

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEV STABİLİTESİ BİR VAKA ANALİZİ

DENİZ KORKUTAN

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEV STABİLİTESİ BİR VAKA ANALİZİ

DENİZ KORKUTAN

Doç. Dr. Utkan MUTMAN

Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Prof. Dr. Sami ARSOY

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Bengü SÜNBÜL GÜNER

Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 30.09.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Hızlı bir şekilde artış gösteren dünya nüfusunun ihtiyaçlarını daha hızlı, ekonomik ve güvenilir bir şekilde karşılanmasını sağlarken karşılaşılan geoteknik mühendisliğinin karmaşık konularından bir tanesi şev stabilitesidir. İnsan eliyle veya doğal olarak oluşturulan şevlerin stabilitesi elde edilen güvenlik sayısı ile saptanmaktadır. İş güvenliği bakımından da büyük öneme sahip olan şevlerin stabilitelerinin sağlanması gerekmektedir. Şevlere verilecek açıyı arttırmak her ne kadar ekonomik yönden istenirse de, meydana gelebilecek olan şev bozulmaları sebebi ile uğranılacak maddi ve insan hayatı şeklindeki zararlar, kazanç gibi görünen avantajları yok edebilir. Sonuç olarak; emniyet, ekonomi ve güvenilirlik esas alınarak şev hesaplamaları yapılmalıdır.

Bu tez çalışmasının yapılmasında ayrıca, İnşaat Mühendisliği mesleğinin öğrenilmesinde, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, kendisinin tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı, değerli hocam Doç. Dr. Utkan MUTMAN 'a bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan babam Ramazan IŞIK, annem Nazmiye IŞIK'a, kardeşlerim Hüseyin IŞIK ve İrem IŞIK'a, her zaman yanımda olan eşim Harita Mühendisi Doğan KORKUTAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül – 2021

Deniz KORKUTAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1.ŞEV STABİLİTESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	4
1.1. Zeminlerde Kayma Mukavemeti Teorisi	5
1.2. Şev Hareketlerinin Sınıflandırılması	7
1.2.1. Düşme	8
1.2.2. Devrilme	9
1.2.3. Kayma	9
1.2.4. Yayılmalar	9
1.2.5. Akmalar	9
1.3. Şev Stabilitesinde Analiz Yöntemleri	10
1.3.1. Ordinary yada fellenious analizi yöntemi	11
1.3.2. Basitleştirilmiş bishop yöntemi	12
1.3.3. Basitleştirilmiş janbu yöntemi	13
1.3.4. Spencer yöntemi	13
1.4. Derin Kazı İksa Sistemleri	15
2. ŞEV STABİLİTESİ ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	18
2.1. Arazi Çalışmaları.....	18
2.1.1. Arazi veyn deneyi	18
2.1.2. Arazi standart penetrasyon deneyi	19
2.1.3. Arazi koni penetrasyon deneyi (CPT)	21
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	21
2.2.1. Elek analizi ve hidrometre deneyi	23
2.2.2. Kesme kutusu deneyi	24
2.2.3. Serbest basınç deneyi.....	24
2.2.4. Üç eksenli basınç deneyi.....	25
3. PROJENİN TANITIMI.....	28
3.1. Çalışma Alanında Yapılan İyileştirme Çalışmaları.....	30
4. ÇALIŞMA.....	36
KAYNAKLAR	59
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	60
ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Şeve ait yükseklik ve açı ifadeleri	4
Şekil 1.2. Mohr – Coulomb göçme kriteri	6
Şekil 1.3. Zeminlerin kesme dayanımı bileşenleri	6
Şekil 1.4. Kaya düşmesi, devrilmesi, kayma, kaya ve zemin yayılması.....	8
Şekil 1.5. Fellenious yönteminde dilime etkiyen kuvvetler	11
Şekil 1.6. Bishop yönteminde dilime etki eden kuvvetler	12
Şekil 1.7. Şevde derinlik ve uzunluk kavramı.....	13
Şekil 1.8. Spencer yönteminde dilime etki eden kuvvetler	14
Şekil 1.9. Tipik ankraj kesiti	16
Şekil 2.1. Arazi veyn deney aletleri	19
Şekil 2.2. Arazi standart penetrasyon deneyi	19
Şekil 2.3. Arazi cpt deneyi	21
Şekil 2.4. Şeve ait deformasyon grafiği	22
Şekil 2.5. Elek analizi deneyi	23
Şekil 2.6. Hidrometre analizi deneyi	23
Şekil 2.7. Kesme kutusu deney aleti	24
Şekil 2.8. Serbest basınç deneyi	25
Şekil 2.9. Serbest basınç deneyi Mohr dairesi ve mukavemet zarfı.....	25
Şekil 2.10. Üç eksenli basınç deneyi.....	25
Şekil 2.11. UU deney grafiği	26
Şekil 2.12. CU deney grafiği.....	27
Şekil 3.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası	28
Şekil 3.2. Heyelan alanının heyelan aktivitesi öncesi ve sonrası	29
Şekil 4.1. Heyelan bölgesi.....	36
Şekil 4.2. Netcad duvar ve temel çizimi	36
Şekil 4.3. Plaxis 8.2 de oluşturulmuş model	37
Şekil 4.4. Kil zemin tabaka bilgileri.....	37
Şekil 4.5. Kil zemin tabaka bilgileri.....	37
Şekil 4.6. Mavi KilTaşı zemin tabaka bilgileri	38
Şekil 4.7. Mavi KilTaşı zemin tabaka bilgileri	38
Şekil 4.8. Diyafram duvar verileri.....	38
Şekil 4.9. Temel verileri.....	39
Şekil 4.10. Oluşturulan ağ modeli.....	39
Şekil 4.11. Yeraltı su seviyesi	39
Şekil 4.12. Boşluk suyu basıncı	40
Şekil 4.13. İlk zemin gerilmeleri.....	40
Şekil 4.14. Analiz sonucu.....	41
Şekil 4.15. Toplam yerdeğiştirme	41
Şekil 4.16. Toplam yerdeğiştirme	41
Şekil 4.17. Model 2	42
Şekil 4.18. Kazık parametre bilgileri	42

Şekil 4.19. Model 2'in ağ modeli.....	43
Şekil 4.20. Yeraltı su seviyesi	43
Şekil 4.21. Boşluk suyu basıncı	44
Şekil 4.22. Model 2 analizi	44
Şekil 4.23. Model 2 analizi	44
Şekil 4.24. Model 2'in deformasyonu.....	45
Şekil 4.25. Model 2'in deformasyonu.....	45
Şekil 4.26. Yatay doğrultudaki yerdeğiştirme.....	45
Şekil 4.27. Düşey doğrultudaki yerdeğiştirme.....	46
Şekil 4.28. Model 3'ün tasarımı	46
Şekil 4.29. Model 3'ün ağ modeli.....	47
Şekil 4.30. Model 3'ün yeraltı su seviyesi	47
Şekil 4.31. Model 3'ün boşluk suyu basıncının hesaplanması.....	48
Şekil 4.32. Model 3 hesaplama	48
Şekil 4.33. Model 3 analiz sonucu	48
Şekil 4.34. Model 4	49
Şekil 4.35. Model 4 ankraj parametreleri.....	49
Şekil 4.36. Model 4 geogrid parametreleri.....	49
Şekil 4.37. Model 4 ağ modeli	50
Şekil 4.38. Model 4 yeraltı su seviyesi	50
Şekil 4.39. Model 4 boşluk suyu basıncının hesaplanması	51
Şekil 4.40. Model 4 ankraj veri girişi.....	51
Şekil 4.41. Model 4 hesaplama yapımı	52
Şekil 4.42. Model 4 yerdeğiştirme	52
Şekil 4.43. Model 4 yatay yöndeki yerdeğiştirme.....	53
Şekil 4.44. Model 4 düşey yöndeki yerdeğiştirme.....	53
Şekil 4.45. Model 5	54
Şekil 4.46. Model 5'in ağ modeli.....	54
Şekil 4.47. Model 5'in yeraltı su seviyesi	55
Şekil 4.48. Model 5'in boşluk suyu basıncının hesabı.....	55
Şekil 4.49. Model 5'in hesabının yapılması.....	56
Şekil 4.50. Model 5'in analiz sonucu.....	56
Şekil 4.51. Model 5'in yatay yöndeki yerdeğiştirmesi	57
Şekil 4.52. Model 5'in düşey yöndeki yerdeğiştirmesi.....	57

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Varnes Şev hareketi sınıflandırması	8
Tablo 2.1. Sondaj kuyu çapı, numune alıcı ve tij dűzeltmeleri.....	20
Tablo 3.1. Proje alanının kűűe koordinat deęerleri	29
Tablo 3.2. Zeminini modellemek için seçilen parametreler.....	32
Tablo 3.3. Kazıkları modellemek için seçilen parametreler	32
Tablo 3.4. Kazıklara etkiyen kuvvetler	33



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- (q_u) : Basınç mukavemeti
 u_w : Boşluk suyu basıncı
 ϕ : Efektif kayma mukavemeti açısı
 c : Efektif kohezyon
 τ : Kayma gerilmesi
 τ_f : Kayma dayanımı
 σ_n : Toplam normal gerilme

Kisaltmalar

- G.K : Güvenlik Katsayısı
Spt : Standart Penetration Test (Standart Penetrasyon Deneyi)

ŞEV STABİLİTESİ BİR VAKA ANALİZİ

ÖZET

Zemin mekaniğinin en önemli konuları arasında yer alan şev, yatay ya da mevcut arazi yüzeyi ile belirli bir açı yapan kitle olarak tanımlanmaktadır [1]. Yapılan mühendislik çalışmalarının amacı doğal ya da yapay olarak meydana gelen şevlerde stabilite sağlamaktır. Şevlerde stabilite bozuklukları can ve mal kayıplarına kadar neden olmaktadır. Yüksekliği ve eğimi az olan şevlerde bile oluşan stabilite sorunları kayaların homojen kütlelere sahip olmaması ve jeolojik faktörlerle açıklanmaktadır. Bu jeolojik etmenler, tabakalar, çatlaklar, fayların yatımı, fay ve çatlaklar arasında mevcut olabilecek yabancı maddelerin olması ve hidrolojik etkenlerdir. Hidrolojik etkileri yağın yağmur ve eriyen karların kayaların ve çatlakların kayma mukavemetlerini azalttığı nisan ve ekim aylarında fark etmek mümkündür. Elastik teoriye dayanan limit denge yöntemleriyle (İsveç Dilim, Bishop, Janbu, Spencer vb.) gerek kendi ağırlıkları gerekse uygulanan yüklerin etkisi altındaki yapay veya doğal tüm şevlerin göçmeye karşı stabilite analizleri yapılmaktadır. Bu yöntemlerde kritik kayma yüzeyi kabul edilir ve kayma kütesinin dengesi araştırılmaktadır. Kabul edilen kayma yüzeyinde direnen ve kaydıran kuvvetler arasındaki ilişkiden elde edilen güvenlik katsayısı şevin güvenlik katsayısıdır ve bu katsayı belirlenen emniyet katsayı ile kıyaslanmaktadır. Emniyet katsayısının 1'den küçük olması durumunda şev kaymış veya kayacaktır demektir. Şev stabilitesinin araştırılması sırasında gerek laboratuvar gerekse arazi çalışmaları ile gerekli önlemler alınarak can ve mal kaybı önlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Limit Denge Yöntemi, Şev, Şev Stabilite Analizi, Şev Stabilitesi.

A CASE ANALYSIS OF SLOPE STABILITY

ABSTRACT

The slope, which is one of the most important subjects of soil mechanics, is defined as the mass that makes a certain angle with the horizontal or existing land surface [1]. The purpose of engineering studies is to provide stability in natural or artificial slopes. Stability in slopes causes loss of life and property. Stability problems that occur even in slopes with little or no slope are explained by geological factors and the fact that rocks do not have homogeneous masses. These geological factors, layers, cracks, faults, faults and cracks may be present between the presence of foreign substances and hydrological factors. It is possible to notice the hydrological effects of rain and melting snow in April and October when rocks and cracks reduce the shear strength. Stability analysis is performed against all kinds of artificial or natural slopes under the effect of limit balance methods based on elastic theory (Swedish Slice, Bishop, Janbu, Spencer, etc.). In these methods, the critical sliding surface is considered and the balance of the shear mass is investigated. The safety coefficient obtained from the relation between the resistive and shifting forces on the accepted sliding surface is the safety coefficient of the slope and this coefficient is compared with the determined safety factor. If the safety factor is less than 1, the slope is slipped or slipped.

During the investigation of slope stability, loss of life and property should be prevented by taking necessary precautions in both laboratory and field studies.

Keywords: Limit Equilibrium Method, Slope, Slope Stability Analysis, Slope Stability.

GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar insanoğlu yaşayacağı yeri secerken bircer kriteri gcz onune almak zorundadır. Ova ve platoları yaşam alanı olarak belirlerken akarsu yataklarına yakın olmayı ve ulaşım rahatlığına kavuşmayı arzulanmıştır. Ova gibi döz yerleşim alanları aynı zamanda dűřman saldırılarına imkân vermesi nedeni ile insanoğlu yaşam için dađ yamaçlarını da tercih etmiştir. Günümüzde artan nüfus nedeni ile yapılaşmada, uygun olmayan yamaçlara doğru gidişat söz konusudur. Bu nedenle her türlü zemin üzerine inşaat yapmak durumunda kalınmaktadır.

şev genel anlamda “ yatay ya da mevcut arazi yüzeyi ile belirli bir açđ yapan kitle ” olarak tarif edilebilmektedir [1]. İc bükey ile dış bükeyin birleşmesiyle oluşan profil dengeli şevi ifade etmektedir. Denge profiline sahip olmayan şevler dalgalı bir profile sahiptir. Yeryüzünün dalgalı yapısı nedeniyle heyelanlar olmaktadır.

şev geoteknik mühendisliğinde kaya yüzeylerinin meydana getirdiği eğimli yüzeyler olarak ifade edilir. şev oluşum bakımından ise doğal veya yapay olmak üzere iki gruba ayrılır. İnsan eli değmeden oluşan şevler doğal şev grubunu oluşurmaktadır. Doğal yolla oluşan şevler düzensiz bir geometriye sahiptir. Yapılan mühendislik çalışmaları ile meydana gelen şevler ise yapay şev oluşumuna neden olmaktadır. Yapılan mühendislik çalışmaları sonucunda arazide şevler kazđ ve dolgu şevleri diye ikiye ayrılmaktadır [6].

şevler hakkında bircer tanımlama yapan Coduta'ya göre şev;

řev oranđ şevin dikliğini tanımlar ve daima yatay ve dűřey olarak ifade edilirler. şevin tepesi ve şevin topuğu şevin döz yüzeyi keştiği noktalardır. řev yüzeyi, şevin tepesi ve topuğu arasında kalan yüzeydir. řev yüksekliği, şevin tepesi ile topuğu arasındaki kot farkıdır. Palye, yüzey drenajını sağlamak için yarma ve dolgu şevlerinde oluşturulan řev yüzeyinin ortasına denk gelen düzlük alanıdır.

şev hareketlerini tetikleyen ve hızını arttıran faktörler arasında topoğrafya, zemin koşulları, hava durumu-iklim, sismik aktiviteler ve inşaat faaliyetleridir.

Birçok mühendislik çalışmasında dolgu ve yarma işleri yer aldığı için şev hareketlerini göz önüne almak gerekmektedir. Ülkemizde meydana gelen afetler arasında heyelanlar, depremden sonra en tehlikeli afet grubundadır. Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu heyelan görülme riski yüksek olan bölgelerdir.

Zemin mekaniğinin en önemli konusu olan kayma mukavemeti, şev stabilite hesaplarında önem arz etmektedir. Duraylılık, herhangi bir cismin konumunu ve yerini koruyabilmesi iken şev duraysızlığı ise kayan kütlelerin sınırları boyunca gelişen bir makaslama yenilmesine bağlı olarak şevi oluşturan malzemenin aşağı yöndeki hareketidir [8].

Şevlerin duraylılığına ilişkin ilk çalışmalar 19.Yüzyıl'da Fransa'da kanal inşaatlarında önemli güçlükler yaşayan mühendis Collin tarafından yapıldığı bilinmektedir.

İnsanoğlu için gerekli yerleşim ve kullanım alan ihtiyacının artması ile yapılan çalışmalarla arazi yapısı değişerek yeni şevler meydana gelmektedir. Bu oluşan şevlerin stabilitesi araştırılarak oluşabilecek felaketlerin önüne geçilmelidir. Şev stabilitesinin sağlanmaması durumunda hem can hem maddi kayıplar yaşanabilir.

Şev stabilite analizlerinde çalışmayı yapan mühendisin tecrübesi büyük önem arz eder ve yüksek güvenlik sayıları ile çalışmalar yapılmaktadır. Malzeme yapıları incelendiğinde her malzemenin belirli dayanımı vardır.

Çelik malzeme için çekme dayanımı, beton malzeme için basınç dayanımı konuşulurken geoteknik mühendisliğinde zemin için kesme dayanımı konuşulmaktadır.

Zemin için büyük öneme sahip olan dayanım kesme dayanımıdır. Zeminler genellikle keme gerilmesi altında çökme gösterir ve çökme yüzeyi boyunca kesme gerilmesi malzemenin kesme dayanımına eşit olmaktadır. Zemindeki taneler çökme yüzeyi boyunca birbiri üzerinde kayar.

Kesme gerilmesi τ ile ifade edilirken kesme dayanımı τ_f ile ifade edilir. Stabilite kaybının önlenmesi için bu iki değer arasındaki dengenin sağlanması gerekmektedir.

Bir zeminin dayanım parametreleri kohezyon ve kayma mukavemeti aısidır. Yapılacak olan laboratuvar ve arazi çalışmaları ile malzeme parametreleri belirlenip şev stabilite analizleri yapılmalıdır.

şev stabilite analiz yöntemlerinin uzun bir geçmişi vardır. Bu alanda yapılan alışmalar İsvçlilerin inşaat alanında yaşadıkları zorluklar neticesinde gelişmiştir.

şev analizi çalışmalarında arazi ve laboratuvar çalışmaları ile zemin tabakaları ve yeraltı su seviyesi araştırılmaktadır. Zemine ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı hesaplanır. Kohezyon, basit anlamda moleküller arası çekim kuvvetini ifade etmekte iken içsel sürtünme açısı, malzemenin kayma gerilmesine karşı dayanıklılık yeteneğidir. Yeraltı su seviyesinin artması efektif gerilmelerin yani zemin kütlesi içinde taneden taneye aktarılan ve birim alana etkiyen ortalama dik kuvvetin azalmasına neden olur. Bu durum şevde güvenlik seviyesinin azalmasına neden olmaktadır.

şev stabilitesinin sağlanmasında alınacak önlemler arasında en sık kullanılan yöntem kazıklarla destekleme yöntemidir. Kazık yerleştirilmesinde kazık için en uygun yer, şevin orta noktası ile en kritik kayma dairesinin orta noktasında kalan bölgedir.

