3,07	8,54	7,33	16,07	19,28	34,65	0,2	0,7	0,8	3,5

Tablo 7.5. devam

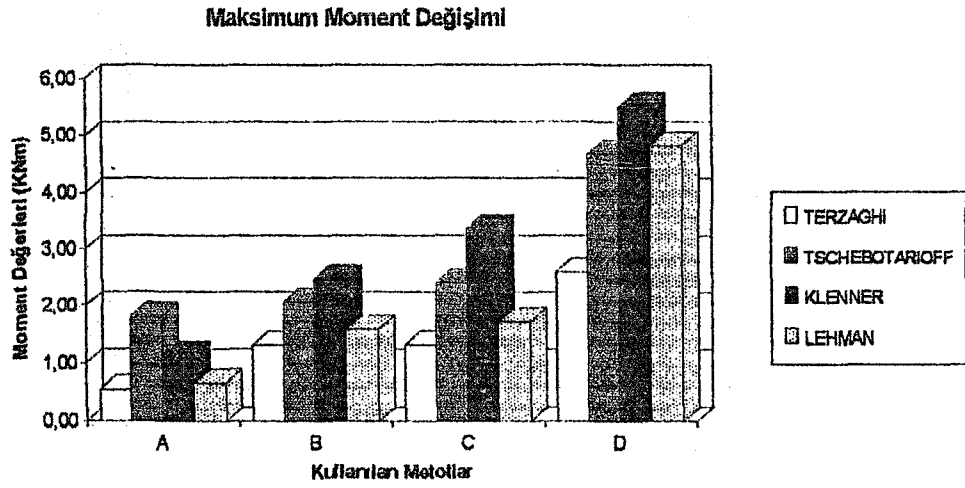
		MAKSİMUM MOMENT (KNm)				KESME KUVVETİ (KN)				YATAY DEPLASMAN (mm)			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
SON21	TERZAGHI	0,19	3,72	5,37	11,80	1,71	29,87	52,69	98,20	0,0	0,4	0,9	2,6
	TSCEHEBOTARIOFF-1	0,54	2,50	2,09	4,32	7,26	16,39	24,95	39,28	0,1	0,4	0,3	0,6
	TSCEHEBOTARIOFF-2	1,05	2,57	2,53	4,86	10,92	23,82	26,91	41,78	0,2	0,3	0,3	0,7
	TSCEHEBOTARIOFF-3	2,11	6,05	6,13	23,37	15,24	31,08	42,17	88,47	0,4	1,6	1,5	10,2
SON22	LEHMAN			0,90	2,77			7,37	16,01			0,2	1,0
	TERZAGHI	0,20	3,97	5,71	12,53	1,83	31,94	56,42	105,17	0,0	0,5	1,0	2,8
	TSCEHEBOTARIOFF-1	0,57	2,67	2,24	4,62	7,76	17,55	26,70	42,02	0,1	0,4	0,3	0,6
	TSCEHEBOTARIOFF-2	1,11	2,75	2,70	5,18	11,67	25,48	28,02	44,66	0,2	0,4	0,3	0,7
SON23	TSCEHEBOTARIOFF-3	2,24	6,42	6,51	24,65	16,28	36,37	45,01	94,00	0,5	1,6	1,6	10,7
	LEHMAN			0,96	2,93			7,88	17,12			0,2	1,0
	TERZAGHI	0,15	3,01	4,36	9,66	1,38	23,95	42,07	78,35	0,0	0,3	0,4	2,2
	TSCEHEBOTARIOFF-1	0,43	2,00	1,67	3,46	5,82	13,09	19,96	31,43	0,1	0,3	0,2	0,4
SON24	TSCEHEBOTARIOFF-2	0,85	2,07	2,05	3,94	8,77	19,09	21,57	33,51	0,2	0,3	0,2	0,5
	TSCEHEBOTARIOFF-3	1,71	4,05	5,02	19,54	12,27	27,48	33,99	72,30	0,4	1,3	1,3	8,6
	LEHMAN			0,72	2,30			5,89	12,82			0,1	0,8
	TERZAGHI	0,20	3,90	5,61	12,32	1,80	31,35	55,35	103,18	0,0	0,5	1,0	2,7
SON24	TSCEHEBOTARIOFF-1	0,56	2,62	2,20	4,53	7,62	17,22	26,20	41,24	0,1	0,4	0,3	0,6
	TSCEHEBOTARIOFF-2	1,10	2,70	2,65	5,09	11,46	25,00	28,24	43,84	0,2	0,4	0,3	0,7
	TSCEHEBOTARIOFF-3	2,21	6,32	6,41	24,29	15,98	35,72	44,20	92,43	0,5	1,6	1,6	10,5
	LEHMAN			0,94	2,88			7,73	16,80			0,2	1,0



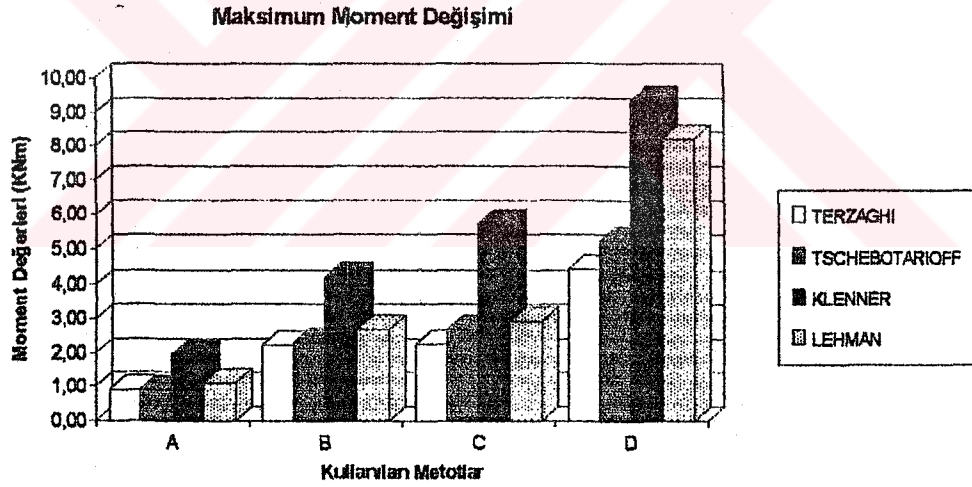
Şekil 7.8. $\gamma=18 \text{ KN/m}^3$, $\phi=30^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Momentin Değişimi



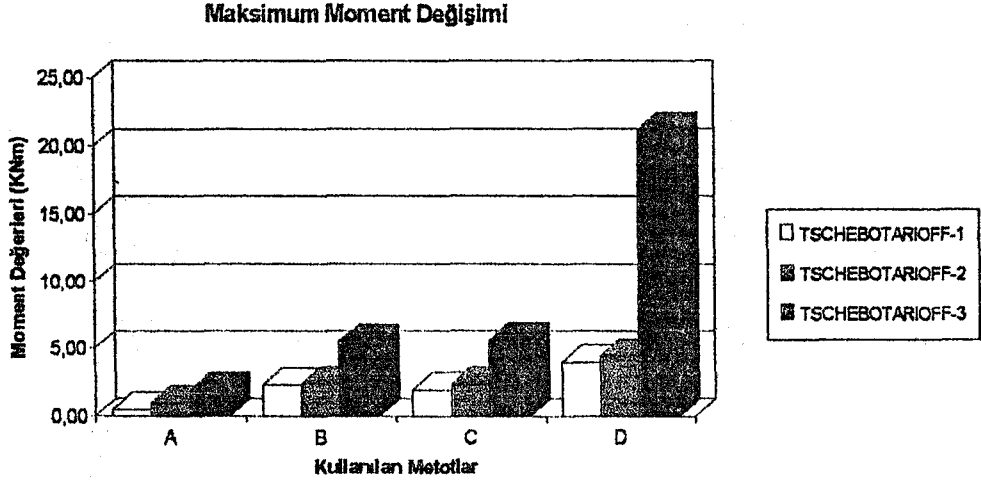
Şekil 7.9. $\gamma=19 \text{ KN/m}^3$, $\phi=32.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Momentin Değişimi



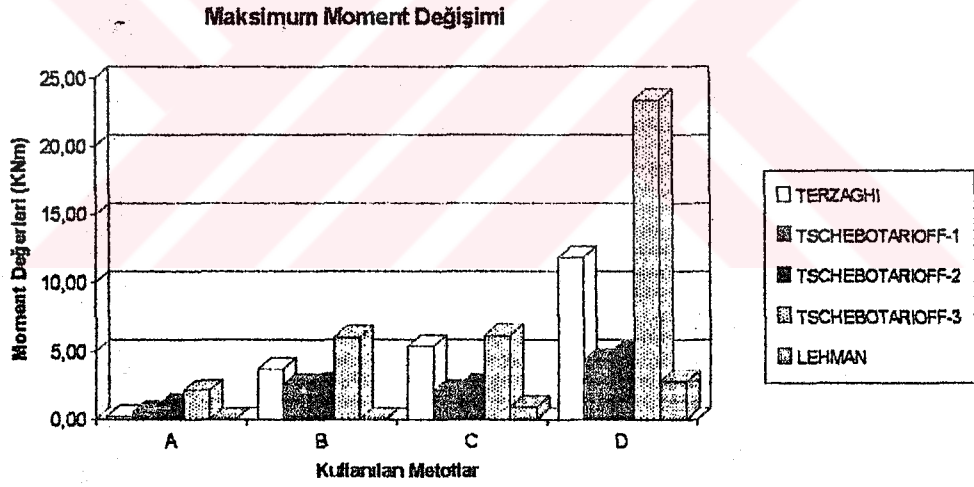
Şekil 7.10. $\gamma=16 \text{ KN/m}^3$, $\phi=37.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Momentin Değişimi



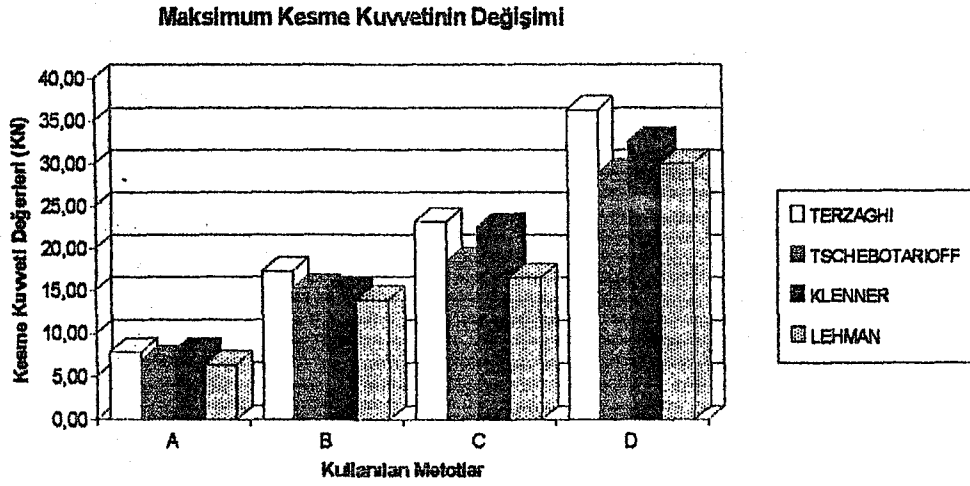
Şekil 7.11. $\gamma=18 \text{ KN/m}^3$, $\phi=27.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Momentin Değişimi



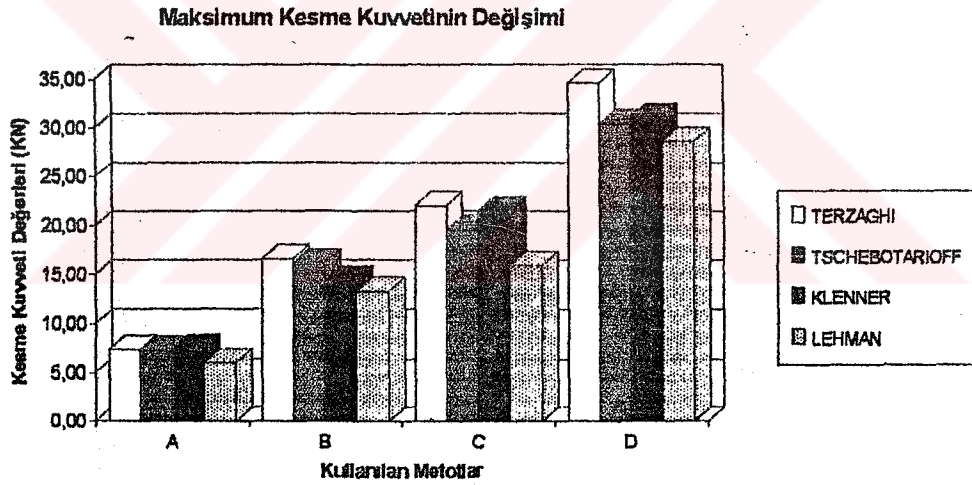
Şekil 7.12. $\gamma=19 \text{ KN/m}^3$, $\phi=25^\circ$, $c=25 \text{ KN/m}^2$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Momentin Değişimi



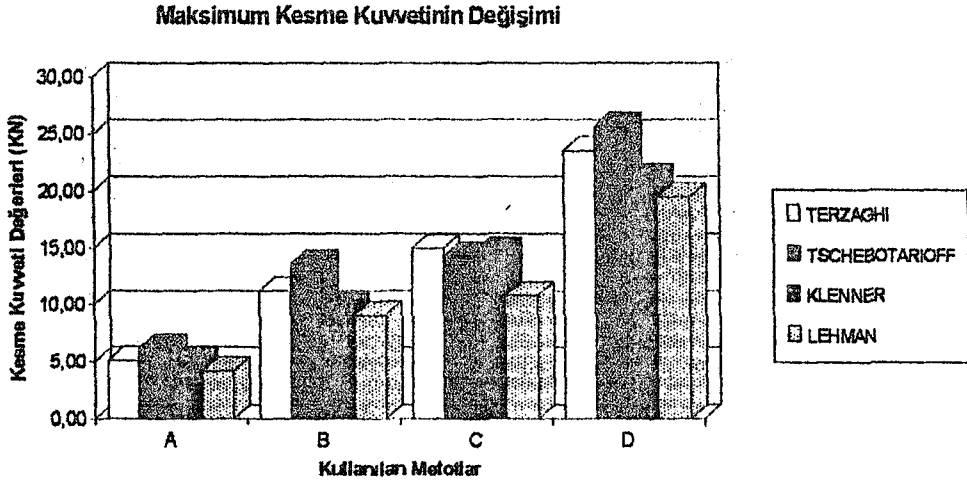
Şekil 7.13. $\gamma=21 \text{ KN/m}^3$, $\phi=27.5^\circ$, $c=10 \text{ KN/m}^2$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Momentin Değişimi



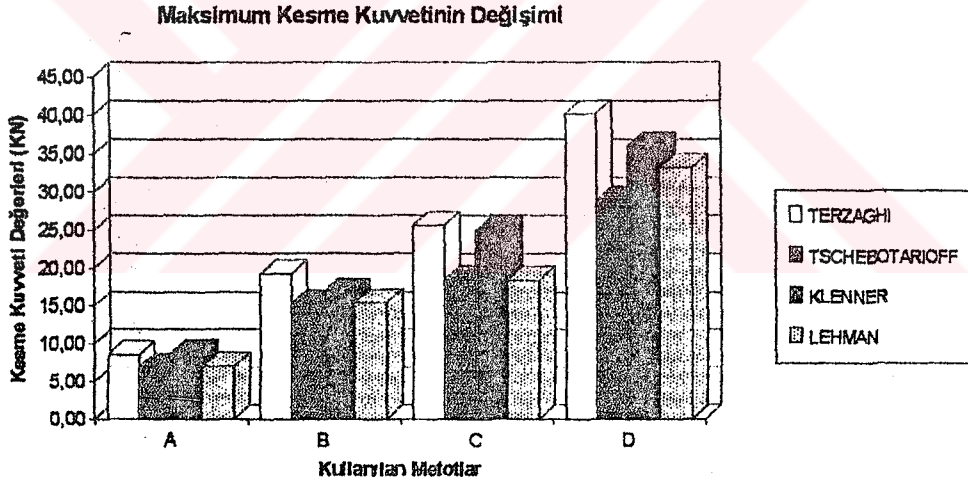
Şekil 7.14. $\gamma=18 \text{ KN/m}^3$, $\phi=30^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Kesme Kuvvetinin Değişimi



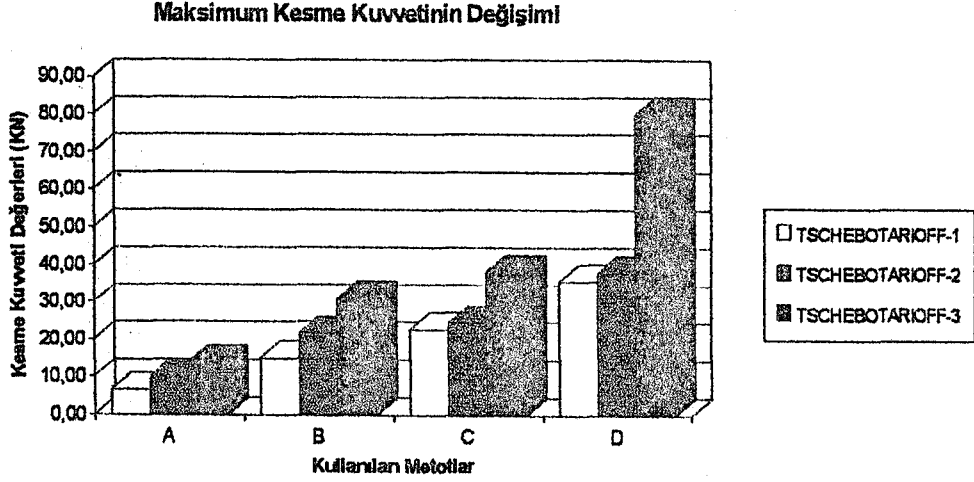
Şekil 7.15. $\gamma=19 \text{ KN/m}^3$, $\phi=32.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Kesme Kuvvetinin Değişimi



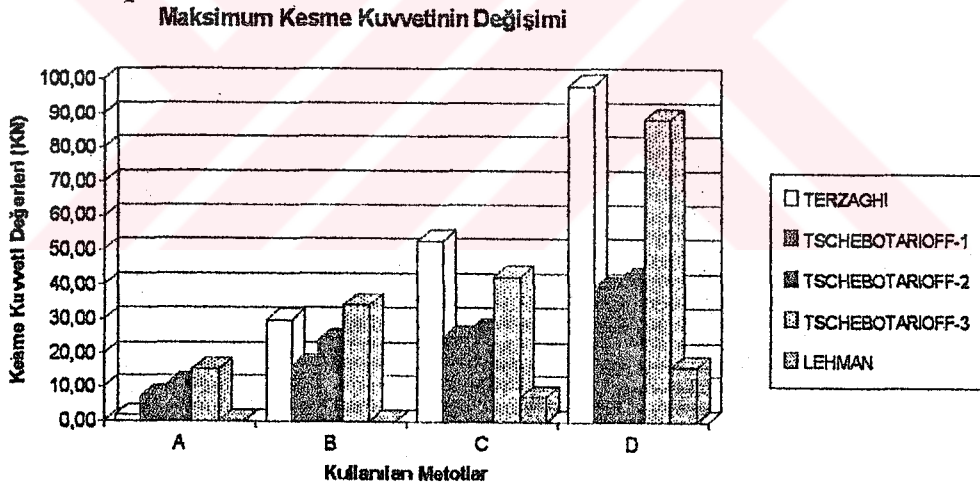
Şekil 7.16. $\gamma=16 \text{ KN/m}^3$, $\phi=37.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Kesme Kuvvetinin Değişimi



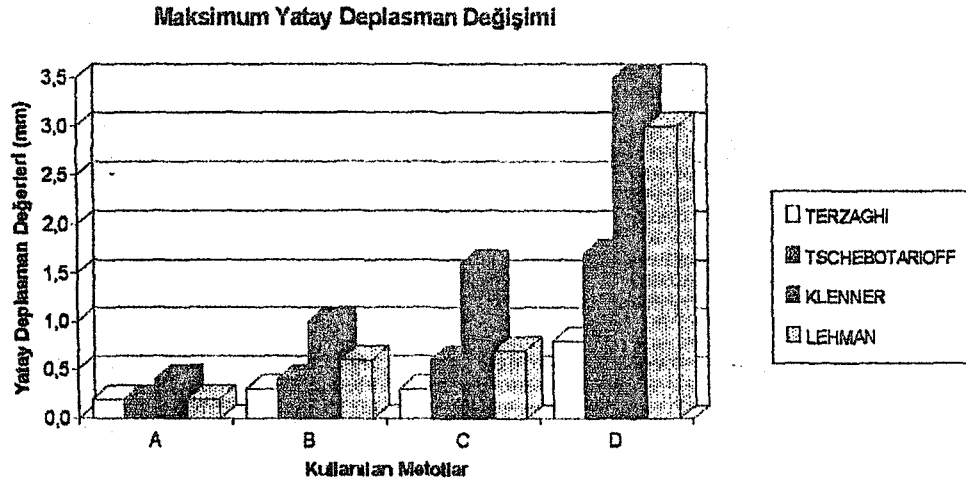
Şekil 7.17. $\gamma=18 \text{ KN/m}^3$, $\phi=27.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Kesme Kuvvetinin Değişimi



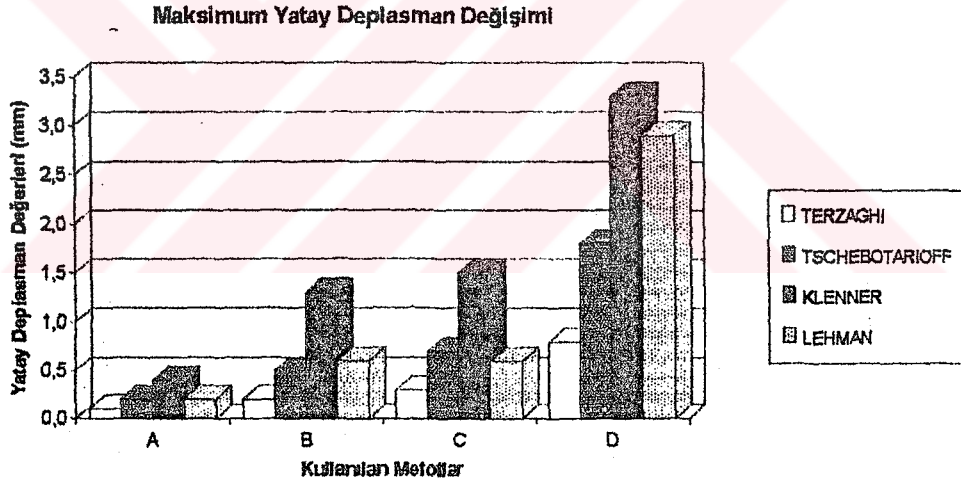
Şekil 7.18. $\gamma=19 \text{ KN/m}^3$, $\phi=25^\circ$, $c=25 \text{ KN/m}^2$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Kesme Kuvvetinin Değişimi



