

21788

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DESTEKLENMİŞ DERİN KAZILARDA OLUŞAN HAREKETLERİN

İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Bülent HATİPOĞLU

TEZİN ENSTİTÜYE VERİLDİĞİ TARİH : 15 EKİM 1992

TEZİN SAVUNULDUĞU TARİH : 12 KASIM 1992

TEZ DANIŞMANI : DOÇ. DR. METE İNCECİK

DİĞER JÜRİ ÜYELERİ : PROF. DR. AHMET SAĞLAMER

DOÇ. DR. İ. HAKKI AKSOY

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

KASIM 1992

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince benden yardımlarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Mete İncecik 'e ve yapılan deformasyon ölçümlerinin gerçekleşmesi sağlayan ZEMİN İNŞAAT A.Ş.'ye teşekkürlerimi sunarım.

Büyük Sürmeli Park Oteli yapı çukuru destekleme sisteminin yatay hareket ölçümlerini yapan arkadaşım Harita Müh. Cankut Dağdal İnce' ye ve programlama konusunda yardımcı olan sayın Prof.Dr. Zekai Celep ve sayın Yar.Doç.Dr. Tuğrul Özkan' a teşekkür ederim.

Tezin yazılımını ve şekillerin çizimini gerçekleştiren Araş.Gör.Figen Yıldırım'a ayrıca teşekkür ederim.

İstanbul, 1992

Bülent HATİPOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
SUMMARY	iv
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. DERİN KAZI YÜZLERİ DESTEKLEME SİSTEMLERİ ..	3
2.1. Ahşap Palplanş Perdeler	5
2.2. Ankrajlı Çelik Palplanş Perdeler	7
2.3. Yerinde Dökme Betonarme Kazıklarla Oluşturulan Perdeler	7
2.4. Kademeli Kazı Yüzeyinin Ankrajlı Betonarme Perdelerle Desteklenmesi	7
2.5. Kuyu tipi Betonarme Perdeler	11
2.6. Bulamaçlı Hendek İçinde İnşaa Edilen Betonarme Perdeler	12
BÖLÜM 3. DERİN KAZI DESTEKLEME SİSTEMLERİNE GELEN TOPRAK BASINÇLARI	14
3.1. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Destekleme Sistemlerine Gelen Toprak Basınçları	20
3.2. Yumuşak-orta Katı Kohezyonlu Zeminlerdeki Destekleme Sistemlerine Gelen Toprak Basınçları	25
3.3. Çatlaklı-sert Kohezyonlu Zeminlerdeki Destekleme Sistemlerine Gelen Toprak Basınçları	33
BÖLÜM 4. DESTEKLENMİŞ DERİN KAZILARDA OLUSAN HAREKETLER HAKKINDAKİ ÇALIŞMALARIN	

İNCELENMESİ	44
BÖLÜM 5. DESTEKLENMİŞ DERİN KAZILARDA ÖLÇÜM YAPILMASI	58
5.1. Desteklenmiş Derin Kazılarda Ölçüm Yapmanın Temel Nedenleri	61
5.2. Desteklenmiş Derin Kazılarda Oluşan Hareketlerin Ölüm Yöntemleri Ve Ölçme Aletlerinin Tanıtımı	68
5.2.1. Jeodezik Ölçüm Yöntemleri	69
5.2.1.1. Prezisyonlu Nivelman Yöntemi	70
5.2.1.2. Alinyiman Yöntemi	70
5.2.1.3. Jeodezik Ağ Yöntemi	71
5.2.2 Fiziksel Yöntemler	72
5.2.2.1. Eğim Ölçerler (Inclinometers)	72
5.2.2.2. Sondalı Uzama Ölçerler (Probe Exstensometers)	75
5.2.2.3. Sabit Çubuklu Uzama Ölçerler	76
5.2.2.4. Yüzeyde Ölçüm Yapan Uzama Ölçerler (Surface Extensometers)	78
BÖLÜM 6. SONLU ELEMANLAR PROGRAMI, PLAXİS, İLE DESTEKLENMİŞ DERİN KAZILARIN İNCELENMESİ	83
6.1. Plaxis'de Kullanılan Elemanlar	83
6.2. Kullanılan Zemin Elemanlarının Geoteknik Özellikleri	89
6.2.1. Zemin Elemanlarının Özellikleri	90
6.3. Arayüzey Elemanların Özellikleri	94
6.4. Desteklenmiş Derin Kazı Probleminin Çözümü	95

6.4.1. Sonlu Elemanlar Ağıının Oluşturulması .	95
6.4.2. Kazı Öncesi Gerilme Durumunun Oluşturulması	97
6.4.2.1. Çizgisel Yüklerin Verilmesi	97
6.4.2.2. Zemindeki Gerilmelerin Oluşturulması	98
6.4.3. Elastik Hesap	101
6.4.4 Plastik Hesap	102
6.4.5. Derin Kazı Hesabında İzlenecek Yol ...	103
 BÖLÜM 7. BÜYÜK SÜRMELİ OTELİ YAPI ÇUKURU DESTEKLEME SİSTEMİNİN HAREKETLERİNİN ÖLÇÜMÜ VE HESABI	105
7.1. Bölgenin Topoğrafyası Ve Zeminin Özellikleri	105
7.2. Destekleme Sisteminin Tanıtımı	111
7.3. Yatay Hareket Ölçüm Sistemlerinin Tanıtımı Ve Ölçüm Sonuçları	124
7.3.1. Yatay Hareket Ölçüm Sistemlerinin Tanıtımı	124
7.3.2. Yatay Hareket Ölçüm Sonuçları	126
7.4. Destekleme Sisteminin Sonlu Elemanlar Programıyla Hesabı	136
 BÖLÜM 8. SONUÇ	181
 KAYNAKLAR	183
 EK A	187
 ÖZGEÇMİŞ	192

ÖZET

Bu çalışmanın konusu derin kazı destekleme sistemlerinde oluşan yatay deformasyonların incelenmesidir. İlk olarak derin kazı destekleme sistemleri tanıtılmış ardından toprak basınçları hakkında bilgi verilmiştir. Sonra da deformasyonların belirlenmesinde kullanılan bazı yöntemler hakkında bilgi verilmiş ve deformasyon ölçüm yöntemleri tanıtılmıştır. Daha sonra İstanbul Turotel 3. Bölüm derin kazı inşaatında yapılan deformasyon ölçüm sonuçlarıyla, bu derin kazı destekleme sisteminin bilgisayar programı kullanılarak yapılan çözümünden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

SUMMARY

AN INVESTIGATION ON DEFORMATION BEHAVIOR OF SUPPORTED DEEP EXCAVATIONS

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 a "shallow" foundation or a mat, or to allow placing of one to three more basements of some kind of subbasements.

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

1. Sheetpiling (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

Systems to hold the retaining walls in place include:

1. Walles and struts or rakers
2. Compression rings (when excavation is relatively small in plan)
3. Tieback anchorages-currently most popular.

Sheetpiling 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. It is not usable, however, when the subsoil contains many boulders or is dense and the excavation is deep. Where the soil is rocky or quite dense and where sheet piling will be excessively damaged in driving, a system of soldier beams and lagging is often used. This system consists in a series of H piles (soldier beams) driven on a convenient spacing of 2 to 3 m for using standard-length timber. As excavation proceeds, 50- to 100-mm-thick boards are inserted behind the front flanges, or (as is becoming common because excavation is simpler) the board placed against the pile and clipped to the front flange using patented fasteners. Where pile driving vibrations using either pile hammers or vibratory drivers may cause damage to adjacent structures or the noise is objectionable, drilled-in-place piles may be used. The piles (or drilled piers if 760 mm or more diameter) are drilled on as close centers as practical, and filled with concrete.

Where earth is retained and water is not factor, the soldier-beam or drilled-in-place pile spacing may be such that lagging or other wall supplement is not required as "arching" or bridging action of the soil from the lateral pressure developed by the pile will retain the soil across the open space. This zone width may be estimated roughly as the intersection of 45 degree lines between soldiers piles. The piles will, of course, have to be adequately braced to provide the necessary lateral soil resistance.

In the past the design of the bracing of deep cuts was usually based on the assumption that the earth pressure increased like hydrostatic pressure in simple proportion to depth below the surface. However, both theory and experience have shown that this assumption is rarely justified. The design pressures are different those computed from the methods of classic earth-pressure theories because of the manner in which the pressures are developed, namely the construction procedure of the braced cut.

Peck (1943) and later Terzaghi and Peck (1967) proposed empirical pressure diagrams for wall and strut (tie-back) design using measured soil pressures. Pressures reported by Krey in Berlin for sands were incorporated into the pressure diagrams. These pressure diagrams were obtained as the envelope of the maximum pressures found and plotted for the several projects. the pressure envelope was given a maximum ordinate based on a portion of the active pressure using the Coulomb (or

Rankine) pressure coefficient. These diagrams are decidedly conservative, as one would expect. Certainly if one designs a strut force based on this pressure diagram and used simply supported beams for the sheeting as proposed by Terzaghi and Peck, the strut force will produce not more than that pressure diagram owing to creep and ground loss; the sheeting will be overdesigned owing to both pressure- diagram discrepancies and sheeting continuity. This was verified by Lambe et al (1970) and by Golder et al (1970) wherein predicted and measured strut loads varied by as much as 100 percent. Swatek et al (1972), however, found reasonable agreement with the Tschebotarioff pressures in designing the bracing system on a Chicago, Ill., excavation 21.3m deep. Swatek, however, used a "staged-construction" concept along with the Tschebotarioff pressure diagram. In general, the Tschebotarioff method may be more correct when the excavation depth exceeds about 16 m.

As part of the design for a deep excavation the ground movements likely to occur must be assessed with respect to their wider effects. This is particularly important in the proximity of other buildings and buried services. There are two options available to the designer. First, he may perform an approximate empirical prediction based upon the increasing body of case-history data. This will tend to yield order of magnitude displacements and influence fields. Such an approach may be acceptable in some cases where the workmanship and ground control are known to be of high standards, where the construction procedure is well-tried and proven, and where the location is reasonably free from sensitive adjacent structures and services. The second option involves the use of numerical modelling techniques, such as the finite element method.

Since deep excavation generates horizontal and vertical soil displacements behind the supporting walls, and heave at the base, it is useful to consider the empirical evidence that is available predicting these movements.

Observational data were classified in terms of four board soil types: cohesionless sand, cohesive granular soil, soft to medium clay, and stiff clay, and the main factors controlling inward movements of supported deep cuts as follows;

- (a) Horizontal and vertical brace spacing
- (b) Depth of excavation below brace level before brace is installed

- (c) Length of excavation parallel to wall made at any one level prior to installing braces at that level
- (d) Elapsed time between excavation and brace installation
- (e) Details of prestressing and wedging braces
- (f) Details of excavating and placing lagging between soldier beams.

Based on field data and finite element studies Mana and Clough (1981) produced a method of estimating movements within braced cuts in clay soils. It involved the determination of several factors including the wall stiffness, strut stiffness, excavation depth and the factor of safety against basal heave. Such a prediction - involving coefficients and multipliers based on the above factors- can be particularly valuable for design engineers needing to make rapid assessments of the influence of design changes.

Deep excavations usually provide ideal modelling scenarios for application of the finite element method. Stratified deposits having differing geotechnical properties easily handled as is the process of staged excavation, but there remains the general problem of defining ground deformation moduli. Choice of values (E, ν) should be based on engineering judgment stemming from a distillation of evidence derived from laboratory tests on large soil samples, perhaps down-the-hole tests (for example screw plate), perhaps field tests (for example plate bearing) and on case history knowledge of the performance of buildings adjacent to excavations in similar ground.

The finite element method is most generally applicable to stiff clays. Recent investigations suggest that these soils may reasonably be approximated as porous elastic materials, particularly when modelled two-dimensionally in plain strain.

The finite element method can be used to analyze a braced excavation. Both the finite element of the elastic continuum and the methods of the sheet pile/beam on elastic foundation computer program can be used. Both these methods will be discussed with some of the limitations and disadvantages of each presented. Either method can be used construction and work best in an interactive computer environment. The methods can be used for either for braced (struts and/or rakers) or tieback construction. Both methods have best application for making rough prediction of expected field performance in

terms of wall deformations and ground loss.

Neither of the finite element methods is likely to predict wall movements accurately except as a happy coincidence for several reasons:

(a) The forces are distributed through a flexible system; the earth quantities involved are large.

(b) Methods of wall and bracing installation tend to make the wall pressure model indeterminate; soil creep tends to produce transitory lateral pressures.

(c) Soil properties are not accurately known and response to this type of loading is uncertain.

(d) Accuracy and care in wall construction varies widely.

(e) Perimeter loads are often unknown.

(f) Installation and measurement accuracy of monitoring system.

The finite element method of the elastic continuum has been reported by Clough and Tsui (1974), by Clough et al (1972), and by others. It was in a preliminary analysis of the wall used in the following example, but with questionable success (Lambe, 1970). The finite element method requires interaction with the computer program and at the present state of art has no particular advantage over either the sheet pile finite element analysis or the somewhat crude approximations using the lateral pressure diagrams. This method can be used for staged excavations and it is necessary to incorporate into the model some means to ensure when the brace forces are applied that the wall does not move too far into the soil except perhaps at the top one or two nodes where the overburden does not confine the soil such that this movement is possible.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde kent nüfusunun hızla artması konuta, işyerine ve kanalizasyon, metro, otogar ve otopark gibi alt yapı hizmetlerine duyulan gereksinimi arttırmıştır. Kent merkezlerinde inşaat yapmak için kullanılabilecek arazilerin yetersiz oluşu ve buna bağlı olarak arazi fiyatlarının yükselmesi, insanları ellerindeki arazileri daha verimli kullanmaya itmiştir. Bunun sonucunda yapılan binaların bodrum katı sayısı hızla artmış ve yeraltında yapılabilecek yapıların yeraltında yapılmasına çalışılmıştır. Böylece açılan temel çukurlarının sayısı ve derinlikleri önemli boyutlara ulaşmıştır. Buda temel çukuru düşey yüzlerinin stabilitesinin ayrıntılı olarak incelenmesini ve desteklenmesini gerektirmiştir.

Temel çukurlarını destekleyen sistemlerin boyutlandırılması şöyle özetlenebilir: Sisteme etkiyen yükler, yani toprak basınçları, sanal toprak basıncı diyagramları yardımıyla belirlenir. Bu yüklere göre sistem elemanlarına gelecek kesit tesirleri hesaplanır ve elemanlar bu tesirlere göre boyutlandırılır.

Yapılan destekleme sisteminin doğru olarak boyutlandırılması ve inşaat aşamasında denetlenmesi yalnızca kazı güvenliği açısından önemli olmayıp aynı zamanda kazı çevresinde bulunan yapıların güvenliği açısından da önemlidir.

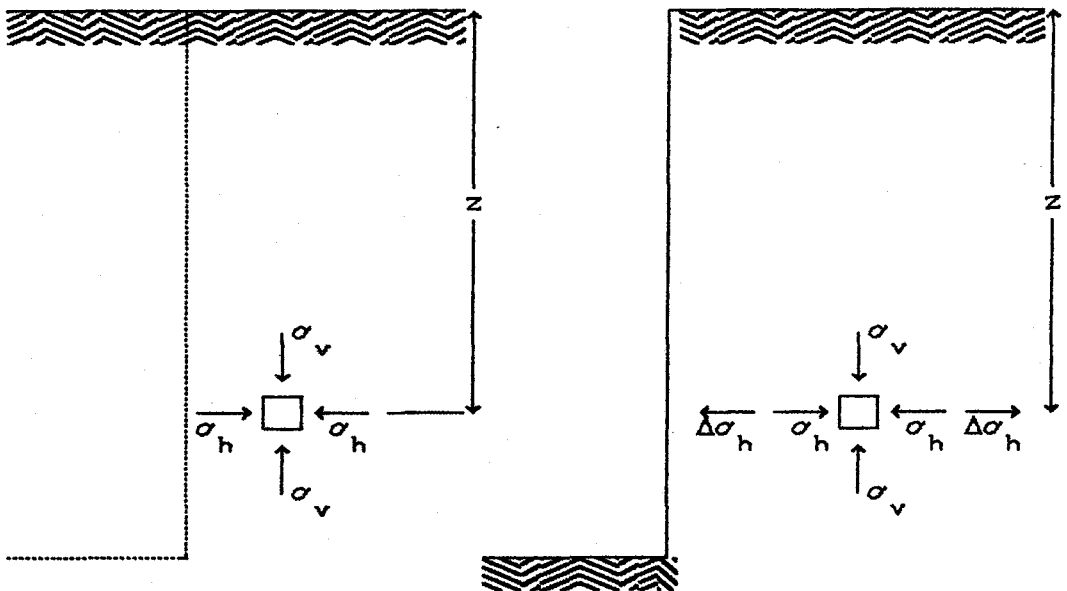
Sisteme etkiyen toprak basınçları teorik yolla kesin olarak hesaplanamayıp, bazı ampirik formül ve diyagramlar yardımıyla belirlenebilmektedir. Başka bir deyişle

sisteme etkiyen gerçek yükler hakkında tam bir fikre sahip değiliz. Sisteme etkiyen toprak basınçlarının kesin olarak belirlenememesi yüzünden yapılan tasarımın güvenli olup olmadığı ancak, arazide yapılacak ölçümler sayesinde denetlenebilir. Bu ölçümler ya destekleme sistemine gelen gerilmelerin ölçümü yoluyla, yada sistemin deformasyonlarının ölçülmesiyle olur. İkinci yöntem hem ekonomik ve pratiktir hem de çevre yapıların yapabileceği maksimum deformasyonlar ile kazının oluşturduğu deformasyonların karşılaştırılması olanağını sağlar. Bu, çevre yapıların güvenliği açısından son derece önemlidir.

Yapılan bu çalışmanın konusu derin kazı destekleme sistemlerinde oluşan yatay deformasyonların ölçümü ve sayısal analiz yöntemlerinden biri olan sonlu elemanlar yöntemini kullanarak hesaplanan deformasyonların ölçülenlerle karşılaştırılmasıdır. Bu çalışmada ilk olarak derin kazı destekleme sistemleri tanıtılmıştır. Ardından destekleme sistemlerine gelen toprak basınçları zemin cinslerine göre incelenmiştir. Sonrada destekleme sistemlerinde oluşan deformasyonlar hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca deformasyonların tahmini için önerilen yöntemler ve deformasyon ölçüm yöntemleri tanıtılmıştır. Daha sonra İstanbul Turotel 3.Bölüm inşaatı derin kazı destekleme sisteminde yapılan yatay deformasyon ölçümleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu bölümden sonrada Plaxis adlı elasto-plastik analiz yapabilen sonlu elemanlar programı kullanılarak ölçüm yapılan kesitler için hesap yapılmıştır. Son olarak da elde edilen ölçüm sonuçlarıyla hesap sonuçları karşılaştırılmıştır.

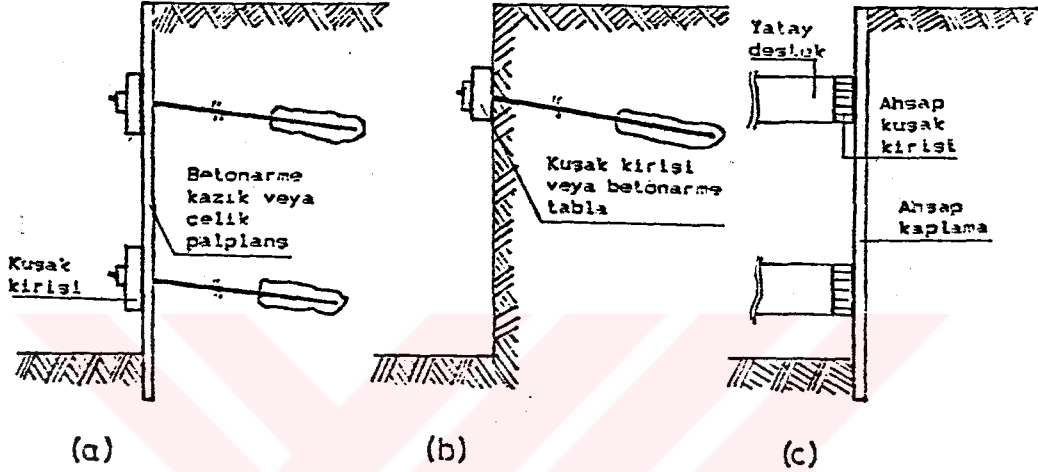
BÖLÜM 2. DERİN KAZI YÜZLERİ DESTEKLEME SİSTEMLERİ

Zeminde açılan bir çukur, kazı bölgesindeki gerilme durumunun değişimine yani gerilme boşalmasına yol açacaktır (Şekil 2-1). Zemin kaldırıldığında oluşan yatay yöndeki gerilme azalması, zeminin stabilitesini bozacak kadar büyükse, oluşan bu gerilme kaybı yapılacak destekleme sistemi tarafından karşılanır. Bununla birlikte yapılacak destekleme sisteminin düşey yönde oluşan gerilme kaybını dengeleyemez. Kazı civarındaki zemindeki gerilme değişiminin doğurduğu deformasyonların belirlenmesi, sistemin daha güvenli olarak boyutlandırılması ve çevredeki binaların zarar görmesini önlemek için önemlidir. Bir kazıyı desteklemek için kullanılabilecek elemanlar; ankrajlar, yatay destekler, kazıklı perdeler ve betonarme perdeler, olarak sıralanabilir.



Şekil 2-1. Kazı yapımıyla oluşan gerilme boşalması.

Destekleme sistemi ya yalnızca düşey desteklerden yada düşey desteklerin yatay desteklerle birlikte kullanılmasıyla oluşturulur. Bazı durumlarda -örneğin zeminin kaya olması- düşey desteklere gerek kalmadan yalnızca yatay destekleme sistemleri kullanılabilir (Şekil 2-2a,b,c).



Şekil 2-2. Çeşitli mesnetlendirme şekilleri; (a) Düşey destekli ve ankrajlı, (b) Ankrajlı, (c) Yatay destekli.

Kullanılacak destekleme sisteminin seçiminde dikkat edilecek noktalar Sağlamer (1986)'da şöyle sıralanmıştır:

- * Derin kazının açık kalacağı süre,
- * Zemin profili ve zeminlerin karakteristik özellikleri,
- * Komşu yapıların taşıyıcı sistemleri, temel sistemleri ve temel derinlikleri, komşu yapılarda müsaade edilen oturma ve dönme değerleri,
- * Destekleme sisteminde ortaya çıkabilecek yatay yerdeğiştirmelerin hesap edilmesi ve destekleme sisteminin boyutlandırılması.

Derin kazı olarak isimlendirilebilecek kazılar 6m den daha derin olan kazılardır (Terzaghi-Peck, 1967, Tomlinson, 1987). Ancak bu derinlikten sonraki, toprak

basıncı ve buna bağlı hesaplamalar anlam kazanmaktadır. Bunun nedeni zeminin, yzeyeye yakın bölgelerde daha az homojen olması ve zemin mukavemetinin mevsimlere göre çok değişken olması sonucu yatay basınç dağılımının hem kesitten kesite hemde mevsime göre değişiklik göstermesidir.

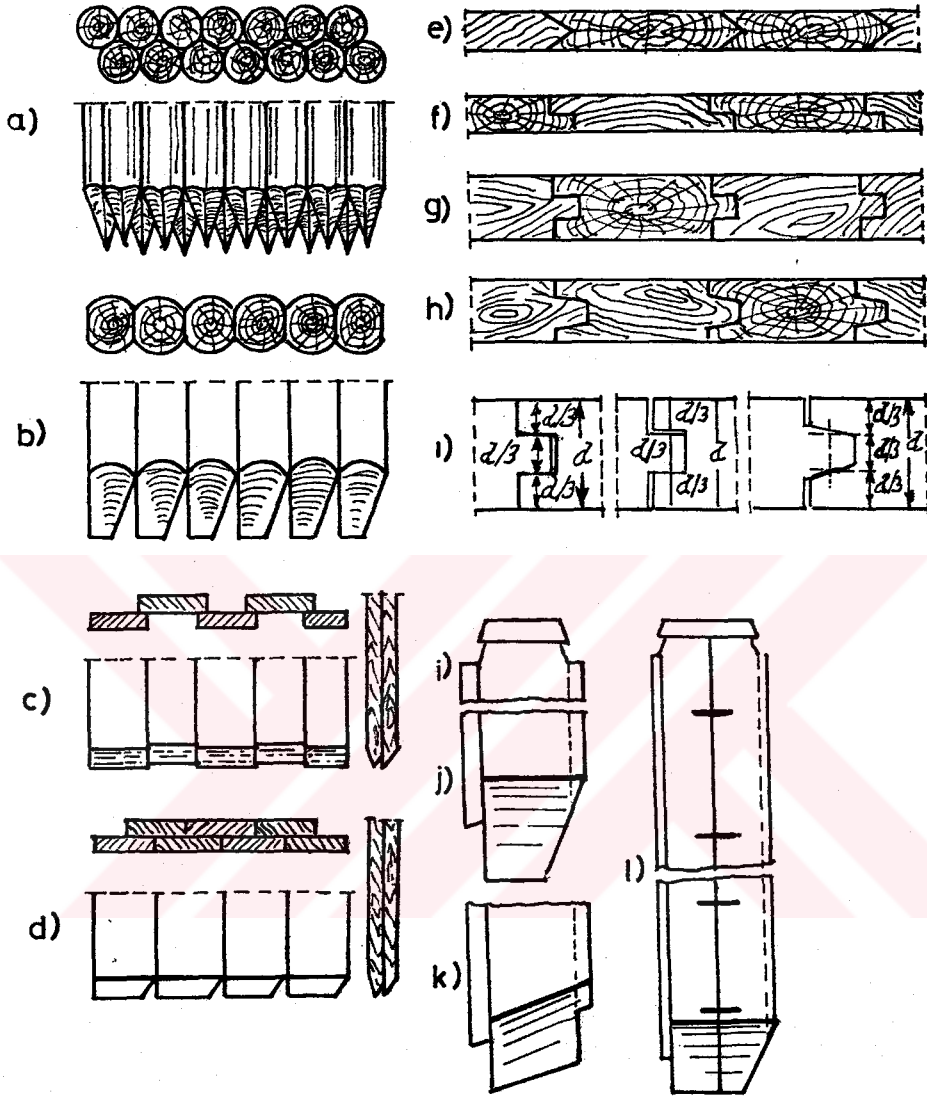
Aşağıda uygulamada kullanılmakta olan çeşitli destekleme sistemleri tanıtılmıştır.

2.1. Ahşap Palplanş Perdeler

Ahşap palplanş perdeler, gerek yapı temellerinin inşaaı sırasında yardımcı yapı olarak gerekse yapıların zeminde bırakılan elamanları olarak kullanılır. Eğer ahşap perdeler sürekli olarak kullanılacaksa zeminde yeraltı suyunun derinde olması gerekir. Ahşap perdeler kaba selinti veya yapı artıklarını içeren zeminlerde kullanılamazlar.

Ahşap palplanşların geometrisi çakma derinliğine, zeminin yapısına, perdenin ne için kullanılacağına ve taşıyacağı yüke göre değişir. Çok kullanılan bazı perde tipleri Şekil 2-3 'de gösterilmiştir (Schoklitsch, 1982).

Palplanşların akılması dikkat edilmesi gereken bir konudur. Tokmak darbesiyle üst kısmın harap olmasını önlemek için elik bir başlık kullanılmalıdır. Eğer palplanşlar keskin çakıllı veya iri çakıllı zeminlerde akılacaklarsa palplanş ucunun korunması için elik çarık kullanılmalıdır. Perde yapımında tercih edilmesi gerekli ağaç cinsleri köknar ve melezdir. Ağaçların akılırken kuru olmaması gerekir, aksi halde zemine çakıldıktan sonra şişerler ve duvarın eğilmesine yol açarlar.



Sekil 2-3. Çeşitli Ahşap Kalas ve Perdeler.

(a) ve (b) Kazık Perdeler, (c) Bindirme Derzli Kalas Perde, (d) Çift Kalas Perde (e) Balık Sırtı Şeklinde Lamba ve Zivana (f) Yarım Lamba Zivana, (g) Düz Lamba Zivana, (h) Kama Şeklinde Lamba Zivana, (i) Zivana Detayları, (i) Ahşap Palplanş Başı, (j) ve (k) Palplanş Kesitleri, (l) Palplanş Çifti.

2.2. Ankrajlı Çelik Plaplanş Perdeler

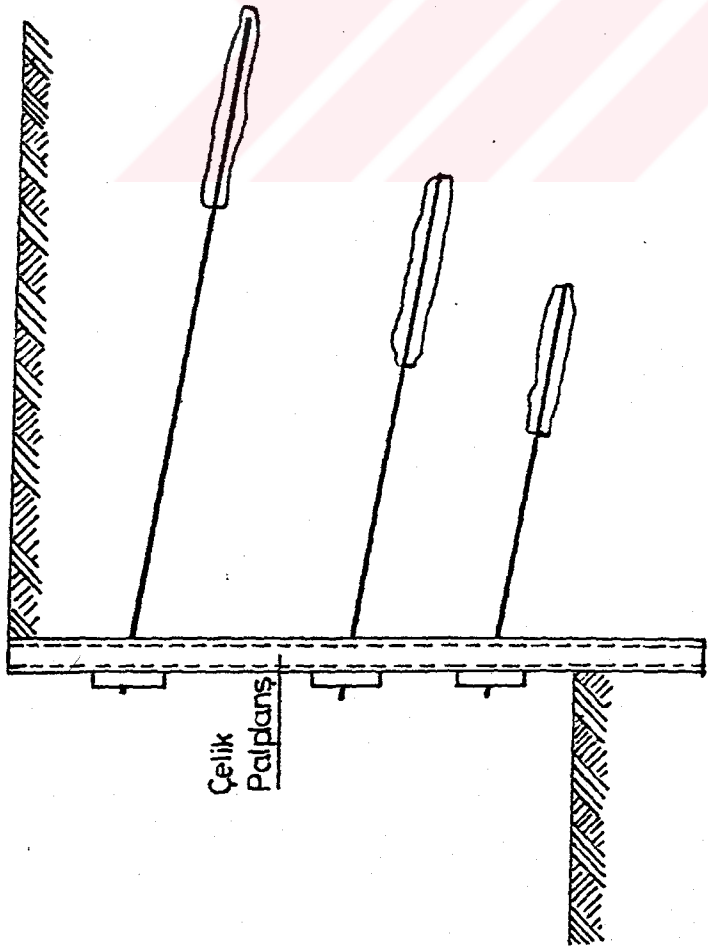
Çelik perdeler, palplansların zemine çakılıp, kazı yapıldıkça, önceden belirlenmiş yerlere ankraj yapılmasıyla oluşturulurlar (Şekil 2-4a). Palplansın kesiti, çakma boyu, ankraj yeri, boyu ve eğimi gibi konular kazı geometrisi, kazı aşamaları, zeminin özellikleri ve sisteme etkiyen yüklere göre belirlenir. Sağlamer (1987) ' de bu yöntemin uygulanması durumunda kazı tabanı stabilitesinin irdelenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca bu sistemle sızdırmazlığın sağlanabileceğide belirtilmektedir. Şekil 2-4b' de çeşitli amaçlar için kullanılabilecek çelik paplans profilleri gösterilmiştir.

2.3. Yerinde Dökme Betonarme Kazıklarla Oluşturulan Perdeler

Yerinde dökme kazıklar, oluşacak titreşimlerin civardaki yapılara zarar verme olasılığının bulunduğu çakma kazık yönteminin uygulanamadığı durumlarda kullanılır. Bu sistemde kullanılan kazıklar birbirini kesen, yanyana veya aralıklı olarak imal edilebilirler. Bu sistem de bir öncekinde olduğu gibi ankrajlarla takviye edilebilir (Şekil 2-5). Ankrajların sisteme eklenmesinde kuşak kirişleri kullanılır.

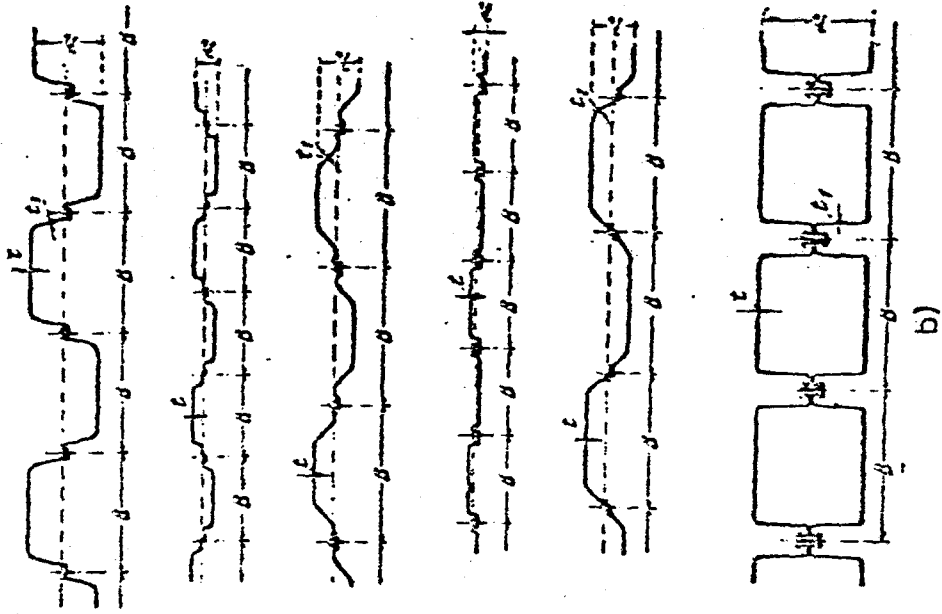
2.4. Kademeli Kazı Yüzeyinin Ankrajlı Betonarme Perdelerle Desteklenmesi

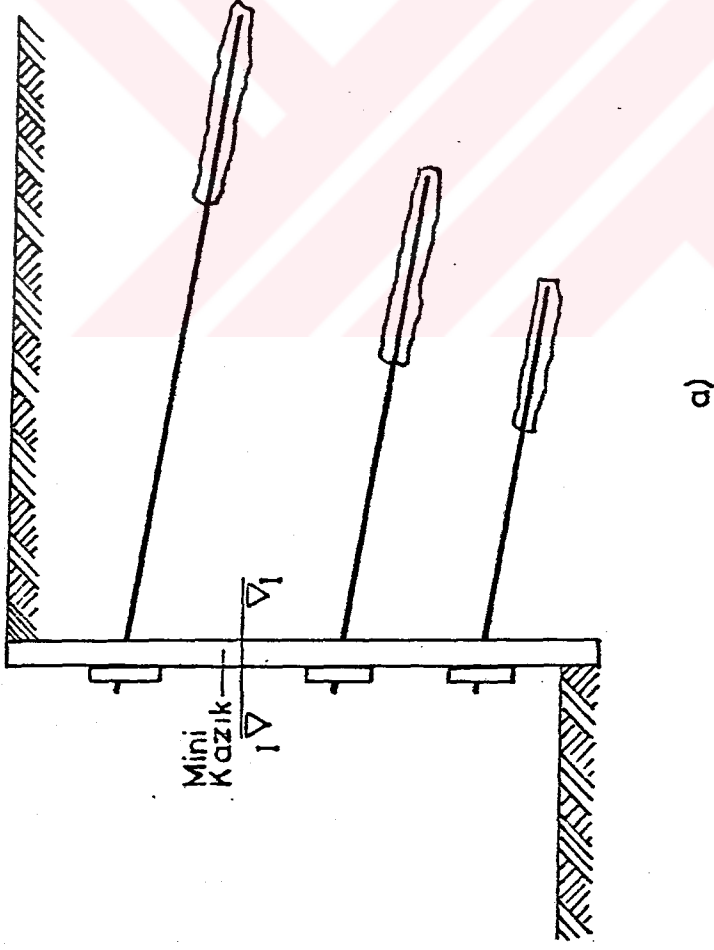
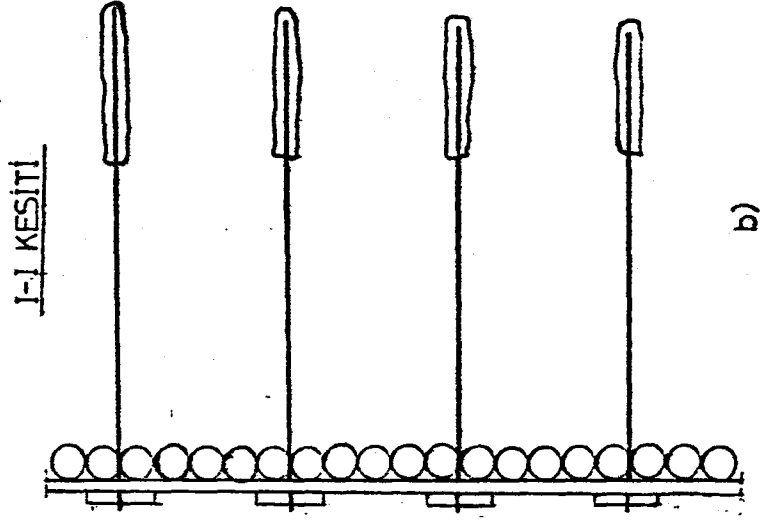
Bu sistemin uygulanabilmesinin temel koşulları 3~4 m yüksekliğindeki zeminin bir süre, desteksiz olarak, göçmeden durabilmesi ve yeraltısuyunun olmamasıdır (Sağlamer, 1987). Ortalama 3.0 m derinlikteki birinci kademe kazıdan sonra kazılan yüzey temizlenir ve betonarme perde yapılır (Şekil 2-6). Perde betonu prizini



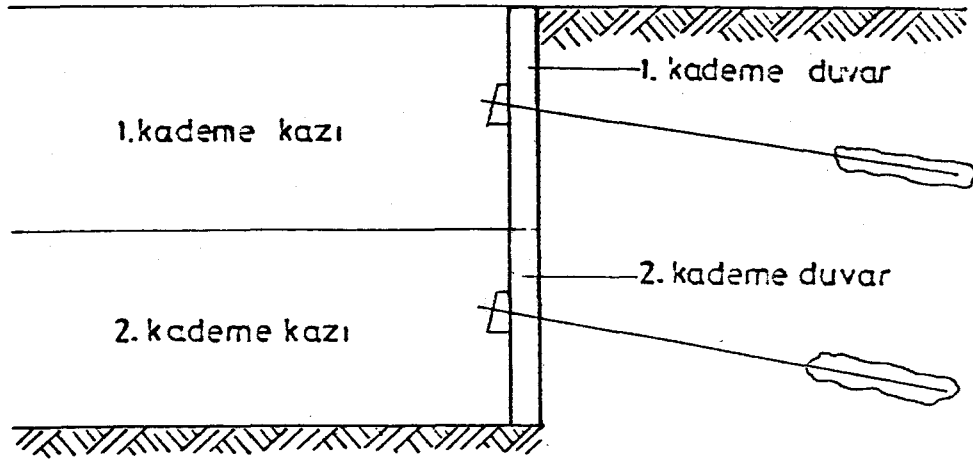
a)

Şekil 2-4.(a) Ankrajlı Çelik Palplanş Perde,(b) Çeşitli Palplanş Profilleri.





Şekil 2-5. Betonarme Kazıklarla Oluşturulmuş Perde. (a) Düşey Kesit, (b) Yatay Kesit.



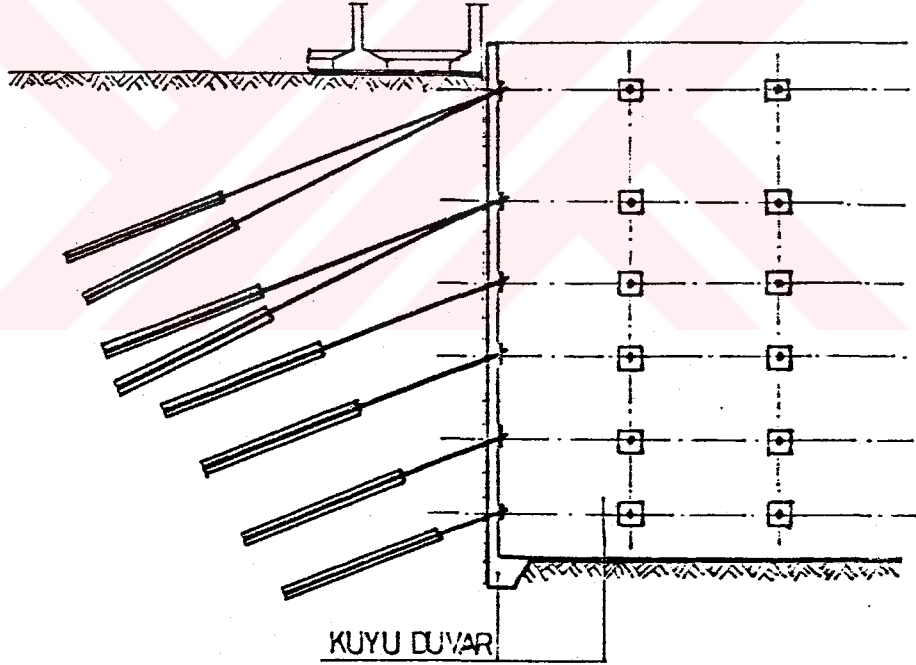
Şekil2-6. Kademeli Kazının Ankrajlı Betonarme Perde Duvarla Desteklenmesi.

yaptıktan sonra beton içinde önceden bırakılan borular içinden ankraj delikleri açılmakta ve birinci kademe duvar ankrajlarla geriye bağlanmaktadır. Bu aşamadan sonra ikinci kadememin inşaatı da benzer şekilde yapılır. Sağlamer (1987), bu sistemin geçici olarak düşey kazı yüzeyleri veren sert kil zeminlerde, grovak-kumtaşı ve şeyl gibi yumuşak veya orta-sert kayalarda başarıyla uygulanabildiği ifade etmiştir.

2.5. Kuyu Tipi Betonarme Perdeler

Bu tip perde yapımı kısaca şöyle özetlenebilir : Perde kalınlığına ek olarak bir insanın çalışabileceği kadar bir genişlik de eklenerek açılacak kuyunun genişliği belirlenir. Sonra zemin belli bir yükseklik boyunca, desteksiz olarak göçmeden durabilecek yükseklikte kazılır. Ardından stabiliteyi sağlamak için yatay destekler

yerleştirilir ve bu işleme kuyu tabanına ulaşılana dek devam edilir. Kuyu açıldıktan sonra, beton dökümü için kalıp ve donatı hazırlanır. Beton dökülüp prizini aldıktan sonra kalıp alınır. Duvar, ankrajlarla desteklenecekse önceki bölümde anlatıldığı gibi beton içine plastik boru konarak ankraj yerleri hazırlanır. Kazı bölgesi çevresinde genellikle bir kuyu genişliği kadar bir genişlik atlayarak perde inşa edilir. Perde genişliği 1.5m, 2.0m, 3.0m civarındadır. Eğer statik hesaplar kuyuların aralıklı yapılmasına izin veriyorsa bu yol izlenmeli ancak, kuyular tamamlandıktan ve kazı yapılmaya başlandıktan sonra kuyuların araları betonarme duvar yapılarak kapatılmalıdır (Şekil 2-7).



Şekil 2-7. Ankrajlı Kuyu Tipi Betonarme Perde Duvar.

Kuyu tipi betonarme perdelerin kumtaşı, kiltası, killisilt gibi kaya özelliği gösteren zeminlerde uygulanması iyi sonuçlar vermektedir. Bu tip kuyuların yapılabilmesi için yeraltı suyu perde derinliğinden daha aşağıda olmalıdır.

Perdenin konsol olarak çalıştırılması düşünülüyorsa kuyu derinliği, kazı tabanının oldukça altına indirilir. Sağlamer (1987) perde kalınlığının, toprak basıncının derinlikle değişimine bağlı olarak arttırılıp azaltılabileceğini, bina döşemelerinin perdeye oturtulabileceğini ve bu perdelerin binanın taşıyıcı perdeleri olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Aynı bildiride işçi maliyetlerinin artması ve ankraj teknolojisindeki gelişmeler sonucu bu sistemin yerini, ankrajlı bıraktığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte taşınması gereken kesit tesirlerinin ve toprak basıncının çok büyük olması durumunda ankrajlarla desteklenmiş kuyu tipi betonarme perdeler en uygun çözümlerden birisi olamktadır.

2.6. Bulamalı Hendek İçinde İna Edilen Betonarme Perdeler

Bu sistemin en önemli üstünlüğü, yeraltı suyundan etkilendenmede oldukça derin ve su sızdırmayan duvarların oluşturulabilmesidir. Bu sistemde duvarın, eğer varsa, temel tabanı altındaki geçirimsiz tabakaya kadar indirilmesi, hem geçirimsizliğin sağlanması hem de kazı tabanı stabilitesinin korunması açısından önemlidir. Bulamalı hendek içinde inşa edilen betonarme perdenin yapım aşamaları Sekil 2-8' de gösterilmiştir. Bu tip duvarlar prefabrik olarak da inşa edilebilmektedir.

Bulamalı hendek içinde inşa edilen duvarların stnlkleri Sağlamer (1987) tarafından şöylece sıralanmıştır:

* Hem geçici olarak hem de binanın taşıyıcı parçası olarak inşa edilebilirler.

* Duvar inşaatı dar bir hendek içinde yapılabilmektedir.

* Derin kazıların rijit bir şekilde desteklenmesini

olanaklı kılmaktadır.

* Komşu yapıların temellerinin desteklenmesine olanak verir .

Tablo 2-1' de çelik palplanş perde, kaplamalı kazıklı perde, yerinde dökme diyafram duvar ve prefabrik diyafram duvarların bazı özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir.



Tablo 2-1 Çeşitli dayanma duvarlarının bazı özellikleri (Hanna, 1982).

Duvar Tipi	Tipik EI Değerleri (kN/m ² /m)	Ustünlükleri	Eksikleri
Çelik Palplans	1200 - 120.000	Geçirimsiz. Taşınması ve inşaatı kolay. Düşük başlangıç maliyeti.	Çakıllı zeminde kullanımı zor. Rijitliği sınırlı. Çakılma zor olduğunda kitlitler zarar görür.
Kazıklı Perde Ve Ahşap kaplama	2700 - 163.000	Taşınması ve inşaatı kolay. Düşük başlangıç maliyeti.	Geçirimlidir. Ahşap kaplamaların yerleştirilmesi dikkat ister.
Yerinde Dökme Diyafram Duvar	400.000- 3.200.000	Geçirimsizdir. Çok rijittir. Ana yapının bir parçası olarak kullanılabilir.	Pahalıdır. Uzman yapımcı gerekir. Bulamacın depolanma problemi var.
Prefabrik Diyafram Duvar	400.000- 3.200.000	Geçirimsizdir. Çok rijittir. Ana yapının bir parçası olarak kullanılabilir. Öngermeli olarak kullanılabilir.	Pahalıdır. Uzman yapımcı gerekir. Bulamacın depolanma problemi var. Taşınması çok zor ağır elemanlar vardır.

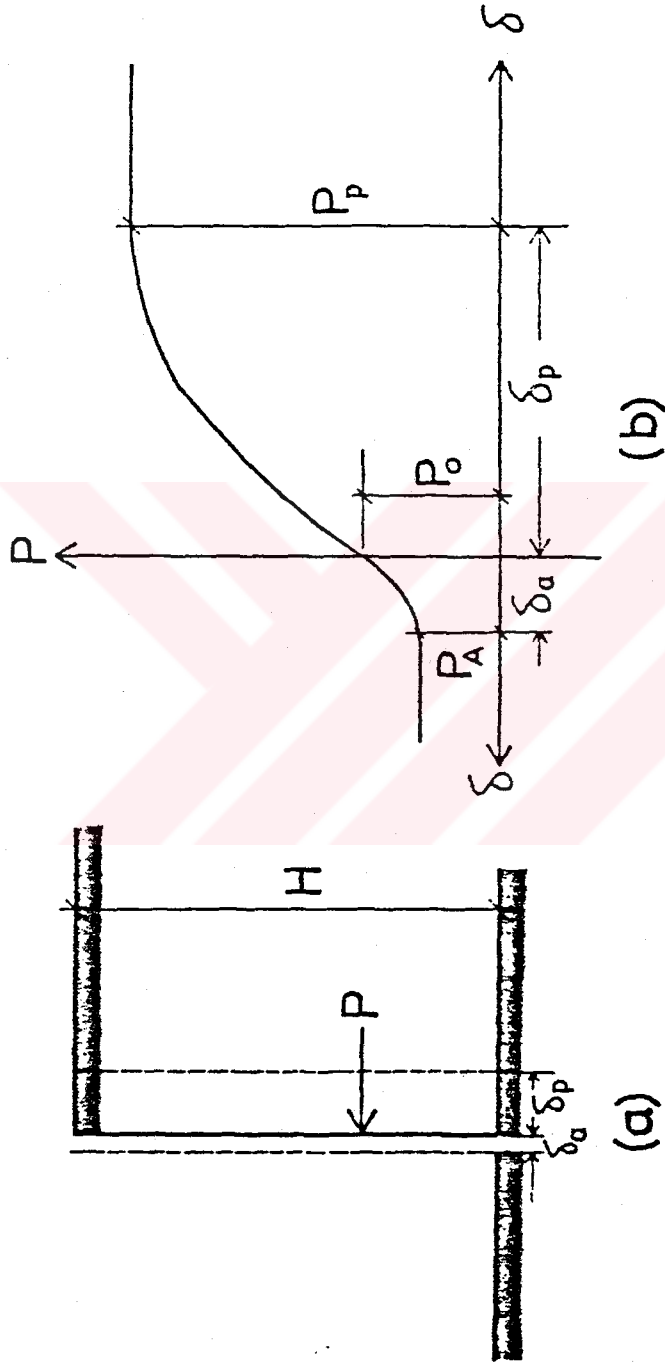
BÖLÜM 3. DERİN KAZI DESTEKLEME SİSTEMLERİNE GELEN TOPRAK BASINÇLARI

Destekleme sisteminin elemanları, sisteme etkiyen toprak basıncına göre boyutlandırılır. Destekleme sistemine gelen toprak basıncı, önemli oranda sistemin deformasyonuna bağlıdır. Başka bir deyişle bir destekleme sistemine gelen toplam yükü veya toprak basıncı dağılımını doğru olarak belirlemek için, oluşacak deformasyonları doğru olarak belirlemek gerekir.

Bir destekleme sistemine gelebilecek en küçük basınç sistemin kazı içine doğru hareket etmesi sonucu zeminin sisteme etkittiği basınçtır ve buna aktif toprak basıncı, P_a , denir. Sisteme etkiyebilecek en büyük basınç ise, sistemin, arkasındaki zemini sıkıştıracak biçimde arkaya doğru hareket etmesi sonucu zeminin destekleme sistemine etkittiği basınçtır ve buna pasif toprak basıncı, P_p , denir. Bu ikisinin arasında yeralan başka bir durumda destekleme sisteminin hareket etmediği süreçte zeminin sisteme etkittiği basınçtır ki buna da sükunetteki toprak basıncı, P_o , adı verilir.

Yatay toprak basıncına etkiyen parametreler şöylece sıralanabilir;

1. Yatay hareketler (Şekil 3-1).
2. Zemin yüzünün eğimi; eğimin artışı toprak basıncını arttırır.
3. Kazı yüzünün eğimi; eğim arttıkça toprak basıncı artar.
4. Zeminin mukavemeti; zeminin kayma mukavemeti arttıkça toprak basıncı azalır.



Şekil3-1. Duvar Yerdeğiştirmesi-Toprak Basıncı Bağıntısı.

5. Destekleme sistemi ile zemin arasındaki sürtünme kuvveti; bu kuvvet arttıkça aktif toprak basıncı azalır, pasif toprak basıncı artar.

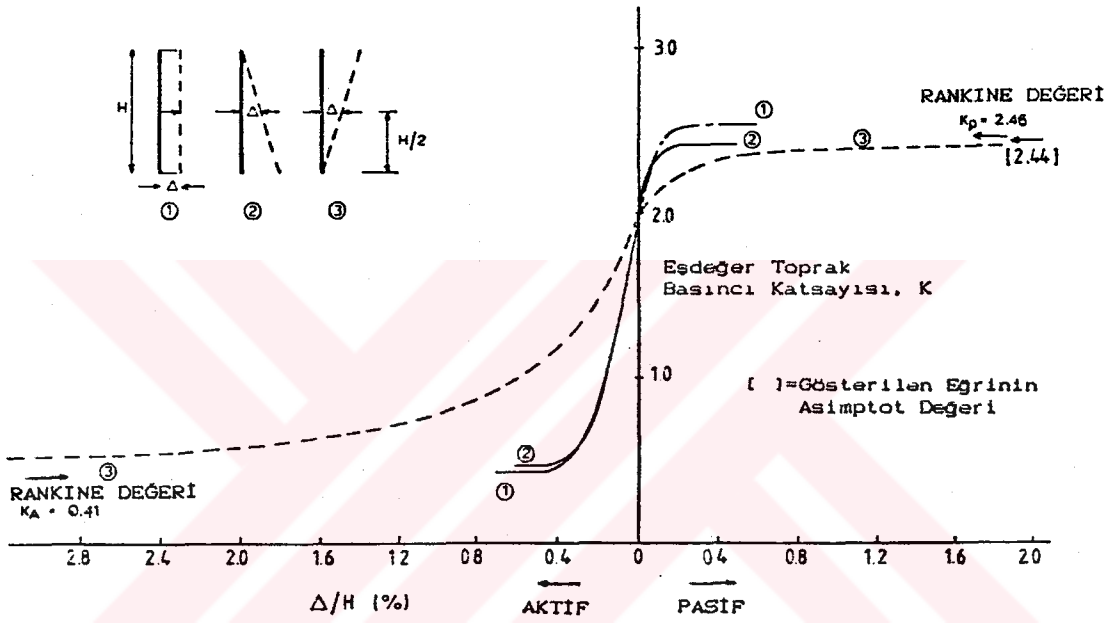
6. Zeminin birim hacim ağırlığı; bu değer arttıkça toprak basıncıda artar.

7. Kazı derinliği; derinlik arttıkça toprak basıncıda artar.

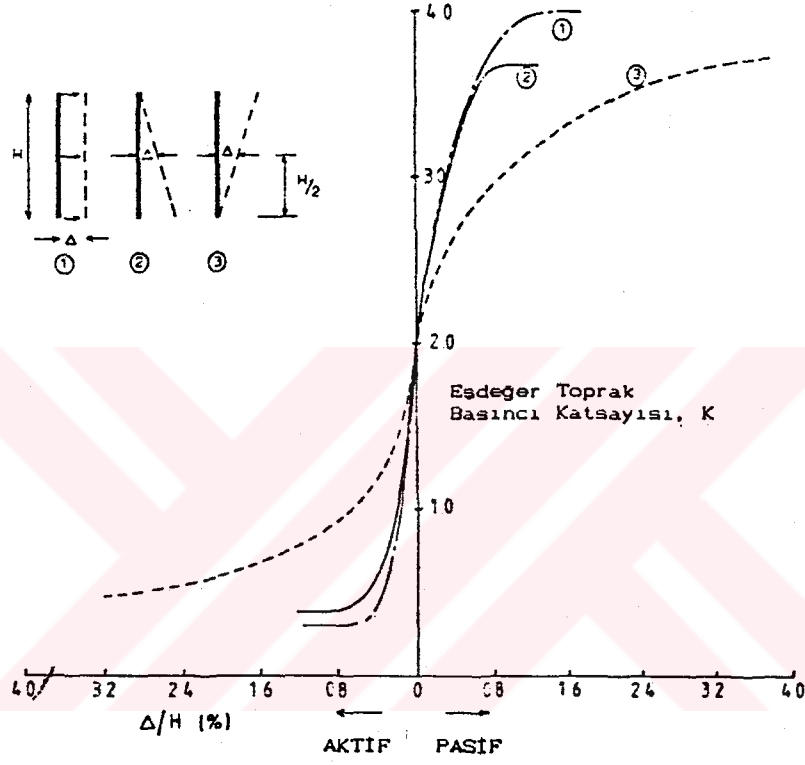
Duvarın hareket biçimlerinin yatay toprak basıncına etkisi Potts ve Fourie (1986) tarafından sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Bu yöntemin diğer yaklaşık yöntemlere göre üstünlüğü, çözüm sırasında sağlanması gereken denge, uygunluk ve malzeme davranışı koşullarını sağlayabilmesi, ayrıca belli problemlerde doğru olarak modellenmesi gereken geometri ve sınır koşullarını modelleyebilmesidir. Bu bildiride oluşan toprak basınçları duvarın üç ayrı hareket biçimi (üst nokta etrafında dönme, alt nokta etrafında dönme ve paralel ötelenme) için duvarla zemin arasındaki açıyı gözönüne alarak incelemiştir. Kullanılan sistem, yatay yüzeye sahip, üniform zemine ankastre rijit duvardır. Basit bir elasto-plastik gerilme-şekildeğiştirme davranışı seçilmiş ve kayma yüzeyinde Mohr-Coulomb kırılma kriteri kullanılmıştır. Bu araştırmanın sonunda Potts ve Fourie şu sonuçlara varmışlardır:

1. Duvar hareket biçimi pürüzlü ve pürüzsüz duvar yüzeyi için K_a ve K_p 'yi etkiler. K_p en yüksek değerine, K_a ise en düşük değerine ulaşır. Pürüzlü duvarda her iki dönme biçimi için hesaplanan K_p ve K_a değerleri diğer yaklaşık yöntemlerle (limit denge veya limit analizi gibi) karşılaştırıldığında sonlu elemanlarla hesaplanan K_p küçük, K_a büyüktür. Başka bir deyişle bu yaklaşık yöntemler güvenli tarafta kalmayabilmektedirler (Şekil 3-2 ve Şekil 3-3).

2. K_a ve K_p 'nin sınır değerleri, K_0 ve Young modülünün dağılımından etkilenmektedir. Genleşme açısı



Sekil 3-2. Pürüzsüz Duvar Yüzünde Farklı Hareket Biçimlerinde Oluşan Aktif Ve Pasif Toprak Basıncı Katsayıları (Potts ve Fourie, 1986).



Sekil 3-3. Pürüzlü Duvar Yüzünde Farklı Hareket Biçimlerinde Oluşan Aktif Ve Pasif Toprak Basıncı Katsayıları. (Potts ve Fourie, 1986).

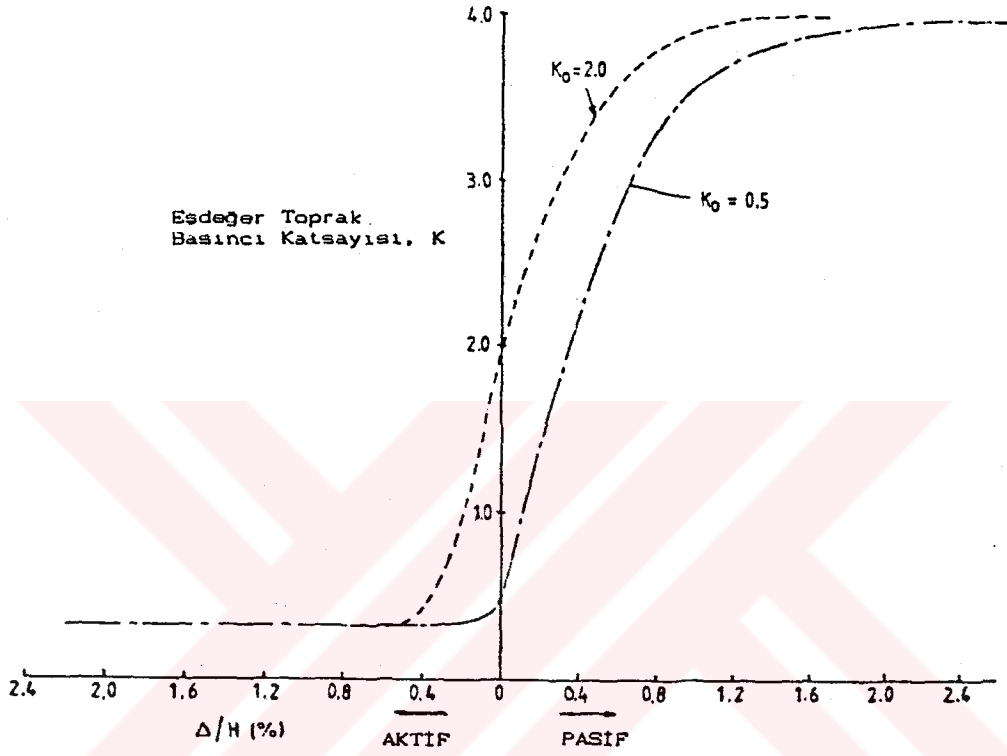
(ψ) nin 0 ile ϕ' arasındaki değişimi K_a 'nın %3-4 artmasına , K_p 'nin de aynı oranda azalmasına sebep olmaktadır.

3. Maksimum aktif ve pasif basınç değerlerine ulaşmak için gerekli hareketin değeri duvar pürüzlülüğüne, başlangıç K_0 değerine ve Young modülünün dağılımına bağlıdır. Sert kile karşılık gelen K_0 değerinde, aktif ve pasif basınç değerlerine ulaşmak için gerekli hareketlerin değerleri yaklaşık eşittir (Şekil 3-4 ve Şekil 3-5). Bu, genel kabul gören aktif basıncın önce oluştuğu görüşüne terstir. Aynı zamanda K_p üzerinde yapılan önemli sınırlamalarıda geçersiz kılar.