Kazıklar sadece kaymayı durdurmak ve yavaşlatmak için yapılan bir yöntem olmasına karşın kaymaya neden olan ana etkeni durduramaz. Bazı durumlarda yeraltı su seviyesinin düşürülmesi güvenlik seviyesini artırma bakımından kazıklardan daha etkili olmaktadır.

şev stabilitesinin sağlanmasında bir başka yöntem ise yk azaltma ve topuk oluşturmadır. Bu yöntemde evre yapıların müsait olma durumu önemli bir etkindir.

Duvarlarla stabilizasyon, şevin donatılandırılması, payandalama, ek dolgular ve zeminin sıkıştırılması da [4].

1.ŞEV STABİLİTESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Şev stabilite analizi kaymayı önleyen toplam kuvvetler ile kaymayı başlatan toplam kuvvetler arasındaki orandan elde edilen sayısal değer emniyet katsayısı denilen bir değerle karşılaştırılması ile yapılmaktadır. Güvenlik katsayı değerinin en az 1 olması şev için denge durumunu ifade ederken uçak mühendisliği, elektrik gibi çalışma alanlarında G.K değeri çok yüksek alınabilmektedir. Örneğin uçak mühendisliğinde G.K değerinin 10 alındığı zamanlar olmaktadır. G.K değeri normal olarak şev stabilite analizlerinde 1.3 alınmaktadır. Şev stabilite analizleri iki boyutlu ve üç boyutlu olacak şekilde yapılmaktadır.

İki boyutlu şev analizinde yumuşak kayalarda ve toprak üzerinde açılan şevlerdeki kayma yüzeyi eğri üzerindedir. Fakat sert kayalarda açılan şevlerin ise kayma yüzeyi fay ve çatlaklar üzerinde olur. Üç boyutlu analizde ise kayan şevin dikey kesitinin şev aynası boyunca aynen devam ettiğini kabul etmektedir [3].Şev stabilitesinin sağlanması için yapılabilecek çalışmalar arasında; şevi yatırmak, şevin konumunu değiştirmek ve destek elemanları kullanmak yer almaktadır.

Bir şevin yatayla yaptığı açıya ‘şev açısı’ veya ‘eğim açısı’ denir. Aşağıda gösterilmekte olan Şekil 1.1.’ de bir şev için çok önemli olan 2 değer ifade edilmektedir. Şev stabilitesinde kritik olan şev açısı ve yüksekliği değerleri dikkate alınır. Kritik şev açısı belirli bir yükseklikteki şevde stabilite bozulmadan verilebilecek maksimum yüksekliktir. Kritik şev yüksekliği ise bir şeve, çekme gerilmeleri etkisi altında bulunan kısmında çatlaklar oluşmadan verilebilecek maksimum yüksekliktir. Kritik şev açısı veya kritik şev yüksekliği değerlerinin aşılması ile şev stabilitesi bozulur. Bunun sonucunda şev altındaki ve arkasındaki toprak kütlesi aşağı ve dışa doğru yer değiştirir. Bu hareket ise şev kayması olarak adlandırılır.



Şekil 1.1. Şeve ait yükseklik ve açı ifadeleri

Şev stabilitesini etkileyen faktörler aşağıda sunulmaktadır.

Şev geometrisi (şevin yüksekliği, açısı, bükeyliği)

Jeolojik yapısal özellikler (süreksizlik türü, yönelimi, sıklığı, devamlılığı)

Yeraltı suyu koşulları (yeraltı su seviyesi, basıncı)

Malzeme özellikleri (kohezyon, içsel sürtünme açısı, zeminin yoğunluğu)

Yamaç ve şevlerde stabilite sağlamak için alınabilecek mühendislik önlemleri arasında drenaj, topuğu yükleme, yük kaldırma, destekleme, kurutma, enjeksiyon ve ankraj işlemleri yapılmaktadır. Kazı yaparak şevin üst kısmı hafifletilebilir veya şev alt kısmında topuk oluşturarak şev göçmelerinin önüne geçilebilmektedir.

Ülkemizdeki şev göçmelerinin büyük bir bölümü bahar aylarında yoğun yağışların görülmesi nedeni ile yaşanmaktadır [5]. Yağışlı mevsimlerde zemin ve kayalardaki yarıklar su ile dolarak ve kaymayı kolaylaştırmış olabilmektedir.

Ülkemizde meydana gelen önemli şev hareketlerinden biri olan Torosların kuzey eteklerinde kurulmuş olan Isparta iline bağlı Senirkent ilçesinde 13 Temmuz 1995'te meydana gelen moloz akmasıdır. Afet sonucunda ilçede 74 kişi yaşamını yitirmiş ve önemli düzeyde yapısal hasar meydana gelmiştir. Afet sonrasında inşa edilen beton çevirme kanalları ve duvarları ile moloz akmalarının ilçeye yönelmesi önlenmeye çalışılmıştır [9].

Varnes tarafından beş ana gruba ayrılan şev hareketleri, düşme, devrilme, kayma, yayılma ve akmadır. Bu hareketleri sınıflandırabilmek için şev stabilitesini bozan temel etkiler incelenmelidir. Bu etkiler zeminlerin kayma mukavemeti incelenerek tespit edilmelidir.

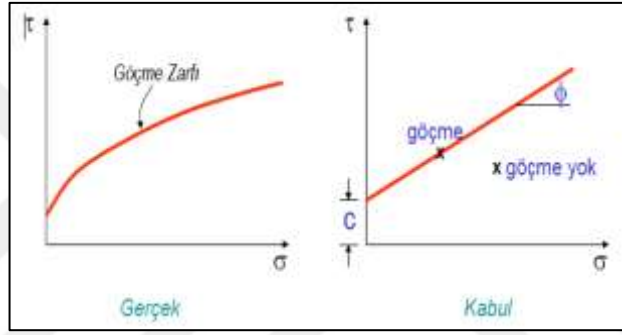
1.1. Zeminlerde Kayma Mukavemeti Teorisi

Zemin insan yapımı olmayan, katı daneler, su ve hava diye içerisinde 3 faz bulunduran heterojen ve anizotrop bir malzemedir. Her malzeme gibi zeminin de belli dayanımı vardır. Geoteknik alanda çalışan kişilerin zemin için ele aldıkları dayanım kesme gerilmesi karşısında malzemenin gösterdiği kaymaya karşı dirençtir.

Zemin için büyük öneme sahip olan dayanım kesme dayanımıdır. Zeminler genellikle keme gerilmesi altında çökme gösterir ve çökme yüzeyi boyunca kesme

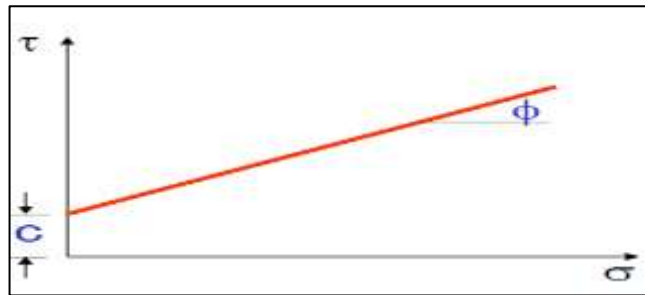
gerilmesi malzemenin kesme dayanımına eşit olmaktadır. Zemindeki taneler çökme yüzeyi boyunca birbiri üzerinde kayar. Şekil 1.2 'de Mohr – Coulomb göçme kriteri gösterilmiştir. Şekil 1.3'te kesme dayanımı bileşenleri verilmiştir.

Zeminin kayma direnci, göçmeye meydan vermeden zeminin karşı koyabileceği en büyük kayma gerilmesidir. Zeminlerde kayma direncinin matematiksel bir ifade ile gösterimi Coulomb (1776) ve Terasca ile başlamıştır. Zeminler için göçmeye yol açan normal ve kayma gerilmelerinin ortak etkisini göz önüne alarak birçok hipotez geliştirilmiştir. Bunların içinde en basit olanı ve uygulamada yaygın olarak kullanılanı Mohr- Coulomb göçme kriteridir.



Şekil 1.2. Mohr – Coulomb göçme kriteri

Zeminlerin kayma mukavemeti Mohr-Coulomb kırılma hipotezine göre Denklem 1.1 ile tanımlanır. Kesme dayanımı, kohezyon ve sürtünme bileşeninden oluşur;



Şekil 1.3. Zeminlerin kesme dayanımı bileşenleri

$$\tau_f = \acute{c} + (\sigma_n - u_w) \tan \acute{\phi} \quad (1.1)$$

$$\tau_f = c + \sigma * \tan \phi \quad (1.2)$$

Denklem (1.1)'de τ_f = kayma mukavemeti , \acute{c} = efektif kohezyon, c = kohezyon, $\acute{\phi}$ = efektif kayma mukavemeti açısı, ϕ = kayma mukavemeti açısı, σ_n = toplam

normal gerilme $(\sigma_n - u_w) =$ efektif gerilme $u_w =$ boşluk suyu basıncı olarak tanımlanırken denklemin birinci terimi; danelerin birbirini tutma özelliğini, ikinci terimi ; $(\sigma_n - u_w)$ tan ϕ sürtünme direncini ifade etmektedir.

Mohr –Coulomb çökme kriteri hesabında iki farklı gerilme gözönüne alınmaktadır. Eğer ortamda su varsa kullanılması gereken gerilme efektif gerilmelerdir ve Denklem (1.1) kullanılır. Denklem (1.1)'deki τ , normal efektif gerilme altında zeminin taşıyabileceği maksimum kesme gerilmesidir. Eğer ortamda su varlığı söz konusu değilse Denklem (1.2)'deki toplam gerilme hesabı yapılır. Bu denklemdeki τ_f normal gerilme altında zeminin taşıyabileceği maksimum kesme gerilmesidir.

Mohr –Coulomb hipotezi zemin mekaniğinde kırılma durumunu göstermektedir. τ ve σ normal gerilmesi altındaki zeminin göçmeden karşı koyabileceği maksimum kayma gerilmesi değeridir. Kayma mukavemeti kohezyon ve sürtünmeden kaynaklanan direnci bütünü olarak ele alınmaktadır. c ve ϕ parametreleri kayma mukavemetinin ölçüsüdür. Bu parametrelerin değeri ne kadar yüksek olursa zeminin kayma mukavemeti de o derece yüksek olacaktır.

Çökme yüzeyi altında kalan noktalarda zemin stabil kalmaktadır. Mohr dairesi zarf içinde ise zemin elemanı çökmez. İlk başta Mohr dairesi bir noktadır daha sonra yük uygulanması ile Mohr dairesi büyür ve zamanla Mohr dairesinin zarfa erişmesi ile çökme başlar.

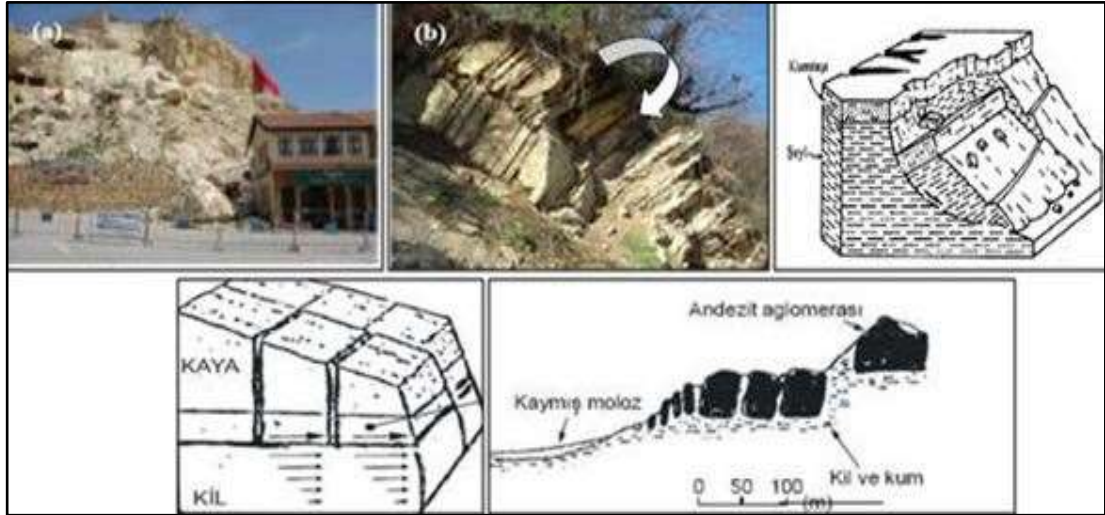
1.2. Şev Hareketlerinin Sınıflandırılması

Şev stabilitesini bozan çeşitli etmenler bulunmaktadır. Bu etmenler göz önüne alınarak yapılacak stabilite analizlerinde, özellikle denge sınırı yönteminde şev yenilme mekanizmasının doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan birçok sınıflandırma yapılmış olmasına rağmen Varnes tarafından yapılmış olan beş ana gruba ayrılan kitle hareketlerine ait sınıflandırma geçerliliğini hala sürdürmektedir [2].

Varnes tarafından beş ana gruba ayrılan sınıflandırmada birden fazla duraysızlığın birleşmesi ile ortaya çıkan duraysızlığı karmaşık kaymalar adı altında toplanmıştır. Tablo 1.1 Varnes tarafından yapılan sınıflandırmayı ifade ederken, Şekil 1.4' te ise bu sınıflandırmaya ait resimler yer almaktadır.

Tablo 1.1. Varnes şev hareketi sınıflandırması

HAREKET TİPİ	İNCE DANELİ	İRİ DANELİ
DÜŞME	Zemin düşmesi	Moloz düşmesi
DEVİRİLME	Zemin devrilmesi	Moloz devrilmesi
DÖNEL KAYMA	Zemin göçmesi	Moloz göçmesi
DÜZLEMSEL K.	Zemin blok kayması	Moloz blok kayması
KAYMA	Zemin kayması	Moloz kayması
YANAL YAYILMA	Toprak yayılması	Moloz yayılması
AKMA	Zemin akması(sünme)	Moloz akması
KARMAŞIK	İki veya daha fazla tip hareketin karışımı	



Şekil 1.4. Kaya düşmesi, devrilmesi, kayma, kaya ve zemin yayılması

1.2.1. Düşme

Düşmeler bir yamaçtan aşağıya hızla düşen, yol boyunca yuvarlanan ve hatta havada savrulan zemin veya kaya parçalarından oluşan yamaç yenilmeleridir [2]. Bu yenilmeler yer çekimi etkisi altında olan düşmelerdir. Düşme sınıfının moloz düşmesi, kaya düşmesi ve toprak düşmesi şeklinde gruplara ayıran etken düşen malzeme cinsidir. Moloz düşmesi iri taneli zemini ifade ederken kaya düşmesi ise ana kayaya ait parçaların düşmesidir. Bu duraysızlığı tetikleyen etmenler arasında yapay olarak insan eli ile yapılan patlatma ve kazı işlemleri yer alırken doğal olan etmenler arasında hidrolojik etmenler ve erozyon faktörü yer almaktadır.

1.2.2. Devrilme

Şevin tersi yönde eğimli ve devamlılığı yüksek süreksizliklerin neden olduğu kolonsal elemanların belirli bir dönme noktası üzerinde domino etkisi ile kazı boşluğuna devrilmesi şeklinde gelişen bir duraysızlık mekanizmasıdır [9]. Makaslama yenilmesini içeren bu devrilme davranışı blok, bükülme ve bükülme – blok devrilmesi olmak üzere üç gruba ayrılır.

1.2.3. Kayma

Herhangi bir kitlenin kayma yüzeyi boyunca yamaç aşağı hareketidir. Bu kayma hareketi ötelenme ve dönel olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Ötelenmeli kaymada kendi içinde çok yüzeyli kayma, kama tipi ve düzlemsel kayma olarak üçe ayrılmaktadır.

Dönel kaymalar, yukarı doğru iç bükey olan eğri kayma yüzeyleri boyunca hareket ederler. Genellikle dolgular gibi homojen malzemelerde meydana gelir [2]. Ötelenmeli kaymalar ise dayanımı düşük süreksizlerin oluşturduğu tek veya birden fazla zayıflık düzlemi üzerinde gelişen duraysızlıklardır [8].

1.2.4. Yayılmalar

Kohezyonlu zemin ya da kayalarda gerçekleşen yayılma hareketi, üstteki sağlam tabakanın alttaki yumuşak tabaka da batması sonucunda oluşan uzanmadır [7]. Bu yayılma türü yanal kaya yayılması ve yanal zemin yayılması şeklinde ikiye ayrılır. Yanal kaya yayılmasında üstte sağlam tabaka ile altta bulunan zayıf tabaka arasındaki makaslama yenilmesi nedeniyle üst sağlam tabakanın blok olarak yavaşça şev dışına yönelmesidir.

Yanal zemin yayılmasında ise iki malzemenin de yavaş bir şekilde eğim aşağı hareketi gözlenmektedir.

1.2.5. Akmlar

Bu yenilme türü zeminin sadece kayma düzleminde değil her yönde yamaç aşağı bazen çok yavaş bazen çok hızlı hareket ederek şev topuk kısmında dengeye ulaşıncaya kadar birikmesidir. Her yönde kayma yapması bu yenilme türünü kayma yenilme

türünden ayırmaktadır. Doğada akma ve kayma birliktedir ikisi arasında kesin bir sınır yoktur.

1.3. Şev Stabilitesinde Analiz Yöntemleri

Geoteknik mühendisliğinin konularından biri olan şev stabilite problemi önem arz etmektedir. Doğal veya insan eli yapılan şevlerde stabilitesinin sağlanması hem can hem mal kaybının önüne geçmek için zorunlu bir aşamadır. Şev stabilitesinde kaymaya neden olan kuvvetler ile direnen kuvvetler arasındaki orandan sayı elde edilir ve bu değer şev emniyet katsayısı ile kıyaslanarak şev hakkında bilgi edilir. Denge durumunda olmayıp göçme durumunda olan şevlerde ise çeşitli analizler yapılmaktadır.

Yaygın olarak kullanılan analiz yöntemleri arasında ampirik yöntemler, gerilme analizleri yöntemi, limit denge yöntemi, kinematik model yöntemi ve stereografik izdüşüm yöntemidir. Ampirik yöntemlerde, daha önce yapılan deneyimler referans alınarak deneme çalışmaları yapılır. Bu yöntemde kohezyon ve yeraltı suyu koşulları göz ardı edilir. Bu tez çalışmasında limit denge yöntemleri ele alınacaktır. Limit denge yöntemleri arasında fellenious, bishop, janbu, ve spencer yöntemleri incelenecektir. Geoteknik mühendisliğinin birçok alanında olduğu gibi bu alanda da şev stabilite analizi yöntemlerinde de birçok yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlar deterministik ve olasılıksal yaklaşımlardır. Deterministik yaklaşımlar da hesaplanan güvenlik katsayılarının kesin olduğu düşünülen yaklaşımlar bu grupta yer alır. Olasılıksal yaklaşımlar ise zemin özelliklerinden veya hesaplamalardan kaynaklanabilecek belirsizlikler güvenlik katsayılarının hesabında olasılık teorileri kullanılarak dikkate alınır [4].