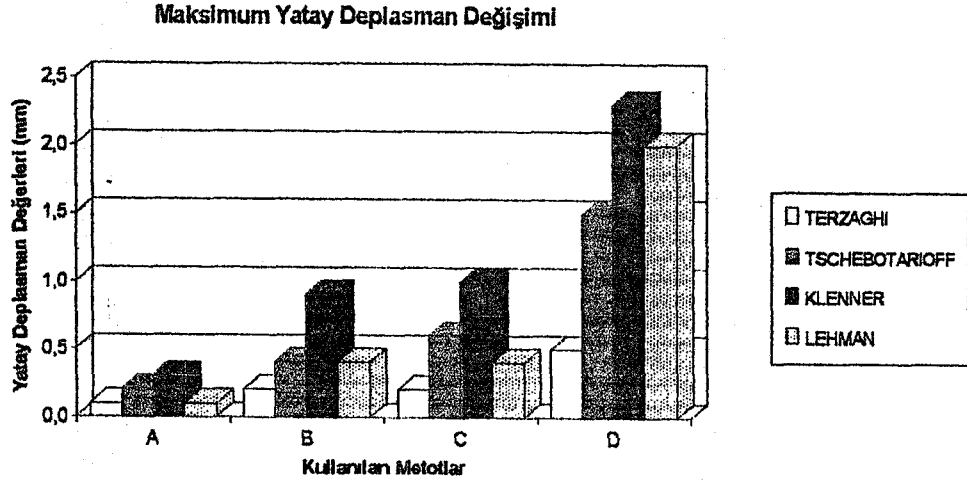
Şekil 7.19. $\gamma=21 \text{ KN/m}^3$, $\phi=27.5^\circ$, $c=10 \text{ KN/m}^2$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Kesme Kuvvetinin Değişimi



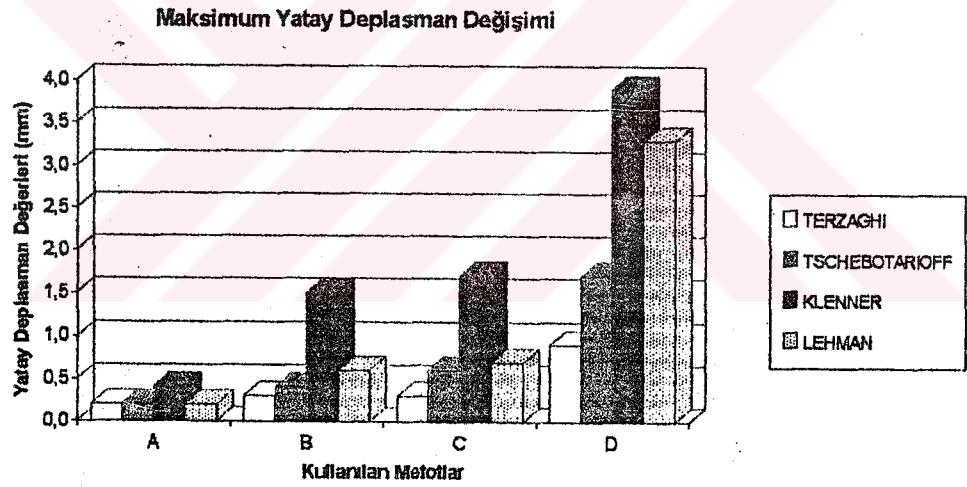
Şekil 7.20. $\gamma=18 \text{ KN/m}^3$, $\phi=30^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Yatay Deplasmanın Değişimi



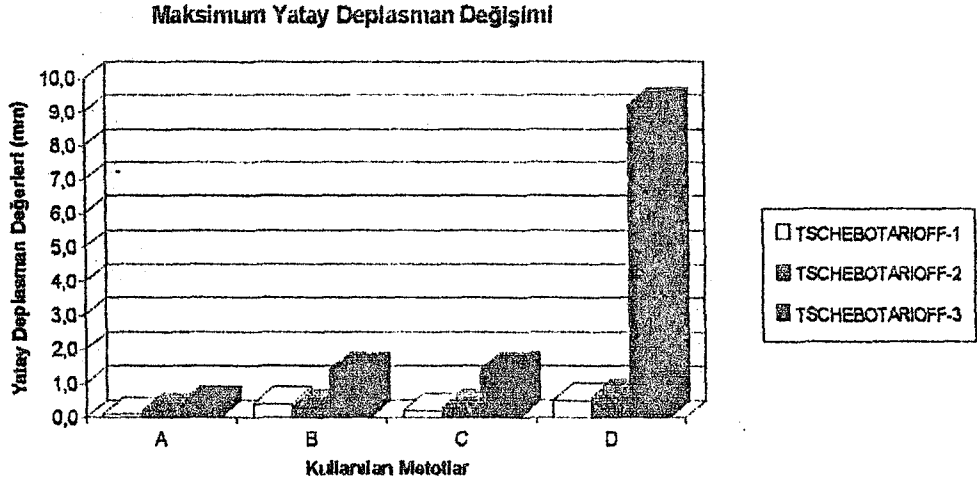
Şekil 7.21. $\gamma=19 \text{ KN/m}^3$, $\phi=32.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Yatay Deplasmanın Değişimi



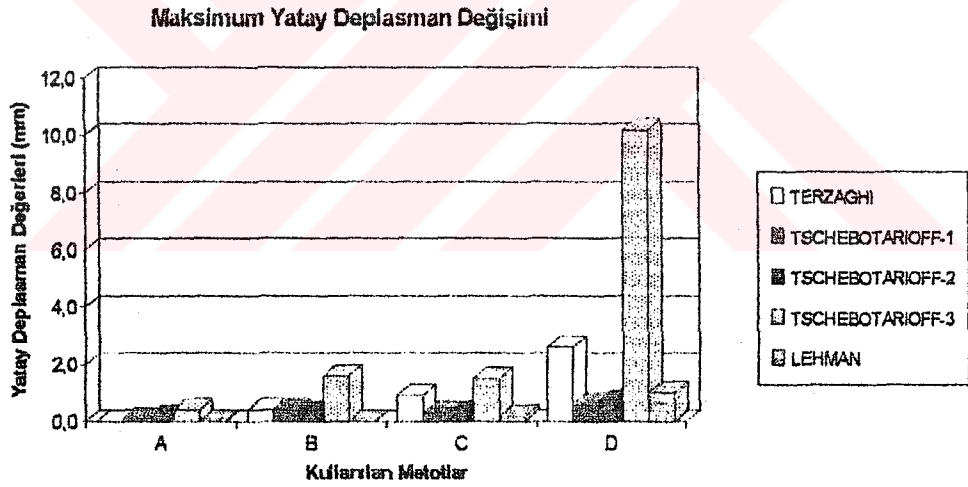
Şekil 7.22. $\gamma=16 \text{ KN/m}^3$, $\phi=37.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Yatay Deplasmanın Değişimi



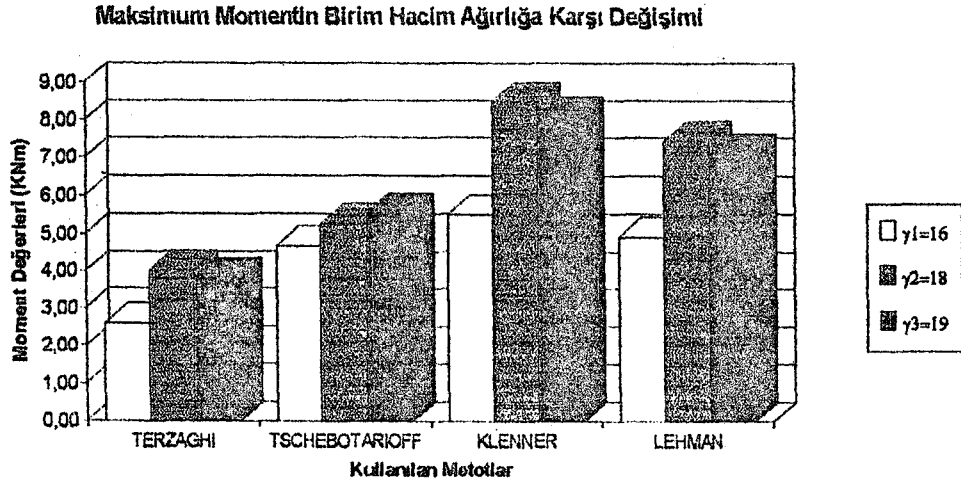
Şekil 7.23. $\gamma=18 \text{ KN/m}^3$, $\phi=27.5^\circ$, yatayda $L=1.00 \text{ m.}$ ve 2 destek için Maksimum Yatay Deplasmanın Değişimi



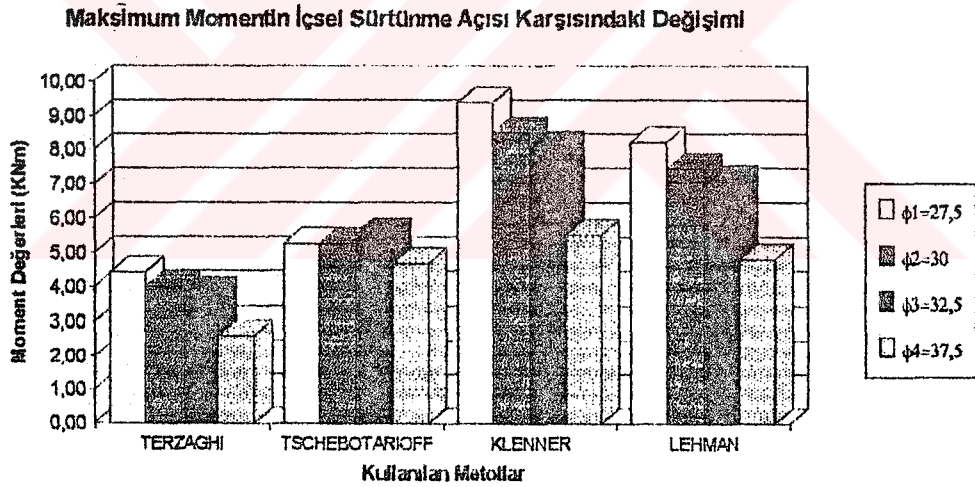
Şekil 7.24. $\gamma=19 \text{ KN/m}^3$, $\phi=25^\circ$, $c=25 \text{ KN/m}^2$, yatayda $L=1.00 \text{ m}$. ve 2 destek için Maksimum Yatay Deplasmanın Değişimi



Şekil 7.25. $\gamma=21 \text{ KN/m}^3$, $\phi=27.5^\circ$, $c=10 \text{ KN/m}^2$, yatayda $L=1.00 \text{ m}$. ve 2 destek için Maksimum Yatay Deplasmanın Değişimi

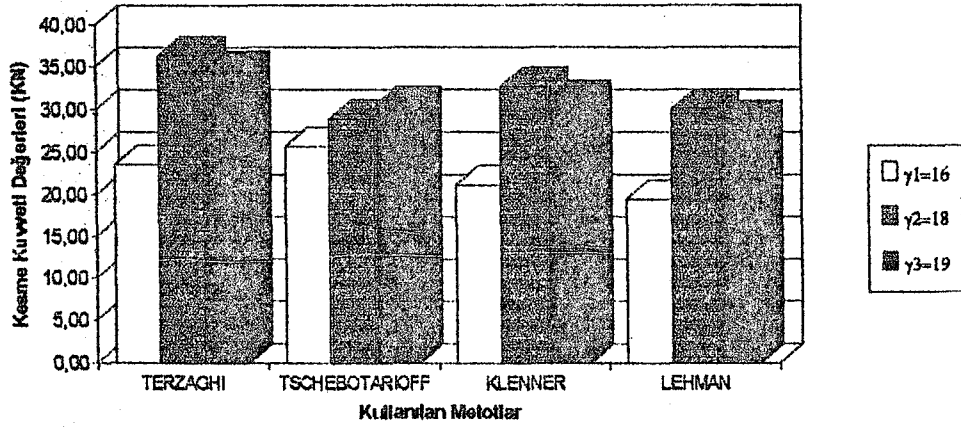


Şekil 7.26. Maksimum Momentin Birim Hacim Ağırlık Karşısındaki Değişimi (yatayda $L=1.00$ m. ve 2 destek, Düşeyde $H=4.00$ m. ve 3 Destek için).



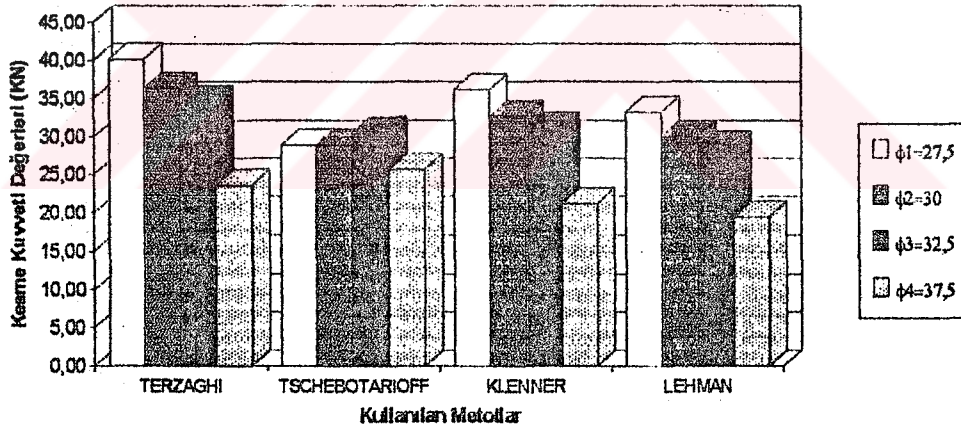
Şekil 7.27. Maksimum Momentin İçsel Sürtünme Açısı Karşısındaki Değişimi (yatayda $L=1.00$ m. ve 2 destek, Düşeyde $H=4.00$ m. ve 3 Destek için).

Maksimum Kesme Kuvvetinin Birim Hacim Ağırlığı Karşı Değişimi



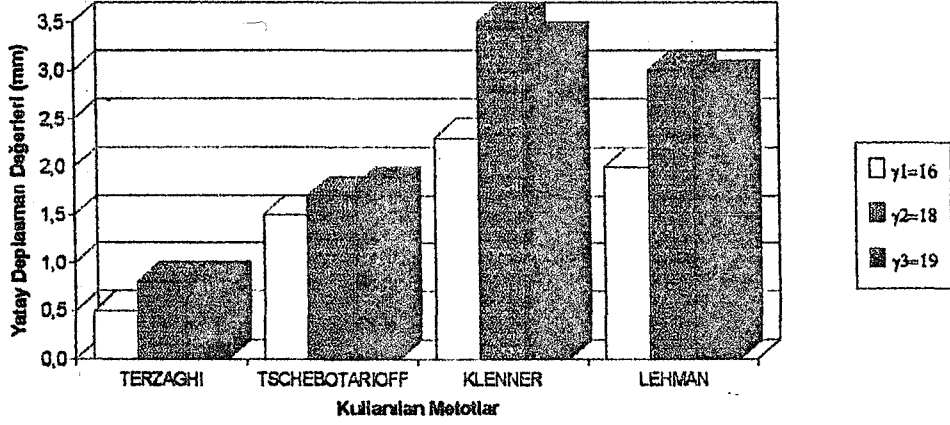
Şekil 7.28. Maksimum Kesme Kuvvetinin Birim Hacim Ağırlık Karşısındaki Değişimi (yatayda $L=1.00$ m. ve 2 destek, Düşeyde $H=4.00$ m. ve 3 Destek için).

Maksimum Kesme Kuvvetinin İçsel Sürtünme Açısı Karşısındaki Değişimi



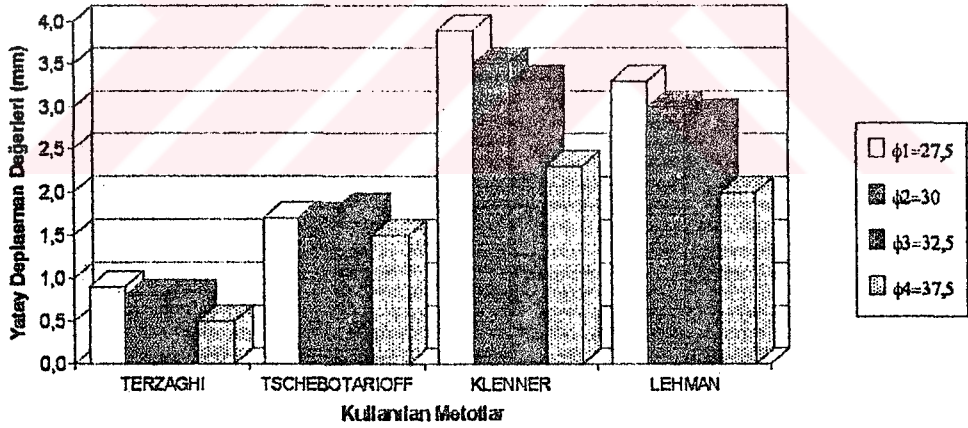
Şekil 7.29. Maksimum Kesme Kuvvetinin İçsel Sürtünme Açısı Karşısındaki Değişimi (yatayda $L=1.00$ m. ve 2 destek, Düşeyde $H=4.00$ m. ve 3 Destek için).

Maksimum Yatay Deplasmanın Birim Hacim Ağırlığa Karşı Değişimi



Şekil 7.30. Maksimum Yatay Deplasmanın Birim Hacim Ağırlık Karşısındaki Değişimi (yatayda $L=1.00$ m. ve 2 destek, Düşeyde $H=4.00$ m. ve 3 Destek için).

Maksimum Yatay Deplasmanın İçsel Sürtünme Açısı Karşısındaki Değişimi



Şekil 7.31. Maksimum Yatay Deplasmanın İçsel Sürtünme Açısı Karşısındaki Değişimi (yatayda $L=1.00$ m. ve 2 destek, Düşeyde $H=4.00$ m. ve 3 Destek için).

BÖLÜM 8. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

8.1. GİRİŞ

Sonlu elemanlar yönteminin bilgisayarın gelişmesine paralel olarak ortaya çıkması ile son senelere kadar çözümü tamamen mühendislik tecrübesine, benzeri problemlerde yapılan gözlemlere ve amprik kaidelere dayanan çok çeşitli temel mühendisliği problemleri bugün artık en kompleks şartlarda dahi çözümlenebilmektedir.

Sonlu elemanlar yöntemi ile, homojen olmayan malzeme, lineer olmayan gerilme-deformasyon bağıntıları, kompleks sınır şartları vb. diğer yöntemler için çeşitli problem ve zorluklar yaratan hususlar kolaylıkla çözüme dahil edilebilmektedir.

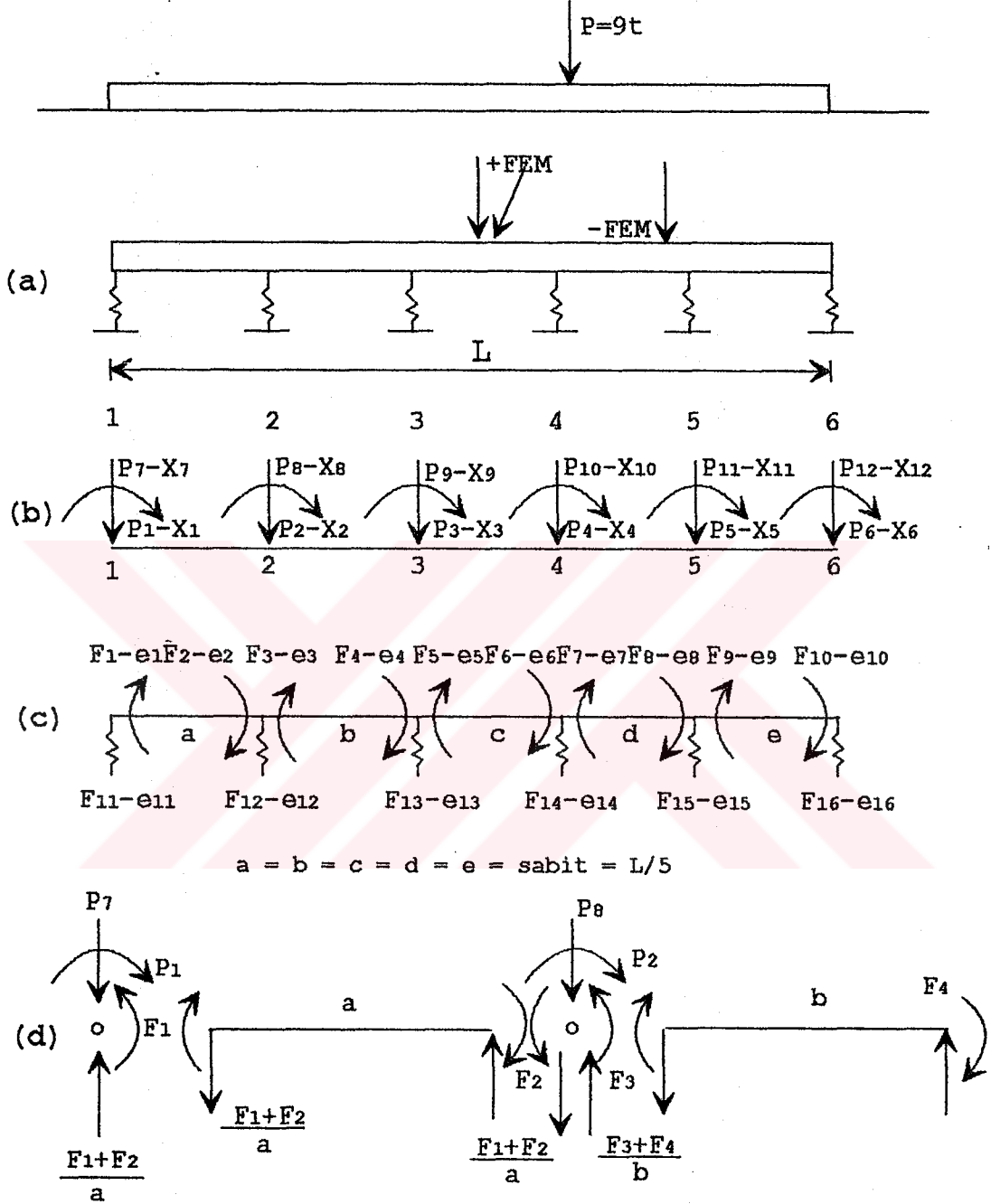
Sonlu elemanlar yönteminde esas bölge birçok küçük bölgelere ayrılır. Bu bölgelere sonlu elemanlar ismi verilir. Sonlu elemanlar düğüm noktaları ile birbirine bağlıdır. Ayrılan bölgeler sürekli ortamın davranışını temsil edecek şekilde olmalıdır.

8.2. ELASTİK ZEMİNE OTURAN KİRİŞLER İÇİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

Şekil 8.1. de görülen elastik zemine oturan herhangi bir düğüm noktası için aşağıdaki denklem yazılabilir.

$$P_i = A_i F_i \quad (8.1)$$

Burada P dış kuvvet, F iç kuvvet, A ise iç ve dış kuvvetler arasındaki orantı sabiti olarak alınmıştır. Bu



Şekil 8.1. Elastik zemine oturan bir kiriş: (a) Kirişin Winkler modeli, düğüm noktaları arasında bulunan dış yükler, komşu düğüm noktaları üzerine taşınmış ve ankastrelik uç momentleri ilave edilmiştir; (b) $P-X$ diyagramı; (c) $F-e$ diyagramı; (d) 1 ve 2 nolu düğüm noktalarının serbest parçalara ayrılarak incelenmesi.

eşitliği matris notasyonu ile yazarsak aşağıdaki şekli alır.

$$P = AF \quad (8.2)$$

Aynı şekilde kiriş üzerinde ele aldığımız noktada iç deformasyon ile dış şekil değiştirme arasında

$$e = BX \quad (8.3)$$

bağıntısı mevcuttur. Burada B matrisi, A matrisinin transpozudur ($B = A^T$). Böylece ;

$$e = A^T X$$

olur. Kiriş üzerinde i'inci elemandaki iç kuvvet (F_i) ile, iç deformasyon (e_i) arasında aşağıdaki bağıntı yazılır.

$$F_i = S_i e_i$$

Noktaların tümünü ele aldığımızda bu eşitlik matris notasyonu ile ;

$$F = Se \quad (8.4)$$

şeklinde gösterilir. Denklem (8.3)'ü, (8.4)'de yerine koyarsak ;

$$F = SA^T X \quad (8.5)$$

ve denklem (8.5)'i de denklem (8.2)'de yerine koyarsak ;

$$P = ASA^T X \quad (8.6)$$

olur. Denklem (8.6)'dan X'i çözersek ;

$$X = [ASA^T]^{-1} P \quad (8.7)$$

elde edilir. Denklem (8.7)'den elde edilen X değerleri, denklem (8.5)'de yerine konulursa, yapı elemanı üzerinde istenilen noktalardaki iç kuvvetler bulunur.