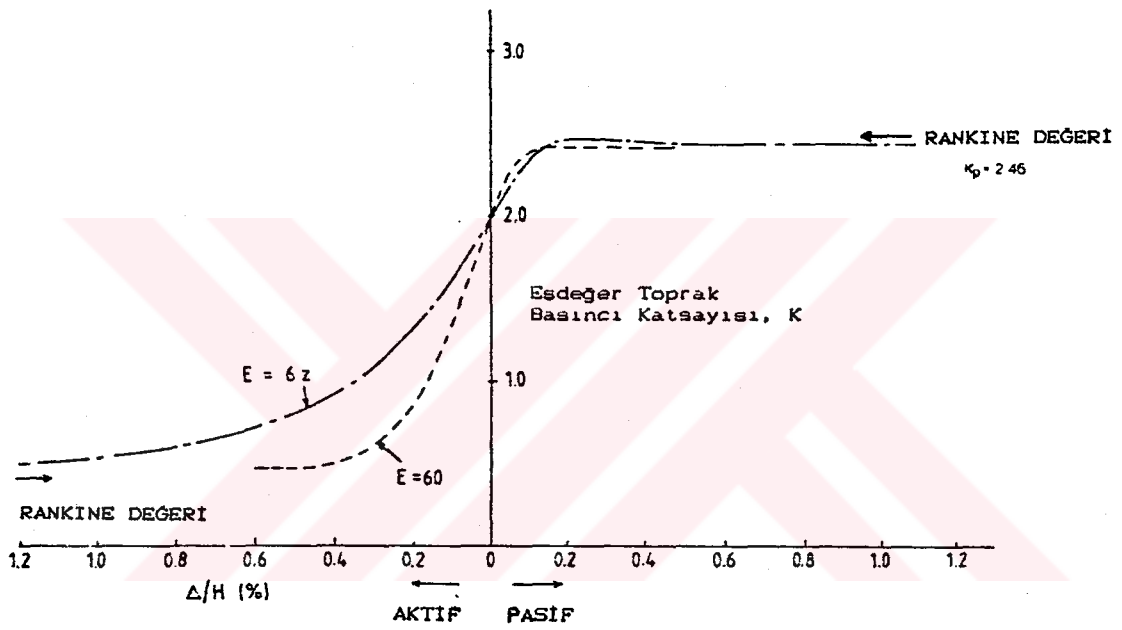
4. Duvarın hareket biçimi toprak basıncı dağılımını önemli derecede etkilemektedir. Buda, özellikle aktif durumda, bileşke kuvvetin etkiye noktasının yerini belirlemekte, bunun aralığıyla da eğilme momentlerinin değerini etkilemektedir. Duvarın üst yada alt ucu etrafında dönmesi durumlarında basınç dağılımları, pratikte kabul edilen lineer davranıştan oldukça farklı olmaktadır. Bu Şekil 3-6 ve Şekil 3-7'den açıkça görülmektedir. Örneğin duvarın üst ucu etrafında dönme durumundaki göçme halinde, pasif tarafta, üst bölgede aktif durum geçerliyken, alt bölgede pasif basınç klasik değerini aşmaktadır.

5. Farklı duvar hareket biçimlerinde farklı toprak basıncı dağılımlarının oluşmasının temel nedeni zeminin sürekli bir ortam olarak modellenenebilmesidir. Zeminin yay grupları ve albeit non-lineer olarak modellenmesi gerçek toprak basıncı dağılımlarına ulaşılmasını engellemektedir. Bunun nedeni, yayların bağımsız olarak kabul edilmesi, bu yüzden sürekli bir ortamda ve gerçek zeminlerde oluşan karşılıklı etkileşimi modelleyememesidir.

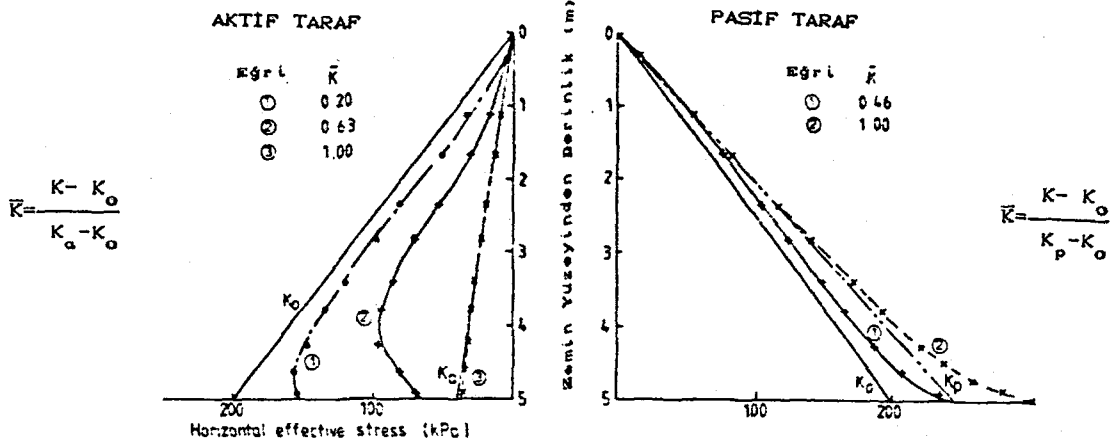
6. Pürüzlü duvarda sürtünme açısı δ , kayma



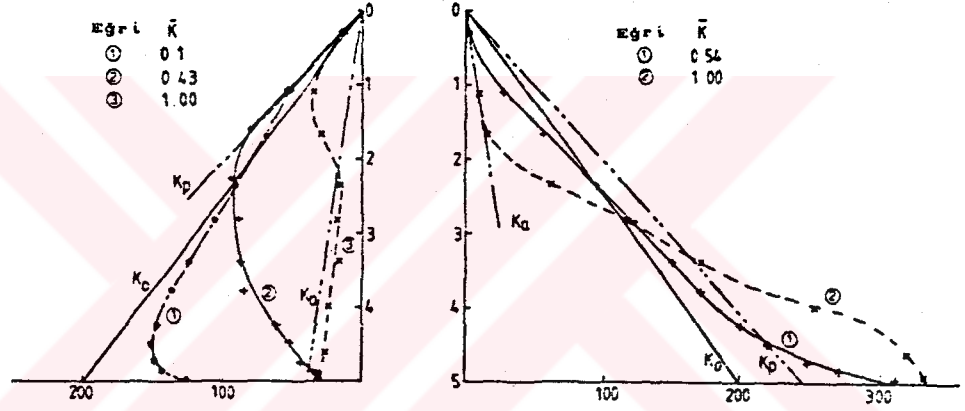
Sekil 3-4. K_0 'ın Aktif Ve Pasif Toprak Basıncıları Üzerindeki Etkisi-Yatay olarak ötelenen Pürüzlü Duvar'da (Potts ve Fourie, 1986).



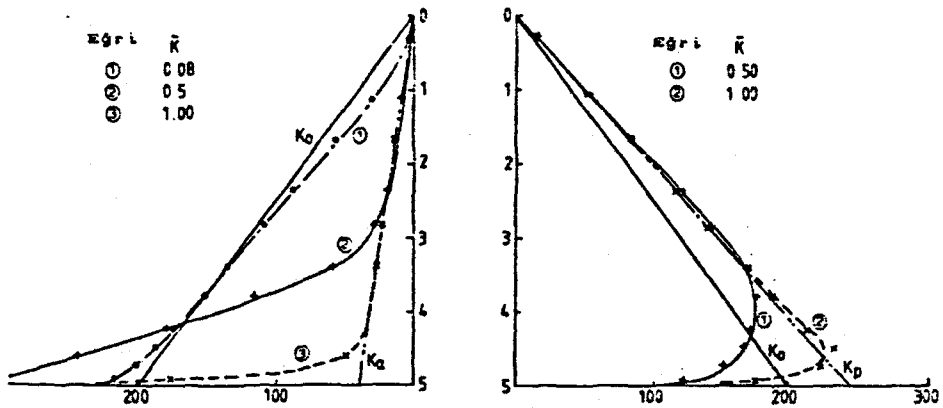
Sekil 3-5. Young Modülü Dağılımının Aktif Ve Pasif Toprak Basıncı Katsayıları Üzerindeki Etkisi-Pürüzsüz Duvarın Üst Noktası Etrafında Dönmesi(Potts ve Fourie, 1986).



(a) EŞİT ÖTELENME

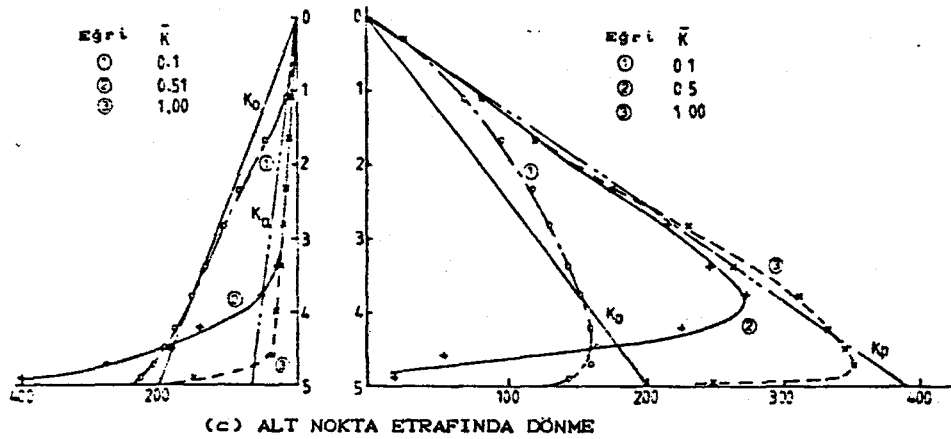
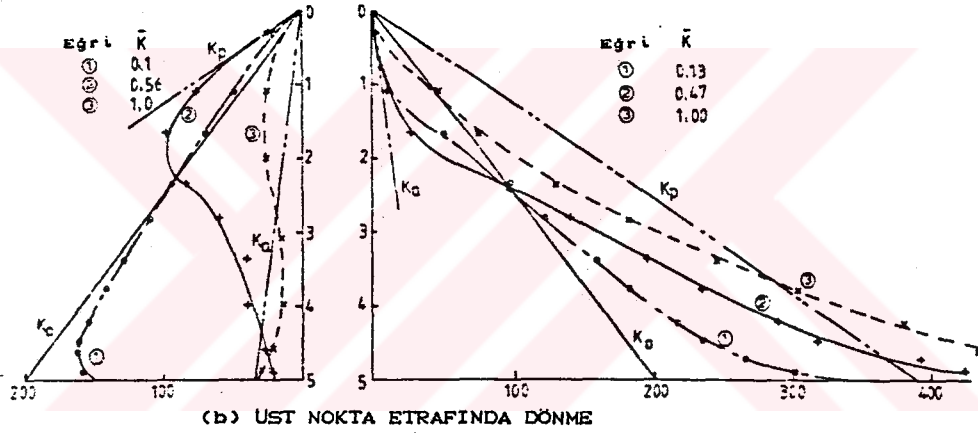
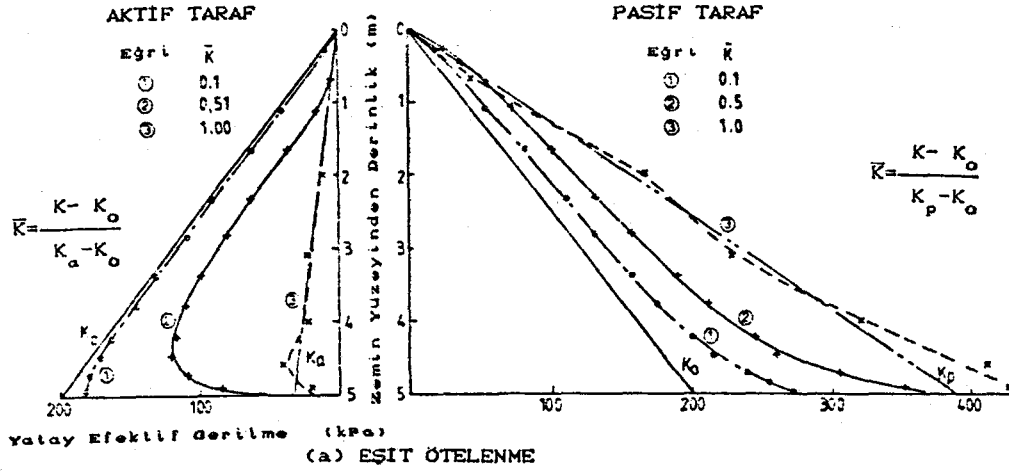


(b) ÜST NOKTA ETRAFINDA DÖNME



(c) ALT NOKTA ETRAFINDA DÖNME

Sekil 3-6. Pürüzsüz Duvarı Aktif ve Pasif Toprak Basınçlarının Dağılımları (Potts ve Fourie, 1986).



Şekil 3-7. Pürüzlü Duvarda Aktif ve Pasif Toprak Basınçlarının Dağılımları (Potts ve Fourie, 1986).

mukavemeti açısına ve genleşme açısına bağlıdır (Şekil 3-8). Sürtünme açısının en küçük değeri $\tan^{-1}(\sin\phi')$, ($\nu=0$) en büyük değeri ise ϕ' ($\nu=\phi'$) dür. Sürtünme açısı (3-1) denklemiyle tanımlanabilmektedir. Bu sınırlar arasındaki sürtünme açısına rahatlıkla ulaşılabilir. Buda pasif bölge için çeşitli standartlarda önerilen $\phi'/3 \leq \delta \leq \phi'/2$ aralığının oldukça güvenli olduğunu göstermektedir.

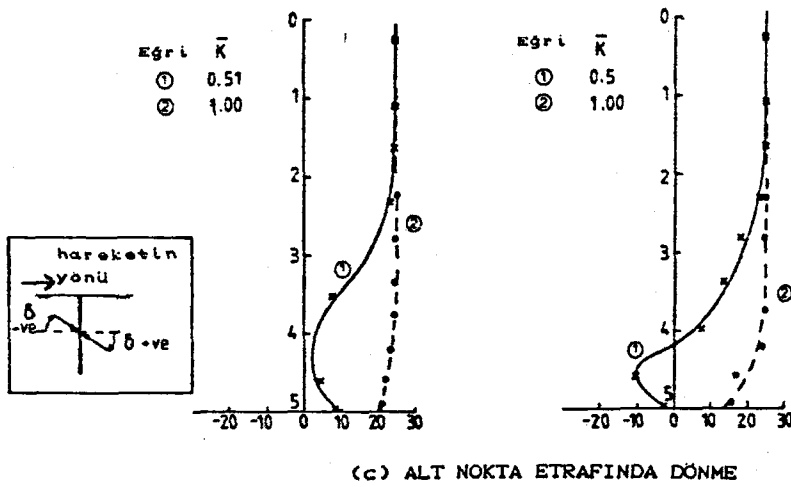
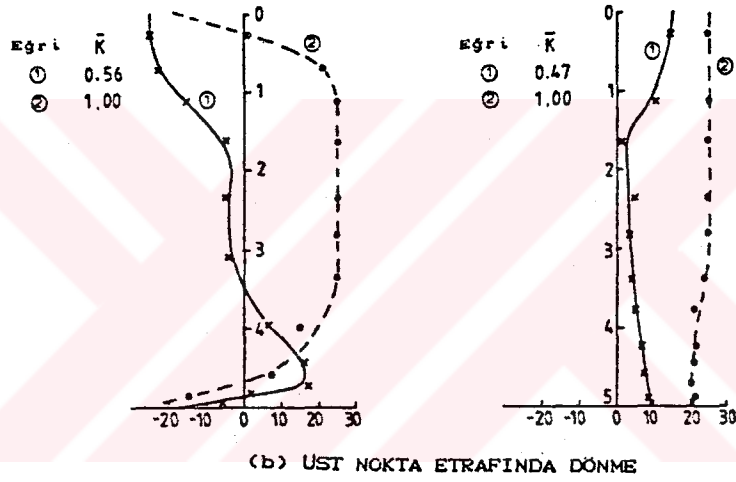
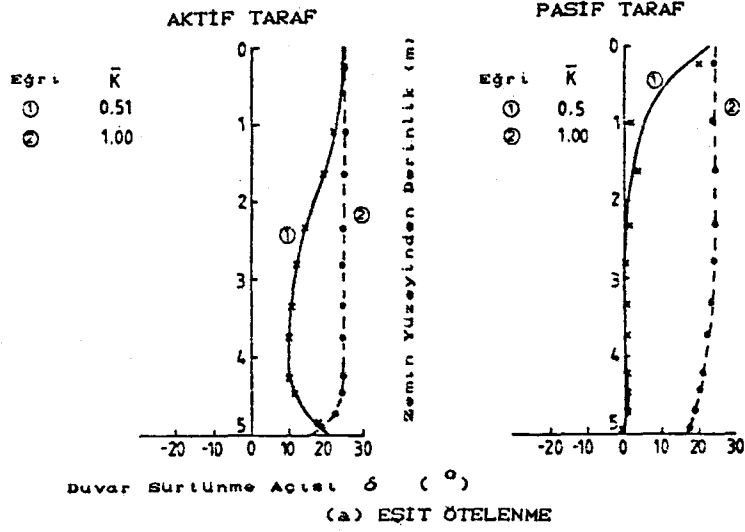
$$\delta = \tan^{-1} \left(\frac{\sin\phi' \cdot \cos\nu}{1 - \sin\phi' \cdot \sin\nu} \right) \quad (3.1)$$

Yatay toprak basıncı hesabı 1776' da Coulomb ve 1857'de Rankine tarafından geliştirilen iki yöntemle dayanmaktadır. Coulomb yönteminde -Kama Yöntemi olarak da bilinir.- yapılan kabuller şunlardır, Bowles (1988) :

1. Zemin izotropik ve homojendir ve hem kohezyon hemde kayma mukavemeti açısı gözönüne alınmaktadır.
2. Kayma yüzeyi düzlemdir.
3. Sürtünme kuvvetleri kayma yüzeyi boyunca düzgün yayılıdır.
4. Göçme kaması rijit bir küttedir.
5. Duvar sürtünmesi hesaba katılmaktadır. Başka bir deyişle göçme kaması duvar yüzeyinde sürtünme kuvvetleri oluşturarak harek eder.
6. Göçmenin iki boyutlu bir problem olduğu varsayılır. Sonsuz uzunluktaki bir küttlenin birim uzunluğu düşünülür.

Coulomb öne veya arkaya hareket eden bir duvarın arkasında bir kayma düzlemi boyunca kayan zemin küttlesinin dengesini dikkate alarak toprak basınçlarını hesaplamıştır.

Rankine toprak basınçlarını kohezyonsuz zeminler için hesaplamış ve Coulomb'un yaptığı kabullere ek olarak duvarla zemin arasındaki sürtünme kuvvetlerininide ihmal



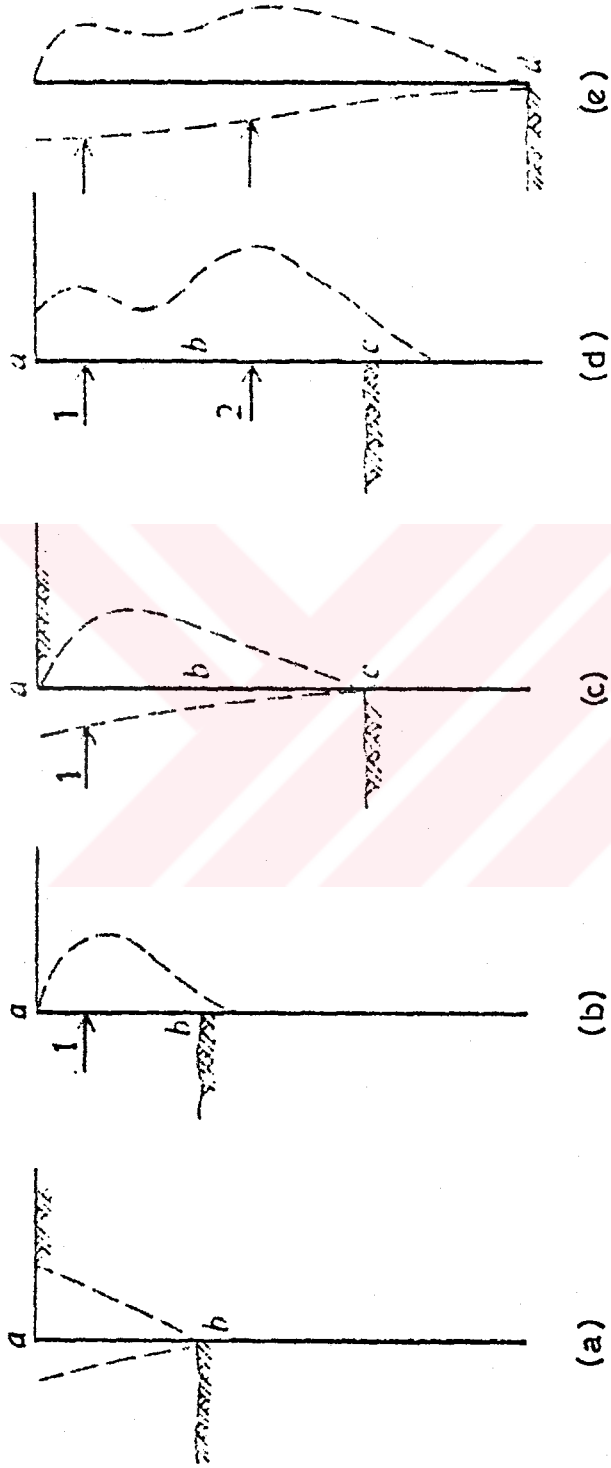
Sekil 3-8. Pürüzlü Duvarda Duvar Sürtünme Açısının Derinlikle Değişimi (Potts ve Fourie, 1986).

etmiştir. Ancak bu yöntem sonraları kohezyonlu zeminler ve diğer durumlar içinde genelleştirilmiştir. Rankine teorisinde, Coulomb teorisinden farklı olarak, duvar ve onun arkasındaki zemin yerine yarı sonsuz bir ortam gözönüne alınmıştır. Rankine zemini modelleyen bu yarı sonsuz ortamın her noktasında kırılmanın başladığı andaki (plastik denge durumu) gerilmeleri dikkate alarak toprak basınçlarını hesaplamıştır.

Rankine ve Coulomb tarafından geliştirilen toprak basıncı teorileri dayanma duvarlarına, zemine ankastre perde duvarlara, tek sıra yatay destekli (veya ankrajlı) zemine serbest mesnetli veya ankastre perde duvarlara uygulanabilmekle beraber çok sıra yatay destekli (ankrajlı) destekleme sistemlerine uygulanamazlar. Bu, çok sıra ankrajlı sistemin yapılış aşamalarının, deformasyon biçiminin ve sistemin göçme mekanizmasının diğerlerinden farklı olmasıyla açıklanabilir.

Çok sıra ankrajlı destekleme sisteminin yapım aşamasındaki davranışı şöyle açıklanabilir:

Düşey destekleme sistemi yapıldıktan sonra birinci sıra ankrajın yerleştirileceği kota kadar kazı yapılır (Şekil 3-9a). Bu aşama sırasında sistem ankastre konsol gibi çalışır ve bunun sonucu olarak destekleme sistemi, aşağı doğru lineer olarak artan, aktif toprak basıncına maruz kalır. Bu aşamada sistem kazı tabanı civarındaki bir nokta etrafında dönerek hareket eder. Bu hareket, ankastre konsol duvar-zemin etkileşimine bağlı olarak belirlenebilir. İkinci aşamanın başlangıcında ilk sıra ankraj yerleştirilir. Bunun uygulayacağı itki ne kadar büyük olursa olsun (uygulanabilir değerler düşünülerek) destekleme sistemini ve ve zemini kazı yapılmadan önceki durumuna döndüremez, ancak, ankrajdaki itki aktif toprak basıncından büyükse, destekleme sistemine etkiyen basıncı arttırır (Şekil 3-9b). Ankrajın yerleştirilmesiyle oluşan toprak itkisi yaklaşık olarak ankraj kuvvetine



Sekil 3-9. Derin Kazı Destekleme Sistemi Yapım Aşamaları.

eşittir; aradaki fark kazı tabanı seviyesi ve altındaki toprak basıncı dağılımının tam olarak belirlenememesinden kaynaklanmaktadır. İkinci sıra ankrajı yerleştirmek için yapılan kazı b ile c arasında yeni yatay hareketlere yol açar (Şekil 3-9c) ve oluşan bu hareketlerde ilk ankrajda yük kaybına ve bununla birlikte zeminde akmaya neden olur. İkinci sıra ankrajın gerilmesi ve/veya birinci sıra ankrajın tekrar gerilmesi ve bunun ardından yapılacak kazı (c-d arası) nedeniyle oluşacak yatay hareketler Şekil 3-9d'deki - kabaca, parabolik olarak nitelendirilebilecek- basıncı dağılımının oluşmasına yol açar. Buda destekleme sisteminin arkasında oluşan basıncı, sistemin kazıya doğru hareketine yol açan gerçek toprak basıncı dağılımından çok, ankraj kuvvetlerine bağlı olduğunu ortaya koyar (Bowles, 1988).

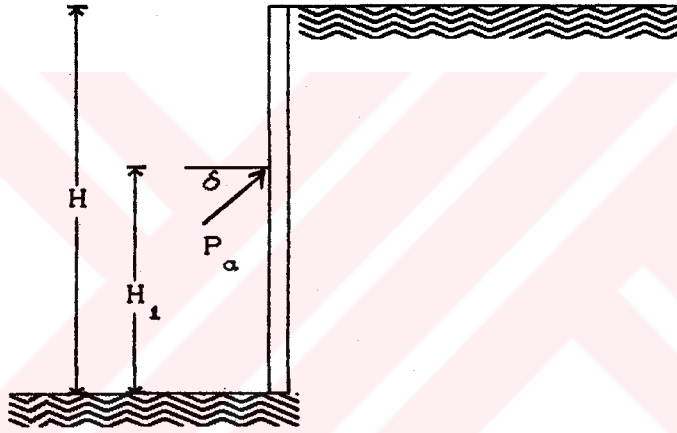
Çok sıra ankrajlı destekleme sistemlerinin boyutlandırılmasında gerçek toprak basıncı değerleri kullanılamadığından Peck (1943) ve Terzaghi, Peck (1967), Tschebotratloff (1951) tarafından önerilen amprik basıncı diyagramları kullanılır. Aşağıda bu diyagramlar zemin cinsine bağlı olarak incelenmiştir.

3.1. KOHEZYONSUZ ZEMİNLERDEKİ DESTEKLEME SİSTEMLERİNE GELEN TOPRAK BASINÇLARI

Berlin'de (Spilker, 1937) ince, sıkı, oldukça uniform kum zeminde yapılan bir kazıda altı ayrı kesitte, yatay dış desteklere gelen kuvvetler ölçülmüştür. Sanal (görünen) toprak basıncı değerlerinin istatistiksel ortalaması, kumun oldukça uniform olmasına karşın, oldukça farklı değerler vermiştir. Bu farklılığın en önemli nedeni farklı kesitlere uygulanan inşaat yöntemlerinin farklı oluşudur. Daha önemsiz bir neden de zemin özelliklerindeki bölgesel farklılıklardır.

Toprak basıncının değerine etkiyen bir parametre

olan n_a burada 0.46-0.50 arasındadır. n_a , kazı tabanından yatay toprak basıncı etkisinin etkiye noktasına olan uzaklığın, toplam kazı yüksekliğine oranı olarak tanımlanır (Şekil 3-10). Kumlarda n_a , 0.41-0.55 arasındadır (Terzaghi, Peck, 1967). n_a değeri Münih'te yapılan bir başka kazıda (Klenner, 1941) 0.41-0.55 arasında, New York metrosu için yapılan kazılarda (White, Prentis, 1940) 0.46-0.54 arasındadır. Kumda yapılan kazılarda, n_a değeri derinlikle lineer artan toprak basıncına karşılık gelen 0.33 değerinden çok 0.50 değeri civarındadır. Buda, toprak basıncı dağılımının yaklaşık olarak parabolik olduğunu gösterir.



$$n_a = \frac{H_1}{H}$$

$n_a = 0.5$ yaklaşık parabolik basınç dağılımına karşılık gelir.

$n_a = 0.33$ basınç dağılımının derinlikle lineer değişimine karşılık gelir.

Şekil 3-10. n_a değerinin tanımı.

Kumda yapılan destekli derin kazılarla ilgili deformasyon koşulları için toprak basıncı değeri, kayma yüzeyi logaritmik spirale kabul edilerek hesaplanmalıdır. H derinliğindeki bir kazıda zeminin birim hacim ağırlığı γ ise yatay toprak basıncı katsayısı, n_a , ϕ ve δ (toprak basıncı bileşke kuvveti doğrultusunun yatayla yaptığı açı) değerlerine bağlıdır. δ kaplama malzemesine ve kaplamanın oturmasına bağlı olarak sıfır ile ϕ arasında

değişir.

$$K_a = \frac{P_a}{\frac{1}{2}\gamma H^2} \quad (3.2)$$

K_a 'nın değeri $\delta=\phi/2$ için logaritmik spirallı kayma yüzeyi kullanılarak ve $n_a=0.4\sim 0.6$ alınarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3-1' de yer almaktadır.

Tablo 3-1. Kum zemin, $\delta=\phi/2$ ve açık kazı durumu için çeşitli K değerleri (Terzaghi, Peck, 1967).

n_a	$\phi = 30^\circ$	$\phi = 35^\circ$	$\phi = 40^\circ$
0.4	0.311	0.238	0.202
0.5	0.340	0.257	0.217
0.6	0.391	0.282	0.235
Rankine	0.332	0.270	0.220

Rankine değerleri, logaritmik spirallı yöntemle elde edilenlerden maksimum %15 farklıdır. Eğer $n_a=0.5$ alınır ise fark %4 'den azdır. Ancak ϕ 'nin 5° 'lik değişimi K_a 'nın yaklaşık olarak %50 değişmesine yol açar. Logaritmik spirallı yöntemi ile Rankine yönteminin toprak basıncı hesabına uygunluğunun değerlendirilmesi, düşey kesitlerde bulunan yatay desteklerin ölçerek bulunan yüklerinin toplamının, eşitlik (3.3) ve güvenilir ϕ değerlerine göre hesaplanan toprak basıncı değeriyle karşılaştırılması yoluyla yapılır.

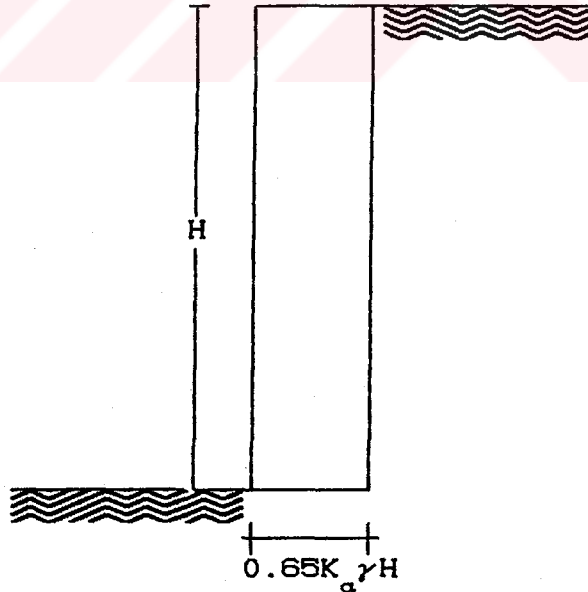
$$P_a = \int_0^H P_n \cdot dz = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \frac{1}{N_\phi} \quad (3.3)$$

Derin kazı destekleme sistemlerinin rijitlikleri istinat yapılarına göre daha azdır. Ek olarak, destekleme sistemlerinde, bölgesel toprak basıncı yığılması sonucu destekleme sisteminin elemanlarında

çok büyük yükler oluşmakta ve bunun sonucunda da sistemin toptan göçmesine neden olabilecek bir ardışık göçme mekanizması meydana gelebilmektedir. İşte bunu önlemek için desteklerin tasarımı, onlara gelebilecek yüklerin ortalamasına göre değilde oluşabilecek maksimum yatay destek yüklerine göre yapılmalıdır. Buda yatay desteklerin, ölçülmüş destek yüklerinden belirlenen bütün sanal basınç diyagramlarınının zarfına göre tasarlanmasıyla olur.

Kohezyonsuz zeminleri destekleyecek olan yatay desteklerin tasarımı için Terzaghi ve Peck tarafından önerilen sanal (görünen) toprak basıncı diyagramı dikdörtgen basınç dağılımıdır (Şekil 3-11). Başka bir deyişle destekler eşitlik (3.4)'e göre boyutlandırılır. Bu yöntem desteğe gelebilecek en büyük yük değerini vermelidir. Herhangi bir desteğe gelebilecek en olası yük değeri en büyük değerden yaklaşık %25 daha azdır. Eşitlik (3.3)'ün çıkartıldığı kazıların derinlikleri

$$P_a = 0.65 \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H \quad (3.4)$$

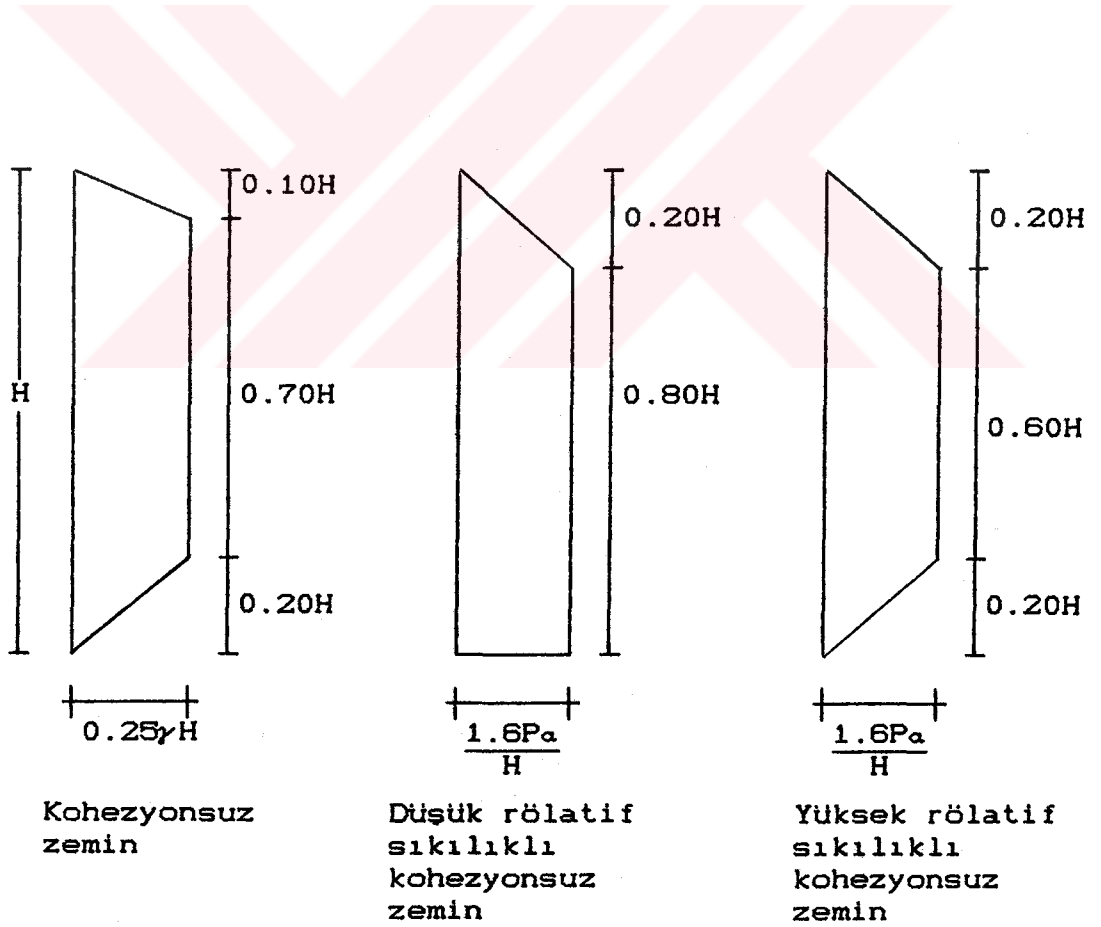


Şekil 3-11. Kum Zeminler İçin Önerilen Sanal Toprak Basıncı Diyagramı (Terzaghi, Peck, 1967).

8.5m ile 12.0m arasındadır. Terzaghi ve Peck,

tasarlanacak kazının derinliğinin bu sınırı aşması durumunda bu eşitliğin çok dikkatli olarak kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Terzaghi ve Peck, boyutlandırma için kullanılan sanal toprak basıncı diyagramının gerçek toprak basıncı diyagramından farklı olduğunu belirtmiş ve düşey desteklerde, kuşak kirişlerinde ve kaplamalarda oluşan eğilme momentlerinin yatay destek yüklerini belirlemek için önerilen sanal toprak basıncı diyagramıyla hesaplanan değerlerden küçük olduğunu eklemişlerdir.

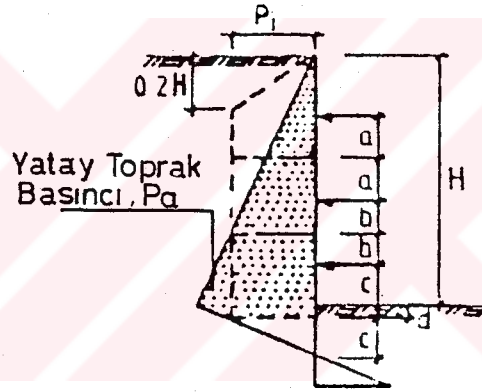
Terzaghi ve Peck tarafından önerilen dikdörtgen dağılıma ek olarak Tschobotarioff (1951) tarafından önerilen trapezoidal dağılım Şekil 3-12a 'da yer



Şekil 3-12. (a) Tschebotarioff'a, (b) ve (c) İsvec Yapı Şartnamesi (1976) 'e göre kohezyonsuz zeminlerde yanal toprak basıncı diyagramları.

almaktadır. İsvec Yapı Şartnamesi'nce önerilen toprak basıncı dağılımları ise Şekil 3-12b,c 'de gösterilmiştir. Burada P_a , kazı tabanı üstündeki toplam aktif toprak basıncını göstermekle birlikte, eğer sükunetteki toprak basıncı kabulü kullanılacaksa buna karşılık gelen değer kullanılmalıdır.

Şekil 3-12'deki toprak basıncı dağılımlarına ek olarak Stille (1976) tarafından kohezyonsuz zeminler için önerilen dağılım Şekil 3-13 'de gösterilmiştir.

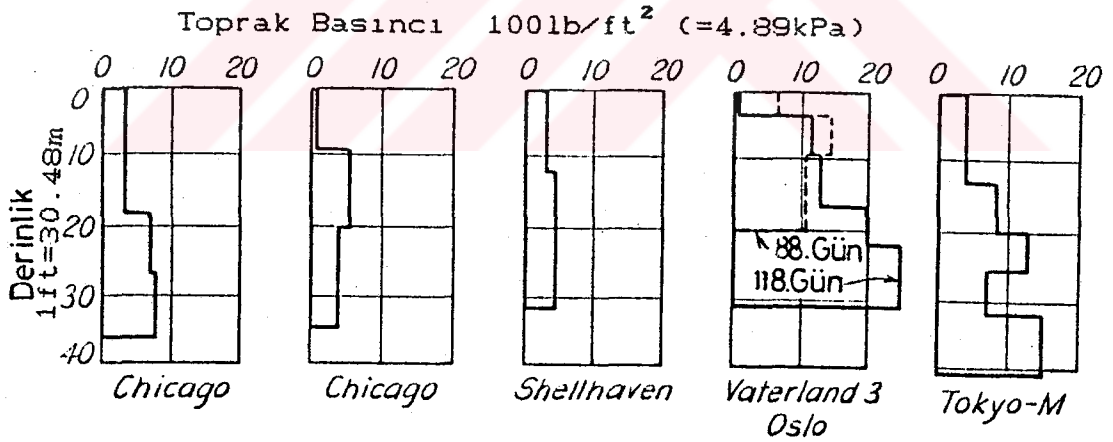


Şekil 3-13. Stille (1976) tarafından kohezyonsuz zeminler için önerilen toprak basıncı dağılımı.

3.2. YUMUŞAK-ORTA KATI KOHEZYONLU ZEMİNLERDEKİ DESTEKLEME SİSTEMLERİNE GELEN TOPRAK BASINÇLARI

Bu tip zeminler için çeşitli kazılardan elde edilmiş bazı sanal toprak basıncı diyagramları Şekil 3-14'de gösterilmiştir (Tezaghi, Peck, 1967). Burada n_a değeri 0.30 ile 0.50 arasındadır ve ortalaması 0.39 'dur.

Terzaghi, Peck (1967) 'de ifade edildiğine göre; kazı ve destekleme sistemi yapımı sırasında küçük ama zorunlu değişiklikler yatay desteklere gelen yüklerin belirlenmesinde çok önemli rol oynamaktadır. Buna örnek olarak kazının tamamlanması ile yatay desteklerin yerleştirilmesi arasında geçen süre verilebilir. Aynı kaynakta, imalat oldukça sistematik olarak gerçekleştirilse bile yatay destek yüklerinde ortalama değerden sapma miktarının %60 'a varabildiği ifade edilmiştir. Ek olarak, eğer yatay desteklerin bulunduğu düşey kesitler arasındaki yatay uzaklıklar birbirine eşitse, bir kesitte yatay desteklerin tamamı tarafından taşınan toplam yükün, her bir desteğe gelen yüklerden çok daha az değiştiği, ancak toplam yüklerde oluşan değişiminde dikkate değer miktarda olduğu ve bunun $\pm$ %30'a varabildiği belirtilmiştir.

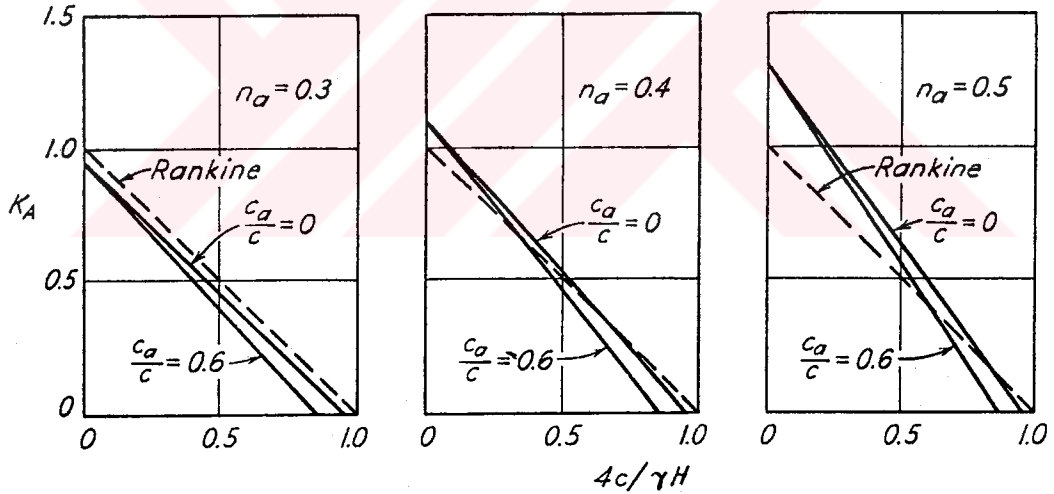


Şekil 3-14. Yumuşak Katı Kohezyonlu Zeminler İçin Çeşitli kazılardan elde edilmiş Sanal Toprak Basıncı Diyagramları.

Eğer desteklere gelen yüklerin ölçümü yalnızca bir veya iki kesitte yapılmışsa, kazı destekleme sistemine gelen toprak basıncının hesabıyla ilgili teorilerin geçerliliği hakkında hatalı sonuçlara varılabilmektedir.

Her bir destek tarafından taşınacak yükü tahmin etmek için yapılan teorik hesapların sonuçları, kesitteki desteklerin toplam yüklerindeki ve bir kesitte aynı seviyede bulunan yüklerin değişkenliğini göz önüne almak zorundadır.

Aktif toprak basıncı, yalnızca basıncın merkezini belirleyen n_a 'ya bağlı olmayıp kaplama ile zemin arasında oluşan adezyonun (c_a), kohezyona oranına (c_a/c) da bağlıdır. c_a/c oranının etkisi n_a 'ya oranla daha küçüktür. Kayma dayanımıyla karşılaştırıldığında da ihmal edilebilir düzeydedir. Bu Şekil 3-15 'den görülebilir. Burada toprak basıncı dairesel kayma yüzeyi kabulüne dayanılarak hesaplanmış ve



Şekil 3-15. Kohezyonlu Zeminlerde Kayma Yüzeyinin Dairesel Olması Kabulüne (Dolu Çizgiler) Ve Rankine Teorisine Göre (Kesik Çizgiler) Hesaplanan Aktif Toprak Basıncı Katsayıları.

$$K_a = \frac{P_a}{\frac{1}{2}\gamma H^2} \quad (3.5)$$

biçiminde ifade edilmiştir. n_a 'nın yaklaşık 0.5 'den

büyük değerleri için K_a değeri Rankine değeri olan

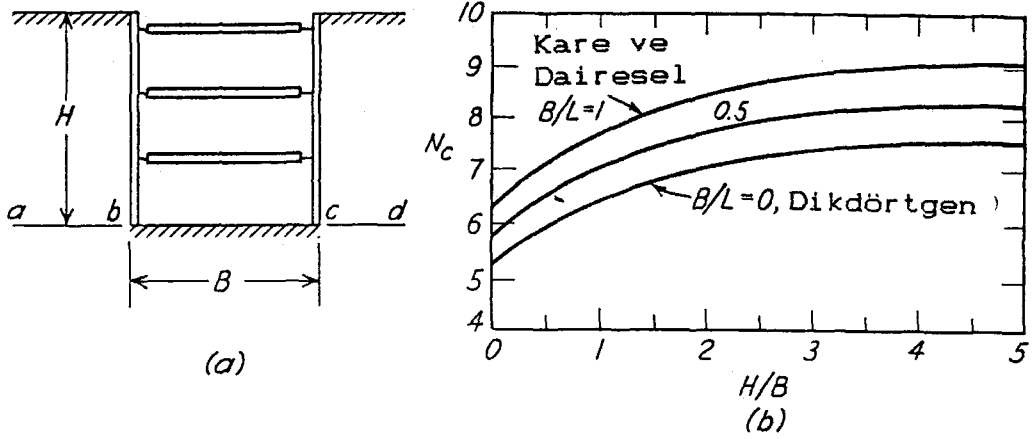
$$K_a = 1 - \frac{4 \cdot c}{\gamma \cdot H} \quad (3.6)$$

ifadesiyle yeterli doğrulukta hesaplanabilir. Terzaghi, Peck (1967) 'de (3.6) bağıntısının $n_a = 0.4$ için gözlenen tüm kazılarda hemen hemen kesin sonuç verdiği belirtilmiştir. Aynı kaynakta, (3.6) bağıntısıyla hesaplanan toplam yatay basınç değeri, ölçülen değerlerle karşılaştırılmış - bazı istisnalar dışında - ve bu iki değer arasında $\pm \%30$ 'a varan farkların oluştuğu belirtilmiştir. Oluşan bu farkın nedenin kazı tabanı stabilite koşullarına bağlı olabileceği ileri sürülmüştür.

Kazı derinliği büyük değerlere ulaştıkça, kazı kenarı civarındaki zemin tabakalarının ağırlığı kazı tabanı seviyesindeki zemine sürşarj yükü olarak etkimekte ve bu seviyedeki zeminin yatay olarak kazı çukuruna doğru hareket etmesine yol açmaktadır. Kazı tabanı civarındaki zeminin kayma direnci c ise taban göçmesi, kazı derinliği (3.7) ifadesiyle hesaplanan kritik değere ulaştığında

$$\gamma \cdot H = N_c \cdot c \quad (3.7)$$

oluşacaktır. Burada N_c stabilite sayısıdır ve değeri Şekil 3-16 'dan alınabilir. Bu şekle göre N_c 'nin değeri



Sekil 3-16. (a) Kohezyonlu Zeminde Açılan Bir Derin - Kazının Düşey Kesiti, (b) Taban Kabarmasına Karşı Stabilite İçin Taşıma Gücü Faktörü N_c 'nin Belirlenmesi.

6 ile 7 arasındadır. Kazıda toptan taban göçmesinin olup olmayacağını bir göstergesi olarak, değeri eşitlik (3.8) ile belirlenen boyutsuz N sayısı kullanılabilir..

$$N = \frac{\gamma \cdot H}{c} \quad (3.8)$$

N değerinin 3 ile 4 arasında olduğu durumlarda kazı yüzeyinin oturması ve kaplamanın hareketi önem kazanmaktadır. N 'nin bu değerlere yakın değerleri için, kazının alt kenarları civarında bir plastik bölge oluşmaya başlar ve N arttıkça plastik bölge genişler.

Ölçüm yapılan kazıların çoğunda plastik bölgenin derinliği akrajların varlığı ve dayanımı derinlikle veya kazı tabanı civarında artan malzemenin varlığı ile sınırlanır. Böyle durumlarda ölçülen ve hesaplanan toprak basıncı değerleri arasındaki yakınlık memnun edici düzeydedir. Ancak kazı tabanı altındaki zeminin yumuşak kil olduğu ve N sayısının 6.3 - 8.5 arasında bulunduğu bazı kazılarda, plastik bölge kazı tabanı civarında bir sınırlamayla karşılaşmadan oluşmuş ve kayma yüzeyi Şekil 3-15 'in dayandığı teoriden hesaplananla

uyuşmamaya başlamıştır (Terzaghi, Peck, 1967).

Terzaghi, Peck (1967)' de yukarıda belirtilen koşullar altındaki bir kazı destekleme sistemine gelen toprak basıncını hesaplamak için henüz uygun bir teori geliştirilemediği ifade edilmiş ve toprak basıncının kayma dayanımına eklenen m azaltma katsayısıyla amprik olarak geliştirilen formülle kabaca hesaplanabileceği bildirilmiştir.

$$K_a = 1 - m \cdot \frac{4 \cdot c}{\gamma \cdot H} \quad (3.9)$$

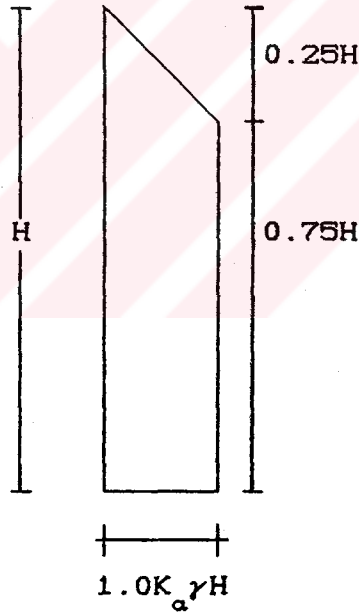
Chicago 'da kazı yapılan zemin yumuşak-orta sert, hassas olmayan aşırı konsolide kildir. Ancak bu önyüklemeye, kilin başlangıç teğet modülünü arttıracak kadar etkin olmuş, dayanımını çok etkilememiştir. Oslo 'da kazı yapılan zemin ise yumuşak-orta sert, orta hassas "truly" normal konsolide kildir. Aşırı konsolide olan Chicago kilinin başlangıç teğet modülü normal konsolide Oslo kilinden oldukça büyüktür (Terzaghi, Peck, 1967).

Aynı kaynakta Oslo 'da yapılan kazılarda N 'nin 4 'ü aştığı ve zamanda plastik bölgenin serbestçe oluşabildiği durumlarda m değerinin 0.4 olarak bulunduğu ve m 'nin büyük olasılıkla kilin gerilme-şekil değiştirme özelliğine bağlı olabileceği ifade edilmiştir. Chicago' da yapılan kazılarda da N, 4 'den büyüktür ve sert kil plastik bölgenin tam olarak oluşmasına izin verecek kadar aşağıdadır. Buna rağmen m değeri 1 dir. Bu farklılığın nedeni yukarıda kazı yapılan zeminlerin özelliklerinin belirtilmesi sırasında vurgulanan önyüklemeye durumlarının farklı olmasıdır.

Terzaghi, Peck (1967)' de yatay yüklerin, taşımak zorunda kalabilecekleri maksimum yüke göre boyutlandırılması zorunluluğu belirtilmiş ve buna bağlı olarak, ölçülen yatay destek yüklerinden belirlenen sanal

toprak basıncı diyagramlarının zarfına göre boyutlandırılması gerektiği belirtilmiştir.

Aynı kaynakta Şekil 3-17'de verilen sanal toprak basıncı dağılımının yumuşak-orta katı killerin desteklenmesinde kullanılacak yatay desteklerin boyutlandırılmasında oldukça güvenli sonuçlar verdiği, ancak bazı durumlarda kesit boyunca sınırlı yüksekliklerde (3.6) eşitliğiyle hesaplanan değeri biraz aşabildiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte yatay desteklere yansıyan etkisinin, desteklerin boyutlandırıldığı güvenlik katsayısını aşacak derecede olmadığı bildirilmiştir.

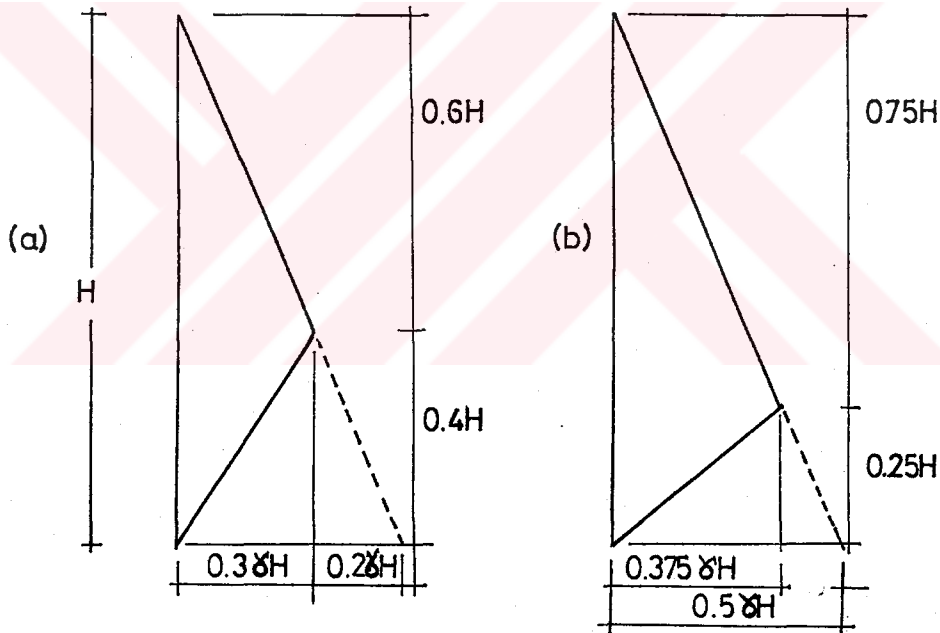


ŞEKİL 3-17. Yumuşak-orta Katı Kohezyonlu Zeminler İçin Sanal Torak Basıncı Diyagramı.

Terzaghi ve Peck yatay destek yüklerinin hesabında kullanılan yöntemin kumlarda kullanılanla aynı olduğunu ve eğer N sayısı 4'ü geçmemek ve kazı tabanı altındaki kohezyonlu zeminin başlangıç teğet modülünün çok küçük olmaması koşuluyla, m azaltma faktörünün 1

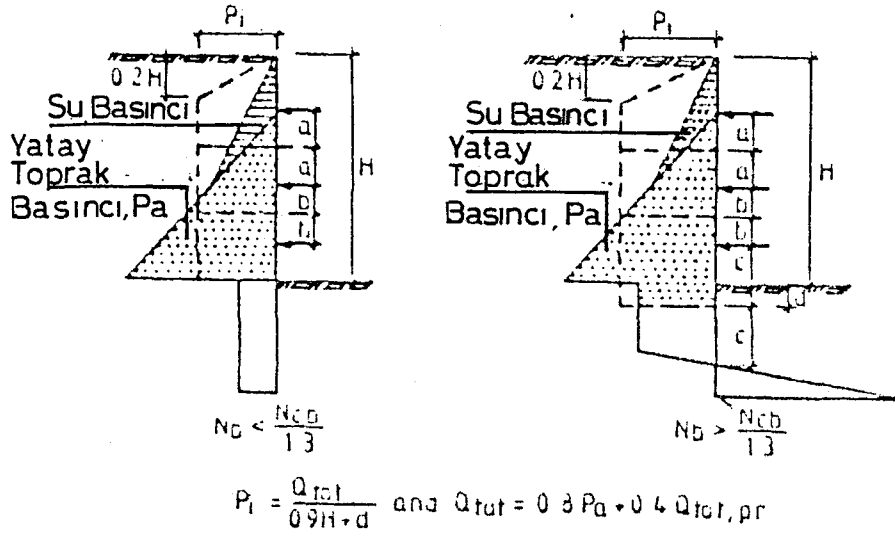
alınabileceğini ifade etmişlerdir.

Kohezyonlu zeminlerdeki kazı destekleme sistemlerinin boyutlandırılmasında kullanılan başka bir sanal toprak basıncı diyagramı da Tschebotarioff (1951) tarafından önerilmiştir. Tschebotarioff, Terzaghi ve Peck tarafından önerilen yamuk dağılımın, kazının belli bir yüksekliği boyunca doğru olduğunu bildirmiş ve bu yüksekliğin üstünde diyagramın ekonomik olmayan, altında ise güvenli olmayan sonuçlar verdiğini ileri sürmüştür. Tschebotarioff kohezyonlu zeminler için iki ayrı sanal toprak basıncı diyagramı önermiştir. Bunlar katı killerde geçici destekleme sistemleri (Şekil 3-18a) ve orta katı killerde sürekli destekleme sistemleridir (Şekil 3-18b).



Şekil 3-18. Tschebotarioff Tarafından Önerilen Sanal Basıncı Diyagramları (a) Katı Kilde Geçici Destekleme (b) Orta Katı Kilde Sürekli Destekleme.

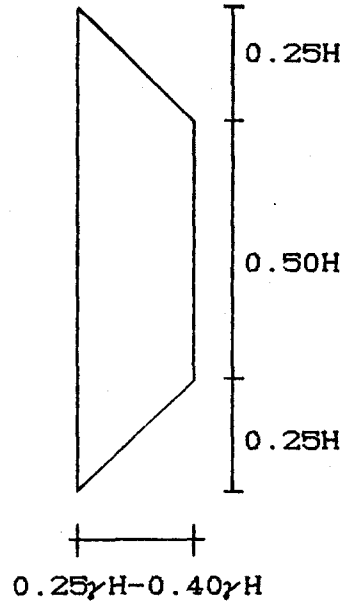
Stille (1976) tarafından kohezyonlu zeminler için önerilen sanal toprak basıncı diyagramları da Şekil 3-19'da gösterilmiştir.



Sekil 3-19. Stille Tarafından Önerilen Sanal Toprak Basıncı Diyagramları.

3.3. ÇATLAKLI-SERT KOHEZYONLU ZEMİNLERDEKİ DESTEKLEME SİSTEMLERİNE GELEN TOPRAK BASINÇLARI

Bu tip zeminler için kullanılmakta olan sanal basınç diyagramı K.Terzaghi ve R.Peck tarafından önerilmiştir (Şekil 3-20). Maksimum boyutlandırma basıncı $0.2\gamma H$ ile $0.4\gamma H$ arasında değişmektedir. Maksimum boyutlandırma basıncının değeri kilin özelliklerine, çatlak sisteminin yapısına ve kilin dayanımının zamanla değişimine bağlıdır. Bu değer in seçimi yukarıda belirtilen özelliklerin ne kadarının bilindiğine ve tasarımcı mühendisle yüklenici firmanın deneyimlerine bağlıdır.



Sekil 3-20. Çatlaklı-Sert Kohezyonlu Zeminler İçin Sanal Basınc Diyagramı.

BÖLÜM 4. DESTEKLENMİŞ DERİN KAZILARDA OLUŞAN HAREKETLER HAKKINDAKİ ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ

Her desteklenmiş kazıda zemin cinsi, duvar rijitliği gibi parametrelere bağlı olmak üzere bir miktar hareket olur. Desteklenmiş kazılarda oluşan hareketlerin bağlı oldukları parametreler oldukça fazladır. Bunlardan çoğunun değiştirilmesi veya kontrol altına alınması ya çok zor yada sınırlı olarak gerçekleştirilir. Clough ve Schmidt (1981) tarafından zemin ve destekleme sisteminin hareketine etkileyen parametreler şu şekilde sıralanmıştır:

- 1) Destekleme sisteminin tipi,
- 2) Destekleme sisteminin rijitliği,
- 3) Duvarın zemin içinde kalan bölümünün uzunluğu,
- 4) Öngerme yükünün büyüklüğü,
- 5) Destekleme sisteminin yapım yöntemi,
- 6) İnşaat yapım hızı,
- 7) Kazı içindeki yapıların imalat yöntemi,
- 8) Sürsaj yükünün büyüklüğü,
- 9) Zemin ayrışma hızı,
- 10) Zeminin özellikleri,
- 11) Komşu yapılar,
- 12) Kazının şekli ve derinliği.

Palmer ve Kenny (1972) yukardaki parametrelerden bazılarını kullanarak bir parametrik çalışma yapmışlar ve bunların göreceli etkilerini belirlemişlerdir (Tablo 4-1). Buna göre en etkin parametreler zeminin, perdenin ve yatay desteklerin rijitlikleridir.

Desteklenmiş kazılarda oluşan hareketleri teorik yolla hesaplama olanağı yoktur. Bu hareketler ya yaklaşık çözüm yöntemleri kullanılarak ya da sonlu

Tablo 4-1. Çeşitli Parmetrelerin Hareket Ve Destek Yüküne Etkisi (Palmer ve Kenny, 1972).

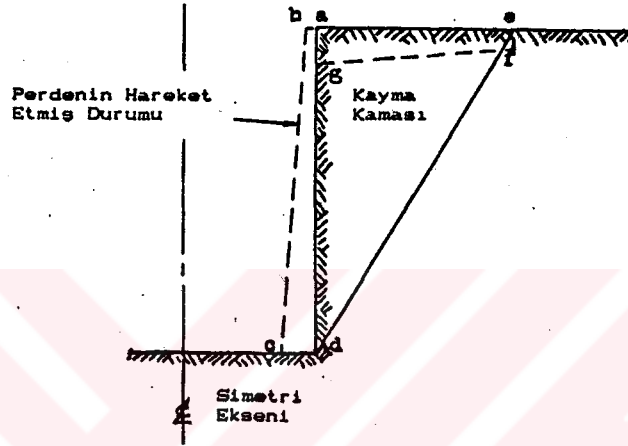
PARAMETRE	Görelî Etkisi	
	Hareketler	Maks. Destek Yükü
ZEMİNİN DURUMU :		
Başlangıç Gerilme Oranı } Kayma Mukavemeti	-1	-1
Kayma Mukavemeti Azalışı	+1	+1
Ezemin	-3	-2
Zemin-Kazık Adezyonu	-1	-1
DESTEKLEME SİSTEMİNİN DURUMU:		
Efektif Yatay Destek Rijitliği	-3	+3
Eİkazık	-3	+2
Öngerme Yükü	-2	+3
Yatay Destekler Arası Düşey Uzaklık	+2	-3

1:En Küçük Etki 2:Orta Etki 3:En Büyük Etki
Parametredeki artış, hareket veya yükün değerinin,
+ ise arttığını
- ise azaldığını gösterir.

elemanlar yöntemi kullanılarak belirlenebilir. Yaklaşık yöntemlerden ikisi aşağıda anlatılmıştır. Birincisi bilinen yatay hareketlerden yararlanarak zemin yüzeyindeki oturmaların, ikincisi ise hem yatay duvar hareketlerinin hem düşey zemin hareketlerinin bulunmasıdır.