Limit denge yönteminde kuvvet ve moment dengesi dikkate alındığında bilinenler ve bilinmeyenler adı altında iki grup oluşmaktadır. Bilinenler; her dilim için yatay yöndeki kuvvet dengesi ($\sum E$), her dilim için düşey yöndeki kuvvet dengesi ($\sum X$), her dilim için moment dengesi (M), malzemenin göçme şartı-Mohr Coulomb şeklinde 4n iken, bilinmeyenler ise güvenlik sayısı, dilim tabanındaki normal kuvvet (N), N normal kuvvetinin dilim tabanındaki etki noktası, dilim tabanındaki kayma kuvveti (S_m), dilimler arası normal kuvvet (E), dilimler arası kayma kuvveti (X) ve dilimler arası kuvvetlerin etki noktası olmak üzere 6n-2 tanedir. Bu hiperstatik

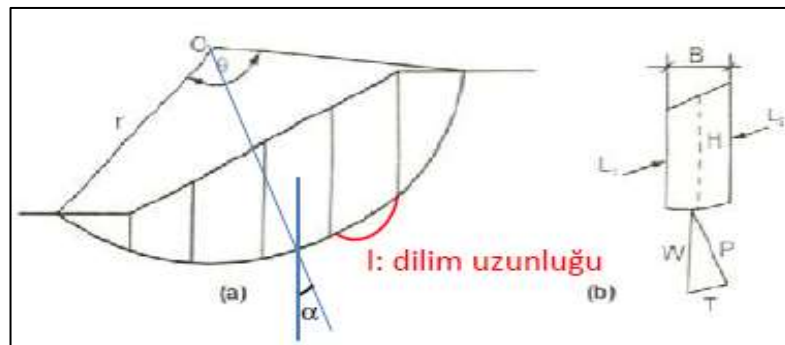
sistemi çözebilmek için belli kabuller yapmak gerekir. İlk kabul N kuvvetinin dilim tabanı orta noktasından etkimesi olabilir. Diğer kabuller ise genellikle dilimler arası kuvvetleri büyüklüğü, doğrultusu ya da etki noktası ile ilgilidir [4]. Limit denge yöntemleri düşey ve yatay kuvvet dengesi ile moment dengesi üzerine kurulan bir yöntemdir fakat deplasmanlar hakkında bilgi vermemektedir.

1.3.1. Ordinary yada fellenious analizi yöntemi

İsveç Demiryolları tarafından büyük bir şev göçmesini incelemek üzere Geoteknik Komisyonu görevlendirilmiştir. Bu komisyon İsveç Kayma Dairesi Yöntemi olarak bilinen yöntem analiz yöntemleri arasında bilinen ilk analiz yöntemidir. Bu yöntemde göre şev hareketleri dairesel bir kayma yüzeyi üzerinde oluşmaktadır. Fellenious bu yaklaşımı geliştirerek dilim yöntemi yada Fellenious yöntemi olarak geliştirmiştir.

Dilim yöntemleri arasında en eski olarak bilinen bu yöntemde Mohr –Coulomb yenilme ölçütü dikkate alınır. Bu yöntemde kayma dairesi düşey dilimlere ayrılır ve dilimler arası tüm kuvvetler ihmal edilir. Şevin kayma güvenliği her dilimin stabilitesi hesaplanarak belirlenmektedir. Şekil 1.5'te Fellenious yöntemine göre dilime etkileyen kuvvetler gösterilmiştir.

Dairesel kaymalarda kullanılır ve moment dengesi baz alınır. Basit olan bu yöntemde elle hesaplama yapılabilmektedir. Her dilimin ağırlığı (W), normal (P) ve teğet (T) kuvvet bileşenlerine ayrılır. Dilim ağırlığı, dilim tabanına paralel ve dik yöndeki bileşenlerine ayrılır. Dilim tabanına dik olan kuvvet taban normal kuvvetidir ve kayma mukavemetini hesaplamak içindir. Dilim ağırlığının dilim tabanına paralel olarak etkileyen bileşke ise şevi itip dengesini bozmaya çalışan kuvvettir. Denklem (1.3),(1.4) ve (1.5)'te P,W ve F değerleri ifade edilmiştir;



Şekil 1.5. Fellenious yönteminde dilime etkileyen kuvvetler

$$P = W * \cos \alpha \quad (1.3)$$

$$T = W * \sin \alpha \quad (1.4)$$

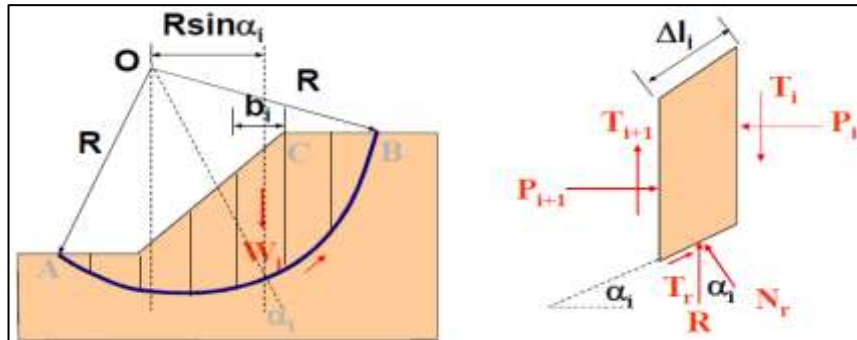
$$F = \frac{\sum(c * l + (W * \cos \alpha - u * l) * \tan \phi)}{\sum W * \sin \alpha} \quad (1.5)$$

Denklem (1.5) ile kayma yüzeyi boyunca oluşan kuvvetlerin momentleri toplamından kayma yüzeyinin güvenlik katsayısı elde edilir. Denklemlerde kullanılan parametreler kohezyon (c), dilim taban uzunluğu (l), içsel sürtünme açısı (ϕ) ve dilim tabanının eğimi (α) dir. Kullanılan u parametresi ise yeraltı suyunun varlığını ifade eder. Ortamda su faktörü yoksa u parametresi işleme eklenmez.

1.3.2. Basitleştirilmiş bishop yöntemi

Bishop Yöntemi çalışma biçimi açısından İşveç Dilim Yöntemi ile büyük benzerlik göstermektedir. Bishop Yönteminde yatay ve düşey kuvvet dengesini dikkate almakta ve dilimler arası kayma kuvvetini ihmal etmektedir. Şekil 1.6'da Bishop yöntemine göre dilime etkiyen kuvvetler gösterilmiştir.

Dairesel kayma yüzeyi üzerinde dilimler oluşturulmakta, önce her dilim ve sonra tüm kütle için tutucu ve kaydırıcı etmenler birbirleriyle oranlanarak güvenlik sayısı hesaplanmaktadır. Hem moment hem kuvvet dengesine dayanmaktadır. Yöntemin farklı ve ilgi çekici yanı; geçirgenliği düşük ve dolayısıyla çok uzun zamanda ve güçlükte drene olan zeminlerdeki boşluk suyu basıncını dikkate alması ve etkin gerilme analizlerinden yararlanmasıdır. Bishop yönteminde etkiyen kuvvetler göz önüne alınarak Denklem (1.6) elde edilir;



Şekil 1.6. Bishop yönteminde dilime etki eden kuvvetler

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n (c * \Delta l_i + W_i * \tan \phi \{ \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i * \tan \phi}{FS} \})}{\sum_{i=1}^n (W_i * \sin \alpha_i)} \quad (1.6)$$

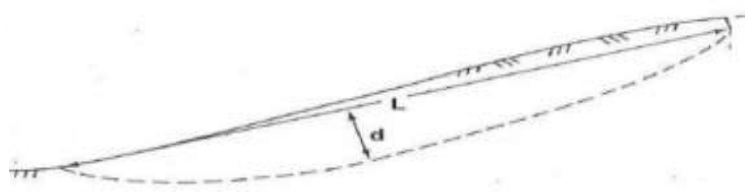
Bishop yönteminin her iki tarafında da FS değerinin bulunması nedeniyle sistemin tek bir çözümü bulunmamaktadır ve bu nedenle iterasyon yapmak gerekmektedir.

1.3.3. Basitleştirilmiş janbu yöntemi

Janbu, 1956'da her biçimde kayma yüzeyine uygulanabilen ve kuvvet dengesi koşullarını sağlayan çözümü geliştirmiştir. Bu denklemde 3 bilinmeyen ve 3 denklemlerle hesap yapılmaktadır. Bu yöntem Bishop yöntemine benzer olup en belirgin farklılığı herhangi bir yenilme yüzeyine uygulanabilmesidir. Dairesel olmayan kayma yüzeylerinde iyi sonuç vermektedir [5]. Yatay kuvvetlerin dengesinden güvenlik katsayısı elde edilir. Dilimler arası kesme kuvvetini ihmal eder, dilimlerin birbirine yaptığı etkiyi dikkate alır ve yatay kuvvet dengesinde hesaba katmaktadır. Denklem 1.7 yatay kuvveti, Denklem 1.8 güvenlik katsayısını ifade etmektedir.

$$F_0 = \frac{\sum\{[c' + b + (M \cdot ub) \cdot \tan \phi'] \cdot \sec \alpha \cdot k_\alpha\}}{M \tan \alpha} \quad (1.7)$$

$$GS = f_0 * F_0 \quad (1.8)$$



Şekil 1.7. Şevde derinlik ve uzunluk kavramı

Şekil 1.7.'de şev derinlik ve uzunluk kavramından Denklem (1.9) elde edilir. f_0 ile sembolize edilen parametre Janbu yöntemindeki düzeltme katsayısıdır.

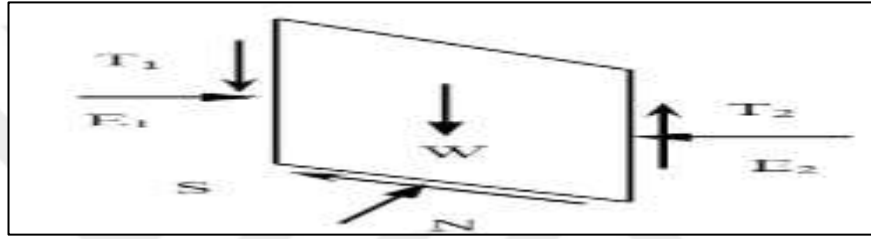
$$f_0 = 1 + b \left[\frac{d}{L} - 1.4 \left(\frac{d}{L} \right) \right] \quad (1.9)$$

1.3.4. Spencer yöntemi

Dilimler arasında etkiyen kuvvetlerin birbirine paralel olduğu yöntemdir. Hem kuvvet hem moment dengesi baz alır. Üç denge denklemini de dikkate alırken dilimler arasındaki kayma ve normal kuvvetleri sabit bir oran ile tanımlamaktadır. Şekil 1.8.'de Spencer yönteminde dilime etki eden kuvvetler gösterilmiştir.

Kuvvet ve moment dengelerini aynı anda sağlayan oranı bulan iteratif bir yaklaşımdır. Her iki denge denklemini sağlayan kayma-normal kuvvet oranının elde edilmesi durumunda her iki denge şartıda sağlanmış olmaktadır. Böylece iki tane aynı güvenlik katsayısı elde edilir. Dairesel ve dairesel olmayan yüzeylerde çalışılmaktadır. Gerçeğe en yakın sonuç veren yöntemdir. Denklem (1.10)'da kesme kuvveti (X) ile normal kuvveti (E) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. λ kesme kuvveti ile normal kuvvet arasındaki oranı ifade etmektedir. Spencer yönteminde λ her dilim için sabit olduğundan $f(x) = 1$ kabul edilir [7].

$$X = E \cdot \lambda * f(x) \quad (1.10)$$



Şekil 1.8. Spencer yönteminde dilime etki eden kuvvetler

Literatürde, bu projede ele alınan heyelan sorununun Plaxis sonlu elemanlar yöntemi yardımıyla çözümlenmesine dair araştırmalar mevcuttur.

Kabakçı (2017), mevcut zemin özelliklerini Fulya Projesi için Plaxis programına tanımlayıp bölge için güvenlik sayıları elde edilmiştir.

Ayhan (2016), Plaxis sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak Kocaeli İlinde bir yolda fore kazık uygulamasıyla iyileştirme çalışması yapmıştır.

Genç (2010), Triaj alanında meydana gelen heyelan problemini drenaj ve kazıklı iksa sistemi ile çözüme kavuşturmuştur.

Demirkoç (2007), Ege Bölgesinde bir binanın bodrum kat kazısında yumuşak zemin ve yeraltı su seviyesinin yüksek olmasından kaynaklı stabilite problemi Plaxis sayısal analiz sonuçlarına göre kazıkların çakıl tabakasına erişememesinden kaynaklı olduğu tespit edilmiş ve bunun sonucunda ankraj boy ve açısı değerleri revize edilmiştir.

Aydoğmuş ve Tonyalı (2018), Artvin'deki hastane temel kazısında meydana gelen şev stabilite problemini önlemek amacıyla arazi durumunu programa işledikten sonra

yapılan çalışmalar neticesinde fore kazık iksa sistem ile iyileştirme yapılp sorun çözülmüştür.

Pehlivan (2004), Kürtün baraj gölünün aktif hale gelmesi ile göl ve yol arasında oluşan çatlak ve heyelan olayını araştırmış ve çözüm belirlemiştir.

Öztürk (2002), ülkemizde de gittikçe artmaya başlayan heyelan olaylarının etkilerini ve bu etkileri önlemeye yönelik çalışmalar için bu alanda araştırmalarda bulunmuştur.

Nalçakan ve Tomaç (2015), Anakara ilinde 35 m derinliğinde temel kazı aşamasında daha eski binalara ait kazıklı destek sistemlerinin mevcut olmasına rağmen yeni yapılacak bina temelini daha derinde olmasından kaynaklıbu durumda

Plaxiste analiz yapılmıştır. Sonuç olarak iki kademeli aralıklı fore kazık ve ankrajlarla desteklenmiştir.

1.4. Derin Kazı İksa Sistemleri

Derin kazı olarak nitelendirilen 6 metreden daha derin kazılarda hem kazının hem çevre yapıların emniyetini sağlamak için iksa sistemlerine başvurulmaktadır. Nüfusun hızla artmasına bağlı olarak konut ve işyeri gibi yapılara ihtiyaç artmaktadır. Mevcut arsaların daha verimli kullanılması için zemin altında yapılaşma hız kazanmıştır. Bu durum inşaat sektörünü derin kazıya doğru yöneltmiştir.

Derin kazı çalışmalarında zeminden elde edilen mühendislik parametrelerini çevre yapılarını dikkate alarak arazinin yapısına ve yanal basınçlara göre en uygun, ekonomik ve güvenilir olan iksa sistemleri hayata geçirilir.

İksa sistemlerinde fore kazık, mini kazık, betonarme perde, diyafram duvar, palplanş perde, istinat duvarları ve ankraj sistemleri kullanılmaktadır. Bu projede kazık ve ankraj destek sistemleri kullanılmıştır.

Dayanma yapı grubuna dahil olan istinat perdelerde dayanma yapısını dizayn edebilmek için bu yapılara etkiyecek olan yanal zemin etkisini bilinmesi gerekmektedir. Toprak basınç etkilerinde yaygın olarak kullanılan 2 teori mevcuttur. Rankine teorisine göre duvar arka yüzeyi sürtünmesiz ve düşey kabul edilmekte iken

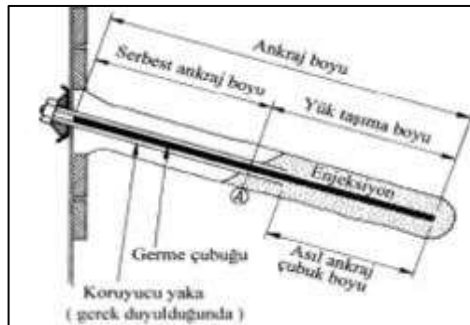
Coulomb teorisine göre duvar arka yüzeyinde zemin – duvar arası sürtünme mevcut ve duvar arka yüzünün düşey olma koşulu yoktur.

Dayanma yapılarının boyutlandırılmasında yapılması gereken tahkikler vardır. Bu tahkikler; dönme tahkiki, kayma tahkiki, taban basıncı tahkiki ve toptan kayma tahkikidir. Toprak Basıncında duvar dolguya doğru hareket ediyorsa; pasif basınç, dolgu duvara doğru geliyorsa aktif basınç olarak adlandırılır. Ko olarak adlandırılan ise sükünetteki toprak basınç katsayısı, K_a aktif basınç katsayısı, K_p pasif basınç katsayısıdır.

Yapılan hesaplamalarda birim hacim ağırlık ile kazı yüksekliği çarpılarak düşey gerilme hesabı yapılır. Yeraltı su seviyesinin durumuna göre boşluk suyu basıncı hesaplanır. Düşey gerilme ve boşluk suyu basıncı arasındaki fark basınç katsayısı ile çarpılır. Kuvvetler hesabından toplam basınç elde edilir ve bu değerlere göre tasarım yapılır.

İstinat duvarlarının yetersiz kaldığı durumlarda ankraj iksa sistemleri tercih edilir. Ankrajlar; yüksek mukavemetli ve korozyona karşı dirençli çelik malzemedен yapılan halatların zemin içinde açılan bir deliğe yerleştirilmesi ile hayata geçirilen bir sistemdir. Ankrajlar düşey yer değiştirilmesinin önlenmesinde, dönmeye karşı yapıların emniyete alınmasında, zeminin ön konsolidasyonun sağlanmasında ve yeraltı yapılarının stabiliteilerinin arttırılmasında kullanılır.

Ankrajlar zeminin kayma yönüne ters olacak şekilde imal edilen çekme kuvvetlerini zemine aktaran elemanlardır. Ankrajların ana elemanları; ankraj kafası, serbest ankraj boyu, tutulu ankraj (kök boyu) kısımlarından oluşur. Şekil 1.9 'da ankraj elemanları gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Tipik ankraj kesiti

Ankraj ve ankraj plakasından meydana gelen ankraj kafası öngerme kuvvetinin yüzeye yayılmasını temin eder. Serbest ankraj boyu ; ankraj gövdesinin başlangıcı ile ankraj kafası arasındaki mesafedir. Ankraj kökü öngerme kuvvetini zemine aktaran kısımdır.

Ankrajlar kullanım sürelerine göre sınıflandırmaya tabi tutulur. Sürekli ankrajlar; kazı ve yapıların servis ömrü boyunca stabilitesini sağlamak amacıyla yapılır. Geçici ankrajlar ise proje inşaatı boyunca kısa süreliğine güvenli inşaat ortamı sağlayan yaklaşık ömrü 2 yıl olan ankrajlardır. Kalıcı ankraj ile geçici ankraj arasındaki bir önemli fark ise kalıcı ankrajlarda korozyona karşı yüksek derece tedbir alınmasıdır.