8.3. A MATRİSİ

Şekil 8.1.'de görüldüğü gibi yay katsayısı K olan mesnetler üzerine oturmuş bir kirişi inceleyelim.

Şekil 8.1.b.'ye P-X diyagramı denir. Buradaki değerler :

$P_1...P_6$: düğüm noktalarına uygulanmış dış momentler.

$X_1...X_6$: bu dış momentlere karşı gelen dönmeler.

$P_7...P_{12}$: düğüm noktalarına düşey yönde etkiyen dış kuvvetler.

$X_7...X_{12}$: düşey yöndeki dış kuvvetlere karşı gelen düşey yer değiştirmeler.

Burada P ile dış kuvvet veya momentler, X ile de dönme veya yer değiştirmeler gösterilmiştir.

Şekil 8.1.c. 5 sonlu elemana bölünen kirişin, 6 düğüm noktasının her birinin uçlarında oluşan iç kuvvetleri göstermektedir.

$F_1....F_{10}$: elemanların uç momentleri.

$F_{11}...F_{16}$: yay iç kuvvetleri.

$e_1....e_{10}$: elemanların uç dönmeleri.

$e_{11}...e_{16}$: yay sıkışması.

Düğüm noktalarında dış ve iç kuvvetler arasında aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$P = AF$$

Burada A, dış ve iç kuvvetler arasındaki ilişkiyi gösterir. Şekil 8.1.d.'de gösterilen 1 nolu düğüm noktasında denge denklemlerini yazarsak ;

$$\uparrow^+ \sum M_1 = 0 \quad \text{moment dengesinden}$$

$$P_1 - F_1 = 0 \quad (8.8)$$

veya $P_1 = F_1 \quad (8.9)$

aynı şekilde $\downarrow_+ \sum Y_1 = 0$ düşey kuvvetlerin dengesinden

$$P_7 - \frac{F_1}{a} - \frac{F_2}{a} + F_{11} = 0 \quad (8.10)$$

$$P_7 = \frac{F_1}{a} + \frac{F_2}{a} - F_{11} \quad (8.11)$$

elde edilir. Benzer şekilde denge denklemlerini 2 nolu düğüm noktasında yazarsak ;

A =

P/F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1															
2		1	1													
3				1	1											
4						1	1									
5								1	1							
6										1						
7	Z	Z									-1					
8	-Z	-Z	Z	Z								-1				
9			-Z	-Z	Z	Z							-1			
10					-Z	-Z	Z	Z						-1		
11							-Z	-Z	Z	Z					-1	
12									-Z	-Z						-1

(a)

$$B = A^T =$$

e/x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1						Z	-Z					
2		1					Z	-Z					
3			1					Z	-Z				
4				1				Z	-Z				
5					1				Z	-Z			
6						1			Z	-Z			
7							1			Z	-Z		
8								1		Z	-Z		
9									1		Z	-Z	
10										1	Z	-Z	
11								-1					
12									-1				
13										-1			
14											-1		
15												-1	
16													-1

parça uzunluğu=a=sabit

$$Z = 1/a$$

$$A = 4EI/a$$

$$B = 2EI/a$$

(b)

(c)

F/e	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	A	B														
2	B	A														
3			A	B												
4			B	A												
5					A	B										
6					B	A										
7							A	B								
8							B	A								
9									A	B						
10									B	A						
11											K ₁					
12												K ₂				
13													K ₃			
14														K ₄		
15															K ₅	
16																K ₆

(d)

F	1	2
1	A	B
2	B	A
3	A	B
4	B	A
5	A	B
6	B	A
7	A	B
8	B	A
9	A	B
10	B	A
11	K ₁	0
12	K ₂	0
13	K ₃	0
14	K ₄	0
15	K ₅	0
16	K ₆	0

Şekil 8.2. Şekil 8.1. deki kiriş için sonlu elman matrisleri; (a) statik matris A; (b) deformasyon matrisi $B=A^T$; (c) rijitlik (stiffness) matrisi S; (d) S matrisinin iki kolon halinde gösterilişi.

$$\uparrow^+ \sum M_2 = 0 \text{ dan}$$

$$P_2 = F_2 + F_3 \quad (8.12)$$

$$\downarrow_+ \sum Y_2 = 0 \text{ dan}$$

$$P_8 = -\frac{F_1}{a} - \frac{F_2}{a} + \frac{F_3}{a} + \frac{F_4}{a} - F_{12} \quad (8.13)$$

(Tüm parçaların eşit uzunlukta olduğu varsayılmıştır.)

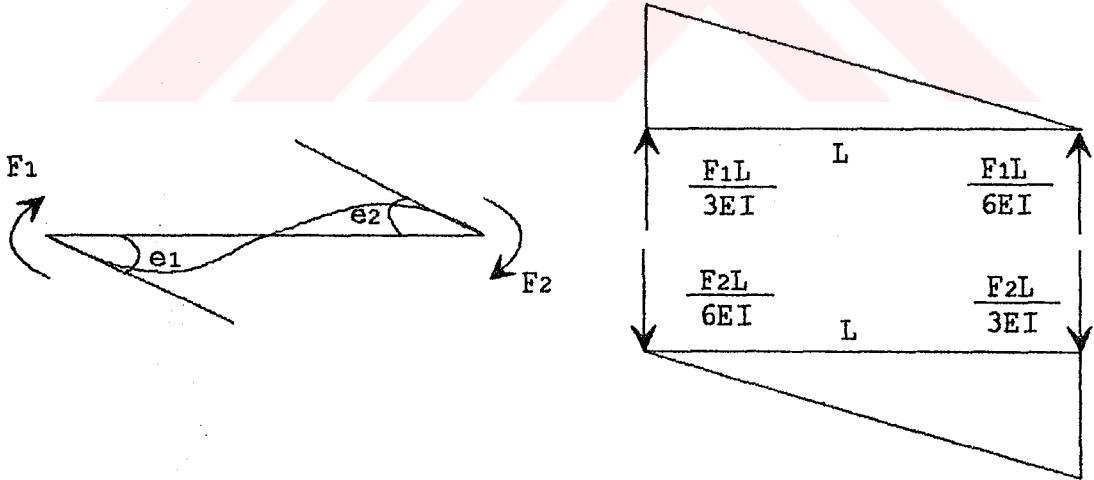
$$6 \text{ nolu noktada } \uparrow^+ \sum M_6 = 0 \text{ dan}$$

$$P_6 = F_{10} \quad (8.14)$$

$$\text{ve düşey kuvvetlerin toplamından } \downarrow_+ \sum Y_6 = 0$$

$$P_{12} = -\frac{F_9}{a} - \frac{F_{10}}{a} - F_{16} \quad (8.15)$$

elde edilir.



Şekil 8.3. Mohr ilkesinden yararlanarak iç kuvvet ve deformasyon ilişkisinin bulunması.

Şekil 8.2.a. bu formüllerden oluşan A matrisini göstermektedir. Matrisin satırındaki değerler P'leri, sütundaki değerler F'leri ifade etmektedir. Sıfır olan P ve F değerleri boş bırakılmıştır.

8.4. B MATRİSİ

Şekil 8.1.'deki kiriş için ; iç dönmelerle ($e_1...e_{10}$), dış deformasyonlar ($X_1...X_6$ dış dönmeler, $X_7...X_{12}$ dış düşey yer değiştirmeler) arasında aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$e_1 = X_1 + \frac{X_7}{a} - \frac{X_8}{a}$$

$$e_2 = X_2 + \frac{X_7}{a} - \frac{X_8}{a}$$

$$e_3 = X_2 + \frac{X_8}{a} - \frac{X_9}{a}$$

$$e_4 = X_3 + \frac{X_8}{a} - \frac{X_9}{a}$$

⋮

Benzer şekilde iç yay deformasyonları ile, düşey yer değiştirmeler arasında ;

$$e_{11} = -X_7$$

$$e_{12} = -X_8$$

⋮

bağıntıları yazılabilir. Bu formüllerden oluşan B matrisi Şekil 8.2.b. de gösterilmiştir. Matrisin satırlarında e değerleri, sütunlarında da X değerleri ifade edilmiştir. Bu matrisin elemanları incelendiğinde, B matrisinin, A matrisinin transpozu olduğu açıkça görülebilir.

$$B = A^T$$

8.5. S MATRİSİ

Şekil 8.3.'ü ele aldığımızda moment-alan yönteminden (Mohr metodu) e_1 ve e_2 dönmeleri aşağıdaki gibi yazılır.

$$\frac{F_1 L}{3EI} - \frac{F_2 L}{6EI} = e_1$$

$$-\frac{F_1 L}{6EI} + \frac{F_2 L}{3EI} = e_2$$

Bu iki denklemden F'ler çekilirse ($a = L$)

$$F_1 = \frac{4EI}{a} e_1 + \frac{2EI}{a} e_2$$

$$F_2 = \frac{2EI}{a} e_1 + \frac{4EI}{a} e_2$$

benzer şekilde ;

$$F_3 = \frac{4EI}{b} e_3 + \frac{2EI}{b} e_4$$

$$F_4 = \frac{2EI}{b} e_3 + \frac{4EI}{b} e_4$$

⋮

F_{11} kuvveti aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$F_{11} = K_1 e_{11}$$

Buradaki K değeri ; zemin yatak katsayısı k_s , temel genişliği B ve ele alınan parçanın uzunluklarının çarpımından elde edilir.

$$K_1 = aBk_s$$

$$K_2 = \frac{a+b}{2} Bk_s$$

⋮

$$K_6 = eBk_s$$

$$K_i = hBk_s \quad (a=b=c=d=e=h)$$

Şekil 8.2.c.'de bu formüllerden oluşan S matrisi gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 8.2.d.'de S matrisi 2 kolonda gösterilmiştir. S matrisinin 2 kolonda

yazılmasıyla bilgisayar hafızasının daha az kullanılması sağlanmıştır.

8.6. P MATRİSİ

Şekil 8.1.b. incelenen noktaya etkiyen dış kuvvet veya momentleri gösterir. Bölüm 8.3'deki denklemleri genişleterek yazarsak ;

$$P_1 = F_1 + 0F_2 + 0F_3 + \dots + 0F_{16}$$

$$P_2 = 0F_1 + F_2 + F_3 + \dots + 0F_{16}$$

$$P_3 = F_1 + 0F_2 + 0F_3 + \dots + 0F_{16}$$

⋮

$$P_7 = \frac{F_1}{a} + \frac{F_2}{b} + \dots - F_{11} + \dots + 0F_{16}$$

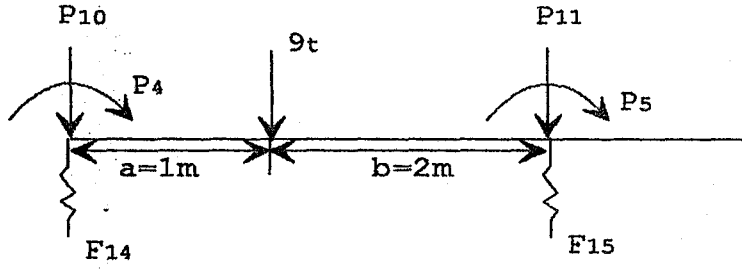
⋮

$$P_{12} = 0F_1 + 0F_2 + \dots - \frac{F_9}{e} - \frac{F_{10}}{e} + \dots - F_{16}$$

Bu formüllerden görüleceği gibi P değerleri nokta üzerine etkiyen dış kuvvetlerdir. Eğer nokta üzerine etkiyen kuvvet yoksa, P değeri 0 olarak alınır. Dış kuvvet şekilde gösterilen kodlama yönünde ise P matrisinde + işaretiyle gösterilir.

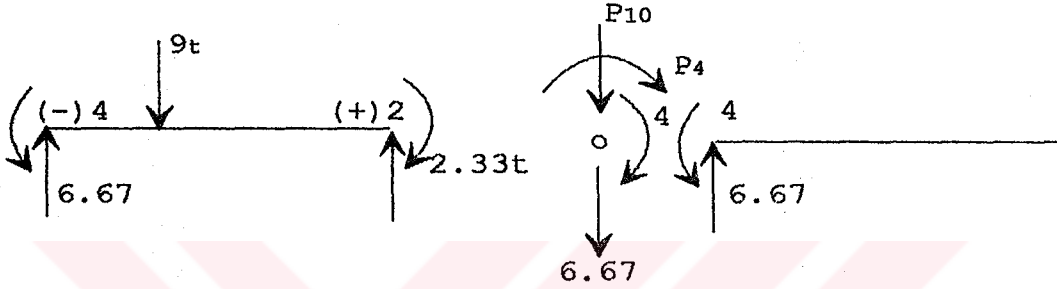
Dış kuvvteler ele alınan düğüm noktaları arasına etkiyorsa bu kuvvetler hem kesme hem de ankastrelik uç momentlerine katkıda bulunur. Şekil 8.4.'deki dış kuvvet düğüm noktaları arasına yerleştirilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi ankastrelik uç moment formülü kullanılarak kuvvet uçlara dağıtılır.

$$FEM_1 = \frac{Pab^2}{L^2}$$



$$FEM_1 = \frac{Pab^2}{L^2} = \frac{9(1)(2)^2}{3^2} = 4 \text{ tm}$$

$$FEM_2 = \frac{Pba^2}{L^2} = 2 \text{ tm}$$



$$\sum M_1 = 0$$

$$-4 - 3V + 1(9) + 2 = 0$$

$$V = 2.33 \text{ t}$$

$$P_4 = +4.0$$

$$P_5 = -2.0$$

$$\vdots$$

$$P_{10} = +6.67$$

$$P_{11} = +2.33$$

Şekil 8.4. Şekil 8.1. deki kiriş için dış yükler ve P matrisi arasındaki ilişki

$$FEM_2 = \frac{Pba^2}{L^2}$$

Burada a ve b dış kuvvetin uçlara olan mesafeleridir. Yayılı yük durumunda ankastrelik uç momentleri

$$FEM = \frac{WL^2}{12}$$

formülüyle hesaplanır.

BÖLÜM 9. BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

9.1. GENEL AÇIKLAMALAR

Buraya kadar anlatılan verilerin ışığında, problem çözümünü kolaylaştırmak amacıyla çeşitli bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bunlar:

- 1) Yatay yüklü kazık programı (YKAZIK.FOR),
- 2) Toprak basıncı programı (TOPBAS.FOR),
- 3) Palplanş programıdır (PALPLANS.FOR).

Yatay yüklü kazık ve palplanş programı daha önce Bowles'ın sonlu elemanlar metodunu kullanarak geliştirdiği programlar temel alınarak bir takım eklemelerle modifiye edilmiştir. Toprak basıncı programı tamamen ayrı olarak geliştirilmiş ve bir takım değişikliklerle palplanş programına bir alt program olarak aktarılmıştır. Palplanş programına ayrıca, temel çukuru kaplama yapılarını çözebilecek biçimde, çeşitli yazarlar tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları gözönüne alınarak eklemeler yapılmıştır.

Geliştirilen bütün programlar 80386-SX 25 Mhz., 2 Mb. RAM ve 85 Mb. lık bir hard diskli olan Condor marka IBM uyumlu bir PC ile yapılmıştır. Programların yazım dili Fortrandır. Derlemeler Fortran77 derleyicisi ile yapılmıştır.

9.2. PROGRAMLARIN VERİ DOSYALARININ AÇIKLANMASI

Aşağıda, bahsedilen programların verilerinin nasıl girileceğine dair bilgiler verilmiştir. Tüm veriler dosya

halinde girilmektedir ve herhangi bir ASCII editör kullanılarak kolaylıkla girilebilir.

9.2.1. GİRİS.DAT DOSYASININ SATIR SATIR AÇIKLAMASI

BASLIK

NP, NM, NNZP, NLC, ITYPE, NCYC, NRC, JTSOIL, NONLIN, IAR, NZX, IPRESS, IMET

E, XMAX, REDEFAC, DEMB, CONV, DEPIN, XI, BSHP

AS, BS, EXPO

H(J)

N, QSURSJ, GWT

GAMA, UZUNLK, COHEZ, FI, ALFA, BETA, DELTA, NP1, ISU

PRESS(I)

K, PKJ

J, SPRNG(J)

NODAR(I)

J, ARSPG

NXZERO(N)

XSPEC(N)

1.SATIR

Değişken: BASLIK

Format: 20A4

Açıklama: Giris.dat dosyasındaki bu ilk satır başlık satırıdır. Burada boşluk da dahil olmak üzere bütün karakterler kullanılabilir. Çözümü yapılacak olan problemi açıklayıcı bir başlık seçilmesine dikkat edilmelidir. Girilen başlık çıkış dosyasında da aynen yazılır.

2.SATIR

Değişkenler: NP, NM, NNZP, NLC, ITYPE, NCYC, NRC, JTSOIL, NONLIN, IAR, NZX, IPRESS, IMET

Format: 16I5

Açıklama: Değişkenler Giris.dat dosyasının 2. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 5 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir.

NP: Sonlu elemanlar metoduyla parçalara ayrılan elemanın (kazık veya palplanşın) nokta sayısıdır.

NM: Bölümlere ayrılan elemanın parça sayısıdır. Bu programda sadece dikdörtgen elemanlar kullanıldığı için $NP=2 \cdot NM+2$ eşitliği daima sağlanmalıdır.

NNZP: Sıfırdan farklı yük matrisi girdilerinin sayısıdır. Yük matrisinin girdileri hem moment hem de yatay kuvvetler olabilir. Örneğin bir problemde 4 adet yatay yük ve 2 adet moment aynı anda etki ediyorsa $NNZP=6$ olacaktır. Eğer hiç bir yük yoksa $NNZP=0$ verilmelidir.

NLC: Yük durumu sayısıdır. Programı bir kere çalıştırdıktan sonra birden fazla yük kombinasyonunun çözümü aranıyorsa NLC, 1'den farklı bir sayı verilmelidir. Bu sayı istenilen yük kombinasyonu kadardır. Örneğin bir problemde 50 ve 100 KN'luk iki adet yatay kuvvet, 20 KNm'lik bir moment verildikten sonra yükler değiştirilmek isteniyorsa, bunun için programın çalışmasını bitirip tekrar giriş dosyasından verileri değiştirmeye gerek yoktur. Aynı anda 50,100 KN, 20 KNm, 60,110 KN, 30 KNm, 50,130 KN, 12.5 KNm v.b. değerler girilebilir. O zaman bu örnekte $NLC=3$ olacaktır. Temel çukuru kaplama yapıları için çözüm yapılıyorsa her zaman $NLC=1$ alınmalıdır. NLC'nin değeri asla sıfır girilmemelidir.

ITYPE: Çözümü yapılacak sistemi tanımlamak için verilen sayıdır. Geçerli sayılar 0,1 dir. Eğer 0 girilmişse program palplanş çözümü yapar. 1 girilmişse temel çukuru kaplama yapıları için çözüm yapacaktır.

NCYC: İzin verilen maksimum iterasyon sayısıdır. Palplanş hesabında çakma derinliği hesap edilirken bu sayıya göre döngüler işletilir. Geçerli değerler sıfırdan farklı pozitif tamsayılardır.

NRC: Girilecek yay katsayılarını belirten sayıdır. $ITYPE > 0$ olduğu zaman kazı tabanı üzerindeki yay katsayılarıyla, kazı tabanının altındaki düzeltilecek yay katsayılarını belirtir. Sıfırdan farklı pozitif tamsayılar geçerli değerlerdir.

JTSOIL: Kazı tabanının hangi düğüm noktasından itibaren başladığını belli eder. Geçerli değerler $0 < \text{JTSOIL} < \text{NM}$ dir.

NONLIN: Nonlinear hesaba geçilip geçilmemesini belirten sayıdır. Geçerli değerler 0,1 dir. Eğer 0 girilmişse nonlinear hesaba geçilmez. 1 girilmişse nonlinear hesap dikkate alınır. Kazı tabanındaki yatay deplasman, girilen maksimum linear zemin deformasyonundan büyükse ve $\text{NONLIN}=1$ ise nonlinear hesap yapılır. Bu hesapta ardışık iterasyonla kazı tabanı deformasyonunun döngü sonlarındaki değerleri birbirine belli bir ölçüde (CONV) yaklaşacak şekilde sürdürülür.

IAR: Ankraj sayısıdır. Ayrıca bu sayı sıfırdan büyük olduğu zaman problemin ankrajlı bir sistem olduğunu belirtir. Eğer sıfır girilirse ankrajsız hesap yapılır.

NZX: Bilinen deplasman sayısıdır. Geçerli değerler sıfır dahil olmak üzere pozitif tam sayılardır.

IPRESS: Yatay toprak basıncının problemde kaç tane düğüm noktasına uygulandığını belirten sayıdır. IPRESS, $\text{NM}+1$ 'den büyük olamaz. Eğer sıfır girilirse program toprak basınçlarını kendi hesaplar ve bu basınçları düğüm noktalarındaki kuvvetlere dönüştürür.

IMET: Birim sistemini belirten sayıdır. Geçerli değerler 0 ve 1 dir. Eğer 0 girilmişse Amerikan birim sistemi FPS (foot-pound-second), 1 girilmişse SI birim sistemi kullanılır.

3.SATIR

Değişkenler: E, XMAX, REDFAC, DEMB, CONV, DEPIN, XI, BSHP

Format: 8F12.4

Açıklama: Değişkenler Giris.dat dosyasının 3. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 12 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir.

E: Palplanş malzemesinin (çelik, betonarme) elastisite modülüdür. Birimi KPa ve KSF olarak girilmelidir.

XMAX: Maksimum lineer zemin deformasyonu. Birimi m. veya FT dir. Kazı tabanındaki yatay deformasyon XMAX'dan fazlaysa nonlinear hesaba geçilir.

REDFAC: Zemin yüzü azaltma faktörüdür. Kazı tabanındaki zeminin yay katsayısını belli bir miktar azaltarak problemin daha gerçekçi olarak modellenenebilmesini sağlar. Geçerli değerler 1.0, 0.9, 0.8, vs. dir.

DEMB: Başlangıçtaki çakma derinliğidir. Birimi m veya FT cinsindendir.

CONV: Palplanş çözümünde nonlinear hesaba geçildiğinde döngüler (iterasyonlar) arasındaki yaklaşma faktörünü gösterir. İki döngü sonunda bulunan değerler arasındaki fark CONV'den küçükse döngü sona erer. Tavsiye edilen değer 0.00025 m veya 0.01 FT dir.

DEPINC: NCYC>1 iken çakma derinliği artışıdır. Tavsiye edilen değerler; ankrajlı palplanş çözümü için 0.3 m veya 1 FT, ankrajsız çözüm için 0.6 m veya 2 FT dir.

XI: Birim genişlik için atalet momentidir. Birimi m^4 veya FT^4 dir.