Kazı çevresindeki binaların zarar görmemesini sağlamak için yatay ve düşey hareketlerin belirlenmesinin önemli olduğu daha önceden belirtilmişti. Caspe (1966), düşey destekleme sisteminin yatay hareketinin ölçülmesi durumunda, zemin yüzeyinde oluşacak oturmaları hesaplayabilmek için basit ve pratik bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem şu şekilde açıklanabilir:

Destekleme sisteminin arkasında aktif toprak basıncına göre oluşan kayma kamasının hacmi değişmemektedir. Bu yüzden kazı düşey yüzünde oluşan yatay hareketler kazı üst yüzünde oturmaya yol açacaktır (Şekil 4-1). Oluşan bu oturmanın hacmi yatay hareketin hacmine eşit olmaktadır.



Şekil 4-1. Kayma Kamasının Etkilediği Bölge.

Şekil 4-2'de gösterilen mc yüzeyinin arkasındaki zemin ve destekleme sistemi zeminde kemerleme yaratarak mesnet gibi çalışırlar. Buna bağlı olarak arada kalan A bölgesindeki zemin, bir taraftan diğerine doğru büyük yatay basıncı aktaran elastik bir ortam olarak düşünülebilir. Bu sırada plastik dengeye ulaşmak için gerekli hareketten daha büyük duvar hareketleri oluşursa, bu hareketler yatay basıncın değerini azaltarak zemini üniform biçimde germeye çalışacaktır.

Duvar yatay olarak hareket ettiğinde, Şekil 4-2'de gösterilen H yüksekliğinde ve L uzunluğundaki dilim tüm uzunluk boyunca üniform olarak gerilecektir. Duvardaki reaksiyonun azalması, kayma kamasının bir tarafından diğerine iletilecek ve böylece mc'nin arkasında bulunan zemindeki reaksiyonda eşit miktarda azalacaktır. Sözü edilen dilim Δ kadar uzadığında yatay şekildeğiştirme

$$\varepsilon_v = \frac{\nu}{1-\nu} \varepsilon_h \quad (4.3)$$

Caspe, Şekil 4-2'deki B bölgesi ve C bölgesini, gerilme-şekildeğiştirme durumu, kazıdan ötürü hiç değişmemiş veya ihmal edilebilir düzeyde değişmiş bir bölge olarak tanımlamıştır. Logaritmik spiral kayma yüzeyini belirleyen yarıçaplar, kazı genişliği B'ye bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$r_o = \frac{B}{2 \cdot \cos(45 - \phi/2)} \quad (4.4)$$

$$r_1 = r_o \cdot e^{-((45 + \phi/2) \cdot \tan \phi / 57.3)} \quad (4.5)$$

$$r_2 = r_o \cdot e^{-(90 \cdot \tan \phi / 57.3)} \quad (4.6)$$

Eğer $\phi = 0$ olursa yukardaki formüller

$$r_o = r_1 = r_2 = B/\sqrt{2} \quad (4.7)$$

şeklini alırlar ki buda merkezi C noktası olan dairenin yarıçapıdır.

Şekil 4-2'den görüldüğü gibi kazı tabanına yaklaştıkça yatay hareket Δ , artmaktadır. Bununla birlikte dilimlerin boyu L, azalmakta ve C noktasında sıfır olmaktadır. Kazı tabanının biraz üstündeki bir noktada duvarın yatay hareketinden kaynaklanan yatay gerilme değeri, A bölgesinde bulunan zeminin basınç gerilmesi değerini aşar. Bu noktanın altındaki noktalarda L uzunluğundaki dilim artık kemerlenme işlevini yerine getiremez. Bu bölgedeki zeminin, elastik olarak davrandığı kabul edilen B bölgesine ait olduğu kabul edilir. Sözü edilen

kazı derinliğinin %40'ı mesafede olduğu varsayılmış ve bu aradaki dilimlerde oluşan kısalmanın,

$$\delta = 2v \frac{H \cdot \Delta'}{L} \quad (4.8)$$

formülüyle hesaplanabileceği belirtilmiştir.

Kazının aşağı kesimlerindeki zeminin kayma rijitliği, ef'nin arkasındaki zeminde önemli uzamaların oluşmasını engelleyecektir. Bununla birlikte yukarı kesimlerde kayma rijitliği büyük değildir ve bundan ötürü burada bir miktar uzama oluşabilir. Caspe, bu yüzden Şekil 4-2'deki mc ve efg eğrileri yerine Şekil 4-3'deki nc ve kfj doğrularını kullanmış, böylece kayma rijitliğinin derinlikle değişiminide hesaba katmıştır. Logaritmik spiral eğriler yerine doğruların kullanımı hesabı kolaylaştırmıştır. Oturma etkisinin gözlemlendiği uzunluk,

$$\overline{dk} = (\overline{dc} + \overline{cj}) \cdot \tan(45 - \phi/2) \quad (4.9)$$

formülüyle verilmiştir.

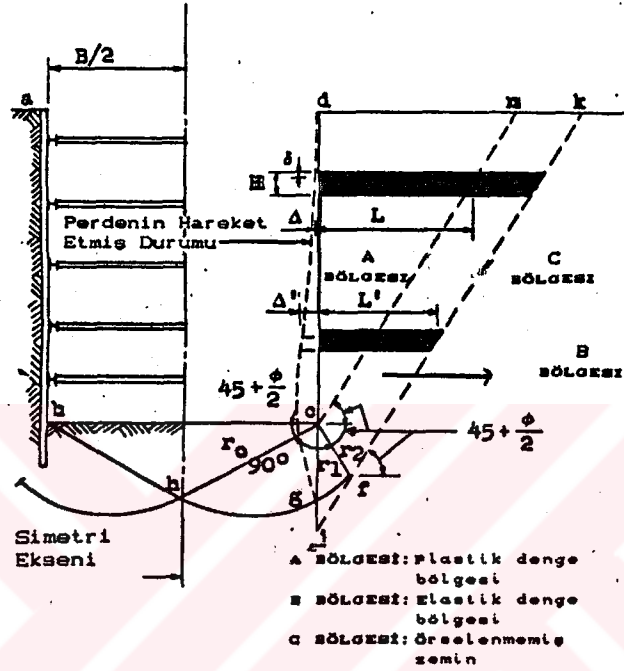
Bowles (1988), duvarın yatay hareket değerlerini sayısal olarak integre edip oluşan hareketin hacmi V_s 'i bulmuştur. Ayrıca kazı tabanı altındaki uzunluğu $H_p = B$ ($\phi = 0$ için) ve $H_p = 0.5 \cdot B \cdot \tan(45 + \phi/2)$ ($\phi > 0$ için) şeklinde hesaplamıştır. Oturma etki derinliğininide $\Delta = (H_p + H) \cdot \tan(45 - \phi/2)$ olarak hesaplanmıştır. Bunlardan yararlanarak duvardaki oturmayı

$$S_v = \frac{4V_s}{\Delta} \quad (4.10)$$

formülüyle, zemindeki oturmayı ise parabolik değişim kabulünden

$$S_i = S_v \cdot \left(\frac{x}{\Delta} \right)^2 \quad (4.11)$$

formülüyle hesaplanmıştır.



Sekil 4-3. Perde Arkasında Bulunan Zemindeki Eşdeğer Bölgeler.

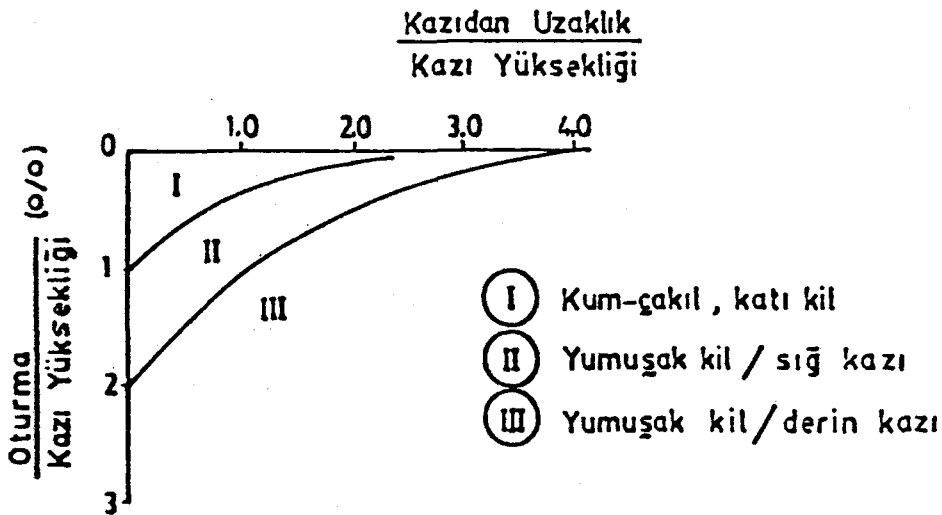
Bu yöntemin en önemli üstünlüğü, yalnızca duvar yatay hareket profiline ve poisson oranına gereksinim duymasıdır.

Bununla birlikte Peck (1969) tarafından önerilen diyagramda (Şekil 4-4), duvar arkasındaki zemin yüzeyinde oluşan oturmaları zemin cinsine ve kazı derinliğine bağlı olarak belirleyebilmektedir. Görüldüğü gibi bu diyagramdan tahmin yapmak için duvar yatay hareketi profilinin ve poisson oranının bilinmesine gerek yoktur. Yalnızca zemin cinsi hakkında bir fikre sahip olmak yeterlidir.

Mana, Clough (1981) duvar ve zeminde oluşacak

Mana, Clough (1981) duvar ve zeminde oluşacak hareketlerin şiddet ve dağılımlarını belirlemek için beş ayrı parametreyi hesaba katabilen bir yöntem geliştirmişlerdir. Mana ve Clough bu yöntemi hem arazi ölçüm sonuçlarını, hemde sonlu elemanlar yöntemini birlikte kullanarak geliştirmişlerdir. Arazi ölçümlerinin kullanılması geçerli bir yöntem geliştirilmesi açısından yararlı olmuştur. Ancak arazi ölçümleri, yapım aşamalarındaki ayrıntıların değerlendirilmesinde yetersiz kalmıştır. Bunun üzerine Mana ve Clough bu ayrıntıları değerlendirebilmek için sonlu elemanlar yönteminden yararlanmışlardır.

Bu yöntem yumuşak-orta katı kil zeminde yapılan yatay destekli derin kazılarda oluşan hareketlerin tahmin edilmesi için geliştirilmiştir. Ankrajlı destekleme sistemlerine uygulanabilmesinin koşulu ankrajların hareket etmeyen zemin bölgesine yerleştirilmesidir. Ankraj hareketleri, yöntemin geliştirilmesi sırasında hesaba katılmadığından, bu tip bir hareket yöntemin uygulanabilirliğini ortadan kaldıracaktır.



Selik 4-4. Peck (1969) 'in Duvar Arkasındaki Oturmaları Tahmin Etmek İçin Önerdiği Diyagram.

Mana ve Clough geliştirdikleri yöntemi şu şekilde açıklamışlardır:

1. Hareketlerin belirlenmesinin istendiği her yapım aşamasında, izotrop zeminler için Şekil 4-5'den, anizotrop zeminler için, Clough, Hansen (1977)'de belirtildiği gibi taban kabarmasına karşı güvenlik katsayısı hesaplanır. Herbir yapım aşamasındaki güvenlik katsayısı, hareketlerin tahmini sırasında kullanılacaktır. Ancak kazı yapıldıkça sağlam tabakalarla karşılaşılmasından ötürü güvenlik katsayısında bir artış oluyorsa, bu durum geçerliliğini yitirir. Sağlam tabakayla karşılaşılması durumunda, esas güvenlik katsayısı olarak kazı aşamalarındaki güvenlik katsayılarından en küçüğü alınır.

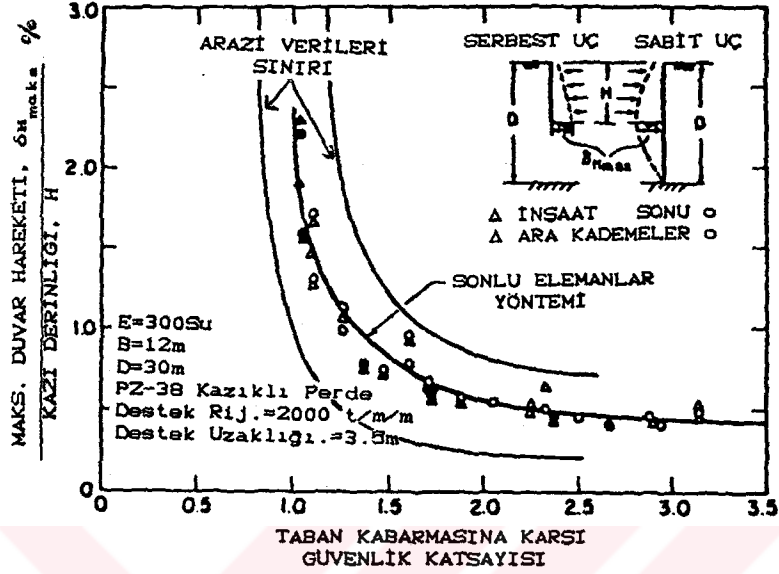
2. Şekil 4-6'de belirtilen taban kabarmasına karşı güvenlik katsayısı ile duvar hareketi arasındaki bağıntıdan yararlanılarak maksimum yatay duvar hareketi, δH_{max} , tahmin edilir.

3. Duvar rijitliği, $EI/h^4\gamma$, yatay destek rijitliği $S/h\gamma$, sert tabakaya olan uzaklık, D ve kazı genişliği B 'ye bağlı olan etki faktörleri α_w , α_s , α_D ve α_B Şekil 4-7, Şekil 4-8, Şekil 4-9 ve Şekil 4-10'dan yararlanılarak bulunur. Burada s , birim uzunluktaki yatay desteğin etkin rijitliği, h , destek noktaları arasındaki maksimum düşey uzaklık olarak tanımlanır.

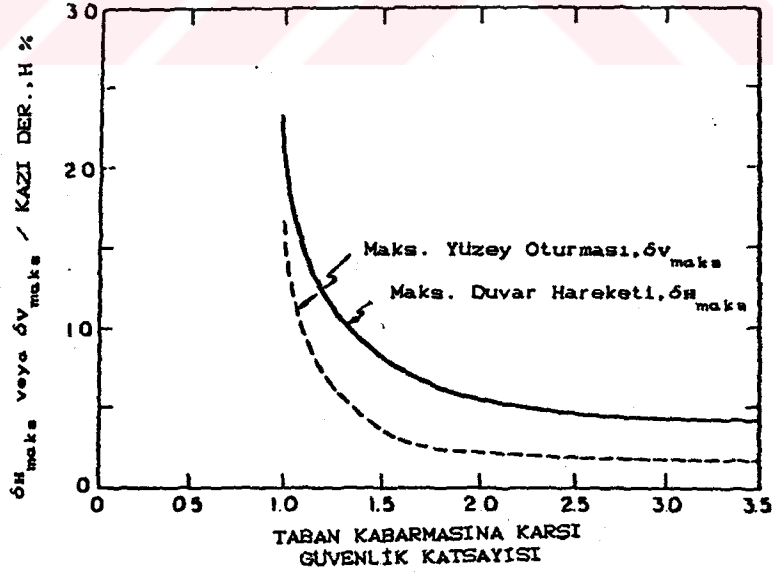
4. Şekil 4-11'den yararlanılarak, istenilen öngerme yüküne karşılık gelen yatay destek öngerme etki katsayısı, α_p , belirlenir.

5. Mevcut deney sonuçlarından veya literatürden (örneğin Berre, 1973) yararlanılarak modül çarpanı, M , ($E=M \cdot S_u$) bulunur. Yumuşak-orta yumuşak ve düşük-orta plastisiteli killeri için $M=300$ alındığında, tahmin edilen hareketler ile gözlenen hareketler uyusmaktadır. Bundan

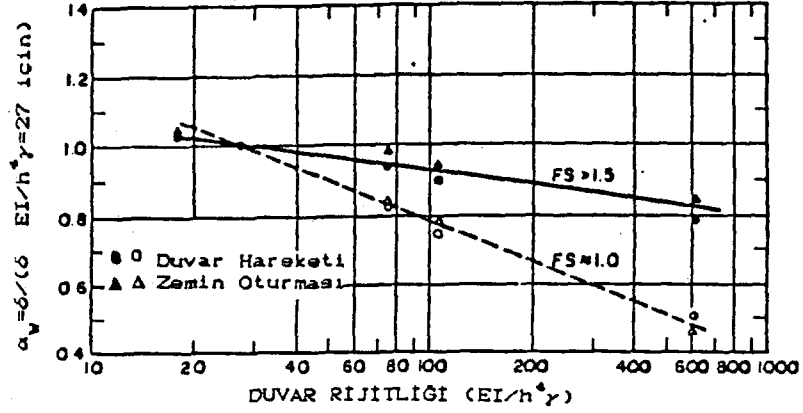
sonra modül çarpanı etki katsayısı, α_M , Şekil 4-12 yardımıyla bulunur.



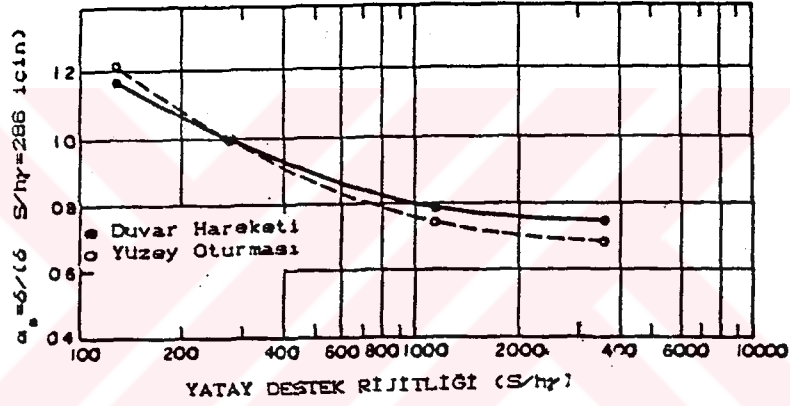
Sekil 4-5. Maksimum Yatay Duvar Hareketi ile Taban Kabarmasının Güvenlik Katsayısı Arasında Analitik Olarak Belirlenmiş İlişki (Mana ve Clough, 1981).



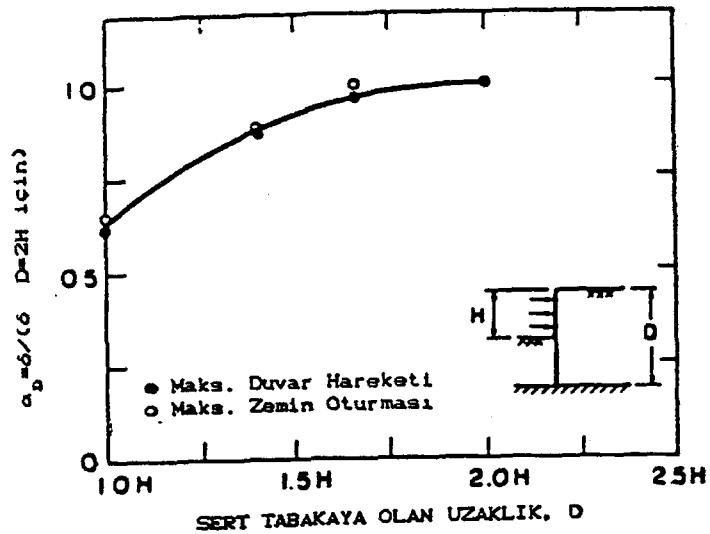
Sekil 4-6. Maksimum Yüzey Oturması ile Maksimum Duvar Hareketinin Güvenlik Katsayısına Bağlı Olarak Tanımlandığı Analitik İlişki (Mana ve Clough, 1981).



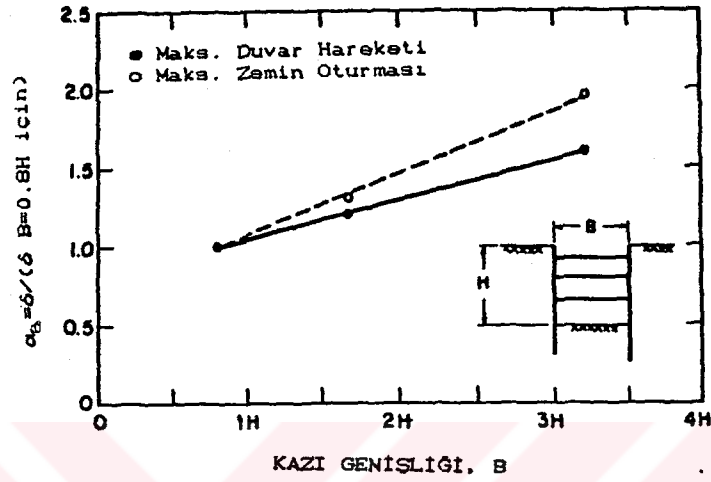
Sekil 4-7. Duvar Rijitliğinin Maksimum Yatay Duvar Hareketine Etkisi (Mana ve Clough, 1981).



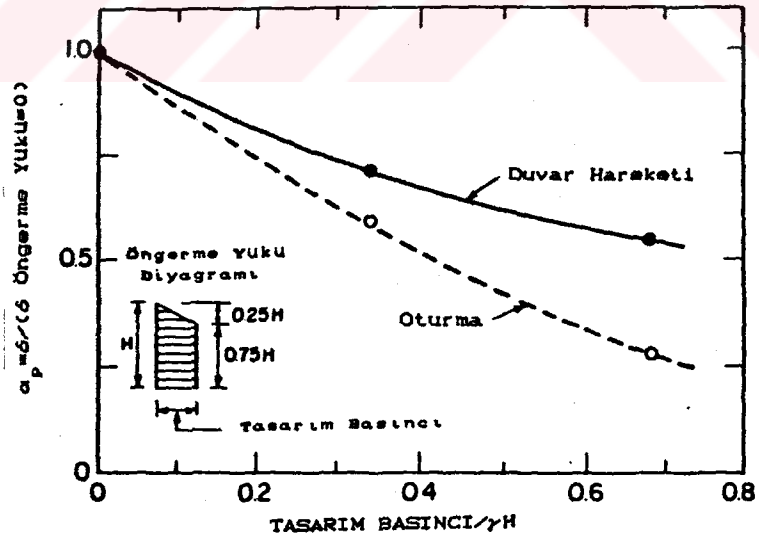
Sekil 4-8. Yatay Destek Rijitliğinin Maksimum Yatay Duvar Hareketine Etkisi (Mana ve Clough, 1981).



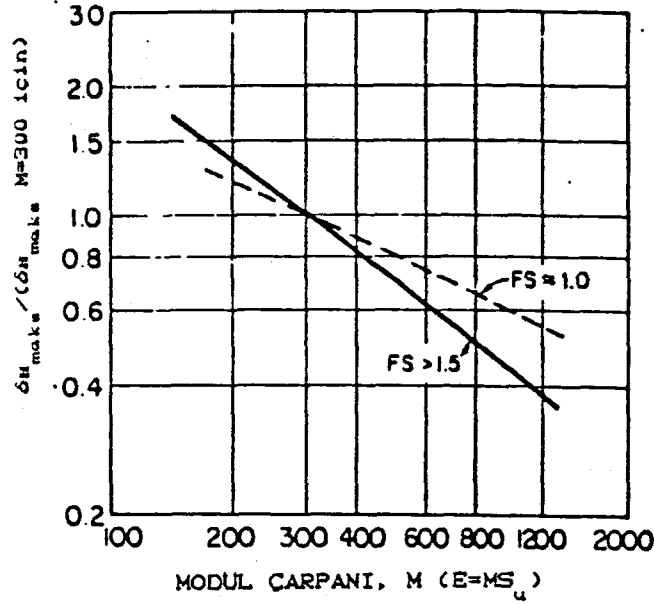
Sekil 4-9. Sert Tabakaya Olan Uzaklığın Maksimum Yatay Duvar Hareketine Etkisi (Mana ve Clough, 1981).



Sekil 4-10. Kazı Genişliğinin Maksimum Yatay Duvar Hareketine Etkisi (Mana ve Clough, 1981).



Sekil 4-11. Yatay Destek Öngerme Yükünün Maksimum Yatay Duvar Hareketine Etkisi (Mana ve Clough, 1981).



Şekil 4-12. Modül Çarpanının Maksimum Yatay Duvar Hareketine Etkisi (Mana ve Clough, 1981).

6. Yukardaki adımlardan elde edilen δH_{max} ve etki katsayıları kullanılarak maksimum yatay duvar hareketinin değiştirilmiş değeri, δH_{max}^* , tahmin edilir.

$$\delta H_{max}^* = \delta H_{max} \cdot \alpha_M \cdot \alpha_W \cdot \alpha_S \cdot \alpha_P \cdot \alpha_D \cdot \alpha_B \quad (4.12)$$

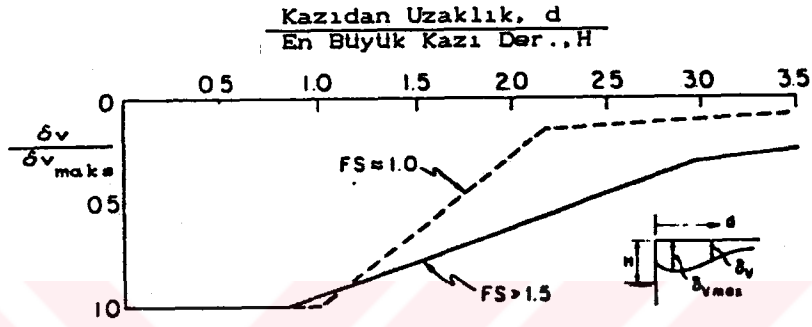
7. Değiştirilmiş maksimum yüzey oturması değeri, δH_{max}^* 'ın 0.6-1.0 ile çarpılması ile elde edilir.

8. Zemin yüzü oturma profili, yedinci adımdan bulunan değer ve Şekil 4-13 yardımı ile bulunur.

9. Yatay duvar hareketi profili ise, Hansen (1980) ve Mana (1980)'den yararlanılarak belirlenir.

Bu yöntem kullanıldığında dikkat edilecek husus, yöntemin, yatay destek kotundan daha aşağıya kazmak, yatay destekleri geç yerleştirmek, duvar dibine sürsaj yükü

etkitmek gibi kötü yapım koşullarından ve konsolidasyondan kaynaklanan hareketleri gözönüne alamadığıdır. Yatay destekli kazılarda oluşan hareketler tahmin edilirken kullanılacak güvenlik derecesine, bu faktörleri hesaba katarak karar verilir.



Sekil 4-13. Normalize Edilmiş Zemin Yüzeyi Oturma Profili (Mana ve Clough, 1981).

BÖLÜM 5. DESTEKLENMİŞ DERİN KAZILARDA ÖLÇÜM YAPILMASI

Geoteknik mühendisliğinde ölçüm, bir geoteknik probleminde değerlendirilmesi gereken çok ve nitelikli bilgiyi elde etmede kullanılan aletler ve ölçüm teknolojisi ile ilgili etkinliklerin tümü olarak tanımlanabilir. Bunun için teknik ustalık, bilgi ve deneyim gerekir. Herhangi bir temel mühendisliği yapısında ölçüm yapımının amaçları şu şekilde sıralanabilir:

a- Ölçümlerin en çok uygulandığı durumlardan bir tanesi yapının ve çevresinin güvenlikte olup olmadığının denetlenmesidir. Bunun için ölçülen değişkenlerin kritik değerleri önceden belirlenir. Eğer ölçüm sırasında bu değerlere ulaşırsa, gerekli uyarılar yapılır ve önlemler alınır.

b- Arazinin, inşaat başlamadan önceki durumunu belirlemek için ölçüm yapılır. Böylece tasarım sırasında kullanılacak bazı parametreler belirlenmiş olur.

c- Arazinin topoğrafyasının ve çevredeki hasar görme olasılığı olan yapıların durumlarını belirlemek amacıyla yapılabilir. Böylece kazıdan sorumlu kişilerin elinde, ileride çevredeki yapı sahipleriyle doğabilecek anlaşmazlıklara karşı delil bulunacaktır.

d- Teorik yolla servis yükleri tam olarak belirlenemeyen ankraj ve kazık gibi elemanların taşıma güçleri; ankraj çekme veya kazık yükleme deneyleri ile belirlenir veya kontrol edilir.

e- Yapımı sürmekte olan bir yapıda ölçüm yapmanın

diğer bir amacıda, yapının tasarıma uygun olarak yapılıp yapılmadığının kontrolüdür. Bu amaçla yapılan ölçümlerle, yapılan tasarımın güvenlik katsayısı da belirlenir. Eğer güvenlik katsayısı yüksek bulunursa, inşaatın ilerleyen aşamalarında bu değer istenilen düzeye indirilerek, yapının daha ekonomik olarak üretilmesi sağlanmış olur.

Ölçüm yapacak her aletin mutlaka belirli bir amacı olmalı, yani sorulan bir sorunun yanıtı olmalıdır. Bu Ralph Peck tarafından şu cümleyle dile getirilmiştir: " Bir projede kullanılan her alet belirli bir soruya yanıt bulmaya yardımcı olmak için seçilmeli ve yerleştirilmelidir; eğer soru yoksa , aletlendirme de olmamalıdır".

Ölçüm yapılmakta kullanılacak aletlerin seçimi, yerlerinin belirlenmesi, kullanma talimatlarının hazırlanması, kullanacak kişilerin eğitilmesi gibi konuları kapsayacak bir programın hazırlanması, ölçüm sonuçlarının yararlı ve güvenilir olması açısından son derece önemlidir. Böyle bir ölçüm planı için Dunnicliff (1988) tarafından önerilen düzen aşağıda ana başlıklarıyla sunulmuştur:

- 1) Proje koşullarının tanımlanması,
- 2) Davranışı kontrol eden mekanizmaların tahmini,
- 3) Yanıtlanması gerekli soruların belirlenmesi,
- 4) Ölçümün amacının belirlenmesi,
- 5) Ölçümü yapılacak parametrelerin seçimi,
- 6) Parametrelerdeki değişimlerin değerlerinin tahmin edilmesi,
- 7) Tehlikeli durumlar ortaya çıktığında alınacak önlemlerin belirlenmesi,
- 8) Ölçüm düzeneğinin tasarımı, gerçekleştirilmesi ve ölçüm yapılması aşamalarındaki görev ve sorumluluk dağılımının belirlenmesi,
- 9) Ölçüm aletlerinin seçimi. Bunda gözetilecek

temel ilke güvenilirliktir. Buda aletlerin basitliği ile orantılıdır,

10) Aletlerin yerleştirilecekleri bölgelerin belirlenmesi,

11) Ölçülen veriyi etkileyebilecek faktörlerin tahmin edilmesi ve ölçüm sırasında bunlarla ilgili kayıtların tutulması,

12) Okumaların doğruluğunu kontrol edebilecek düzeneklerin kurulması- örneğin çok basit yöntemlerle ikinci bir ölçüm yapmak,

13) Ölçüm aletlerinin herbirinin kullanım amaçlarının belirlenmesi- eğer herhangi bir aletin kullanımı için yeterli bir neden gösterilemiyorsa o alet ölçüm sisteminden çıkartılmalıdır,

14) Gider bütçesinin hazırlanması,

15) Aletlerin elde edilmesiyle ilgili sözleşmenin yazılması,

16) Aletlerin yerleştirilme planının hazırlanması,

17) Kalibrasyonun düzenli olarak yapılabilmesi ve sürekliliğin sağlanması için gerekli planların yapılması,

18) Veri toplanışının, işlenişinin, sunumunun ve yorumunun planlanması,

19) Arazi ölçümü için gerekli tüm işlemleri kapsayan bir anlaşmanın yazılması,

20) Gider bütçesinin güncelleştirilmesidir.

Eğer daha önceden benzer ölçüm düzenekleri planlanmışsa, yukarıda belirtilen adımlardan bazıları atlanabilir. Ölçüm düzeneğinin kurulması konusunda belirtilmesi gereken önemli noktalardan biriside bütçe hazırlanırken minimum maliyet ilkesinin kesinlikle gözetilmemesidir. Böyle bir ilke ölçülecek sistemin davranışını belirlemek için gerekli alet sayısından daha az aletin kullanımını veya gerekli prezisyonu sağlamayan aletlerin seçimini doğuracaktır. Bu ise en kötü sonucu, yanlış bilgi edinilmesi sonucunu doğuracak ve belkide önlem alınması gereken bir durumun, "güvenli" olarak yorumlanmasına yol açacaktır. Ölçüm düzeneğinin

kurulması için gerekli bütçenin belirlenmesindeki temel ilke güvenilir bir düzenin optimum fiyatla kurulması olmalıdır.

5.1. Desteklenmiş Derin Kazılarda Ölçüm Yapmanın Temel Nedenleri

Derin kazı destekleme sistemlerinin tasarımı ve yapımı, amprik bağıntı ve diyagramlar yardımıyla elde edilen deneyimler göz önünde bulundurularak yapılır. Bu tip yapılarda tasarım sırasında güvenlik katsayısı büyük tutulmadıkça bazı elemanların veya sistemin göçme olasılığı görece olarak daha fazladır. Bu gibi yapıların çoğunlukla şehir içinde yapıldığı gözönüne alındığında, herhangi bir çökme veya göçme durumunda oluşacak maddi ve manevi zararların boyutları daha kolay kavranır. Yukarıda anlatılanlar birlikte değerlendirildiğinde desteklenmiş derin kazılarda ölçüm yapmanın gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte arazi ve destekleme sisteminin yapımı hakkında yeterli deneyim elde edilmişse tasarım güvenlik katsayısı yüksek seçilerek yapılmışsa veya oluşacak arızalar önemli sonuçlar doğurmayacaksa (örneğin kazı çevresinde aşırı hareketten etkilenecek yapılar yoksa) ölçüm yapmaya gerek duyulmayabilir.

Desteklenmiş derin kazılarda yapılacak ölçümler aşağıda belirtilen işlevlerden bir veya birkaçını yerine getirebilmektedir.

1) Kazının stabilitesini değerlendirmek ve inşaatın güvenlik içinde yürütülüp yürütülmediğini denetlemek,

2) Kazıdan ötürü çevre zeminde oluşan değişikliklerin (oturma, kabarma veya yatay hareket gibi değişiklikler) komşu yapılara, kanalizasyon veya telefon şebekesi gibi yeraltı yapılarına zarar verip vermediğini belirlemek,

3) Yapılan ölçümlerden elde edilen bilgileri değerlendirerek inşaatın kalan bölümlerini daha güvenli veya daha ekonomik olarak tamamlamak, -buna gözlemsel yöntem adı verilmektedir.

4) Daha sonra yapılacak olan destekleme sistemlerinin hem daha güvenli hem daha ekonomik olarak yapılmasını sağlamak için bilgi toplamaktır.

Bir derin kazı destekleme sisteminin yapımında ortaya çıkan temel problemler ve bunların gözlenmesinde kullanılabilecek ölçüm sistemleri DiBiagio, Myrvoll (1981) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

1) Taban göçmesine karşı güvenlik katsayısı düşük olabilir. Bunun için ölçüm düzeneği, taban kabarmasının gözlenmesine izin verecek şekilde kurulmalıdır. Kazı seviyesi kritik derinliklere (örneğin bir sıra ankraj gerildikten sonra bir sonraki ankraj düzeyine kadar kazının yapıldığı ancak bu sıradaki ankrajların gerilmediği durum) ulaştıkça, oturma ve kabarmalar gözlenmelidir. Özellikle oturma ve kabarmaların hızları denetlenmelidir. Düşey destekleme sisteminin alt bölümündeki yatay hareketlerin hızı, kazıdaki stabilite bozukluğunun incelenmesinde önemli bir parametredir.

Oluşan kabarmaları ölçmek için, kazı tabanına yerleştirilen kabarma ölçerler (heave gage) kullanılmaktadır. Bunların en çok kullanılanları mekanik kabarma ölçerler (mechanic heave gage), manyetik/çubuk anahtarlı ölçerler (magnet/reed switch gage) ve çubuk uzama ölçerlerdir (borhole extensometer). Yatay hareketlerin ölçümü, destekleme sistemi boyunca kaplamalı kuyulara yerleştirilen eğim ölçerler (inclinometer) aracılığıyla yapılır (Dunnicliff, 1988).

2) Yatay desteklerin (veya ankrajların) aşırı

yüklenme tehlikesi vardır. Bunun yol açabileceği zararları ortadan kaldırmak için pratik ve ekonomik koşulların izin verdiği ölçüde çok yatay desteğin (veya ankrajın) yükü gözlenmelidir. Destek yüklerinin izin verilebilir sınırları aşması olasılığına karşı, zaman kaybetmeden yenilerini yerleştirmek için, yedek destekler hazır bulundurulmalıdır.

Yatay desteklerdeki yükü ölçmek için genellikle yüzeye yapıştırılan titreşimli şekildeğiştiren ölçerler (surface-mounted vibrating wire strain gage) tercih edilir. Bazende ikincil ölçümleri yapmak için mekanik şekildeğiştirme ölçerler kullanılır. Bu uygulama için, yük hücrelerinin kullanımı tercih edilmez. Çünkü yük hücresinin yerleştirilmesi, yatay desteğin yerleştirilme yönteminin değiştirilmesine yol açar ki, buda yatay destekteki yükleme durumunun değişmesine neden olur. Ayrıca şekildeğiştiren ölçerler ve kalibre edilmiş hidrolik krikonun birlikte kullanımında yük ölçümünde kullanılabilir. Ancak ölçümün doğruluğu, kalibrasyon yapılma sıklığına bağlıdır (Dunnicliff, 1988).

Kamalamadan sonra ankrajda oluşan yük, çekme deneyi ile belirlenir. Eğer farklı zamanlarda birçok deney yapılacaksa, bir yük hücresinin yerleştirilmesi daha ekonomik olacaktır. Ayrıca ankraj kafasında bir çubuğun geçebileceği kadar boşluk varsa ve ankraj kafasına ulaşım olanağı kesilmeyecekse kullanımı ekonomik bir çözümdür. Eğer ankraj donatısı ikazlı yük hücresi (telltale load cell) olarak çubuk kullanılmışsa, yüzeye yapıştırılan veya daha iyisi titreşen telli şekildeğiştirme ölçerler, yük hücrelerine seçenek oluştururlar (Dunnicliff, 1988).

3) Yeraltı su düzeyinin izin verilebilir değerden daha fazla alçaltılması, geniş bir alanda ciddi konsolidasyon oturmalarına yol açabilir. Bu soruna karşı alınacak temel önlem geçirgen tabakalarda boşluk suyu basınçlarının ölçülmesidir. Eğer ölçüm bütçesi

yeterliyse, destekleme sisteminin arkasında gerekli sayıdaki düşey kesitte boşluk suyu basınçları ölçülmeli ve bununla birlikte kazı yüzeyi ile bundan belli bir uzaklık içinde, yeraltı su düzeyi gözlenmelidir.

4) Destekleme sistemine etkiyen toplam yük ve bunun dağılımı belirsizdir. Bileşke kuvvetin etkiye noktasını belirleyebilmek için, ya düşey kesitlerde yeterli sayıda yatay destek yükleri ölçülmeli, yada her yatay destek sırası seviyesinde, perdeden kuşak kırışlarına aktarılan kuvvetler ölçülmelidir. Ek olarak, perdenin her iki tarafı toprak basıncı ve boşluk suyu basıncının şiddeti ve dağılımını belirleyecek şekilde aletlendirilmelidir. Herhangi bir yapıda sistemin kontrolü amacıyla yukarıda anlatılan biçimde bir aletlendirme yapılamaz. Bu tür bir aletlendirme genellikle bilimsel amaçlıdır.

Yukarıda belirtilen amaç için yapılacak ölçümde yatay desteklere ve ankrajlara gelen yükleri belirlemek için, 2)'de belirtilen aletler kullanılabilir. Perdeye ve kuşak kırışlarına gelen yüklerin şekil değiştirme ölçerler veya toprak basıncı ölçerlerle ölçülmesi genellikle iyi sonuç vermemektedir. Bunun nedeni perde ve kuşak kırışlarındaki gerilmelerin noktadan noktaya önemli oranda değişmesidir (Dunnicliff, 1988).

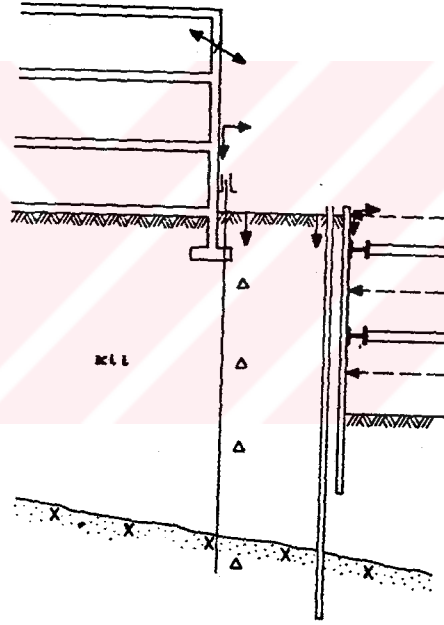
5) Taban kabarması ve destekleme sisteminin şekil değiştirmesi sonucu oluşan zemin hareketleri, civardaki binalara veya yeraltı yapılarına zarar verebilir. Bunun için zemin yüzeyine ve civardaki yapılara referans noktaları yerleştirilmelidir. Önemli yeraltı yapılarının çevresine, bu derinliklerdeki oturmaları gözleyebilmek için derin referans noktaları yerleştirilmelidir. Eğer çevredeki binaların veya yeraltı yapılarının zarar görme olasılığı varsa, destekleme sisteminde yeterli sayıda kesitte yatay hareket ölçümü yapılmalıdır. Böyle bir problemle karşılaşıldığında inşaatın dikkatle denetlendiğini

gösteren bir ölçüm programı uygulanması, bina sahiplerini endişeden kurtarmada ve projenin yasal onay almasını ve kamu tarafından kabul görmesini kolaylaştırmada önemli bir araç olacaktır.

Yakın çevredeki binalarda var olan çatlakların çatlak ölçerler (crack gage) yardımı ile ölçülmesi, kazının ek zararlara yol açıp açmadığı konusunda önemli bilgi sağlayacaktır.

Yatay hareketler yalnızca taban kabarması veya düşey destekleme sisteminin hareketinden kaynaklanmaz. Yeraltısuyunun izin verilebilir değerden fazla indirilmesi ve yatay desteklerin (ankrajların) aşırı yüklenmesi de yatay hareketlere yol açar. Eğer ölçüm programı yalnızca zemin yüzeyi ve yeraltı yapıları çevresindeki noktaların hareketlerinin gözlenmesini içeriyorsa ve önlem alınmasını gerektirecek büyüklükte hareketler oluşursa, sorunun nedenini belirleyip ekonomik bir çözüm getirmek için gerekli veri elde olmayacaktır. Bu yüzden stabilitelerin denetleneceği ve aşırı hareketlerin gözleneceği ölçüm düzenekleri, oluşan hareketlerin nedenlerini gösterecek aletlerle donatılmalıdır. Bu işlem için en uygun aletler eğim ölçerlerdir (inclinometer). Eğim ölçer kullanımı da önem verilmesi gereken nokta, eğim ölçer kuyu tabanının hareket etmediği kanıtlanmış derinliğe kadar indirilmesidir. Dunnicliff (1988), genellikle eğim ölçerlerle birlikte, karşılıklı kazı yüzeyleri arasındaki mesafeyi ölçen kapanma (yaklaşım) ölçerlerin (convergence gage) birlikte kullanıldığını belirtmiştir. Eğer yatay yükü taşımak için ankraj kullanılıyorsa, eğim ölçer yerine sabit çubuklu uzama ölçerler (fixed borehole (extensometer) kullanılabilir (Dunnicliff, 1988). Oldukça ucuz ve güvenilir bir şekilde yatay hareket ölçmenin bir yoluda (plumb line) kullanmaktır. Zemin içindeki noktaların oturmalarını ölçmek için sondalı uzama ölçerler (probe extensometer) veya sabit çubuklu uzama ölçerler (fixed

borehole extensometer) kullanılabilir. Bunların kullanımıyla oluşan hareketlerin nedenleri hakkında da veri toplanmış olur. Bir derin kazıda oluşan hareketlerin ve bunun komşu yapıdaki etkilerini gözlemek için kurulabilecek ölçüm düzeneklerinden biri Şekil 5-1' de gösterilmiştir. Dunnicliff(1988), bir derin kazının stabilitesini ve çevre yapılara etkisini göstermek için yapılabilecek ölçümleri ve ölçüm aletlerini Tablo 5-1' deki gibi özetlemiştir.



- ↓ → Jeodesik ölçüm yöntemleri
- || Eğim Ölçer Kuyusu
- ← Kapanma Ölçer
- || Çubuk Oturma Ölçer
- Δ Sondaj, Usama Ölçer
- ←→ Çatlak Ölçer

Şekil 5-1. Bir Desteklenmiş Derin Kazı Ve Çevresinde Olusabilecek Hareketleri Belirlemede Kullanılabilecek Bir Ölçüm Düzenegi.

Tablo 5-1. Kazı Stabilitesi Ve Kazının Çevre Yapılara Etkisini İncelemek İçin Yapılan Ölçümler Ve Kullanılabilecek Aletler (Dunnicliff, 1988).

YAPILACAK ÖLÇÜM	UYGUN ÖLÇÜM ALETLERİ
Zemin Yüzeyinin, Yapıların Ve Duvar Üstünün OTURMASI	Jeodezik Ölçüm Yöntemleri Çubuklu Oturma Ölçerler
Zemin Yüzeyinin, Yapıların Ve Destekleme Sisteminin Yapılan Bölümlerinin YATAY HAREKETİ	Jeodezik Ölçüm Yöntemleri Kapanma Ölçerler
Yer Üstü Ve Yeraltı Yapılarındaki ÇATLAK GENİŞLİĞİ	Çatlak Ölçerler
Zemin İçindeki Noktaların YATAY HAREKETİ	Eğim Ölçerler Sabit Çubuklu Uzama Ölçer Yerleşik Eğim Ölçerler
Zemin İçindeki Noktaların Ve Yeraltı Yapılarının YATAY HAREKETİ	Zeminici Oturma Noktaları Sondalı Uzama Ölçerler Sabit Çubuklu Uzama Ölçerler
Yatay Desteklerde YÜK ÖLÇÜMÜ	Yüzeye Yapıştırılan Titreşimli Tel Şekildeğiştirme Ölçerler Yüzeye Yapıştırılan Mekanik Şekildeğiştirme Ölçerler Kalibre Edilmiş Hidrolik Kriko Ve Yük Hücreleri
Ankrajlarda YÜK ÖLÇÜMÜ	Yük Hücreleri Kalibre Edilmiş Hidrolik Kriko Ve Yük Hücreleri Yüzeye Yapıştırılan Titreşimli Tel Şekildeğiştirme Ölçerler
YERALTISUYU BASINCI	Piezometreler
TABAN KABARMASI	Manyetik/Serit Anahtarlı Ölçerler Mekanik Kabarma Ölçerler Sabit Çubuklu Uzama Ölçerler Eğim Ölçerler

5.2. Desteklenmiş Derin Kazılarda Oluşan Hareketlerin Ölçüm Yöntemleri Ve Ölçme Aletlerinin Tanıtımı

Herhangi bir temel inşaatı yapısında oluşan hareketleri ölçmenin iki yöntemi vardır. Birincisi, temeli optik ölçümlere dayanan jeodezik yöntem ikincisi, temeli basit fizik ilkelerine dayanan mekanik veya elektrikli ölçüm aletlerinin kullanıldığı fiziksel yöntemdir. Bu yöntemde kullanılan ölçüm aletlerinden bazıları; eğim ölçerler (inclinometer), yerleşik çubuklu uzama ölçerler (fixed borehole extensometers) ve sondalı uzama ölçerlerdir (probe extensometers). Hareket ölçmede kullanılan ölçüm aletlerinin hangi tip hareketi ölçtüğünü gösteren tablo Tablo 5-2'de verilmiştir.

Tablo 5-2. Ölçüm Aletlerinin Belirleyebildiği Hareket Tipleri.

ÖLÇÜM ALETLERİ	ÖLÇÜLEN HAREKET TİPİ					
	Y	D	E	A	YÜ	YA
Jeodezik Yöntemleri (Surveying Methods)	□	□	□		□	
Yüzeyde Ölçüm Yapan Aletler (Surface Extensometers)	□	□	□		□	
Eğimetreler (Tiltmeters)				□	□	□
Sondalı Uzama Ölçerler (Probe Extensometers)	□	□	□			□
Sabit Çubuklu Uzama Ölçerler (Fixed Borehole Extensometers)	□	□	□			□
Eğim Ölçerler (Inclinometers)	□	□	□	□		□
Enine Hareket Ölçen Aletler (Transverse Deformation Gages)	□	□	□			□

Y: Yatay Hareket E: Eksenel Hareket YÜ: Yüzeyüstü Hareket
D: Düşey Hareket A: Açılma Hareket YA: Yüzeyaltı Hareket

5.2.1. Jeodezik Ölçüm Yöntemleri

Jeodezik ölçüm yöntemleri, çok değişken inşaat koşulları altında yapıların, zemin yüzeyinin ve zemin içinde ulaşılabilir noktalardaki yatay ve düşey hareketlerin şiddet ve hızlarını ölçmekde kullanılır. Bu yöntemlerin eksikliği, ulaşılamayan noktalarda (örneğin zemin içinde derinlerde bulunan noktalarda) ölçüm yapamaması ve bazı arazi koşullarında istenilen kesinliği sağlayamamasıdır. Bu gibi durumlarda diğer ölçüm aletleri kullanılmakta, ancak bu göreceli hareketleri mutlak olarak değerlendirmek amacıyla, hareketlerin referans noktalarına taşınmasında yine jeodezik ölçüm yöntemlerine gereksinim duyulmaktadır. Jeodezik yöntemlerde kullanılan bazı terimlerin açıklamaları aşağıda yapılmıştır.

Referans noktası (sabit nokta): Tüm jeodezik yöntemler için gerekli olan bu noktanın hareket etmediği kabul edilmektedir. Böyle bir nokta aracılığıyla herhangi bir noktada ölçülen hareket başka noktalardaki hareketlerle ilişkilendirilmekte yani ölçülen göreceli hareketler mutlak koordinat sistemine yerleştirilmektedir. Referans noktaları, yatay yönde hareketsiz olduğu varsayılan yatay kontrol noktası ve düşey yönde hareketsiz olduğu varsayılan düşey kontrol noktası olarak ikiye ayrılır.

Obje noktası (ölçüm noktası):Yapı üzerinde, zemin yüzeyinde veya içinde hareketi gözlenecek noktalardır. Geçici veya sürekli olarak tesis edilebilirler. Bu noktalar kullanılacak ölçüm aletlerinin elemanlarının takılıp çıkartılabileceği şekilde tasarlanmalıdır.

Pilye: Referans noktalarını ve ölçüm yapmak için de kullanılacak obje noktalarını oluşturan üzerinde hem gözleme hem ölçüm yapmaya olanak tanıyan bir başlık

bulunan silindirik betonarme elemandır.

Jeodezi mühendisliğinde düşey hareketlerin ölçümü, prezisyonlu nivelmanla yapılır. Yatay hareket ölçme yöntemlerinden çok kullanılanları ise alinyiman ve jeodezik ağ yöntemidir (İnce, 1992).

5.2.1.1. Prezisyonlu Nivelman Yöntemi

Yapı ve çevresindeki düşey deformasyonları belirlemek için, amaca göre; geometrik, trigonometrik ve hidrostatik prezisyonlu nivelman tekniklerinden biri uygulanabilir. Yapı alanı dışında ve sağlam zeminde en az iki röper noktası tesis edilerek, obje noktalarının rölatif yükseklikleri belirlenir. Farklı zamanlarda yapılan nivelman ölçme sonuçları arasındaki data uyumu sağlandıktan sonra, ya bağlı ya da serbest dengelenerek obje noktalarındaki düşey deformasyonlar hesaplanır. Günümüzde en çok uygulanan yöntem, prezisyonlu geometrik nivelmandır.

5.2.1.2. Alinyiman Yöntemi

Jeodezik olarak yatay deformasyon belirleme çalışmalarında uygulanan, ilk yöntemdir. Genel olarak, belli bir doğrultu oluşturan yapılarda uygulama alanı bulur. Örneğin; derin kazı destekleme sistemi perdesinin üstünde kazı yüzüne paralel olarak, baraj kretinin veya köprünün boyuna eksenini üzerinde yada bu eksene paralel olarak sabit bir alinyiman seçilir. Alinyimanı belirleyen uç noktalar, yapının dışında ve sağlam zemin üzerinde pilye olarak tesis edilir. Alinyiman doğrultusunda ve aynı zamanda yapı üzerinde işaretlenen obje noktalarının yatay hareketleri, bu yöntemle doğrudan ve kolay olarak belirlenir.

Yatay deformasyonların belirlenmesi, ya alinyimandan olan sapmaların doğrudan ölçülmesi, ya da her obje noktasında yatay doğrultu ölçülmesi biçiminde yapılır. Ölçmeler, alinyimanın her iki uç noktasından yapılır. Elde edilen sapmaların ortalaması, o noktadaki deformasyon olarak nitelendirilir.

Genel olarak, 200 metreden büyük alinyimanlarda, deformasyonların, yatay doğrultu ölçmeleriyle belirlenmesi tercih edilir. Yöntemin uygulanması ve ölçmelerin değerlendirilmesi, kolay ve kısa sürede tamamlandığından ölçme periyodları daha sık düzenlenebilir.

Alinyimanı belirleyen başlangıç ve son noktaları, yapı çevresinden uzağa tesis edilemediklerinden, yapının yakın çevresindeki hareketlerden etkilenebilirler. Bu durum, alinyiman yönteminin en önemli sakıncasıdır.

5.2.1.3. Jeodezik Ağ Yöntemi

Yatay deformasyonların belirlenmesi alanında uygulanan, en gelişmiş yöntemdir. Genellikle lokal olarak kurulurlar. Bu ağlar, "kontrol ağları" olarak adlandırılır ve üç ayrı özellikte noktalar grubundan oluşurlar. Bunlar, "sabit (kontrol) noktalar", "obje (deformasyon) noktaları" ve "yöneltme noktaları"dır.

Jeodezik ağlar; açı, açı-kenar ya da kenar ağları olarak tasarlanabilirler. Doğrultu ölçmeleri, saniye teodolitleri ile; kenar ölçmeleri de, elektronik aletlerle yapılır. Genellikle, ağın ölçülmesine başlamadan önce, tahmin edilen deformasyonların büyüklüğüne göre, gerekli ölçme prezisyonu araştırılmalı, ölçme yöntemleri ve aletleri belirlenmelidir.

Jeodezi mühendisliğinde hareket ölçümünde kullanılan aletlerle sağlanabilecek hassaslık kabaca ölçülen

uzaklığın $\pm 1/300000$ 'i ile $\pm 1/3000$ 'i arasındadır.

5.2.2. Fiziksel Yöntemler

Desteklenmiş derin kazıların ölçümünde kullanılan düzenler jeodezik ölçümlerin ağırlıklı olduğu ve zemin içindeki noktaların hareketlerini ölçmek için kullanılan eğim ölçer (inclinometer), enine hareket ölçerler (transverse deformation gages) ve uzama ölçerlerin (extensometers) kullanıldığı düzeneklerdir. Ayrıca zemin yüzeyindeki ve yapılardaki çatlakların çatlak ölçerlerle (crack gages) gözlenmesi, ölçüm sistemlerini daha etkin kılmaktadır. Burada desteklenmiş derin kazı ölçüm düzeneklerinde kullanılan hareket ölçerlerden başlıcaları tanıtılacaktır.

5.2.2.1. Eğim Ölçerler (Inclinometers)

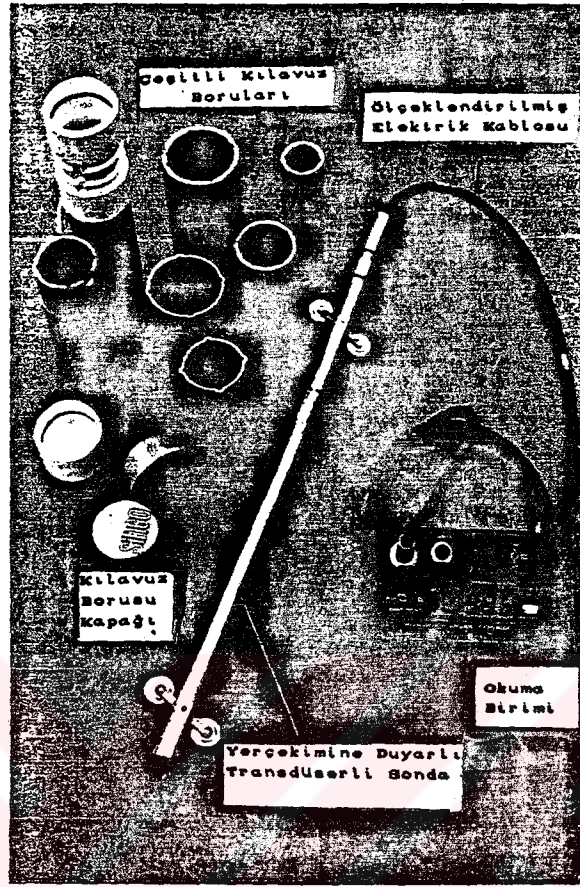
Eğim ölçerler, içinden geçtiği borunun eksenine dik doğrultudaki hareketleri ölçen aletler olarak tanımlanırlar. Eğim ölçerler dört temel parçadan oluşmaktadırlar (Şekil 5-2).

1) Plastik, alimünyum alaşımı, fiberglas veya celikten yapılan ve sürekli olarak yerleşik kalacak olan kılavuz boru. Yatay hareket ölçümü yapılacağı zaman kılavuz boru yaklaşık düşey eğimli olarak yerleştirilir. Kılavuz borular, sondanın doğrultusunu koruması için sivil olarak üretilir.

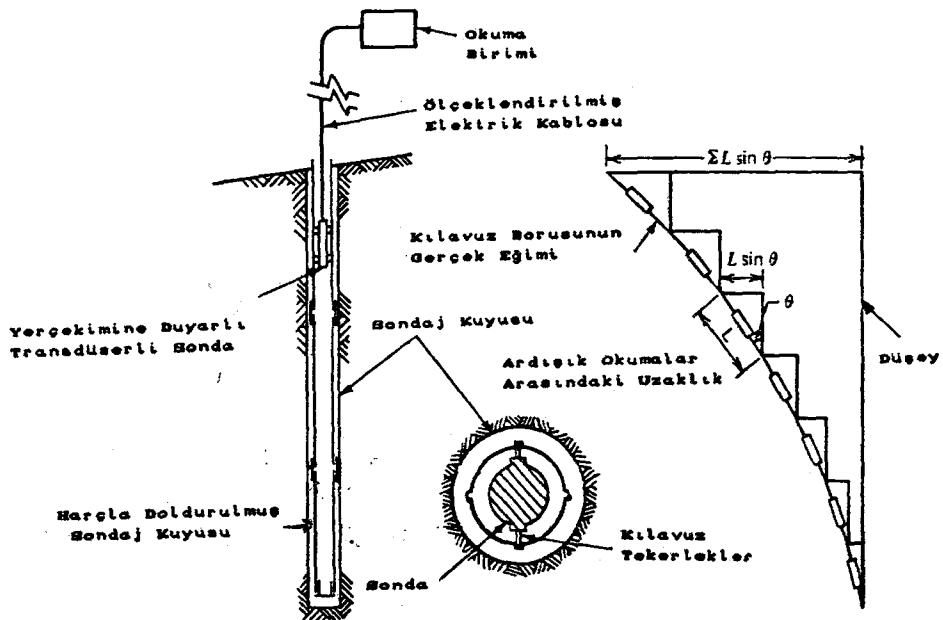
2) Yerçekimine dayalı bir transdüserle sahip taşınabilir sonda.

3) Sonda eğimi ve güç kaynağı için taşınabilir okuma birimi.

4) Sondajı okuma birimine bağlayan ölçeklendirilmiş elektrik kablosu.



Sekil 5-2. Eğim Ölçer Aletinin Elemanları (Dunnicliff, 1988).



Sekil 5-3. Eğim Ölçerin Çalışma İlkesi.

Kılavuz borunun alt ucu varsa, ana kayaya tespit edilir, yoksa herhangi bir hareketin olmadığı derinliğe kadar indirilir. Burası ikinci bir seçenekte kılavuz borunun üst ucunu kullanıp, bu noktanın kotu jeodezik ölçümlerle belirlenir. Sonda önceden belirlenen aralıklarla kılavuz borunun içine indirilir ve eğim ölçülür. Eğim Ölçerin temel çalışma ilkesi Şekil 5-3'de gösterilmiştir. Buradan da görüleceği gibi, bilinen açı ve uzunluk değerlerinden yararlanılarak yatay hareket belirlenir. Eğim Ölçerin çalışma ilkesinin ayrıntıları, kullanılan eğim Ölçer tipine bağlıdır. Dunnicliff (1988)'de eğim Ölçerlerin altı temel tipi olduğu belirtilmiş ve bunların üstünlükleri, eksiklikleri ve hassaslıkları belirtilmiştir.

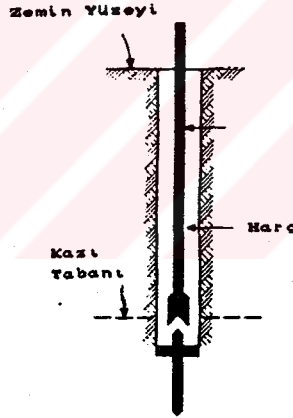
Eğim Ölçerlerin hassaslığına etkiyen parametreler Dunnicliff (1988) tarafından şu şekilde sıralanmıştır:

- 1) Yerçekimine duyarlı transdüserin hassaslığı,
- 2) Tekerlek düzeninin tasarım ve üretimi,
- 3) Kılavuz borusunun eğimi,
- 4) Kılavuz borusu çapı,
- 5) Kuyu açılışı sırasında çevre zeminin zarar görme derecesine ve kuyu duvarı ile kılavuz boru arasını doldurmakta kullanılan malzeme,
- 6) Kılavuz borunun burulması,
- 7) Okuma noktalarına tekrar ulaşılabilirlik,
- 8) Okuma noktaları arasındaki uzaklık,
- 9) Isı etkisi,
- 10) Sondanın çarpmalara karşı korunmasıdır.