Ankrajlar sabit ve öngermeli olarak iki sınıfta gruplandırılır. Sabit ankraj, zemin ankraj parçasına doğru hareket ettikçe yükü ankraja iletebilir onun dışında tek başına yük taşımaz. Tasarlanan iş yüküne göre öngerme derecesi belirlenen öngermeli ankrajlar sabit ankrajlardan daha dayanıklıdır.

İmalat yöntemlerine göre ankraj tipleri A, B, C ve D tipi olmak üzere 4'e ayrılır. A tipi en çok tercih edilen düz cidarlı basınçsız enjeksiyonlu ankrajlardır. B tipi ankrajlar düz cidarlı basınçlı enjeksiyonludur. Bu tip ankrajda taşıma gücü artırmak istenirse düşük basınçlı enjeksiyon tercih edilir. C tipi ankrajlar yüksek basıncın kullanıldığı ankrajlardır. Genişletilmiş köklü ankrajlar olan d tipi ankrajlar uygulama noktalarında pek tercih edilmemektedir.

Bir diğer iksa sistemi olan kazık destek sistemleri Toğrol ve Tan'a (2003) göre, düşey yükleri taşır ayrıca yanal yük olan rüzgar, deprem gibi yükleride taşımaktadır. Zemine etki eden yanal kuvvete göre kazık boyları belirlenir.

Ele alınan heyelan bölgesinde yapılacak olan bina temel kazısında stabilite sağlanabilmesi için 30 m derinliğinde 4 sıra kazık uygulaması Plaxis programı analiz sonuçlarına göre doğru bir tasarım olarak belirlenmiştir.

2. ŞEV STABİLİTESİ ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Şev stabilitesinin sağlanması için zemin kesme dayanım parametrelerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Deneysel çalışmalar laboratuvar ve arazi deneyleri olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Laboratuvar ortamındaki çalışmalar kesme kutusu deneyi, üç eksenli basınç deneyi, serbest basınç deneyi ve laboratuvar veyn deneyidir. Arazideki çalışmalar ise; arazi veyn deneyi, sıvılaşma potansiyelini belirlemede en etkili olan standart penetrasyon deneyi, koni penetrasyon deneyi ve presiyometre deneyidir.

2.1. Arazi Çalışmaları

Şev stabilitesinde yapılan arazi çalışmaları dört başlık altında toplanmaktadır. Bu çalışmaların gruplara ayrılma sebebi uygulanacağı zemin türünden kaynaklanmaktadır.

Arazi veyn deneyi yumuşak – orta katı killerde, standart penetrasyon deneyi kaba daneli (kum-çakıl) ve ince daneli (silt,kil) zeminlerde, koni penetrasyon deneyi yumuşak-katı killerde ve gevşek-sıkı kumlarda ve son olarak presiyometre deneyi, ayrılmış kayalarda ve numune alınamayan geçiş kayaçlarında kullanılmaktadır. Örselenmemiş numune almanın zor olduğu kil, silt ve kohezyonsuz zeminlerde arazi çalışmalarına ağırlık verilmektedir.

2.1.1. Arazi veyn deneyi

Arazi veyn deneyi, drenajsız kayma mukavemetinin ve yoğrulmuş drenajsız kayma mukavemetinin arazide belirlenmesi için kullanılan hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Şekil 2.1’de arazi veyn deney aletleri gösterilmiştir.

Kanatlı kesicinin zemine sürülmesi esnasında örselenmeleri en aza indirmek amacıyla, kanatlı kesicinin ince olması gerekmektedir. Bunun deney düzeneğinin sağlamlığını azaltmasından dolayı yalnızca, yumuşak ve orta katı killerde iyi sonuç vermektedir [5].

Deney prensibi, bir tijin ucuna sabitlenmiş birbirine dik ve eşit boyutta 4 adet dikdörtgen kanatlı kesicinin bir kil tabakası içerisinde itilerek gömülmesi ve bu kanatların döndürülmesi sırasında zeminin gösterdiği direncin belirlenmesidir.



Şekil 2.1. Arazi veyn deney aletleri

2.1.2. Arazi standart penetrasyon deneyi

Standart Penetrasyon Deneyi kullanılarak, serbest basınç mukavemeti (q_u) ve drenajsız kayma mukavemeti (c_u) gibi zemin özellikleri büyük bir doğrulukla belirlenebilmektedir. Şekil 2.2’de deney düzeneği verilmiştir. Deney standart bir ucun 63.5 kg ağırlığındaki tokmak, 76 cm yükseklikten düşürülüp zemine çakılır. Hangi derinlikte deney yapılacaksa uç oraya kadar indirilir. Toprak üstündeki kısım 15 cm aralıklarla 3 parça olarak incelenir. Sert zeminlerde vuruş sayısı daha fazladır. Zemin yumuşadıkça vuruş sayısı azalır. İşlem sonucunda uç 45 cm gömülür. Zemin de örselenme olduğu için ilk 15 cm dikkate alınmaz. Standart penetrasyon sayısı bu 30 cm lik vuruş sayılarının toplamıdır. Bu deney uygun zemin tipi seçilmelidir. Spt deneyi, ayırık daneli, nispeten iri daneli zeminler için geliştirilmiştir. Kaba daneli zeminlerin yerleşim sıklığı ve ince daneli zeminlerin kıvamı tespit edilir. Zeminden hem numune alınır hem de zeminin çakmaya karşı direnci tespit edilmektedir. Numune ile yapılacak çalışmalar sonucunda elde edilen N değeri ile sınıflandırma yapılabilecektir.



Şekil 2.2. Arazi standart penetrasyon deneyi

Spt’ye etkiyen faktörler neticesinde belli düzeltme katsayıları kullanılmaktadır. Bu düzeltme ifadeleri ise; örtü yükü düzeltme faktörü (C_N), darbe hızı düzeltme faktörü

(C_{BF}), enerji düzeltme faktörü (C_E), tij uzunluğu düzeltme faktörü (C_R), sondaj çapı düzeltme faktörü (C_B), tüp tipi düzeltme faktörü (C_S) şeklinde ifade edilmektedir. Denklem (2.1), (2.2), (2.3) ve (2.4)'te düzeltme faktörlerini kullanılarak SPT(N) değerinin nasıl hesaplanacağı verilmiştir.

$$(N_1)_E = N * C_E * C_N * C_B * C_S * C_R * C_{BF} \quad (2.1)$$

$$C_N = 9.78 * (1/\sigma_V)^{0.5} \quad (2.2)$$

$$C_E = C_{ER} / 60 \quad (2.3)$$

($N_1)_E$ ifadesi düzeltilmiş darbe sayısı iken denklemdeki N değeri ise yeraltı suyu düzeltmesi uygulanmış değerdir. Drene olmayan suyun varlığı zeminin mukavemetini kısa süreliğine artırarak yanlış N değerlerine ulaştırmaktadır. Bu yüzden deney yeraltı suyu seviyesi altında yapılmış siltli kum zeminlerde ve N değeri 15'ten büyükse aşağıdaki işlem yapılmalıdır. Tablo 2.1'de sondaj kuyu çapı, numune alıcı ve tij düzeltmeleri verilmiştir.

$$N' = 15 + 0.5 (N - 15) \quad (2.4)$$

Tablo 2.1. Sondaj kuyu çapı, numune alıcı ve tij düzeltmeleri

Düzeltilme Tipi	Değişken Boyutları	Düzeltilme Değeri
Kuyu Çapı Düzeltilmesi	65-115 mm	1
	150 mm	1.05
	200 mm	1.15
Örnek Alıcı Düzeltilmesi	Standart Örnek Alıcı	1
	Astarsız Örnek Alıcı	1.20
Tij Uzunluğu Düzeltilmesi	0 – 4 m	0.75
	4 – 6 m	0.85
	6 – 10 m	0.95

C_B , C_S , C_R değerleri tablodan uygun veriler halinde alınıp denklemde yerine konur. C_{BF} , darbe vuruş hızının 20den az olması durumunda 0.95 iken 20den fazla olması durumunda 1.05 değerini almaktadır. C_{ER} ifadesi şahmerdan düşürme mekanizması ve tipine göre değer almaktadır. Ayrıca enerjinin tamamı kullanılmadığı %60 oranında yararlanıldığı kabul edilerek ($N_1)_E$ ifadesi ($N_1)_60$ olarak kullanılır. Elde edilen ($N_1)_60$ değeri ile zemin sınıflandırması yapılmış olur.

2.1.3. Arazi koni penetrasyon deneyi (CPT)

Koni penetrasyon deneyi çapı 35 mm, açısı 60° ve izdüşüm alanı 10 cm² olan bir konik ucun zemine 20 tona kadar olan hidrolik güç ile 2cm/sn hızla itilmesi ile yapılır. Bu itilme de koninin uç kısmında oluşan uç direnci (q_c), koninin ceket kısmında oluşan sürtünme direnci (f_c), ve boşluk basıncı her 2 cm 'de bir ölçülerek grafiğe dökülür. Zeminden sürekli olarak değer alınabilmektedir. Tek bir CPT deneyi ile yer altı su seviyesi tespit edilmektedir. Normal konsolide kumlar için CPT q_c ve düşey efektif örtü basıncı (σ'_{vo}) kullanılarak efektif içsel sürtünme açısı (ϕ') bulunabilmektedir. CPT deneyi çakıllı ve suya doymun kohezyonlu zeminlerde yeterli düzeyde sonuç vermemektedir. Şekil 2.3'te CPT düzeneği verilmiştir.



Şekil 2.3. Arazi cpt deneyi

CPT deneyi, zemini SPT deneyine kıyasla daha detaylı incelemektedir. CPT deneyinde açılan sondaj kuyusu olmaması durumuyla avantaj sağlanabiliyorken zeminden numune alamayarak dezavantaj durumu da yaşanabilmektedir. Ayrıca sondaj için harcanmayan maliyet CPT deney aletlerinin sağlanmasına harcanmaktadır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

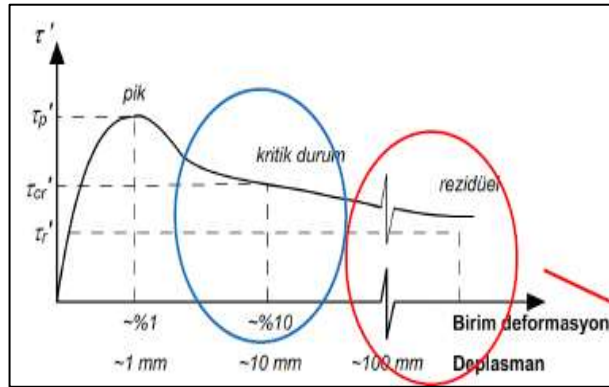
Şev stabilite çalışmalarının analizine ait laboratuvar kısmındaki deneyler aşağıda açıklanmaktadır. Bu çalışmalarda amaç indeks özellikleri ve mukavemet parametrelerini (c ve ϕ) belirlemektir. İndeks özellikleri ise plastik ve likit limit parametreleridir. Bu deneylerde araziden numune alınır, numune üzerine arazi koşulları gerilmeleri uygulanır ve daha sonra arazide karşılaşılabilecek gerilmeler uygulanır. Zemin incelemelerinde standart olarak uygulanan deney grupları dane çapı dağılımı, birim hacim ağırlığı ve kıvam limitleri deneyleridir. Dane çapı

dağılımı belirleyen elek analizi ve hidrometre deneyidir. Kıvam limitleri deneyleri ise; likit limit, plastik limit ve rötre limitidir.

Şev stabilite analizinde gerekli olan c ve ϕ değerleri için yapılması gereken deneyler örselenmemiş numuneler üzerinde uygulanmaktadır. Bu deneyler serbest basınç deneyi ve üç eksenli basınç deneyidir. Serbest basınç deneyi killi zeminlerin drenajsız kayma dayanımını vermektedir. Üç eksenli basınç deneyi ise ince daneli zeminlerin drenajlı ve drenajsız kayma mukavemeti parametrelerini vermektedir.

Arazide yapılacak olan araştırmalar büyük öneme sahiptir. Arazide daha önce kayma hareketi yaşanmışsa rezidüel parametreler kullanılır fakat daha önce kayma hareketi yaşanmamışsa kritik durum değerleri ile çalışma yapılır. Rezidüel zemin parametreleri kesme kutusu deneyi ile kilin plastisitesine göre alacağı değer aralıklarına bağlıdır [4].

Geri analiz yöntemi ile kayan bir şevin rezidüel parametreleri elde edilir. Şev stabilitesi analizinde deviren ve koruyan kuvvetler arasındaki oranın bir olmasında durumunda göçme meydana gelir. Arazide oluşan kaymanın geometrisine uygun olan ve $FS=1$ veren kayma daireesi için hesap yapılır. Şekil 2.4'te şeve ait deformasyon grafiği verilmiştir.



Şekil 2.4. Şeve ait deformasyon grafiği

Arazide kayan kütleinin uzunluk, genişlik ve derinliğinin belirlenmesi için şev üzerinde bazı ipuçları mevcuttur. Şevin taç kısmında çekme çatlaklarına bakılmalı, topuk kısmında oluşan kabarmalar incelenmeli, çevredeki altyapıda oluşabilecek hasarlara bakılmalı ve gerekli durumlarda inklinometre yapılarak kayan kütleinin derinliği tespit edilmelidir.

Araziden alınan örselenmiş numuneler üzerinde yapılacak laboratuvar deneyleri ile zeminin fiziksel özellikleri belirlenir. Bu fiziksel özellikler özgül yoğunluk, likit limit, plastik limit ve plastisite indisi gibi parametrelerdir. Zeminin dane dağılımını belirlemek için iri daneli kısım için elek analizi, ince daneli kısımlar için hidrometre deneyi yapılır.

2.2.1. Elek analizi ve hidrometre deneyi

Dane boyutları ve dane çapı dağılımını belirlemek için elek analizi ve hidrometre deneyleri yapılmaktadır. Zemin mekaniğinde malzemeler elek çapına göre sınıflara ayrılmaktadır. 4 nolu eleğin üstünde kalan çakıl boyutu malzemeler iri daneli malzemeler sınıfına aitken 200 nolu eleğin altına geçen kil ve silt boyutu malzemeler ise ince taneli malzeme olarak adlandırılmaktadır.

Hidrometre analizi bazı kaynaklarda çökeltme analizi olarak ifade edilebilmektedir. İri daneli zeminler kohezyonsuz malzeme olarak adlandırılıp elek analizi yapılırken ince daneli zeminler kohezyonlu malzeme olarak adlandırılır ve hidrometre analizi yapılır. Şekil 2.5'te elek düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Elek analizi deneyi

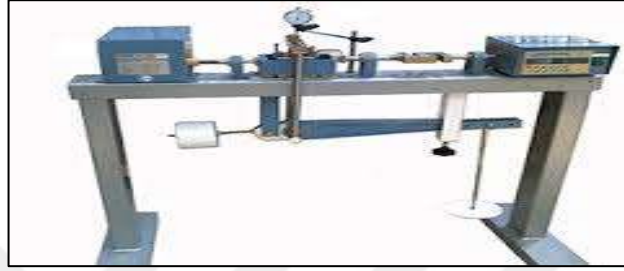
Dane dağılımının saptanmasında ince daneli zeminler hidrometre yöntemiyle saptanır. Şekil 2.6'da hidrometre analizi gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Hidrometre analizi deneyi

2.2.2. Kesme kutusu deneyi

Yükleme başlığı kullanılarak 2, 6, 12 kg gibi sabit düşey yük varken otomatik veya elle artırılarak yatay bir kesme kuvveti uygulanmaktadır. Zemin öncelikle direnç gösterir daha sonra yatay bir düzlem boyunca kesilir. Ucuz ve pratik bir yöntem olan bu deney kesme yönünü değiştirerek büyük deformasyonlara ulaşabilir. Şekil 2.7'de kesme kutusu düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Kesme kutusu deney aleti

Kesme kutusu deneyinde normal yük altında konsolidasyon işlemi gerçekleştikten sonra kesme kuvveti ile numune kesilmeye çalışılmaktadır. Kesme kuvveti, düşey deformasyon ve yanıl deformasyon değerleri kaydedilir. Bu deneyde göçmeye yol açabilecek düzeydeki deformasyona yol açan kayma gerilmesi değeri zeminin kayma mukavemetini ifade eder. Deney düzeneğinin farklı gerilme değerleri ile tekrar edilmesi ile zemin mukavemet zarfları elde edilir. Bu mukavemet zarfının başlangıç noktasından uzaklığı kohezyonu ifade ederken, grafiğın eğimi içsel sürtünme açısını verir.

Kesme kutusu deneyinde, drenaj koşullarını zemin tipine göre ayarlayabilmenin yolu yüklemeye hızını ayarlayabilmektir. Deney uygulanırken, kesme sınırına geldiğinde boşluk suyu basıncı artışının ölçülememesi deneyin kısıtlayıcı yanısıdır. Bu sebepten dolayı, kesme kutusu deneyi daha çok kum zeminlerin kayma mukavemeti açısı değerleri belirlenir.

2.2.3. Serbest basınç deneyi

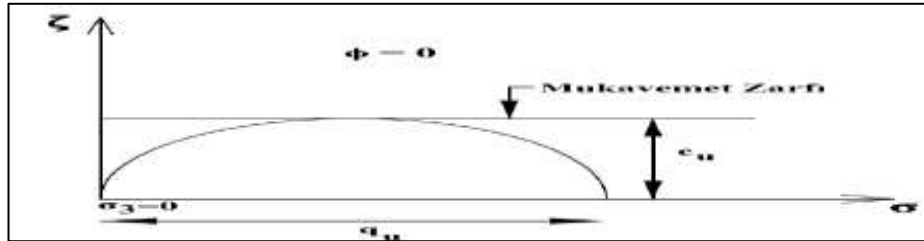
Sadece eksenel doğrultu boyunca zemin numunesi yüklemeye tutulur. Zamanla eksenel yük artar ve numunede boy kısalması meydana gelir. Uygulanan eksenel gerilme sonucunda boyut değişimleri olur ve gerilme – şekil değiştirme eğrisi elde

edilir ve bu eğrideki en büyük eksenel gerilme, serbest basınç mukavemeti (q_u) değerini vermektedir. Seçilen numunede boy/çap oranı 2'den büyük olmalıdır ve numune örselenmemiş olmalıdır. Kendini dik olarak ayakta tutabilme özelliğine sahip olan killi zeminlerde kullanılan bu yöntem killerin drenajsız kayma mukavemetinin hesaplanmasını sağlamaktadır. Kohezyonlu zeminlerde kullanılırken, kohezyonsuz zeminlerde kullanılmamaktadır. Şekil 2.8'de serbest basınç deneyi gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Serbest basınç deneyi

Deney esnasında drenaj durumu kontrol edilmediğinden ve boşluk suyu basınçları ölçülemediğinden, hızlı yükleme yapılarak zeminin drenajsız kayma mukavemeti belirlenmektedir. Serbest basınç deneyinde göçme anında oluşan gerilme durumunu gösteren kayma mukavemeti zarfı ile Mohr dairesi ilişkisi Şekil 2.9 ile gösterilmiştir.