BSHP: Palplanş genişliğidir. Genelde birim genişlik kullanılır (1 m veya 1 FT). Diğer genişlikler de kullanılabilir. Fakat o zaman PRESS(I) değerleriyle uyum dikkate alınmalıdır.

4.SATIR

Değişkenler: AS, BS, EXPO

Format: 8F12.4

Açıklama: Değişkenler Giris.dat dosyasının 4. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 12 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir. Bu değerler zemin modülünün belirlenmesini sağlar. Burada $ks=AS+BS*Z^{EXPO}$ eşitliği kullanılır. Bu eşitlikte:

ks: Zemin modülü (KN/m^3 veya k/FT^3)

z: Derinlik (m veya FT)

AS, BS, EXPO ise zemin modülünün belirlenmesinde kullanılan katsayılarıdır.

5.SATIR

Değişken: H(J)

Format: 8F10.4

Açıklama: Buradaki değişkenler Giris.dat dosyasının 5. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 10 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir. Bu değerler parça boylarıdır. Birimi m veya FT dir. Parça adedi 8 den fazlaysa, parça boylarının 5. satırdan itibaren ilk 8 tanesi girilir, diğerleri bir alt satıra geçilerek girilir. Böylece her satırda en fazla 8 tane parça boyu olabilir.

6.SATIR

Değişkenler: N, QSURSJ, GWT

Format: I3, F12.4, F12.2

N: Toprak basınçları program tarafından hesaplanacaksa (IPRESS ≤ 0 ise) tabaka sayısını belirtir.

QSURSJ: Zemin üzerinde sürşarj yükü varsa yükün değeri girilir, yoksa sıfır girilir.

GWT: Yeraltı su seviyesinin zeminden yüzünden ne kadar uzaklıkta olduğunu belirtir.

7.SATIR

Değişkenler: GAMA, UZUNLK, COHEZ, FI, ALFA, BETA, DELTA, NP1, ISU

Format: 7F12.4, 2I3

Açıklama: Bu satırdaki değişkenler toprak basıncı hesaplanacak herbir tabakanın özelliklerinin programa girilmesinde kullanılır. Bu satır tabaka adedi kadar (N) ard arda girilmelidir.

GAMA: Tabakanın birim hacim ağırlığıdır.

UZUNLK: Tabaka uzunluğudur.

COHEZ: Tabakanın kohezyonlu veya kohezyonsuz zemin olarak tanımlanmasında kullanılır. Zemin kohezyonlu ise

kohezyon değeri girilmeli, kohezyonsuz ise sıfır girilmelidir.

FI, ALFA, BETA, DELTA: Aktif toprak basıncı katsayısının hesaplanmasında kullanılan katsayılardır.

NP1: Tabakanın kaç adet elemandan oluştuğunu gösteren sayıdır.

ISU: Tabakanın su altında olup olmadığını gösteren sayıdır. 0 girilmişse tabaka su altında değil demektir. Sıfırdan farklı sayılar tabakanın su altında oluşunu gösterir.

8.SATIR

Değişken: PRESS(I)

Format: 8F10.4

Açıklama: Buradaki değişkenler Giris.dat dosyasının 8. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 10 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir. PRESS(I) değerleri düğüm noktalarındaki yanıl toprak basıncı değlerleridir. Basınc değlerlerinin okunabilmesi için 2. satırdaki IPRESS değlerinin sıfırdan büyük olması gerekir. Girilen değlerler KPa veya KSF birimlerinde olmalıdır. Bir satırda en fazla 8 basınc değeri girilebilir. Eğer 8 den fazla değer varsa bir alt satıra geçilerek devam edilir. PRESS(I) değlerinin sayısı IPRESS değlerinden fazla olamaz.

9.SATIR

Değişkenler: K, PKJ

Format: I5, F10.4

Açıklama: Yük matrisi girdileridir. Bu girdilerin okunabilmesi için NNZP>0 olmalıdır. K sayısı bir nokta için girilen yükün moment veya yatay kuvvet olmasını belirtir. K teksayı ise yük; yatay kuvvet, çift sayı ise yük; momenttir. Örneğin 4. düğüm noktası için K değeri 7 ve 8 olabilir. 7 PKJ'nin yatay kuvvet olduğunu, 8 ise PKJ'nin moment olduğunu belirtir. PKJ değişkeni ise girilen yüklerin değleridir. Kuvvet birimleri KN veya KIPS, moment birimleri KNm veya K-FT olabilir. Bir

satırda sadece bir tane K ve PKJ değeri girilebilir. Daha fazla girdi için bir alt satıra geçip devam etmek gerekir.

10.SATIR

Değişkenler: J, SPRNG(J)

Format: I5, F10.4

Açıklama: Dışarıdan veya programın hesapladığı değerlerden başka yay katsayıları girilmek istendiğinde kullanılır. Bu değerlerin okunabilmesi için 2. satırdaki NRC>0 olmalıdır. Buradaki J düğüm noktasının numarasını , SPRNG(J) ise o düğüm noktasına ait yay katsayısını belirtmektedir. Yay katsayısı değerleri KN/m veya k/FT birimlerinden birinde girilebilir. Bir satırda sadece bir tane J ve SPRNG(J) değeri girilebilir. Daha fazla girdi için bir alt satıra geçip devam etmek gerekir. NRC değişkeninin belirttiği değerden fazla bilgi girilemez.

11.SATIR

Değişken: NODAR(I)

Format: 16I5

Açıklama: Ankrajların hangi düğüm noktalarında olduğunu belirten değişkendir. Bu değerlerin girilebilmesi için IAR>0 olmalıdır. Bir satırda en fazla 16 değer girilebilir. Daha fazla girdi için bir alt satıra geçip devam etmek gerekir. IAR değişkeninin belirttiği değerden fazla bilgi girilemez.

12.SATIR

Değişkenler: J, ARSPG(K)

Format: I5, F10.4

Açıklama: Ankrajlı düğüm noktalarını ve ankraj için yay katsayısını girmek için kullanılır. Bu girdilerin okunabilmesi için IAR>0 olmalıdır. Girilen değerler KN/m veya k/FT birimlerinden birinde olabilir. Bir satırda sadece bir tane J ve ARSPG(K) değeri girilebilir. Daha fazla girdi için bir alt satıra geçip devam etmek

gerekir. IAR değişkeninin belirttiği değerden fazla bilgi girilemez.

13.SATIR

Değişken: NXZERO(N)

Format: 16I5

Açıklama: Bilinen deplasman değerlerinin girilmesi için kullanılır. Bu bilgilerin girilebilmesi için 2. satırdaki NZX değerinin sıfırdan büyük olması gerekir. Örneğin herhangi bir noktada hem dönme hem de yatay deplasmanı önlemek için (ankastre yapmak için) bu değer kullanılabilir. Bir düğüm noktası için 2 değer girilebilir. Girilen tek sayı ise dönme, çift sayı ise yatay deplasmanı temsil eder. Bir satırda en fazla 16 değer girilebilir. Daha fazla bilgi girmek istenirse bir alt satıra geçip devam etmek gerekir. En fazla NZX değeri kadar bilgi girilebilir.

14.SATIR

Değişken: XSPEC(N)

Format: 8F10.4

Açıklama: Bilinen sınır değerlerin girilmesinde kullanılır. Değerler yatay deplasman için m veya FT biriminde, dönme için radyan biriminde olmalıdır. Bir satırda en fazla 8 değer girilebilir. Daha fazla değer girmek istenirse bir alt satıra geçilip devam edilir. En fazla NZX değeri kadar bilgi girilebilir.

9.2.2. VERI.DAT DOSYASININ SATIR SATIR AÇIKLAMASI

BASLIK

NP,NM,NNZP,NLC,NCYC,NRC,JZEMIN,NONLIN,NZX,IINPUT,LISTB,IMET

E,XMAX,AZFAK,PWIDT,BEAMT

AS,BS,EXPO

H(J)

B(J)

T(J)

XINER(J)

K,P(K,L)
J,SPRNG(J)
NXZERO(N)
XSPEC(N)

1.SATIR

Değişken: BASLIK

Format: 20A4

Açıklama: Veri.dat dosyasındaki bu ilk satır başlık satırıdır. Burada boşluk da dahil olmak üzere bütün karakterler kullanılabilir. Çözümü yapılacak olan problemi açıklayıcı bir başlık seçilmesine dikkat edilmelidir. Girilen başlık çıkış dosyasında da aynen yazılır.

2.SATIR

Değişkenler: NP, NM, NNZP, NLC, NCYC, NRC, JZEMIN, NONLIN, NZX, IINPUT, LISTB, IMET

Format: 16I5

Açıklama: Değişkenler Veri.dat dosyasının 2. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 5 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir.

NP: Sonlu elemanlar metoduyla parçalara ayrılan elemanın (kazık veya palplanşın) nokta sayısıdır.

NM: Bölümlere ayrılan elemanın parça sayısıdır. Bu programda sadece dikdörtgen elemanlar kullanıldığı için $NP=2 \cdot NM+2$ eşitliği daima sağlanmalıdır.

NNZP: Sıfırdan farklı yük matrisi girdilerinin sayısıdır. Yük matrisinin girdileri hem moment hem de yatay kuvvetler olabilir. Örneğin bir problemde 4 adet yatay yük ve 2 adet moment aynı anda etki ediyorsa $NNZP=6$ olacaktır. Eğer hiç bir yük yoksa $NNZP=0$ verilmelidir.

NLC: Yük durumu sayısıdır. Programı bir kere çalıştırdıktan sonra birden fazla yük kombinasyonunun çözümü aranıyorsa NLC, 1'den farklı bir sayı verilmelidir. Bu sayı istenilen yük kombinasyonu kadardır.

NCYC: İzin verilen maksimum iterasyon sayısıdır. Bu sayının dikkate alınabilmesi için NONLIN > 0 olmalıdır. Geçerli değerler sıfırdan farklı pozitif tamsayılardır.

NRC: Girilecek yay katsayılarını belirten sayıdır. Sıfırdan farklı pozitif tamsayılar geçerli değerlerdir.

JZEMIN: Kısmen gömülmüş olan kazıklarda zeminin başladığı düğüm noktası numarasıdır.

NONLIN: Nonlinear hesaba geçilip geçilmemesini belirten sayıdır. Geçerli değerler 0,1 dir. Eğer 0 girilmişse linear hesap yapılır, nonlinear hesaba geçilmez. 1 girilmişse nonlinear hesap dikkate alınır. NONLIN > 0 iken NLC=1 verilmelidir

NZX: Bilinen dönme ve deplasman sayısıdır. Geçerli değerler sıfır dahil olmak üzere pozitif tam sayılardır.

IINPUT: Atalet momentinin hesaplanıp hesaplanmayacağını belirten sayıdır. Geçerli değerler 0 ve 1 dir. 0 girilmişse atalet momentini program kendi hesaplar. 1 girilmişse her parça için ayrı ayrı atalet momentlerinin girilmesi gerekir.

LISTB: Program çalıştığı sırada oluşturulan bant matrisin çıktıda görülüp görülmemesini belli eden bir sayıdır. 1 girilmişse bant matris görüntülenir, 0 girilmişse görüntülenmez.

IMET: Birim sistemini belirten sayıdır. Geçerli değerler 0 ve 1 dir. Eğer 0 girilmişse Amerikan birim sistemi FPS (foot-pound-second), 1 girilmişse SI birim sistemi kullanılır.

3.SATIR

Değişkenler: E, XMAX, AZFAK, PWIDT, BEAMT

Format: 8F10.4

Açıklama: Değişkenler Veri.dat dosyasının 3. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 10 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir.

E: Kazık malzemesinin (çelik, betonarme) elastisite modülüdür. Birimi KPa ve KSF olarak girilmelidir.

XMAX: Maksimum lineer zemin deformasyonu. Birimi m. veya FT dir.

AZFAK: Zemin yüzü azaltma faktörüdür. Kazığın zemine gömüldüğü yerdeki yay katsayısını belli bir miktar azaltarak, problemin daha gerçekçi olarak modellenebilmesini sağlar. Geçerli değerler 1.0, 0.9, 0.8, vs. dir.

PWIDT: Kazık genişliğidir. Birimi m veya FT cinsindendir.

BEAMT: Kazık kalınlığıdır. Birimi m veya FT cinsindendir.

4.SATIR

Değişkenler: AS, BS, EXPO

Format: 8F10.4

Açıklama: Değişkenler Veri.dat dosyasının 4. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 10 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir. Bu değerler zemin modülünün belirlenmesini sağlar. Burada $ks=AS+BS*Z^{EXPO}$ eşitliği kullanılır. Bu eşitlikte:

ks: Zemin modülü (KN/m³ veya k/FT³)

z: Derinlik (m veya FT)

AS, BS, EXPO ise zemin modülünün belirlenmesinde kullanılan katsayılardır.

5.SATIR

Değişken: H(J)

Format: 8F10.4

Açıklama: Buradaki değişkenler Veri.dat dosyasının 5. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 10 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir. Bu değerler parça boylarıdır. Birimi m veya FT dir. Parça adedi 8 den fazlaysa, parça boylarının 5. satırdan itibaren ilk 8 tanesi girilir, diğerleri bir alt satıra geçilerek girilir. Böylece her satırda en fazla 8 tane parça boyu olabilir.

6.SATIR

Değişken: B(J)

Format: 8F10.4

Açıklama: Buradaki değişkenler Veri.dat dosyasının 6. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 10 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir. Bu değerler, eğer kazık genişliği (PWIDT), daha önce sıfır girilmişse ve kazık boyunca değişkense kullanılır. Birimi m veya FT dir.

7.SATIR

Değişken: T(J)

Format: 8F10.4

Açıklama: Buradaki değişkenler Veri.dat dosyasının 7. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 10 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir. Bu değerler, eğer kazık kalınlığı (BEAMT), daha önce sıfır girilmişse ve kazık boyunca değişkense kullanılır. Birimi m veya FT dir.

8.SATIR

Değişken: XINER(J)

Format: 8F10.4

Açıklama: Buradaki değişkenler Veri.dat dosyasının 8. satırından itibaren istenirse virgülle ayrılarak yanyana, istenirse bir değişken 10 kolona sığacak şekilde aralıklı girilebilir. Bu değerler, kazık parçalarının atalet momentleridir. IINPUT > 0 ise bu değerler okunur. Birimi m⁴ veya FT⁴ dir.

9.SATIR

Değişkenler: K, P(K,L)

Format: I5, F10.4

Açıklama: Yük matrisi girdileridir. Bu girdilerin okunabilmesi için NNZP>0 olmalıdır. K sayısı bir nokta için girilen yükün moment veya yatay kuvvet olmasını belirtir. K teksayı ise yük; yatay kuvvet, çift sayı ise yük; momenttir. Örneğin 4. düğüm noktası için K değeri 7

ve 8 olabilir. 7 PKJ'nin yatay kuvvet olduğunu, 8 ise PKJ'nin moment olduğunu belirtir. PKJ değişkeni ise girilen yüklerin değeridir. Kuvvet birimleri KN veya KIPS, moment birimleri KNm veya K-FT olabilir. Bir satırda sadece bir tane K ve PKJ değeri girilebilir. Daha fazla girdi için bir alt satıra geçip devam etmek gerekir.

10.SATIR

Değişkenler: J, SPRNG(J)

Format: I5, F10.4

Açıklama: Dışarıdan veya programın hesapladığı değerlerden başka yay katsayıları girilmek istendiğinde kullanılır. Bu değerlerin okunabilmesi için 2. satırdaki NRC>0 olmalıdır. Buradaki J düğüm noktasının numarasını , SPRNG(J) ise o düğüm noktasına ait yay katsayısını belirtmektedir. Yay katsayısı değerleri KN/m veya k/FT birimlerinden birinde girilebilir. Bir satırda sadece bir tane J ve SPRNG(J) değeri girilebilir. Daha fazla girdi için bir alt satıra geçip devam etmek gerekir. NRC değişkeninin belirttiği değerden fazla bilgi girilemez.

11.SATIR

Değişken: NXZERO(N)

Format: 16I5

Açıklama: Bilinen deplasman değerlerinin girilmesi için kullanılır. Bu bilgilerin girilebilmesi için 2. satırdaki NZX değerinin sıfırdan büyük olması gerekir. Örneğin herhangi bir noktada hem dönmeyi hem de yatay deplasmanı önlemek için (ankastre yapmak için) bu değer kullanılabilir. Bir düğüm noktası için 2 değer girilebilir. Girilen tek sayı ise dönmeyi, çift sayı ise yatay deplasmanı temsil eder. Bir satırda en fazla 16 değer girilebilir. Daha fazla bilgi girmek istenirse bir alt satıra geçip devam etmek gerekir. En fazla NZX değeri kadar bilgi girilebilir.

12.SATIR

Değişken: XSPEC(N)

Format: 8F10.4

Açıklama: Bilinen sınır değerlerin girilmesinde kullanılır. Değerler yatay deplasman için m veya FT biriminde, dönme için radyan biriminde olmalıdır. Bir satırda en fazla 8 değer girilebilir. Daha fazla değer girmek istenirse bir alt satıra geçilip devam edilir. En fazla NZX değeri kadar bilgi girilebilir.

9.2.3. TOPBAS.DAT DOSYASININ SATIR SATIR AÇIKLAMASI

N,QSURSJ

GAMA,UZUNLK,COHEZ,FI,ALFA,BETA,DELTA,NP,ISU

H(J)

1.SATIR

Değişkenler: N, QSURSJ,

Format: I3, F12.4

N: Hesaplanacak tabaka sayısını belirtir.

QSURSJ: Zemin üzerinde sürgarj yükü varsa yükün değeri girilir, yoksa sıfır girilir.

2.SATIR

Değişkenler: GAMA, UZUNLK, COHEZ, FI, ALFA, BETA, DELTA, NP, ISU

Format: 7F12.4,2I3

Açıklama: Bu satırdaki değişkenler toprak basıncı hesaplanacak her bir tabakanın özelliklerinin programa girilmesinde kullanılır. Bu satır tabaka adedi kadar (N) ard arda girilmelidir.

GAMA: Tabakanın birim hacim ağırlığıdır.

UZUNLK: Tabaka uzunluğudur.

COHEZ: Tabakanın kohezyonlu veya kohezyonsuz zemin olarak tanımlanmasında kullanılır. Zemin kohezyonlu ise kohezyon değeri girilmeli, kohezyonsuz ise sıfır girilmelidir.

FI, ALFA, BETA, DELTA: Aktif toprak basıncı katsayısının hesaplanmasında kullanılan katsayılarıdır.

NP: Tabakanın kaç adet elemandan oluştuğunu gösteren sayıdır.

ISU: Tabakanın su altında olup olmadığını gösteren sayıdır. 0 girilmişse tabaka su altında değil demektir. Sıfırdan farklı sayılar tabakanın su altında olduğunu gösterir.

3.SATIR

Değişken: H(J)

Format: 8F8.2

Açıklama: Bu değerler her bir tabakaya ait parça boylarıdır. Parça adedi 8 den fazlaysa, parça boylarının 3. satırdan itibaren ilk 8 tanesi girilir, diğerleri bir alt satıra geçilerek girilir. Böylece her satırda en fazla 8 tane parça boyu olabilir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı; zor ve pahalı geoteknik problemlerinden olan yatay yüklü kazıkların ve palplanş hesaplarının bilgisayar yardımıyla etkili ve hızlı bir çözümünün yapılabilmesidir. Bu amaçla, daha önce Bowles tarafından sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak geliştirilen yatay yüklü kazık ve palplanş programları esas alınmış ve bu programlara birtakım eklemeler yapılarak daha etkin bir hale getirilmeleri sağlanmıştır.

Sadece nümerik hesaplar sunmak yetersiz olacağından, konular ilk önce teorik olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Kazıklı temeller hakkında genel bilgiler, kazıkların taşıma gücü, palplanşlar, temel çukuru kaplama yapıları, toprak basınçları ve sonlu elemanlar yöntemi, bölümler halinde tezin içerisinde açıklanmıştır.

Teorik bilgilerin ışığında geliştirilen bilgisayar programlarının fortran dilindeki kodları, programların örnek veri giriş dosyaları ve çıkış dosyaları ekler bölümünde gösterilmiştir.

Ayrıca, temel çukuru kaplama yapıları bölümünde, bir çukur kaplamasına gelen yanal zemin basıncının düşey dağılımı için zeminin kohezyonsuz ve kohezyonlu oluşuna göre çeşitli araştırmacılar tarafından değişik dağılımlar önerilmiştir. Bu dağılımlar palplanş programına eklenmiştir. Kullanıcı istediği yöntemi seçerek toprak basıncını hesaplayabilir ve bu basınca göre problemin çözümünü yapabilir.

Yine bu dağılımlar gözönüne alınarak 6 değişik zemin türü ve 16 değişik statik sistem için palplanş programı yardımıyla yaklaşık 400 çıkış dosyası elde edilmiştir. Bu dosyalardan elde edilen maksimum moment, maksimum kesme kuvveti ve maksimum yatay deplasmanlar okunarak bir tablo halinde sunulmuştur. Daha sonra bu tablodaki bilgilerden bazıları karşılaştırmalı olarak grafikler halinde gösterilmiştir. Bu sayede elde edilen sonuçlarda; özellikle ahşap iksalarda, maksimum moment ile maksimum yatay deplasmanın birbirleriyle doğru orantılı oldukları gözlenmiştir.

Bütün bilgisayar programlarında esas olan, eldeki bilgilerin doğru olarak bilgisayara girilmesidir. Gerek zemin parametrelerinin tanımlanmasında gerekse problemin genel halinin tanımlanmasında yapılan küçük hatalar bile sonuçta büyük yanlışların ortaya çıkmasına sebep olabilir.

Unutulmamalıdır ki bilgisayarlar sadece birtakım sayısal hesaplar yaparak bazı sayısal sonuçlar ortaya çıkarırlar. Bu sayıların doğru bir biçimde yorumlanması ve kullanılması kişinin mühendislik yeteneğine ve bilgisine kalmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] TOĞROL, E., Kazıklı Temeller, Temel Araştırma Yayınları, (1970).
- [2] KÖSEOĞLU, S., Temeller-Statığı ve Konstrüksiyonu, Cilt 1, Matba Teknisyenleri Basımevi, (1987).
- [3] ÖZKAN, M.T., Kohezyonsuz Zeminlerde Yapılacak İksa İçin Kaplama Tahtası Kalınlığının Belirlenmesi, Zemin Mekaniğı ve Temel Mühendisliğı Türk Milli Komitesi Bülteni, Cilt 3, Sayı 1, Sayfa 86-94, (1981).
- [4] ACUN, N., Temel İnşaatı, Kısım I, İTÜ, (1985).
- [5] BOWLES, J. E., Analytical and Computer Methods in Foundation Engineering, McGraw Hill, (1974).
- [6] BOWLES, J. E., Foundation Analysis and Design, McGraw Hill, (1988).
- [7] CRAIG, R.F., Soil Mechanics, Chapman & Hall, (1992).
- [8] ORKUN, C., Fortran77 Programlama Dili, Ornas Yayınları, (1991).
- [9] SAĞLAMER, A., Yatay Yüklü Kazıkların Nümerik Analizi, Türkiye İnşaat Mühendisliğı 7.Teknik Kongresi, Sayfa 215-228, (1978).
- [10] TS 2519, Ahşap İksa Hesap, Yapım, Bakım Söküm ve Dolgulama Kuralları, (1989).
- [11] TS 3167, Kazık Temellerin Hesap ve Düzenlenmesinde Genel Kurallar, (1978).
- [12] TS 7994, Zemin Dayanma Yapıları; Sınıflandırma, Özellikleri ve Projelendirme Esasları, (1990).