Eğim Ölçerlerle sağlanabilecek hassaslık, aletin tipine ve kuyu ekseninin açısına bağlı olarak, 30m'lik uzunlukta $\pm 1-25\text{mm}$ arasında değişmektedir.

5.2.2.2. Sondalı Uzama Ölçerler (Probe Extensometers)

Sondalı uzama ölçerler boru içinde hareket eden sonda yardımıyla boru eksenini doğrultusunda iki veya daha fazla noktadaki uzaklık değişimlerini ölçen aletler olarak tanımlanırlar. Boru içindeki ölçüm noktaları ya mekanik yada elektrikli olarak belirlenir. Sondalı uzama ölçerle belirlenen göreceli hareketleri mutlak olarak ifade etmenin iki yolu vardır; birincisi ölçüm noktalarından birini hareketin olmadığı bölgeye tespit etmek, ikincisi ise ölçüm noktasındaki hareketlerin jeodezik yöntemlerle sabit noktalara ilişkilendirilmesidir. İkinci yöntemdeki hassaslık jeodezik ölçüm yöntemindeki hassaslığa bağlıdır.



Sekil 5-4. Mekanik Kabarma Ölçerin Şematik Gösterimi (Dunnicliff, 1988).

Eğer kılavuz boru düşey olarak yerleştirilirse zemindeki oturmalar, yatay olarak yerleştirilirse yatay hareket ölçümü yapılır. Sondalı uzama ölçerler, kazı çevresindeki zemin oturmasının ve taban kabarmasının ölçümü için kullanılabileceği gibi dolgulardaki oturmaları ölçmek içinde kullanılmaktadır.

Dunnicliff (1988), sondalı uzama ölçerlerle, birden çok noktada ölçüm yapmanın daha ekonomik ve pratik olduğunu, ancak sonuçların ikincisinin daha hassas olduğunu

belirtmiştir. Mekanik kabarma ölçer (Şekil 5-4), eğim ölçer kuyusu içinde ölçüm yapabilen mekanik sondalı uzama ölçer (Şekil 5-5) ve manyetik/çubuk anahtarlı uzama ölçer (Şekil 5-6) sondalı uzama ölçer çeşitlerine verilebilecek örneklerden bazılarıdır. Sondalı uzama ölçerlerle elde edilebilecek hassaslık $\pm 5-25\text{mm}$ arasında değişmektedir.



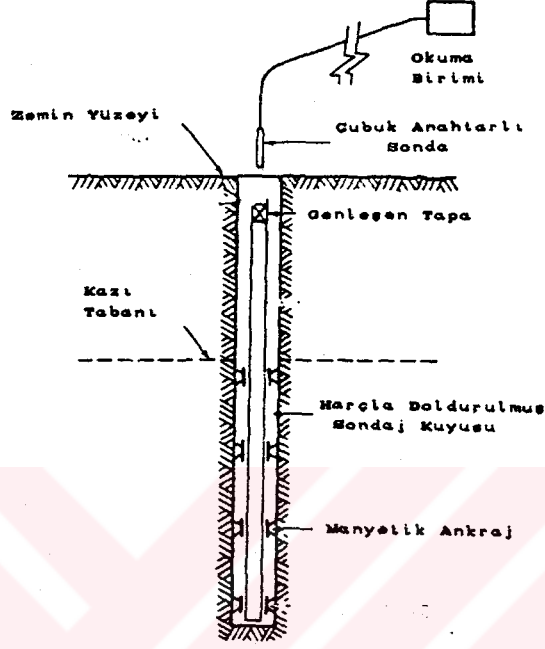
Şekil 5-5. Mekanik-Sondalı Uzama Ölçer (Dunnicliff, 1988).

5.2.2.3. Sabit Çubuklu Uzama Ölçerler

Sabit çubuklu uzama ölçer terimi, zemin veya kayada açılan sondaj kuyusu içine yerleştirilmiş ve hareketli bir sondaya gerek duyulmadan, kuyu doğrultusundaki iki veya daha fazla nokta arasındaki uzaklık değişimini ölçen aletleri ifade eder.

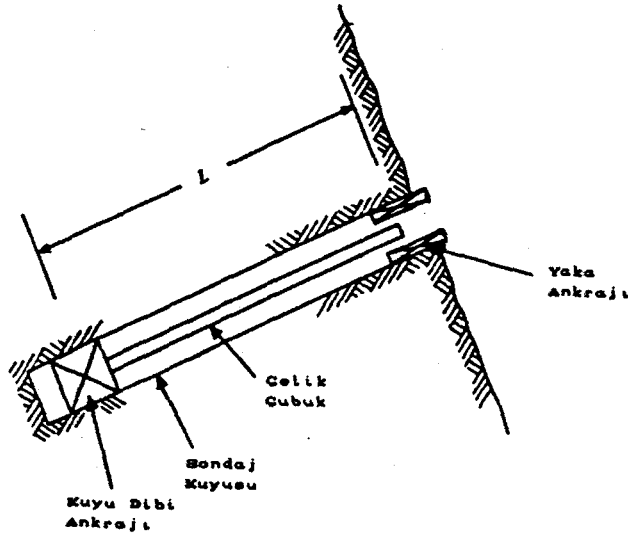
Bu tip uzama ölçerlerde uzama ölçümü, Şekil 5-7'de gösterilen yaka ankrajı ile çubuğun kuyu dibindeki ucu arasındaki uzunluğun, elektrikli veya mekanik bir

transduser yardımıyla ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır. Uzama ölçerler tek noktalı çubuk uzama ölçerler (single-point borehole extensometer) Şekil 5-7 ve çok noktalı uzama ölçerler (multi-point borehole



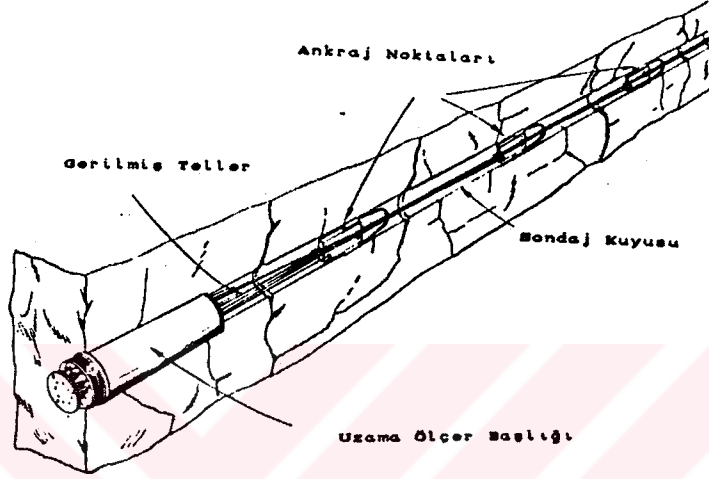
Şekil 5-6. Manyetik Çubuk Anahtar Transdüserli Sondalı Uzama Ölçerin Şematik Gösterimi (Dunnicliff, 1988).

Çubuğun ucu ile yaka ankrajı arasındaki mesafeyi ölçer; mesafenin değişimi Δl



Şekil 5-7. Sabit Çubuklu Uzama Ölçerlerin Çalışma İlkesi.

extensometer) Şekil 5-8 olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ancak birden çok dip ankrajının farklı kotlara tespit edilmesiyle, tek noktalı çubuk uzama ölçerler çoknoktalı olarak kullanılabilirler. Bunun tipik örneği Şekil 5-9'da gösterilmiştir. Bu yöntem kullanıldığında toplam maliyet ve yapım süresi çok noktalı çubuk uzama ölçerlere



Şekil 5-8. Tipik Bir Çok Noktalı Uzama Ölçer Kesiti (Hanna, 1973).

göre daha az olmaktadır. Ancak bu yöntemin uygulanabilirliği kuyu çapı, kullanılan ankraj sayısı, ankraj tipi ve uzama ölçer başlığı tiplerine görede sınıflandırılabilir.

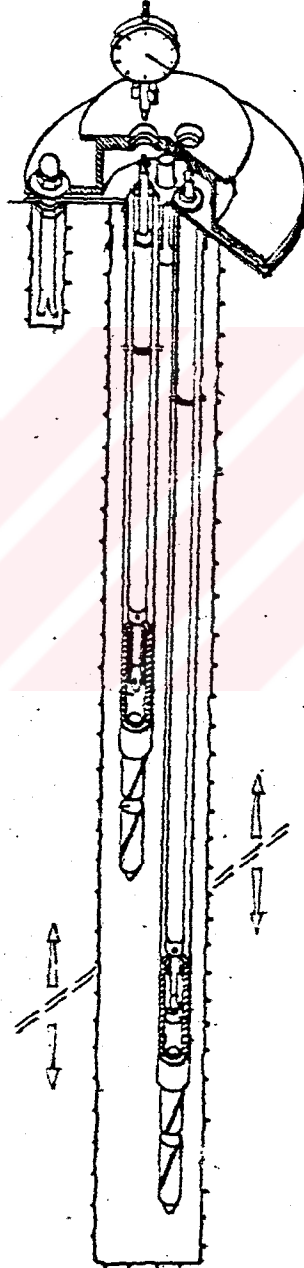
Dip ankrajlarından birinin hareketsiz bir ortama tespit edildiğinde elde edilebilecek hassaslık $\pm 0.03-0.13\text{mm}$ arasında değişmektedir.

5.2.2.4. Yüzeyde Ölçüm Yapan Uzama Ölçerler (Surface Extensometers)

Yüzeyde ölçüm yapan uzama ölçerler yapı yada zemin yüzeyinde belirlenen iki nokta arasındaki uzaklığın değişimini ölçen aletlerdir. Bu aletler, çatlak ölçerler (crack gages) ve kapanma ölçerler (convergence gages)

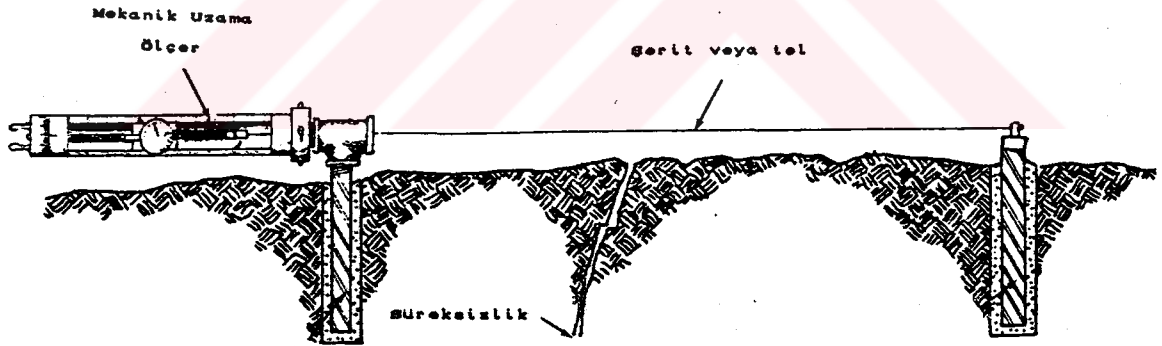
olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Çatlak ölçerler, şevlerin yada desteklenmiş kazıların arkasındaki çekme çatlaklarındaki değişimleri veya tünel



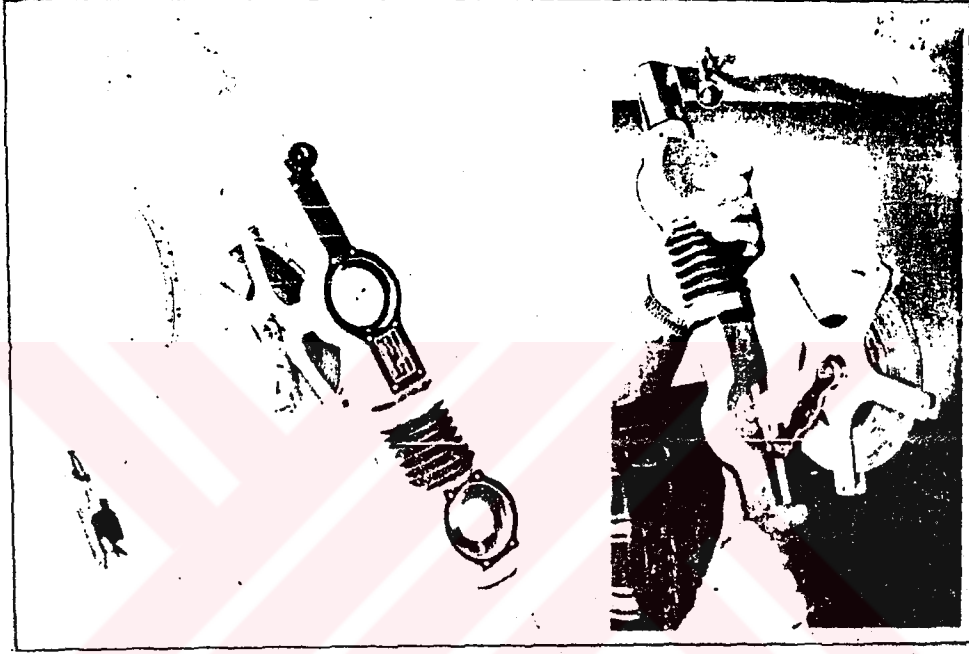
Sekil 5-9. Çok Noktalı Çubuk Uzama Ölçer Kesiti
(Önalp, 1982).

kaplamalarındaki, faylardaki veya binalardaki çatlakları ölçmek için kullanılırlar. Çatlamakta olan kaya yüzeyinde ölçüm yapmak yüzeyden aşağılardaki davranış hakkında yararlı bilgiler sağlamaktadır. Yüzeysel ölçüm yöntemlerinin kuyu içinde yapılanlara göre daha ucuz olduğu (Dunnicliff, 1988) da göz önüne alınırsa çatlak ölçerlerin iyi bir ölçüm aracı olduğu söylenebilir. Çatlak ölçerler, mekanik çatlak ölçerler (Şekil 5-10) ve elektrikli çatlak ölçerler (Şekil 5-11) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Mekanik çatlak ölçerlerle gözlem yapabilmek için, ölçüm yapılacak noktalardan en az birisine gerektiği zaman ulaşabilmek gereklidir. Ancak bu sorun elektrikli çatlak ölçerler için geçerli değildir (ISRM, 1984).



Şekil 5-10. Mekanik Çatlak Ölçer (Dunnicliff, 1988).

Kapanma ölçer, oluşan hareketi gösteren bir gösterge, şerit metre, çubuk, tel veya tüpten oluşan bir alettir. Çelik şeritli bir kapanma ölçer Şekil 5-12'de gösterilmiştir. Ölçüm aleti çoğu zaman taşınabilir tipte olmakla birlikte, ankraj çubukları sabit olmalı ve bunlar için koruyucu başlıklar kullanılmalıdır. Şeritlerin ve ölçüm birimlerinin kalibrasyonu sürekli olarak yapılmalıdır.



Şekil 5-12. Serit Uzama Ölçer.

BÖLÜM 6. SONLU ELEMANLAR PROGRAMI, PLAXIS, İLE DESTEKLENMİŞ DERİN KAZILARIN İNCELENMESİ

Plaxis version 3.0 (Finite Element Code for Soil and Rock Plasticity) Hollanda Delft Üniversitesi Geoteknik Bölümü tarafından derin kazı, tünel, şev stabilitesi, taşıma gücü, konsolidasyon gibi zemin mekaniği ve temel inşaatı problemlerinin çözümü için hazırlanmıştır. Bu programla düzlem şekil değiştirme ve eksenel simetri durumları veya bu durumlara dönüştürülebilen problemler efektif veya toplam gerilme analizi ile çözülebilmektedir.

Plaxis Professional Version'un çalışabilmesi için en az 80386 mikro işlemcili bir bilgisayar gereklidir (Vermeer, 1990). Bilgisayarın rastgele erişimli hafızası en az 4 MBayt olmalı ve 80387 matematik işlemci bulunmalıdır. Programın aksaksız çalışabilmesi için ANSI.SYS'nin yüklenmiş olması ve türkçe karakter uyumluyucularının yüklenmemiş olması gerekmektedir.

6.1. PLAXIS'de Kullanılan Elemanlar

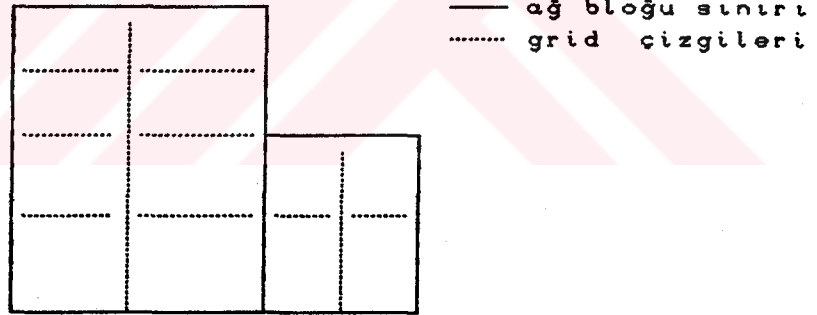
PLAXIS'de kullanılan temel elemanlar ağ bloklarını oluşturan üçgen elemanlardır. Üçgen elemanlar, dörtgen elemanların kısa köşegenleri boyunca ikiye ayrılmasıyla elde edilirler. Bu elemanların temel işlevleri, zemini modellemektir. Kazık, kazıklı perde veya diyafram duvar gibi elemanlar, eğilme ve uzama rijitliğine (sırasıyla

EI ve EA) sahip çubuk elemanlarla temsil edilirler. Yatay destekler uzama rijitliği ve taşıyabileceği maksimum kuvvetle tanımlanan yay elemanlarla (sabit uçlu

ankrajlar "fixed end anchors"), ankrajlar iki nodu, uzama rijitliğıyle orantılı olarak birbirine bağlayan noddan noda ankrajlarla (node to node anchors) modellenirler. Çatlak düzlemlerinin temsili arayüzey elemanlarla (veya ara eleman "interface element") gerçekleştirilir. Bu elemanlar, zemin-yapı etkileşiminin göz önüne alınmasında da kullanılmaktadırlar.

a) Ağ Blokları (Mesh Blocks)

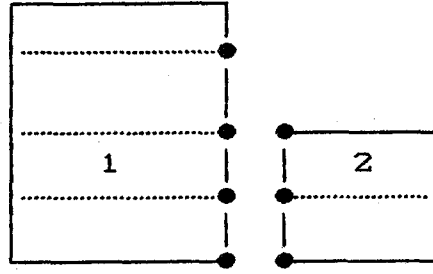
İncelenecek problemin geometrisi belirlendikten sonra buna uygun bir sonlu elemanlar ağı oluşturulur. Bunun için önce, belirlenen geometri ağ bloklarına bölünür. Ağ blokları, kullanıcının belirlediği koordinatları birleştiren grid çizgileriyle dörtgenlere bölünür (Şekil 6-1). Dörtgen elemanlarda 15 nodlu üçgen elemanlara ayrılırlar.



Şekil 6-1. Sonlu Elemanlar Ağını Oluşturan Elemanlar.

Ağ blokları 4 kenara sahiptir. Grid çizgileri ancak 1.kenar ile 3.kenarı (düşey kenarlar) ve 2.kenar ile 4.kenarı (yatay kenarlar) birleştirebilir. Ağ blokları soldaki bloğun 3.kenarının koordinatları ile sağdaki bloğun 1.kenarının koordinatlarının aynı olması koşuluyla birleşebilirler. Bunun dışında başkaca birleştirme olanağı yoktur. Eğer bloklarda farklı sayıda yatay grid varsa bu bloklar Şekil6-2'deki gibi birleştirilmelidir. Şekilde gösterilen blokların her ikisinde de yatay grid sayısı 5'dir. Kenar uzunlukları aynı olan aynı sayıda

grid bulunmak zorundadır.



Sekil 6-2. 1 ve 2 Numaralı Blokların Birleştirilmesi.

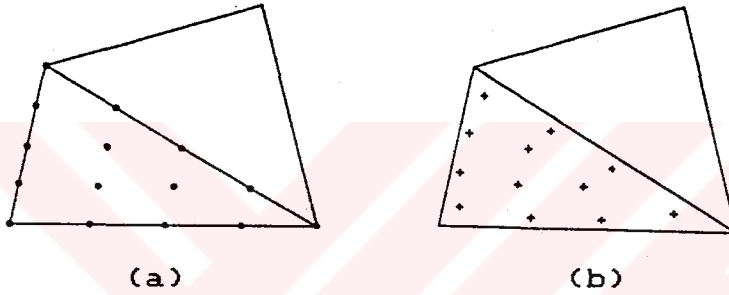
Bir ağ bloğunda en fazla 10 düşey, 9 yatay grid çizgisi bulunabilir. Düşey gridlerin koordinatlandırılması aşağıdan yukarı doğru, yatay gridlerinki ise soldan sağa doğru yapılır. Perde elemanlar ve arayüzey elemanlar yalnızca blok kenarlarına konabilir. Eksenel simetrik problemlerde negatif x koordinatları girilmemelidir. Çünkü bunlar yarıçapı temsil etmektedirler. Düzlem şekildeğiştirme durumunda koordinat sisteminin yerleşimi (matematik pozitif yön) tamamıyla kullanıcı tarafından yapılır.

b) Dörtgen Elemanlar (Quadrilaterals)

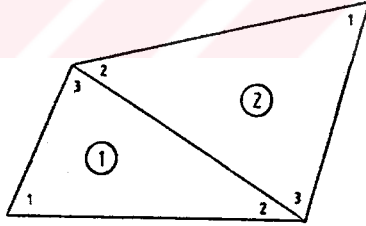
Profesyonel versiyonda maksimum 45 adet dörtgen eleman kullanılabilir. Daha önce de söylendiği gibi dörtgen elemanların kısa köşegenleri boyunca birleşmesiyle üçgen elemanlar elde edilir. Bununla birlikte Plaxis, diğer köşeninde seçilmesine izin vermektedir. Bunun nedeni narin elemanların oluşmasını önlemektir. Böyle elemanlar hesapların doğruluk derecesini azaltmaktadır. Bir kenardaki koordinatların bir bölümü aynıysa, birincisi sayı yazılıp alt satıra geçildikten sonra "Alt-C" tuşlarına basarak diğerleri otomatik olarak kopyalanır. Benzer şekilde, eğer belli koordinatlar arasında bir lineerlik varsa, bu grubun ilk ve son sayıları yazılıp, "Alt-L" 'ye basılırsa aradaki sayılar otomatik olarak hesaplanıp yazılırlar.

c) Üçgen Elemanlar (Triangles)

Bu elemanlar 4. dereceden interpolasyon veren 15 nolu (Şekildeğiştirmeler bu noktalarda hesaplanır.) ve 12 Gauss integrasyon noktalı (gerilmelerin hesaplandıkları noktalar) elemanlardır (Şekil 6-3). Boşluksuyu basıncı ve kohezyon değerleri üçgenlerin köşelerindeki gerilme noktalarında ayrı ayrı verilebilir. Diğer noktalarındaki değerler otomatik olarak interpolasyonla hesaplanır. Noktaların numaraları Şekil 6-4'de gösterilmiştir.



Şekil 6-3. Üçgen Elemanlardaki (a) Nodlar, (b) Gerilme Noktaları.



Şekil 6-4. Elaman İçindeki Nodların Numaralınışı.

d) Arayüzey Elemanlar (Interface Elements)

Arayüzey elemanlar iki ayrı bölge veya malzeme arasında göreceli hareket veya şekildeğiştirme oluştuğunda kullanılırlar. Bu iki farklı ortam arasındaki bölgede malzeme özellikleri diğer malzemelerden farklıdır. Arayüzey elemanların kullanım amaçlarından bazıları; kazık ile zemin, perde ile zemin, temel tabanı ile zemin, çok farklı özelliklere sahip iki zemin tabakası

arasındaki bölgeyi modellemek veya kayalarda bulunan çatlak düzlemlerini modellemektir. Zemin ile yapı arasında kullanıldıklarında bu malzemeler arasındaki sürtünme açısını hesaba katabilmek için kullanılırlar. Arayüzey elemanların kalınlıkları yoktur yani bu elemanların her iki kenarının koordinatları aynıdır. Ancak Plaxis, arayüzey elemanın özelliklerinin belirlenmesine yarayan sanal kalınlık değeri kullanmaktadır. Sanal kalınlık, arayüzey elemanın üzerinde bulunduğu blok kenarındaki üçgen elemanların kalınlıklarının ortalamasıyla orantılıdır. Arayüzey elemanlar bir kenarında 5 nod (şekildeğiştirme noktası) olmak üzere toplam 10 noda veya 5 gerilme noktasına sahiptirler.

e) Perde(Veya Çubuk) Elemanlar (Sheet-Pile Elements)

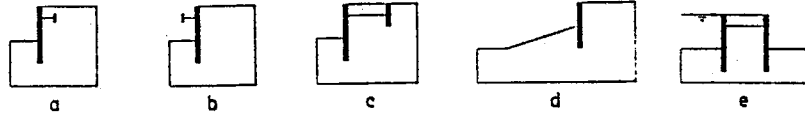
Eğilme momentinin 4. dereceden interpolasyonunu veren perde elemanlar eğilme ve uzama rijitlikleri ile tanımlanırlar. Bu elemanlar 5 noddur. Bir problemde en fazla 2 adet bükülebilir, 1 adet de rijit perde kullanılabilir. Ancak ağ bloklarının arasına yerleştirilebilen bu elemanlar sonlu elemanlar ağının tabanına kadar uzanmak veya zemin yüzeyinden başlamak zorunda değildirler. Bükülebilir perdelerin eğilme momentleri hem grafik hemde sayısal çıktı olarak sunulmakta, ancak bu, rijit duvarlar için söz konusu olmamaktadır. Vermeer (1990) duvar sürtünme açısını hesaba katılabilmesini ve duvarla zemin arasında oluşan gerilmelerin grafik ve sayısal yolla sunulmasını sağlamak için arayüzey elemanların kullanılmasını önermiştir. Perdelerin çeşitli kullanım biçimleri Şekil 6-5'de gösterilmiştir.

Perdenin eğilme rijitliği, birim uzunluk gözönüne alınarak hesaplanmalıdır. Problemin doğru sonuçlanabilmesi için perde rijitliğinin, zeminin rijitliğinden çok büyük olmaması gerekmektedir. Bunun

kriteri (6-1)'de verilmiştir.

$$EI < 500.G.L^3$$

(6.1)



Sekil 6-5. Perde Ve Ankraj Elemanlarının Bazı Kullanım Durumları.

Burada G, en yumuşak tabakanın kayma modülü, L ise perdenin, iki grid nodu arasındaki en küçük uzunluğudur. Probleme bağlı olarak bu sınır değer aşılabılır. Ancak bu yapıldığında elastik hesap sonunda verilen 2 numaralı hataya (Error 2) dikkat etmek gerekir.

f) Sabit Uçlu Ankrajlar (Fixed-End Anchors)

Yay destek gibi davranan bu tip elemanların kullanımı Şekil 6-5a ve b'de gösterilmiştir. Şekil 6-5a'da ankraj zemin içinde görünsede zemin-ankraj etkisi göz önüne alınmamaktadır. Sabit uçlu ankrajlar herhangi bir açıyla yerleştirilebilirler; Şekil 6-5a'daki 0° ile, Şekil 6-5b'deki 180° ile yerleştirilmiştir. Şekil 6-5a ve b'deki yatay desteklerin etkileri arasında bir fark yoktur. Optimum doğruluğun sağlanabilmesi için ankrajlar 5 nodlu perde elemanların iç nodlarına değilde, grid nodlarına tutturulmalıdırlar. Bir problemde ençok 10 adet sabit uçlu ankraj kullanılabilir

Bu tip ankrajda veri olarak girilecek rijitlik değeri

$$S = \frac{EA}{L_{ank} \cdot d}$$

(6.2)

formülüyle hesaplanır. Burada L etkin uzunluk, d ise ankrajlar arasındaki şekle dik uzunluktur. Etkin uzunluk

başlangıç noktasıyla hareketlerin sıfır kabul edildiği nokta arasındaki uzunluktur. Simetrik bir kazı çukurunda bulunan yatay desteğin etkin uzunluğu, yatay destek uzunluğunun yarısıdır. Sabit uçlu ankrajda rijitliğin yanısıra maksimum ankraj kuvvetide veri olarak girilir. Bu değer elastik bölgesinin sınırındadır(hem çekmede hem de basınçta).

g) Çubuk Ankrajlar(Node to Node Anchors)

Bu tip ankrajlar perde yüzündeki ve zemin içindeki bir noktayı ankraj uzama rijitliğiyle orantılı olarak birbirine bağlarlar. Zemin içindeki nokta ya kaya veya beton blokları gibi kohezyona sahip elemanlar olmalıdır. Bu durumda ankrajı grid noktalarına tutturmaya gerek yoktur ancak ankraj perde elemanlara tutturulacaksa grid nodları kullanılmalıdır. Ayrıca ankrajlar hiçbir zaman dörtgen elemanların iç nodlarına tutturulmamalıdır. Bu tip ankrajların kullanılabileceği yerlerden ikisi Şekil 6-5c ve e'de gösterilmiştir. Bu tipte ankrajdan bir problemde en çok 5 adet kullanılabilir. Ancak bazı durumlarda rijitlik matrisinin bant genişliği sınırı bununla kullanılmasına izin vermeyebilir. Bu tip ankrajın gerçek uzama rijitliği, EA, ve ankrajlar arasındaki uzaklık (planda) d ise,

$$EA_{\text{veri}} = \frac{EA}{d} \quad [\text{kNm}^2/\text{m}] \quad (6.3)$$

veri olarak girilecek değer olur.

6.2. Kullanılan Zemin Elemanlarının Geoteknik Özellikleri

Zemin formasyonlarının çoğu lineer olmayan davranış göstermektedir. Eğer zemin lineer olmayan gerilme

şekildeğiştirme bağıntısıyla modellenmek istenirse kohezyon, kayma mukavemeti açısı, genleşme açısı elastisite modülü ve Poisson oranı parametrelerinin bilinmesi gereklidir. Oysa elastik model kullanılırsa bunlardan yalnızca elastisite modülüne ve Poisson oranı gerekli olur. Bilindiği gibi Plaxis elasto-plastik davranışı göz önüne alabilmektedir. Bunu Mohr-Coulomb kırılma modeli kullanarak gerçekleştirmektedir.

Plaxis'de her zemin elemanın, üçgen elemanın özelliklerinin ayrı ayrı girilme olanağı vardır.

6.2.1. Zemin Elemanlarının Özellikleri

Plaxis'de elastisite modülü yerine kayma modülü kullanılmaktadır. Aradaki geçiş (6.4) eşitliğiyle sağlanır.

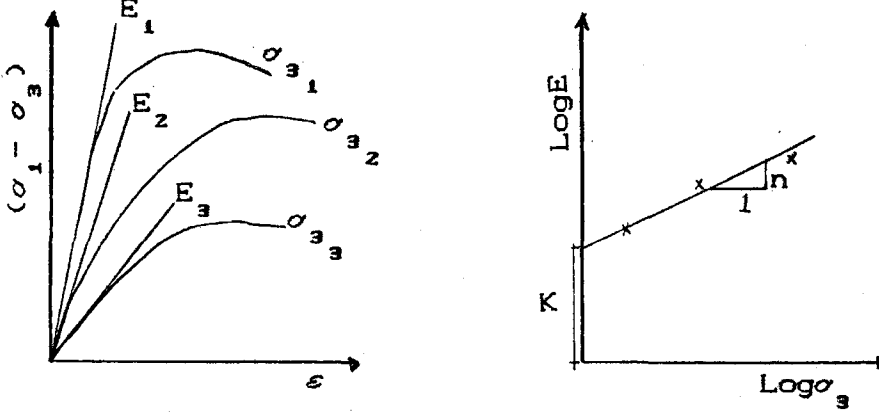
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (6.4)$$

Elastik parametrelerin doğru değerlerinin kullanılması oluşacak hareketlerin şiddetlerinin ve değişiminin doğru olarak belirlenmesinde oldukça önemlidir. Zemin parametreleri incelenecek problemin gerilme-şekildeğiştirme durumuna uygun deneylerden elde edilmelidir. Örneğin Cough(1972) aşırı konsolide bir kilde açılan derin kazıda, elastisite modülü için Janbu (1963) tarafından önerilen bağıntıyı kullanmıştır.

$$E = K \cdot P_a \cdot \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n \quad (6.5)$$

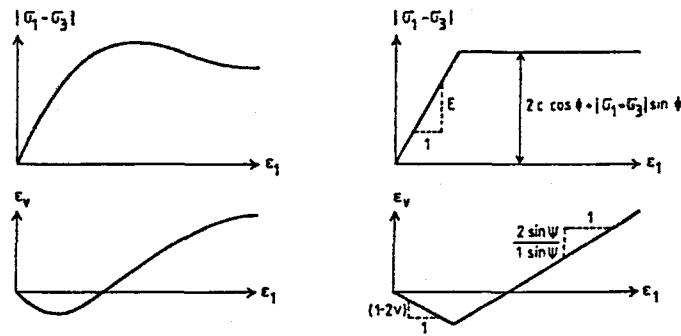
Burada K modül çarpanı, n E ile σ_3 arasındaki değişim oranını belirleyen üstel sayıdır. K ve n değerleri, yapılacak bir seri üç eksenli basınç deneyi sonuçlarının (E ve σ_3 değerleri) her iki eksenide logaritmik olan bir

grafikte işaretlenip bunların arasından en uygun doğrunun geçirilmesiyle elde edilir. Bu doğrunun $\sigma_3=0$ 'da E eksenini kestiği değer K'yı, doğrunun eğimi n'yi vermektedir (Şekil 6-6).



Şekil 6-6. Üç Eksenli Basınc Deneyi Sonuçlarından Elastisite Modülünün Bulunması.

Plaxis'de üç eksenli basınç deneyinin nasıl idealize edildiği Şekil 6-7'de gösterilmiştir. Burada numune belli bir çevre basıncında izotropik olarak konsolide edilmiş ve sonra çevre basıncı sabit tutulurken eksenel basınç arttırılmıştır.



ϵ_1 : Eksenel şekildeğiştirme
 ϵ_v : Hacimsel şekildeğiştirme

Şekil 6-7. Drenajlı Üç Eksenli Basınc Deneyinin Sonuçları Ve Elasto-Plastik Model.

Poisson oranı için 0 ile 0.495 arasındaki değerler kullanılabilir. Plaxis'de zemindeki jeolojik

gerilme durumunun oluşturulması yerçekimi yüklemesi (gravity loading) ile yapılacaksa,

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_h} = K_o = \frac{\nu}{1-\nu} \quad (6.6)$$

bağıntısı kullanılmaktadır.

Plastik hesap sırasında yüksek kayma mukavemeti açısının kullanılması hesap zamanını önemli derecede arttırmaktadır. Vermeer(1990), ön hesaplar sırasında 35°'den yüksek değerlerin kullanılmamasını tavsiye etmiştir.

Aynı kaynakta kohezyonsuz zeminlerde kohezyon değerinin sıfır olarak girilebildiği, ancak bunun elastik hesapta göçmeye kadar yükleme durumunda ve plastik hesapta iyi sonuçlar vermediği belirtilmiştir. Bu sorunu çözmek için 1kPa veya daha düşük bir kohezyon değerinin verilmesi önerilmiştir. Ayrıca Plaxis, kohezyonun derinlikle artışını veri olarak kabul edecek bir seçeneğe sahiptir.

Plastik hesap sırasında kullanılan ancak pek önemli olmayan genleşme açısı ψ 'nin veri olarak girilmesi gerekmektedir. Bu değer çok aşırı konsolide killeri dışındaki killerde sıfır olarak alınabilir. Kumlarda genleşme açısı kayma mukavemeti açısına bağlıdır. Kayma mukavemeti açısı 30° nin altındaki kumlarda $\psi = 0$, üstündekilerde ise $\psi \cong \phi - 30^\circ$ alınmaktadır. Çok gevşek kumlarda ψ negatif değer alabilmektedir.

Birim hacim ağırlığı olarak yeraltısuyu düzeyinin üstünde kuru birim hacim ağırlığı kullanılmalıdır. Ancak kil zeminlerin genellikle kuru durumda bulunmadıkları unutulmamalı, kapiler kuvvetlerden ötürü yeraltısı seviyesinin üstünde bile suya doymun olabildikleri göz

önünde bulundurulmalıdır. Bu durumda gerçek kuru ağırlık yerine bundan biraz daha büyük bir değer verilmelidir. Bununla birlikte yeraltısu seviyesinin üstünde başlangıç ve sınır boşluksuyu basınçları her zaman için sıfır olmak zorundadır. Bu yolla kapiler çekme gerilmeleri ihmal edilir.

Plaxis, toplam üç çeşit zemin modeline sahiptir; drenajlı, drenajsız zemin davranışı ve boşluksuz malzemedir.

1. Drenajlı Davranış (Mtype=1):

Artık boşluk suyu basıncının oluşmadığı durumdur. Bu model kuru zeminler için, düşük yükleme hızı ve/veya yüksek geçirgenlik katsayısından kaynaklanan tam drenajın olduğu zeminler için veya drenajsız yükleme ve konsolidasyonu göz önüne almadan zeminin uzun süreli davranışını modellemek için kullanılmaktadır.

2. Drenajsız Davranış (Mtype=2):

Artık boşluksuyu basıncının tamamıyla olduğu durumdur. Bazı durumlarda boşluk suyunun akışı düşük geçirgenlik katsayısı ve/veya yüksek yükleme hızından dolayı ihmal edilebilmektedir. Mtype=2 olan tüm malzemelerin, yeraltısu düzeyinin üstünde olsalarda, drenajsız davrandığı kabul edilmektedir. Bu yüzden efektif parametreler c' , ϕ' , ν' kullanılmak zorundadır.

Plaxis drenajsız malzemeler için 0.35'den büyük Poisson oranını kabul etmemektedir. Çünkü yüksek değerler, suyun zemin yapısına göre rijit olamadığı sonucunu doğurmaktadır.

3. Boşluksuz Malzeme (Mtype=3):

Bu tip malzemedir ne başlangıç nede artık boşluk suyu

basıncı gözönüne alınmaktadır. Bu model beton ve kaya davranışını gözönüne almak için geliştirilmiştir.

6.3. Arayüzey Elemanların Özellikleri

Arayüzey elemanların özellikleri, arayüzeylerin bağlandıkları zemin elemanlarından elde edilir. Arayüzeyin kohezyonu c_i , içsel sürtünme ϕ_i ve kayma modülü G_i , zeminin bunlara karşılık gelen parametrelerinin R azaltma katsayısıyla çarpılmasıyla elde edilir.

$$c_i = R \cdot c_{\text{zemin}} \quad (6.7)$$

$$\tan \phi_i = R \cdot \tan \phi_{\text{zemin}} \quad (6.8)$$

$$G_i = R \cdot G_{\text{zemin}} \quad (6.9)$$

$$\psi = 0 \quad (6.10)$$

Burada c_i arayüzey elemandaki adezyonu, ϕ_i arayüzey sürtünme açısını (duvar sürtünme açısı) ifade etmektedir.

Vermeer(1990), arayüzey elemanına ait Poisson oranının, zeminin Poisson oranına eşit olduğunu belirtmiştir. Ancak Plaxis versiyon 3.01 incelendiğinde bu değer 0.45 olduğu görülmüştür. R azaltma katsayısı, kumla çeliğin temasında 2/3 kille çeliğin temasında 1/2 alınabilmektedir. Vermeer(1990) diğer zemin-perde çeşitleri için literatürde önerilen değerlerin R için kullanılabileceğini ifade etmiştir.

R katsayısı tüm arayüzey elemanlar için tek değer verileceği gibi bir arayüzey elemanın her elemanı için ayrı ayrıda verilebilmektedir. Ek olarak Plaxis arayüzey

elemanların özelliklerinin R'ye bağılı olmadan ayrı ayrı girilebileceği bir seçenekte sunmuştur. Bu "Input per interface element" adlı seçenekte R yerine sıfırdan küçük bir sayı yazıldığında görünen bölgeye işlenen değerlerin yazılması yoluyla yapılır.

Arayüzey elemanlar (6.11) formülüyle hesaplanan bir çekme gerilmesi değerine de sahiptirler. Bu değer Plaxis tarafından

$$\left. \begin{array}{ll} \phi_i > 0 & T = c_i \cdot \cot \phi_i \\ \phi_i = 0 & T = 1000 \cdot c_i \end{array} \right\} \quad (6.11)$$

hesaplanmalıdır. (6.11)'le hesaplanan bu değer Coulomb kriterine uyan en büyük çekme gerilmesidir. Vermeer(1990) daha küçük değerlerinde geçerli olduğunu belirtmiş, ama bunların ardışık yaklaşım işlemlerinde sonuca ulaşılmasını çok yavaşlattığını da eklemiştir. Çekme gerilmesi, tamamıyla mobilize olduğunda elastik ayrılma oluşmaktadır.

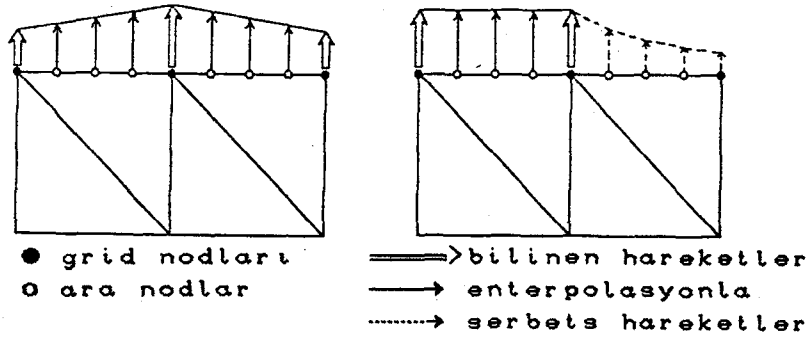
6.4. Desteklenmiş Derin Kazı Probleminin Çözümü

6.4.1. Sonlu Elemanlar Ağıının Oluşturulması

İncelenecek problemin geometrisi belirlendikten sonra buna uygun bir sonlu elemanlar ağı oluşturulur. Ön hesaplamalarda kullanılacak sonlu elemanlar ağı gerçek problemi kabaca modelleyecek şekilde düzenlenmeli ve az elemanla oluşturulmalıdır. Bu hesap süresinin kısalmasını sağlayacaktır. Aslında daha da önemlisi çıktı miktarı az olacağı için sonuçların yorumlanması daha kolay olacaktır.

Plaxis'de ağ blokları kenarlarında, bilinen hareket değerleri giriş bilgisi olarak verilebilmektedir. Grid

nodları arasındaki nodlardaki hareket değerleri lineer interpolasyonla bulunmaktadır. Başka bir deyişle bilinen hareketlerin ara nodlara verilmesi, ancak grid nodları aracılığı ile olmaktadır. Bilinen hareket değerinin girildiği grid nod ile serbest grid nod arasındaki nodların hareketleri kısıtlanmamıştır (Şekil 6-8).

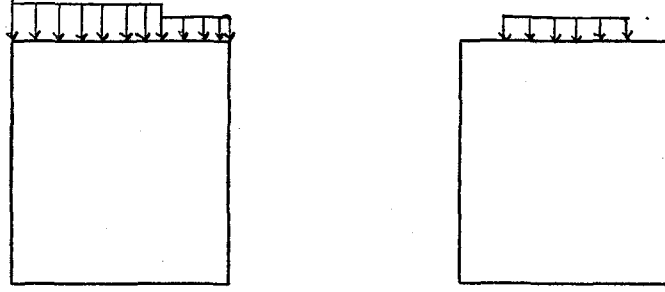


Şekil 6-8. Bilinen Hareket Değerleri Ve Serbest Hareketler.

Problem bilinen hareketlere göre çözüldüğünde Plaxis çıktı olarak toplam yük çarpanlarını ve bilinen hareketlerin yer aldığı sınırlarda oluşan kuvvetlerin x ve y yönündeki bileşenlerini verir. Toplam yük değeri simetrik problemlerde çıktıda verilenin iki katı, eksenel simetri durumunda 2π katıdır.

Plaxis'de ağ bloklarının dış kenarlarına x ve y doğrultusunda çizgisel veya tekil yük etkitebilir. Yük değerleri (yönleriyle birlikte) ağ blok kenarlarındaki grid nodlarına verilebilmekte, ara nodlardaki değerler interpolasyonla oluşturulmaktadır. Çizgisel yük değerinde bir atlama olması istendiğinde bu noktaya ağ bloğu kenarının denk getirilmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle ağ blokları içinde Şekil 6-9'daki gibi atlamalar gerçekleştirilemez.

Plaxis'de bilinen hareketler ve çizgisel yükler birlikte kullanılabilirler, ancak öncelik hareketlere verilmiştir. Çünkü program çalışırken çizgisel yüklerin



Şekil 6-9. Bir Ağ Bloğu İçinde Verilmeyecek Çizgisel Yükler.

sabit kenarlarda etkin olması istenmektedir. İki ağ bloğu arasındaki ortak kenara çizgisel yük verebilmek için gereken koşul ortak kenarda her iki bloğunda zemin elemanlarının bulunmasıdır. Ortak kenarda, çizgisel yükler daima birinci ağ bloğuna yüklenmek zorundadır.

6.4.2. Kazı Öncesi Gerilme Durumunun Oluşturulması

6.4.2.1. Çizgisel Yüklerin Verilmesi

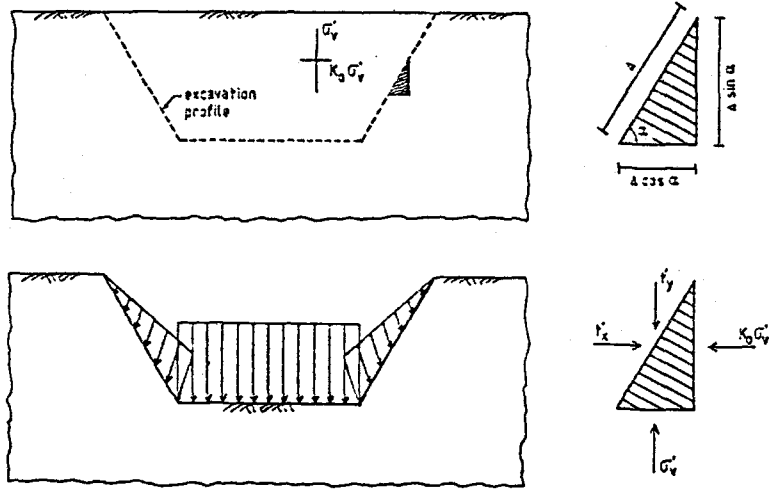
Bir derin kazı probleminin çözülebilmesi için önce kazı öncesi durumun modellenmesi gereklidir. Plaxis versiyon 4.0 da bu durum, elemanların sonlu elemanlar ağından kaldırılmasıyla gerçekçi bir şekilde sağlanır. Versiyon 3.0'da ise kazı öncesi durum ancak çizgisel yüklerin kullanılmasıyla olur; kazı tabanına γH 'lık bir yük, düşey kenara ise 0'dan başlayıp $K_0 \gamma H$ 'a yükselen üçgen çizgisel yük uygulanır.

X ve y yönündeki efektif çizgisel yük değerleri t_x ve t_y ile serbest yüzeyin x eksenine olan açısı α ile gösterildiğinde kazının modellenmesinde kullanılacak çizgisel yükler,

$$t_y = \sigma_v \cdot \cos \alpha \quad (6.12)$$

$$t_x = K_0 \cdot \sigma_v \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

formüllerleriyle hesaplanır (Şekil 6-10).



Şekil 6-10. Kazı Öncesi Durumun Modellenmesinde Kullanılan Çizgisel Yükler.

6.4.2.2. Zemindeki Gerilmelerin Oluşturulması

Zemin elemanlarındaki gerilmelerin oluşturulması iki yolla yapılır; K_0 yöntemi ve ağırlık yükleme yöntemi (gravity loading procedure).

1) K_0 Yöntemi:

Bu yöntem yatay jeolojik yük, sükunetteki toprak basıncı katsayısı K_0 'ın çarpılmasıyla elde edilmek istendiği durumlarda kullanılır (6.14).

$$\sigma_{\text{yatay}} = K_0 \cdot \sigma_{\text{düşey}} \quad (6.14)$$

Yerçekimi kuvveti yönünün y veya -y eksenine paralel olduğu durumlarda yatay gerilmeler x eksenine paraleldir.

Yerçekimi kuvveti yönü 90° 'den farklı olduğu durumlarda yatay gerilmelerin yönü x ekseninden sapacaktır.

Normal konsolide kil zeminlerde,

$$K_o = 0.95 - \sin\phi' \quad (6.15)$$

veya

$$K_o = 0.19 + 0.233 \log PI \quad (6.16)$$

eşitliklerinden elde edilebilir. Aşırı konsolide zeminlerde,

$$K_{o_{AK}} = K_{o_{NK}} - AOK^n \quad (6.17)$$

olarak okunabilir. Bu formüllerde PI plastisite indisi (yüzde olarak), AKO, aşırı konsolidasyon oranı, n kumlarda ϕ' 'ne, killerde PI'ne bağlı bir sayıdır (Bowles, 1988).

K_o yöntemi kullanıldığında yatay gerilmelerin düşey gerilmelere oranı kırılma koşulunun aşılmasına yol açmamalıdır. Eğer aşılsa, plastik noktalar oluşacaktır. K_o değeri kohezyonsuz zeminlerde (6.18) ile verilen sınırlar içinde kaldığı sürece Plaxis, zeminin ağırlığına eşit olan düşey gerilmeler ve K_o 'la orantılı yatay gerilmeler oluşturur.

$$\frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} < K_o < \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \quad (6.18)$$

Ancak yatay gerilmelerin her durumda dengede olması zorunlu değildir. Yalnızca zemin yüzeyinin ve tabakaların yatay olduğu durumda yatay gerilmelerin dengede olması zorunludur.

İlk elastik-ara-adım: Başlangıç gerilme durumunun dengede olmadığı hallerde denge durumunu düzenlemek için kullanılır. Denge durumunun olmaması, Mohr dairelerinin

Mohr-Coulomb kırılma zarfını kesmesi anlamındadır. Bu durumda plastik noktalar oluşmaktadır. Denge durumunun düzenlenmesi ise Mohr dairelerinin kırılma zarfına teğet duruma getirilmesidir. Elastik-ara-adım "Mweight" de dahil olmak üzere tüm yük artım çarpanlarına sıfır verilerek yapılan elastik hesaptır.

Elastik hesap sırasında gerilme durumunun düzenlenmesi sırasında zemin kırılma kriterinin bozanbozulabileceği yukarıda belirtilmişti. Eğer bunun sonucunda az sayıda plastik nokta oluşursa, birşey yapmaya gerek yoktur. Ancak çok sayıda plastik nokta oluşursa, gerilme durumu plastik hesap yapılarak tekrar düzenlenmek zorundadır.

Plastik-ara-adım: Elastik-ara-adımın benzeridir. Tüm yük çarpanları sıfırlanarak yapılan plastik hesaptır (Manual Control seçeneği kullanılarak yapılmalıdır). Böylece başlangıç gerilmelerinin kırılma kriterini aşması önlenmiş olur. Ancak bu tür ara adımda plastik noktalar ortadan kalkmaz. Bununla birlikte gerilme daireleri kırılma zarfına teğet duruma gelir.

2) Ağırlık Yükleme Yöntemi:

Ağırlık yükleme yöntemi K_0 yönteminin uygulanamadığı durumlarda zemindeki başlangıç gerilmelerinin Poisson oranına bağlı olarak hesaplanmasında kullanılır. Tek boyutlu elastik sıkışma durumunda

$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu} \quad (6.19)$$

formülü geçerlidir. Ancak Plaxis kohezyonsuz zeminlerde K_0 'a, (6.20)'deki kısıtlamayı getirmiştir; bu değer altındaki Poisson oranları kırılma kriterinin aşılmasına yol açmaktadır.

$$\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} < \frac{\nu}{1-\nu} \quad (6.20)$$

Eğer Scale= No ve Mweight= 1 ile yapılan hesaplarda plastik nokta oluşuyorsa, Scale= Y ve Mweight= 1 ile hesap yapılır. Böylece zemin ağırlığı plastikleşmenin başlangıcına kadar yüklenir (ilk plastik nokta görününceye kadar). Bu adımdan sonra Mweight'in 1'den küçük olması gereklidir. Eğer değilse, zemin ağırlığı ilk plastik noktanın oluşmasına kadar arttırılmış olur. Bu ise hatalıdır. Zemin ağırlığı Scaling= No ile yüklenmelidir. Eğer Mweight 1'den küçükse, bu elastik adımdan sonra zemin ağırlığının geri kalanı plastik hesapla yüklenir (Load Advancement-Ultimate Level Σ -Mweight= 1).

Zemin ağırlığı yüklemesinden sonra anlamsız deplasmanlar eğer istenmiyorsa, elastik-ara-adım kullanılarak silinebilir. Elastik-ara-adım sırasında elastisite modülü, Poisson oranı veya perde ve ankrajların rijitlikleri değiştirilebilir.

6.4.3. Elastik Hesap

Plaxis'de problemin çözümü sırasında herhangi bir adımda elastik hesap yapılabilir. Elastik hesap başlangıç zemin gerilmelerinin oluşturulması sırasında, bu adımda oluşan ve geoteknik açıdan anlamsız olan hareketlerin silinmesi için, malzeme özelliklerinin değiştirilmesi için uygulanabilir.

Elastik hesabın doğruluğu üç ayrı hata ölçüsü ile denetlenir ki (Error 1) hesap sırasında, gerilme alanlarının dengesiyle ilgilidir. İkincisi (Error 2) elastik hesabın performansı ile ilgilidir. Hesabın doğruluğuyla ilgili en önemli kriterdir. Bu hatanın %1'i geçmesi istenmemektedir. Eğer %1'i geçmişse bu, elastik

rijitlik matrisinin hatalı kurulduğunu ve lineer denklem takımının doğru olarak çözülemediği anlamına gelir (Error 3)'de ise giriş bilgileri kontrol edilmektedir.

6.4.4. Plastik Hesap

Plaxis'de plastik hesap üç ayrı yolla yapılabilir;

- 1) (Manual Control),
- 2) (Load Advancement-Number of steps),
- 3) (Load Advancement-Ultimate Level).

Birinci seçenekte tüm giriş bilgileri (her adımdaki yük artım çarpanları da dahil) kullanıcı tarafından girilmektedir. İkincisinde ise giriş bilgileri tüm hesap adımları için geçerlidir. Bu yöntemde hesap belirtilen adım sayısına ulaşılan kadar sürdürülür. Üçüncü yöntemde giriş bilgileri ikincinin benzeridir. Ancak hesap belirtilen yük çarpanı değerine ulaşılan veya kırılana kadar sürdürülür. Ancak bu iki sonuçtan birisi gerçekleşmeden verilen hesap adım sayısına ulaşılması sonucu işlem bitebilir. Bu durumda hesabı bitirecek kadar yeni hesap adımı verilerek plastik hesaba devam edilir.

Plastik hesabın doğruluğu ve hassalığı (toerated error), (over-relaxation factor), (arc-length control) ve (tight tolerance) parametreleriyle denetlenmektedir. Programın optimum hızda ve hassaslıkla çalışması için bu parametrelere belli değerler verilmiştir. Ön hesaplamalarda bu değerler değiştirilerek daha hızlı sonuca ulaşılabilir. Ancak bunların kaba değerler olacakları unutulmamalıdır.

Plaxis toplam altı çarpan için hesap yapabilmektedir.

1) Mdispl. : Bu çarpan önceden bilinen hareketlerin hesaba katılmasında kullanılır.

2) MloadA : Bu yük çarpanı dış yüklerin sisteme uygulanmasında kullanılır.

3) MloadB : MloadA ile aynı amacı taşır.

4) Mweight : Zemin başlangıç gerilmelerinin zemin ağırlığı ile yüklenmesi ile oluşturulacağı durumlarda kullanılır.

5) Mchange : Bu artım sıfır olduğunda boşluk suyu basıncı başlangıçtaki duruma eşit olur. Bir olduğunda ise boşluk suyu basıncı başlangıç durumundan nihai durumuna ulaşır.

6) Msf: Bu artım toplam güvenlik katsayısına (Σ -Msf) aittir. Bu değer kullanılarak güvenlik katsayısı hesaplanmaktadır. Plaxis'de güvenlik katsayısı mevcut kayma mukavemetinin kırılma anındaki mukavemete oranı olarak tanımlanır. Kırılma anındaki mukavemeti bulabilmek için yükler sabit tutulurken c ve $\tan\phi$ azaltılır.

$$\text{Güv.kat.} = \frac{\text{Mevcut mukavemet}}{\text{Kırılmadaki muk.}}$$

$$= \frac{\tan\phi_{\text{veri}}}{\tan\phi_{\text{azalt}}} = \frac{c_{\text{veri}}}{c_{\text{azalt}}} \equiv \Sigma\text{-Msf} \quad (6.21)$$

6.4.5. Derin Kazı Hesabında İzlenecek Yol

Zemin yüzeylerine uygulanacak çizgisel yükler belirlendikten sonra elastik hesap yapılarak (scaling= N, Mweight= 1, MloadA= 1) kazı öncesi durum elde edilmiş olur. Bu hesabın sonucu çeşitli şekillerde kontrol edilebilir. İlk olarak, zemindeki gerilmelerle jeolojik gerilmeler uyusmalıdır. Eğer böyle değilse, örneğin asal gerilme doğrultuları dönmüşse, büyük bir olasılıkla zemin çizgisel yükleri hatalı hesaplanmıştır. İkinci olarak

(Tabulated Output → Computational Results → Load Step Information) seçeneğinden toplam ağırlık çarpanı (Σ -Mweight) ve toplam çizgisel yük çarpanının (Σ -MloadA), bire eşit olup olmadığı kontrol edilir. Üçüncü olarak eş-hareket çizgilerinin (displacement counturs) yatay olup olmadığı kontrol edilebilir. Eğer kazıyı desteklemek için perde elemanlar veya ankrajlar kullanılmışsa, bu elemanların rijitlikleri ilk elastik adım sırasında sıfır olarak verilmelidir. Böylece perde ve ankraj elemanlar zeminin oturmasını engellememiş olur.

Başlangıç gerilmeleri oluşturulduktan sonra bu gerilmelerin oluşumu sırasında ortaya çıkan hareketlerin silinmesi gereklidir. Ayrıca sıfır olarak girilen rijitliklerin de gerçek değerlerinin verilmesi gereklidir. İşte bu ikisi tüm yük çarpanlarının sıfır alındığı elastik-ara-adımda göz önüne alınır. Bilindiği gibi her elastik adımın başlangıcında hareketler sıfırlanmaktadır.

Elastik-ara-adımdan sonra kazı yapım işleminin modellenmesine geçilir. Bu, çizgisel yük artım çarpanı MloadA'nın (veya MloadB) 1'den 0'a düşürülmesi ile olur. Eğer belli bir derinliğe kadar kazı yapılmak isteniyorsa Σ -MloadA, (kazılacak derinlik/toplam kazı derinliği) oranına düşürülür. Bu hesap için en uygun seçenek Load Advancement-Ultimate Level'dır. İstenirse, plastik hesap yerine elastik hesapta yapılabilir.

Bu plastik hesap üç şekilde sona erebilir. Birincisi; çizgisel yük çarpanı, istenilen değere ulaşır; böylece kazı istenilen derinliğe kadar yapılmış olur. İkincisi; maksimum adım sayısına ulaşılmasıyla hesap bitebilir. Bu durumda yeni adım sayıları verilip, yine varılması istenilen Σ -MloadA değeri yazılarak, hesaba kalındığı yerden devam edilir. Sonuncusu, kazı tamamlanmadan zeminin göçmesidir. Bu durum MloadA-hareket grafiğinden gözlenebilir.

BÖLÜM 7. BÜYÜK SÜRMELİ OTELİ YAPI ÇUKURU DESTEKLEME SİSTEMİNİN DEFORMASYON ÖLÇÜMLERİ VE HESABI

Büyük Sürmeli Oteli iki ayrı binadan oluşmaktadır. Bunlardan birisi oldukça geniş bir alanı kaplayan ana bina, diğ eride daha küçük bir alana sahip ancak daha yüksek olan kule binadır. Ana binanın inşaatına başlanmıştır. Ancak kule şeklindeki binanın yapımına henüz başlanmamış olup, çukur destekleme sisteminin yapımı 1991 yılı Eylül ayından itibaren devam etmektedir.

Açılan yapı çukuru İstanbul'un en eski merkezlerinden biri olan Taksim'de yer almaktadır. Yapı çukurunun bulunduğu bölge oldukça yoğun bir nüfusa sahiptir. Ayrıca bölge eski bir kent merkezi olduğu için çevrede tarihi binalar da (örneğin Alman Konsolosluğu binası ve Selime Hatun Camii) bulunmaktadır. Bu özellikteki bir bölgede bulunan bir çukurda oluşacak hareketlerin fazla olması durumunda çevredeki konutlar ve tarihi binalar hasar görebilecektir. İşte bu nedenlerden ötürü çukurun güvenliğini sağlamak ve açılırken düzenli olarak gözlem yapmak önemlidir.

Büyük Sürmeli Oteli Yapı Çukuru destekleme sisteminin yapımı sürerken hareketlerin gözlenmesine karar verilmiştir. Gözlem yöntemi, destekleme sistemi yatay hareketlerinin jeodezik ağ yöntemi kullanarak ölçülmesidir.