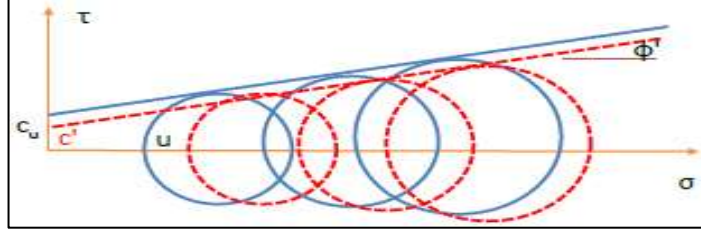
Şekil 2.9. Serbest basınç deneyi Mohr dairesi ve mukavemet zarfı

2.2.4. Üç eksenli basınç deneyi



Şekil 2.10. Üç eksenli basınç deneyi

ve efektif gerilmelere göre çizilen deney sonuçları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Şekil 2.12’de CU deney grafiği verilmiştir.



Şekil 2.12. CU deney grafiği

3. PROJENİN TANITIMI

Proje'nin gerçekleştirilme amacı, çalışma yöntemleri ve tekniği ile kapsamı hakkında bilgi bu bölümde verilmiştir. Şekil 3.1'de proje alanı gösterilmektedir. Proje alanı 2. derece deprem kuşağında yer almaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Proje alanında ise güneydoğu kesiminde alışveriş merkezi, güney kesiminde ise genelde 2 ila 3 katlı, münferit konut ve işyerleri bulunmaktadır.

Seçilen heyelan alanında gerçekleştirilen hidrojeolojik çalışmalar sonunda burada ayrılan jeohidrolik ortam türleri geçirimsiz ortam (gz) ve yarıgeçirimli ortam (gç) niteliğindedir. Proje alanındaki aktivite nedeniyle kuzey kesimde asfaltta gerilme çatlakları oluşarak göçme meydana gelmiş ve su ana dağıtım hattı açığa çıkmıştır.

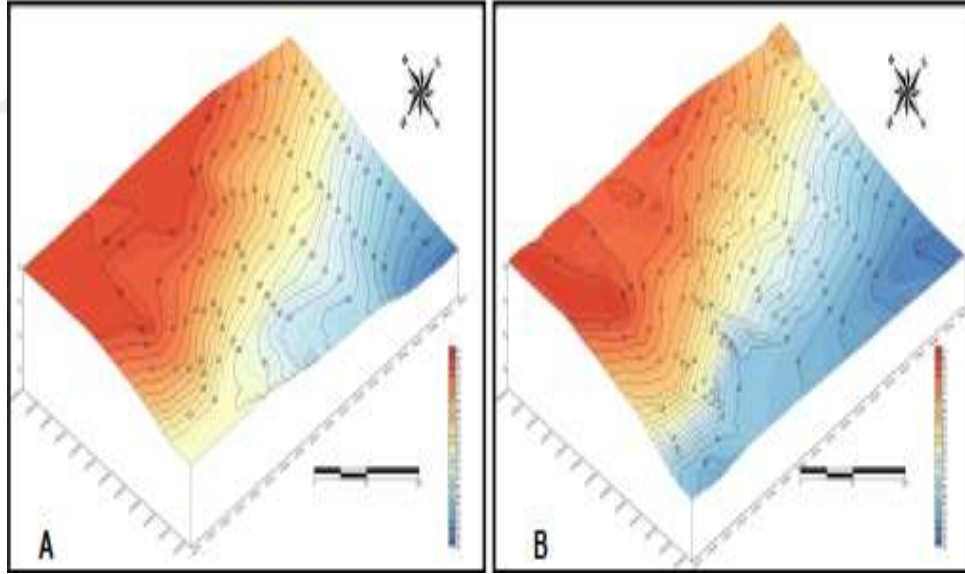
Bu proje heyelan alanının jeolojik, hidrojeolojik ve mühendislik jeolojisi özelliklerini tanımlayarak buradaki heyelan mekanizmasını sebep – sonuç ilişkileriyle aydınlatmayı ve araziyi iyileştirerek heyelan gelişimini önlemeyi hedeflemektedir. Proje alanının taban kayaları esas olarak kiltaşından meydana gelmektedir.

Proje alanına ait köşe noktalarının koordinat değerleri harita mühendislik çalışmaları sonucu elde edilmiştir. Elde edilen bu koordinat değerleri Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Proje alanının köşe koordinat değerleri

Heyelan Alanı		
Köşe No	Sağa (y)	Yukarı (x)
1.Nokta	545197.50	4538732.88
2.Nokta	545244.16	4538692.41
3.Nokta	545256.91	4538690.09
4.Nokta	545297.50	4538708.62

Proje alanının geçmişteki ve günümüzdeki heyelan aktivitesine bağlı olarak kademeli bir görünümü Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Yüksek eğimli şevler eteğinde su birikintileri oluşmuştur.



Şekil 3.2. Heyelan alanının heyelan aktivitesi öncesi ve sonrası

Proje alanında heyelan olmasının nedenlerinden biri yeraltı suyu varlığıdır. Akdeniz ve Karadeniz iklim tipleri arasında bulunan bölge, tüm mevsimlerde aldığı yağışlarla Karadeniz yağış rejimine yaklaşırken, yaz dönemlerindeki yağışın göreceli azlığı ile de Akdeniz rejimi özelliğindedir. Ayrıca zeminin suya doygun olduğu Aralık – Mart döneminde (Yağış Dönemi) ise her yağış sırasında hemen yüzey akışı görüleceği saptanmıştır.

İnceleme alanının hemen tamamı verimli ve tarıma elverişli bir toprak örtüsü ile kaplıdır. Projenin amacına yönelik olarak inceleme alanını kapsayan önceki yıllara ait arazi ve laboratuvar verileri değerlendirilmiştir.

3.1. Çalışma Alanında Yapılan İyileştirme Çalışmaları

Plaxis paket programında zemin ortamı diferansiyel denklemlerle ifade edilir ve sonlu elemanlar yöntemiyle çözüm yapılmaktadır. Zeminde oluşan problemlerin çözülmesi için oluşturulmuş bir programdır. Geometrik modelin oluşturulması noktaların ve çizgilerin girilmesi ile başlar. Ardından çizilen bu yerlerin parametreleri yazılır. Mesh denilerek sonlu elemanlar ağı oluşturulur. Calculation sekmesi ile sonuçlar elde edilir.

Plaxis programında yapılacak herhangi bir iş için öncelikle zeminin geometrik modelinin oluşturulması gerekmektedir. Geometrik model nokta, çizgi ve hücrelerden oluşur. Geometrik modeli oluşturmak için çizgiler çizilmesi gerekmektedir. Çizilecek çizgilerin başlangıç ve bitişini noktalar oluşturur. Geometrik modelin sınırlarını, fiziksel ortamları, farklı zemin tabakalarının ayrımını belirlemek için çizgiler kullanılır. Düz veya farklı şekillerde olabilirler. Çizgilerin tamamen kapattığı alanlarda hücreler oluşmaktadır.

Oluşturulan hücre içindeki zeminin özellikleri homojendir. Hücrelere etkiyen yükler hücre içindeki her birime etkidiği kabul edilir. Geometrik model oluştuktan sonra sonlu elemanlar modeli bu durumu kabul ederek otomatik olarak oluşur. Hücreler sonlu elemanın oluşumu esnasında üçgen elemanlara ayrılırlar. Plaxis programında 6 ve 15 düğüm noktalı elemanlar mevcuttur. 6 düğüm noktalı üçgen elemanın hesabı daha kolay yapılır. Fakat 15 düğüm noktalı üçgen eleman daha detaylı hesaplar yapar.

Plaxis'de model hazırlarken yapılan işlemler aşağıda sırasıyla gösterilmiştir.

- Çalışacağımız sistemin geometrisini oluşturmak için geometry line ikonu bulunur.
- Oluşturacağımız sisteme kazık, diyafram duvar gibi eleman atamak için kullanabileceğimiz plate ikonu bulunur.
- Kiriş uçlarında mafsal oluşturmak için kullanacağımız hinge and rotation spring ikonu mevcuttur. Geotekstil malzeme atamak için geogrid ikonu kullanılır.

- Zemin ile yapının arasında arayüz oluşturmak için interface ikonu kullanılır.
- Oluşturduğumuz sistemdeki elemanları düğüm noktalarından bağlamak için node-to-anchor ikonunu kullanırız.
- Oluşturduğumuz sistemdeki elemanların sonlarının sabitlenmiş olarak tutturulması için fixed and anchor ikonu kullanılır.
- Oluşturduğumuz sistemdeki standart olarak değişmezlikleri tanımlamak için standart fixities ikonu kullanılır.
- Kirişlerin moment değişmezliklerini tanımlamak için rotation fixity ikonu kullanılır.
- Precibed displacements ikonu ile sisteme tanımlanan deplasman değerine göre çözüm yapması sağlanır.
- Distributed load-load system a ve b ikonları da sisteme yük uygulamak için kullanılır.
- Sisteme noktasal yük aktarmak için point load-load system a ve b ikonları kullanılır.
- Materail sets ikonu ile sisteme malzeme ayarları girilir.
- Generate mesh ikonu modellenen sistemde ağ oluşturmak için kullanılır.

Analizler sonlu elemanlar yöntemini kullanan PLAXIS 2D V8.2 bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Programda zemini modellemek için Mohr-Coulomb zemin bünye modeli kullanılmıştır. Kaya ortam ise Lineer Elastik bünye modeli kullanılarak oluşturulmuştur.

Laboratuvarda direkt olarak ölçülen tek eksenli basınç dayanımı değerleri max 6,78 MPa olarak bulunmuştur. Bu değer genel olarak çok zayıf - zayıf kaya malzemesini işaret etmektedir. Zayıf-çok zayıf kaya ortamın çok ayrılmış ve zemin özelliği kazanımı olduğu gözlemlendiğinden, zemin birimin yer yer altında bulunan bu birim güvenli yönde kalmak amacıyla zemin olarak değerlendirilmiş ve program için seçilen parametreler buna göre seçilmiştir. İnceleme alanının zemin profili de buna göre oluşturulmuştur.

Heyelan bölgesinin yola yakın olan bölümündeki zeminde yapılan SPT deneylerinin yüksek çıkması ve bu zeminin kil olması nedeni ile bu bölge programda sert kil olarak tanımlanmıştır. Heyelan bölgesinde aşağı ilerledikçe zayıf-çok zayıf kaya

birim ve katı kil birim birlikte bir heyelan karmaşığı olarak tanımlanabilir. Bu nedenle bu birim için seçilen parametreler zemin ortam değerlerini yansıtacak şekilde bir katı kil birime göre seçilmiştir. Heyelan bölgesi için kritik olduğu düşünülen kesite yakın sondajlarda SPT değerlerinin, üst bölgedeki kritik olduğu düşünülen kesite yakın sondajlardaki SPT değerlerinden yüksek olması nedeni ile alt bölgedeki bu katı kilin mukavemet parametrelerinden kohezyon değeri üst bölge heyelan alanından büyük olacak şekilde 15 Kpa olarak seçilmiştir. Aktif heyelan alanında ayrıntılı birimler için seçilen parametrelerde güvenli yönde kalmak sureti ile Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Zemini modellemek için seçilen parametreler

Tanım		c (kPa)	ϕ^0	E (kPa)	γ_{sat}	γ_{unsat}	θ
Heyelan Bölgesi	Katı kil	3	17	20000	17	17	0.33
	Mavi Kil taşı	100	30	4600000	23	23	0.2

Heyelan bölgesinde yapılacak olan bina temel kazısı için kazıklar 100 cm çapında, 30 m uzunluğunda ve kazıklar arası mesafe 1.5 m olacak şekilde seçilmiştir. Heyelan bölgelerindeki kazıkların analizler için belirlenen parametreler Tablo 3.3’te sunulmuştur.

Tablo 3.3. Kazıkları modellemek için seçilen parametreler

Tanım	$EA \left(\frac{kN}{m}\right)$	$El (kNm^2/m)$	$\frac{w}{N} \left(\frac{m}{m}\right)$	θ
100 cm Fore Kazık	17550000	1080000	3.1	0.15

Heyelan Bölgesinde yapılacak olan bina temel kazısında zemine ait parametre değerleri Plaxis programına teker teker tanımlanmıştır.

Plaxis programına girilen bu parametreler, birim hacim ağırlık, permeabilite, kohezyon, içsel sürtünme açısı gibi değerlerdir. Birim hacim ağırlık; zemin ağırlığının hacmine oranını ifade eder. Permeabilite; Gözenekli bir malzemenin akışkanların içinden geçmesine izin verme yeteneğidir. Kohezyon ve içsel sürtünme açısı bölgede yaşanan olayı ifade eden iki ana parametredir. Heyelan sonucu oluşan kayma yüzeyindeki kayma mukavemeti parametrelerinden kohezyon, herhangi bir

sınının bulunduğu yerde veya kapta kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden dolayı meydana gelen olaya denir. İçsel sürtünme açısı, kaya ve toprak gibi bir malzemenin kayma gerilmesine karşı dayanıklılık yeteneğidir. Kayma eşiğindeki yamaçlarda yamaç yüzeyindeki eğimin yatay düzlemle yaptığı açıya içsel sürtünme açısı denir. Bu değerlere arazide ve laboratuvarında yapılan deneyler sonucu ulaşılır.

Modelde kazıklar düşey iksa yöntemini, ankrajlar yatay iksa sistemini, başlık ve kuşak kirişleri ise birleştirme elemanlarıdır. Sisteme etkileyen yanal toprak itkileri, düşey ve yatay elemanlarla birlikte taşınır. Bunların birbirleriyle bağlantısı birleştirme elemanlarıyla yapılır.

Seçilen bölgede uygulama yapılırken, inşaat sahası ve yolları makine ve personelin verimli çalışabilmesi için kuru tutulmalıdır. Foraj malzemesi ve yeraltı suyu sürekli sahadan uzaklaştırılmalı ve çalışma sahasının bozulması önlenmelidir. Delgi yöntemi zemin ve kaya özelliklerine bağlı olarak değişir. Ankraj imalatı için projede belirtilen boyda, çapta ve eğimde delikler açılır. Delgi işleminden sonra sahada hazırlanan ankraj demeti kuyuya indirilir. Ankraj demeti kuyuya indirilirken kuyu içinin kirlenmemesi gerekir. Basınçlı enjeksiyon dışarı taşırılarak yeterli mukavemette doldurulacaktır. Heyelan bölgesinde PLAXIS 2D V8.2 bilgisayar programına gerekli veriler girildikten sonra analizler yapılır. Elde edilen ve kazıklara etkiyecek olan moment ve kesme kuvvetlerinin değerleri, programın analizler için oluşturduğu sonlu elemanlar ağı ve analiz sonucu kabul edilebilir değerler olduğu için bu şekilde heyelan bölgesinde iyileştirme yapılmıştır. Tasarlanan kazıklara analizler sonucunda Plaxis programından elde edilen ve kazıklara etkiyecek olan moment ve kesme kuvvetlerinin değerleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Kazıklara etkileyen kuvvetler

Heyelan Alanı		
Kazıklar	Moment	Kesme Kuvveti
1.Kazık	53.22	-14.11
2.Kazık	41.65	-9.37
3.Kazık	21.25	-7.30
4.Kazık	-13.35	-7.11

Kazıklar yerleştirilmeden önce kaymaya karşı güvenlik sayısı değeri 1.2 seviyelerinde iken kazıklar yerleştirildikten sonra en olumsuz durumu yansıtan yer altı su seviyesinde bile güvenlik sayısının değeri 1.6 değerinin üzerinde çıkmaktadır.

Analizler neticesinde elde edilen kesme kuvveti ve moment değerleri ile kazıkların betonarme dizaynı gerçekleştirilmiştir. Kazıkların boyuna donatı ve etriye (fret) hesabı aşağıda verilen formüller ile hesaplanmıştır.

Düşey donatı hesabı:

d' (paspayı) : 5 cm

a (kazık aralığı) : 1-1.2 m

D (kazık çapı) : 80-100 cm

d (faydalı yükseklik) : 75-95

f_{ywd} : 365 Mpa

s : Etriye aralığı

f_{ctd} : 1.15 N/mm²

$$M_d = M_{maks} * a * 1.45$$

$$m_d = M_d / (0.85 * f_{cd} * A_c * D)$$

Bu değer minimum donatı oranından küçük ise minimum donatı oranı ile hesaplamaya devam edilir. Eğer bu değer büyükse bu değer ile devam edilmektedir.

$$A_s = p_m * A_c / \left(\frac{f_{yd}}{0.85 * f_{yd}} \right)$$

Etriye (fret) hesabı:

$$V_d = V_{maks} * a * 1.3$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} * A_c$$

$$V_c = 0.8 * V_{cr}$$

$$V_{ws} = A_{sw} * d * \frac{f_{ywd}}{s}$$

Eğer V_c değeri V_d değerinden büyükse minimum etriye donatısı için;

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.3 * \left(\frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \right) * b_w$$

hesaplanır,

Eğer V_c değeri V_d değerinden küçükse;

$V_{ws} + V_c > V_d$ olacak şekilde donatı çapı ve aralığı seçilir.