EK A.1.

```
C-----
C      SONLU ELEMANLAR METODUYLA YATAY YÜKLÜ KAZIK HESABI
C-----
C      PROGRAMI GELİŞTİREN: İnş. Müh. HULUSİ CERRAHOĞLU
C-----
C      İ T Ü      1993
C-----
$DEBUG
      CHARACTER *4 UTT,UT
      DIMENSION STIFS(400),BASLIK(20),UTT(2,5)
      COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),
1SK(31)//UT(5)
      COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
C
      DATA UTT/'FT','M','KIPS','KN','K-FT','KN-M','KSF','KPA','K/FT',
1'KN/M'/
C=====
C.Ekran temizleniyor
C=====
      WRITE(*,11)
11 FORMAT(24(/))
C=====
C.Giriş ve çıkış dosyaları açılıyor
C=====
      OPEN(1,FILE='VERI.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN(5,FILE='CIKTI.DAT',STATUS='NEW')
C=====
C.Datalar dosyadan okunuyor
C=====
5000 READ(1,1000,END=150)BASLIK
1000 FORMAT(20A4)
      WRITE(5,2000)BASLIK
2000 FORMAT(/,5X,20A4,/)
      READ(1,1002)NP,NM,NNZP,NLC,NCYC,NRC,JZEMIN,NONLIN,NZX
1, IINPT,LISTB,IMET
1002 FORMAT(16I5)
      READ(1,1004)E,XMAX,AZFAK,PWIDT,BEAMT
      READ(1,1004)AS,BS,EXPO
1004 FORMAT(8F10.4)
C ++++++
      J=1
      IF (IMET.GT.0) J=2
      DO 10 I=1,5
      UT(I)=UTT(J,I)
10 CONTINUE
      WRITE(5,2008)
2008 FORMAT(/,5X,'YATAY YÜKLÜ KAZIK ÇÖZÜMÜ #####',/)
C
      WRITE(5,2010)NP,NM,NNZP,NLC,NCYC,NRC,JZEMIN
2010 FORMAT(5X,'NOKTA SAYISI, NP =',I4,/,T6,'ELEMAN SAYISI, NM=',I3,/,
1,T6,'YÜK SAYISI, NNZP =',I3,/,T6,'YÜK DURUMU, NLC =',I3,/,T6
2,'DÖNGÜ SAYISI, NCYC =',I3,/,T6,'DÜZELTİLMİŞ YAY KATSAYILARI, '
3' NRC =',I3,/,T6,'ZEMİNİN BAŞLADIĞI NOKTA NUMARASI, JZEMIN =',I3,
4,/,T6,/)
C
      WRITE(5,2012)E,UT(4),XMAX,UT(1),AS,BS,EXPO,UT(5),AZFAK
2012 FORMAT(5X,'KAZIK ELASTİSİTE MODÜLÜ, E =',F10.0,1X,A4,/,T6,
1'MAKSİMUM LİNEER ZEMİN DEFORMASYONU, XMAX =',F7.4,1X
2,A2,/,T6,'ZEMİN MODÜLÜ =',F10.1,' + ',F10.1,'*Z**',F5.3,1X,A4,'^3'
3,/,T6,'ZEMİN YÜZÜ AZALTMA FAKTÖRÜ, AZFAK =',F5.2,/)
      IHOLD=JZEMIN
      IF(IHOLD.LE.0) JZEMIN=1
      ISIZE=4*NP
C
      LCOUN=0
      ICOUN=1
C
```

```

      CALL GIRIS(NM,IINPT,PWIDT,BEAMT)
C
      CALL YUKLER(NP,NM,NNZP,NLC,NONLIN)
C
      CALL YAY(NM,JZEMIN,NRC,AS,BS,EXPO,AZFAK)
C
      CALL BSTIF(ISIZE,NM,NP,E)
      IF(NONLIN.LE.0)GO TO 50
      DO 45 I=1,ISIZE
45 STIFS(I)=STIFF(I)
50 CALL MODIF(NP,NM,NLC,NZX,JZEMIN,ICOUN,1)
      IF(LISTB.GT.0.AND.ICOUN.LE.1)CALL YAZBANT(NP,NLC)
      CALL COZUM(STIFF,P,NP,NLC,4,ISIZE)
      IF(NONLIN.LE.0)GO TO 100
      CALL KONTROL(NP,NM,JZEMIN,ICOUN,ICOUN,XMAX)
      IF(ICOUN.LE.0)GO TO 100
      IF(ICOUN.GT.NCYC)GO TO 150
      DO 60 I=1,ISIZE
60 STIFF(I)=STIFS(I)
      GO TO 50
100 CALL KUVVET(NP,NM,NLC,IMET)
150 STOP
      END
C-----
      SUBROUTINE GIRIS(NM,IINPT,PWIDT,BEAMT)
C-----
      CHARACTER *4 UT
      COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),K(31)
      1//UT(5)
      COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
      DO 30 I=1,NM
      T(I)=BEAMT
      IF(PWIDT.GT.0.01)B(I)=PWIDT
30 CONTINUE
C-----
C.Eleman uzunluklari okunuyor
C-----
      READ(1,1004)(H(J),J=1,NM)
1004 FORMAT(8F10.4)
C-----
C.Kazik genisligi Onceden sifir verilmiş ve değişkense dosyadan okunuyor
C-----
      IF(PWIDT.LE.0.01)READ(1,1004)(B(J),J=1,NM)
C-----
C.Onceden sifir verilmişse kazik kalinligi okunuyor
C-----
      IF(BEAMT.LE.0.01)READ(1,1004)(T(J),J=1,NM)
C-----
C.Atalet momentleri okunuyor
C-----
      IF(IINPT.GT.0)READ(1,1004)(XINER(J),J=1,NM)
      IF(XINER(1).GT.0.)GO TO 40
      DO 35 I=1,NM
35 XINER(I)=B(I)*T(I)**3/12.
40 WRITE(5,2006)
2006 FORMAT(/,T2,'EIM.NO',3X,'N1',4X,'N2',4X,'N3',4X,'N4',4X,
1'UZUNLUK',2X,'GENIşLIK',2X,'KALINLIK',2X,'ATALET MOM.',/)
      K=1
      DO 50 I=1,NM
      NPE(I,1)=K
      NPE(I,2)=K+1
      NPE(I,3)=K+2
      NPE(I,4)=K+3
50 K=K+2
      DO 60 I=1,NM
60 WRITE(5,2008)I,(NPE(I,J),J=1,4),H(I),B(I),T(I),XINER(I)
2008 FORMAT(5I6,3F10.3,1X,F10.5)
      RETURN
      END

```

```

C-----
SUBROUTINE YUKLER(NP,NM,NNZP,NLC,NONLIN)
C-----
COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),SK(31)
1//UT(5)
COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
DO 10 J=1,NLC
SUMP(J)=0.0
DO 10 I=1,NP
10 P(I,J)=0.0
100 DO 120 L=1,NLC
DO 120 I=1,NNZP
C=====
C.Yukler okunuyor
C=====
READ(1,1008)K,P(K,L)
1008 FORMAT(I5,F10.4)
IF(K/2*2.EQ.K)SUMP(L)=SUMP(L)+P(K,L)
120 CONTINUE
DO 140 L=1,NLC
DO 140 K=1,NP
C=====
C.Dış yükler saklanıyor
C=====
140 PSAVE(K,L)=P(K,L)
IF(NONLIN.LE.0)GO TO 200
C=====
C.Nonlin > 0 iken yük matrisi yazılıyor
C=====
WRITE(5,2002)
2002 FORMAT(/,5X,'NONLIN > 0 İKEN YÜK MATRİSİ',/)
NP2=NP/2
DO 145 I=1,NP2
L=2*I
N=L-1
145 WRITE(5,2004)I,PSAVE(N,1),PSAVE(L,1)
2004 FORMAT(3X,I5,2(2X,F10.2))
200 RETURN
END
C-----
SUBROUTINE YAY(NM,JZEMIN,NRC,AS,BS,EXPO,AZFAK)
C-----
CHARACTER *4 UT
DIMENSION SSK(30,2)
COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),SK(31)
1//UT(5)
COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
NMP1=NM+1
DO 10 I=1,NMP1
10 SPRNG(I)=0.
35 Z=0.
C=====
C.Zemin modülü hesaplanıyor
C=====
DO 40 K=JZEMIN,NMP1
SK(K)=AS+BS*Z**EXPO
IF(K.EQ.NMP1)H(K)=0.
40 Z=Z+H(K)
DO 50 K=1,NM
IF(K.LE.JZEMIN-1)GO TO 50
IF(K.EQ.NM)GO TO 45
SSK(K,1)=H(K)*B(K)*(7.*SK(K)+6.*SK(K+1)-SK(K+2))/24.
SSK(K,2)=H(K)*B(K)*(3.*SK(K)+10.*SK(K+1)-SK(K+2))/24.
IF(K.EQ.JZEMIN)SSK(K,1)=AZFAK*SSK(K,1)
GO TO 50
45 SSK(K,1)=H(K)*B(K)*(3.*SK(K+1)+10.*SK(K)-SK(K-1))/24.
SSK(K,2)=H(K)*B(K)*(7.*SK(K+1)+6.*SK(K)-SK(K-1))/24.
50 CONTINUE
100 DO 80 I=1,NMP1
80 SPRNG(I)=0.0

```

```

K=JZEMIN
DO 110 I=K,NMP1
IF(I.EQ.K.OR.I.EQ.NMP1)GO TO 105
SPRNG(I)=SSK(I-1,2)+SSK(I,1)
GO TO 110
105 IF(I.EQ.K)SPRNG(I)=SSK(I,1)
IF(I.EQ.NMP1)SPRNG(I)=SSK(I-1,2)
110 CONTINUE
IF(NRC.LE.0)GO TO 120

```

C=====

C.Düzeltililecek yay katsayıları dosyadan okunuyor

C=====

```

DO 115 I=1,NRC
115 READ(1,1002)M,SPRNG(M)
1002 FORMAT(I5,F10.4)
120 WRITE(5,2002)UT(5),UT(5)
2002 FORMAT(/,3X,'ZEMİN MODÜLÜ VE ZEMİN YAY KATSAYILARI',//,3X,
1'DÜĞÜM NOK.',3X,'ZEMİN MODÜLÜ','A4','^3',3X,'ZEMİN YAY
2KATSAYISI','A4)
DO 130 K=1,NMP1
IF(JZEMIN.GT.1.AND.K.LT.JZEMIN)SK(K)=0.
WRITE (5,2004)K,SK(K),SPRNG(K)
2004 FORMAT(5X,I5,5X,F12.3,15X,F12.3)
130 CONTINUE
RETURN
END

```

C-----

SUBROUTINE BSTIF(ISIZE,NM,NP,E)

C-----

```

DIMENSION EA(4,2),ES(2,2),ESAT(2,4),EASAT(4,4)
COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),SK(31)
1//UT(5)
COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
DO 20 I=1,ISIZE
20 STIFF(I)=0.0
DO 100 II=1,NM
EA(1,1)=1.
EA(1,2)=0.0
EA(2,1)=1./H(II)
EA(2,2)=1./H(II)
EA(3,1)=0.0
EA(3,2)=1.
EA(4,1)=-1./H(II)
EA(4,2)=-1./H(II)
C
ES(1,1)=4.*E*XINER(II)/H(II)
ES(1,2)=-.5*ES(1,1)
ES(2,1)=ES(1,2)
ES(2,2)=ES(1,1)
C
DO 30 I=1,2
DO 30 J=1,4
ESAT(I,J)=0.
DO 30 K=1,2
ESAT(I,J)=ESAT(I,J)+ES(I,K)*EA(J,K)
30 CONTINUE
L=0
DO 40 I=1,2
DO 40 J=1,4
L=L+1
40 ESATS(II,L)=ESAT(I,J)
C
DO 50 K=1,4
DO 50 J=1,4
EASAT(K,J)=0.
DO 50 L=1,2
50 EASAT(K,J)=EASAT(K,J)+EA(K,L)*ESAT(L,J)
CALL BANDM(EASAT,STIFF,NPE,II)
100 CONTINUE
RETURN

```

END

```

C-----
SUBROUTINE BANDM(EASAT,STIFF,NPE,I)
C-----
  DIMENSION STIFF(400),EASAT(4,4),NPE(30,4)
  DO 50 K=1,4
    NS1=(NPE(I,K)-1)*4
    DO 30 J=1,4
      IF(NPE(I,J).LT.NPE(I,K))GO TO 30
      NS2=NPE(I,J)-NPE(I,K)+1
      STIFF(NS1+NS2)=STIFF(NS1+NS2)+EASAT(K,J)
    30 CONTINUE
  50 CONTINUE
  RETURN
  END

C-----
SUBROUTINE MODIF(NP,NM,NLC,NZX,JZEMIN,ICOUN,JCOUN)
C-----
  DIMENSION NXZERO(10),XSPEC(10)
  COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),SK(31)
  1//UT(5)
  COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
  C
  NMP1=NM+1
  IF(ICOUN.GT.1.OR.JCOUN.GT.1)GO TO 30
  IF(NZX.LE.0)GO TO 30
  C-----
  C.Sınır koşulları dosyadan okunuyor
  C-----
  READ(1,1002)(NXZERO(N),N=1,NZX)
  1002 FORMAT(16I5)
  C-----
  C.Sınır değerleri dosyadan okunuyor
  C-----
  READ(1,1004)(XSPEC(N),N=1,NZX)
  1004 FORMAT(8F10.4)
  WRITE(5,2004)(NXZERO(I),I=1,NZX)
  2004 FORMAT(/,5X,'NX SINIR KOŞULLARI =',10I5)
  WRITE(5,2006)(XSPEC(I),I=1,NZX)
  2006 FORMAT(/,6X,'SINIR DEĞERLERİ,XSPEC =',10F7.4)
  30 K=1
  L=2*K
  DO 40 I=K,NMP1
    NS1=(L-1)*4+1
    STIFF(NS1)=STIFF(NS1)+SPRNG(I)
    L=L+2
  40 CONTINUE
  C
  IF(NZX.LE.0)GO TO 200
  DO 150 IZ=1,NZX
    NPZI=NXZERO(IZ)
    IL=(NPZI-1)*4+1
    STIFF(IL)=1.0
    DO 130 IM=1,NLC
      P(NPZI,IM)=XSPEC(IZ)
      DO 100 IL=2,4
        NPZP=NPZI+IL-1
        IF(NPZP.GT.NP)GO TO 100
        P(NPZP,IM)=P(NPZP,IM)-STIFF(LL+IL-1)*XSPEC(IZ)
      100 CONTINUE
      DO 110 IN=2,4
        NPZM=NPZI-IN+1
        NPZ1=(NPZI-IN)*4+IN
        IF(NPZM.LE.0)GO TO 110
        P(NPZM,IM)=P(NPZM,IM)-STIFF(NPZ1)*XSPEC(IZ)
      110 CONTINUE
      DO 140 K=2,4
        STIFF(LL+K-1)=0.0
        K1=NPZI-K

```

```

      IF(K1.LT.0)GO TO 140
      KZ=K1*4+K
      STIFF(KZ)=0.
140  CONTINUE
150  CONTINUE
200  RETURN
      END

```

```

C-----
      SUBROUTINE YAZBANT(NP,NLC)
C-----
      COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),SK(31)
      1//UT(5)
      COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
      WRITE(5,2004)
2004  FORMAT(/,T10,'SINIR KOPULLARI İÇİN DÜZELTİLMİŞ BANT MATRİS'
      1,13X,'YÜK MATRİSİ',/)
      ISIZE=4*NP
      N1=1
      N2=4
      DO 40 I=1,NP
      WRITE(5,2006)I,(STIFF(J),J=N1,N2),I,(P(I,K),K=1,NLC)
2006  FORMAT(3X,I4,4(2X,F10.0)5X,I3,2X,4F12.4)
      N1=N2+1
      N2=N2+4
      IF(N2.GT.ISIZE)N2=ISIZE
      40 CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

C-----
      SUBROUTINE COZUM(STIFF,P,NP,NLC,NBAND,ISIZE)
C-----
      DIMENSION STIFF(ISIZE),P(60,4)
      N1=1
      DO 80 N=1,NP
      I=N
      DO 70 L=2,NBAND
      NL=(N-1)*NBAND+L
      I=I+1
      IF(STIFF(NL).EQ.0.)GO TO 70
      B=STIFF(NL)/STIFF(N1)
      J=0
      DO 50 K=L,NBAND
      J=J+1
      IJ=(I-1)*NBAND+J
      NK=(N-1)*NBAND+K
50  IF(STIFF(NK).NE.0.)STIFF(IJ)=STIFF(IJ)-B*STIFF(NK)
      STIFF(NL)=B
      DO 60 M=1,NLC
      60  P(I,M)=P(I,M)-B*P(N,M)
      70 CONTINUE
      DO 75 M=1,NLC
      P(N,M)=P(N,M)/STIFF(N1)
      75 CONTINUE
      80 N1=N1+NBAND
      N=NP
      85 N=N-1
      IF(N.LE.0)GO TO 90
      L=N-1
      DO 86 K=2,NBAND
      NK=(N-1)*NBAND+K
      DO 86 M=1,NLC
      IF(STIFF(NK).NE.0.)P(N,M)=P(N,M)-STIFF(NK)*P(L+K,M)
      86 CONTINUE
      GO TO 85
      90 CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

C-----
      SUBROUTINE KONTROL(NP,NM,JZEMIN,ICOUN,LCOUN,XMAX)
C-----

```

```

COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),SK(31)
1//UT(5)
COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
IF(ICOUN.EQ.1)IHOLD=LCOUN
K=JZEMIN
NMP1=NM+1
Z2=2.*XMAX
DO 100 I=K,NMP1
CON=-1.0
Z1=P(2*I,1)+XMAX
IF(Z1.GT.0)GO TO 25
CON=1.0
GO TO 70
25 IF(Z1.LE.Z2)GO TO 100
GO TO 70
70 FORC=CON*XMAX*SPRNG(I)
PSAVE(2*I,1)=PSAVE(2*I,1)+FORC
SUMP(1)=SUMP(1)+FORC
SPRNG(I)=0.0
LCOUN=LCOUN+1
100 CONTINUE
IF(LCOUN.GT.IHOLD)GO TO 150
ICOUN=0
GO TO 200
150 IHOLD=LCOUN
ICOUN=ICOUN+1
LCOUN=0
DO 160 I=1,NP
160 P(I,1)=PSAVE(I,1)
200 RETURN
END

```

```

C-----
SUBROUTINE KUVVET(NP,NM,NLC,IMET)
C-----
CHARACTER *4 UT
DIMENSION F(2)
COMMON/BIR/NPE(30,4),H(30),B(30),T(30),XINER(30),SPRNG(31),SK(31)
1//UT(5)
COMMON/IKI/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SUMP(4)
CON=12.
IF(IMET.GT.0)CON=1000.
DO 100 LC=1,NLC
INODE=0
SUM=0.0
WRITE(5,2002)LC
2002 FORMAT(/,3X,'EĞİLME MOMENTLERİ, ZEMİN REAKSİYONLARI,',
1/,3X,'DEFORMASYONLAR VE YÜK DURUMU=',I2,
2' İÇİN SON KULLANILAN YÜK MATRİSİ',/,3X,'-----'
3-----')
WRITE(5,2003)UT(3)
2003 FORMAT(/,3X,'ELEMEN KENARLARINDAKİ EĞİLME MOMENTLERİ',A4,
1/,3X,'ELEMEN NO',2X,'YAKIN KENAR',8X,'UZAK KENAR')
DO 90 JJ=1,NM
L=0
DO 50 K=1,2
F(K)=0.0
DO 40 J=1,4
NS1=NPE(JJ,J)
L=L+1
F(K)=F(K)+ESATS(JJ,L)*P(NS1,LC)
40 CONTINUE
50 CONTINUE
WRITE(5,2004)JJ,(F(NN),NN=1,2)
2004 FORMAT(4X,I3,5X,F12.3,6X,F12.3)
90 CONTINUE
WRITE(5,2005)UT(1)
2005 FORMAT(/,3X,'DÜĞÜM NOKTALARININ DEFORMASYONU',
1/,3X,'NOKTA NO',3X,'DÖNME,RADYAN',5X,'YER DEĞİPTİRME',A2)
DO 91 JK=1,NM
INODE=INODE+1

```

```

X1=P(NPE(JK,1),LC)
X2=P(NPE(JK,2),LC)
WRITE(5,2015)JK,X1,X2
2015 FORMAT(5X,I2,6X,F9.5,10X,F9.5)
91 CONTINUE
INODE=INODE+1
X1=P(NPE(NM,3),LC)
X2=P(NPE(NM,4),LC)
WRITE(5,2015)INODE,X1,X2
WRITE(5,1990)UT(3),UT(2),UT(2),UT(4)
1990 FORMAT(/,20X,'DIŞ YÜKLER',17X,'ZEMİN REAKSİYONLARI',/,3X,
1'NOKTA NO',3X,'MOMENT',',A4,3X,'KUVVET',',A4,3X,'YAY
2KUVVETİ',',A4,3X,'BASINÇ',',A4)
INODE=0
DO 92 JZ=1,NM
INODE=INODE+1
LL=2*INODE
L1=LL-1
X2=P(NPE(JZ,2),LC)
FORC1=X2*SPRNG(INODE)
SUM=SUM+FORC1
SOILP1=X2*SK(INODE)
WRITE(5,2022)INODE,PSAVE(L1,LC),PSAVE(LL,LC),FORC1,SOILP1
2022 FORMAT(5X,I2,4X,F10.2,5X,F10.2,8X,F10.2,3X,F12.2)
92 CONTINUE
INODE=INODE+1
LL=2*INODE
L1=LL-1
X2=P(NPE(NM,4),LC)
FORC1=X2*SPRNG(INODE)
SUM=SUM+FORC1
SOILP1=X2*SK(INODE)
WRITE(5,2022)INODE,PSAVE(L1,LC),PSAVE(LL,LC),FORC1,SOILP1
WRITE(5,2030)SUMP(LC),SUM
2030 FORMAT(25X,'+',5X,'+',/,16X,'TOPLAM =',
12X,F10.2,8X,F10.2)
100 CONTINUE
RETURN
END

```

EK A.2.