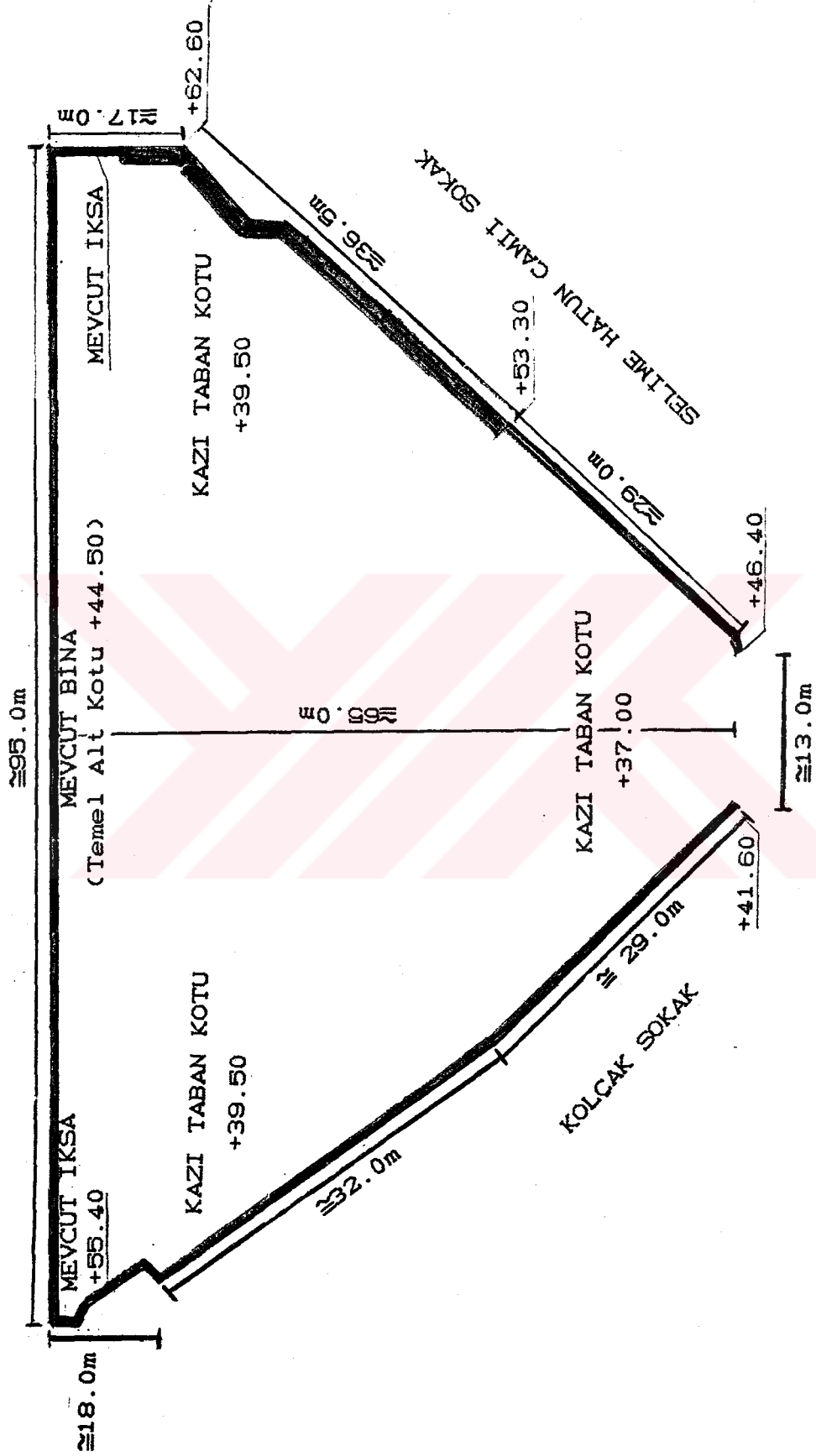
7.1. Bölgenin Topoğrafyası Ve Zemin Özellikleri

Kule inşaatının yapılacağı bölge yaklaşık üçgen biçiminde bir bölgedir. Kazının İnönü caddesi tarafında,

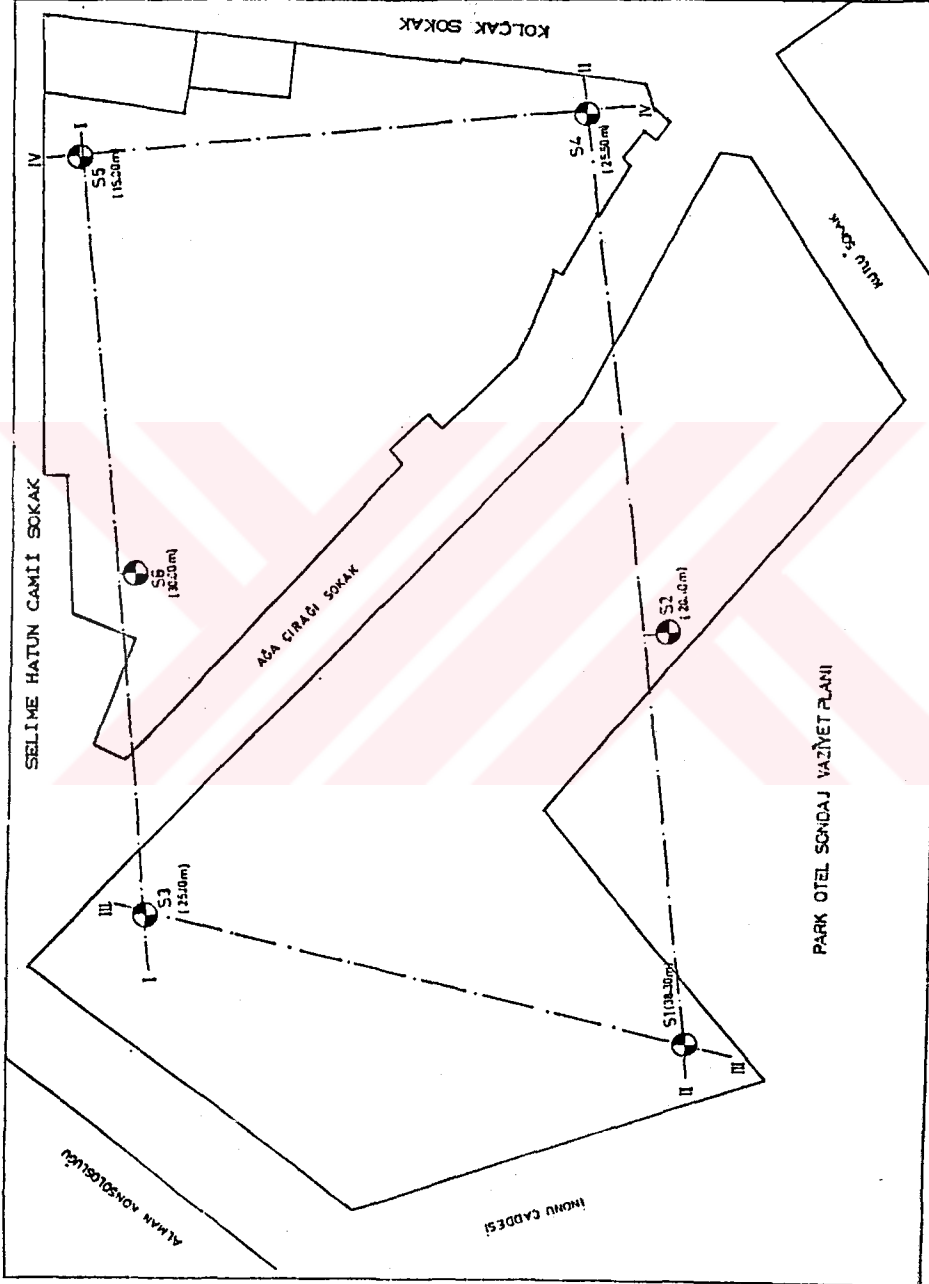
ana bina yer almaktadır. Taksim tarafındaki kenar Kolçak sokakla Gümüşsuyu tarafındaki kenar ise Selime Hatun Camii sokak ile sınırlanmıştır. Her iki sokağın diğer yanlarında konutlar bulunmaktadır. Selime Hatun Camii sokak ile ana binanın birleştiği bölgede doğal zeminin kotu 62.50m dir. Aynı sokağın Kolçak sokak ile birleştiği bölgedeki kot ise 46.40m dir. Kolçak sokağın ana bina ile birleştiği bölgede doğal zemin kotu 55.40m, Kolçak sokağın, Selime Hatun Camii sokağı ucundaki kotu ise 41.60m dir. Çukur kenarlarındaki doğal zeminin en büyük kot farkı 12.10m dir. Kazı taban kotu 39.50-37.00m arasında olduğuna göre en büyük kot farkı Selime Hatun Camii sokak ile ana binanın birleştiği bölgede oluşmaktadır ve değeri 26.50m dir. Kot farkının en büyük olduğu Selime Hatun Camii sokakta çevre binaların (özellikle Selime Hatun Camii) çukura olan uzaklığının oldukça az olduğu gözönünde bulundurulmalıdır. Çukur bölgesinin krokisi Şekil 7-1'de gösterilmiştir.

Kazı bölgesindeki hakim jeolojik formasyon Trakya Formasyonudur. Bu formasyonun üstünde Miyosen Sedimanları, altında ise Baltalımanlı formasyonu bulunmaktadır. "Grovak-Killişist" olarak da bilinen bu birim birbirleriyle yatay ve düşey geçişli olarak bulunan kumtaşı-kiltası-silttaşı-seyl ardalanmasından oluşur. Bölgenin jeolojisi ile ilgili daha ayrıntılı bilgi İstanbul Park Oteli İksa İnşaatı Zemin İncelemesi (1988) adlı rapordan edinilebilir.

İnşaat bölgesindeki zeminin incelenmesi için 6 adet sondaj yapılmıştır. Bunlardan numaraları ve yerleri Şekil 7-2 de gösterilmiş ve bunlardan çıkartılan zemin profilleri EK A' da verilmiştir. İstanbul Park Oteli İksa İnşaatı Zemin İncelemesi (1988) adlı raporda bu sondajlara bağlı olarak çıkartılan yeraltı profili şu şekildedir:



Sekil 7-1. Büyük Surmeli Oteli Derin Kazı Destekleme Sisteminin Kroki Planı.



Sekil 7-2. Büyük Sürmeli Otelİ İnşaatı Alanında Yapılan Sondajların Yerleri.

İnşaat bölgesinde yapılan sondajlarda, S-3 sondajı hariç, yüzeyden itibaren dolgu zemin tabakası belirlenmiştir. Dolgu zemin tabakası kalınlığı sondaj noktalarına göre farklılıklar göstermektedir. Dolgu zemin genellikle killi özellik göstermekle birlikte içinde inşaat artıkları, tuğla, beton ve kaya parçaları bulunmaktadır. Bu özelliği nedeniyle belirli bir granülometri dağılımı yoktur.

S-3 sondajında yüzeyden itibaren, diğer sondajlarda ise dolgu tabakası altında yukarıda özellikleri açıklanan Trakya Formasyonunun sedimanları gözlenmiştir.

Bu sedimanlar başlıca kumtaşı ve kiltası ile temsil edilirler. Bu iki kaya birimi birbiri ile sık düşey ve yatay geçişlidir. Kiltası gri renkli, ince orta tabakalı, sık eklemli ve kırıklıdır. Özellikle makaslama zonları boyunca ayrışarak killeşmiştir. Bu özellik S-3 ve S-5 nolu sondajlarda çok belirginleşir. Ancak aynı kiltası S-1 nolu sondajda 20m derinlik altında az ayrışmış-taze olarak orta kalın tabakalı özellikler sunar. Bu özellikler duyarsız çökme ortamının ve fliš fasiyesinin özelliğidir.

Kumtaşı sarı-gri renkli, ince orta taneli, ince orta tabakalı, az-orta derecede ayrışmıştır. Sık eklemlidir. Eklem düzlemleri Fe_2O_3 dolgulu ve pürüzlüdür. Orta sağlam dayanım gösterir. Kil taşlarının eklem düzlemleri pürüzsüz ve düzlemseldir. Fe_2O_3 ve kil ile dolu olarak bulunurlar. Bu nedenle kiltaları kumtaşlarına oranla daha az stabildirler. Kumtaşı tabakası S-3 sondajında dolgu tabakası altında 7m kalınlıkta, S-2 sondajında da yine dolgunun altında 4.5m kalınlıkta ileri derecede ayrışmış zon içerir.

Yukarıda adı geçen raporda kumtaşı ve kiltası Barton'a göre stabilite yönünden irdelenmiş ve kaya kütlesi kalitesi, kiltası için $Q=0.02$, kumtaşı için $Q=1$

olarak hesap edilmiştir. S-1 sondajı civarında kalın tabakalı ve nispeten stabil kaya birimlerine diğer sondajlar civarındaki bölgelerde pek rastlanmamıştır. Yani S-1 sondajı civarındaki bölge dışındaki kaya birimlerinin stabiliteleri düşüktür.

Sondajların yapıldığı dönemde sondaj delikleri içinde yeraltı suyu gözlemleri yapılmış ancak yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Bununla birlikte özellikle yağışlı mevsimlerde yüzey sularının sızması sonucunda, kaya-dolgu kontağından veya çatlak ve eklemlerden küçük debili su sızmaları oluşabilir.

Celep, İncecik (1991) tarafından hazırlanan raporda zemin parametrelerinin Tablo 7-1.deki gibi alınması uygun görülmüştür.

Tablo 7-1. Arazide Bulunan Tabakaların Birim Hacim Ağırlıkları Ve Mukavemet Parametreleri.

Zemin Sınıfı	γ_n (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (°)
Dolgu Zemin	19	0	32.5
Ayrışmış Kumtaşı Ve Kiltası	20	0	37.5
Orta Sağlam Kumtaşı Ve Kiltası	21	0	42.5
Sağlam Kumtaşı Ve Kiltası	22	30	45.0

Metot Mühendislik Ltd. Şti tarafından Büyük Sürmeli Oteli (Turotel) Yapı Çukuru İksası Projesi Hesapları (1991) adlı raporda Selime Hatun Camii sokak ve Kolçak sokak için sürsarj yükü olarak 10 kN/m² alınmıştır.

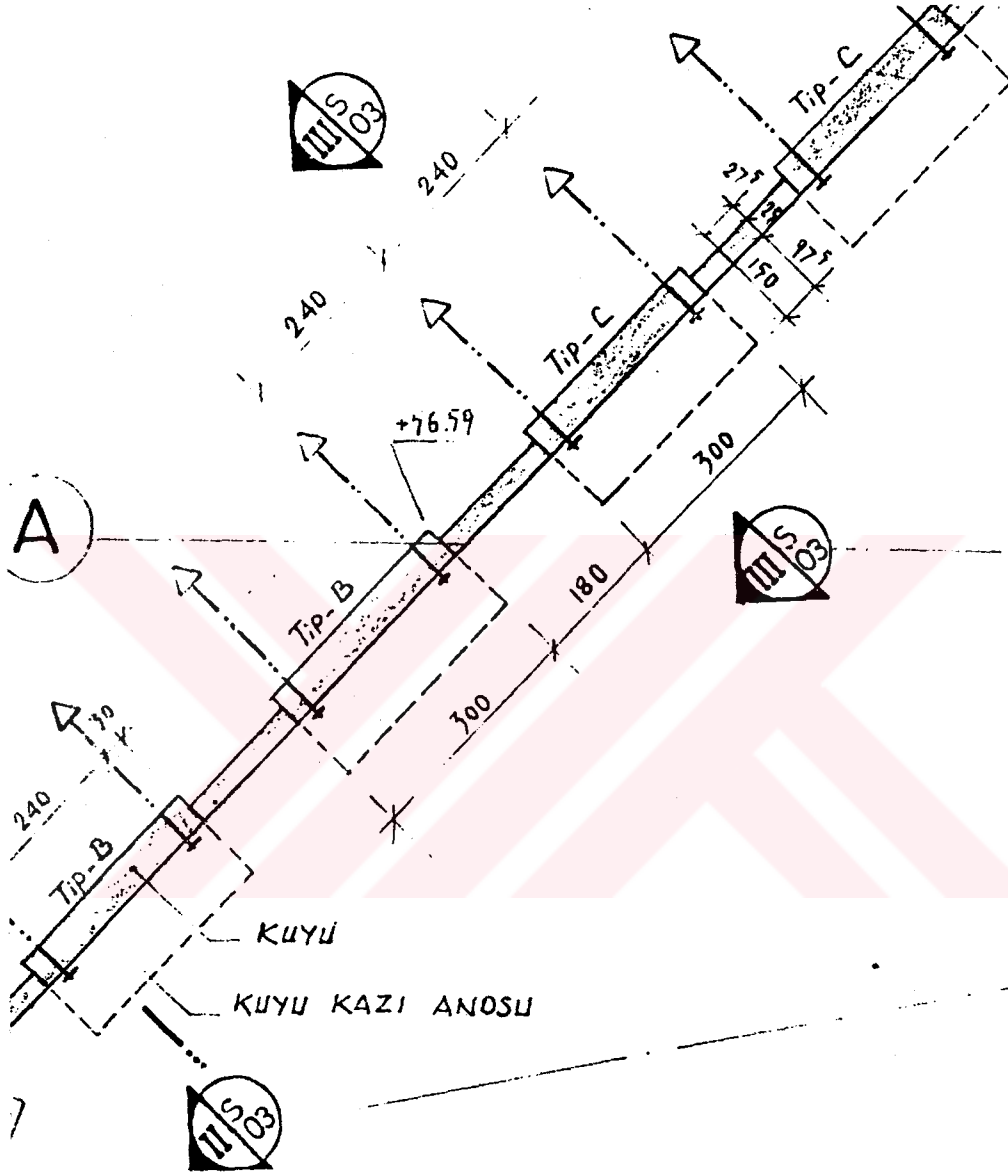
7.2. Destekleme Sisteminin Tanıtımı

Kule blok inşaa edilecek bölgede destekleme sisteminin hesabı ve çizimleri Metot Mühendislik Ltd Şti tarafından yapılmış ve Büyük Sürmeli Oteli (Turotel) Yapı Çukuru İksası Uygulama Projesi Hesapları (1991) adlı raporda sunulmuştur.

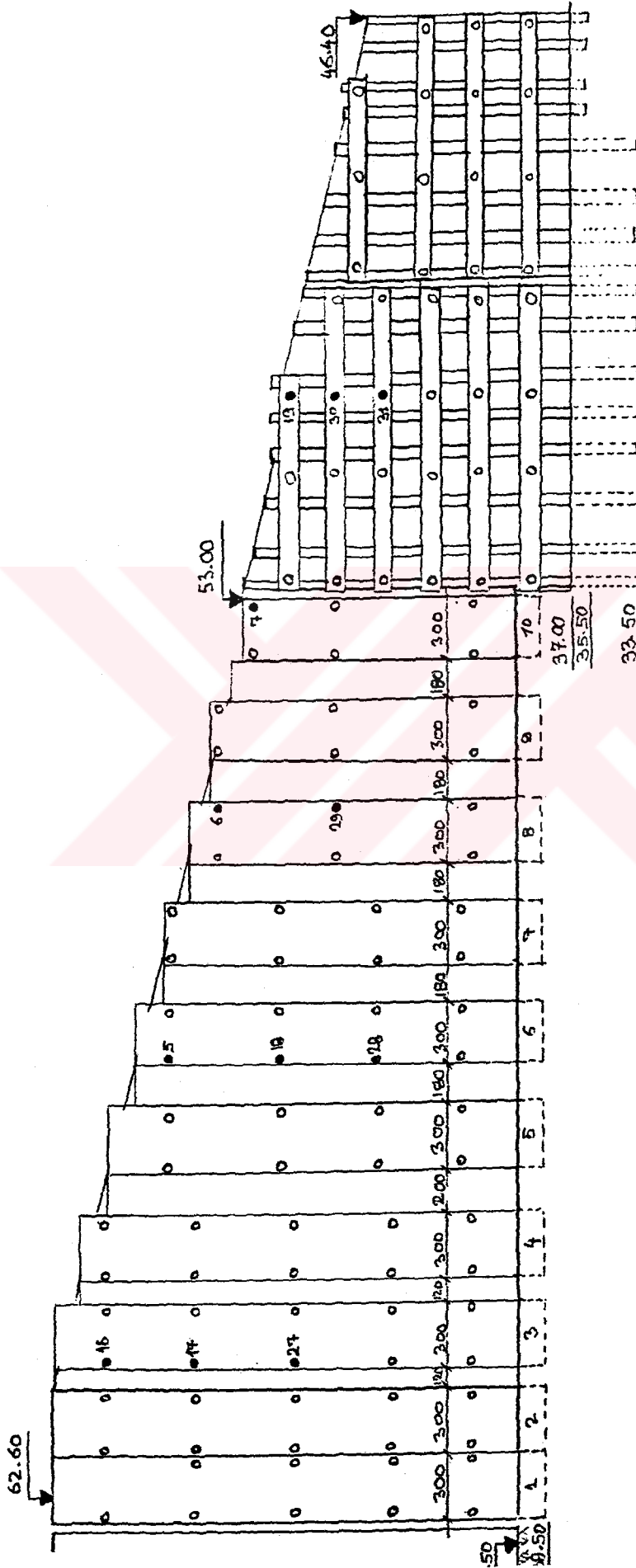
Destekleme sistemi esas olarak iki ayrı sistemden oluşmaktadır. Birincisi hem sürsarj yükünün hemde derinliğin büyük olduğu Selime Hatun Camii sokak tarafında doğal zemin kotunun 62.50m ile 53.30m arasında olduğu bölgedeki ankrajlı-betonarme aralıklı kuyu duvarlarıdır. Bu kısım ile ilgili plan Şekil 7-3'de gösterilmiştir. Şekil 7-4 deki kroki görünüşüdür. İçi dolu ankrajlar obje noktalarının yerini yanlarındaki sayılarda obje noktalarının numaralarını göstermektedir. Destekleme sisteminin tamamında, mini kazıkların çapı 25 cm ve eksenleri arası mesafe 60 cm dir. Bu bölümle ilgili düşey kesit Şekil 7-5'de ve yatay kesit de Şekil 7-6'da gösterilmiştir. Bu kenarda 53.30 kotu ile 46.40 kotu arasında destekleme sistemi olarak ankrajlı mini kazıklı perde seçilmiştir. Kazının Kolçak sokak kenarında kullanılan destekleme sistemi de ankrajlı mini kazıklı perdedir. Bu kenarı destekleyen sistemin planının bir bölümü Şekil 7-7'de, kroki görünüşü Şekil 7-8'de ve düşey kesiti Şekil 7-9'da gösterilmiştir.

Kuyu duvarların boyutu 52.5x300 cm dir ve bunlar arasında 25x180 cm lik taşıyıcı özelliği olmayan betonarme kaplamalar vardır (Şekil 7-6). Ankrajların, kuyu duvarlar ve kuşak krişleriyle olan bağlantı detayları Şekil 7-10 ve Şekil 7-11 de yer almaktadır. Şekil 7-12'de de kullanılan ankraj başlıklarının detayları gösterilmiştir.

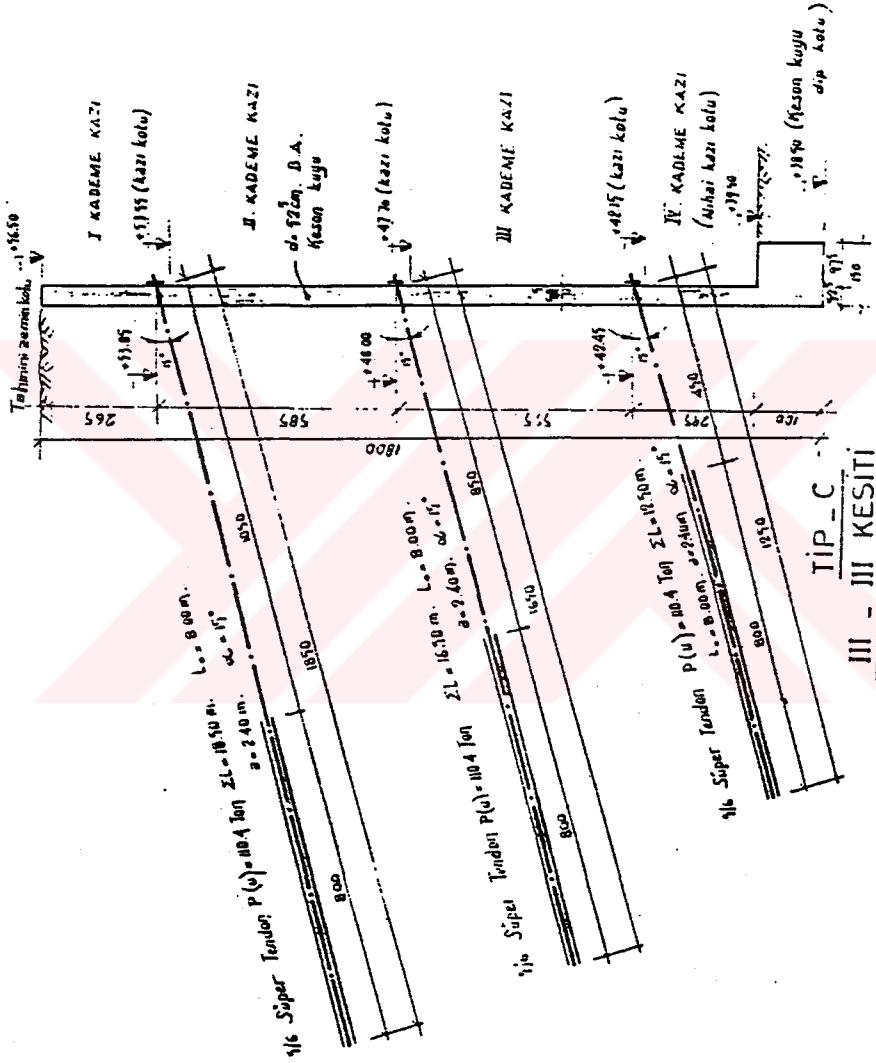
Kazı destekleme sistemin de kullanılan ankrajların servis yükü güvenlik katsayısı 1.6 alınarak



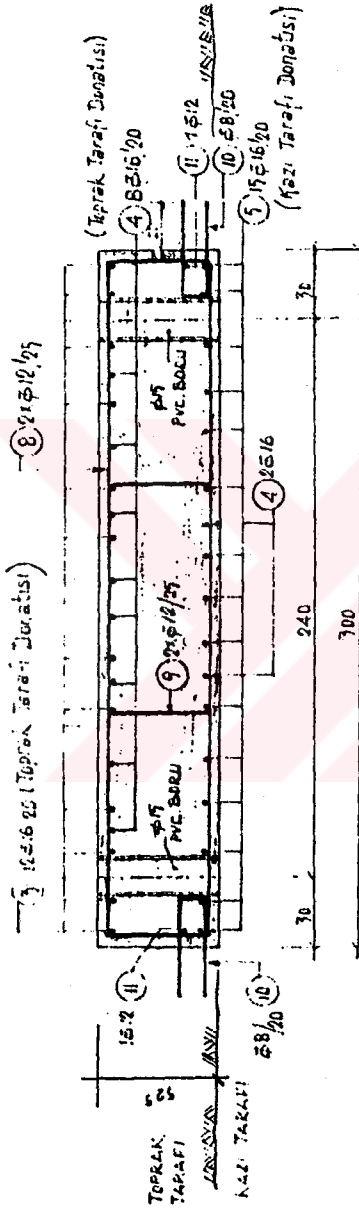
Sekil 7-3. Kuyu Tipi Ankrajlı Betonarme Perdelerin Üstten Görünüşü.



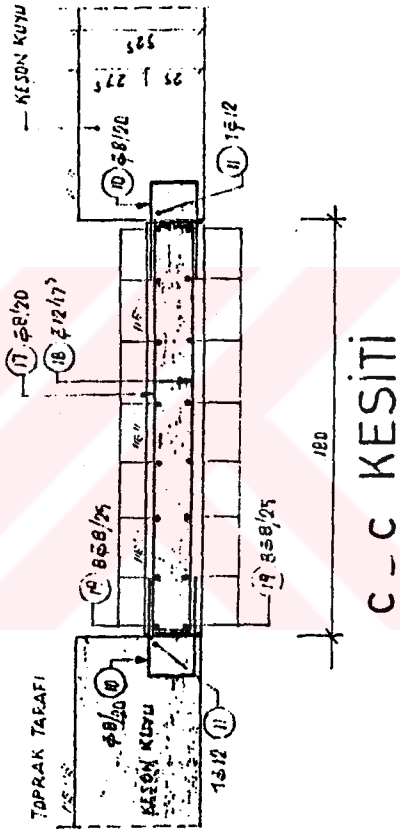
Sekil 7-4. Selime Hatun Camii Sokak Tarafındaki Destekleme Sisteminin Kroki Görünüşü.



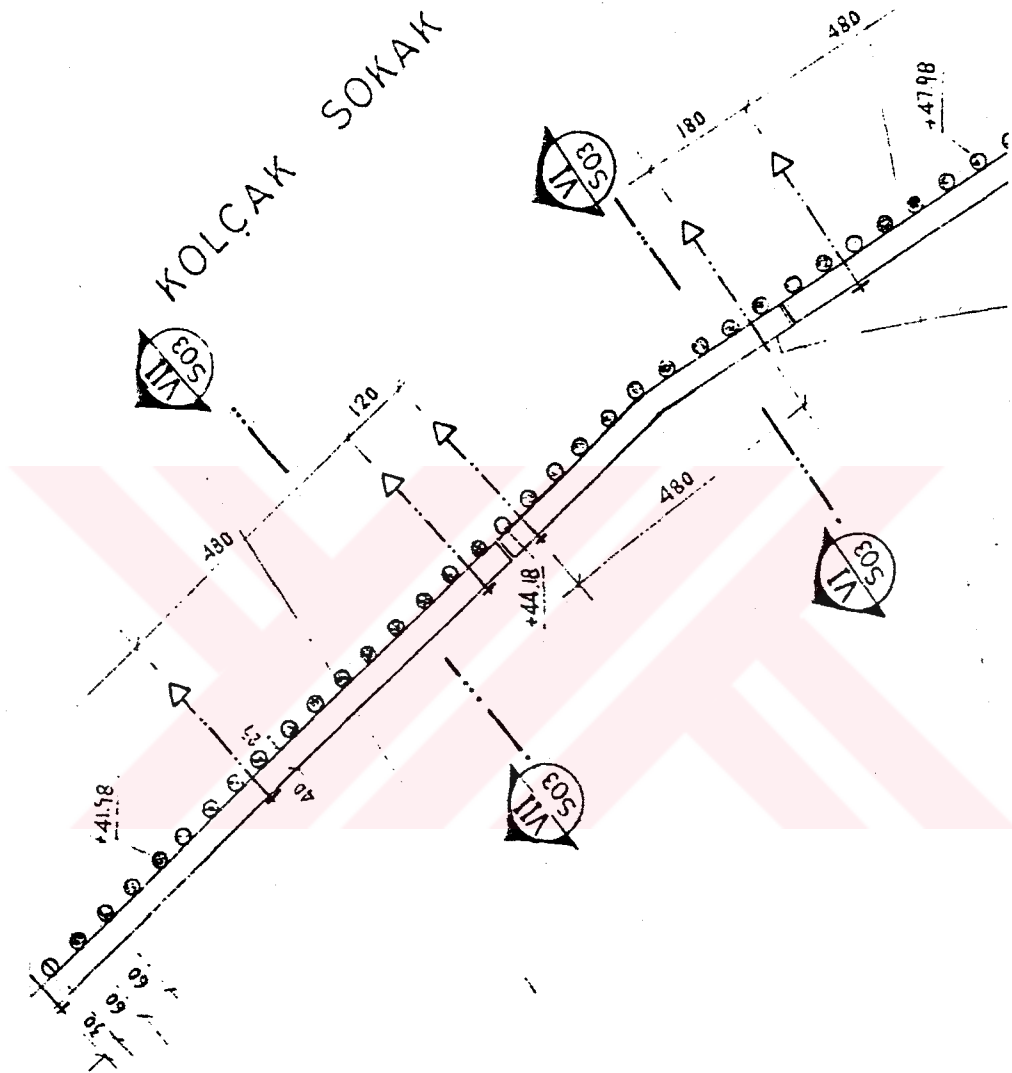
Sekil 7-5. Ankrajlı Kuyu Duvar Destekleme Sisteminin Tipik Bir Düşey Kesiti.



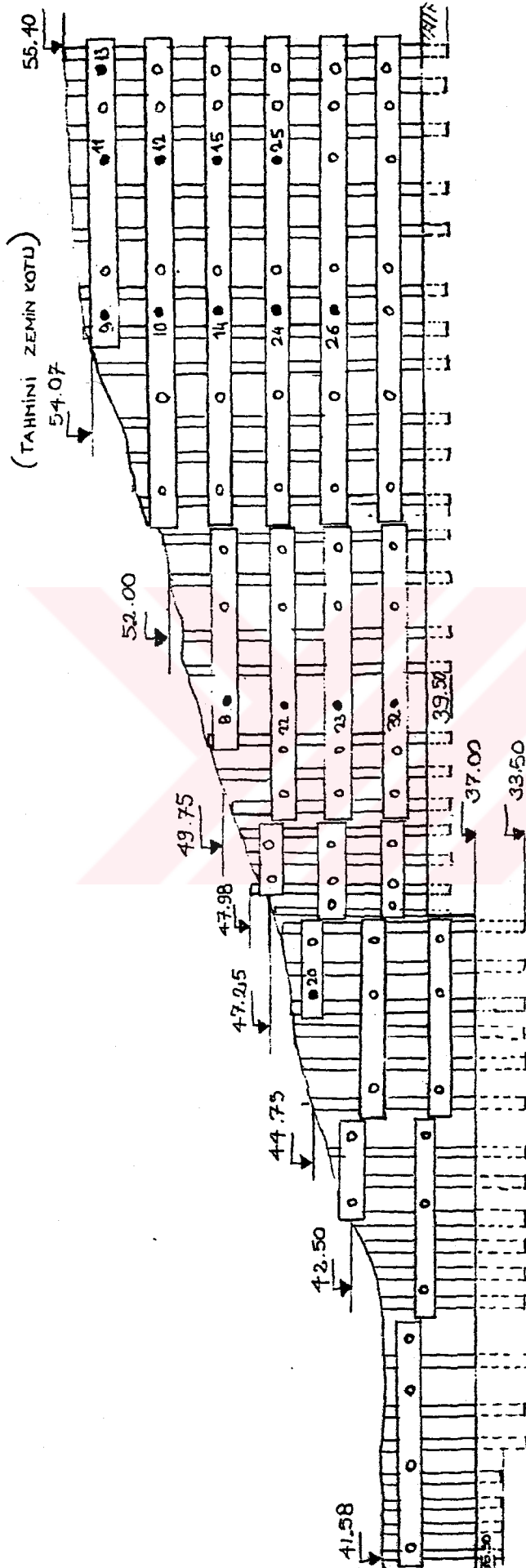
VI - VI KESİTİ
(TIP_B)



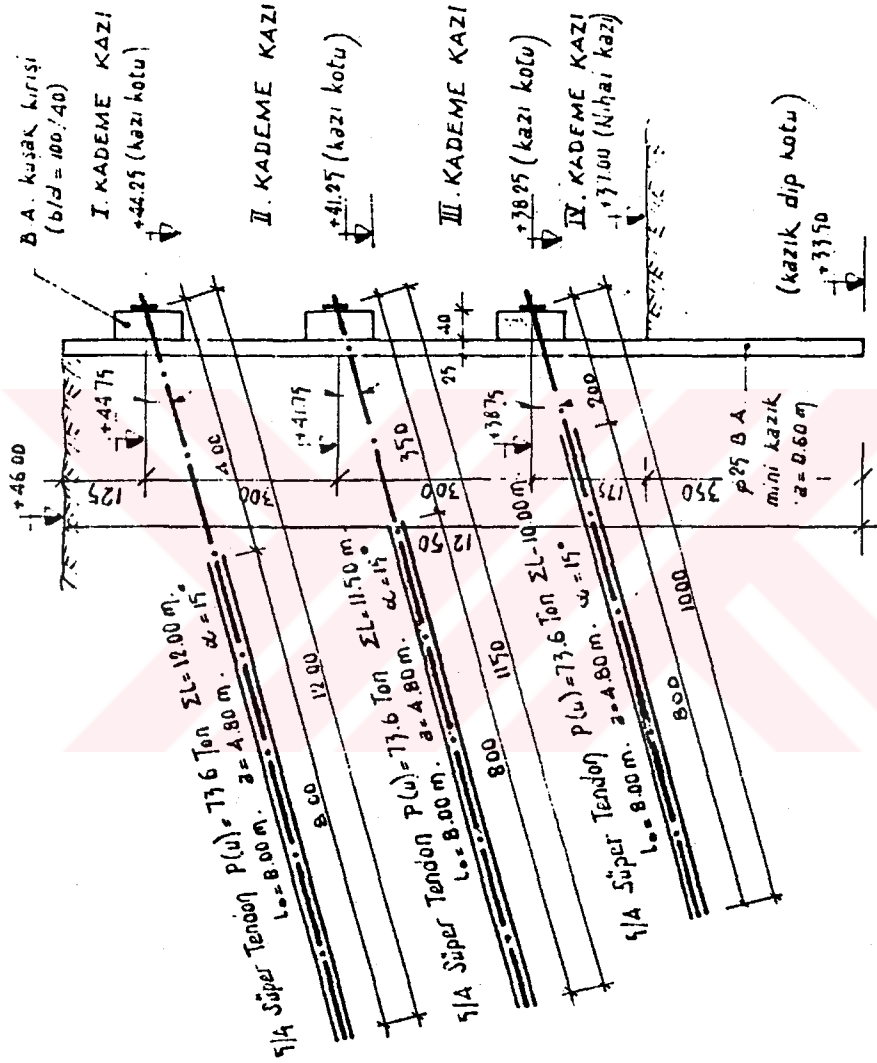
Sekil 7-6. Ankrajlı Kuyu Duvar Destekleme Sisteminin
Tipik Bir Yatay Kesiti.



Şekil 7-7. Mini Kazıklı-Ankrajlı Perdenin Planı.

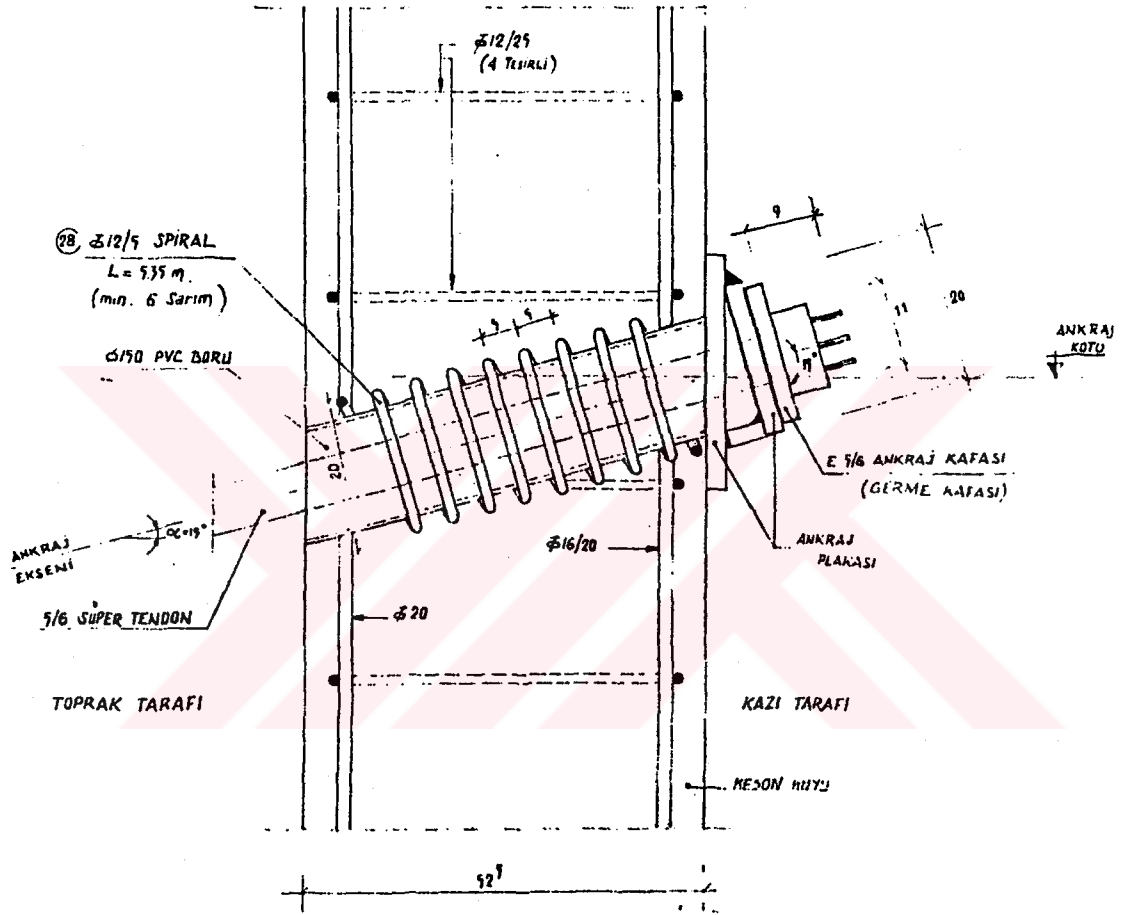


Şekil 7-8. Kolçak Sövak Tarafındaki Destekleme Sisteminin Kroki Görünüşü.

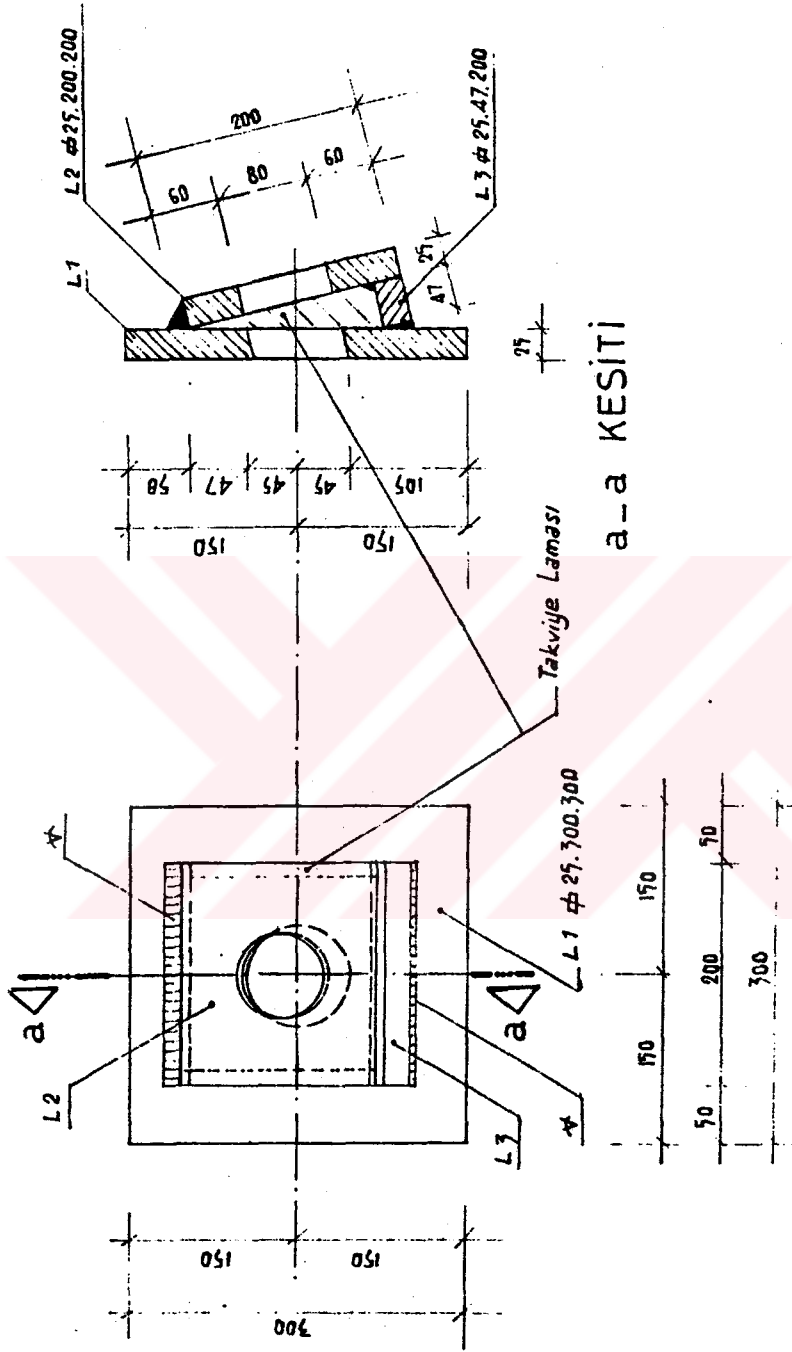


VI - VI KESİTİ

Sekil 7-9. Mini Kazıklı-Ankrajlı Perdenin Tipik Bir Düşey Kesiti.



Sekil 7-10. Kuyu Duvar İle Ankraj Bağlantı Detayı.



Sekil 7-12. Ankraj Başlığı Detayı.

hesaplanmıştır. Ankrajların kopma ve servis yükleri Tablo 7-2'de verilmiştir. Destekleme sisteminde kullanılan ankrajların kök uzunluğu 8.0m, toplam uzunlukları 22.0 ile 10.0m arasında değişmektedir. Ankraj eğimleri 15° dir. Kazı destekleme sistemindeki betonarme elemanların eğilme ve uzama rijitlikleri Tablo 7-3'de verilmiştir.

Tablo 7-2. Kullanılan Ankrajların Kopma Yükleri
Servis yükleri ve uzama rijitlikleri.

Ankraj Tipi	Kopma Yüğü (kN)	Servis Yüğü (kN)	Uzama Rijitliğı (kN)
5/4 SÜPER TENDON	736	460	77220
5/5 SÜPER TENDON	920	575	96525
5/6 SÜPER TENDON	1104	690	115830

Tablo 7-3. Destekleme Sistemindeki Elemanların Rijitlikleri.

Eleman Adı	Eğilme Rijitliğı (EI) (kNm /m)	Uzama Rijitliğı (EA) (kN/m)
KUYU DUVAR	325500	14175000
KAZIKLI PERDE	83000	2650700

Bilindiğı gibi oluşan yatay hareketlerin değeri destekleme sisteminin ve kazının yapım aşamalarına bağlıdır. Bu yüzden ölçüm yapılırken inşaatın durumu da incelenmiştir. Ölçümler sırasında destekleme sisteminin ve kazının durumu şu şekildedir :

I. Periyot ölçüm (26-27 Kasım 1991) sırasında Kolçak sokak tarafında 8.,9.,10. numaralı obje noktalarının bulunduğu kuşak girişler yapılmış ve ankrajları gerilmiştir. Kazı kotu 14. obje noktasının bulunduğu kuşak girişin taban hizasındadır. Selime Hatun Camii sokak tarafında ise 1,2,3,4,5,6,7,8 nolu kuyulardaki ankrajlar gerilmemiş, 10 nolu kuyudaki ankrajlar gerilmiş durumdadır. Kazı ilk sıra ankrajların hizasındadır.

II. Periyot ölçüm (19-20 Aralık 1991) sırasında Kolçak sokak tarafında 14. obje noktasının bulunduğu girişin ankrajları gerili durumdadır.Kazı kotu bu periyotta değişmemiştir. 8. obje noktasının bulunduğu giriş bölgesindeki kazı derinliği giriş tabanından itibaren yaklaşık 1.5m dir. Selime Hatun Camii sokak tarafında ise ilk sıra ankrajların tümü gerilmiş ve ilk dört kuyuda bu hizadan yaklaşık 2.0m lik bir kazı yapılmıştır.

III. Periyot ölçüm (25-26 Ocak 1992) sırasında inşaatın durumu Kolçak sokak tarafında şöyledir; 20.,22.,23. ve 26. obje noktalarının bulunduğu girişler yapılmış ama ankrajları gerilmemiştir. Bu bölgede kazı kotu bu girişlerin taban hizasındadır. Kazı kotunun giriş tabanı hizasında olduğu 24.obje noktasının bulunduğu girişi ise tamamıyla bitmiştir. Selime Hatun Camii sokak tarafında ise kazı kotu ilk dört kuyu için 17. obje noktasının bulunduğu hizaya gelmiştir ve bu kottaki ankrajlar gerilmiştir. 4. ile 5. kuyu arasında yaklaşık 2m lik bir kot farkı oluşmuştur. 18. obje noktasının bulunduğu kottaki tüm ankrajlar gerilmiştir.

IV. Periyot ölçüm (5-6 Mart 1992) sırasında Kolçak sokak tarafında 32. obje noktasının bulunduğu giriş tamamlanmış ancak ankrajları gerilmemiştir. 26. obje noktasının bulunduğu bölgede bu girişin üstündeki girişe kadar dolgu yapılmıştır. Selime Hatun Camii tarafında

ise 27. obje noktasının bulunduğu kottaki ankrajlar gerilmiş ve yaklaşık 1 m lik bir kazı yapılmıştır. 28. obje noktasının bulunduğu kottaki ankrajlar tümüyle gerilmiştir.

Yukarıda kazı durumu için yapılan açıklamalar yaklaşık değerlerdir. Kazı alanı geniş bir bölgedir. Kimi yerlerden kazılan toprak bu alan içindeki başka bölgelere taşınıp daha sonraki bir zaman içerisinde de hafredilmektedir.

7.3. Yatay Hareket Ölçüm Sisteminin Tanıtımı Ve Ölçüm Sonuçları

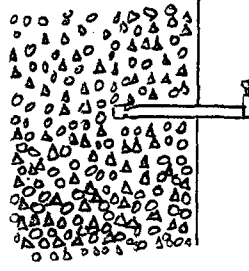
7.3.1. Yatay Hareket Ölçüm Sisteminin Tanıtımı

Derin kazı destekleme sistemi yatay hareketlerinin ölçümünde kullanılan yöntem, jeodezik ağ yöntemidir. Burada kullanılan ölçüm sisteminin tanıtımı tarafından şu şekilde özetlenebilir (İnce, 1992):

Kullanılan kontrol ağı destekleme sistemindeki yatay hareketleri belirleyebilmek için, komşu binaların üzerinde, birbirini gören 4 adet kontrol (sabit) noktası işaretlenmiştir. Kazı alanı etrafının dar olması ve kazıya yönelik gözlemlerin yüksek bir yerden yapılması zorunluluğu, kontrol noktalarının komşu binaların üzerine tesis edilmesini gerektirmiş, bu nedenle noktalar pilye olarak tesis edilememiştir. Kontrol noktalarından yapılan doğrultu ve kenar ölçmeleri, sehpa üzerinden optik merkezleştirme yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Obje noktalarında hem kenar hem doğrultu ölçmelerine izin verebilen tesisler kullanılarak, bunlar duvar üzerine, önceden belirlenen ankraj başlıkları civarına monte edilmişlerdir. Bu tesislerin detayı Şekil 13'de

gösterilmiştir.



Sekil 7-13. Obje Noktalarında Kullanılan Tesislerin Detayı.

Yatay hareketlerin ölçülmesine, inşaat sahasının ortasında genişçe bir bölüm kazıldıktan ve Kolçak sokakta 55.20m kotu ile 52.00m kotu arasındaki kuşak kirişlerin tamamlanıp bir alttaki kiriş için kazı işlemi yapıldıktan sonra başlanabilmektedir. Başlangıç aşamasının ardından, her kademe kazıdan sonra, perdelere tesis edilen obje noktaları tüm ağıla birlikte ölçülmüştür. Bu nedenle her periyot ölçmesi sırasında kontrol ağındaki obje noktaları sayısı, kazıya paralel olarak artmıştır. I. periyot ölçülerinde 9 adet (6,7,8,9,10,11,12,13 nolu noktalar), II. periyot ölçülerinde 12 adet (9+ 14,15,16 nolu noktalar), III. periyot ölçülerinde (12+ 17,18,19,20,22, 22,23,24,25,26 nolu noktalar), IV. periyot ölçülerinde 26 adet (21+ 27,28,29,30,31,32 nolu noktalar) obje noktası gözlenmiştir. 26. obje noktası III. periyotta ölçülmüş, IV. periyot ölçümleri sırasında toprak altında kaldığında ölçülememiştir. Obje noktalarının yerleri Şekil 7-4 ve Şekil 7-8'de gösterilmiştir. Tüm obje noktaları ankraj başlıklarına yakın bölgelere tesbit edilmiştir.

Tüm periyotlarda, kenarlar Topcon GTS-4 Total Station ile, doğrultular Wild T-2 saniye teodoliti ile ölçülmüş ve her periyot ölçümü 1 ile 1.5 gün arasında tamamlanmıştır. Ölçümler kış aylarına rastladığından genelde çok bulutlu ortamlarda çalışılmıştır. Kenar ölçmeleri sırasında barometre ve termometre okumaları yapılarak, bu veriler alete girilmiş ve düzeltilmiş,

kenar ölçüleri karnelere aktarılmıştır. V. periyot ölçülmesi yapılmadığından 27,28,29,30,31,ve 32 nolu obje noktaları ölçüm için analiz yapılmamıştır.

7.3..2. Yatay Hareket Ölçüm Sonuçları

Toplanan veriler İnce (1992) tarafından serbest ağı dengelemesi yapılmış, ardından bu dengeleme ile ilgili testler yapılmıştır. Yatay hareketler bu aşamalardan sonra tümünden dengeleme hesabıyla bulunmuştur. Tümünden dengeleme sonucunda, her obje noktasının ölçümler arasındaki konumları belirlenmiş ve ortaya çıkan fark vektörlerinin %95 istatistik güvenle (Test büyüklüğü " T_d " test kriterinden " F_{α}, f_1, f_2 " büyükse, hesaplanan hareket %95 olasılıkla gerçektir yani her hangi bir hesap hatasından kaynaklanmamaktadır.) bir yatay hareket gösterip göstermediğine karar verilmiştir. İnce (1992) tarafından hesaplanan sonuçlar Tablo 7-4'de gösterilmiştir.

Tabloda sayısal değerleri görülen hareketlerin yatay düzlemdeki (plan) görünüşlerine (İnce (1992)) Şekil 7-14, Şekil 7-15, Şekil 7-16, Şekil 7-17, Şekil 7-18, Şekil 7-19, Şekil 7-20, Şekil 7-21, Şekil 7-22, Şekil 7-23' de, yatay düzlemdeki (kesit) Şekil 7-24, Şekil 7-25, Şekil 7-26, Şekil 7-27'de yer verilmiştir.

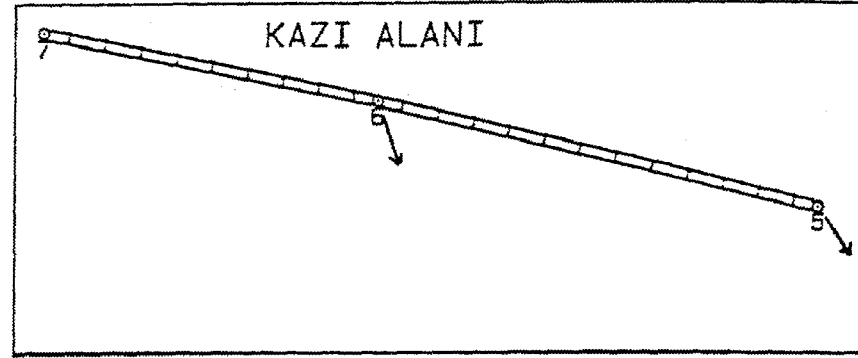
Jeodezik yolla yapılan ölçümler sonucunda elde edilen sonuçlar geoteknik mühendisleri ve jeodezi mühendisleri tarafından, birlikte değerlendirilmeli ve bir karara varılmalıdır. Burada da öyle yapılmış ve hesapta bulunan değerler şu şekilde yorumlanmıştır :

16. obje noktası tüm ölçümler boyunca hareketsiz kalmıştır. 17. obje noktası yalnızca III-IV

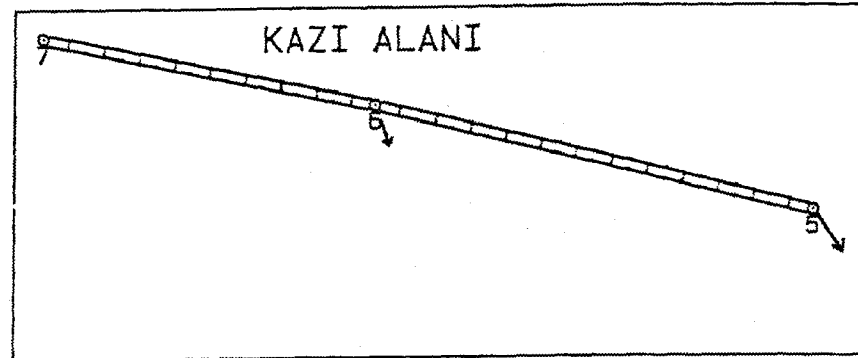
Tablo 7- 4. Her Periyottaki Yatay Hareket Değerleri Ve Desfekteleme Sisteminin Durumu.

PERİYOT NO	NOKTA NO	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25
I	I-II	KOOR. dx (cm)	0.5	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.0										
		PARKI dy (cm)	0.6	0.8	-0.1	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3										
		TEST BİY. (Tb)	4.030	4.205	2.932	2.993	0.649	0.288	0.641	0.787											
		TEST SONUCU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y										
		HAR. VEKİL. (cm)	0.78	0.85	0.14	0.22	0.22	0.10	0.22	0.30											
	I-III	KOOR. dx (cm)	0.4	0.2	-0.1	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.1										
		PARKI dy (cm)	0.5	0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2										
		TEST BİY. (Tb)	3.023	2.843	2.075	1.764	1.604	1.336	2.788	2.780	2.677										
		TEST SONUCU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y										
		HAR. VEKİL. (cm)	0.64	0.54	0.42	0.41	0.41	0.34	0.34	0.37	0.43										
II	I-IV	KOOR. dx (cm)	0.1	-0.2	-0.4	0.1	0.5	0.4	0.6	1.0	0.4										
		PARKI dy (cm)	0.8	0.9	0.2	-0.6	-0.1	0.8	-0.2	0.4	0.2										
		TEST BİY. (Tb)	3.464	4.801	1.686	2.170	1.609	1.168	1.859	8.988	1.313										
		TEST SONUCU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y										
		HAR. VEKİL. (cm)	0.81	0.92	0.63	0.61	0.51	0.40	0.63	1.08	0.45										
	ANKRAJLARIN DURUMU	ANKRAJ HIZASI	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
III	II-III	KOOR. dx (cm)	0.0	0.0	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	0.7	0.9	0.8	1.0	0.8	-0.3							
		PARKI dy (cm)	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.2	-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	0.1							
		TEST BİY. (Tb)	0.052	0.633	1.596	7.470	5.378	6.777	2.970	4.846	3.285	2.544	0.404								
		TEST SONUCU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y							
		HAR. VEKİL. (cm)	0.10	0.30	0.41	1.03	0.95	1.02	0.76	0.91	0.81	1.04	0.82	0.12							
	II-IV	KOOR. dx (cm)	-0.2	-0.3	-0.1	0.5	0.9	1.1	1.0	1.6	0.8	0.7	1.2	-0.4							
		PARKI dy (cm)	-0.1	-0.4	-0.2	-0.9	-0.6	-0.4	0.0	-0.1	-0.5	-1.0	-0.5	0.4							
		TEST BİY. (Tb)	0.332	2.468	0.565	5.063	4.797	6.983	5.800	12.467	2.948	5.854	5.241	1.646							
		TEST SONUCU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y							
		HAR. VEKİL. (cm)	0.22	0.50	0.22	1.03	1.08	1.17	1.00	1.60	0.94	1.22	1.30	0.57							
IV	ANKRAJLARIN DURUMU	ANKRAJ HIZASI	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
	KAZININ DURUMU	KAZI YAPILDI	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y							
		KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI										
		KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI										
		KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI										
		KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI										
V	III-IV	KOOR. dx (cm)	-0.20	-0.20	-0.19	-0.50	-0.10	0.00	0.10	0.50	-0.10	-0.40	0.20	-0.20	-0.50	-0.20	0.00	-0.50	-0.40	-0.10	0.00
		PARKI dy (cm)	-0.30	-0.20	0.00	-0.50	-0.20	-0.20	-0.40	0.00	-0.30	-0.40	-0.40	0.00	-0.80	-0.30	-0.20	-0.30	-0.30	-0.30	-0.70
		TEST BİY. (Tb)	1.264	0.94	0.08	4.703	0.523	0.409	2.21	1.784	0.77	3.223	0.404	0.202	5.811	1.093	0.602	2.505	2.071	2.063	1.374
		TEST SONUCU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
		HAR. VEKİL. (cm)	0.36	0.20	0.10	0.71	0.22	0.20	0.61	0.50	0.33	0.72	0.43	0.20	0.94	0.36	0.20	0.50	0.50	0.50	0.71
	ANKRAJLARIN DURUMU	ANKRAJ HIZASI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
VI	KAZININ DURUMU	KAZI YAPILDI	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y							
		KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI										
		KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI										
		KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI										
		KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI	KAZI YAPILDI										
	ANKRAJLARIN DURUMU	ANKRAJ HIZASI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										
		ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI	ANKRAJ HIZASI										

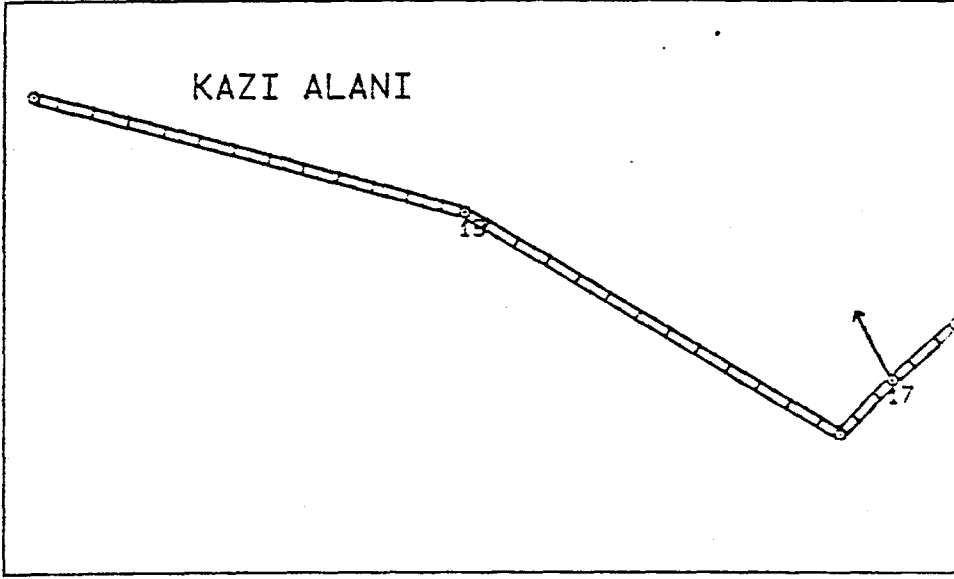
Not: - Ankraj Genili Değil, + Ankraj Genili; V Hareket Var, Y Hareket Yok.