PLAXIS 2D V8.2 sonlu elemanlar yöntemini kullanan bilgisayar programı ile yapılan analizler neticesinde heyelan bölgesi için heyelanı önlemeye yönelik olarak yapılacak kazıkların heyelanı önlemede yeterli olup olmayacağı incelenmiş ve tasarlanan sistemlere gelen yükler bulunarak kazıkların betonarme dizaynı gerçekleştirilmiştir. Buna göre 4 sıra kazık kullanılarak heyelanın önlenileceği anlaşılmıştır. Heyelan bölgesi için kazıklar 100 cm çapında ve kazıklar arası mesafe kazık merkezleri arası mesafe 1.5 m olacak şekilde seçilmiştir. Heyelan bölgesindeki kazık donatıları şu şekildedir:

Tip Kazık (1. Sıra kazık)

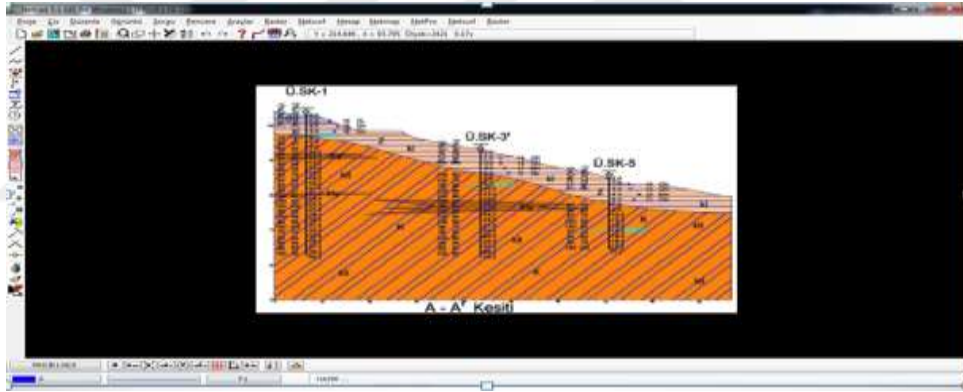
Boy donatı : 15 adet Ø20

Etriye :Ø10/100

4. ÇALIŞMA

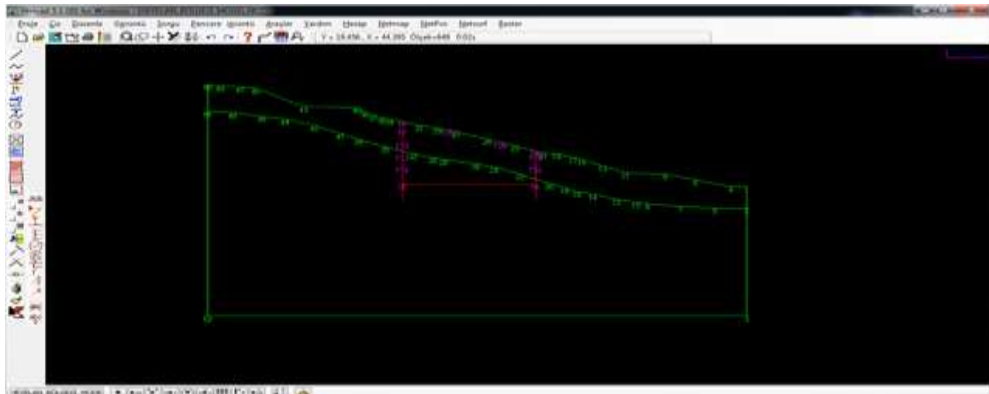
Heyelan bölgesinde gerekli iksa sistemleri kullanılarak önlem alınmıştır. İmara açık olan bu bölgede 3 bodrumlu 5 katlı yapılaşmaya izin verilmektedir. İlerde yapılabilecek 3 bodrumlu 5 katlı bir bina için nasıl önlem alınması gerektiği ile ilgili çalışma bu bölümde yer almaktadır.

Geometrik modelin oluşturulması noktaların ve çizgilerin girilmesi ile başlar çizilen yerlerin parametreleri tanımlanır Mesh ile sonlu elemanlar ağı oluşturulur ve Calculation sekmesi ile sonuçlar elde edilir. Heyelan bölgesi NetCAD 5.1'e raster olarak eklenmiştir. Şekil 4.1'de heyelan bölgesinin raster verisi verilmiştir.

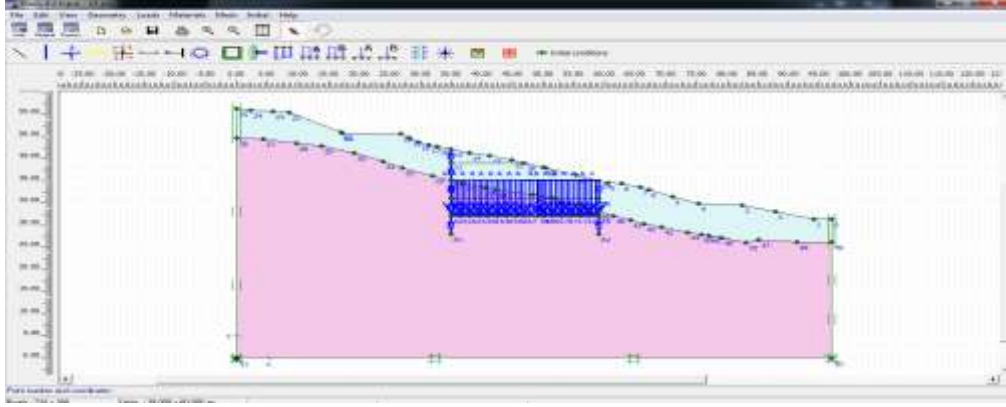


Şekil 4.1. Heyelan bölgesi

NetCAD 5.1 de ilk olarak duvar ve temel oluşturuldu. Şekil 4.2'de Netcad çizim görseli ve Şekil 4.3'de tasarlanan model verilmiştir.



Şekil 4.2. Netcad duvar ve temel çizimi



Şekil 4.3. Plaxis 8.2 de oluşturulmuş model

Daha sonra heyelan bölgesinde daha önce yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları neticesinde belirlenen zemin parametre bilgileri programa işlendi. Zemin ilk tabakası kil bir alt tabakası ikinci tabaka ise mavi kil taşı olarak sınıflandırılmaktadır. Zemin tabakalarına ait bilgiler Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Şekil 4.4. Kil zemin tabaka bilgileri

Şekil 4.5. Kil zemin tabaka bilgileri

Mohr-Coulomb - KIL2

General | Parameters | Interfaces |

Material Set

Identification: KIL2

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: Drained

General properties

γ_{unsat} : 23.000 kN/m³

γ_{sat} : 23.000 kN/m³

Permeability

k_x : 0.000 m/day

k_y : 0.000 m/day

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Şekil 4.6. Mavi KılTaşı zemin tabaka bilgileri

Mohr-Coulomb - KIL2

General | Parameters | Interfaces |

Stiffness

E_{ref} : 4.600E+06 kN/m²

ν (nu): 0.200

Strength

c_{ref} : 100.000 kN/m²

ϕ (phi): 30.000 °

ψ (psi): 0.000 °

Alternatives

G_{ref} : 1.917E+06 kN/m²

E_{oad} : 5.111E+06 kN/m²

Velocities

V_s : 903.700 m/s

V_p : 1476.000 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Şekil 4.7. Mavi KılTaşı zemin tabaka bilgileri

Oluşturulan diyafram duvara ait bilgiler Şekil 4.8’de verilmiştir.

Plate properties

Material set

Identification: DUVAR 1

Material type: Elastic

Properties

EA: 1.200E+07 kN,m

EI: 1.200E+05 kNm²/m

d: 0.346 m

w: 8.300 kN,m/m

ν : 0.300

M_p : 1.000E+15 kNm,m

N_p : 1.000E+15 kN,m

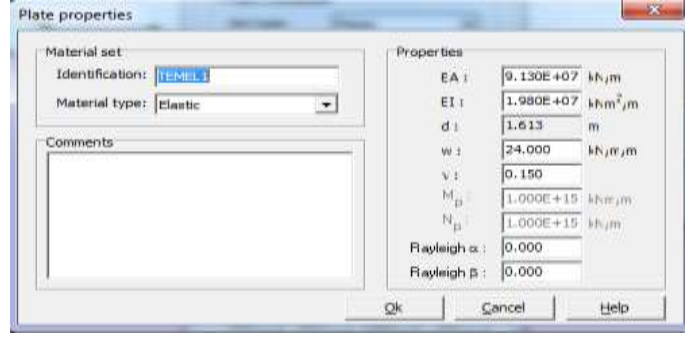
Rayleigh α : 0.000

Rayleigh β : 0.000

Ok Cancel Help

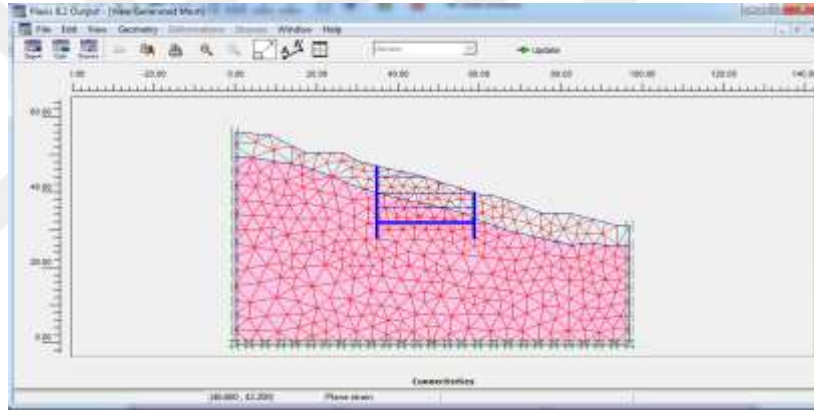
Şekil 4.8. Diyafram duvar verileri

Yapılacak olan binaya ait temel bilgileri Şekil 4.9’da verilmiştir.

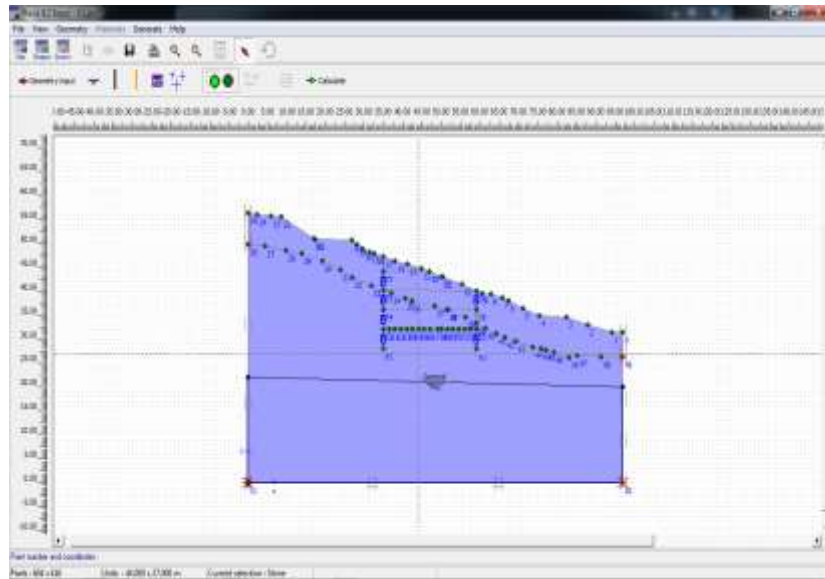


Şekil 4.9. Temel verileri

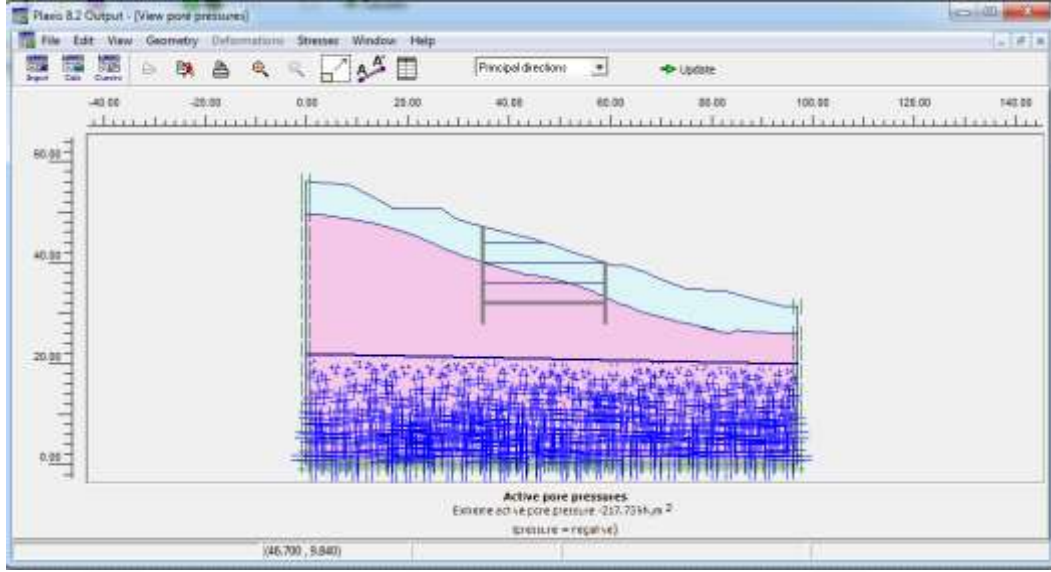
İlk kurulan modelde diyafram duvar, kazı, temel ve yük verileri sisteme yüklenmiştir. Generated mesh yapıldı. Şekil 4.10'da oluşturulan ağ model, Şekil 4.11'de yeraltı su seviyesi, Şekil 4.12'de boşluk suyu basıncının hesabı yer almaktadır.



Şekil 4.10. Oluşturulan ağ modeli

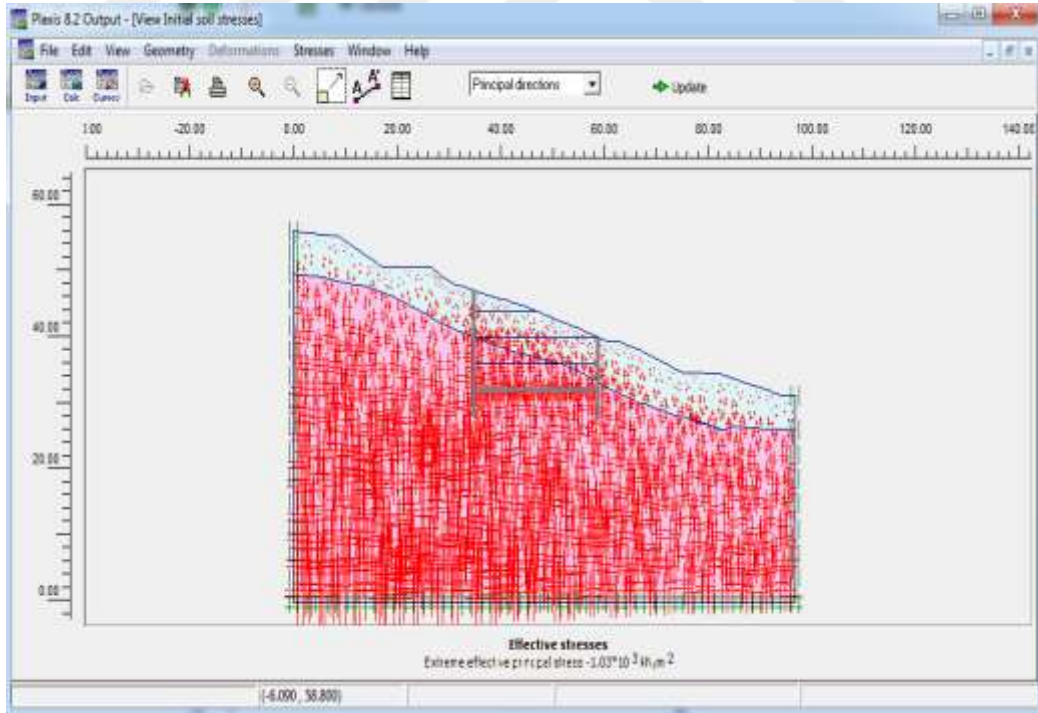


Şekil 4.11. Yeraltı su seviyesi



Şekil 4.12.Boşluk suyu basıncı

Diyafram duvar, kazı, temel ve yük verileri işlenerek model tamamlanır ve hesaplama başlatılır. Şekil 4.13'te heyelan bölgesinde yapı yapılmadan önceki zemin gerilmeleri incelendi.

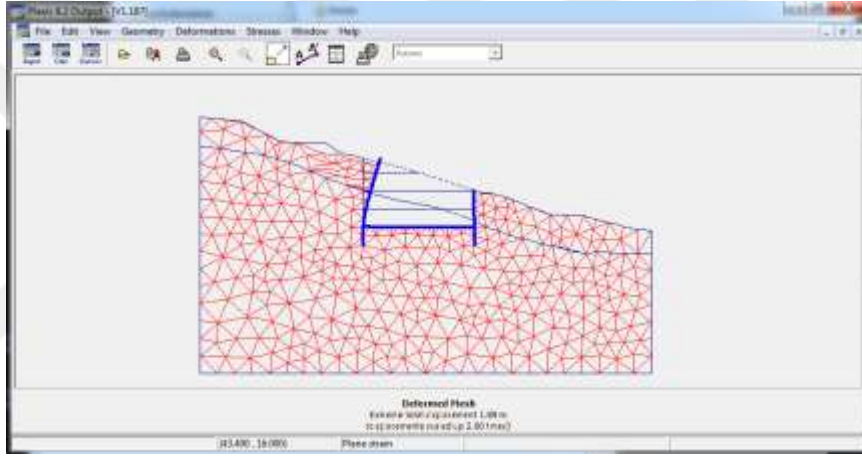


Şekil 4.13. İlk zemin gerilmeleri

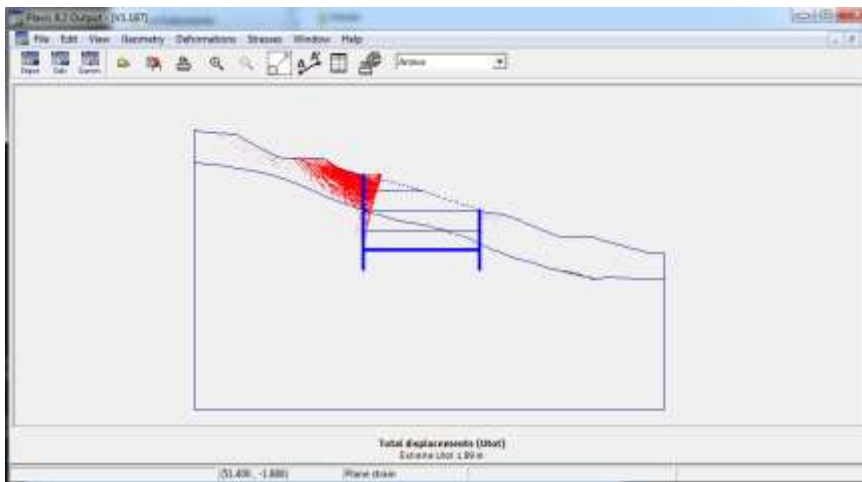
Kurulan modele göre hesaplama başarılı bir şekilde yapıldı. Fakat Deformasyon kabul edilebilecek düzeyde değildir. Şekil 4.14'de analiz sonucu, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da toplam yer değiştirmenin 1.89 m olduğu gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Analiz sonucu



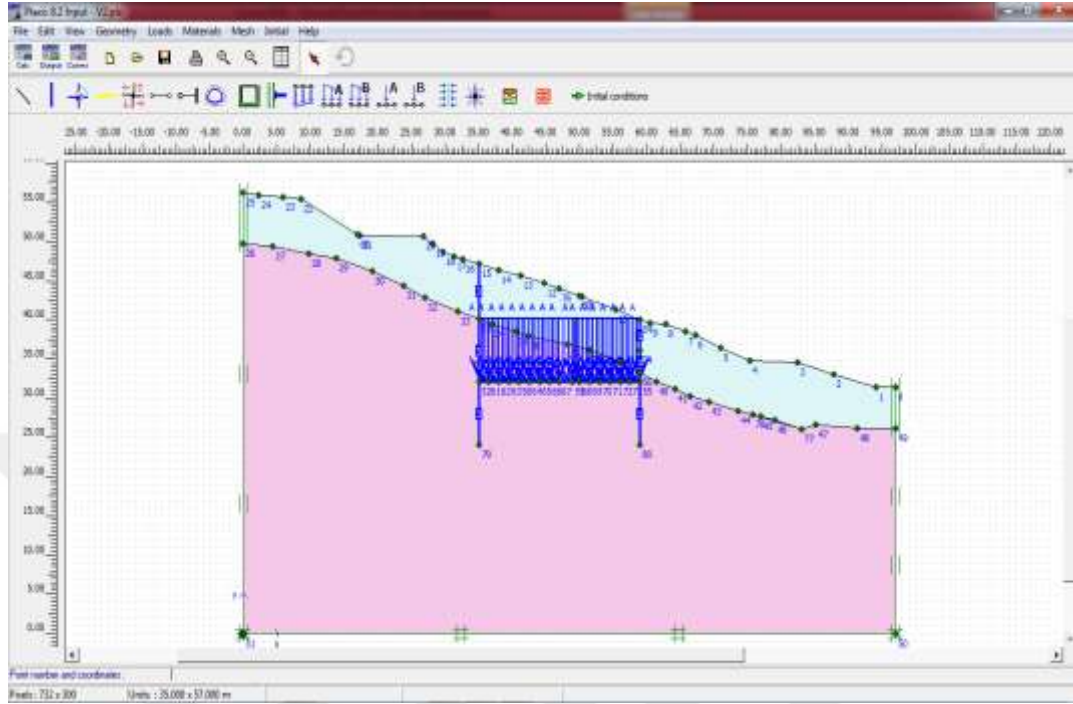
Şekil 4.15. Toplam yerdeğiştirme



Şekil 4.16. Toplam yerdeğiştirme

İlk kurulan modelde oluşan deformasyonlar kabul edilebilir seviyede olmayınca model 2'de diyafram duvar yerine kazık imalatı tasarlandı ve kazık boyu kazı boyu

kadar temelin altına inip soketlendi. Şekil 4.17’de diyafram duvar yerine kazık imalatının yapılacağı ikinci model yer almaktadır.