VERI.DAT dosyası

ÖRNEK 1

22,10,2,1,1,0,1,0,0,0,1,1
25000000.,1.000,1.,0.8,0.5
110000.,10000.,0.7
0.5,0.5,1.0,1.0,1.0,2.0,3.0,3.0
4.0,4.0
1,50.
2,-12.50

CIKTI.DAT dosyası

ÖRNEK 1

YATAY YÜKLÜ KAZIK ÇÖZÜMÜ #####

NOKTA SAYISI, NP = 22
ELEMEN SAYISI, NM= 10
YÜK SAYISI, NNZP = 2
YÜK DURUMU, NLC = 1
DÖNGÜ SAYISI, NCYC = 1
DÜZELTİLMİŞ YAY KATSAYILARI, NRC = 0
ZEMİNİN BAŞLADIĞI NOKTA NUMARASI, JZEMIN = 1

KAZIK ELASTİSİTE MODÜLÜ, E = 25000000. KPA
MAKSİMUM LİNEER ZEMİN DEFORMASYONU, XMAX = 1.0000 M
ZEMİN MODÜLÜ = 110000.0 + 10000.0*Z** .700 KN/M^3
ZEMİN YÜZÜ AZALTMA FAKTÖRÜ, AZFAK = 1.00

ELM.NO	N1	N2	N3	N4	UZUNLUK	GENİŞLİK	KALINLIK	ATALET MOM.
1	1	2	3	4	.500	.800	.500	.00833
2	3	4	5	6	.500	.800	.500	.00833
3	5	6	7	8	1.000	.800	.500	.00833
4	7	8	9	10	1.000	.800	.500	.00833
5	9	10	11	12	1.000	.800	.500	.00833
6	11	12	13	14	2.000	.800	.500	.00833
7	13	14	15	16	3.000	.800	.500	.00833
8	15	16	17	18	3.000	.800	.500	.00833
9	17	18	19	20	4.000	.800	.500	.00833
10	19	20	21	22	4.000	.800	.500	.00833

ZEMİN MODÜLÜ VE ZEMİN YAY KATSAYILARI

DÜĞÜM NOK.	ZEMİN MODÜLÜ,KN/M^3	ZEMİN YAY KATSAYISI,KN/M
1	110000.000	22448.910
2	116155.700	46306.700
3	120000.000	72566.830
4	126245.000	100922.000
5	131576.700	105081.300
6	136390.200	165018.300

7	145051.400	292317.100
8	156555.400	375165.800
9	166941.200	469948.100
10	179644.000	574613.300
11	191418.100	300113.300

SINIR KOŞULLARI İÇİN DÜZELTİLMİŞ BANT MATRİSİ

YÜK MATRİSİ

1	1666667.	5000000.	833333.	-5000000.	1	50.0000
2	20022450.	5000000.	-20000000.	0.	2	-12.5000
3	3333334.	0.	833333.	-5000000.	3	.0000
4	40046310.	5000000.	-20000000.	0.	4	.0000
5	2500000.	-3750000.	416667.	-1250000.	5	.0000
6	22572570.	1250000.	-2500000.	0.	6	.0000
7	1666667.	0.	416667.	-1250000.	7	.0000
8	5100922.	1250000.	-2500000.	0.	8	.0000
9	1666667.	0.	416667.	-1250000.	9	.0000
10	5105082.	1250000.	-2500000.	0.	10	.0000
11	1250000.	-937500.	208333.	-312500.	11	.0000
12	2977518.	312500.	-312500.	0.	12	.0000
13	694445.	-173611.	138889.	-138889.	13	.0000
14	697410.	138889.	-92593.	0.	14	.0000
15	555556.	0.	138889.	-138889.	15	.0000
16	560351.	138889.	-92593.	0.	16	.0000
17	486111.	-60764.	104167.	-78125.	17	.0000
18	601603.	78125.	-39063.	0.	18	.0000
19	416667.	0.	104167.	-78125.	19	.0000
20	652738.	78125.	-39063.	0.	20	.0000
21	208333.	-78125.	0.	0.	21	.0000
22	339176.	0.	0.	0.	22	.0000

EĞİLME MOMENTLERİ, ZEMİN REAKSİYONLARI,
DEFORMASYONLAR VE YÜK DURUMU= 1 İÇİN SON KULLANILAN YÜK MATRİSİ

ELEMAN KENARLARINDAKİ EĞİLME MOMENTLERİ, KN-M

ELEMAN NO	YAKIN KENAR	UZAK KENAR
1	50.000	-50.794
2	50.794	-45.253
3	45.253	-25.404
4	25.404	-9.140
5	9.140	.078
6	-.078	2.313
7	-2.313	-.173
8	.173	-.038
9	.038	.010
10	-.010	.000

DÜĞÜM NOKTALARININ DEFORMASYONU

NOKTA NO	DÖNME, RADYAN	YER DEĞİŞTİRME, M
1	.00049	-.00049
2	.00036	-.00027
3	.00025	-.00012
4	.00008	.00004
5	.00000	.00007
6	-.00003	.00005
7	-.00001	.00001
8	.00000	.00000

9	.00000	.00000
10	.00000	.00000
11	.00000	.00000

NOKTA NO	DIŞ YÜKLER		ZEMİN REAKSİYONLARI	
	MOMENT, KN-M	KUVVET, KN	YAY KUVVETİ, KN	BASINÇ, KPA
1	50.00	-12.50	-10.91	-53.47
2	.00	.00	-12.67	-31.78
3	.00	.00	-8.77	-14.50
4	.00	.00	3.59	4.48
5	.00	.00	7.05	8.82
6	.00	.00	8.10	6.69
7	.00	.00	1.95	.97
8	.00	.00	-.87	-.36
9	.00	.00	.03	.01
10	.00	.00	.01	.00
11	.00	.00	.00	.00
TOPLAM =		+ -12.50	+ -12.50	



EK B.1.

```
C      *-----*
C      |          COULOMB'A GÖRE AKTİF TOPRAK BASINCI HESABI          |
C      *-----*
C      |          PROGRAMI GELİŞTİREN : İnş. Müh. Hulusi CERRAHOĞLU    |
C      *-----*
C      |                      İ T Ü          1993                      |
C      *-----*
C
      DIMENSION DELPO(15,2), P(15,2), Q(15,15), H(15), NN(50),
1PP(50), PSU(50)
      DIMENSION PRESS(50), ITS(15)
      OPEN(1, FILE='TOPBAS.DAT', STATUS='OLD')
      OPEN(2, FILE='TOPBAS.OUT', STATUS='NEW')
      OPEN(3, FILE='GECICI.DAT', STATUS='NEW')
      READ(1,95)N,QSURSJ
95  FORMAT(I3,F12.4)
      DO 1500 I=1,N
      READ(1,100)GAMA,UZUNLK,COHEZ,FI,ALFA,BETA,DELTA,NP,ISU
100  FORMAT(7F12.4,2I3)
      READ(1,111)(H(J),J=1,NP)
111  FORMAT(8F8.2)
      ITS(I)=ITS(I-1)+NP+1
      ALFAR=ALFA*3.1415927/180.
      BETAR=BETA*3.1415927/180.
      DELTAR=DELTA*3.1415927/180.
      FIR=FI*3.1415927/180.
      A=SIN(FIR+DELTAR)
      B=SIN(FIR-BETAR)
      C=SIN(ALFAR-DELTAR)
      D=SIN(ALFAR+BETAR)
      E=SIN(ALFAR+FIR)
      F=SIN(ALFAR)
      AKOK=SQRT((A*B)/(C*D))
      COLOMBKA=E**2/(F**2*C*(1+AKOK)**2)*COS(DELTAR)
      IF(ISU.GE.1)GAMA=GAMA-9.81
      IF(I.EQ.1)THEN
      IF(QSURSJ.GT.0.)THEN
      DELPO(I,1)=QSURSJ
      DELPO(I,2)=GAMA*UZUNLK
      GOTO 120
      ENDIF
      DELPO(I,1)=0
      DELPO(I,2)=GAMA*UZUNLK
      GOTO 120
      ENDIF
      DELPO(I,1)=DELPO(I-1,1)+DELPO(I-1,2)
      DELPO(I,2)=GAMA*UZUNLK
120  P(I,1)=DELPO(I,1)*COLOMBKA-2*COHEZ*SQRT(COLOMBKA)
      P(I,2)=P(I,1)+DELPO(I,2)*COLOMBKA
      IF(NN(I-1).EQ.0)THEN
      Q(I,1)=P(I,1)
      ENDIF
      IF(ISU.GT.0)THEN
      PSU(I)=9.81*H(I)
      GO TO 59
      END IF
      PSU(I)=0.0
59  Q(I,(NN(I-1)+1))=P(I,1)
      Q(I,(NN(I-1)+NP+1))=P(I,2)+PSU(I)
```

```

DO 60 K=2,NP
Q(I,(NN(I-1)+K))=Q(I,(NN(I-1)+K-1))+((P(I,2)-P(I,1))
1/UZUNLK*H(K-1))
60 CONTINUE
NN(I)=NN(I-1)+NP+1
WRITE(3,44)NP
44 FORMAT(I2)
DO 55 L=NN(I-1)+1,NN(I)
30 WRITE(2,35)L-I+1,Q(I,L)
WRITE(3,34)Q(I,L)
35 FORMAT(/,6X,I2,'.DÜĞÜM NOK. BASINCI =',F8.3)
34 FORMAT(F12.3)
55 CONTINUE
WRITE(2,300)I,P(I,1),I,P(I,2)+PSU(I),I,COLOMBKA
300 FORMAT(/,6X,I2,'.TABAKANIN ÜST BASINCI =',F12.3,
1      /,6X,I2,'.TABAKANIN ALT BASINCI =',F12.3,
2      /,6X,I2,'.TABAKANIN TOPRAK BASINCI KATSAYISI =',F6.3,
3      /,6X,'-----')
1500 CONTINUE
CLOSE(3)
OPEN(3,FILE='GECICI.DAT',STATUS='OLD')
K=0
L=0
DO 1400 J=1,N
READ(3,503)NTB
503 FORMAT(I2)
DO 500 I=1,NTB+1
READ(3,505)PP(I+K)
505 FORMAT(F12.3)
IF(J.GT.1.AND.I.EQ.1)THEN
PRESS(I+K-J+1)=(PRESS(I+K-J+1)+PP(I+K))/2.
GOTO 400
END IF
PRESS(I+K-J+1)=PP(I+K)
400 L=L+1
500 CONTINUE
K=K+L
1400 CONTINUE
DO 90 I=1,50
WRITE(2,34)PRESS(I)
90 CONTINUE
CLOSE(3,STATUS='DELETE')
STOP
END

```

EK B.2.

TOPBAS.DAT dosyası

5,100.
17.,2.,0.,32.,90.,0.,0.,4,0
0.5,0.5,0.5,0.5
19.,0.5,70.,0.,90.,0.,0.,2,1
0.25,0.25
19.75,3.,30.,10.,90.,0.,0.,6,1
0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5
18.50,2.5,40.,0.,90.,0.,0.,5,1
0.5,0.5,0.5,0.5,0.5
18.50,1.5,20.,20.,90.,0.,0.,3,1
0.5,0.5,0.5

TOPBAS.OUT dosyası

1.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 30.73
2.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 33.34
3.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 35.95
4.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 38.56
5.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 41.17

1.TABAKANIN ÜST BASINCI = 30.73
1.TABAKANIN ALT BASINCI = 41.17
1.TABAKANIN TOPRAK BASINCI KATSAYISI = .31

5.DÜĞÜM NOK. BASINCI = -6.00
6.DÜĞÜM NOK. BASINCI = -3.70
7.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 3.50

2.TABAKANIN ÜST BASINCI = -6.00
2.TABAKANIN ALT BASINCI = 3.50
2.TABAKANIN TOPRAK BASINCI KATSAYISI = 1.00

7.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 47.24
8.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 50.74
9.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 54.24
10.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 57.74
11.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 61.23
12.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 64.73
13.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 97.66

3.TABAKANIN ÜST BASINCI = 47.24
3.TABAKANIN ALT BASINCI = 97.66
3.TABAKANIN TOPRAK BASINCI KATSAYISI = .70

13.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 88.42
14.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 92.76
15.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 97.11
16.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 101.45
17.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 105.80
18.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 134.67

4.TABAKANIN ÜST BASINCI = 88.42
4.TABAKANIN ALT BASINCI = 134.67
4.TABAKANIN TOPRAK BASINCI KATSAYISI = 1.00

18.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 65.22
19.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 67.35
20.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 69.48
21.DÜĞÜM NOK. BASINCI = 86.32

5.TABAKANIN ÜST BASINCI = 65.22
5.TABAKANIN ALT BASINCI = 86.32
5.TABAKANIN TOPRAK BASINCI KATSAYISI = .49



EK C.1.

\$DEBUG

```
C-----C
C          SONLU ELEMANLAR METODUYLA PALPLANŞ HESABI          C
C-----C
C          PROGRAMI GELİŞTİREN: İnş. Muh. HULUSİ CERRAHOĞLU    C
C-----C
C                      İ T Ü      1993                        C
C-----C
```

```
C          CHARACTER *4 UTT,UT
C          DIMENSION TITLE(20),UTT(2,5)
C          COMMON/ONE/NPE(30,4),H(30),SUMP(4),XINER(31),PRESS(31),SPRNG(31)
C          1//UT(5)
C          COMMON/TWO/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SK(31)
C
C          DATA UTT/'FT','M','KIPS','KN','K-FT','KN-M','KSF','KPA','K/FT','KN
C          1/M'/'
```

```
C=====
C.Giriş ve çıkış dosyaları açılıyor
C=====
```

```
C          OPEN(1,FILE='GIRIS.DAT',STATUS='OLD')
C          OPEN(3,FILE='CIKIS.DAT',STATUS='NEW')
```

```
C=====
C.Datalar dosyadan okunuyor
C=====
```

```
C          5000 READ(1,1000,END=150)BASLIK
C          1000 FORMAT(20A4)
C          WRITE(3,2000)BASLIK
C          2000 FORMAT(/,5X,20A4)
C          ++++++
C          READ(1,1002)NP,NM,NNZP,NLC,ITYPE,NCYC,NRC,JTSOIL,ONLIN,IAR
C          1,NZX,IPRESS,IMET
C          1002 FORMAT(13I5)
C          READ(1,1004)E,XMAX,REDFAC,DEMB,CONV,DEPINC,XI,BSHP
C          1004 FORMAT(8F12.4)
C          ++++++
C          READ(1,1004)AS,BS,EXPO
C          J=1
C          IF (IMET.GT.0)J=2
C          DO 10 I=1,5
C          UT(I)=UTT(J,I)
C          10 CONTINUE
```

```
C
C          IF (ITYPE.LE.0)WRITE(3,2004)
C          2004 FORMAT(/,5X,'PALPLANŞ ÇÖZÜMÜ ',/,5X,'=====','//)
C          IF (ITYPE.GT.0)WRITE(3,2006)
C          2006 FORMAT(/,5X,'TEMEL ÇUKURU KAPLAMA YAPILARI ÇÖZÜMÜ '
C          1,/,5X,'=====','//)
```

```
C
C          WRITE(3,2008)NP,NM,NNZP,NLC,NCYC,NRC,JTSOIL,IPRESS
C          2008 FORMAT(5X,'NOKTA SAYISI.....=',I3,/,5X,
C          1'ELEMAN SAYISI.....=',I3,/,
C          25X,'YÜK SAYISI.....=',I3,/,5X,
C          3'YÜK DURUMU.....=',I3,/,
C          45X,'DÖNGÜ SAYISI.....=',I3,/,5X,
C          5'DÜZELTİLMİŞ YAY KATSAYILARI.....=',I3,/,5X,
C          6'ZEMİNİN BAŞLADIĞI NOKTA NUMARASI.....='
C          7,I3,/,5X,'DÜĞÜM NOKTALARINDAKİ BASINÇ DEĞERLERİ =',I3,/)
C
```

```
C          WRITE(3,2010)E,UT(4),XMAX,UT(1),DEMB,DEPINC,UT(1)
C          1,BSHP,UT(1),REDFAC,AS,BS,EXPO,UT(5)
C          2010 FORMAT(5X,'ELASTİSİTE MODÜLÜ.....=',1X,F10.0
C          1,1X,A4,/,5X,'MAKSİMUM LİNEER ZEMİN DEFORMASYONU....=',F6.2,1X,A2,
C          2/,5X,'ÇAKMA DERİNLİĞİ.....=',F6.2,/,5X,
C          3'DERİNLİK ARTIŞI.....=',F6.2,1X,A2,/,5X,
C          4'DUVAR GENİŞLİĞİ.....=',F5.2,1X,A2,/,5X,
C          5'ZEMİN YÜZÜ AZALTMA FAKTÖRÜ.....=',F5.2,/,5X,
```

```

6 ZEMİN MODÜLÜ =',F10.2,' + ',F9.2,'*Z**',F5.2,1X,A4,'^3',/)
  ISIZE=4*NP
  DO 30 I=1,NLC
30 SUMP(I)=0.0
  ICOUN=0
  ICOUN=1
  JCOUN=1
  DO 37 K=1,NM
  XINER(K)=XI
37 CONTINUE
C
40 CALL INPUT(NM,JTSOIL,ICOUN,JCOUN,BSHP,XI,DEPINC,DEMB)
C
  IF(JCOUN.GT.1)GO TO 45
  CALL LOAD(NM,NP,NLC,NNZP,IPRESS,BSHP)
C
45 CALL SPRING(NM,JTSOIL,IPRESS,JCOUN,NRC,IAR,BSHP,AS,BS,EXPO
  1,REDFAC,XI)
C
50 CALL BSTIF(ISIZE,NM,NP,E)
C
  CALL MODIF(NP,NM,NLC,NZX,JTSOIL,ICOUN,JCOUN)
C
  CALL WRITB(NP,NLC)
C
  CALL SOLV1(STIFF,P,NP,NLC,4,ISIZE)
C
  IF(NCYC.LE.1)GO TO 100
  IF(ICOUN.GT.1)GO TO 60
  CALL CONVER(NP,NLC,JTSOIL,JCOUN,CONV,DEMB)
  IF(JCOUN.GT.1.AND.JCOUN.LE.NCYC)GO TO 40
  IF(NONLIN.LE.0)GO TO 100
60 CALL CHECK(NP,NM,JTSOIL,ICOUN,ICOUN,XMAX)
  IF(ICOUN.GT.0.AND.ICOUN.LE.NCYC)GO TO 50
100 CALL FORC(NP,NM,NLC,ONLIN,IMET,XMAX)
  GO TO 5000
150 CLOSE(5,STATUS='DELETE')
  STOP
  END
C
C-----
SUBROUTINE INPUT(NM,JTSOIL,ICOUN,JCOUN,BSHP,XI,DEPINC,DEMB)
C-----
  COMMON/ONE/NPE(30,4),H(30),SUMP(4),XINER(31),PRESS(31),SPRNG(31)
  IF(JCOUN.GT.1)GO TO 30
  K=1
  DO 10 I=1,NM
  NPE(I,1)=K
  NPE(I,2)=K+1
  NPE(I,3)=K+2
  NPE(I,4)=K+3
  10 K=K+2
  READ(1,1004)(H(J),J=1,NM)
1004 FORMAT(8F10.4)
  GO TO 60
  30 DEMB=DEMB+DEPINC
  Z1=NM+1-JTSOIL
  HZ=DEMB/Z1
  DO 35 I=JTSOIL,NM
  35 H(I)=HZ
  60 RETURN
  END
C
C-----
SUBROUTINE TOPBAS(NM,NP,NLC,BSHP)
C-----
  COMMON/ONE/NPE(30,4),H(30),SUMP(4),XINER(31),PRESS(31),SPRNG(31)
  COMMON/TWO/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SK(31)
  DIMENSION DELPO(15,2),Q(15,15),NN(50),PA(15,2),HT(30)
  DIMENSION II(50),FP(50),PWATER(50),FPSU(50),PSON(50),F2(50,2)

```

```

OPEN(5, FILE='GECICI.DAT', STATUS='NEW')
READ(1, 95) N, QSURSJ, GWT
95 FORMAT(I3, F12.4, F12.2)
NP2=0
DO 1500 I=1, N
READ(1, 100) GAMA, UZUNLK, COHEZ, FI, ALFA, BETA, DELTA, NP1, ISU
100 FORMAT(7F12.4, 2I3)
ALFAR=ALFA*3.1415927/180.
BETAR=BETA*3.1415927/180.
DELTAR=DELTA*3.1415927/180.
FIR=FI*3.1415927/180.
A=SIN(FIR+DELTAR)
B=SIN(FIR-BETAR)
C=SIN(ALFAR-DELTAR)
D=SIN(ALFAR+BETAR)
E=SIN(ALFAR+FIR)
F=SIN(ALFAR)
AKOK=SQRT((A*B)/(C*D))
COLOMBKA=E**2/(F**2*C*(1+AKOK)**2)*COS(DELTAR)
WRITE(5, *) COLOMBKA
C-----
C**** TEMEL ÇUKURU KAPLAMA YAPILARI İÇİN ÇÖZÜM-KOHEZYONSUZ ZEMİN ****
C-----
IF(N.EQ.1.AND.COHEZ.EQ.0.0) THEN
299 WRITE(*, 300)
300 FORMAT(30(/), 25X, 'SEÇİMİNİZİ GİRİNİZ', //,
1/, 25X, '1)- TERZAGHİ',
2/, 25X, '2)- TSCHBOTARIOFF',
3/, 25X, '3)- KLENNER',
4/, 25X, '4)- LEHMAN', 5(/),
5/, 25X, 'SEÇİMİNİZ (1,2,3,4) .....>')
READ(*, *) ISECIM
IF(ISECIM.EQ.1) GOTO 2001
IF(ISECIM.EQ.2) GOTO 2002
IF(ISECIM.EQ.3) GOTO 2004
IF(ISECIM.EQ.4) GOTO 2006
GOTO 299
C-----
C***** TERZAGHİ ÇÖZÜMLERİ *****
C-----
2001 DO 51 J=1, NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5, *) J, HT(J)
IF(J.EQ.1.OR.J.EQ.NM+1) THEN
PRESS(J)=0.00
GOTO 50
END IF
IF(HT(J).GT.0.00.AND.HT(J).LE.(0.2*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=0.8*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA*HT(J)/(0.2*UZUNLK)
GOTO 50
END IF
IF(HT(J).GT.(0.2*UZUNLK).AND.HT(J).LE.(0.8*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=0.8*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA
GOTO 50
END IF
IF(HT(J).GT.(0.8*UZUNLK).AND.HT(J).LE.UZUNLK) THEN
PRESS(J)=0.8*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA
1*( (0.2*UZUNLK)-(HT(J)-0.8*UZUNLK))/(0.2*UZUNLK)
GOTO 50
END IF
50 WRITE(5, *) PRESS(J)
51 CONTINUE
L=0
DO 580 J=1, NM+1
IF(HT(J).GT.(0.2*UZUNLK).AND.L.EQ.0) THEN
X=0.2*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1), 2)=BSHP*(((PRESS(J-1))*H(J-1)**2/2.)
1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))*H(J-1)-X)**2/2.)
2+(0.5*(PRESS(J)-PRESS(J-1))*X*((X/3.)+(H(J-1)-X))))/H(J-1))
F2(J, 1)=BSHP*(((PRESS(J)-PRESS(J-1))*X**2/(3.*H(J-1)))

```

```

1+ ((PRESS(J)-PRESS(J-1))* (H(J-1)-X)/H(J-1)* ((H(J-1)-X)/2.+X)
2+PRESS(J-1)*H(J-1)/2.))
L=1
GOTO 580
END IF
IF (HT(J).GT. (0.8*UZUNLK).AND.L.LE.1) THEN
X=0.8*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP*((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X
1/H(J-1)*(X/2.+(H(J-1)-X)))+(PRESS(J-1)-PRESS(J))* (H(J-1)-X)**2
2/(3*H(J-1)))
F2(J,1)=BSHP*((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X**2
1/(2.*H(J-1)))+(PRESS(J-1)-PRESS(J))* (H(J-1)-X)/(2.*H(J-1))
2*(X+((H(J-1)-X)/3.)))
L=2
GOTO 580
END IF
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.
F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
580 CONTINUE
DO 581 K=1,NM+1
FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
WRITE(5,582) F2(K,1), F2(K,2), FP(K)
582 FORMAT(10X,3F12.2)
581 CONTINUE
GOTO 365

C-----
C***** TSCHBOTARIOFF'A GÖRE *****
C-----

2002 DO 52 J=1,NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5,*) J, HT(J)
IF (J.EQ.1.OR.J.EQ.NM+1) THEN
PRESS(J)=0.00
GOTO 53
END IF
IF (HT(J).GT.0.00.AND.HT(J).LE. (0.1*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=0.2*GAMA*UZUNLK*HT(J)/(0.1*UZUNLK)
GOTO 53
END IF
IF (HT(J).GT. (0.1*UZUNLK).AND.HT(J).LE. (0.8*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=0.2*GAMA*UZUNLK
GOTO 53
END IF
IF (HT(J).GT. (0.8*UZUNLK).AND.HT(J).LE.UZUNLK) THEN
PRESS(J)=0.2*GAMA*UZUNLK*((0.2*UZUNLK)-(HT(J)-0.8*UZUNLK))
1/(0.2*UZUNLK)
GOTO 53
END IF
53 WRITE(5,*) PRESS(J)
52 CONTINUE
L=0
DO 592 J=1,NM+1
IF (HT(J).GT. (0.1*UZUNLK).AND.L.EQ.0) THEN
X=0.1*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP*((PRESS(J-1)*H(J-1)**2/2.)
1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))* (H(J-1)-X)**2/2.)
2+(0.5*(PRESS(J)-PRESS(J-1))*X*((X/3.)+(H(J-1)-X))))/H(J-1))
F2(J,1)=BSHP*((PRESS(J)-PRESS(J-1))*X**2/(3.*H(J-1)))
1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))* (H(J-1)-X)/H(J-1)* ((H(J-1)-X)/2.+X)
2+PRESS(J-1)*H(J-1)/2.))
L=1
GOTO 592
END IF
IF (HT(J).GT. (0.8*UZUNLK).AND.L.LE.1) THEN
X=0.8*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP*((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X
1/H(J-1)*(X/2.+(H(J-1)-X)))+(PRESS(J-1)-PRESS(J))* (H(J-1)-X)**2
2/(3*H(J-1)))
F2(J,1)=BSHP*((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X**2
1/(2.*H(J-1)))+(PRESS(J-1)-PRESS(J))* (H(J-1)-X)/(2.*H(J-1))