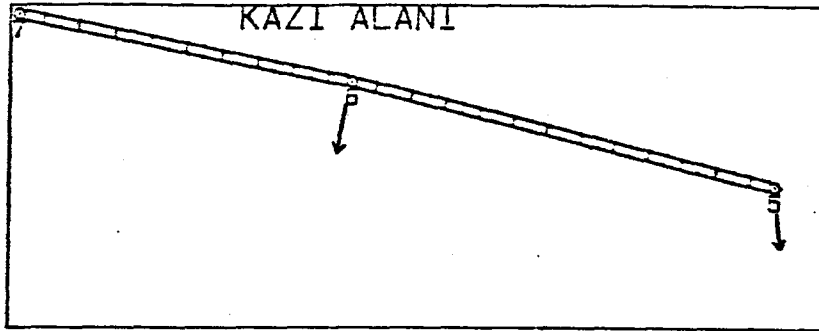
Sekil 7-14. I-II Değerlendirilmesinde
5 ve 6 Nolu Noktaların
Deformasyon Vektörleri.



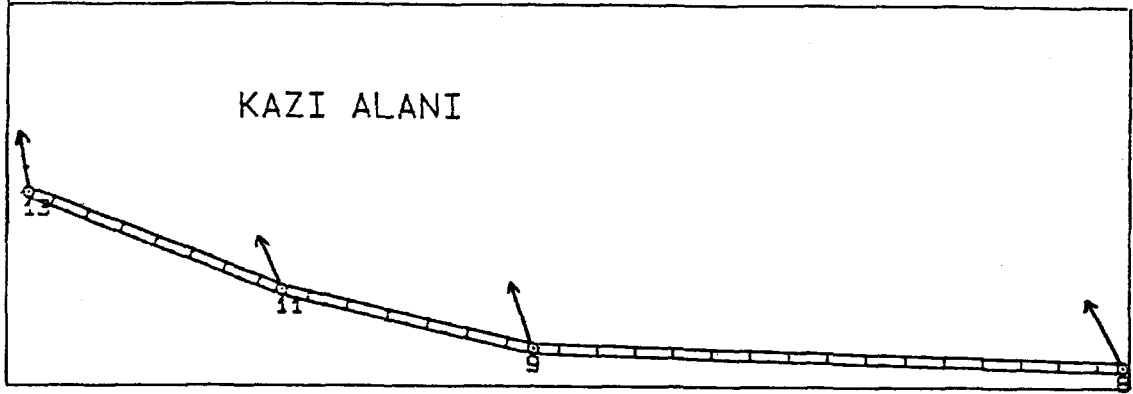
Sekil 7-15. I-III Değerlendirilmesinde
5 ve 6 Nolu Noktaların
Deformasyon Vektörleri.



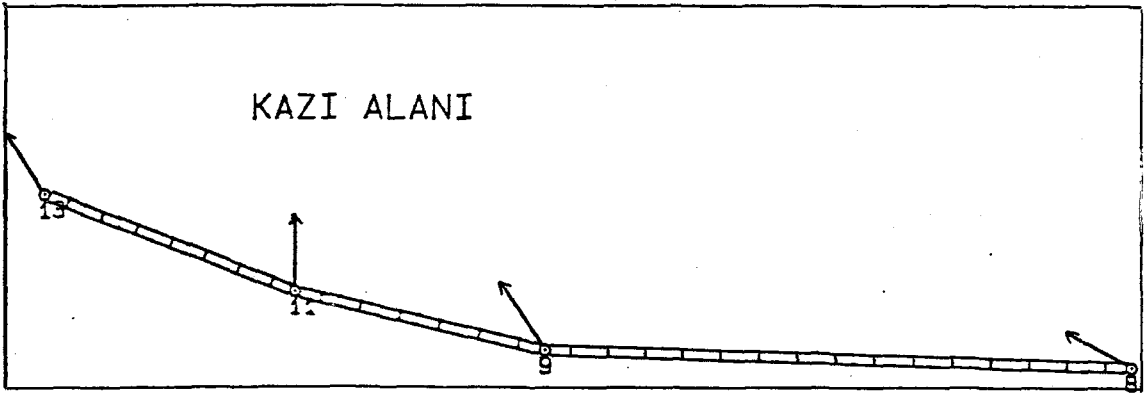
Sekil 7-16. I-IV Değerlendirilmesinde
5 ve 6 Nolu Noktaların
Deformasyon Vektörleri.



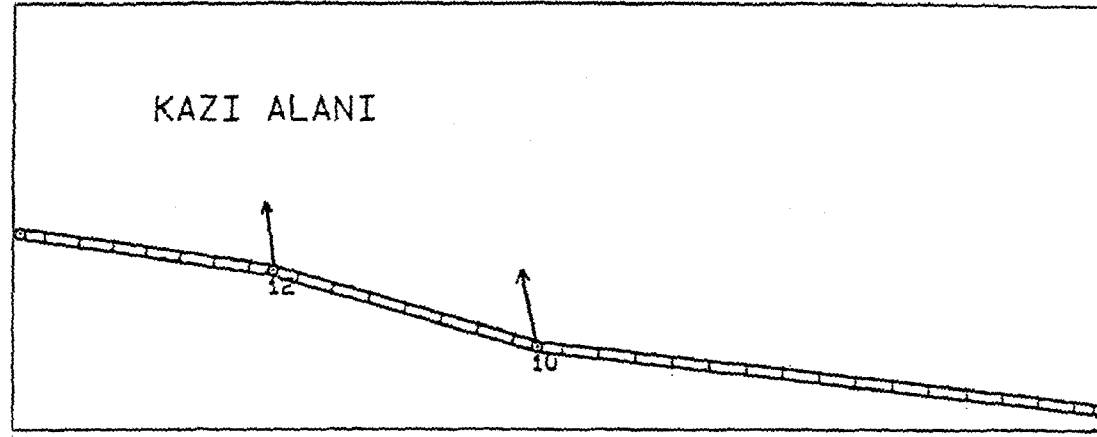
Sekil 7-17. III-IV Değerlendirilmesinde
17 Nolu Noktaların Deformasyon
Vektörleri.



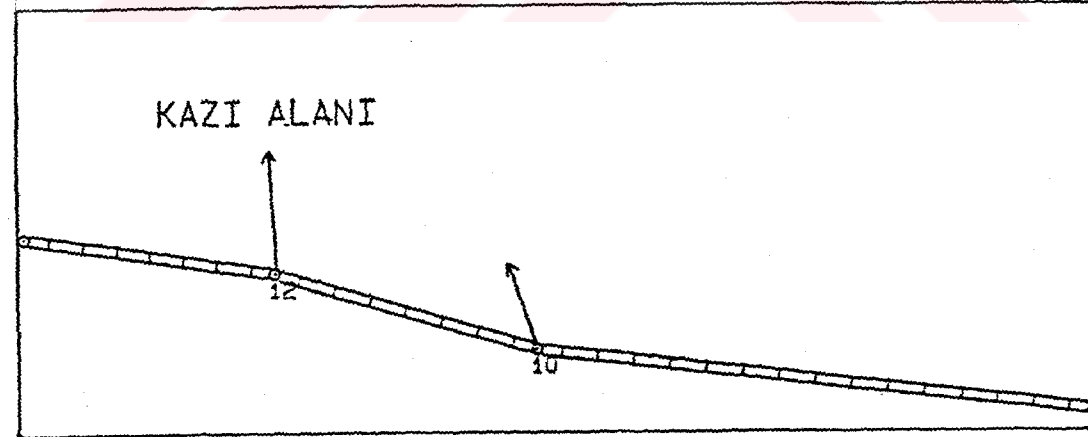
Sekil 7-18. II-III Değerlendirilmesinde
8,9,11 ve 13 Nolu Noktaların Deformasyon
Vektörleri.



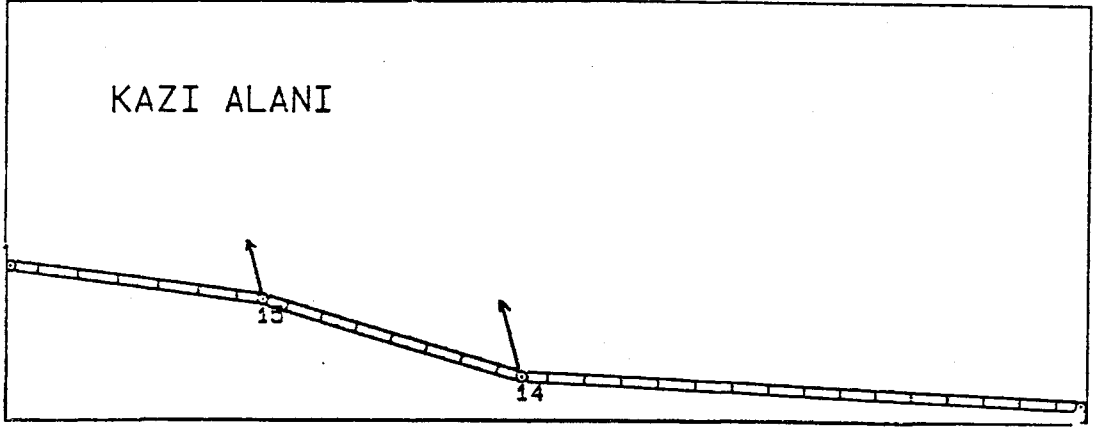
Sekil 7-19. II-IV Değerlendirilmesinde
8,9,11 ve 13 Nolu Noktaların
Deformasyon Vektörleri.



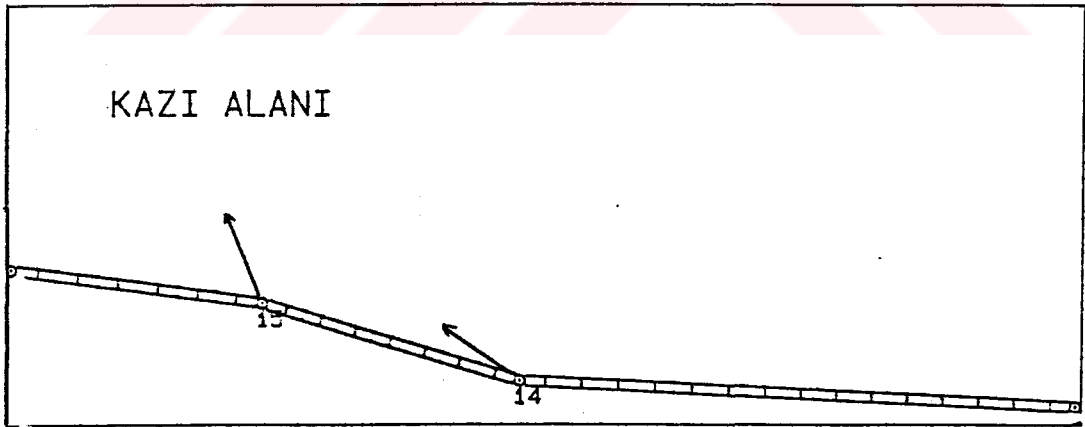
Şekil 7-20. II-III Değerlendirilmesinde
10 ve 12 Nolu Noktaların
Deformasyon Vektörleri.



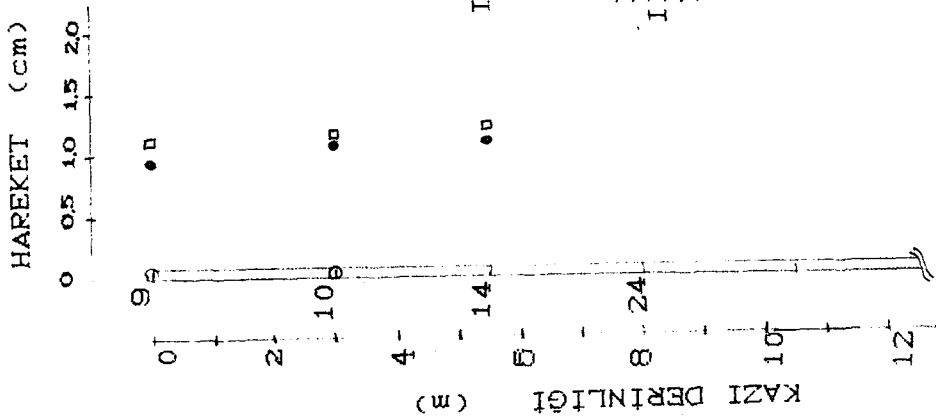
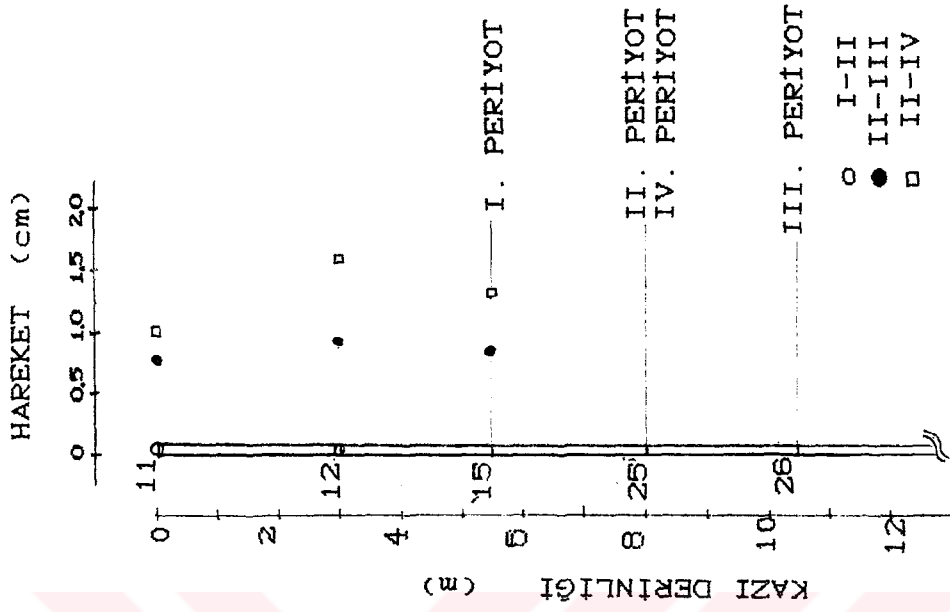
Şekil 7-21. II-IV Değerlendirilmesinde
10 ve 12 Nolu Noktaların
Deformasyon Vektörleri.



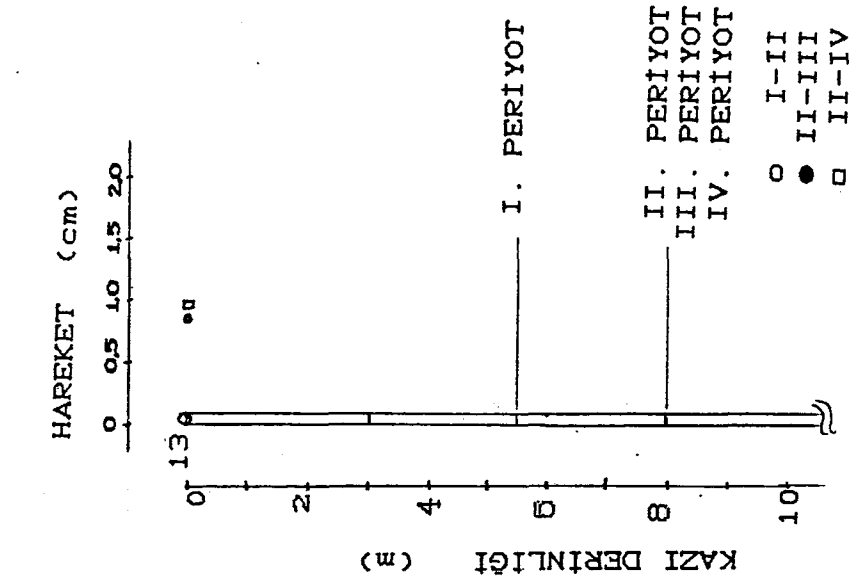
Şekil 7-22. II-III Değerlendirilmesinde
14 ve 15 Nolu Noktaların
Deformasyon Vektörleri.



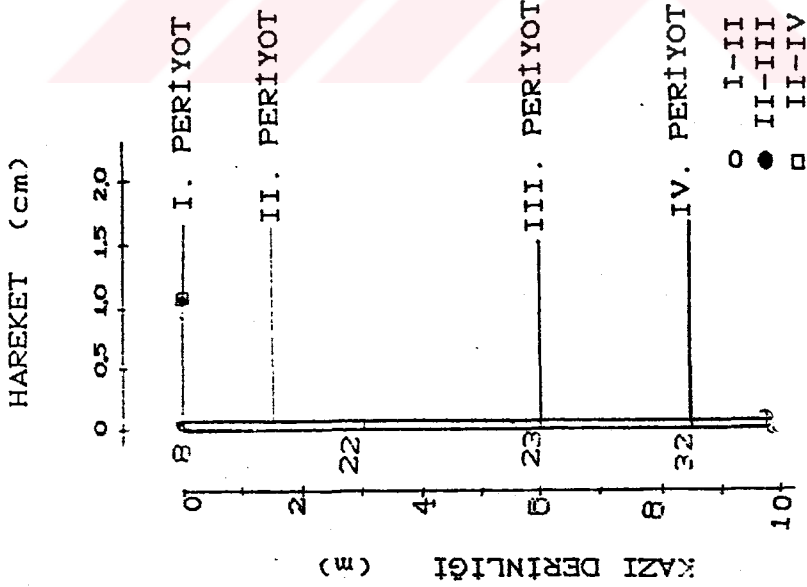
Şekil 7-23. II-IV Değerlendirilmesinde
14 ve 15 Nolu Noktaların
Deformasyon Vektörleri.



Şekil 7-24. 9, 10, 14 ve 24 Nolu Obje Noktaları Sekil 7-25. 11, 12, 15, 25 ve 26 Nolu Obje Noktaları
Hareketlerinin Düşey Kesitteki Görünümü. Hareketlerinin Düşey Kesitteki Görünümü.



Sekil 7-27. 8 Nolu Obje Noktasının Hareketlerinin Düşey Kesitteki Görünümü.



Sekil 7-26. 3 Nolu Obje Noktasının Hareketlerinin Düşey Kesitteki Görünümü.

değerlendirmesinde vardır. Bu değerlendirme sonucunda 0.94 cm'lik yatay hareketin varlığı ortaya çıkmıştır. Bu iki noktanın bulunduğu düşey kesit Selime Hatun Camii'ne en yakın kesittir. Yani sürşarj yükü en fazla bu kesite etkimektedir. Destekleme sisteminin en derin olduğu kesitte budur. Önemli başka bir noktada III. periyot ölçümünden sonra bu duvarda yatay bir çatlağın oluştuğudur. Bu üç unsur gözönüne alındığında oluşan hareketin daha büyük olması şaşırtıcı olmayacaktır. Ancak bu bölgedeki kuyu duvarlara, iki ankraj kotunun ortasına ve duvarı ortalayacak şekilde ek ankrajlar yerleştirilmiş olması hareketlerin sınırlı olmasına yol açmıştır.

5. ve 6. obje noktaları I-II ve I-IV değerlendirmelerinde harekerli, I-III değerlendirmesinde ve diğerlerinde hareketsiz çıkmıştır. Buna göre bu iki nokta %95 olasılıkla yalnızca I. ve II. periyotarasında hareket etmiştir. 5 nolu noktanın oturalama hareket vektörünün şiddeti 7.4mm, 6 nolu noktanınki ise 7.7mm'dir. Vektörlerin yönleri kazının tersi yöndedir. Böyle ters yönlü bir hareketin oluşmasını şu iki etken mantıklı kılmaktadır:

1) I. periyot ölçümü sırasında bu kuyulardaki ankrajlar gerili değilken, II. periyot ölçümü sırasında gerilidir.

2) Bu bölgede duvar arkasında bulunan zemin, sıkışabildiği kabul edilen dolgu tabakasıdır.

5. obje noktasıyla aynı düşey kesitte yer alan 18. obje noktası hiç hareket etmemiştir. Bu kottaki ankraj III. periyot ölçümünden önce gerilmiştir. Kazı kotu III. periyot sırasında bu hizada, IV. periyot sırasında ise bir alttaki ankrajın hizasındadır.

19. obje noktasının durumu 18. noktanın durumuna benzerdir. Değerlendirme sonucunda yatay hareket

çıkamamıştır. Burada IV. periyot sırasında kazı kotu 31. obje noktasının hizasındadır.

13. obje noktası ile ana bina arasında yaklaşık 1.5m lik bir mesafe vardır. Bu nokta tüm ölçümlerde hareketsiz çıkmıştır.

11., 12. ve 15. obje noktaları aynı düşey düzlem içindedir. Bu noktalarda oluşan yatay hareketler ve destekleme sistemi hakkındaki bilgilere Şekil 25'de yer verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere bu kesitte yalnızca II-III ve II-IV değerlendirmelerinde yatay hareket çıkmıştır.

9., 11. ve 14. obje noktaları aynı düşey düzlem içindedir. Bu noktalarda oluşan yatay hareketler ve destekleme sistemi hakkındaki bilgilere Şekil 26'da yer verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere bu kesitte yalnızca II-III ve II-IV değerlendirmelerinde yatay hareket çıkmıştır.

8., 22., 23., nolu obje noktalarındaki yatay hareketler Şekil 27 de gösterilmiştir. 8 nolu noktada II-III, II-IV ve III-IV değerlendirmeleri yatay hareketin varlığını ortaya koymuştur. Ancak 22 ve 23 nolu noktalarda hiçbir yatay hareket gözlenmemiştir. III-IV değerlendirmesinde 8 nolu noktanın hareket vektörünün yönü diğer değerlendirmedeki yönlerle göre çok farklıdır. Bu nedenle bu hareketin oluşmadığına karar verilmiştir.

7.4. Destekleme Sisteminin Sonlu Elemanlar Programıyla Hesabı

Yapı çukuru destekleme sistemindeki en kritik kesit Selime Hatun Camii Sokak tarafında 16 ve 17 nolu noktaların bulunduğu kesittir. Bu kesitte yeterli ölçüm yapılamadığından Kolçak Sokak tarafındaki 9, 10, 14, 24

ve 26 nolu obje noktalarının bulunduğu düşey kesit incelenmiştir. Bu kesitte yaklaşık 2.5m kalınlığında dolgu zemin, onun altında da ayrışmış kumtaşı-kilitaşı tabakası bulunmaktadır. Tabakaların özellikleri Tablo 7-1'de verilmiştir. Ancak zeminde ve destekleme sisteminde oluşan hareketlerin belirlenebilmesi için zeminin elastisite modülüne ve Poisson oranına gereksinim vardır. Bu değerler Sağlamer(1986)'da verilen değerlere uygun olarak seçilmiştir. Kesitteki ankrajlar 5 halatlıdır. Ankrajin rijitliği Tablo 7-2'de verilmiştir. Perdedeki kazıkların çapı 25cm'dir. Kazık eksenleri arasındaki uzaklık 60cm ve kazık boyu yaklaşık 18m'dir. Tasarımda belirlenen ankrajlar arası düşey uzaklığa uygulama sırasında tam olarak uyulamamış maksimum 50cm'lik farklılıklar oluşmuştur.

Yapılan hesaplar sırasında E'nin 10000-10000000 kPa, ν 'nın 0.24-0.28 ve ϕ 'nin 35°-45° arasındaki değerleri kullanılmıştır. Burada sonuçları verilecek olan TUR42AA ve TUR32AA adlı hesapların zemin parametrelerinin ve giriş bilgilerinin değerleri Tablo 7-3'de verilmiştir.

Üç ayrı sonlu elemanlar ağı denenmiş, bunlardan Şekil 7-28'de gösterilen sonlu elemanlar ağı daha uygun bulunmuştur. Şekilden de görüleceği gibi ikinci bloktaki dörtgen elemanların köşegenleri değiştirilmiş ve böylece kazı köşesindeki gerilme nodları daha düzgün yerleştirilmiştir. Şekil 7-28b'de ağıdaki şekildeğiştirme nodları gösterilmiştir. Sonlu elemanlar ağındaki nod ve eleman numaraları Şekil 28c ve d'de gösterilmiştir. Ağ çevresinde düşey yüzlerde yalnızca düşey hareketlere izin verilmiş, altyüz ise tamamıyla tutulmuştur (Şekil 7-29a). Kazıyı modellemekte kullanılan çizgisel yükler Şekil 7-29b'de verilmiştir.

TUR32AA'da zemin gerilmelerinin oluşturulması elastik hesapla yapılmıştır. Şekil 7-30'dan da görüleceği gibi asal gerilme doğrultularında bir sapma

olmamış, gerilmeler doğru olarak hesaplanmıştır. Başlangıç gerilmelerinin bazı elemanlardaki sayısal değerleri Tablo 7-6'da verilmiştir. Başlangıç durumunda 2. bloktaki arayüzey elemanlarda oluşan normal ve kayma gerilmeleri Şekil 7-31a ve b'de bunların sayısal değerleri Tablo 7-7'de, 3. bloktaki ise Şekil 7-32a, b ve Tablo 7-8'de verilmiştir. Şekil 7-31a'da alttan ikinci gerilme noktasında bir süreksizlik oluşmuştur. Bu hata eleman geometrisinden kaynaklanabilir. Ayrıca ilk adımda perde elemanlarda kayma gerilmesi oluşmaması gerekirken arayüzey elemanların her iki tarafında da zemin ve perde bulunan bölümlerinde küçük de olsa kayma gerilmeleri oluşmuştur.

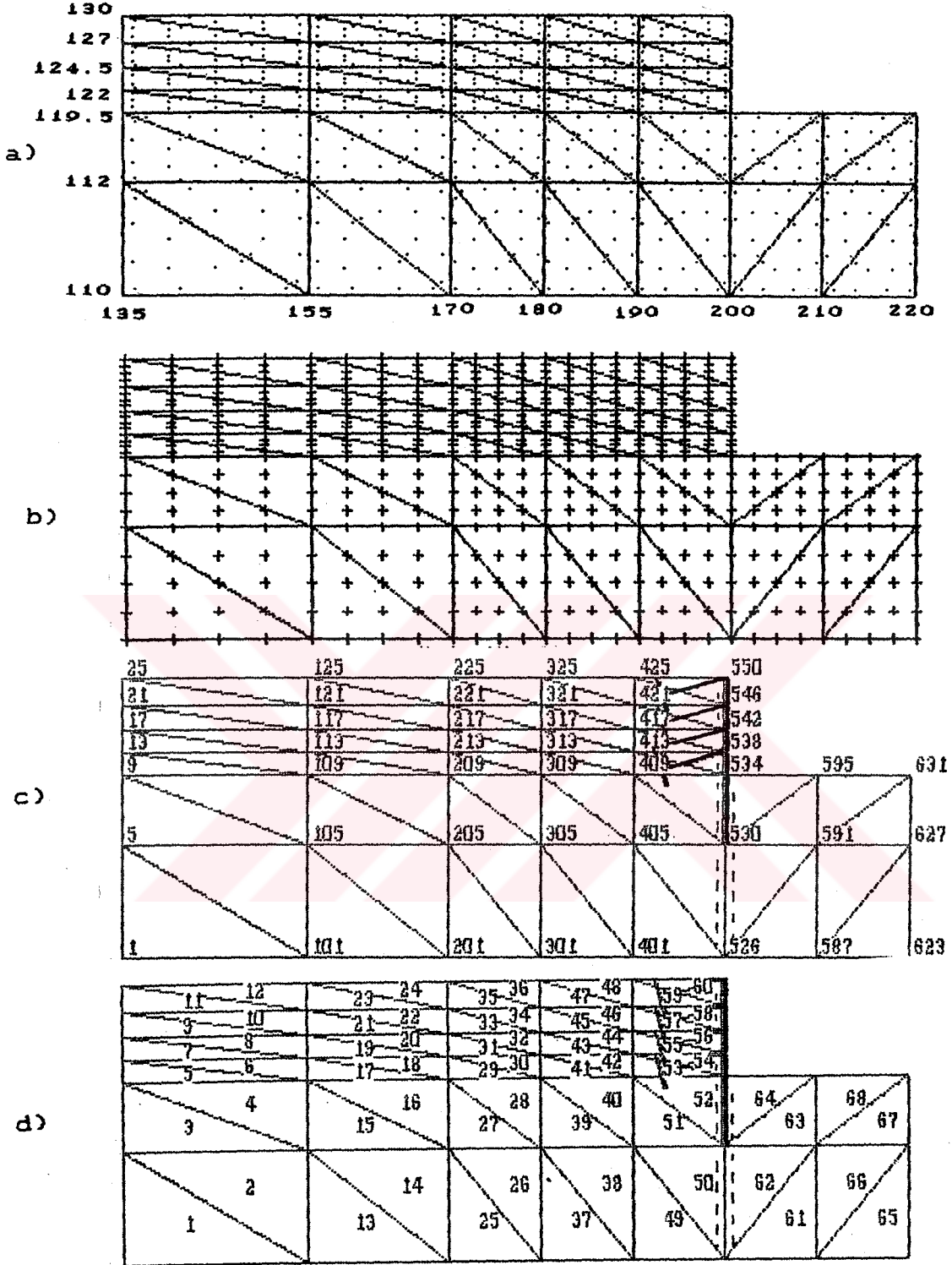
Tablo 7-5. TUR32AA ve TUR42AA'da Kullanılan Parametrelerin Değerleri.

ADI	TUR32AA	TUR42AA
c (kPa)	2	2
ϕ (°)	37.5	45
K_0	0.39	0.32
ν	0.28	0.24
E (kPa)	500000	10000
G (kPa)	195127.1	4032.3
Kazı Der. (m)	10.5	10.5
Çakma Boy (m)	7.5	7.5
R	0.6	0.6
ψ_0	7.5	15

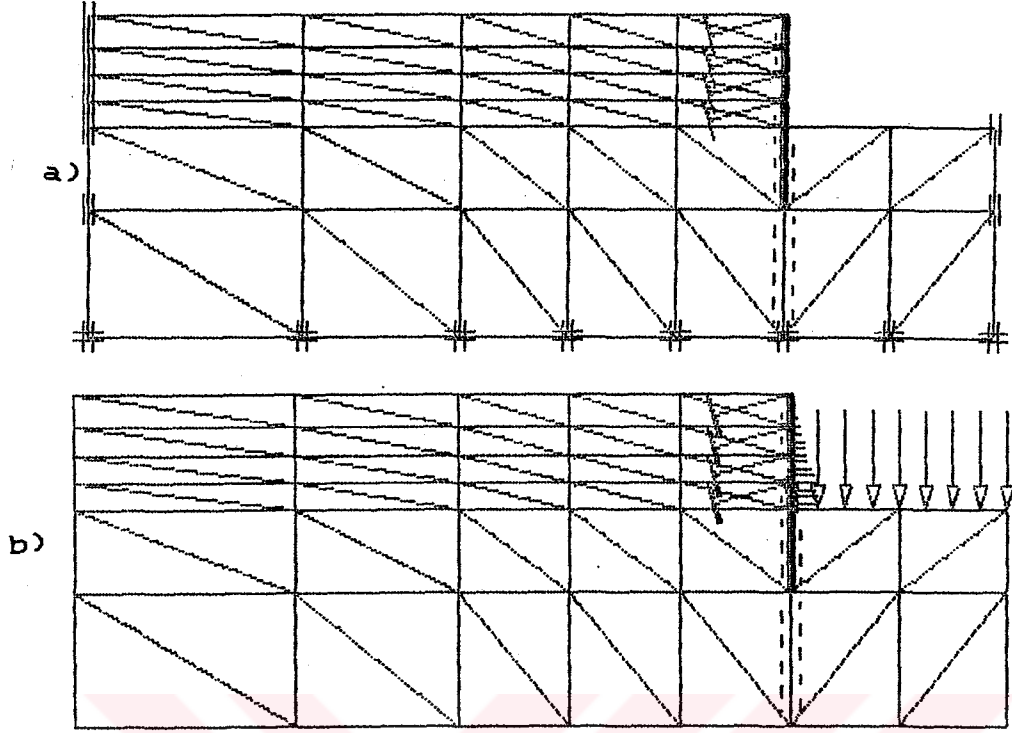
1. BLOK

2. BLOK

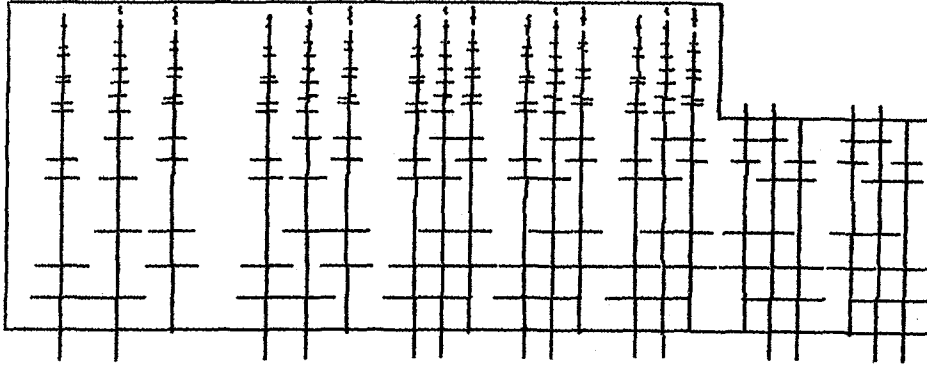
3. BLOK 4. BLOK



Sekil 7-28. Kullanılan Sonlu Elemanlar Ağıının
a) Gerilme Noktaları, b) Nodları,
c) Nod Numaraları, d) Eleman Numaraları.



Sekil 7-29. Ağın Sınır Koşulları, a) Mesnetlenme Durumu, b) Etkiyen Çizgisel Yükler.



Sekil 7-30. Kazı Öncesi Gerilme Durumu.

Tablo 7-6. TUR32AA Adlı Hesapta Kazı Öncesi Durumdaki Gerilmeler.

50

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.02E+02	-2.04E+02	-5.78E+02	9.00E+00	-2.20E+02
1.99E+02	1.11E+02	-1.49E+02	-3.78E+02	4.01E-01	-1.48E+02
1.91E+02	1.11E+02	-1.42E+02	-3.77E+02	1.18E+00	-1.46E+02
1.98E+02	1.06E+02	-1.80E+02	-4.79E+02	-1.50E+00	-1.85E+02
1.98E+02	1.09E+02	-1.62E+02	-4.20E+02	5.37E-01	-1.64E+02
1.95E+02	1.09E+02	-1.61E+02	-4.20E+02	8.23E-01	-1.63E+02
1.99E+02	1.04E+02	-1.86E+02	-5.08E+02	-1.22E+00	-1.95E+02
1.99E+02	1.08E+02	-1.68E+02	-4.36E+02	-9.49E-01	-1.70E+02
1.97E+02	1.11E+02	-1.42E+02	-3.69E+02	2.51E+00	-1.44E+02
1.94E+02	1.11E+02	-1.41E+02	-3.72E+02	1.78E+00	-1.44E+02
1.94E+02	1.08E+02	-1.65E+02	-4.33E+02	1.25E+00	-1.68E+02
1.97E+02	1.04E+02	-1.90E+02	-5.15E+02	8.98E-01	-1.98E+02

52

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.13E+02	-1.17E+02	-3.38E+02	6.22E+00	-1.28E+02
1.99E+02	1.19E+02	-8.31E+01	-2.18E+02	-1.25E+00	-8.46E+01
1.91E+02	1.19E+02	-8.23E+01	-2.21E+02	-1.33E+00	-8.52E+01
1.98E+02	1.16E+02	-1.01E+02	-2.84E+02	-2.55E+00	-1.08E+02
1.98E+02	1.18E+02	-9.07E+01	-2.46E+02	-2.17E+00	-9.48E+01
1.95E+02	1.18E+02	-9.09E+01	-2.48E+02	-1.56E+00	-9.52E+01
1.99E+02	1.15E+02	-1.04E+02	-2.97E+02	-2.19E+00	-1.13E+02
1.99E+02	1.17E+02	-9.34E+01	-2.52E+02	-2.11E+00	-9.72E+01
1.97E+02	1.19E+02	-8.13E+01	-2.16E+02	-2.57E+00	-8.36E+01
1.94E+02	1.19E+02	-8.12E+01	-2.17E+02	-1.90E+00	-8.40E+01
1.94E+02	1.17E+02	-9.46E+01	-2.56E+02	-1.14E+00	-9.86E+01
1.97E+02	1.15E+02	-1.09E+02	-3.06E+02	-5.22E-01	-1.17E+02

54

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.20E+02	-7.82E+01	-2.02E+02	-1.43E+00	-7.89E+01
1.99E+02	1.22E+02	-6.38E+01	-1.63E+02	-8.56E-02	-6.39E+01
1.91E+02	1.22E+02	-6.12E+01	-1.63E+02	-1.18E+00	-6.30E+01
1.98E+02	1.21E+02	-7.10E+01	-1.83E+02	-1.38E+00	-7.16E+01
1.98E+02	1.21E+02	-6.65E+01	-1.71E+02	-1.12E+00	-6.68E+01
1.95E+02	1.21E+02	-6.55E+01	-1.72E+02	-1.63E+00	-6.67E+01
1.99E+02	1.20E+02	-7.46E+01	-1.91E+02	-5.65E-01	-7.48E+01
1.99E+02	1.21E+02	-6.87E+01	-1.76E+02	-1.13E-01	-6.87E+01
1.97E+02	1.22E+02	-6.27E+01	-1.61E+02	-1.06E+00	-6.30E+01
1.94E+02	1.22E+02	-6.16E+01	-1.62E+02	-1.40E+00	-6.30E+01
1.94E+02	1.21E+02	-6.63E+01	-1.75E+02	-1.57E+00	-6.79E+01
1.97E+02	1.20E+02	-7.30E+01	-1.90E+02	-1.71E+00	-7.40E+01

Tablo 7-6'nin Devamı. TUR32AA Adlı Hesapta Kazı
Öncesi Durumdaki Gerilmeler.

56

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.22E+02	-6.02E+01	-1.54E+02	-5.60E-03	-6.02E+01
1.99E+02	1.24E+02	-4.43E+01	-1.14E+02	6.17E-02	-4.44E+01
1.91E+02	1.24E+02	-4.27E+01	-1.13E+02	-8.65E-01	-4.37E+01
1.98E+02	1.23E+02	-5.25E+01	-1.34E+02	-4.21E-01	-5.26E+01
1.98E+02	1.24E+02	-4.77E+01	-1.22E+02	-2.70E-01	-4.77E+01
1.95E+02	1.24E+02	-4.71E+01	-1.22E+02	-7.36E-01	-4.75E+01
1.99E+02	1.23E+02	-5.55E+01	-1.42E+02	5.37E-02	-5.56E+01
1.99E+02	1.24E+02	-4.91E+01	-1.26E+02	6.76E-02	-4.92E+01
1.97E+02	1.24E+02	-4.38E+01	-1.12E+02	-2.76E-01	-4.39E+01
1.94E+02	1.24E+02	-4.30E+01	-1.12E+02	-8.03E-01	-4.37E+01
1.94E+02	1.24E+02	-4.79E+01	-1.25E+02	-9.31E-01	-4.87E+01
1.97E+02	1.23E+02	-5.49E+01	-1.41E+02	-6.79E-01	-5.51E+01

58

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.25E+02	-4.06E+01	-1.04E+02	7.47E-02	-4.07E+01
1.99E+02	1.27E+02	-2.47E+01	-6.34E+01	8.49E-02	-2.48E+01
1.91E+02	1.27E+02	-2.39E+01	-6.30E+01	-4.88E-01	-2.44E+01
1.98E+02	1.26E+02	-3.32E+01	-8.49E+01	-1.78E-03	-3.32E+01
1.98E+02	1.26E+02	-2.83E+01	-7.23E+01	5.37E-02	-2.83E+01
1.95E+02	1.26E+02	-2.80E+01	-7.22E+01	-2.22E-01	-2.82E+01
1.99E+02	1.25E+02	-3.59E+01	-9.22E+01	7.83E-02	-3.60E+01
1.99E+02	1.26E+02	-2.95E+01	-7.58E+01	7.93E-02	-2.96E+01
1.97E+02	1.27E+02	-2.44E+01	-6.25E+01	4.37E-02	-2.45E+01
1.94E+02	1.27E+02	-2.41E+01	-6.25E+01	-3.22E-01	-2.43E+01
1.94E+02	1.26E+02	-2.90E+01	-7.53E+01	-4.16E-01	-2.93E+01
1.97E+02	1.25E+02	-3.57E+01	-9.15E+01	-1.11E-01	-3.58E+01

60

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.27E+02	-2.05E+01	-5.26E+01	8.51E-02	-2.06E+01
1.99E+02	1.30E+02	-1.48E+00	-3.78E+00	3.83E-03	-1.48E+00
1.91E+02	1.30E+02	-1.54E+00	-3.79E+00	-2.19E-02	-1.50E+00
1.98E+02	1.28E+02	-1.18E+01	-3.01E+01	1.09E-01	-1.18E+01
1.98E+02	1.29E+02	-6.00E+00	-1.50E+01	7.77E-02	-5.89E+00
1.95E+02	1.29E+02	-6.07E+00	-1.49E+01	9.32E-03	-5.91E+00
1.99E+02	1.28E+02	-1.50E+01	-3.83E+01	6.73E-02	-1.50E+01
1.99E+02	1.29E+02	-7.30E+00	-1.87E+01	3.65E-02	-7.30E+00
1.97E+02	1.30E+02	-1.53E+00	-3.19E+00	2.83E-02	-1.33E+00
1.94E+02	1.30E+02	-1.61E+00	-3.18E+00	-2.47E-02	-1.35E+00
1.94E+02	1.29E+02	-7.40E+00	-1.86E+01	-7.56E-02	-7.31E+00
1.97E+02	1.28E+02	-1.50E+01	-3.81E+01	9.17E-02	-1.49E+01

Tablo 7-6'nin Devamı. TUR32AA Adlı Hesapta Kazı
Öncesi Durumdaki Gerilmeler.

62

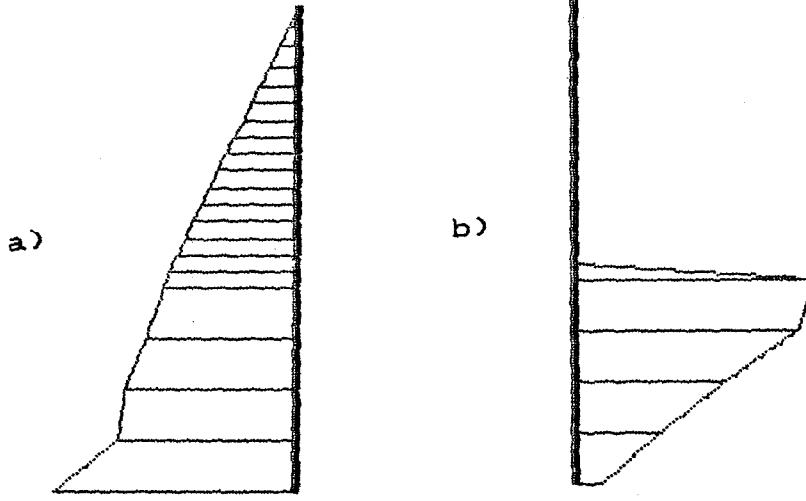
68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
2.09E+02	1.11E+02	-1.41E+02	-3.76E+02	-4.98E-01	-1.45E+02
2.01E+02	1.11E+02	-1.49E+02	-3.78E+02	-3.85E-01	-1.48E+02
2.01E+02	1.02E+02	-2.03E+02	-5.77E+02	-7.82E+00	-2.20E+02
2.05E+02	1.09E+02	-1.60E+02	-4.20E+02	-1.74E-02	-1.63E+02
2.02E+02	1.09E+02	-1.61E+02	-4.20E+02	6.43E-02	-1.64E+02
2.02E+02	1.06E+02	-1.80E+02	-4.79E+02	2.44E+00	-1.85E+02
2.06E+02	1.11E+02	-1.40E+02	-3.72E+02	-1.19E+00	-1.44E+02
2.03E+02	1.11E+02	-1.41E+02	-3.70E+02	-2.21E+00	-1.44E+02
2.01E+02	1.08E+02	-1.68E+02	-4.36E+02	1.45E+00	-1.70E+02
2.01E+02	1.04E+02	-1.86E+02	-5.08E+02	2.13E+00	-1.95E+02
2.03E+02	1.04E+02	-1.90E+02	-5.15E+02	2.61E-01	-1.98E+02
2.06E+02	1.08E+02	-1.64E+02	-4.33E+02	-2.88E-01	-1.68E+02

64

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
2.09E+02	1.19E+02	-7.82E+01	-2.20E+02	6.97E-02	-8.39E+01
2.01E+02	1.19E+02	-8.31E+01	-2.19E+02	-7.41E-01	-8.51E+01
2.01E+02	1.13E+02	-1.17E+02	-3.39E+02	-6.56E+00	-1.28E+02
2.05E+02	1.18E+02	-8.92E+01	-2.48E+02	6.05E-01	-9.49E+01
2.02E+02	1.18E+02	-9.01E+01	-2.48E+02	8.63E-01	-9.51E+01
2.02E+02	1.16E+02	-1.00E+02	-2.85E+02	1.83E+00	-1.08E+02
2.06E+02	1.19E+02	-7.84E+01	-2.18E+02	3.83E-01	-8.33E+01
2.03E+02	1.19E+02	-8.09E+01	-2.17E+02	8.56E-01	-8.39E+01
2.01E+02	1.17E+02	-9.31E+01	-2.54E+02	5.81E-01	-9.75E+01
2.01E+02	1.15E+02	-1.04E+02	-2.98E+02	1.42E+00	-1.13E+02
2.03E+02	1.15E+02	-1.08E+02	-3.07E+02	1.36E-01	-1.17E+02
2.06E+02	1.17E+02	-9.27E+01	-2.56E+02	5.81E-01	-9.81E+01



Sekil 7-31. TUR32AA Adlı Hesapta Kazı Öncesinde, 2. Bloktaki Arayüzeyin a) Normal Gerilmeleri, b) Kayma Gerilmeleri.



Sekil 7-32. Kazı Öncesinde 3. Bloktaki Arayüzeyin a) Normal Gerilmeleri, b) Kayma Gerilmeleri.

Tablo 7-7. Kazı Öncesi Durumda 2.Blok Arayüzündeki Gerilmelerin Sayısal Değerleri.

	X-koor	Y-koor	Normal Gerilme	Kayma Gerilmesi	Maksimum Kayma	Bosluk-suyu Basıncı
1	2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.03E+02	-1.92E+02	-4.39E-01	1.49E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.06E+02	-1.84E+02	-4.35E-01	1.43E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.09E+02	-1.62E+02	-1.62E-01	1.26E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.12E+02	-1.46E+02	2.62E-01	1.14E+02	0.00E+00
2	2.00E+02	1.12E+02	-1.46E+02	9.68E-02	6.92E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.14E+02	-1.07E+02	3.00E-01	5.11E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.16E+02	-1.03E+02	5.33E-01	4.93E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.18E+02	-9.06E+01	7.97E-01	4.35E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.19E+02	-8.03E+01	8.58E-01	3.87E+01	0.00E+00
3	2.00E+02	1.19E+02	-8.03E+01	8.58E-01	3.87E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.20E+02	-7.73E+01	-2.50E-13	3.72E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.21E+02	-7.24E+01	-7.50E-13	3.50E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.21E+02	-6.75E+01	5.00E-13	3.27E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.22E+02	-6.26E+01	-5.00E-13	3.04E+01	0.00E+00
4	2.00E+02	1.22E+02	-6.26E+01	-5.00E-13	3.04E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.23E+02	-5.77E+01	1.00E-12	2.81E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.23E+02	-5.28E+01	1.25E-12	2.58E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.24E+02	-4.79E+01	-2.50E-13	2.36E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.24E+02	-4.30E+01	1.25E-12	2.13E+01	0.00E+00
5	2.00E+02	1.24E+02	-4.30E+01	1.25E-12	2.13E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.25E+02	-3.81E+01	-7.50E-13	1.90E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.26E+02	-3.33E+01	7.50E-13	1.67E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.26E+02	-2.84E+01	2.00E-12	1.44E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.27E+02	-2.35E+01	5.00E-13	1.22E+01	0.00E+00
6	2.00E+02	1.27E+02	-2.35E+01	5.00E-13	1.22E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.28E+02	-1.76E+01	2.50E-13	9.43E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.28E+02	-1.17E+01	2.00E-12	6.69E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.29E+02	-5.87E+00	-2.50E-13	3.95E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.30E+02	1.54E-13	1.00E-12	1.22E+00	0.00E+00

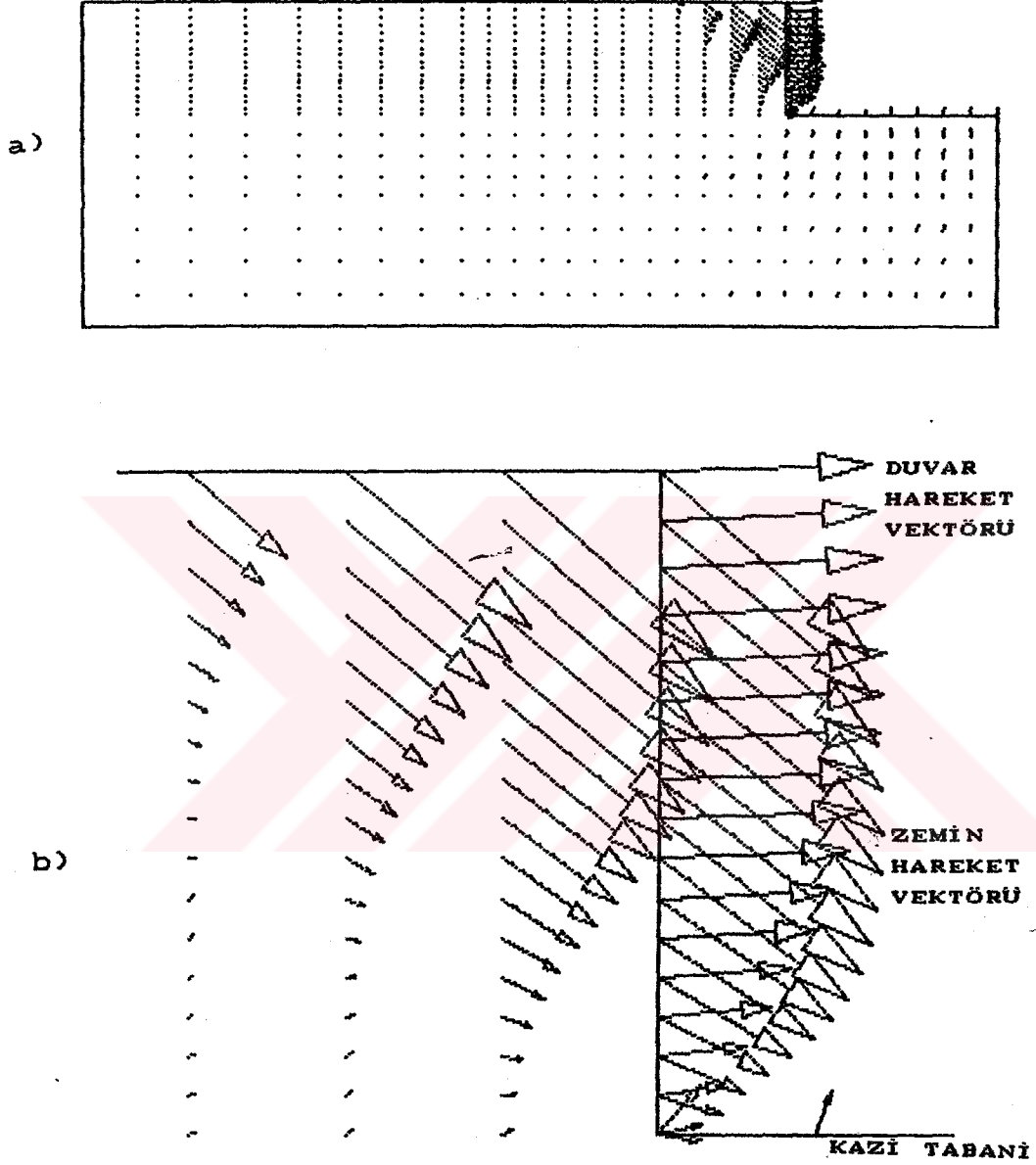
Tablo 7-8. Kazı Öncesi Durumda 3.Blok Arayüzündeki Gerilmelerin Sayısal Değerleri.

	X-koor	Y-koor	Normal Gerilme	Kayma Gerilmesi	Maksimum Kayma	Boşluk-suyu Basıncı
1	2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.03E+02	-1.92E+02	-4.39E-01	1.49E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.06E+02	-1.84E+02	-4.35E-01	1.43E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.09E+02	-1.62E+02	-1.62E-01	1.26E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.12E+02	-1.46E+02	2.62E-01	1.14E+02	0.00E+00
2	2.00E+02	1.12E+02	-1.46E+02	9.68E-02	6.92E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.14E+02	-1.07E+02	3.00E-01	5.11E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.16E+02	-1.03E+02	5.33E-01	4.93E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.18E+02	-9.06E+01	7.97E-01	4.35E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.19E+02	-7.97E+01	1.14E+00	3.84E+01	0.00E+00

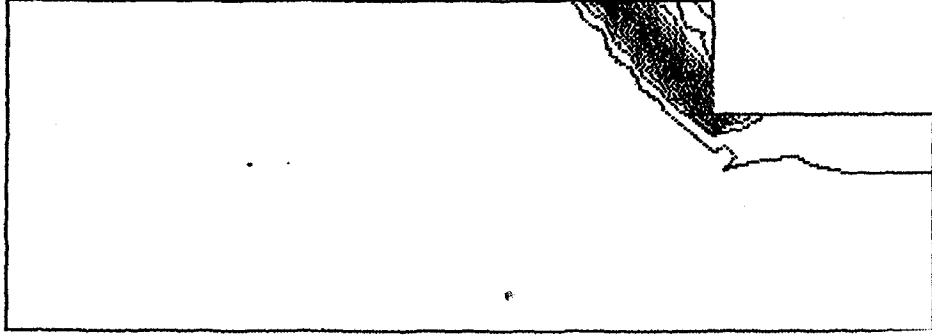
Yapılan plastik hesap 38 adım sürmüştür ve bunun sonunda kazı tabanına dek çizgisel yükler azaltılmıştır. Tüm ankrajların rijitlikleri elastik ara adımda verilmiş yani hesap kademeli olarak yapılmamıştır. Hesap sonucunda oluşan toplam şekildeğiştirme vektörleri Şekil 7-33a ve b'de, eş hareket çizgileri Şekil 7-34'de gösterilmiştir. Kazının yapılmasıyla zemindeki gerilmelerin aldığı durum Şekil 7-35'de oluşan plastik noktalar Şekil 7-36'da sunulmuştur. Gerilmelerin sayısal değerleri Tablo 7-9'da yer almaktadır. Perde elemanın moment diyagramı Şekil 7-37'de sayısal değerleri Tablo 7-10'da verilmiştir. Ankraj kuvvetleri Tablo 7-11'de gösterilmiştir. Burada hatırlanması gereken nokta ankraj rijitliğinin kN/m^2 cinsinden olduğudur. Uzama rijitliği hem şekle dik uzunluğa ($\approx 10\text{m}$) hem de etkin ankraj uzunluğuna (≈ 10) bölünerek hesaplanmaktadır (965kN/m^2).

Toplam 40 adım sonunda 2.bloktaki arayüzey elemanlarda (dolayısıyla perde de) oluşan normal gerilmeler ve kayma gerilmeleri Şekil 7-38a ve b'de, sayısal değerleri Tablo 7-12'de verilmiştir. Aynı şekilde 3.bloktaki arayüzey elemanlardaki gerilmeler Şekil 7-39a ve b'de sayısal değerleri Tablo 7-13'de verilmiştir.

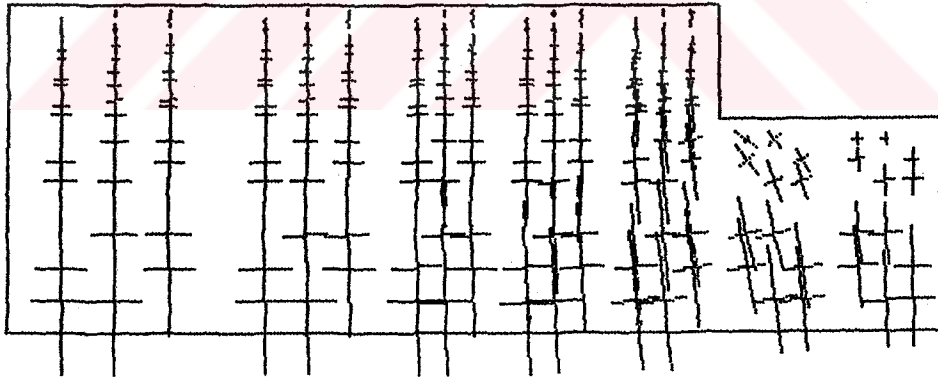
Hesap sonunda oluşan hareketler Şekil 7-40a ve b'de gösterilmiş bu hareketlerin sayısal değerleri Tablo 7-14'de verilmiştir. Perde yatay hareketi en büyük değeri olan 3.13cm 'ye y koordinatının 127 m olduğu noktada (ikinci sıra ankrajın olduğu 546 numaralı nod) ulaşmıştır. Perdenin en üst ucunda ise yatay hareket 2.02cm değerini almıştır. Bu değer kazı yüksekliğine oranı 0.002 'dir. Oysa ölçüm sonucunda bu noktada oluşan hareket 1.08cm 'dir. Bunun kazı yüksekliğine oranı 0.001 yapmaktadır. Ankrajlı duvarlar aktif toprak basıncına göre tasarlandığında 0.002 'ye kadar olan yatay hareketler kabul edilebilir sınırlar içindedir. Eğer duvar, sukunetteki toprak basıncına göre tasarlanırsa 0.001 'e



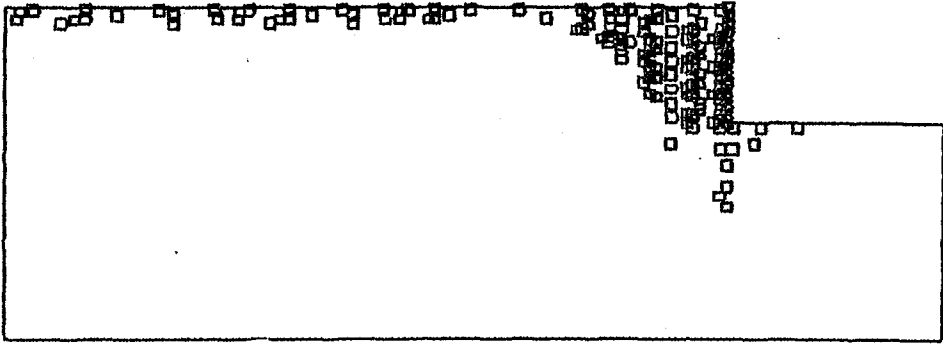
Sekil 7-33. Kazı Sonunda Oluşan Hareket Vektörleri
a) Genel Görünüm, b) Kazı Bölgesinin
Büyütülmüş Durumu.



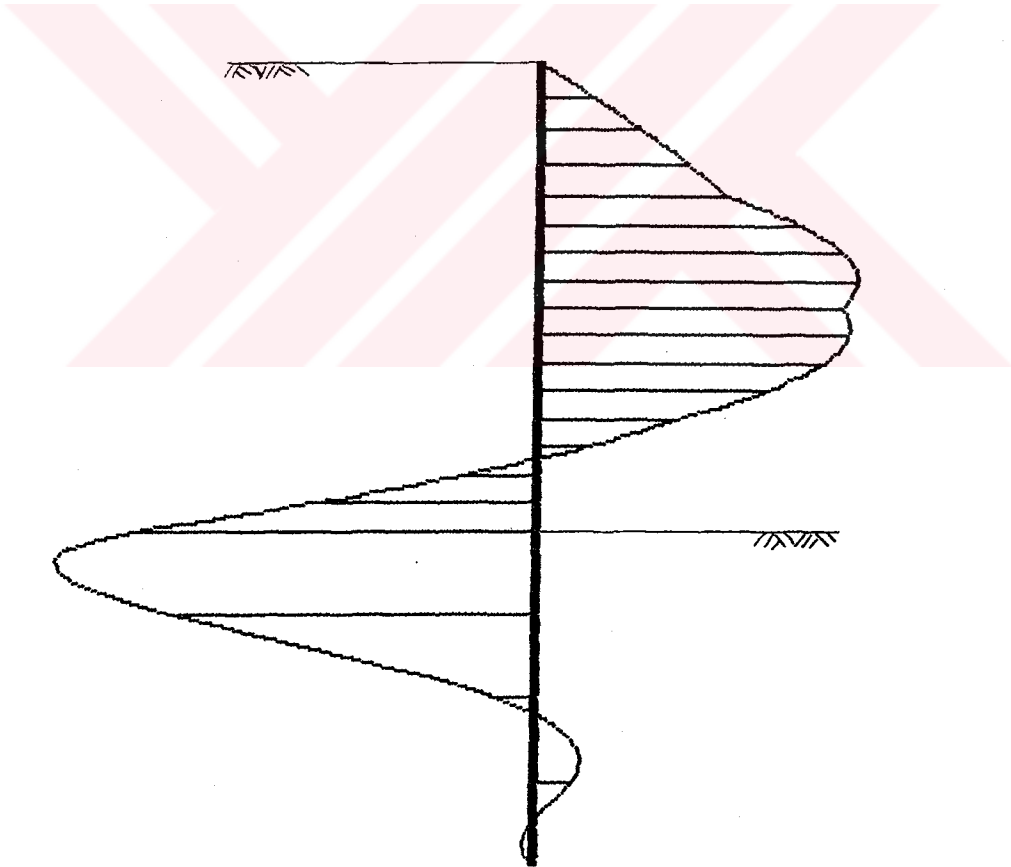
Sekil 7-34. Eşhareket Çizgilerinin Görünümü.



Sekil 7-35. Kazı Yapıldıktan Sonra Asal Gerilme Doğrultularının Aldığı Durum.



Sekil 7-36. Hesap Sonunda Oluşan Plastik Noktalar.



Sekil 7-37. Kazı Sonunda Perdede Oluşan Moment Diyagramı.

Tablo 7-9. Kazı Yapıldıktan Sonra Zemin Gerilmelerinin Değerleri.