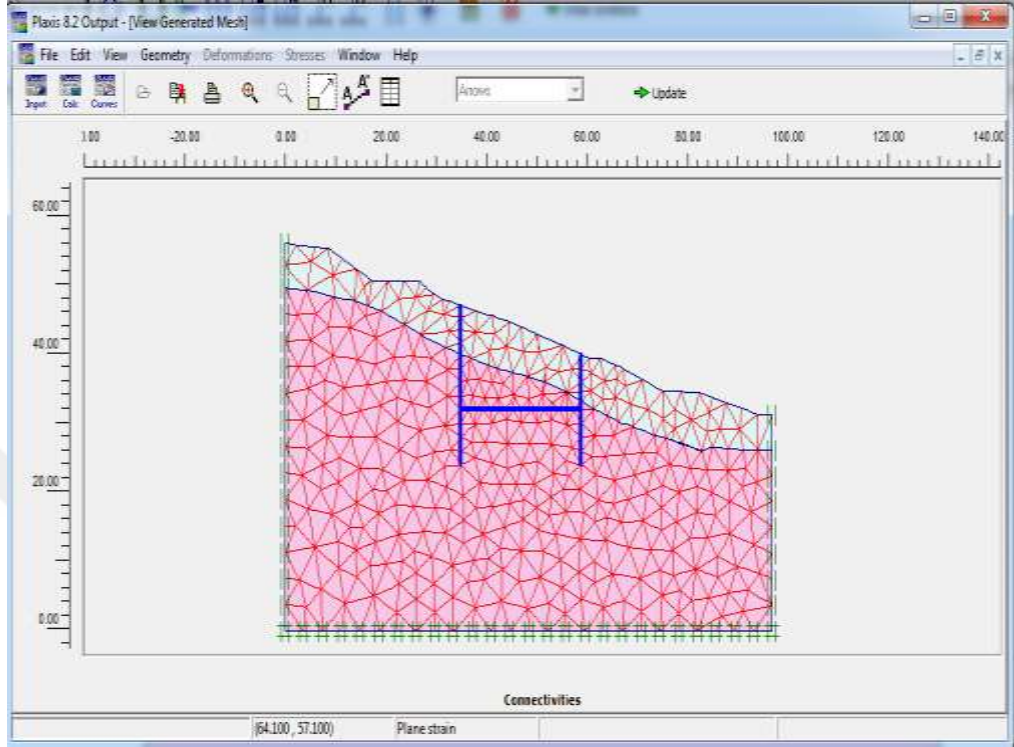
Şekil 4.17. Model 2

Model 2’de kullanılacak kazık imalatına ait olan parametre bilgileri Şekil 4.18’de verilmiştir.

Property	Value	Unit
EA	1.755E+07	kN/m
EI	1.080E+06	kNm ² /m
d	0.859	m
w	3.100	kN/m
v	0.150	
M _p	1.000E+15	kNm/m
N _p	1.000E+15	kN/m
Rayleigh α	0.000	
Rayleigh β	0.000	

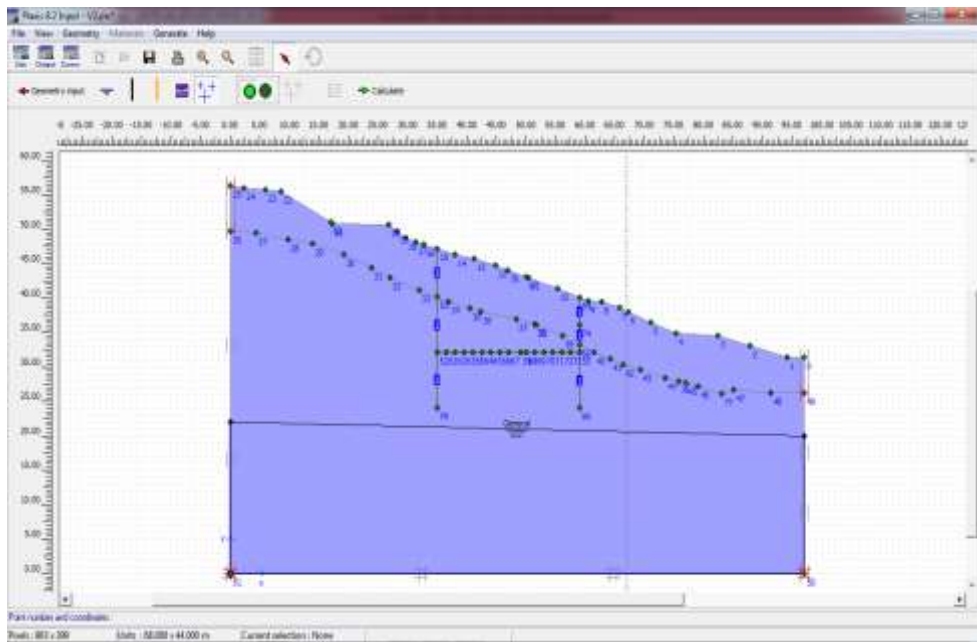
Şekil 4.18. Kazık parametre bilgileri

Projeye ait kazık parametre bilgileri girildikten sonra ağ modeli oluşturulur. Şekil 4.19'da oluşturulan ağ model verilmiştir.

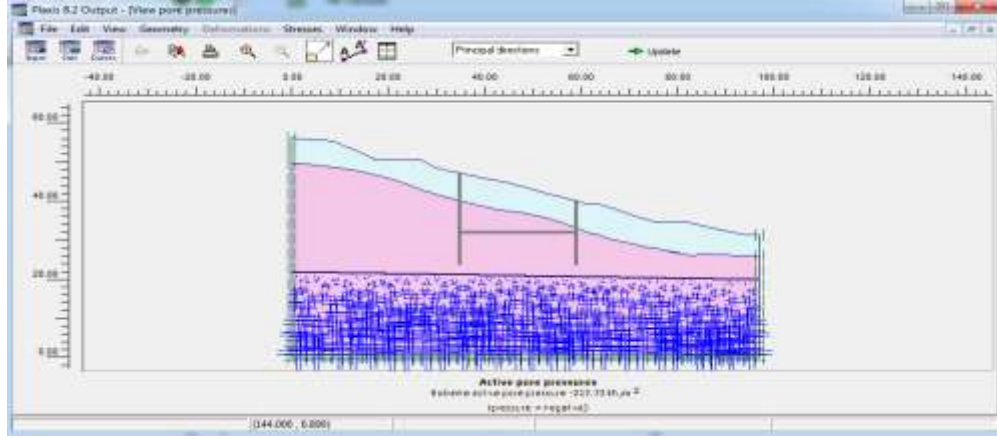


Şekil 4.19. Model 2'in ağ modeli

Şekil 4.20'de yeraltı su seviyesi belirlendi. Şekil 4.21'de boşluk suyu basıncı hesaplandı.

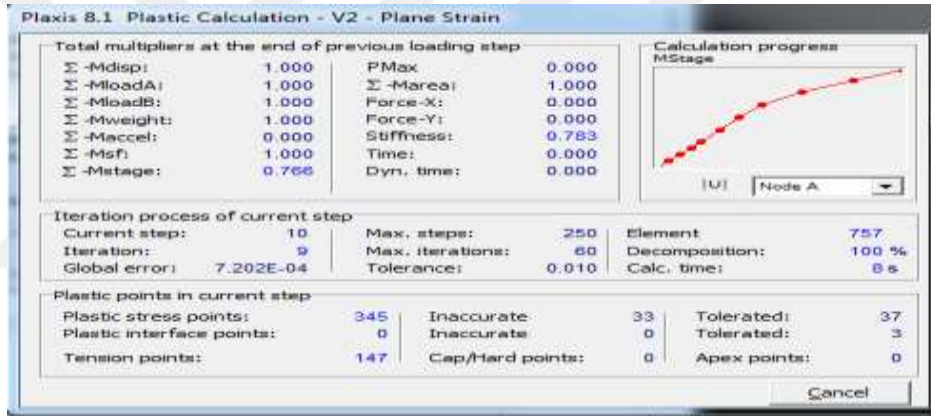


Şekil 4.20. Yeraltı su seviyesi

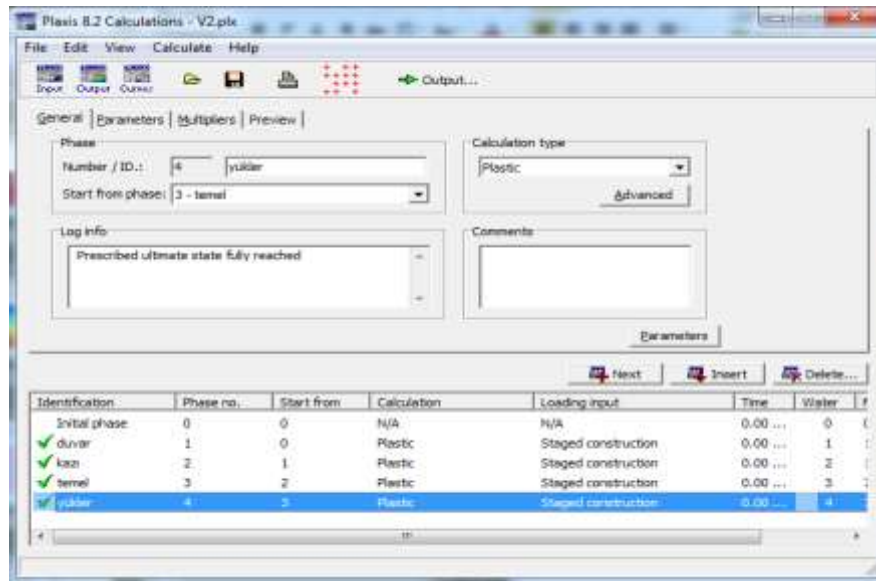


Şekil 4.21. Boşluk suyu basıncı

Oluşturulan modele göre analiz başarılı bir şekilde tamamlandı. Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'te analiz kısımları verilmiştir.

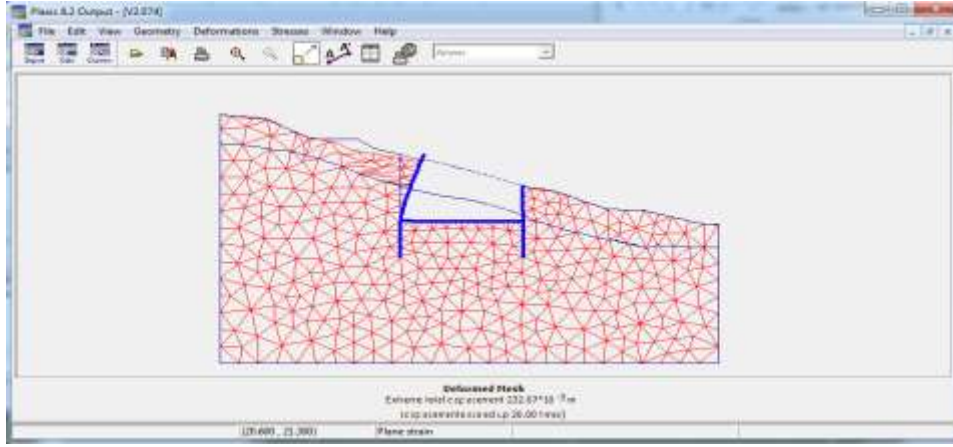


Şekil 4.22. Model 2 analizi

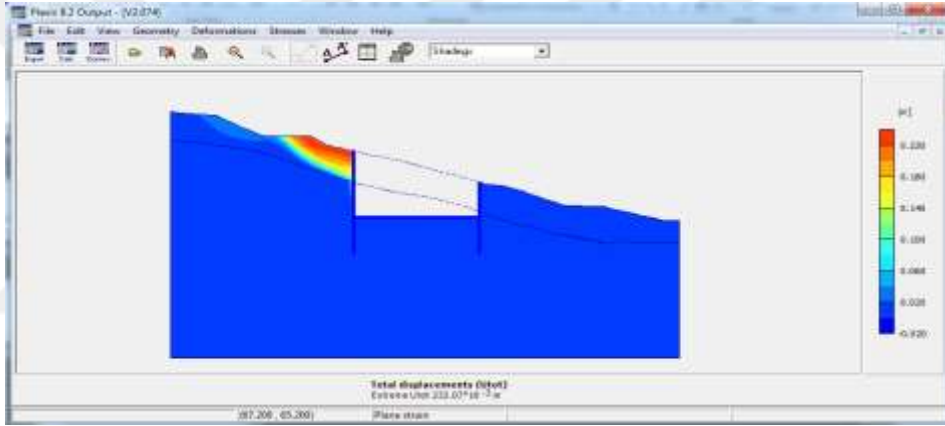


Şekil 4.23. Model 2 analizi

Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te model 2'ye ait deformasyonların görüntüsü verilmiştir.

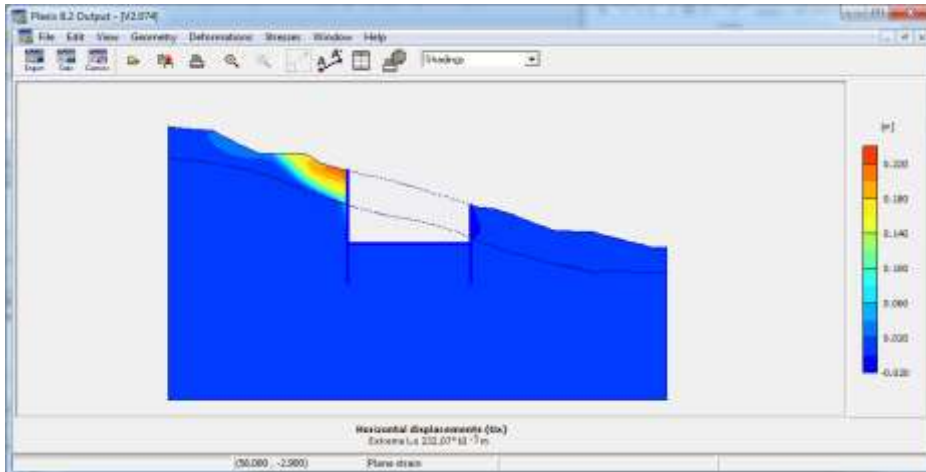


Şekil 4.24. Model 2'in deformasyonu



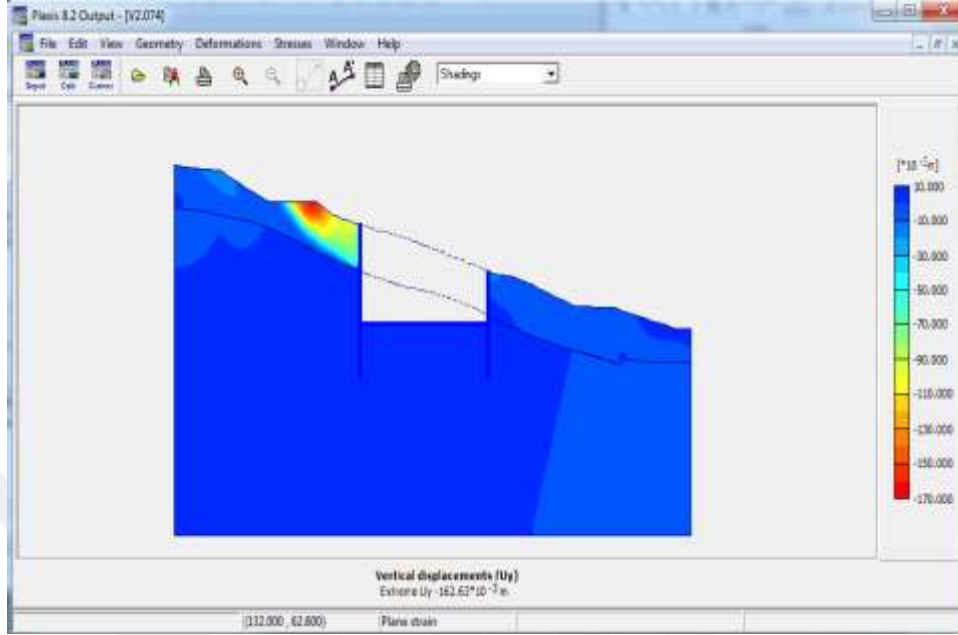
Şekil 4.25. Model 2'in deformasyonu

Şekil 4.26'da model 2'nin yatay doğrultudaki yerdeğiştirmesi 23.2 cm olduğu verilmiştir.



Şekil 4.26. Yatay doğrultudaki yerdeğiştirme

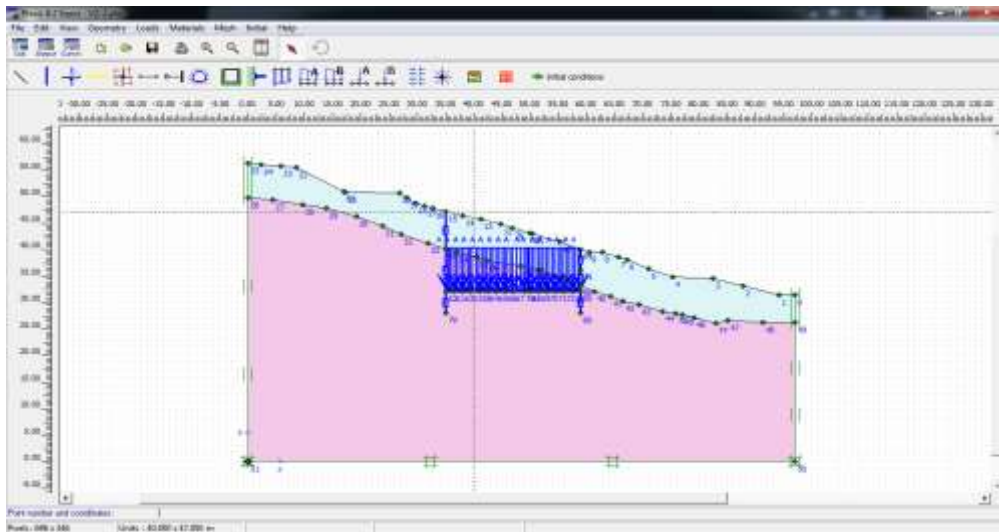
Şekil 4.27’de model 2’nin düşey doğrultudaki yerdeğışirmesinin 16.2 cm olduğu verilmiştir.