```

```

2*(X+((H(J-1)-X)/3.)))
L=2
GOTO 592
END IF
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.
F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
592 CONTINUE
DO 593 K=1,NM+1
FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
WRITE(5,582)F2(K,1),F2(K,2),FP(K)
593 CONTINUE
GOTO 365

```

C-----
C***** KLENNER'E GÖRE *****
C-----

```

2004 DO 54 J=1,NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5,*)J,HT(J)
PRESS(J)=0.5*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA
WRITE(5,*)PRESS(J)
54 CONTINUE
DO 590 J=1,NM+1
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.
F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
590 CONTINUE
DO 591 K=1,NM+1
FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
WRITE(5,582)F2(K,1),F2(K,2),FP(K)
591 CONTINUE
GOTO 365

```

C-----
C***** LEHMAN'A GÖRE *****
C-----

```

2006 DO 56 J=1,NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5,*)J,HT(J)
IF(J.EQ.1)THEN
PRESS(J)=0.00
GOTO 57
END IF
IF(J.EQ.NM+1)THEN
PRESS(J)=0.7*0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA
GOTO 57
END IF
IF(HT(J).GT.0.00.AND.HT(J).LE.(0.15*UZUNLK))THEN
PRESS(J)=0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA*HT(J)/(0.15*UZUNLK)
GOTO 57
END IF
IF(HT(J).GT.(0.15*UZUNLK).AND.HT(J).LE.(0.5*UZUNLK))THEN
PRESS(J)=0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA
GOTO 57
END IF
IF(HT(J).GT.(0.5*UZUNLK).AND.HT(J).LE.UZUNLK)THEN
PRESS(J)=((0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA)
1-(0.7*0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA))*((0.5*UZUNLK)-(HT(J)-0.5*UZUNLK))
2/(0.5*UZUNLK)+(0.7*0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA)
GOTO 57
END IF
57 WRITE(5,*)PRESS(J)
56 CONTINUE
L=0
DO 594 J=1,NM+1
IF(HT(J).GT.(0.15*UZUNLK).AND.L.EQ.0)THEN
X=0.15*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP*(((PRESS(J-1)*H(J-1)**2/2.)
1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))*H(J-1)-X)**2/2.)
2+0.5*(PRESS(J)-PRESS(J-1))*X*((X/3.)+(H(J-1)-X)))/H(J-1))
F2(J,1)=BSHP*(((PRESS(J)-PRESS(J-1))*X**2/(3.*H(J-1)))
1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))*H(J-1)-X)/H(J-1))*((H(J-1)-X)/2.+X)
2+PRESS(J-1)*H(J-1)/2.))

```

```

L=1
GOTO 594
END IF
IF (HT(J).GT.(0.5*UZUNLK).AND.L.LE.1) THEN
X=0.5*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP* ((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X
1/H(J-1)*(X/2.+(H(J-1)-X))*(PRESS(J-1)-PRESS(J))*(H(J-1)-X)**2
2/(3*H(J-1)))
F2(J,1)=BSHP* ((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X**2
1/(2.*H(J-1))+((PRESS(J-1)-PRESS(J))*(H(J-1)-X)/(2.*H(J-1))
2*(X+((H(J-1)-X)/3.))))
L=2
GOTO 594
END IF
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.
F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
594 CONTINUE
DO 596 K=1,NM+1
FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
WRITE(5,582) F2(K,1),F2(K,2),FP(K)
596 CONTINUE
365 END IF

C-----
C**** TEMEL ÇUKURU KAPLAMA YAPILARI İÇİN ÇÖZÜM-KOHEZYONLU ZEMİN ****
C-----

IF(N.EQ.1.AND.COHEZ.GT.0.0) THEN
499 WRITE(*,304)
304 FORMAT(30(/),25X,'SEÇİMİNİZİ GİRİNİZ',//,
1/,25X,'1)- TERZAGHİ',
2/,25X,'2)- TSCHBOTARIOFF',
3/,25X,'3)- LEHMAN',5(/),
3/,25X,'SEÇİMİNİZ (1,2,3) .....>')
READ(*,*)ISEC
IF(ISEC.EQ.1)GOTO 4001
IF(ISEC.EQ.2)GOTO 4002
IF(ISEC.EQ.3)GOTO 4006
GOTO 499

C-----
C***** TERZAGHİ ÇÖZÜMLERİ *****
C-----

4001 DO 514 J=1,NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5,*)J,HT(J)
IF(J.EQ.1.OR.J.EQ.NM+1) THEN
PRESS(J)=0.00
GOTO 504
END IF
IF(HT(J).GT.0.00.AND.HT(J).LE.(0.3*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=(GAMA*UZUNLK-4*COHEZ)*HT(J)/(0.3*UZUNLK)
GOTO 504
END IF
IF(HT(J).GT.(0.3*UZUNLK).AND.HT(J).LE.(0.85*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=GAMA*UZUNLK-4*COHEZ
GOTO 504
END IF
IF(HT(J).GT.(0.85*UZUNLK).AND.HT(J).LE.UZUNLK) THEN
PRESS(J)=(GAMA*UZUNLK-4*COHEZ)*((0.15*UZUNLK)-(HT(J)-0.85*UZUNLK))
1/(0.15*UZUNLK)
GOTO 504
END IF
504 WRITE(5,*)PRESS(J)
514 CONTINUE
L=0
DO 710 J=1,NM+1
IF(HT(J).GT.(0.15*UZUNLK).AND.L.EQ.0) THEN
X=0.15*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP* ((PRESS(J-1)*H(J-1)**2/2.)
1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))*(H(J-1)-X)**2/2.)
2+(0.5*(PRESS(J)-PRESS(J-1))*X*((X/3.)+(H(J-1)-X))))/H(J-1))
F2(J,1)=BSHP* ((PRESS(J)-PRESS(J-1))*X**2/(3.*H(J-1)))

```

```

1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))*H(J-1)-X)/H(J-1)*((H(J-1)-X)/2.+X)
2+PRESS(J-1)*H(J-1)/2.)
L=1
GOTO 610
END IF
IF(HT(J).GT.(0.5*UZUNLK).AND.L.LE.1) THEN
X=0.5*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP*((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X
1/H(J-1)*(X/2.+(H(J-1)-X)))+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*H(J-1)-X)**2
2/(3*H(J-1)))
F2(J,1)=BSHP*((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X**2
1/(2.*H(J-1)))+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*H(J-1)-X)/(2.*H(J-1))
2*(X+((H(J-1)-X)/3.)))
L=2
GOTO 610
END IF
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.
F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
610 IF(F2((J-1),2).LT.0.0.OR.F2(J,1).LT.0.0) THEN
WRITE(*,398)
398 FORMAT(24(/),17X,'BU YÜK DAĞILIMI İÇİN ÇÖZÜM YAPILAMIYOR...',
110(/))
CLOSE(3,STATUS='DELETE')
CLOSE(5,STATUS='DELETE')
STOP
END IF
710 CONTINUE
DO 611 K=1,NM+1
FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
WRITE(5,582) F2(K,1),F2(K,2),FP(K)
611 CONTINUE
GOTO 366

C-----
C***** TSCHEBOTARIOFF'A GÖRE *****
C-----
4002 WRITE(*,314)
314 FORMAT(30(/),25X,'SEÇİMİNİZİ GİRİNİZ',/,/,
1/,25X,'1)- SERT KİL',
2/,25X,'2)- ORTA KİL',
3/,25X,'3)- YUMUŞAK KİL',5(/),
3/,25X,'SEÇİMİNİZ (1,2,3) .....>')
READ(*,*) ISEC2
IF(ISEC2.EQ.1) GOTO 4011
IF(ISEC2.EQ.2) GOTO 4012
IF(ISEC2.EQ.3) GOTO 4016
GOTO 4002
4011 DO 521 J=1,NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5,*) J,HT(J)
IF(J.EQ.1.OR.J.EQ.NM+1) THEN
PRESS(J)=0.00
GOTO 531
END IF
IF(HT(J).GT.0.00.AND.HT(J).LE.(0.6*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=0.5*GAMA*HT(J)
GOTO 531
END IF
IF(HT(J).GT.(0.6*UZUNLK).AND.HT(J).LE.UZUNLK) THEN
PRESS(J)=0.5*GAMA*(0.6*UZUNLK)*((0.4*UZUNLK)-(HT(J)-0.6*UZUNLK))
1/(0.4*UZUNLK)
GOTO 531
END IF
531 WRITE(5,*) PRESS(J)
521 CONTINUE
L=0
DO 584 J=1,NM+1
IF(HT(J).GT.(0.6*UZUNLK).AND.L.EQ.0) THEN
X=0.6*UZUNLK-HT(J-1)
PUCGEN=0.3*GAMA*UZUNLK
B1=PRESS(J-1)*X

```

```

B2=0.5*(PUCGEN-PRESS(J-1))*X
B3=PRESS(J)*(H(J-1)-X)
B4=0.5*(PUCGEN-PRESS(J))*(H(J-1)-X)
F2((J-1),2)=BSHP*((B1*((X/2.)+(H(J-1)-X))+B2*((X/3.)
1+(H(J-1)-X))+B3*(H(J-1)-X)/2+B4*((2./3.)*(H(J-1)-X)))/H(J-1))
F2(J,1)=BSHP*((B1*(X/2.))+B2*(2.*X/3.))
1+(B3*((H(J-1)-X)/2.)+X)+(B4*((H(J-1)-X)/3.)+X))/H(J-1))
L=1
GOTO 584
END IF
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.
F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
584 CONTINUE
DO 585 K=1,NM+1
FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
WRITE(5,582) F2(K,1), F2(K,2), FP(K)
585 CONTINUE
C-----
GOTO 366
4012 DO 522 J=1,NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5,*) J, HT(J)
IF(J.EQ.1.OR.J.EQ.NM+1) THEN
PRESS(J)=0.00
GOTO 532
END IF
IF(HT(J).GT.0.00.AND.HT(J).LE.(0.75*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=0.5*GAMA*HT(J)
GOTO 532
END IF
IF(HT(J).GT.(0.75*UZUNLK).AND.HT(J).LE.UZUNLK) THEN
PRESS(J)=0.5*GAMA*(0.75*UZUNLK)*(0.25*UZUNLK)
1-(HT(J)-0.75*UZUNLK)/(0.25*UZUNLK)
GOTO 532
END IF
532 WRITE(5,*) PRESS(J)
522 CONTINUE
L=0
DO 586 J=1,NM+1
IF(HT(J).GT.(0.75*UZUNLK).AND.L.EQ.0) THEN
X=0.75*UZUNLK-HT(J-1)
PUCGEN=0.375*GAMA*UZUNLK
B1=PRESS(J-1)*X
B2=0.5*(PUCGEN-PRESS(J-1))*X
B3=PRESS(J)*(H(J-1)-X)
B4=0.5*(PUCGEN-PRESS(J))*(H(J-1)-X)
F2((J-1),2)=BSHP*((B1*((X/2.)+(H(J-1)-X))+B2*((X/3.)
1+(H(J-1)-X))+B3*(H(J-1)-X)/2+B4*((2./3.)*(H(J-1)-X)))/H(J-1))
F2(J,1)=BSHP*((B1*(X/2.))+B2*(2.*X/3.))
1+(B3*((H(J-1)-X)/2.)+X)+(B4*((H(J-1)-X)/3.)+X))/H(J-1))
L=1
GOTO 586
END IF
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.
F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
586 CONTINUE
DO 587 K=1,NM+1
FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
WRITE(5,582) F2(K,1), F2(K,2), FP(K)
587 CONTINUE
GOTO 366
4016 DO 523 J=1,NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5,*) J, HT(J)
IF(J.EQ.1) THEN
PRESS(J)=0.00
GOTO 533
END IF
IF(HT(J).GT.0.0.AND.HT(J).LE.UZUNLK) THEN
PRESS(J)=0.5*GAMA*HT(J)

```

```

GOTO 533
END IF
533 WRITE(5,*) PRESS(J)
523 CONTINUE
DO 588 J=1,NM+1
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.
F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
588 CONTINUE
DO 589 K=1,NM+1
FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
WRITE(5,582) F2(K,1), F2(K,2), FP(K)
589 CONTINUE
GOTO 366

```

```

C-----
C***** LEHMAN'A GÖRE *****
C-----

```

```

4006 DO 556 J=1,NM+1
HT(J)=HT(J-1)+H(J-1)
WRITE(5,*) J, HT(J)
IF(J.EQ.1) THEN
PRESS(J)=0.00
GOTO 557
END IF
IF(J.EQ.NM+1) THEN
PRESS(J)=0.7*0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA-2*COHEZ*SQRT(COLOMBKA)
GOTO 557
END IF
IF(HT(J).GT.0.00.AND.HT(J).LE.(0.15*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=(0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA-2*COHEZ*SQRT(COLOMBKA))
1*HT(J)/(0.15*UZUNLK)
GOTO 557
END IF
IF(HT(J).GT.(0.15*UZUNLK).AND.HT(J).LE.(0.5*UZUNLK)) THEN
PRESS(J)=0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA-2*COHEZ*SQRT(COLOMBKA)
GOTO 557
END IF
IF(HT(J).GT.(0.5*UZUNLK).AND.HT(J).LE.UZUNLK) THEN
PRESS(J)=((0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA-2*COHEZ*SQRT(COLOMBKA))
1-(0.7*0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA-2*COHEZ*SQRT(COLOMBKA)))
2*((0.5*UZUNLK)-(HT(J)-0.5*UZUNLK))/(0.5*UZUNLK))
3+(0.7*0.6*GAMA*UZUNLK*COLOMBKA-2*COHEZ*SQRT(COLOMBKA))
GOTO 557
END IF
557 WRITE(5,*) PRESS(J)
556 CONTINUE
L=0
DO 600 J=1,NM+1
IF(HT(J).GT.(0.15*UZUNLK).AND.L.EQ.0) THEN
X=0.15*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP*(((PRESS(J-1)*H(J-1)**2/2.)
1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))*H(J-1)-X)**2/2.)
2+(0.5*(PRESS(J)-PRESS(J-1))*X*(X/3.+(H(J-1)-X)))/H(J-1))
F2(J,1)=BSHP*(((PRESS(J)-PRESS(J-1))*X**2/(3.*H(J-1)))
1+((PRESS(J)-PRESS(J-1))*H(J-1)-X)/H(J-1))*((H(J-1)-X)/2.+X)
2+PRESS(J-1)*H(J-1)/2.))
L=1
GOTO 598
END IF
IF(HT(J).GT.(0.5*UZUNLK).AND.L.LE.1) THEN
X=0.5*UZUNLK-HT(J-1)
F2((J-1),2)=BSHP*(((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X
1/H(J-1)*X/2.+(H(J-1)-X)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*H(J-1)-X)**2
2/(3*H(J-1)))
F2(J,1)=BSHP*(((PRESS(J)*H(J-1)/2.)+(PRESS(J-1)-PRESS(J))*X**2
1/(2.*H(J-1))+((PRESS(J-1)-PRESS(J))*H(J-1)-X)/(2.*H(J-1))
2*(X+((H(J-1)-X)/3.))))
L=2
GOTO 598
END IF
F2((J-1),2)=BSHP*(2*PRESS(J-1)+PRESS(J))*H(J-1)/6.

```

```

      F2(J,1)=BSHP*(2*PRESS(J)+PRESS(J-1))*H(J-1)/6.
598 IF(F2((J-1),2).LT.0.0.OR.F2(J,1).LT.0.0)THEN
      WRITE(*,399)
399 FORMAT(24(/),17X,'BU YÜK DAĞILIMI İÇİN ÇÖZÜM YAPILAMIYOR...',
110(/))
      CLOSE(3,STATUS='DELETE')
      CLOSE(5,STATUS='DELETE')
      STOP
      END IF
600 CONTINUE
      DO 595 K=1,NM+1
      FP(K)=F2(K,1)+F2(K,2)
      WRITE(5,582)F2(K,1),F2(K,2),FP(K)
595 CONTINUE
366 END IF

```

```

C-----
      IF(N.GT.1)GOTO 1700
      DO 193 IJ=1,NM+1
      WRITE(5,337)FP(IJ)
337 FORMAT(2X,F12.2)
193 CONTINUE
      DO 181 J2=1,NLC
      DO 181 I2=1,NM+1
      M=M+2
      P(M,J2)=FP(I2)
      SUMP(J2)=SUMP(J2)+P(M,J2)
181 CONTINUE
      RETURN

```

```

C-----
1700 IF(ISU.GE.1)GAMA=GAMA-9.81
      IF(I.EQ.1)THEN
      IF(QSURSJ.GT.0.)THEN
      DELPO(I,1)=QSURSJ
      DELPO(I,2)=GAMA*UZUNLK
      GOTO 120
      ENDIF
      DELPO(I,1)=0
      DELPO(I,2)=GAMA*UZUNLK
      GOTO 120
      ENDIF
      DELPO(I,1)=DELPO(I-1,1)+DELPO(I-1,2)
      DELPO(I,2)=GAMA*UZUNLK
120 PA(I,1)=DELPO(I,1)*COLOMBKA-2*COHEZ*SQRT(COLOMBKA)
      PA(I,2)=PA(I,1)+DELPO(I,2)*COLOMBKA
      IF(NN(I-1).EQ.0)THEN
      Q(I,1)=PA(I,1)
      ENDIF
59 Q(I,(NN(I-1)+1))=PA(I,1)
      Q(I,(NN(I-1)+NP1+1))=PA(I,2)
      DO 60 K=2,NP1
      Q(I,(NN(I-1)+K))=Q(I,(NN(I-1)+K-1))+((PA(I,2)-PA(I,1))
1/UZUNLK*H(K+NP2-1))
60 CONTINUE
      NN(I)=NN(I-1)+NP1+1
      DO 55 L=NN(I-1)+1,NN(I)
      IF(Q(I,L).LT.0.0)Q(I,L)=0.0
30 WRITE(5,34)L-I+1,Q(I,L)
34 FORMAT(I2,F12.2)
55 CONTINUE
      NP2=NP2+NP1
1500 CONTINUE
      CLOSE(5)
      DO 501 I=1,NP2+1
      PWATER(I)=0.0
      FPSU(I)=0.0
501 CONTINUE
      HWT=0.0
      DO 500 I=1,NP2+1
      HWT=HWT+H(I)
      IF(HWT.LE.GWT)GOTO 500

```

```

      PWATER(I+1)=(HWT-GWT)*9.81
500 CONTINUE
      DO 505 I=1,NP2+1
      IF(I.EQ.1) THEN
        FPSU(1)=(2*PWATER(1)+PWATER(2))*H(1)/6.
        GOTO 505
      END IF
      IF(I.EQ.(NP2+1)) THEN
        FPSU(I)=(2*PWATER(I)+PWATER(I-1))*H(I-1)/6.
        GOTO 505
      END IF
      FPSU(I)=((2*PWATER(I)+PWATER(I-1))*H(I-1)/6.)+
      1((2*PWATER(I)+PWATER(I+1))*H(I)/6.)
505 CONTINUE
      OPEN(5,FILE='GECICI.DAT',STATUS='OLD')
      K=0
      ID=0
      II(1)=0
      DO 1400 J=1,NP2+1
      K=K+1
      READ(5,503) II(J),PRESS(K)
503 FORMAT(I2,F12.3)
      IF(J.EQ.1) GOTO 1400
      IF(J.EQ.2) THEN
        FP(1)=H(1)*(2*PRESS(1)+PRESS(2))/6.
        GOTO 1400
      END IF
      IF(J.EQ.(NP2+1)) THEN
        FP(NP2+1)=H(NP2)*(2*PRESS(K)+PRESS(K-1))/6.
        GOTO 1200
      END IF
      IF(II(J).EQ.II(J-1)) THEN
        READ(5,506) IZERO,PRESS(K+1)
506 FORMAT(I2,F12.3)
        FP(K-1-ID)=H(K-2-ID)*(PRESS(K-2)+2*PRESS(K-1))/6.
        1+H(K-1-ID)*(2*PRESS(K)+PRESS(K+1))/6.
        K=K+1
        ID=ID+1
        GOTO 1400
      END IF
1200 FP(K-1-ID)=H(K-2-ID)*(PRESS(K-2)+2*PRESS(K-1))/6.
      1+H(K-1-ID)*(2*PRESS(K-1)+PRESS(K))/6.
1400 CONTINUE
      DO 90 I=1,NP2+1
      PSON(I)=BSHP*(FP(I)+FPSU(I))
      WRITE(5,37) FP(I),PWATER(I),FPSU(I),PSON(I)
37 FORMAT(2X,4F12.2)
90 CONTINUE
      DO 80 J=1,NLC
      DO 80 I=1,NP2+1
      M=M+2
      P(M,J)=PSON(I)
      SUMP(J)=SUMP(J)+P(M,J)
80 CONTINUE
      CLOSE(5,STATUS='DELETE')
      RETURN
      END

```

```

C-----
      SUBROUTINE LOAD(NM,NP,NLC,NNZP,IPRESS,BSHP)
C-----
      COMMON/ONE/NPE(30,4),H(30),SUMP(4),XINER(31),PRESS(31),SPRNG(31)
      COMMON/TWO/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SK(31)
      DO 10 J=1,NLC
      DO 10 I=1,NP
10 P(I,J)=0.0
      IF(IPRESS.LE.0) THEN
        CALL TOPBAS(NM,NP,NLC,BSHP)
        GOTO 30