Problem: TUR32AA

50

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.02E+02	-1.71E+02	-5.06E+02	4.42E+01	-1.90E+02
1.99E+02	1.11E+02	-1.14E+02	-3.38E+02	4.45E+01	-1.27E+02
1.91E+02	1.11E+02	-1.16E+02	-3.60E+02	1.37E+01	-1.34E+02
1.98E+02	1.06E+02	-1.41E+02	-4.19E+02	3.10E+01	-1.57E+02
1.98E+02	1.09E+02	-1.25E+02	-3.72E+02	3.24E+01	-1.40E+02
1.95E+02	1.09E+02	-1.26E+02	-3.90E+02	2.29E+01	-1.45E+02
1.99E+02	1.04E+02	-1.49E+02	-4.20E+02	3.52E+01	-1.60E+02
1.99E+02	1.08E+02	-1.30E+02	-3.60E+02	4.42E+01	-1.38E+02
1.97E+02	1.11E+02	-1.12E+02	-3.39E+02	2.74E+01	-1.27E+02
1.94E+02	1.11E+02	-1.12E+02	-3.48E+02	1.75E+01	-1.29E+02
1.94E+02	1.08E+02	-1.33E+02	-4.06E+02	2.10E+01	-1.52E+02
1.97E+02	1.04E+02	-1.53E+02	-4.55E+02	3.49E+01	-1.71E+02

52

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.13E+02	-8.53E+01	-3.24E+02	4.13E+01	-1.15E+02
1.99E+02	1.19E+02	-4.48E+01	-1.58E+02	2.85E+01	-5.69E+01
1.91E+02	1.19E+02	-6.77E+01	-2.24E+02	7.33E+00	-8.19E+01
1.98E+02	1.16E+02	-6.92E+01	-2.69E+02	2.77E+01	-9.52E+01
1.98E+02	1.18E+02	-9.20E+01	-2.35E+02	1.96E+01	-9.21E+01
1.95E+02	1.18E+02	-5.94E+01	-2.39E+02	2.14E+01	-8.40E+01
1.99E+02	1.15E+02	-9.17E+01	-2.80E+02	2.29E+01	-1.05E+02
1.99E+02	1.17E+02	-6.94E+01	-2.22E+02	4.81E+01	-8.21E+01
1.97E+02	1.19E+02	-6.20E+01	-2.37E+02	3.02E+01	-8.41E+01
1.94E+02	1.19E+02	-6.97E+01	-2.06E+02	4.92E+00	-7.75E+01
1.94E+02	1.17E+02	-8.30E+01	-2.52E+02	1.10E+01	-9.41E+01
1.97E+02	1.15E+02	-9.26E+01	-2.80E+02	2.37E+01	-1.05E+02

54

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.20E+02	-3.13E+01	-1.30E+02	1.20E+01	-4.52E+01
1.99E+02	1.22E+02	-2.32E+01	-1.03E+02	-2.65E+00	-3.55E+01
1.91E+02	1.22E+02	-7.41E+01	-1.94E+02	1.91E+01	-7.55E+01
1.98E+02	1.21E+02	-4.86E+01	-2.01E+02	1.48E+01	-7.01E+01
1.98E+02	1.21E+02	-4.37E+01	-1.85E+02	9.27E+00	-6.42E+01
1.95E+02	1.21E+02	-4.15E+01	-1.76E+02	8.89E+00	-6.11E+01
1.99E+02	1.20E+02	-2.52E+01	-1.10E+02	5.28E+00	-3.80E+01
1.99E+02	1.21E+02	-2.23E+01	-9.98E+01	-3.07E-01	-3.43E+01
1.97E+02	1.22E+02	-4.18E+01	-1.76E+02	9.77E+00	-6.13E+01
1.94E+02	1.22E+02	-3.47E+01	-1.51E+02	7.50E-01	-5.21E+01
1.94E+02	1.21E+02	-5.41E+01	-1.56E+02	9.91E-01	-5.92E+01
1.97E+02	1.20E+02	-5.39E+01	-2.18E+02	1.99E+01	-7.63E+01

Tablo 7-9'un Devamı. Kazı Yapıldıktan Sonra Zemin Gerilmelerinin Değerleri.

56

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.22E+02	-2.21E+01	-9.85E+01	-2.73E+00	-3.39E+01
1.99E+02	1.24E+02	-1.98E+01	-8.95E+01	4.39E-01	-3.07E+01
1.91E+02	1.24E+02	-7.35E+01	-1.32E+02	8.07E+00	-5.79E+01
1.98E+02	1.23E+02	-3.12E+01	-1.36E+02	2.97E+00	-4.70E+01
1.98E+02	1.24E+02	-2.70E+01	-1.19E+02	8.97E-01	-4.11E+01
1.95E+02	1.24E+02	-2.78E+01	-1.22E+02	1.56E+00	-4.21E+01
1.99E+02	1.23E+02	-2.04E+01	-9.07E+01	-4.04E+00	-3.12E+01
1.99E+02	1.24E+02	-1.98E+01	-8.89E+01	-2.91E+00	-3.06E+01
1.97E+02	1.24E+02	-2.42E+01	-1.08E+02	-5.40E-01	-3.71E+01
1.94E+02	1.24E+02	-2.61E+01	-1.15E+02	-1.05E+00	-3.97E+01
1.94E+02	1.24E+02	-2.74E+01	-1.21E+02	-1.27E+00	-4.17E+01
1.97E+02	1.23E+02	-3.52E+01	-1.51E+02	6.43E+00	-5.24E+01

58

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.25E+02	-1.86E+01	-8.46E+01	2.96E-01	-2.90E+01
1.99E+02	1.27E+02	-1.61E+01	-6.09E+01	1.11E+01	-2.17E+01
1.91E+02	1.27E+02	-1.11E+01	-5.33E+01	-2.28E+00	-1.81E+01
1.98E+02	1.26E+02	-1.61E+01	-7.29E+01	-3.66E+00	-2.50E+01
1.98E+02	1.26E+02	-1.38E+01	-6.18E+01	-5.33E+00	-2.13E+01
1.95E+02	1.26E+02	-1.65E+01	-7.59E+01	-1.14E+00	-2.60E+01
1.99E+02	1.25E+02	-1.81E+01	-8.09E+01	4.49E+00	-2.79E+01
1.99E+02	1.26E+02	-1.78E+01	-7.17E+01	1.01E+01	-2.52E+01
1.97E+02	1.27E+02	-1.24E+01	-5.57E+01	-5.42E+00	-1.91E+01
1.94E+02	1.27E+02	-1.54E+01	-7.14E+01	9.00E-01	-2.44E+01
1.94E+02	1.26E+02	-1.88E+01	-8.56E+01	2.17E-02	-2.94E+01
1.97E+02	1.25E+02	-1.85E+01	-8.38E+01	-2.52E+00	-2.88E+01

60

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.27E+02	-1.50E+01	-5.21E+01	1.18E+01	-1.89E+01
1.99E+02	1.30E+02	-1.09E+01	-1.28E+00	-2.20E+00	-3.44E+00
1.91E+02	1.30E+02	9.70E-01	-4.04E+00	-2.90E-01	-8.62E-01
1.98E+02	1.28E+02	-6.40E+00	-2.91E+01	-4.97E+00	-9.98E+00
1.98E+02	1.29E+02	-1.27E+01	-1.92E+01	1.05E+00	-8.96E+00
1.95E+02	1.29E+02	-1.66E+00	-1.48E+01	-5.12E-01	-4.64E+00
1.99E+02	1.28E+02	-9.45E+00	-3.43E+01	8.23E+00	-1.23E+01
1.99E+02	1.29E+02	-2.20E+00	-1.08E+01	-1.63E+00	-3.65E+00
1.97E+02	1.30E+02	7.24E-01	-3.68E+00	-1.15E+00	-8.31E-01
1.94E+02	1.30E+02	1.33E+00	-2.47E+00	-3.78E-01	-3.20E-01
1.94E+02	1.29E+02	-2.97E+00	-2.03E+01	2.25E-01	-6.55E+00
1.97E+02	1.28E+02	-7.42E+00	-3.56E+01	-4.13E+00	-1.21E+01

Tablo 7-9'un Devamı. Kazı Yapıldıktan Sonra Zemin
Gerilmelerinin Değerleri.

62

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
2.09E+02	1.11E+02	-1.04E+02	-1.83E+02	1.40E+01	-8.05E+01
2.01E+02	1.11E+02	-1.14E+02	-2.26E+02	4.97E+01	-9.54E+01
2.01E+02	1.02E+02	-1.66E+02	-4.46E+02	3.04E+01	-1.72E+02
2.05E+02	1.09E+02	-1.26E+02	-2.48E+02	2.49E+01	-1.05E+02
2.02E+02	1.09E+02	-1.27E+02	-2.68E+02	3.41E+01	-1.11E+02
2.02E+02	1.06E+02	-1.48E+02	-3.40E+02	3.54E+01	-1.37E+02
2.06E+02	1.11E+02	-1.03E+02	-1.90E+02	1.82E+01	-8.25E+01
2.03E+02	1.11E+02	-1.04E+02	-1.99E+02	2.73E+01	-8.54E+01
2.01E+02	1.08E+02	-1.33E+02	-3.14E+02	4.71E+01	-1.26E+02
2.01E+02	1.04E+02	-1.53E+02	-3.97E+02	3.77E+01	-1.55E+02
2.03E+02	1.04E+02	-1.56E+02	-3.73E+02	3.47E+01	-1.49E+02
2.06E+02	1.08E+02	-1.28E+02	-2.56E+02	2.12E+01	-1.08E+02

64

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
2.09E+02	1.19E+02	-1.69E+01	-9.84E+00	1.73E+00	-7.52E+00
2.01E+02	1.19E+02	-1.10E+02	-3.73E+01	2.89E+01	-4.15E+01
2.01E+02	1.13E+02	-6.67E+01	-1.46E+02	3.95E+01	-5.97E+01
2.05E+02	1.18E+02	-5.83E+01	-6.06E+01	9.06E+00	-3.34E+01
2.02E+02	1.18E+02	-7.87E+01	-4.40E+01	3.48E+01	-3.45E+01
2.02E+02	1.16E+02	-8.76E+01	-1.05E+02	3.35E+01	-5.42E+01
2.06E+02	1.19E+02	-1.93E+01	-3.51E+00	-3.23E+00	-6.41E+00
2.03E+02	1.19E+02	-3.25E+01	-7.74E+00	6.17E+00	-1.13E+01
2.01E+02	1.17E+02	-8.50E+01	-8.44E+01	5.31E+01	-4.76E+01
2.01E+02	1.15E+02	-7.02E+01	-1.11E+02	3.20E+01	-5.11E+01
2.03E+02	1.15E+02	-7.16E+01	-1.31E+02	3.83E+01	-5.69E+01
2.06E+02	1.17E+02	-5.14E+01	-3.89E+01	1.20E+01	-2.54E+01

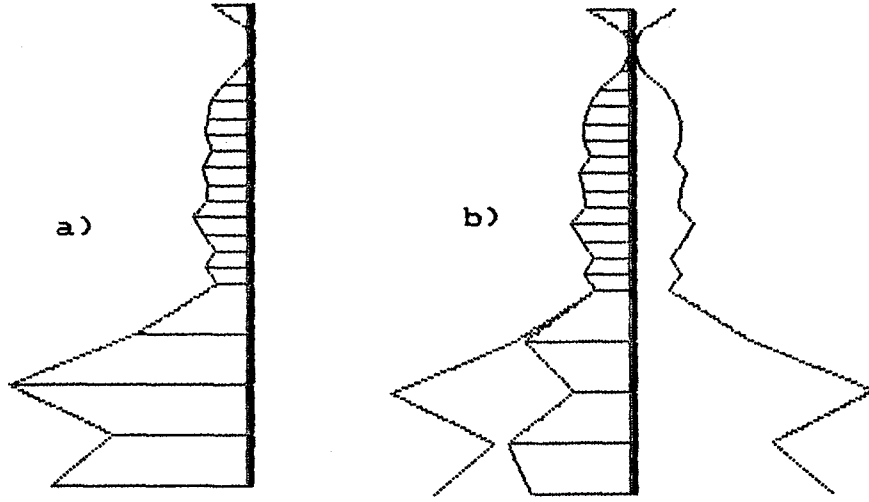
Tablo 7-10. Perdeye Gelen Moment Ve Normal Gerilme Değerleri.

Perde	X-koor	Y-koor	Moment	Normal Kuvvet
1	2.0000E+02	1.1200E+02	0.0000E+00	2.5696E+01
	2.0000E+02	1.1387E+02	1.1587E+01	1.6272E+01
	2.0000E+02	1.1575E+02	-1.1769E+01	-1.9931E+00
	2.0000E+02	1.1762E+02	-1.0867E+02	5.0246E+01
	2.0000E+02	1.1950E+02	-1.2026E+02	3.4873E+01
	2.0000E+02	1.2012E+02	-6.6210E+01	-1.1333E+01
	2.0000E+02	1.2075E+02	-2.1260E+01	-3.4446E+00
	2.0000E+02	1.2137E+02	1.4914E+01	-1.1649E+01
	2.0000E+02	1.2200E+02	4.1675E+01	-1.0761E+01
	2.0000E+02	1.2262E+02	6.8061E+01	-1.0883E+01
	2.0000E+02	1.2325E+02	8.5387E+01	-4.0717E+00
	2.0000E+02	1.2387E+02	9.3179E+01	-1.1862E+01
	2.0000E+02	1.2450E+02	9.0752E+01	-1.1087E+01
	2.0000E+02	1.2512E+02	9.5681E+01	-1.0721E+01
	2.0000E+02	1.2575E+02	9.1191E+01	-3.9379E+00
	2.0000E+02	1.2637E+02	7.7735E+01	-9.5683E+00
	2.0000E+02	1.2700E+02	5.5923E+01	-1.0952E+01
	2.0000E+02	1.2775E+02	4.4056E+01	-2.8879E+00
	2.0000E+02	1.2850E+02	3.0380E+01	1.3942E-01
	2.0000E+02	1.2925E+02	1.5869E+01	-2.4453E+00
	2.0000E+02	1.3000E+02	0.0000E+00	-9.6237E+00

Tablo 7-11. Ankraj Kuvvetleri.



No.	Nod	Açı	Ankraj Kuvveti	Maksimum Kuvvet
1	538	195	1.7752E+01	2.0000E+02
2	542	195	2.6772E+01	2.0000E+02
3	546	195	2.9539E+01	2.0000E+02
4	550	195	2.7552E+01	2.0000E+02



Sekil 7-38. Kazı Sonunda 3. Bloktaki Arayüzeyin
a)Normal Gerilmeleri, b) Kayma
Gerilmeleri.



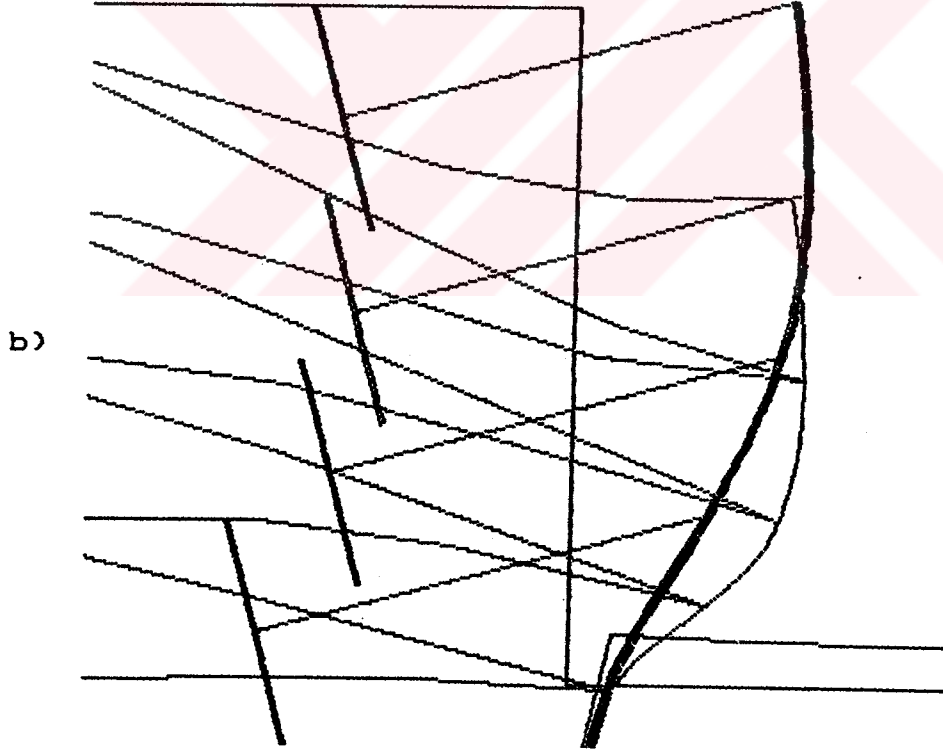
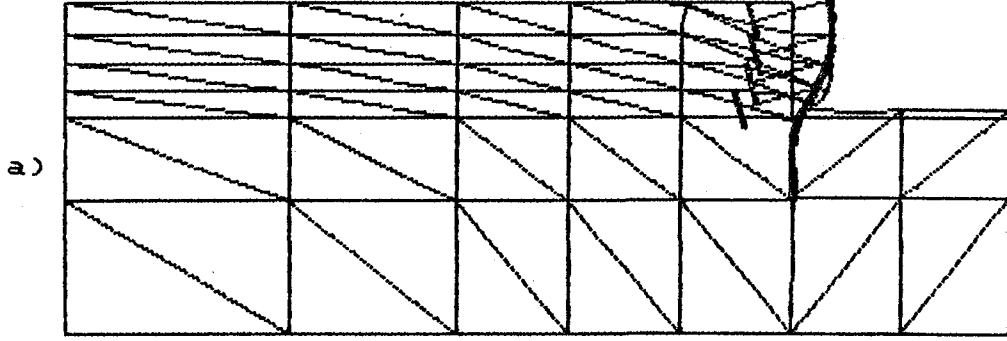
Sekil 7-39. Kazı Sonunda 2. Bloktaki Arayüzeyin
a)Normal Gerilmeleri, b) Kayma
Gerilmeleri.

Tablo 7-12. Kazı Sonrası Durumda 2.Blok Arayüzündeki Gerilmelerin Sayısal Değerleri.

	X-koor	Y-koor	Normal Gerilme	Kayma Gerilmesi	Maksimum Kayma	Bosluk-suyu Basıncı
1	2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.03E+02	-1.57E+02	-3.28E+01	1.22E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.06E+02	-1.48E+02	-3.74E+01	1.15E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.09E+02	-1.25E+02	-5.25E+01	9.82E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.12E+02	-1.08E+02	-7.19E+01	8.52E+01	0.00E+00
2	2.00E+02	1.12E+02	-1.08E+02	-2.66E+01	5.18E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.14E+02	-7.45E+01	-3.23E+01	3.59E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.16E+02	-1.31E+02	-1.49E+01	6.23E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.18E+02	-6.23E+01	-2.76E+01	3.03E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.19E+02	-1.73E+01	-9.30E+00	9.30E+00	0.00E+00
3	2.00E+02	1.19E+02	-1.73E+01	-9.30E+00	9.30E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.20E+02	-2.40E+01	-1.24E+01	1.24E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.21E+02	-1.88E+01	-9.97E+00	9.97E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.21E+02	-2.48E+01	-1.28E+01	1.28E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.22E+02	-3.08E+01	-1.56E+01	1.56E+01	0.00E+00
4	2.00E+02	1.22E+02	-3.08E+01	-1.56E+01	1.56E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.23E+02	-2.34E+01	-1.21E+01	1.21E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.23E+02	-2.36E+01	-1.22E+01	1.22E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.24E+02	-2.63E+01	-1.35E+01	1.35E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.24E+02	-2.08E+01	-1.09E+01	1.09E+01	0.00E+00
5	2.00E+02	1.24E+02	-2.08E+01	-1.09E+01	1.09E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.25E+02	-2.40E+01	-1.24E+01	1.24E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.26E+02	-2.36E+01	-1.22E+01	1.22E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.26E+02	-2.13E+01	-1.11E+01	1.11E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.27E+02	-1.47E+01	-8.09E+00	8.09E+00	0.00E+00
6	2.00E+02	1.27E+02	-1.47E+01	-8.09E+00	8.09E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.28E+02	-3.95E+00	-3.06E+00	3.06E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.28E+02	2.61E+00	-4.01E-12	3.64E-12	0.00E+00
	2.00E+02	1.29E+02	-3.15E+00	-2.68E+00	2.68E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.30E+02	-2.11E+01	-1.10E+01	1.10E+01	0.00E+00

Tablo 7-13. Kazı Sonrası Durumda 3.Blok Arayüzündeki Gerilmelerin Sayısal Değerleri.

	X-koor	Y-koor	Normal Gerilme	Kayma Gerilmesi	Maksimum Kayma	Bosluk-suyu Basıncı
1	2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.03E+02	-1.57E+02	-3.28E+01	1.22E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.06E+02	-1.48E+02	-3.74E+01	1.15E+02	0.00E+00
	2.00E+02	1.09E+02	-1.25E+02	-5.25E+01	9.82E+01	0.00E+00
2	2.00E+02	1.12E+02	-1.08E+02	-4.97E+01	5.16E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.14E+02	-7.99E+01	-3.85E+01	3.85E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.16E+02	-2.52E+01	-1.30E+01	1.30E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.18E+02	-1.02E+02	-4.64E+01	4.88E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.19E+02	-1.52E+02	-7.23E+01	7.23E+01	0.00E+00



Şekil 7-40. Kazı Sonunda Oluşan Hareketin
a) Genel Görünümü, b) Kazı Bölgesinin
Büyütülmüş Durumu.

Tablo 7-14. Kazı Sonunda Destekleme Siteminde Oluşan Hareketler.

51 64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2.00E+02	1.03E+02	2.48E-06	1.27E-06	5.68E-04	3.60E-04
2.00E+02	1.06E+02	3.71E-06	3.07E-06	9.34E-04	8.13E-04
2.00E+02	1.09E+02	3.90E-06	4.18E-06	1.13E-03	1.22E-03
2.00E+02	1.12E+02	3.95E-06	2.49E-06	1.16E-03	1.44E-03
2.00E+02	1.14E+02	4.25E-06	1.59E-06	1.17E-03	1.38E-03
2.00E+02	1.16E+02	1.09E-06	8.06E-06	9.89E-04	1.47E-03
2.00E+02	1.18E+02	4.72E-05	-8.36E-06	1.49E-03	1.35E-03
2.00E+02	1.19E+02	2.55E-04	-1.25E-04	6.19E-03	-8.42E-04
2.00E+02	1.20E+02	3.31E-04	-1.95E-04	9.03E-03	-2.68E-03

52 64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.21E+02	3.99E-04	-2.68E-04	1.22E-02	-5.05E-03
2.00E+02	1.21E+02	4.57E-04	-3.39E-04	1.54E-02	-7.90E-03
2.00E+02	1.22E+02	5.04E-04	-4.03E-04	1.86E-02	-1.11E-02
2.00E+02	1.23E+02	5.43E-04	-4.46E-04	2.16E-02	-1.41E-02
2.00E+02	1.23E+02	5.72E-04	-4.75E-04	2.42E-02	-1.69E-02
2.00E+02	1.24E+02	5.93E-04	-4.91E-04	2.65E-02	-1.94E-02
2.00E+02	1.24E+02	6.04E-04	-4.93E-04	2.83E-02	-2.15E-02
2.00E+02	1.25E+02	6.11E-04	-4.94E-04	2.97E-02	-2.29E-02
2.00E+02	1.26E+02	6.11E-04	-4.93E-04	3.07E-02	-2.37E-02
2.00E+02	1.26E+02	6.05E-04	-4.92E-04	3.12E-02	-2.41E-02

53 64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.27E+02	5.98E-04	-4.93E-04	3.13E-02	-2.41E-02
2.00E+02	1.28E+02	5.87E-04	-5.00E-04	3.11E-02	-2.43E-02
2.00E+02	1.28E+02	5.72E-04	-5.07E-04	3.06E-02	-2.46E-02
2.00E+02	1.29E+02	5.56E-04	-5.12E-04	3.00E-02	-2.50E-02
2.00E+02	1.30E+02	5.36E-04	-5.09E-04	2.92E-02	-2.54E-02
2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2.00E+02	1.03E+02	2.59E-06	1.65E-06	5.96E-04	4.43E-04
2.00E+02	1.06E+02	3.81E-06	3.47E-06	9.63E-04	9.08E-04
2.00E+02	1.09E+02	4.03E-06	5.04E-06	1.15E-03	1.36E-03
2.00E+02	1.12E+02	4.22E-06	8.49E-07	1.20E-03	1.63E-03

Tablo 7-14'ün Devamı. Kazı Sonunda Destekleme
Siteminde Oluşan Hareketler.

54

64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.14E+02	4.66E-06	1.24E-07	1.23E-03	1.61E-03
2.00E+02	1.16E+02	-6.39E-06	-9.07E-07	9.30E-04	1.58E-03
2.00E+02	1.18E+02	5.05E-05	-2.38E-06	1.55E-03	1.55E-03
2.00E+02	1.19E+02	2.55E-04	-4.14E-06	6.32E-03	1.49E-03
2.00E+02	1.20E+02	3.32E-04	-4.17E-06	9.14E-03	1.46E-03
2.00E+02	1.21E+02	3.99E-04	-4.26E-06	1.23E-02	1.43E-03
2.00E+02	1.21E+02	4.57E-04	-4.38E-06	1.55E-02	1.41E-03
2.00E+02	1.22E+02	5.04E-04	-4.52E-06	1.87E-02	1.38E-03
2.00E+02	1.23E+02	5.43E-04	-4.65E-06	2.16E-02	1.36E-03
2.00E+02	1.23E+02	5.72E-04	-4.80E-06	2.43E-02	1.34E-03

55

64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.24E+02	5.92E-04	-4.96E-06	2.66E-02	1.33E-03
2.00E+02	1.24E+02	6.05E-04	-5.10E-06	2.84E-02	1.31E-03
2.00E+02	1.25E+02	6.10E-04	-5.23E-06	2.98E-02	1.30E-03
2.00E+02	1.26E+02	6.10E-04	-5.33E-06	3.07E-02	1.29E-03
2.00E+02	1.26E+02	6.06E-04	-5.43E-06	3.12E-02	1.28E-03
2.00E+02	1.27E+02	5.98E-04	-5.54E-06	3.13E-02	1.28E-03
2.00E+02	1.28E+02	5.87E-04	-5.64E-06	3.12E-02	1.27E-03
2.00E+02	1.28E+02	5.72E-04	-5.74E-06	3.07E-02	1.27E-03
2.00E+02	1.29E+02	5.55E-04	-5.83E-06	3.00E-02	1.26E-03
2.00E+02	1.30E+02	5.36E-04	-5.88E-06	2.92E-02	1.26E-03

56

64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2.00E+02	1.03E+02	2.80E-06	2.41E-06	6.49E-04	6.04E-04
2.00E+02	1.06E+02	4.02E-06	4.24E-06	1.02E-03	1.09E-03
2.00E+02	1.09E+02	4.28E-06	6.71E-06	1.21E-03	1.62E-03
2.00E+02	1.12E+02	4.63E-06	1.15E-05	1.27E-03	2.30E-03
2.00E+02	1.14E+02	4.99E-06	1.77E-05	1.35E-03	3.02E-03
2.00E+02	1.16E+02	-3.09E-07	1.07E-05	1.25E-03	3.50E-03
2.00E+02	1.18E+02	4.16E-05	1.14E-05	1.51E-03	3.91E-03
2.00E+02	1.19E+02	2.92E-04	1.67E-04	6.02E-03	6.81E-03
2.02E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

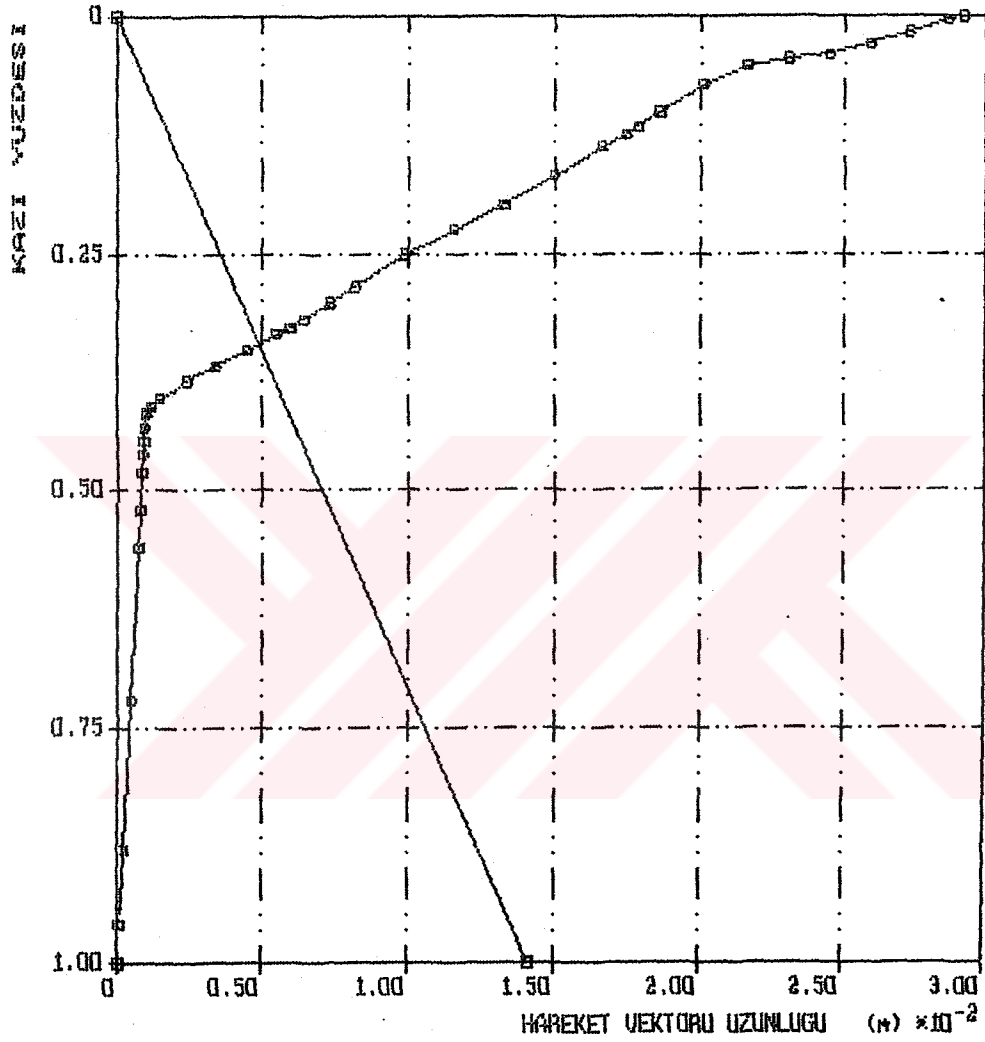
göre olan değerler kabul edilebilir sınırlar içinde kalabilir. Perdenin en üst noktasında (550 nolu nod) hareket vektörü uzunluğunun kazı yüzdesi (hesap adımı sırasındaki kazı yüksekliğinin toplam kazı yüksekliğine oranı) ile değişimi Şekil 7-41'den, hareket vektörü yatay bileşeninin kazı yüzdesi ile değişimi Şekil 7-42'den izlenebilir. Perdenin kazı tabanı kotunda bulunan 534 numaralı noddaki hareket vektörü yatay bileşeninin kazı yüzdesi ile değişimi Şekil 7-43'de verilmiştir.

TUR42AA adlı hesapta kullanılan zemin parametreleri ayrılmış kumtaşı-kiltaşı tabakasının özelliklerine tam olarak uymamaktadır (Tablo 7-5). Arayüzey elemanlardaki gerilme dağılımlarının biçimleri TUR32AA adlı hesaptaki ile aynıdır. Ancak gerilme değerleri Poisson oranına bağlı olan K_0 'ın değişmesi sonucu değişmiştir. Örneğin 2.bloktaki normal gerilmenin maksimum değeri -68.3 kPa'dır. Kazı öncesi durum ile ilgili gerilmelerin sayısal değerleri Tablo 7-15, Tablo 7-16 ve Tablo 7-17'de sunulmuştur.

Bu hesapta, zemin başlangıç gerilmeleri hem elastik hem de plastik hesap yapılarak oluşturulmuştur. Hesap sonucunda oluşan toplam şekildeğiştirme vektörleri Şekil 7-44'de, eş hareket eğrileri Şekil 7-45'de gösterilmiştir. Hesap sonucunda oluşan gerilme değişimi Şekil 7-46'da, oluşan plastik noktalar Şekil 7-47'de gösterilmiş, gerilmelerin sayısal değerleri Tablo 7-18'de sunulmuştur. Perdenin moment diyagramı Şekil 7-48'de, moment ve normal kuvvetlerin sayısal değerleri Tablo 7-19'da verilmiştir. Tablo 7-20'de ankrajlarda oluşan kuvvetler yer almaktadır.

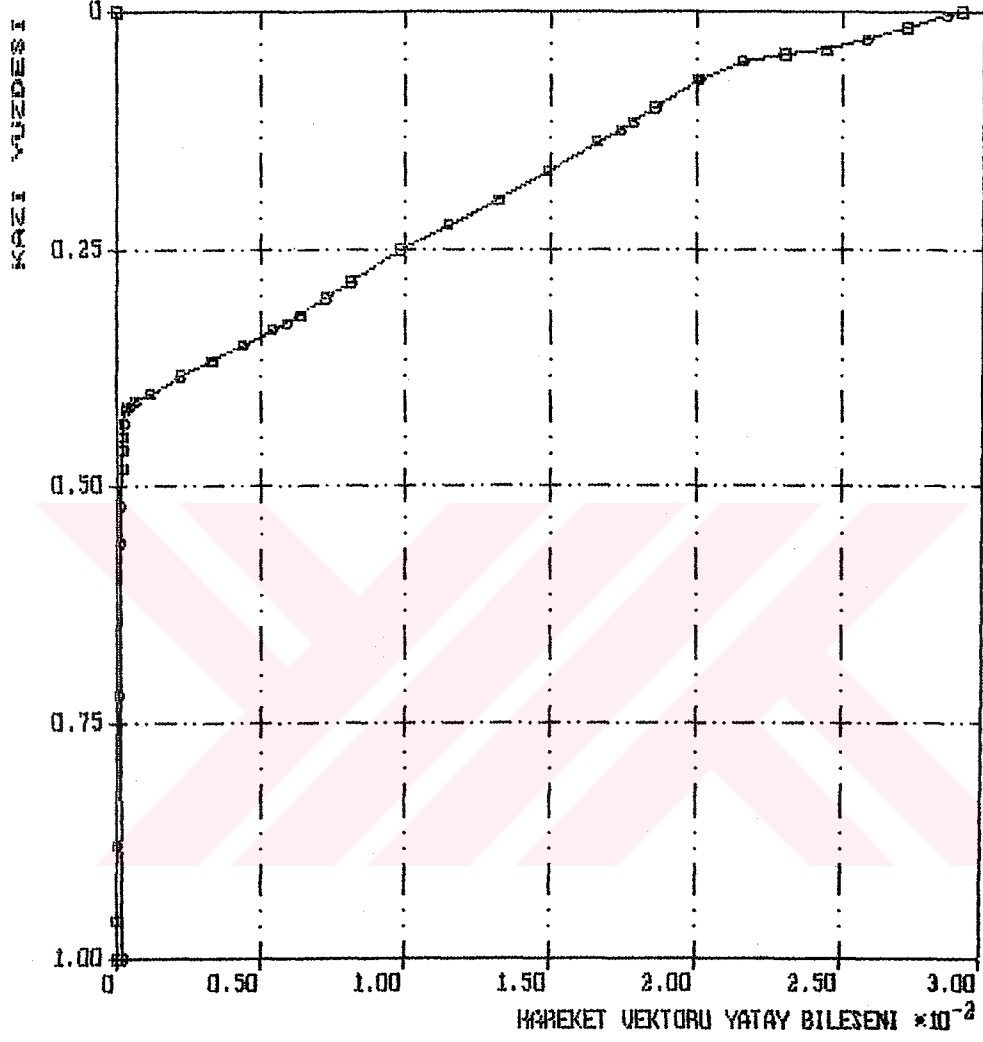
Arayüzey elemanlarda normal ve kayma gerilmelerinin aldığı durum Şekil 7-49 ve Şekil 7-50'de, bunların sayısal değerleri Tablo 7-21 ve Tablo 7-22'de gösterilmiştir.

TUR32AA NID:550



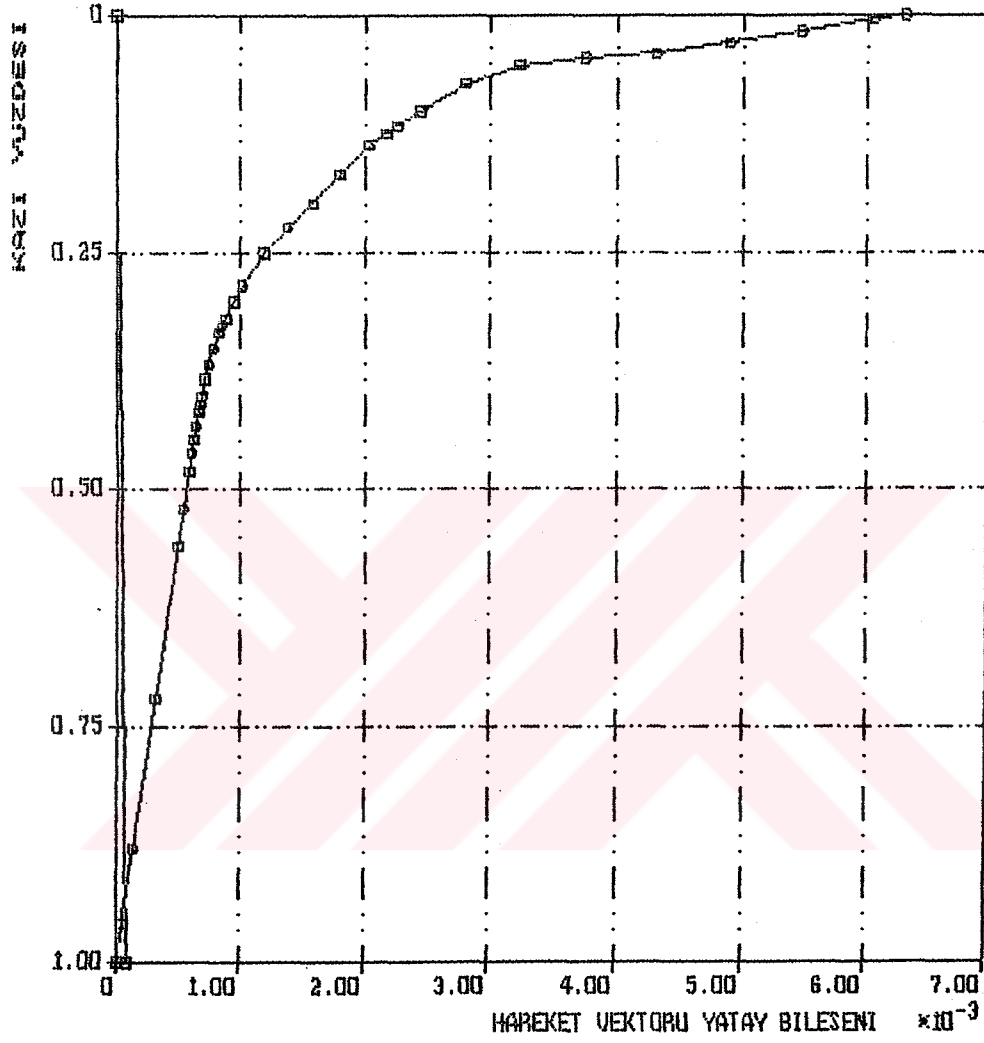
Sekil 7-41. Perde Üst Noktasında Kazi Yüzdesi-
Hareket Vektörü Uzunluğunun Değişimi.

TUR32AA MOD:550



Sekil 7-42. Perde Üst Noktasında Kazı Yüzdesi-
Hareket Vektörü Yatay Bileşenin
Değişimi.

TUR32AA NOD:534



Sekil 7-43. Kazı Tabanı Noktasında Kazı Yüzdesi-
Hareket Vektörü Yatay Bileşenin
Değişimi.

Tablo 7-15. TUR42AA Adlı Hesapta Kazı Öncesi Durumdaki Gerilmeler.

Problem: TUR42AA 50 of 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.02E+02	-9.45E+01	-3.35E+02	4.63E+00	-1.03E+02
1.99E+02	1.11E+02	-6.94E+01	-2.19E+02	2.05E-01	-6.91E+01
1.91E+02	1.11E+02	-6.65E+01	-2.18E+02	5.99E-01	-6.83E+01
1.98E+02	1.06E+02	-8.40E+01	-2.78E+02	-7.09E-01	-8.69E+01
1.98E+02	1.09E+02	-7.56E+01	-2.43E+02	2.94E-01	-7.66E+01
1.95E+02	1.09E+02	-7.50E+01	-2.44E+02	4.52E-01	-7.65E+01
1.99E+02	1.04E+02	-8.68E+01	-2.95E+02	-5.61E-01	-9.16E+01
1.99E+02	1.08E+02	-7.85E+01	-2.52E+02	-4.70E-01	-7.94E+01
1.97E+02	1.11E+02	-6.64E+01	-2.14E+02	1.27E+00	-6.74E+01
1.94E+02	1.11E+02	-6.57E+01	-2.16E+02	8.78E-01	-6.75E+01
1.94E+02	1.08E+02	-7.71E+01	-2.51E+02	6.99E-01	-7.88E+01
1.97E+02	1.04E+02	-8.87E+01	-2.98E+02	5.05E-01	-9.29E+01

52 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.13E+02	-5.45E+01	-1.96E+02	3.10E+00	-6.02E+01
1.99E+02	1.19E+02	-3.87E+01	-1.26E+02	-6.05E-01	-3.96E+01
1.91E+02	1.19E+02	-3.84E+01	-1.28E+02	-6.53E-01	-3.99E+01
1.98E+02	1.16E+02	-4.70E+01	-1.65E+02	-1.24E+00	-5.08E+01
1.98E+02	1.18E+02	-4.22E+01	-1.43E+02	-1.06E+00	-4.44E+01
1.95E+02	1.18E+02	-4.24E+01	-1.44E+02	-7.44E-01	-4.46E+01
1.99E+02	1.15E+02	-4.85E+01	-1.73E+02	-1.05E+00	-5.31E+01
1.99E+02	1.17E+02	-4.34E+01	-1.47E+02	-1.05E+00	-4.56E+01
1.97E+02	1.19E+02	-3.80E+01	-1.25E+02	-1.27E+00	-3.92E+01
1.94E+02	1.19E+02	-3.79E+01	-1.26E+02	-9.45E-01	-3.93E+01
1.94E+02	1.17E+02	-4.41E+01	-1.48E+02	-5.28E-01	-4.62E+01
1.97E+02	1.15E+02	-5.06E+01	-1.78E+02	-2.65E-01	-5.48E+01

54 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.20E+02	-3.65E+01	-1.17E+02	-7.42E-01	-3.69E+01
1.99E+02	1.22E+02	-2.99E+01	-9.47E+01	-4.40E-02	-2.99E+01
1.91E+02	1.20E+02	-2.86E+01	-9.44E+01	-5.75E-01	-2.95E+01
1.98E+02	1.21E+02	-3.32E+01	-1.06E+02	-6.92E-01	-3.35E+01
1.98E+02	1.21E+02	-3.11E+01	-9.93E+01	-5.62E-01	-3.13E+01
1.95E+02	1.21E+02	-3.06E+01	-9.95E+01	-8.05E-01	-3.12E+01
1.99E+02	1.20E+02	-3.49E+01	-1.11E+02	-2.97E-01	-3.50E+01
1.99E+02	1.21E+02	-3.21E+01	-1.02E+02	-6.00E-02	-3.21E+01
1.97E+02	1.22E+02	-2.93E+01	-9.36E+01	-5.30E-01	-2.95E+01
1.94E+02	1.22E+02	-2.88E+01	-9.42E+01	-6.81E-01	-2.95E+01
1.94E+02	1.21E+02	-3.09E+01	-1.02E+02	-7.71E-01	-3.18E+01
1.97E+02	1.20E+02	-3.41E+01	-1.10E+02	-8.47E-01	-3.47E+01

Tablo 7-15'in Devamı. TUR42AA Adlı Hesapta Kazı
Öncesi Durumdaki Gerilmeler.

56 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.22E+02	-2.81E+01	-8.92E+01	-5.11E-03	-2.82E+01
1.99E+02	1.24E+02	-2.07E+01	-6.58E+01	3.05E-02	-2.08E+01
1.91E+02	1.24E+02	-1.99E+01	-6.55E+01	-4.24E-01	-2.05E+01
1.98E+02	1.23E+02	-2.46E+01	-7.80E+01	-2.10E-01	-2.46E+01
1.98E+02	1.24E+02	-2.23E+01	-7.07E+01	-1.34E-01	-2.23E+01
1.95E+02	1.24E+02	-2.20E+01	-7.07E+01	-3.62E-01	-2.22E+01
1.99E+02	1.23E+02	-2.60E+01	-8.24E+01	2.59E-02	-2.60E+01
1.99E+02	1.24E+02	-2.30E+01	-7.30E+01	3.33E-02	-2.30E+01
1.97E+02	1.24E+02	-2.05E+01	-6.50E+01	-1.36E-01	-2.05E+01
1.94E+02	1.24E+02	-2.01E+01	-6.51E+01	-3.93E-01	-2.05E+01
1.94E+02	1.24E+02	-2.24E+01	-7.26E+01	-4.58E-01	-2.28E+01
1.97E+02	1.23E+02	-2.57E+01	-8.17E+01	-3.37E-01	-2.58E+01

60 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.27E+02	-9.60E+00	-3.05E+01	4.24E-02	-9.62E+00
1.99E+02	1.30E+02	-6.92E-01	-2.19E+00	1.78E-03	-6.93E-01
1.91E+02	1.30E+02	-7.25E-01	-2.20E+00	-1.05E-02	-7.02E-01
1.98E+02	1.28E+02	-5.54E+00	-1.74E+01	5.52E-02	-5.51E+00
1.98E+02	1.29E+02	-2.81E+00	-8.67E+00	3.91E-02	-2.76E+00
1.95E+02	1.29E+02	-2.85E+00	-8.66E+00	5.06E-03	-2.76E+00
1.99E+02	1.28E+02	-7.00E+00	-2.22E+01	3.35E-02	-7.01E+00
1.99E+02	1.29E+02	-3.41E+00	-1.08E+01	1.80E-02	-3.41E+00
1.97E+02	1.30E+02	-7.25E-01	-1.85E+00	1.43E-02	-6.18E-01
1.94E+02	1.30E+02	-7.67E-01	-1.85E+00	-1.23E-02	-6.27E-01
1.94E+02	1.29E+02	-3.47E+00	-1.08E+01	-3.73E-02	-3.42E+00
1.97E+02	1.28E+02	-7.00E+00	-2.21E+01	4.67E-02	-6.99E+00

58 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.25E+02	-1.90E+01	-6.03E+01	3.67E-02	-1.90E+01
1.99E+02	1.27E+02	-1.16E+01	-3.67E+01	4.24E-02	-1.16E+01
1.91E+02	1.27E+02	-1.12E+01	-3.65E+01	-2.39E-01	-1.14E+01
1.98E+02	1.26E+02	-1.55E+01	-4.92E+01	7.06E-04	-1.55E+01
1.98E+02	1.26E+02	-1.32E+01	-4.19E+01	2.81E-02	-1.32E+01
1.95E+02	1.26E+02	-1.31E+01	-4.19E+01	-1.08E-01	-1.32E+01
1.99E+02	1.25E+02	-1.68E+01	-5.34E+01	3.89E-02	-1.69E+01
1.99E+02	1.26E+02	-1.38E+01	-4.39E+01	3.96E-02	-1.39E+01
1.97E+02	1.27E+02	-1.14E+01	-3.63E+01	2.32E-02	-1.14E+01
1.94E+02	1.27E+02	-1.13E+01	-3.62E+01	-1.58E-01	-1.14E+01
1.94E+02	1.26E+02	-1.35E+01	-4.37E+01	-2.04E-01	-1.37E+01
1.97E+02	1.25E+02	-1.67E+01	-5.31E+01	-5.34E-02	-1.67E+01

Tablo 7-15'in Devamı. TUR42AA Adlı Hesapta Kazı
Öncesi Durumdaki Gerilmeler.

62

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
2.09E+02	1.11E+02	-6.58E+01	-2.18E+02	-2.56E-01	-6.81E+01
2.01E+02	1.11E+02	-6.94E+01	-2.19E+02	-1.86E-01	-6.92E+01
2.01E+02	1.02E+02	-9.45E+01	-3.34E+02	-4.05E+00	-1.03E+02
2.05E+02	1.09E+02	-7.47E+01	-2.43E+02	-4.74E-02	-7.64E+01
2.02E+02	1.09E+02	-7.54E+01	-2.44E+02	1.26E-02	-7.65E+01
2.02E+02	1.06E+02	-8.39E+01	-2.78E+02	1.18E+00	-8.68E+01
2.06E+02	1.11E+02	-6.51E+01	-2.16E+02	-5.83E-01	-6.74E+01
2.03E+02	1.11E+02	-6.61E+01	-2.14E+02	-1.11E+00	-6.73E+01
2.01E+02	1.08E+02	-7.85E+01	-2.53E+02	7.30E-01	-7.95E+01
2.01E+02	1.04E+02	-8.68E+01	-2.95E+02	1.02E+00	-9.16E+01
2.03E+02	1.04E+02	-8.86E+01	-2.98E+02	7.06E-02	-9.28E+01
2.06E+02	1.08E+02	-7.67E+01	-2.51E+02	-2.14E-01	-7.87E+01

64

68

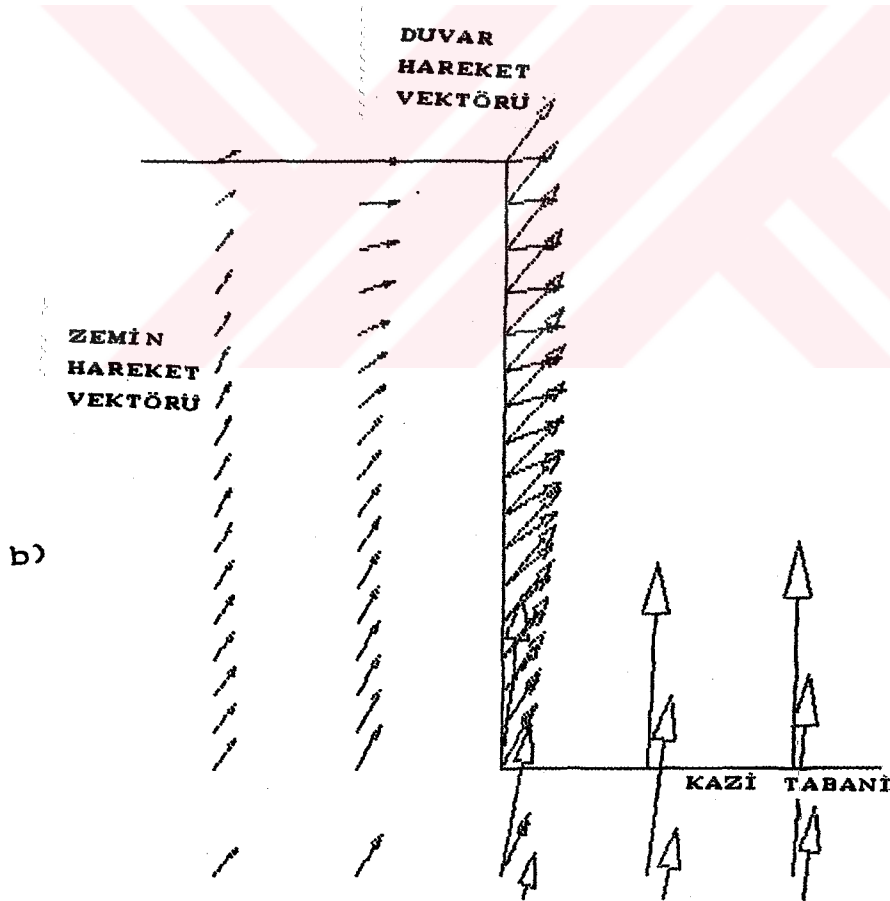
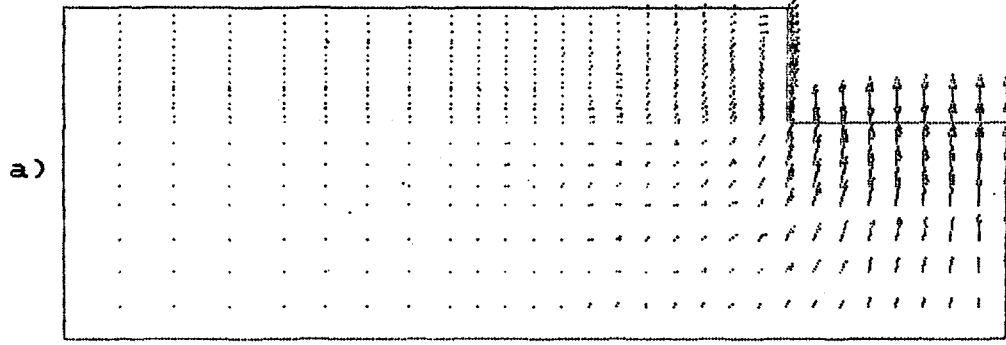
- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
2.09E+02	1.19E+02	-3.63E+01	-1.27E+02	4.74E-02	-3.93E+01
2.01E+02	1.19E+02	-3.87E+01	-1.27E+02	-3.99E-01	-3.98E+01
2.01E+02	1.13E+02	-5.45E+01	-1.97E+02	-3.25E+00	-6.03E+01
2.05E+02	1.18E+02	-4.15E+01	-1.44E+02	2.74E-01	-4.45E+01
2.02E+02	1.18E+02	-4.19E+01	-1.44E+02	4.17E-01	-4.45E+01
2.02E+02	1.16E+02	-4.66E+01	-1.65E+02	8.87E-01	-5.08E+01
2.06E+02	1.19E+02	-3.64E+01	-1.26E+02	2.00E-01	-3.90E+01
2.03E+02	1.19E+02	-3.77E+01	-1.26E+02	4.15E-01	-3.93E+01
2.01E+02	1.17E+02	-4.33E+01	-1.47E+02	2.92E-01	-4.57E+01
2.01E+02	1.15E+02	-4.85E+01	-1.73E+02	6.78E-01	-5.32E+01
2.03E+02	1.15E+02	-5.02E+01	-1.78E+02	8.07E-02	-5.47E+01
2.06E+02	1.17E+02	-4.31E+01	-1.48E+02	2.55E-01	-4.60E+01

Tablo 7-16. Kazı Öncesi Durumda 2.Blok Arayüzeyindeki Gerilmelerin Sayısal Değerleri.

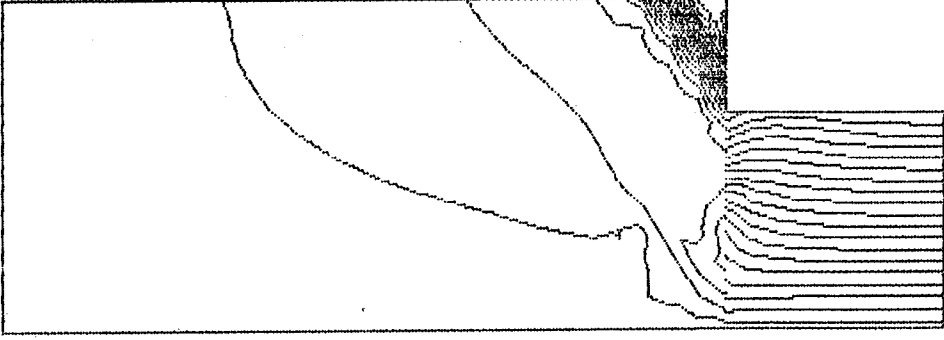
	X-coor	Y-coor	Normal stress	Shear stress	Ultimate shear	Pore pressure
1	2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.03E+02	-8.89E+01	-2.20E-01	6.32E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.06E+02	-8.62E+01	-2.21E-01	6.14E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.09E+02	-7.56E+01	-8.67E-02	5.40E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.12E+02	-6.83E+01	1.19E-01	4.88E+01	0.00E+00
2	2.00E+02	1.12E+02	-6.83E+01	4.39E-02	4.21E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.14E+02	-4.96E+01	1.46E-01	3.07E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.16E+02	-4.80E+01	2.64E-01	2.98E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.18E+02	-4.22E+01	4.01E-01	2.62E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.19E+02	-3.74E+01	4.41E-01	2.33E+01	0.00E+00
3	2.00E+02	1.19E+02	-3.74E+01	4.41E-01	2.33E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.20E+02	-3.62E+01	-9.58E-13	2.26E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.21E+02	-3.39E+01	-1.68E-12	2.12E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.21E+02	-3.16E+01	-4.79E-13	1.98E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.22E+02	-2.93E+01	0.00E+00	1.84E+01	0.00E+00
4	2.00E+02	1.22E+02	-2.93E+01	0.00E+00	1.84E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.23E+02	-2.70E+01	-7.19E-13	1.70E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.23E+02	-2.47E+01	-7.19E-13	1.56E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.24E+02	-2.24E+01	-7.19E-13	1.42E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.24E+02	-2.01E+01	-1.20E-12	1.28E+01	0.00E+00
5	2.00E+02	1.24E+02	-2.01E+01	-1.20E-12	1.28E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.25E+02	-1.78E+01	-7.19E-13	1.15E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.26E+02	-1.56E+01	0.00E+00	1.01E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.26E+02	-1.33E+01	-4.79E-13	8.67E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.27E+02	-1.10E+01	-4.79E-13	7.28E+00	0.00E+00
6	2.00E+02	1.27E+02	-1.10E+01	-4.79E-13	7.28E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.28E+02	-8.24E+00	2.40E-13	5.61E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.28E+02	-5.49E+00	-2.40E-13	3.94E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.29E+02	-2.75E+00	-4.79E-13	2.28E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.30E+02	1.20E-13	0.00E+00	6.08E-01	0.00E+00

Tablo 7-17. Kazı Öncesi Durumda 3.Blok Arayüzeyindeki Gerilmelerin Sayısal Değerleri.

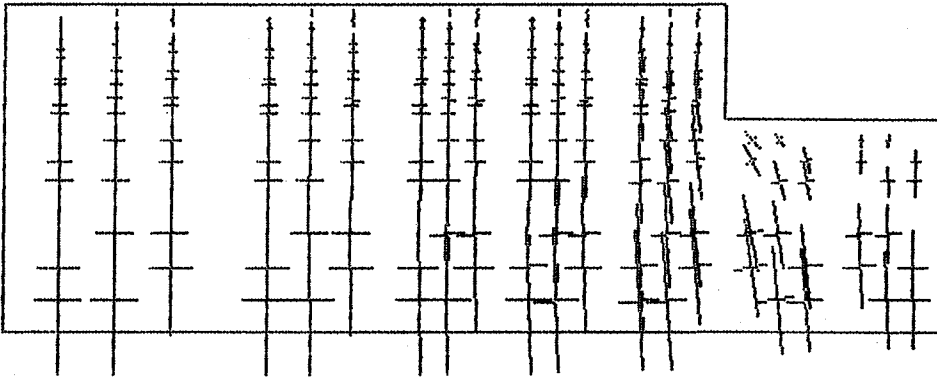
	X-coor	Y-coor	Normal stress	Shear stress	Ultimate shear	Pore pressure
1	2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.03E+02	-8.89E+01	-2.20E-01	6.32E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.06E+02	-8.62E+01	-2.21E-01	6.14E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.09E+02	-7.56E+01	-8.67E-02	5.40E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.12E+02	-6.83E+01	1.19E-01	4.88E+01	0.00E+00
2	2.00E+02	1.12E+02	-6.83E+01	4.39E-02	4.21E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.14E+02	-4.96E+01	1.46E-01	3.07E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.16E+02	-4.80E+01	2.64E-01	2.98E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.18E+02	-4.22E+01	4.01E-01	2.62E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.19E+02	-3.71E+01	5.87E-01	2.31E+01	0.00E+00



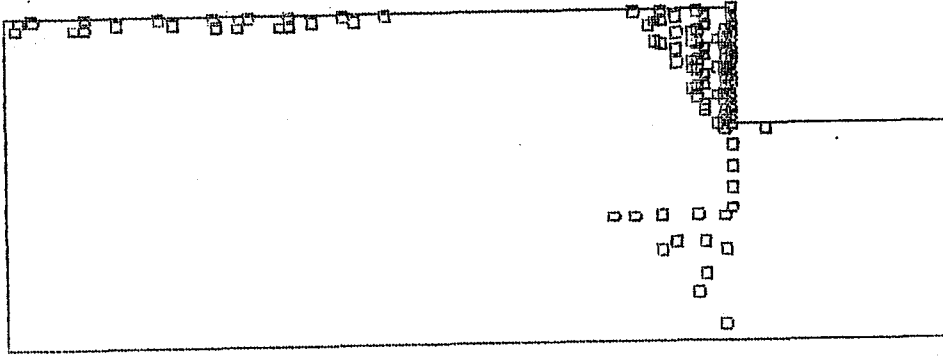
Sekil 7-44. TUR42AA Hesabında Kazı Sonunda Oluşan Hareket Vektörleri, a) Genel Görünüm, b) Kazı Bölgesinin Büyütülmüş Durumu.



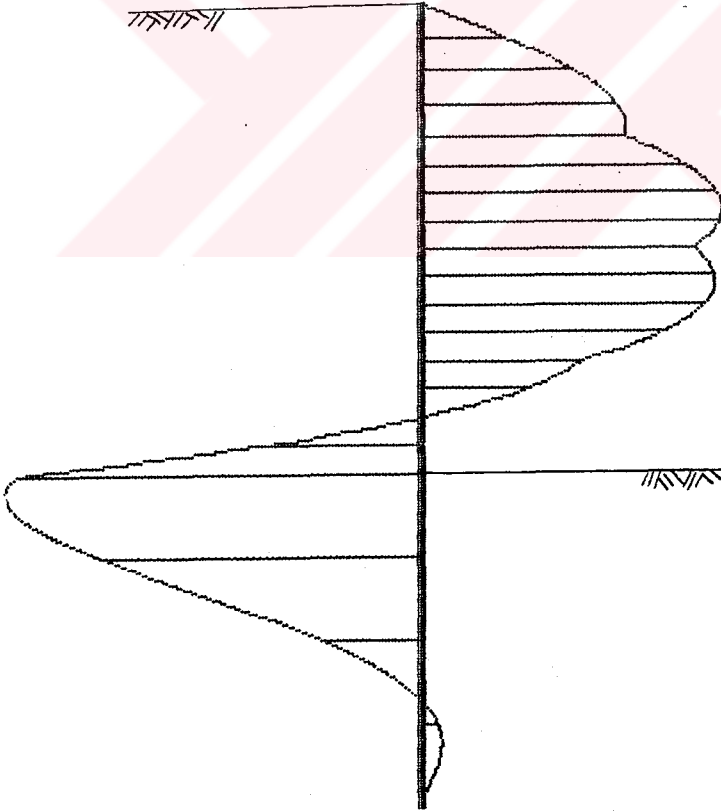
Sekil 7-45. Eşhareket Çizgilerinin Görüntümü.