```

```

2002 FORMAT(/, 5X, 'ANKRAJLI DÜĞÜM NOKTALARI', /, 5X, '-----'
1----', 5X, 'ANKRAJ SAYISI =', I2, /, 5X, 'ANKRAJ NO', 3X, 'DÜĞÜM NOK',
23X, 'ZEM. YÜZÜNDEN OLAN UZAKLIK ', A2, /, 5X, '-----', 3X, '-----'
33X, '-----')
DO 350 JW=1, IAR
UZAKLIK=0.0
DO 351 LW=1, NODAR(JW)-1
UZAKLIK=UZAKLIK+H(LW)
351 CONTINUE
WRITE(3, 2350) JW, NODAR(JW), UZAKLIK
2350 FORMAT(7X, I2, 11X, I2, 15X, F8.2)
350 CONTINUE
DO 110 K=1, IAR
READ(1, 1002) J, ARSPG(K)
110 SPRNG(J)=ARSPG(K)
150 WRITE(3, 2004) BSHP, UT(1)
2004 FORMAT(/, 5X, 'DUVARIN', F6.2, 1X, A2, ' GENİŞLİĞİ İÇİN ELEMAN VE DÜĞÜM
1NOKTASI DATALARI', /, 5X, '-----'
2-----')
WRITE(3, 2006) UT(1), UT(1)
2006 FORMAT(/, 5X, 'ELM.NO', 4X, 'N1', 6X, 'N2', 6X, 'N3', 6X, 'N4', 7X,
1'UZUNLUK', 1X, A2, 2X, 'ATALET MOM. ', A2, '^4', /, 5X, '-----', 4X, '---',
26X, '---', 6X, '---', 6X, '---', 7X, '-----', 3X, '-----')
DO 200 K=1, NM
IF(K.LT.JTS) SK(K)=0.0
IF(K.GT.IPR) GO TO 195
WRITE(3, 2008) K, (NPE(K, I), I=1, 4), H(K), XINER(K)
GO TO 200
2008 FORMAT(1X, 5I8, 4X, F10.2, 4X, F10.5)
195 WRITE(3, 2008) K, (NPE(K, I), I=1, 4), H(K), XINER(K)
200 CONTINUE
WRITE(3, 2016) UT(5), UT(4)
2016 FORMAT(/, 5X, 'DÜĞÜM NOK.', 3X, 'ZEMİN MODÜLÜ ', A4, '^3', 3X, 'YAY KAT. (Z
1EM./ANK.) ', 2X, 'BASINÇ ', A4, /, 5X, '-----', 3X,
2'-----', 3X, '-----', 2X, '-----')
DO 201 M=1, NM
IF(M.LT.JTS) SK(M)=0.0
IF(M.GT.IPR) GOTO 196
WRITE(3, 2018) M, SK(M), SPRNG(M), PRESS(M)
GOTO 201
2018 FORMAT(5X, I5, 8X, F10.2, 15X, F10.2, 9X, F8.2)
196 WRITE(3, 2018) M, SK(M), SPRNG(M)
201 CONTINUE
WRITE(3, 2010) NMP1, SK(NMP1), SPRNG(NMP1)
2010 FORMAT(5X, I5, 8X, F10.2, 15X, F10.2)
RETURN
END

```

C

C

C-----

SUBROUTINE BSTIF(ISIZE, NM, NP, E)

C-----

```

DIMENSION EA(4, 2), ES(2, 2), ESAT(2, 4), EASAT(4, 4)
COMMON/ONE/NPE(30, 4), H(30), SUMP(4), XINER(31), PRESS(31), SPRNG(31)
COMMON/TWO/STIFF(400), P(60, 4), PSAVE(60, 4), ESATS(30, 8), SK(31)
DO 20 I=1, ISIZE

```

```

20 STIFF(I)=0.0
DO 100 II=1, NM
EA(1, 1)=1.
EA(1, 2)=0.0
EA(2, 1)=1./H(II)
EA(2, 2)=1./H(II)
EA(3, 1)=0.0
EA(3, 2)=1.
EA(4, 1)=-1./H(II)
EA(4, 2)=-1./H(II)

```

C

```

ES(1, 1)=4.*E*XINER(II)/H(II)
ES(1, 2)=.5*ES(1, 1)
ES(2, 1)=ES(1, 2)

```

```

      ES(2,2)=ES(1,1)
C
      DO 30 I=1,2
      DO 30 J=1,4
      ESAT(I,J)=0.
      DO 30 K=1,2
      ESAT(I,J)=ESAT(I,J)+ES(I,K)*EA(J,K)
30  CONTINUE
      L=0
      DO 40 I=1,2
      DO 40 J=1,4
      L=L+1
40  ESATS(II,L)=ESAT(I,J)
C
      DO 50 K=1,4
      DO 50 J=1,4
      EASAT(K,J)=0.
      DO 50 L=1,2
50  EASAT(K,J)=EASAT(K,J)+EA(K,L)*ESAT(L,J)
      CALL BANDM(EASAT,STIFF,NPE,II)
100 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C-----
      SUBROUTINE MODIF(NP,NM,NLC,NZX,JTSOIL,ICOUN,JCOUN)
C-----
      DIMENSION NXZERO(10),XSPEC(10)
      COMMON/ONE/NPE(30,4),II(30),SUMP(4),XINER(31),PRESS(31),SPRNG(31)
      COMMON/TWO/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SK(31)
C
      NMP1=NM+1
      IF(ICOUN.GT.1.OR.JCOUN.GT.1)GO TO 30
      IF(NZX.LE.0)GO TO 30
      READ(1,1002)(NXZERO(N),N=1,NZX)
1002 FORMAT(16I5)
      READ(1,1004)(XSPEC(N),N=1,NZX)
1004 FORMAT(8F10.4)
      WRITE(3,2004)(NXZERO(I),I=1,NZX)
2004 FORMAT(/,5X,'NX BOUNDARY CONDITIONS =',10I5)
      WRITE(3,2006)(XSPEC(I),I=1,NZX)
2006 FORMAT(/,6X,'BOUNDARY VALUES XSPEC =',10F7.4)
30  K=1
      L=2*K
      DO 40 I=K,NMP1
      NS1=(L-1)*4+1
      STIFF(NS1)=STIFF(NS1)+SPRNG(I)
      L=L+2
40  CONTINUE
C
      IF(NZX.LE.0)GO TO 200
      DO 150 IZ=1,NZX
      NPZI=NXZERO(IZ)
      LL=(NPZI-1)*4+1
      STIFF(LL)=1.0
      DO 130 IM=1,NLC
      P(NPZI,IM)=XSPEC(IZ)
      DO 100 IL=2,4
      NPZP=NPZI+IL-1
      IF(NPZP.GT.NP)GO TO 100
      P(NPZP,IM)=P(NPZP,IM)-STIFF(LL+IL-1)*XSPEC(IZ)
100  CONTINUE
      DO 110 IN=2,4
      NPZM=NPZI-IN+1
      NPZ1=(NPZI-IN)*4+IN
      IF(NPZM.LE.0)GO TO 110
      P(NPZM,IM)=P(NPZM,IM)-STIFF(NPZ1)*XSPEC(IZ)
110  CONTINUE
130  CONTINUE
      DO 140 K=2,4

```

```

      STIFF(LL+K-1)=0.0
      K1=NPZI-K
      IF(K1.LT.0)GO TO 140
      KZ=K1*4+K
      STIFF(KZ)=0.
140  CONTINUE
150  CONTINUE
C
200  RETURN
      END
C
C-----
      SUBROUTINE WRITB(NP,NLC)
C-----
      COMMON/TWO/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SK(31)
      WRITE(3,2004)
2004  FORMAT(/,T10,'SINIR KOŞULLARI İÇİN DÜZELTİLMİŞ BANT MATRİS'
1,12X,'YÜK MATRİSİ',/,T7,'-----'
2-----',7X,'-----')
      ISIZE=4*NP
      N1=1
      N2=4
      DO 40 I=1,NP
      WRITE(3,2006)I,(STIFF(J),J=N1,N2),I,(P(I,K),K=1,NLC)
2006  FORMAT(3X,I4,4(2X,F10.0)5X,I3,1X,4F12.4)
      N1=N2+1
      N2=N2+4
      IF(N2.GT.ISIZE)N2=ISIZE
40  CONTINUE
      RETURN
      END
C
C-----
      SUBROUTINE BANDM(EASAT,STIFF,NPE,I)
C-----
      DIMENSION STIFF(400),EASAT(4,4),NPE(30,4)
      DO 50 K=1,4
      NS1=(NPE(I,K)-1)*4
      DO 30 J=1,4
      IF(NPE(I,J).LT.NPE(I,K))GO TO 30
      NS2=NPE(I,J)-NPE(I,K)+1
      STIFF(NS1+NS2)=STIFF(NS1+NS2)+EASAT(K,J)
30  CONTINUE
50  CONTINUE
      RETURN
      END
C
C-----
      SUBROUTINE SOLV1(STIFF,P,NP,NLC,NBAND,ISIZE)
C-----
      DIMENSION STIFF(ISIZE),P(60,4)
      N1=1
      DO 80 N=1,NP
      I=N
      DO 70 L=2,NBAND
      NL=(N-1)*NBAND+L
      I=I+1
      IF(STIFF(NL).EQ.0.)GO TO 70
      B=STIFF(NL)/STIFF(N1)
      J=0
      DO 50 K=L,NBAND
      J=J+1
      IJ=(I-1)*NBAND+J
      NK=(N-1)*NBAND+K
50  IF(STIFF(NK).NE.0.)STIFF(IJ)=STIFF(IJ)-B*STIFF(NK)
      STIFF(NL)=B
      DO 60 M=1,NLC
60  P(I,M)=P(I,M)-B*P(N,M)
70  CONTINUE
      DO 75 M=1,NLC

```

```

      P(N,M)=P(N,M)/STIFF(N1)
75  CONTINUE
80  N1=N1+NBAND
      N=NP
85  N=N-1
      IF(N.LE.0)GO TO 90
      L=N-1
      DO 86 K=2,NBAND
      NK=(N-1)*NBAND+K
      DO 86 M=1,NLC
      IF(STIFF(NK).NE.0.)P(N,M)=P(N,M)-STIFF(NK)*P(L+K,M)
86  CONTINUE
      GO TO 85
90  CONTINUE
      RETURN
      END

```

C

C-----

SUBROUTINE CONVER(NP,NLC,JTSOIL,JCOUN,CONV,DEMB)

C-----

```

COMMON/TWO/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SK(31)
IF(JCOUN.EQ.1)XHOLD=0.0
AA=P(2*JTSOIL,1)
IF(AA.LT.0.)AA=-AA
Z1=AA-XHOLD
IF(Z1.LT.0.)Z1=-Z1
IF(Z1.LE.CONV)GO TO 70
WRITE(3,2004)JCOUN,XHOLD,AA
2004 FORMAT(/,5X,'DÖNGÜ NO ='I2,3X,'K.T. DEPLAS: ÖNCEKİ ='F8.5,
13X,'ŞİMDİKİ ='F8.5)
XHOLD=AA
JCOUN=JCOUN+1
DO 30 J=1,NLC
DO 30 I=1,NP
30 P(I,J)=PSAVE(I,J)
GO TO 100
70 WRITE(3,2006)JCOUN,XHOLD,AA,DEMB
2006 FORMAT(/,5X,'K.T. DEPLASMANLARININ BİRBİRİNE YAKLAŞTIĞI DÖNGÜ NO =
1',I2,/,5X,'DEPLAS: ÖNCEKİ ='F8.5,3X,'ŞİMDİKİ ='F8.5,3X,
2'ÇAKMA DERİNLİĞİ ='F6.2)
JCOUN=0
100 RETURN
      END

```

C-----

SUBROUTINE CHECK(NP,NM,JTSOIL,ICOUN,LCOUN,XMAX)

C-----

```

COMMON/ONE/NPE(30,4),H(30),SUMP(4),XINER(31),PRESS(31),SPRNG(31)
COMMON/TWO/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SK(31)
IF(ICOUN.EQ.1)IHOLD=LCOUN
K=JTSOIL
NMP1=NM+1
Z2=2.*XMAX
DO 100 I=K,NMP1
CON=1.0
Z1=P(2*I,1)+XMAX
IF(Z1.GT.0)GO TO 25
CON=-1.0
GO TO 50
25 IF(Z1.LE.Z2)GO TO 100
50 FORC=-XMAX*SPRNG(I)
PSAVE(2*I,1)=PSAVE(2*I,1)+FORC
SUMP(1)=SUMP(1)+FORC
SPRNG(I)=0.0
LCOUN=LCOUN+1
100 CONTINUE
IF(LCOUN.GT.IHOLD)GO TO 150
ICOUN=0
GO TO 200
150 IHOLD=LCOUN
ICOUN=ICOUN+1

```

```

LCOUN=0
DO 160 I=1,NP
160 P(I,1)=PSAVE(I,1)
200 RETURN
END

```

C

C-----

SUBROUTINE FORC(NP,NM,NLC,NONLIN,IMET,XMAX)

C-----

```

CHARACTER *4 UT
DIMENSION F(2)
COMMON/ONE/NPE(30,4),H(30),SUMP(4),XINER(31),PRESS(31),SPRNG(31)
1//UT(5)
COMMON/TWO/STIFF(400),P(60,4),PSAVE(60,4),ESATS(30,8),SK(31)
CON=12.
IF(IMET.GT.0)CON=1000.
DO 100 LC=1,NLC
INODE=0
SUM=0.0
WRITE(3,2002)LC
2002 FORMAT(/,3X,'EĞİLME MOMENTLERİ, ZEMİN REAKSİYONLARI',/,3X,
1'DEFORMASYONLAR VE YÜK DURUMU=',I2,' İÇİN SON KULLANILAN YÜK'
2' MATRİSİ',/,3X,'-----')
3-----)
WRITE(3,2013)UT(3)
2013 FORMAT(/,3X,'ELEMEN KENARLARINDAKİ EĞİLME MOMENTLERİ',/,A4,
1/,3X,'ELEMEN NO',2X,'YAKIN KENAR',8X,'UZAK KENAR',/,3X,'-----'
2,2X,'-----',8X,'-----')
DO 90 JJ=1,NM
L=0
DO 50 K=1,2
F(K)=0.0
DO 40 J=1,4
NS1=NPE(JJ,J)
L=L+1
F(K)=F(K)+ESATS(JJ,L)*P(NS1,LC)
40 CONTINUE
50 CONTINUE
WRITE(3,2003)JJ,(F(NN),NN=1,2)
2003 FORMAT(4X,I3,5X,F12.2,7X,F12.2)
90 CONTINUE
WRITE(3,2015)UT(1)
2015 FORMAT(/,3X,'DÜĞÜM NOKTALARININ DEFORMASYONU',
1/,3X,'NOKTA NO',3X,'DÖNME,RADYAN',5X,'YER DEĞİŞTİRME',/,A2,/,3X,
2'-----',3X,'-----',5X,'-----')
DO 91 JK=1,NM
INODE=INODE+1
X1=P(NPE(JK,1),LC)
X2=P(NPE(JK,2),LC)
WRITE(3,2025)JK,X1,X2
2025 FORMAT(5X,I2,6X,F9.5,12X,F9.4)
91 CONTINUE
INODE=INODE+1
X1=P(NPE(NM,3),LC)
X2=P(NPE(NM,4),LC)
WRITE(3,2025)INODE,X1,X2
WRITE(3,1990)UT(3),UT(2),UT(2),UT(4)
1990 FORMAT(/,20X,'DIŞ YÜKLER',17X,'ZEMİN REAKSİYONLARI',/,3X,
1'NOKTA NO',3X,'MOMENT',/,A4,3X,'KUVVET',/,A4,3X,'YAY KUVVETİ',/,A4,
23X,'BASINÇ',A4,/,3X,'-----',3X,'-----',3X,'-----'
33X,'-----',3X,'-----')
INODE=0
DO 95 JZ=1,NM
INODE=INODE+1
LL=2*INODE
LL=LL-1
L=0
X2=P(NPE(JZ,2),LC)
XK=X2
IF(NONLIN.LE.0)GOTO 70

```

```

      IF (XK.GT.XMAX) XK=XMAX
70  FORC1=XK*SPRNG(INODE)
      SUM=SUM+FORC1
      SOILP1=XK*SK(INODE)
      WRITE(3,2022) INODE, PSAVE(L1,LC), PSAVE(LL,LC), FORC1, SOILP1
2022 FORMAT(5X,I2,4X,F10.2,6X,F10.2,7X,F10.2,3X,F12.2)
95  CONTINUE
      INODE=INODE+1
      LL=2*INODE
      L1=LL-1
      X2=P(NPE(NM,4),LC)
      FORC1=X2*SPRNG(INODE)
      SUM=SUM+FORC1
      SOILP1=X2*SK(INODE)
      WRITE(3,2022) INODE, PSAVE(L1,LC), PSAVE(LL,LC), FORC1, SOILP1
      WRITE(3,2030) SUMP(LC), SUM
2030 FORMAT(26X,'+ _____',5X,'+ _____',/,16X,'TOPLAM =',
13X,F10.2,7X,F10.2)
100 CONTINUE
      RETURN
      END

```

EK C.2.

GIRIS.DAT dosyası

** ÖRNEK 2 ** D3 Y4 destekli,KOHEZYONLU, LEHMAN
24,11,0,1,1,1,0,11,0,3,0,0,1
10000000.,1.0,1.0,0.20,0.10,0.30,0.00015,1.05
5000.,12000.,1.
0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5
0.5,0.5,0.2
1,0.,
21.,5.,10.,27.5,90.,0.,0.,
3,6,9
3,150000.
6,150000.
9,150000.

CIKIS.DAT dosyası

** ÖRNEK 2 ** D3 Y4 destekli,KOHEZYONLU, LEHMAN

TEMEL ÇUKURU KAPLAMA YAPILARI ÇÖZÜMÜ

NOKTA SAYISI.....= 24
ELEMEN SAYISI.....= 11
YÜK SAYISI.....= 0
YÜK DURUMU.....= 1
DÖNGÜ SAYISI.....= 1
DÜZELTİLMİŞ YAY KATSAYILARI.....= 0
ZEMİNİN BAŞLADIĞI NOKTA NUMARASI.....= 11
DÜĞÜM NOKTALARINDAKİ BASINÇ DEĞERLERİ = 0

ELASTİSİTE MODÜLÜ.....= 10000000. KPA
MAKSİMUM LİNEER ZEMİN DEFORMASYONU....= 1.00 M
ÇAKMA DERİNLİĞİ.....= .20
DERİNLİK ARTIŞI.....= .30 M
DUVAR GENİŞLİĞİ.....= 1.05 M
ZEMİN YÜZÜ AZALTMA FAKTÖRÜ.....= 1.00
ZEMİN MODÜLÜ = 5000.00 + 12000.00*Z** 1.00 KN/M^3

ANKRAJLI DÜĞÜM NOKTALARI

ANKRAJ SAYISI = 3

ANKRAJ NO	DÜĞÜM NOK	ZEM. YÜZÜNDEN OLAN UZAKLIK M
1	3	1.00
2	6	2.50
3	9	4.00

DUVARIN 1.05 M GENİŞLİĞİ İÇİN ELEMEN VE DÜĞÜM NOKTASI DATALARI

ELM.NO	N1	N2	N3	N4	UZUNLUK M	ATALET MOM. M ^4
1	1	2	3	4	.50	.00015
2	3	4	5	6	.50	.00015
3	5	6	7	8	.50	.00015
4	7	8	9	10	.50	.00015

5	9	10	11	12	.50	.00015
6	11	12	13	14	.50	.00015
7	13	14	15	16	.50	.00015
8	15	16	17	18	.50	.00015
9	17	18	19	20	.50	.00015
10	19	20	21	22	.50	.00015
11	21	22	23	24	.20	.00015

DÜĞÜM NOK.	ZEMİN MODÜLÜ KN/M ³	YAY KAT. (ZEM./ANK.)	BASINÇ KPA
1	.00	.00	
2	.00	.00	
3	.00	150000.00	
4	.00	.00	
5	.00	.00	
6	.00	150000.00	
7	.00	.00	
8	.00	.00	
9	.00	150000.00	
10	.00	.00	
11	5000.00	694.75	
12	7400.00	.00	

SINIR KOŞULLARI İÇİN DÜZELTİLMİŞ BANT MATRİSİ

YÜK MATRİSİ

1	12000.	36000.	6000.	-36000.	1	.0000
2	144000.	36000.	-144000.	0.	2	1.8958
3	24000.	0.	6000.	-36000.	3	.0000
4	288000.	36000.	-144000.	0.	4	12.7969
5	24000.	0.	6000.	-36000.	5	.0000
6	438000.	36000.	-144000.	0.	6	24.1719
7	24000.	0.	6000.	-36000.	7	.0000
8	288000.	36000.	-144000.	0.	8	32.2292
9	24000.	0.	6000.	-36000.	9	.0000
10	288000.	36000.	-144000.	0.	10	34.1250
11	24000.	0.	6000.	-36000.	11	.0000
12	438000.	36000.	-144000.	0.	12	34.1250
13	24000.	0.	6000.	-36000.	13	.0000
14	288000.	36000.	-144000.	0.	14	34.1250
15	24000.	0.	6000.	-36000.	15	.0000
16	288000.	36000.	-144000.	0.	16	34.1250
17	24000.	0.	6000.	-36000.	17	.0000
18	438000.	36000.	-144000.	0.	18	32.2292
19	24000.	0.	6000.	-36000.	19	.0000
20	288000.	36000.	-144000.	0.	20	20.8542
21	42000.	189000.	15000.	-225000.	21	.0000
22	2394695.	225000.	-2250000.	0.	22	3.7917
23	30000.	-225000.	0.	0.	23	.0000
24	2250000.	0.	0.	0.	24	.0000

EĞİLME MOMENTLERİ, ZEMİN REAKSİYONLARI,
DEFORMASYONLAR VE YÜK DURUMU= 1 İÇİN SON KULLANILAN YÜK MATRİSİ

ELEMAN KENARLARINDAKİ EĞİLME MOMENTLERİ, KN-M

ELEMAN NO	YAKIN KENAR	UZAK KENAR
1	.00	.95
2	-.95	8.29
3	-8.29	-7.11
4	7.11	-6.39
5	6.39	11.38
6	-11.38	-5.36
7	5.36	-5.05
8	5.05	12.32
9	-12.32	.95
10	-.95	.00
11	.00	.00

DÜĞÜM NOKTALARININ DEFORMASYONU

NOKTA NO	DÖNME, RADYAN	YER DEĞİŞTİRME, M
1	-.00070	.0008
2	-.00054	.0005
3	.00100	.0005
4	.00120	.0012
5	-.00105	.0013
6	-.00022	.0007
7	.00078	.0011
8	-.00095	.0010
9	.00026	.0006
10	.00247	.0014
11	.00263	.0027
12	.00263	.0033

NOKTA NO	DIŞ YÜKLER		ZEMİN REAKSİYONLARI	
	MOMENT, KN-M	KUVVET, KN	YAY KUVVETİ, KN	BASINÇ, KPA
1	.00	1.90	.00	.00
2	.00	12.80	.00	.00
3	.00	24.17	69.67	.00
4	.00	32.23	.00	.00
5	.00	34.13	.00	.00
6	.00	34.13	103.18	.00
7	.00	34.13	.00	.00
8	.00	34.13	.00	.00
9	.00	32.23	89.73	.00
10	.00	20.85	.00	.00
11	.00	3.79	1.89	13.63
12	.00	.00	.00	24.07
TOPLAM =		+	+	
		264.47	264.47	

ÖZGEÇMİŞ

Hulusi Cerrahoğlu, 1969 yılında Üsküdar, İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini İstanbul'da tamamladı. 1987 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği bölümüne girdi. Buradan 1991 yılında mezun oldu. Aynı yıl, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün açmış olduğu lisansüstü sınavını kazanarak, İnşaat Mühendisliği, Geoteknik Programına kaydoldu. Mayıs 1992 - Ocak 1993 tarihleri arasında S.S. Matbaacılar ve Ambalajcılar sanayi sitesi inşaatında kontrol mühendisi olarak çalıştı. Halen İstanbul Metrosu inşaatında, Yüksel Proje'ye bağlı olarak görev yapmaktadır.

Yazar, İngilizce ve Almanca bilmektedir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