Sekil 7-46. Kazı Yapıldıktan Sonra Asal Gerilme Doğrultularının Aldığı Durum.



Sekil 7-47. Hesap Sonunda Olusan Plastik Noktalar.



Sekil 7-48. Kazı Sonunda Perdede Olusan Moment Diyagramı.

Tablo 7-18. Kazı Yapıldıktan Sonra Zemin Gerilmelerinin Değerleri.

50

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.02E+02	-1.36E+02	-4.90E+02	3.49E+01	-1.50E+02
1.99E+02	1.11E+02	-9.97E+01	-3.41E+02	4.05E+01	-1.06E+02
1.91E+02	1.11E+02	-9.67E+01	-3.59E+02	1.14E+01	-1.09E+02
1.98E+02	1.06E+02	-1.15E+02	-4.16E+02	2.88E+01	-1.27E+02
1.98E+02	1.09E+02	-1.04E+02	-3.71E+02	3.05E+01	-1.14E+02
1.95E+02	1.09E+02	-1.05E+02	-3.85E+02	1.80E+01	-1.17E+02
1.99E+02	1.04E+02	-1.23E+02	-4.23E+02	3.76E+01	-1.31E+02
1.99E+02	1.08E+02	-1.06E+02	-3.59E+02	4.43E+01	-1.12E+02
1.97E+02	1.11E+02	-9.50E+01	-3.42E+02	2.60E+01	-1.05E+02
1.94E+02	1.11E+02	-9.27E+01	-3.43E+02	1.38E+01	-1.04E+02
1.94E+02	1.08E+02	-1.09E+02	-4.02E+02	1.60E+01	-1.23E+02
1.97E+02	1.04E+02	-1.21E+02	-4.41E+02	2.78E+01	-1.35E+02

52

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.13E+02	-7.01E+01	-3.24E+02	3.87E+01	-9.47E+01
1.99E+02	1.19E+02	-4.28E+01	-2.05E+02	3.50E+01	-5.94E+01
1.91E+02	1.19E+02	-5.44E+01	-2.11E+02	5.74E+00	-6.36E+01
1.98E+02	1.16E+02	-6.45E+01	-2.67E+02	2.54E+01	-7.94E+01
1.98E+02	1.18E+02	-5.96E+01	-2.36E+02	2.44E+01	-7.09E+01
1.95E+02	1.18E+02	-5.77E+01	-2.39E+02	1.64E+01	-7.11E+01
1.99E+02	1.15E+02	-6.75E+01	-2.87E+02	2.94E+01	-8.51E+01
1.99E+02	1.17E+02	-6.10E+01	-2.43E+02	2.90E+01	-7.30E+01
1.97E+02	1.19E+02	-4.86E+01	-2.13E+02	2.17E+01	-6.27E+01
1.94E+02	1.19E+02	-5.29E+01	-2.15E+02	8.63E+00	-6.42E+01
1.94E+02	1.17E+02	-6.29E+01	-2.47E+02	1.10E+01	-7.45E+01
1.97E+02	1.15E+02	-7.14E+01	-2.85E+02	2.36E+01	-8.54E+01

54

68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.20E+02	-3.73E+01	-1.80E+02	3.03E+01	-5.22E+01
1.99E+02	1.22E+02	-2.23E+01	-1.23E+02	1.33E+01	-3.48E+01
1.91E+02	1.22E+02	-4.10E+01	-1.64E+02	2.02E+00	-4.92E+01
1.98E+02	1.21E+02	-3.48E+01	-1.93E+02	1.84E+01	-5.48E+01
1.98E+02	1.21E+02	-3.27E+01	-1.83E+02	1.63E+01	-5.18E+01
1.95E+02	1.21E+02	-4.82E+01	-1.76E+02	9.70E+00	-5.38E+01
1.99E+02	1.20E+02	-3.21E+01	-1.58E+02	2.55E+01	-4.57E+01
1.99E+02	1.21E+02	-2.58E+01	-1.35E+02	1.84E+01	-3.85E+01
1.97E+02	1.22E+02	-3.11E+01	-1.79E+02	1.24E+01	-5.05E+01
1.94E+02	1.22E+02	-4.17E+01	-1.55E+02	8.65E+00	-4.72E+01
1.94E+02	1.21E+02	-4.21E+01	-1.71E+02	1.00E+01	-5.10E+01
1.97E+02	1.20E+02	-4.13E+01	-1.98E+02	1.59E+01	-5.74E+01

Tablo 7-18'in Devamı. Kazı Yapıldıktan Sonra Zemin Gerilmelerinin Değerleri.

56 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.22E+02	-1.98E+01	-1.12E+02	1.04E+01	-3.17E+01
1.99E+02	1.24E+02	-1.26E+01	-7.82E+01	-1.30E-01	-2.18E+01
1.91E+02	1.24E+02	-2.75E+01	-1.17E+02	5.31E+00	-3.47E+01
1.98E+02	1.23E+02	-2.51E+01	-1.47E+02	8.23E+00	-4.13E+01
1.98E+02	1.24E+02	-2.23E+01	-1.33E+02	4.99E+00	-3.73E+01
1.95E+02	1.24E+02	-3.21E+01	-1.30E+02	5.49E+00	-3.89E+01
1.99E+02	1.23E+02	-1.62E+01	-9.58E+01	6.13E+00	-2.69E+01
1.99E+02	1.24E+02	-1.34E+01	-8.23E+01	2.04E+00	-2.29E+01
1.97E+02	1.24E+02	-2.09E+01	-1.26E+02	3.32E+00	-3.52E+01
1.94E+02	1.24E+02	-3.01E+01	-1.09E+02	4.95E+00	-3.33E+01
1.94E+02	1.24E+02	-3.48E+01	-1.19E+02	5.63E+00	-3.70E+01
1.97E+02	1.23E+02	-2.72E+01	-1.59E+02	9.01E+00	-4.48E+01

58 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.25E+02	-1.15E+01	-7.16E+01	-7.81E-01	-1.99E+01
1.99E+02	1.27E+02	-7.76E+00	-4.94E+01	-1.95E+00	-1.37E+01
1.91E+02	1.27E+02	-1.80E+01	-6.67E+01	8.26E+00	-2.03E+01
1.98E+02	1.26E+02	-1.47E+01	-9.06E+01	5.99E-01	-2.53E+01
1.98E+02	1.26E+02	-1.22E+01	-7.59E+01	-3.21E-01	-2.12E+01
1.95E+02	1.26E+02	-1.22E+01	-7.59E+01	-2.00E-01	-2.11E+01
1.99E+02	1.25E+02	-9.92E+00	-6.23E+01	-1.64E+00	-1.73E+01
1.99E+02	1.26E+02	-8.58E+00	-5.42E+01	-2.12E+00	-1.51E+01
1.97E+02	1.27E+02	-1.05E+01	-6.61E+01	-4.63E-01	-1.84E+01
1.94E+02	1.27E+02	-9.78E+00	-6.19E+01	-9.88E-02	-1.72E+01
1.94E+02	1.26E+02	-1.59E+01	-7.16E+01	2.76E-01	-2.10E+01
1.97E+02	1.25E+02	-1.69E+01	-1.03E+02	1.86E+00	-2.87E+01

60 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
1.99E+02	1.27E+02	-6.44E+00	-4.18E+01	-1.76E+00	-1.16E+01
1.99E+02	1.30E+02	-4.12E+00	-4.00E+00	9.07E-01	-1.95E+00
1.91E+02	1.30E+02	2.10E-01	-3.14E+00	-4.84E-01	-7.03E-01
1.98E+02	1.28E+02	-4.42E+00	-2.98E+01	-1.69E+00	-8.22E+00
1.98E+02	1.29E+02	-2.06E+00	-1.46E+01	-2.04E+00	-4.00E+00
1.95E+02	1.29E+02	-1.72E+00	-1.49E+01	2.20E-02	-3.98E+00
1.99E+02	1.28E+02	-4.78E+00	-3.26E+01	2.62E-01	-8.98E+00
1.99E+02	1.29E+02	-4.81E+00	-1.78E+01	2.49E+00	-5.43E+00
1.97E+02	1.30E+02	1.06E-01	-2.91E+00	-7.80E-01	-6.74E-01
1.94E+02	1.30E+02	1.11E-01	-3.77E+00	4.88E-01	-8.78E-01
1.94E+02	1.29E+02	-2.39E+00	-1.87E+01	2.09E-01	-5.07E+00
1.97E+02	1.28E+02	-6.01E+00	-3.97E+01	-9.07E-01	-1.10E+01

Tablo 7-18'in Devamı. Kazı Yapıldıktan Sonra Zemin Gerilmelerinin Değerleri.

62 68

- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
2.09E+02	1.11E+02	-8.36E+01	-1.81E+02	1.27E+01	-6.36E+01
2.01E+02	1.11E+02	-9.03E+01	-2.26E+02	4.75E+01	-7.59E+01
2.01E+02	1.02E+02	-1.36E+02	-4.52E+02	3.11E+01	-1.41E+02
2.05E+02	1.09E+02	-1.04E+02	-2.48E+02	2.47E+01	-8.45E+01
2.02E+02	1.09E+02	-1.05E+02	-2.71E+02	3.50E+01	-9.03E+01
2.02E+02	1.06E+02	-1.22E+02	-3.43E+02	3.48E+01	-1.11E+02
2.06E+02	1.11E+02	-8.48E+01	-1.89E+02	1.81E+01	-6.56E+01
2.03E+02	1.11E+02	-8.67E+01	-2.04E+02	2.98E+01	-6.97E+01
2.01E+02	1.08E+02	-1.09E+02	-3.16E+02	4.63E+01	-1.02E+02
2.01E+02	1.04E+02	-1.26E+02	-4.02E+02	3.75E+01	-1.27E+02
2.03E+02	1.04E+02	-1.29E+02	-3.75E+02	3.41E+01	-1.21E+02
2.06E+02	1.08E+02	-1.06E+02	-2.57E+02	2.12E+01	-8.71E+01

64 68

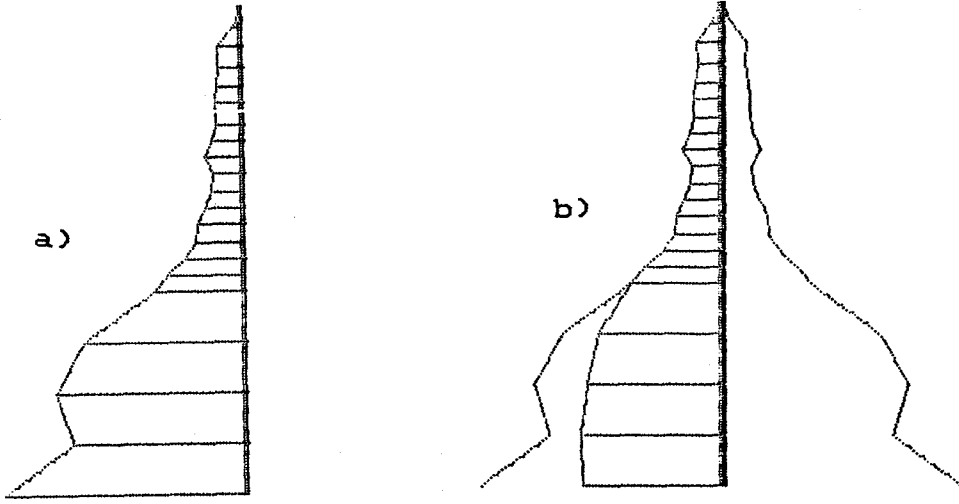
- X -	- Y -	- Sxx -	- Syy -	- Sxy -	- Szz -
2.09E+02	1.19E+02	-3.52E+00	-1.11E+01	1.85E+00	-3.50E+00
2.01E+02	1.19E+02	-8.45E+01	-4.23E+01	3.80E+01	-3.04E+01
2.01E+02	1.13E+02	-6.44E+01	-1.64E+02	3.70E+01	-5.47E+01
2.05E+02	1.18E+02	-3.67E+01	-4.20E+01	1.36E+01	-1.89E+01
2.02E+02	1.18E+02	-5.07E+01	-5.25E+01	2.45E+01	-2.48E+01
2.02E+02	1.16E+02	-6.07E+01	-1.03E+02	3.54E+01	-3.93E+01
2.06E+02	1.19E+02	-5.98E+00	-8.00E+00	-6.51E-01	-3.35E+00
2.03E+02	1.19E+02	-2.87E+01	-4.62E+00	3.31E+00	-8.00E+00
2.01E+02	1.17E+02	-6.62E+01	-9.15E+01	4.32E+01	-3.78E+01
2.01E+02	1.15E+02	-5.80E+01	-1.31E+02	4.19E+01	-4.54E+01
2.03E+02	1.15E+02	-6.09E+01	-1.30E+02	3.34E+01	-4.58E+01
2.06E+02	1.17E+02	-3.02E+01	-4.50E+01	7.27E+00	-1.80E+01

Tablo 7-19. Perdeye Gelen Moment Ve Normal Gerilme Değerleri.

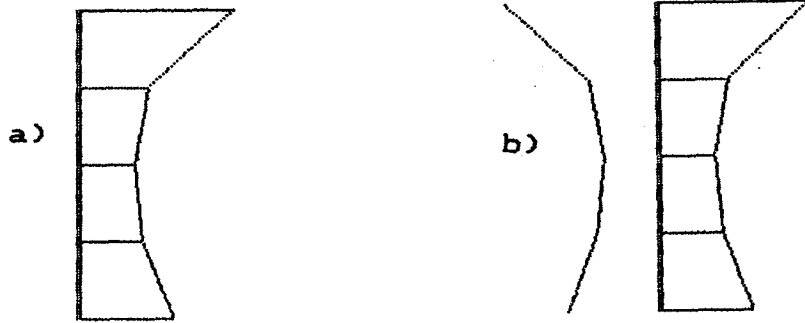
Perde	X-koor	Y-koor	Moment	Normal Kuvvet
1	2.0000E+02	1.1200E+02	0.0000E+00	1.6069E+01
	2.0000E+02	1.1387E+02	2.2811E+00	1.4282E+01
	2.0000E+02	1.1575E+02	-1.3426E+01	1.8813E+00
	2.0000E+02	1.1762E+02	-4.3897E+01	3.4377E+01
	2.0000E+02	1.1950E+02	-5.5829E+01	3.6481E+01
	2.0000E+02	1.2012E+02	-2.2032E+01	-1.5892E+01
	2.0000E+02	1.2075E+02	7.5139E-01	-4.5460E+00
	2.0000E+02	1.2137E+02	1.4811E+01	-1.0022E+01
	2.0000E+02	1.2200E+02	2.2177E+01	-8.5947E+00
	2.0000E+02	1.2262E+02	3.3309E+01	-8.1410E+00
	2.0000E+02	1.2325E+02	3.9181E+01	-2.5997E+00
	2.0000E+02	1.2387E+02	4.0428E+01	-6.7157E+00
	2.0000E+02	1.2450E+02	3.7525E+01	-8.6601E+00
	2.0000E+02	1.2512E+02	4.1247E+01	-6.8333E+00
	2.0000E+02	1.2575E+02	4.0700E+01	-2.3271E+00
	2.0000E+02	1.2637E+02	3.6155E+01	-6.0345E+00
	2.0000E+02	1.2700E+02	2.7805E+01	-7.6424E+00
	2.0000E+02	1.2775E+02	2.6813E+01	-6.0065E+00
	2.0000E+02	1.2850E+02	2.0997E+01	-2.2901E+00
	2.0000E+02	1.2925E+02	1.1463E+01	-2.6388E+00
	2.0000E+02	1.3000E+02	0.0000E+00	-4.1456E+00

Tablo 7-20. Ankraj Kuvvetleri.

No.	Nod	Acı	Ankraj Kuvveti	Maksimum Kuvvet
1	538	195	1.6721E+01	1.0000E+03
2	542	195	1.9216E+01	1.0000E+03
3	546	195	1.8971E+01	1.0000E+03
4	550	195	1.5966E+01	1.0000E+03



Sekil 7-49. Kazı Sonunda 2. Bloktaki Arayüzeyin
a) Normal Gerilmeleri, b) Kayma Gerilmeleri.



Sekil 7-50. Kazı Sonunda Oluşan Hareketin
a) Genel Görüntüsü, b) Kazı Bölgesinin
Büyütülmüş Durumu.

Tablo 7-21. Kazı Sonrası Durumda 2.Blok Arayüzeyindeki Gerilmelerin Sayısal Değerleri.

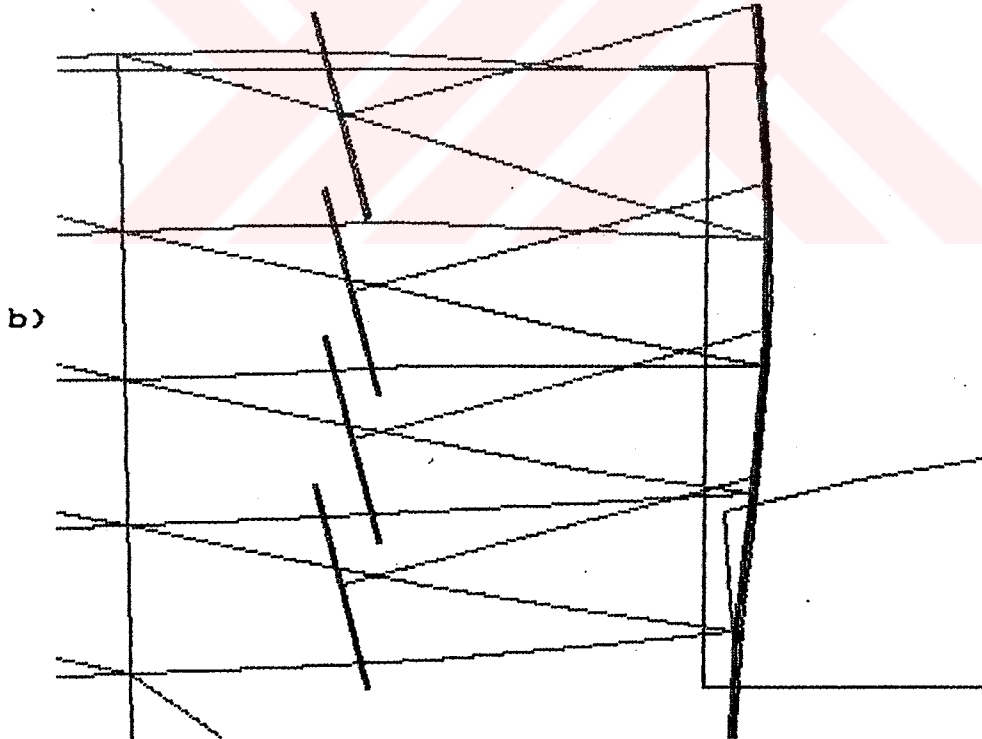
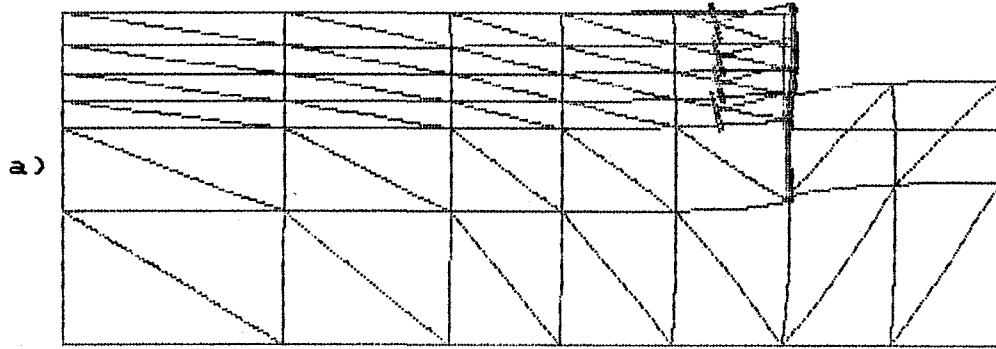
	X-koor	Y-koor	Normal Gerilme	Kayma Gerilmesi	Maksimum Kayma	Bosluk-suyu Basıncı
1	2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.03E+02	-1.29E+02	-3.36E+01	9.14E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.06E+02	-1.21E+02	-3.56E+01	8.59E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.09E+02	-1.03E+02	-5.31E+01	7.30E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.12E+02	-8.99E+01	-6.19E+01	6.40E+01	0.00E+00
2	2.00E+02	1.12E+02	-8.99E+01	-3.23E+01	5.52E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.14E+02	-6.40E+01	-3.25E+01	3.95E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.16E+02	-7.02E+01	-3.10E+01	4.32E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.18E+02	-5.94E+01	-2.86E+01	3.67E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.19E+02	-3.30E+01	-2.07E+01	2.07E+01	0.00E+00
3	2.00E+02	1.19E+02	-3.30E+01	-2.07E+01	2.07E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.20E+02	-2.84E+01	-1.79E+01	1.79E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.21E+02	-2.13E+01	-1.36E+01	1.36E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.21E+02	-1.73E+01	-1.11E+01	1.11E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.22E+02	-1.67E+01	-1.08E+01	1.08E+01	0.00E+00
4	2.00E+02	1.22E+02	-1.67E+01	-1.08E+01	1.08E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.23E+02	-1.36E+01	-8.86E+00	8.86E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.23E+02	-1.12E+01	-7.43E+00	7.43E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.24E+02	-1.07E+01	-7.13E+00	7.13E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.24E+02	-1.39E+01	-9.03E+00	9.03E+00	0.00E+00
5	2.00E+02	1.24E+02	-1.39E+01	-9.03E+00	9.03E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.25E+02	-1.10E+01	-7.28E+00	7.28E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.26E+02	-9.95E+00	-6.65E+00	6.65E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.26E+02	-9.79E+00	-6.56E+00	6.56E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.27E+02	-9.28E+00	-6.25E+00	6.25E+00	0.00E+00
6	2.00E+02	1.27E+02	-9.28E+00	-6.25E+00	6.25E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.28E+02	-8.24E+00	-5.62E+00	5.62E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.28E+02	-8.45E+00	-5.74E+00	5.74E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.29E+02	-3.10E+00	-2.49E+00	2.49E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.30E+02	1.00E+00	-9.59E-13	1.82E-12	0.00E+00

Tablo 7-22. Kazı Sonrası Durumda 3.Blok Arayüzeyindeki Gerilmelerin Sayısal Değerleri.

	X-koor	Y-koor	Normal Gerilme	Kayma Gerilmesi	Maksimum Kayma	Boşluk-suyu Basıncı
1	2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00
	2.00E+02	1.03E+02	-1.29E+02	-3.36E+01	9.14E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.06E+02	-1.21E+02	-3.56E+01	8.59E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.09E+02	-1.03E+02	-5.31E+01	7.30E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.12E+02	-9.10E+01	-6.47E+01	6.47E+01	0.00E+00
2	2.00E+02	1.12E+02	-9.10E+01	-5.52E+01	5.59E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.14E+02	-6.12E+01	-3.78E+01	3.78E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.16E+02	-5.30E+01	-3.28E+01	3.28E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.18E+02	-6.70E+01	-4.13E+01	4.13E+01	0.00E+00
	2.00E+02	1.19E+02	-1.47E+02	-9.00E+01	9.00E+01	0.00E+00

Kazı sonunda destekleme sisteminin yaptığı hareket Şekil 7-51'de, bunun sayısal değerleri Tablo 7-23'de gösterilmiştir. Perdenin yukarı kalkmış olması ve kazı tabanındaki hareketlerin perde hareketlerinden büyük olması, oluşan hareketlerin elastik sınırlar içinde kaldığını göstermektedir. Bu hesap sonucu en büyük yatay hareket 125 ve 126.m'lerde 1.64cm değerine ulaşmıştır. Perde üst noktasındaki hareket ise 1.27cm'dir. En büyük hareketin kazı derinliğine oranı 0.002, perde üst noktasının kazı derinliğine oranı ise 0.001'dir.

534 nolu noddaki kazı yüzdesinin hareket vektörüyle ve hareket vektörü yatay bileşeni ile olan değişimi Şekil 7-52 ve Şekil 7-53'de gösterilmiştir. Perde üst noktasındaki kazı yüzdesinin hareket vektörü ve hareket vektörü yatay bileşeniyle olan değişimi Şekil 7-54 ve Şekil 7-55'de verilmiştir.



Sekil 7-51. Kazı Sonunda Oluşan Hareketin
a) Genel Görünümü, b) Kazı Bölgesinin
Büyütülmüş Durumu.

Tablo 7-23. Kazı Sonunda Destekleme Siteminde Oluşan Hareketler.

51 64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2.00E+02	1.03E+02	6.06E-04	1.82E-04	5.48E-03	3.76E-03
2.00E+02	1.06E+02	7.77E-04	6.03E-04	8.57E-03	8.75E-03
2.00E+02	1.09E+02	7.65E-04	7.10E-04	9.82E-03	1.30E-02
2.00E+02	1.12E+02	6.61E-04	1.55E-04	9.53E-03	1.47E-02
2.00E+02	1.14E+02	5.77E-04	5.59E-05	8.44E-03	1.47E-02
2.00E+02	1.16E+02	6.20E-04	4.46E-05	7.72E-03	1.48E-02
2.00E+02	1.18E+02	7.58E-04	9.45E-05	7.43E-03	1.49E-02
2.00E+02	1.19E+02	1.34E-03	-3.96E-05	8.49E-03	1.47E-02
2.00E+02	1.20E+02	1.62E-03	-1.72E-04	9.43E-03	1.45E-02

52 64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.21E+02	1.92E-03	-3.58E-04	1.05E-02	1.41E-02
2.00E+02	1.21E+02	2.23E-03	-6.01E-04	1.16E-02	1.35E-02
2.00E+02	1.22E+02	2.56E-03	-9.17E-04	1.27E-02	1.27E-02
2.00E+02	1.23E+02	2.85E-03	-1.29E-03	1.36E-02	1.15E-02
2.00E+02	1.23E+02	3.12E-03	-1.69E-03	1.44E-02	1.02E-02
2.00E+02	1.24E+02	3.37E-03	-2.11E-03	1.51E-02	8.74E-03
2.00E+02	1.24E+02	3.60E-03	-2.52E-03	1.57E-02	7.13E-03
2.00E+02	1.25E+02	3.75E-03	-2.81E-03	1.59E-02	5.63E-03
2.00E+02	1.26E+02	3.87E-03	-3.04E-03	1.60E-02	4.23E-03
2.00E+02	1.26E+02	3.94E-03	-3.17E-03	1.59E-02	2.98E-03

53 64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.27E+02	3.95E-03	-3.21E-03	1.57E-02	1.94E-03
2.00E+02	1.28E+02	3.97E-03	-3.19E-03	1.52E-02	1.19E-03
2.00E+02	1.28E+02	3.95E-03	-3.12E-03	1.45E-02	7.86E-04
2.00E+02	1.29E+02	3.86E-03	-3.06E-03	1.36E-02	7.31E-04
2.00E+02	1.30E+02	3.75E-03	-3.02E-03	1.23E-02	1.04E-03
2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2.00E+02	1.03E+02	6.06E-04	2.65E-04	5.69E-03	4.59E-03
2.00E+02	1.06E+02	7.87E-04	6.50E-04	8.80E-03	9.62E-03
2.00E+02	1.09E+02	7.73E-04	8.73E-04	1.01E-02	1.43E-02
2.00E+02	1.12E+02	6.68E-04	1.07E-04	9.84E-03	1.69E-02

Tablo 7-23'ün Devamı. Kazı Sonunda Destekleme
Siteminde Oluşan Hareketler.

54

64

- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.14E+02	6.08E-04	1.00E-04	8.93E-03	1.69E-02
2.00E+02	1.16E+02	6.20E-04	9.65E-05	8.01E-03	1.69E-02
2.00E+02	1.18E+02	8.40E-04	9.52E-05	7.73E-03	1.69E-02
2.00E+02	1.19E+02	1.42E-03	9.60E-05	9.21E-03	1.68E-02
2.00E+02	1.20E+02	1.69E-03	9.57E-05	1.02E-02	1.68E-02
2.00E+02	1.21E+02	1.98E-03	9.51E-05	1.13E-02	1.68E-02
2.00E+02	1.21E+02	2.29E-03	9.43E-05	1.24E-02	1.68E-02
2.00E+02	1.22E+02	2.59E-03	9.33E-05	1.35E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.23E+02	2.88E-03	9.23E-05	1.44E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.23E+02	3.14E-03	9.11E-05	1.52E-02	1.67E-02

55

64

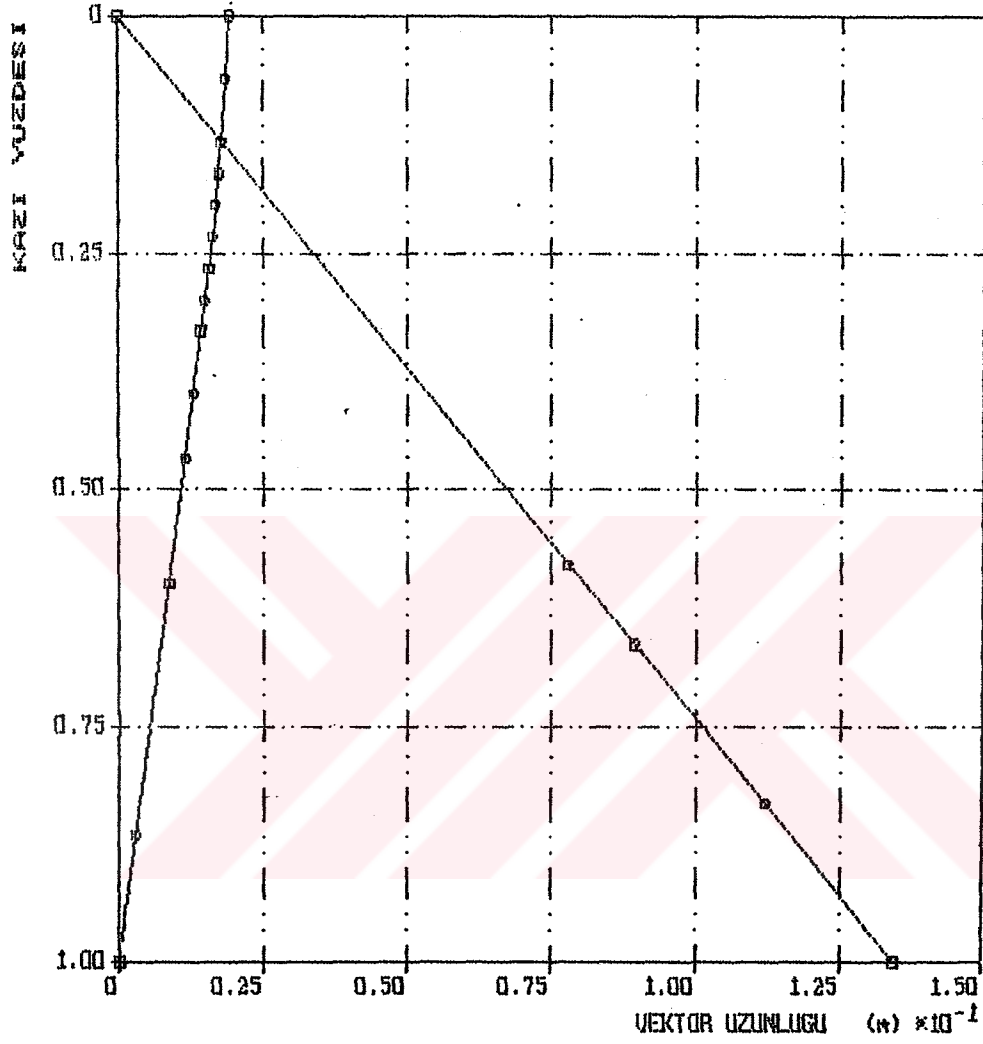
- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.24E+02	3.38E-03	9.00E-05	1.57E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.24E+02	3.58E-03	8.88E-05	1.61E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.25E+02	3.73E-03	8.79E-05	1.64E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.26E+02	3.85E-03	8.70E-05	1.64E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.26E+02	3.92E-03	8.62E-05	1.62E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.27E+02	3.96E-03	8.55E-05	1.59E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.28E+02	3.96E-03	8.49E-05	1.53E-02	1.67E-02
2.00E+02	1.28E+02	3.92E-03	8.45E-05	1.45E-02	1.66E-02
2.00E+02	1.29E+02	3.85E-03	8.41E-05	1.36E-02	1.66E-02
2.00E+02	1.30E+02	3.77E-03	8.38E-05	1.27E-02	1.66E-02

56

64

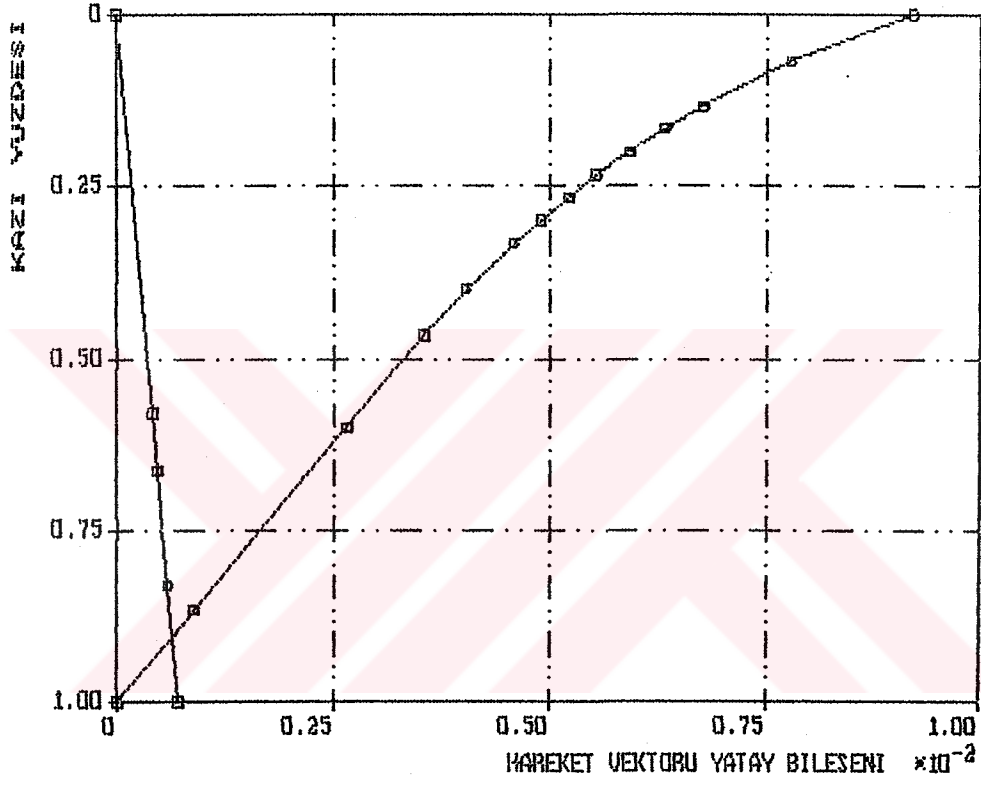
- X -	- Y -	- δU_x -	- δU_y -	- U_x -	- U_y -
2.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2.00E+02	1.03E+02	6.07E-04	4.25E-04	6.09E-03	6.19E-03
2.00E+02	1.06E+02	8.07E-04	7.42E-04	9.25E-03	1.13E-02
2.00E+02	1.09E+02	7.88E-04	1.19E-03	1.05E-02	1.69E-02
2.00E+02	1.12E+02	6.94E-04	2.13E-03	1.04E-02	2.42E-02
2.00E+02	1.14E+02	6.73E-04	3.00E-03	1.00E-02	3.01E-02
2.00E+02	1.16E+02	7.36E-04	3.71E-03	9.34E-03	3.56E-02
2.00E+02	1.18E+02	9.14E-04	4.28E-03	7.99E-03	4.08E-02
2.00E+02	1.19E+02	1.25E-03	4.75E-03	5.49E-03	4.65E-02
2.02E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

TUR42AA NOD:534



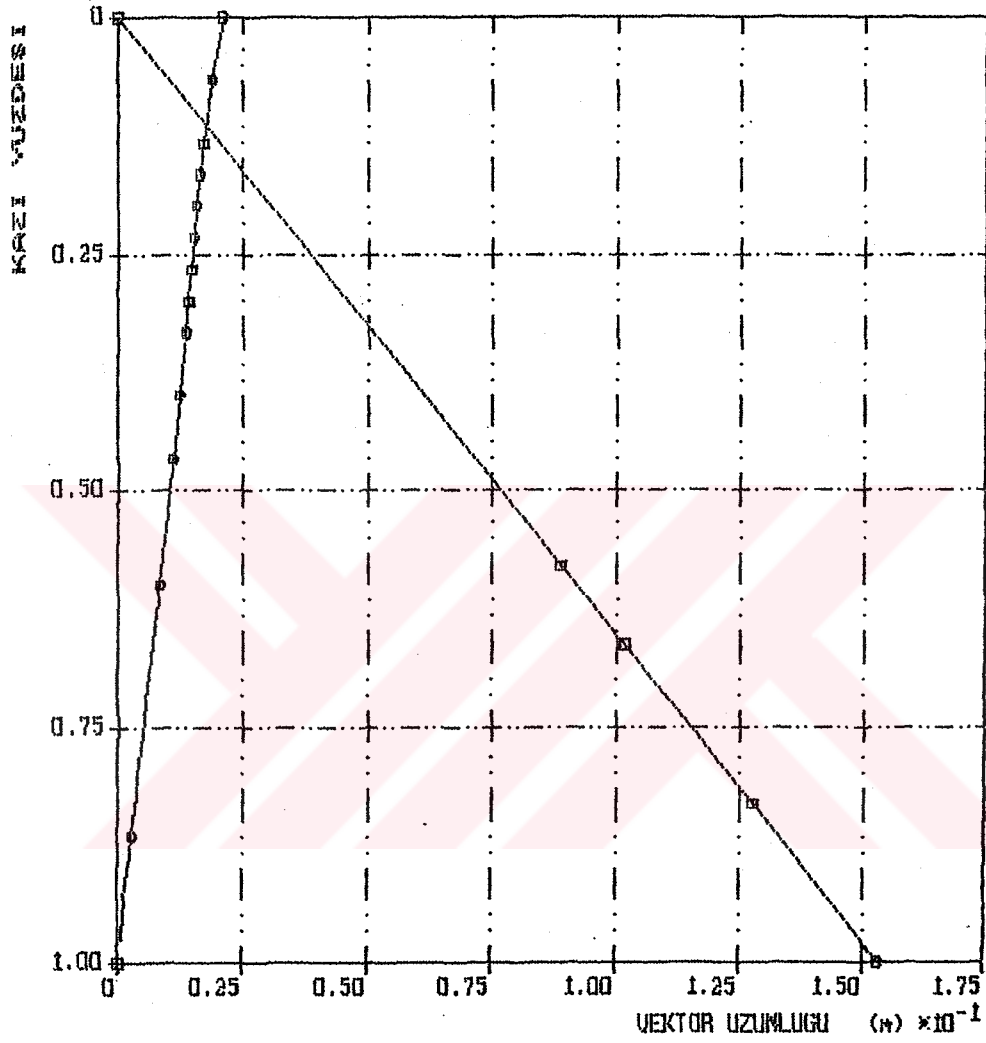
Sekil 7-52. Perde Üst Noktasında Kazı Yüzdesi-
Hareket Vektörü Uzunluğunun Değişimi.

TUR42AA NOD:534



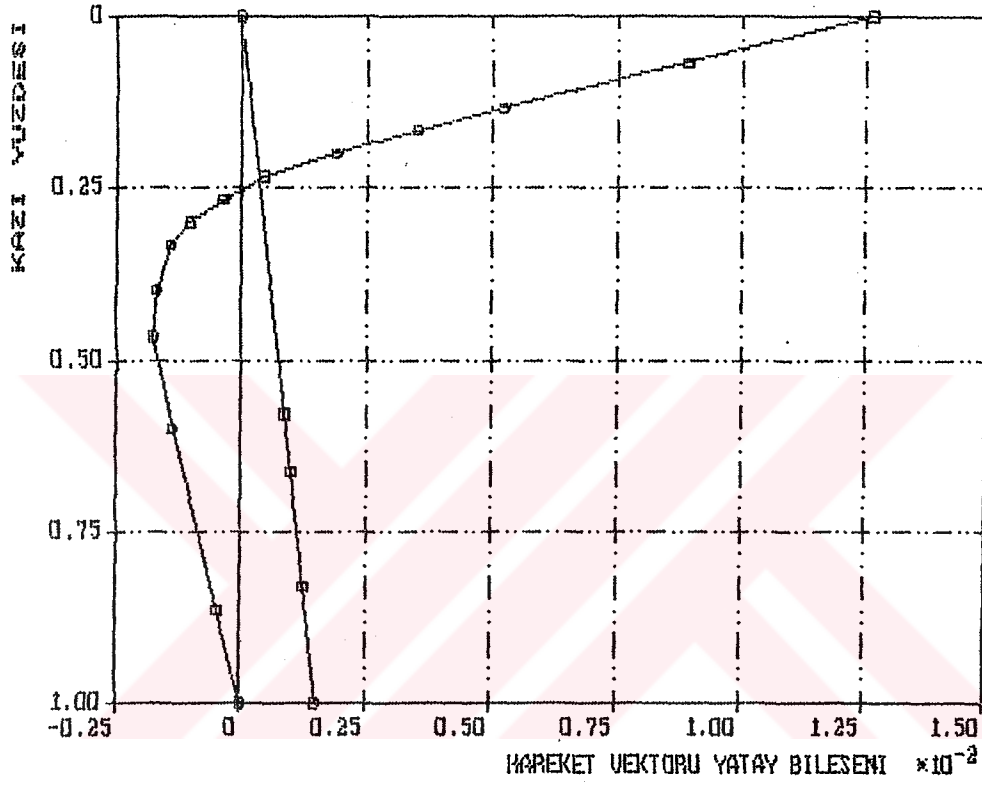
Sekil 7-53. Perde Üst Noktasında Kazı Yüzdesi-
Hareket Vektörü Yatay Bileşenin
Değişimi.

TUR4244 NOD:550



Sekil 7-54. Kazı Tabanı Noktasında Kazı Yüzdesi-Hareket Vektörü Uzunluğunun Değişimi.

TUR42AA NOD:550



Sekil 7-55. Kazı Tabanı Noktasında Kazı Yüzdesi-Hareket Vektörü Yatay Bileşenin Değişimi.

BÖLÜM 8. SONUÇ

Çalışmanın amacı Büyük Sürmeli Oteli yapı çukuru destekleme sisteminde oluşan yatay hareketlerin ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının sonlu elemanlar programından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmasıdır.

Her ölçüm sırasında destekleme sisteminin durumu ve ölçümle ilgili hesaplar Tablo 7-4'de verilmiştir. Ölçüm sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde oluşan maksimum hareketin 1cm civarında olduğu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen değer bu büyüklükteki bir kazı için fazla değildir. Bunun temel nedeni ölçüm yapmaya başlamadan önce kazı bölgesinin ortasındaki bir alanın kazılmış olmasıdır. Ölçüm sırasında, kazı sonucunda oluşan gerilme boşalmasının yol açtığı hareketler hesaba katılamamıştır.

Ölçüm yapılan noktalar tek tek incelendiğinde I-II değerlendirmesinde 5 ve 6 nolu obje noktalarının geriye doğru hareket ettiği görülmektedir. I.ölçümde ankrajların gerilmemiş durumda iken, II.ölçümde gerili olması bu ters yönlü hareketin nedeni olarak gösterilebilir. Ancak aynı durumun 20, 22 ve 23 nolu noktalar içinde geçerli olmasına karşın, bu noktalarda hareket olmamasının nedeni, bu noktaların sağlam ve derin tabakaya ankrajlanması olarak gösterilebilir.

Ölçümün, kazının bitimine dek sürdürülememiş olması sağlıklı bir değerlendirme yapılmasını engellemiştir. Kazı yapıldıkça ortaya çıkan noktalarda, jeodezik ağ yöntemi ile hesaplanan hareket değerleri gerçek hareketten küçüktür. Çünkü bu noktalar ilk ölçüm periyodunda göz önüne alınamamışlardır, yani kazı

yapımına başlanmasıyla, noktanın oluşturulması arasında geçen süre içinde oluşan hareketler ölçülememiştir. Bu yüzden jeodezik ağ yöntemi kazı başlamadan önce var olan noktaların (perde üst noktaları ve zemin yüzeyine tespit edilecek noktalar) ölçümünde kullanılmalıdır. Eğer derinlerdeki noktalar için kullanılmak isteniyorsa bu noktaya, şematik gösterimi Şekil 7-5'de verilen sabit çubuklu uzama ölçerler yerleştirilmelidir.

Ölçüm sonuçlarını değerlendirmek için Plaxis adında bir elasto-plastik hesap yapabilen sonlu elemanlar programı kullanılarak bir dizi hesap yapılmıştır. TUR32AA adlı hesapta maksimum yatay hareketin kazı yüksekliğine oranı 0.002'dir. TUR42AA adlı hesapta ise 0.001'dir. Ölçüm sonuçlarından elde edilen maksimum yatay hareketin kazı yüksekliğine oranı ise 0.001'dir.

KAYNAKLAR

- Berre, T., L.Bjerrum, (1973), Shear Strength of Normally Consolidated Clays. 8th. Int. Conf. on SMFE, vol.1.1., 39-49.
- Bowles, J.B., (1988), Foundation Analysis and Design 4. Ed., McGraw-Hill Book Company.
- Caspe, M.S., (1966), Surface Settlement Adjacent to Braced Open Cuts. J. Soil Mec. Div., ASCE, vol 92, SM4, 51-59.
- Clough, G.W., Y. Tsui, (1974), Performance of Tied-Back Walls in Clay. J. Geotechnical Div. Eng., ASCE, vol 100, GT12,1259-1274.
- Clough, G.W., L.A. Hansen, and I.A. Mana, (1979), Prediction of Supported Excavation Movements Under Marginal Stability Conditions in Clay. Proc. 3rd Int. Conf. on Numerical Methods in Geomechanics. A.A. Balkema, 1485-1502
- Clough, G.W., L.A. Hansen, (1981), Effects of Clay Anisotropy on Braced Wall Behavior. J. Geotechnical Div. ASCE
- Clough, G.N., B. Schmidt, (1981), Design and Performance of Excavations and Tunnels in Soft Clay. Soft Clay Engineering, Elsevier Scientific Publishing Company.
- Dunnicliff, J., (1988), Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance. John Wiley and Sons.
- Golder, H.Q., et al. (1970), Predicted Performance of Braced Excavation. Jour. SM Div., ASCE, vol 96, SM3, 801-815.
- Hanna, T.H., (1973), Foundation Instrumentation.

Trans Tech Publications. First Edition.

Hanna, T.H., (1982), Foundations in Tention -Ground Anchors- Trans Tech Publications and Mc Graw-Hill Book Company.

Hansen, L.H., (1980), Prediction of Behavior of Braced Excavations in Anisotropic Clay. Stanford Universitesi, Doktora Tezi.

Ince, C.D., (1992), Derin Kazı Destekleme Sistemlerinde Yatay Deformasyonların Belirlenmesi. İ.T.U. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kane, H., (1969), Discussion Jour. Soil Mec. Div., ASCE, vol 92, SM6, 255-256.

Klenner, C., (1941), Versuche über die Verteilung des Erddruckes über die Wände ausgesteifer Baugruben. Bautechnik, 19, 316-319

Lambe, T.W., (1970a), Braced Excavations. Proc. ASCE 4th Speciality Conf. on Lateral Stresses and Earth Retaining Srtuctures, Cornell University, Ithaca N.Y., 149-218.

Lambe, T.W., L.A. Wolfskill, and I.H. Wong, (1970b), Measured Performance of Braced Excavations. J. Soil Mec. and Found. Eng. Div., ASCE, vol 96, SM3, 817-836.

Mana, A.I. ve G.W. Clough, (1981), Prediction of Movements for Braced Cuts in Clay. J. Geotechnical Eng. Div., ASCE, vol 107, GT6, 759-777.

Palmer, J.H. ve T.C. Kenney, (1972), Analytical Study of a Braced Cut in Weak Clay. Canadian Geo. Jour. Vol 9, No 2, 145-164.

Peck, R.B., (1943), Earth Pressure Measurements in Open Cuts. Trans. ASCE vol 108, 1008-1058.

Peck, R.B., (1969), Deep Excavations and Tunnelling

in Soft Ground. Proc. 7th. Int. Conf. on SMFE, Mexico City, State of the Art vol., 225-290.

- Potts, D.M. ve A.B., Fourie, (1986), A Numerical Study of the Effects of Wall Deformation on Earth Pressures., Int. Jour. for Num. and Anal. Meth. in Geomechanics, vol 10, 383-405.
- Sağlam, A., (1986), İstanbul' da Şehir İçerisinde Yapılan Derin Kazılar. I. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, 13-15 Ekim, Ankara, 283-288.
- Sağlam, A., (1987), Derin Kazılar Ve Destekleme Yöntemleri. Yamaç Ve Şevlerin Stabilitesi Dayanma Yapıları Semineri, 5-9 Mayıs, cilt II, Samsun.
- Schoklisch, A., Çeviren: Acun, N., (1982), Temel İnşaatı -Öğrenim Ve Pratik İçin El Kitabı- Kısım I., İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Spilker, A., (1937), Mitteilung über die Messung der Kräfte in einer Baugrubenaussteifung (Note on the Measurement of the Forces in a Braced Excavation). Bautechnik, 15, 16-18.
- Stille, H., (1976), Behaviour of Anchored Sheet Pile Walls. Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Swatek, E.P, et al. (1972), Performance of Bracing for Deep Chicago Excavation. Proc. ASCE 5th Speciality Conf. on Performance of Earth and Earth Supported Structures. vol 1, part 2, 1303-1322.
- Terzaghi, K., R.B. Peck, (1967), Soil Mechanics in Engineering Practice. 2. Ed., John Wiley and Sons, N.Y., 729.
- Tomlinson, M.J., (1987), Foundation Design and

Construction. 5. Ed. Longman Scientific & Technical, England, 842.

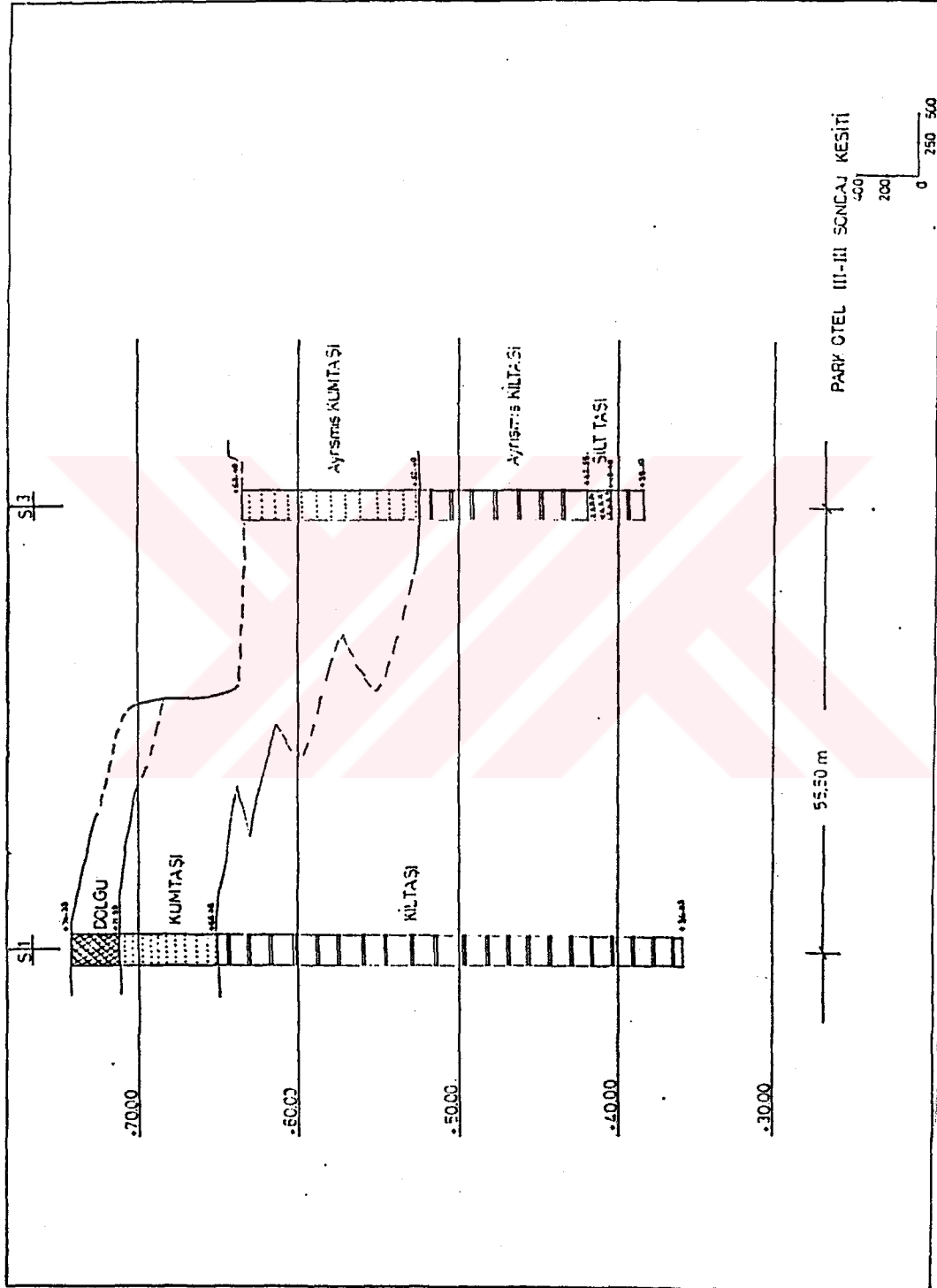
Tschebotarioff, G.P., (1951), Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures. McGraw-Hill Book Company, 655.

White, L. and E.A. Prentis, (1940), Cofferdams. New York, Columbia Univ. Press, 273.

Vermeer, P.A., (1990), PLAXIS, Finite Element Code for Soil and Rock Plasticity, A.A. Balkema.

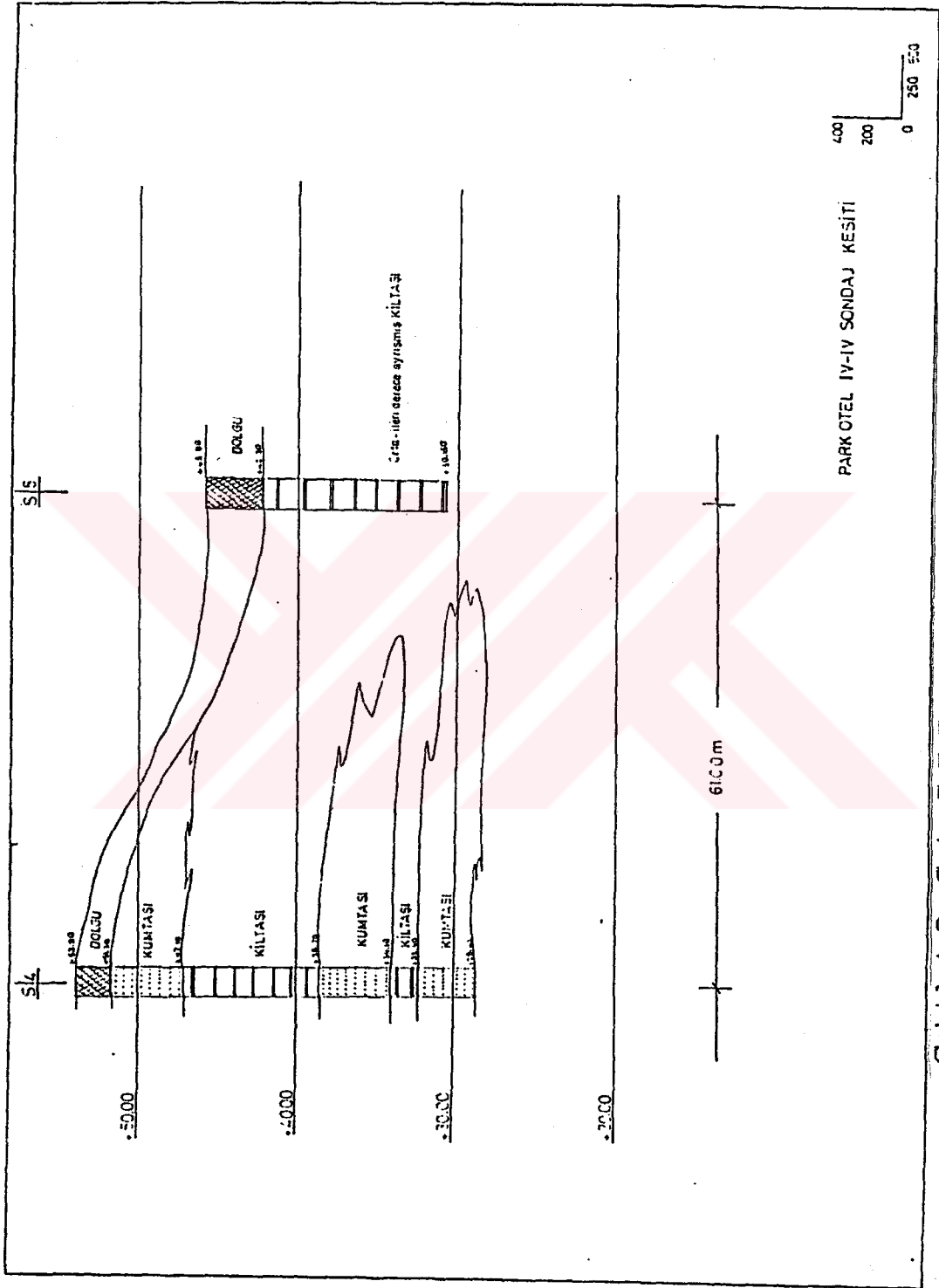




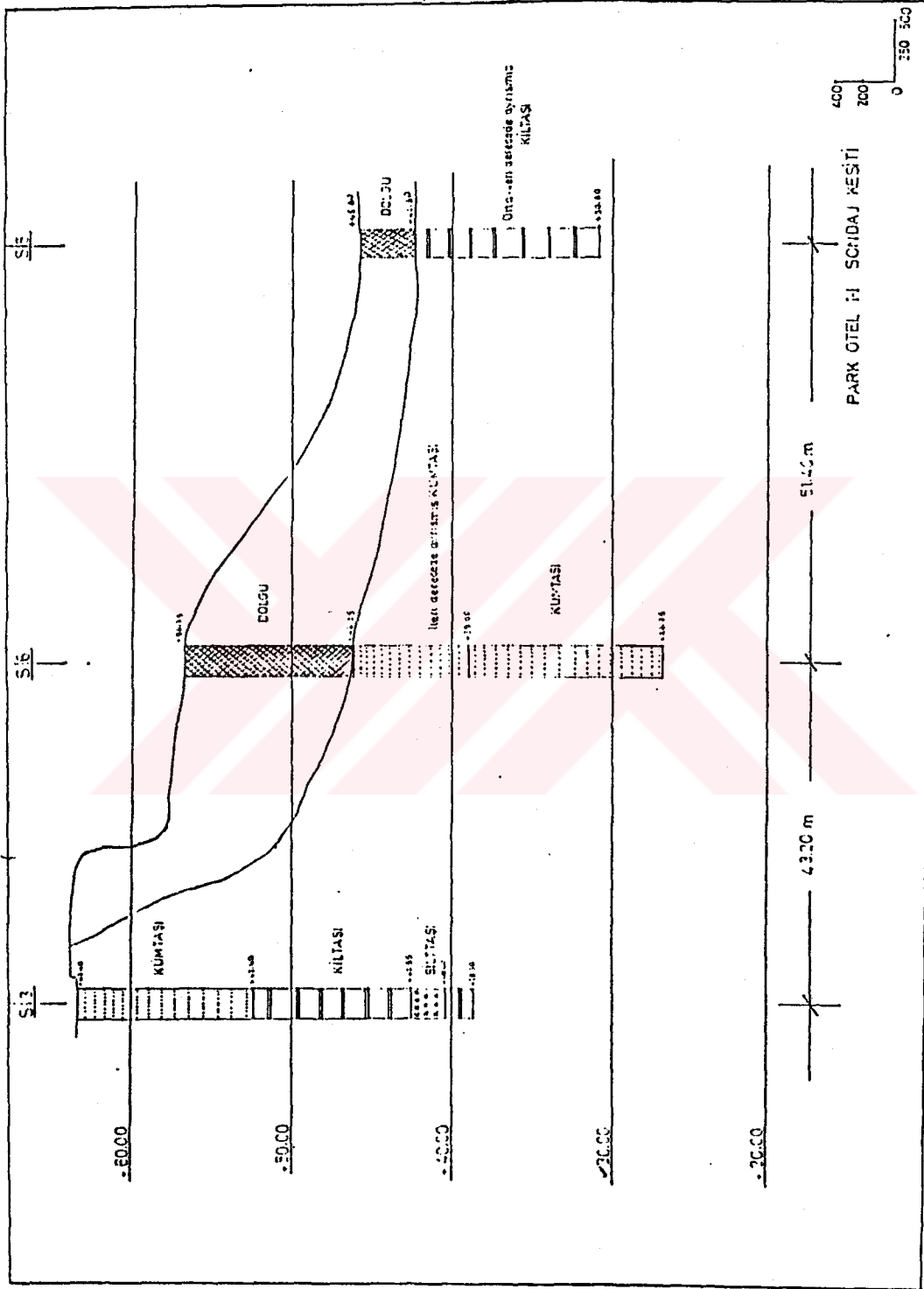


Sekil A-1. S-1, S-2, S-3 Sondajları Zemin Profilleri.

Şekil A-2. S-1, S-2, S-4 Sondajları Zemin Profilleri.



Sekil A-3. S-4, S-5 Sondajları Zemin Profilleri.



Sekil A-4. S-3, S-4, S-5 Sondajları Zemin Profilleri.

ÖZGEÇMİŞ

Bülent Hatipoğlu 1968 yılında Gölcük'de doğdu. İlköğrenimini Mersin Gazi Paşa İlkokulu'nda orta ve lise öğrenimini de Mersin Tefik Sırrı Gür Lisesi'nde tamamladı ve 1985 yılında mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'ne girdi ve buradan 1989 yılında mezun oldu. 1991 yılından beri İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Geoteknik Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.