Şekil 4.27. Düşey doğrultudaki yerdeğışirme

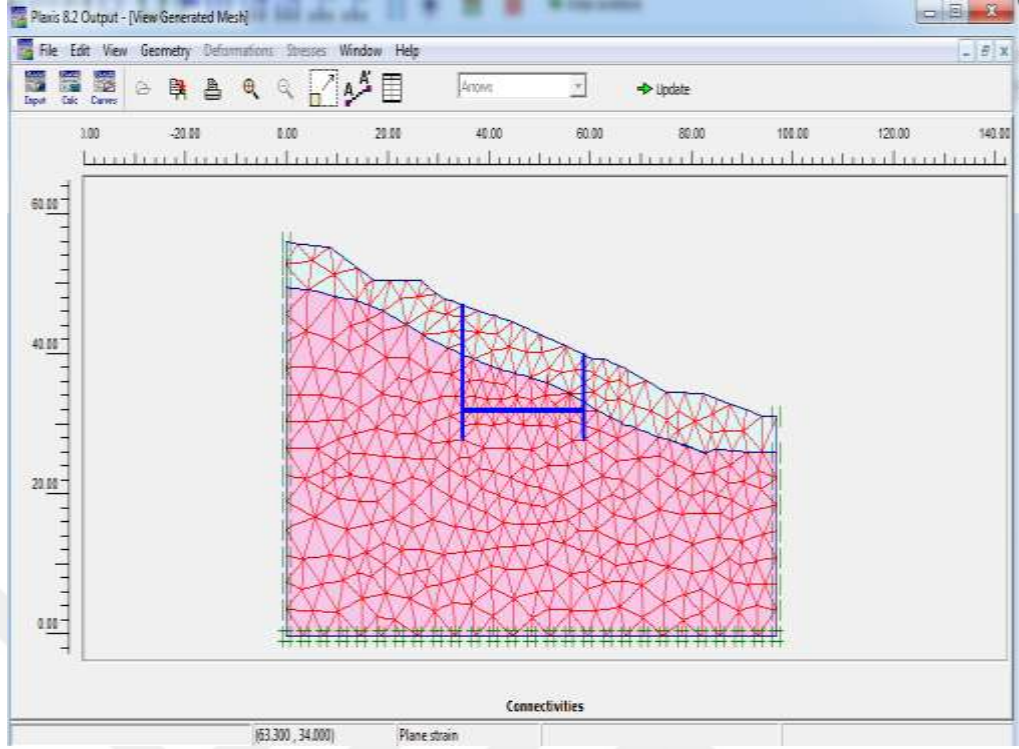
Model 1’in (diyafram duvar) toplam yerdeğışirme miktarı 1.89 m iken Model 2’in (kazık) toplam yerdeğışirmesi 23,2 cm olarak hesaplanmıştır.

Acaba kazık boyu kazı boyunun yarısı kadar uzatılırsa deformasyonu nasıl etkiler? Model 3’te bu ele alınmıştır. Şekil 4.28’de model 3 ele alınmıştır.



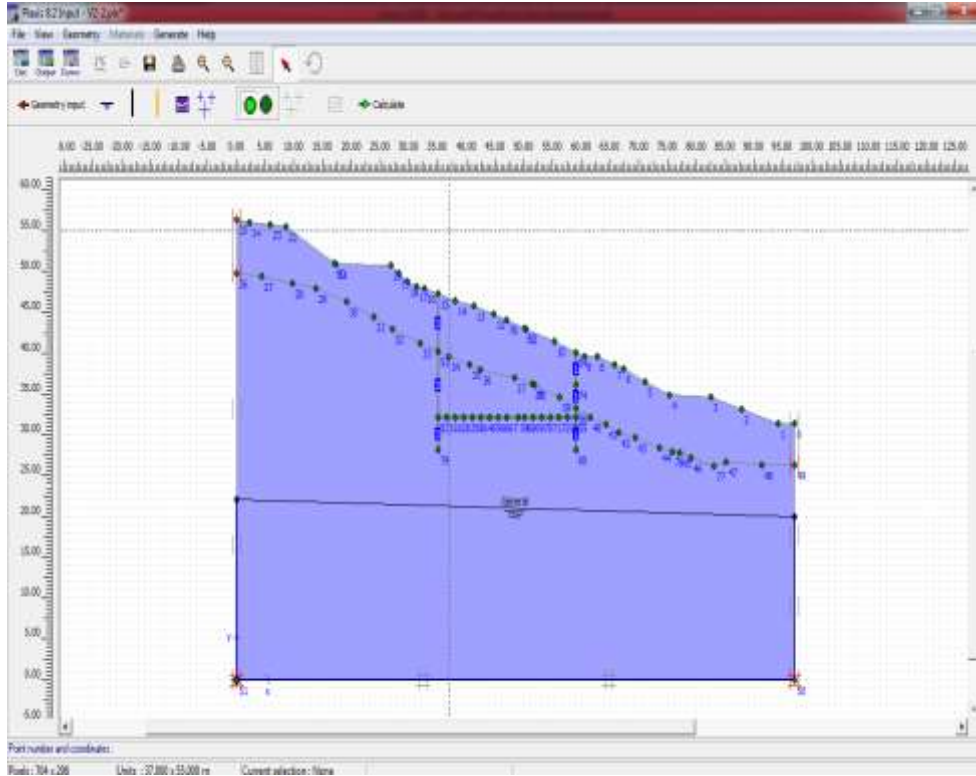
Şekil 4.28. Model 3’ün tasarımı

Şekil 4.29’da model 3’ün ağ modeli oluşturulmuştur.

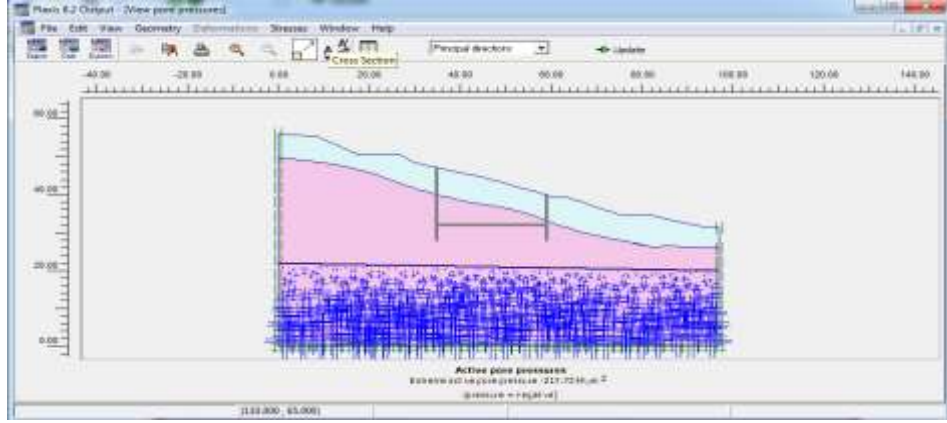


Şekil 4.29. Model 3'ün ağ modeli

Şekil 4.30'da oluşturulan model 3 için yeraltı su seviyesi belirlendi. Şekil 4.31'de ise boşluk suyu basıncı hesaplanmıştır.

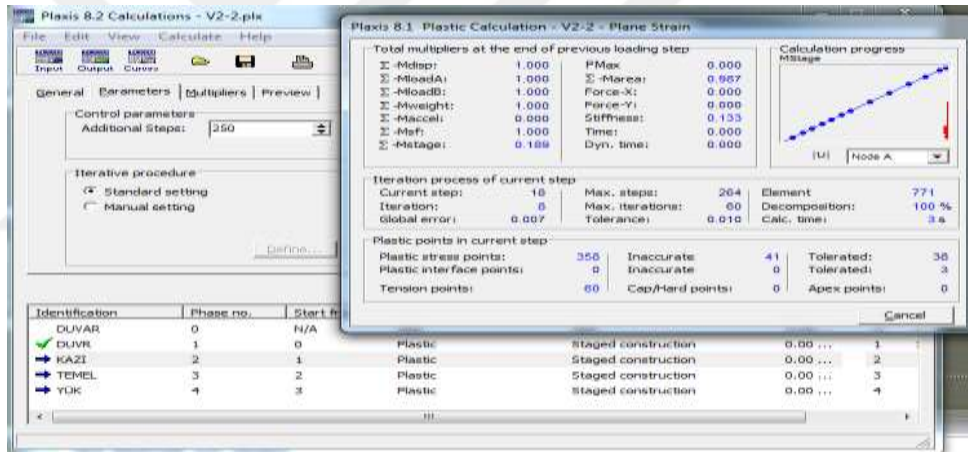


Şekil 4.30. Model 3'ün yeraltı su seviyesi



Şekil 4.31. Model 3'ün boşluk suyu basıncının hesaplanması

Şekil 4.32'de gösterildiği gibi hesaplama yapılmaya başlandı ve daha kısa kazık boyu kullanılarak tasarlanan modelde analiz sonucu verilmiştir. Şekil 4.33'te verildiği üzere çökme meydana geldi.

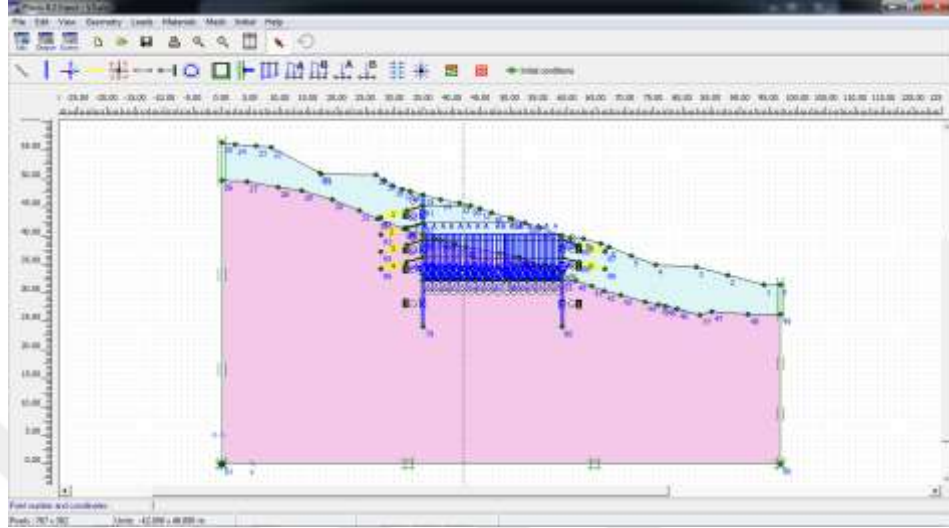


Şekil 4.32. Model 3 hesaplama



Şekil 4.33. Model 3 analiz sonucu

Oluşan deformasyonları kabul edilebilir sınıra çekmek için ankraj iksa sistemi kullanmaya karar verildi. Model 4 ankraj destek sistemleri kullanılarak tasarlanmıştır. Şekil 4.34'te model 4 tasarımının Plaxis görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.34. Model 4

Model 4'te kullanılacak olan ankraj ve geogrid elemanlarının parametre verileri Şekil 4.35 ve 4.36'da verilmiştir.

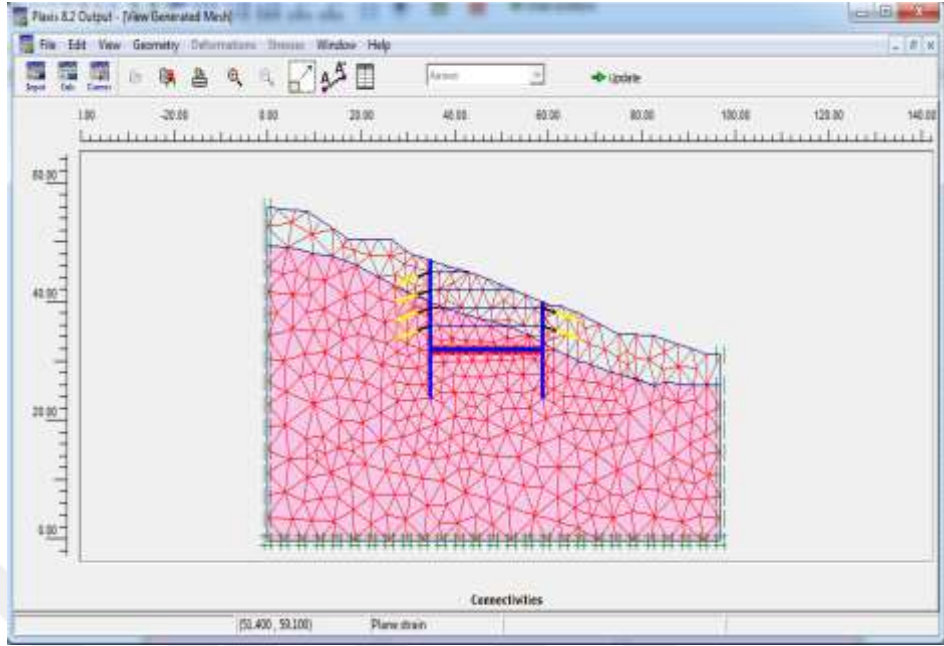
Property	Value	Unit
EA	2.000E+05	kN
Lspacing	2.500	m
Fmax,tens	1.000E+15	kN
Fmax,comp	1.000E+15	kN

Şekil 4.35. Model 4 ankraj parametreleri

Property	Value	Unit
EA	1.000E+05	kN/m
Np	1.000E+10	kN/m

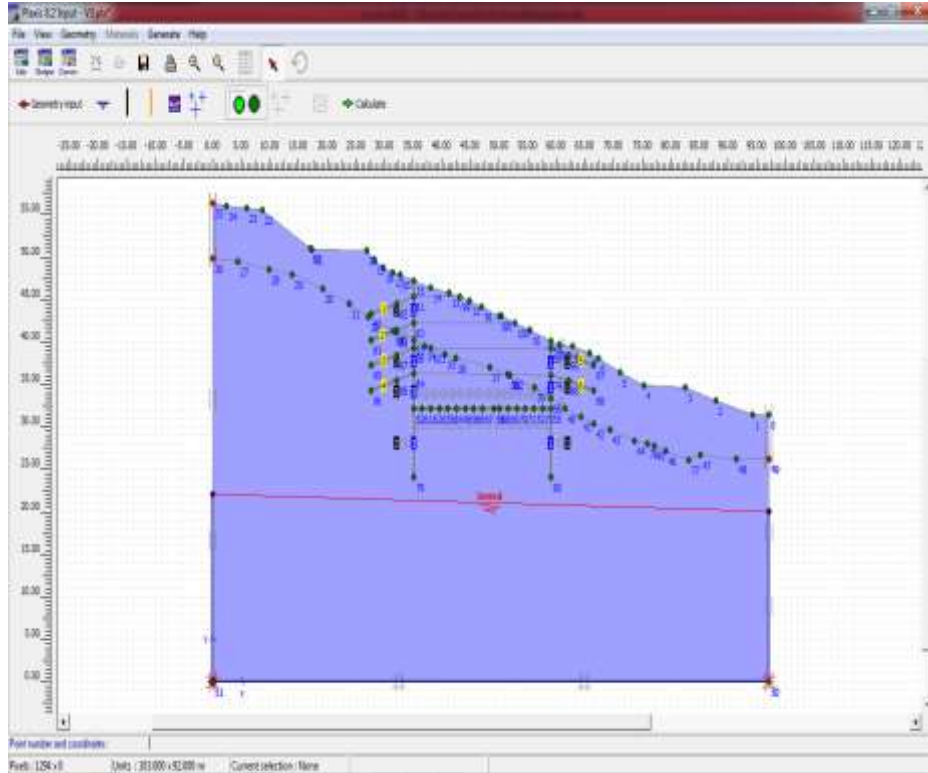
Şekil 4.36. Model 4 geogrid parametreleri

Şekil 4.37’de model 4 tasarımına ait olan ağ model verilmiştir.

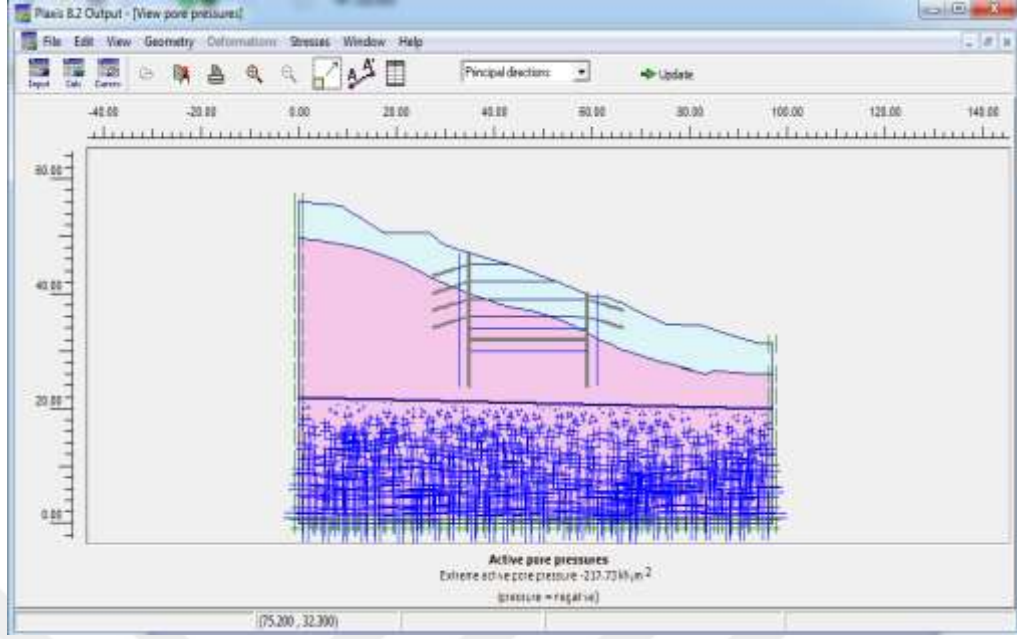


Şekil 4.37. Model 4 ağ modeli

Model 4’te ağ model oluşturulduktan sonra yeraltı su seviyesi belirlendi ve boşluk suyu basıncı hesaplandı. Sırasıyla Şekil 4.38 ve Şekil 4.39 bu işlemlere ait görselleri bulundurmaktadır.

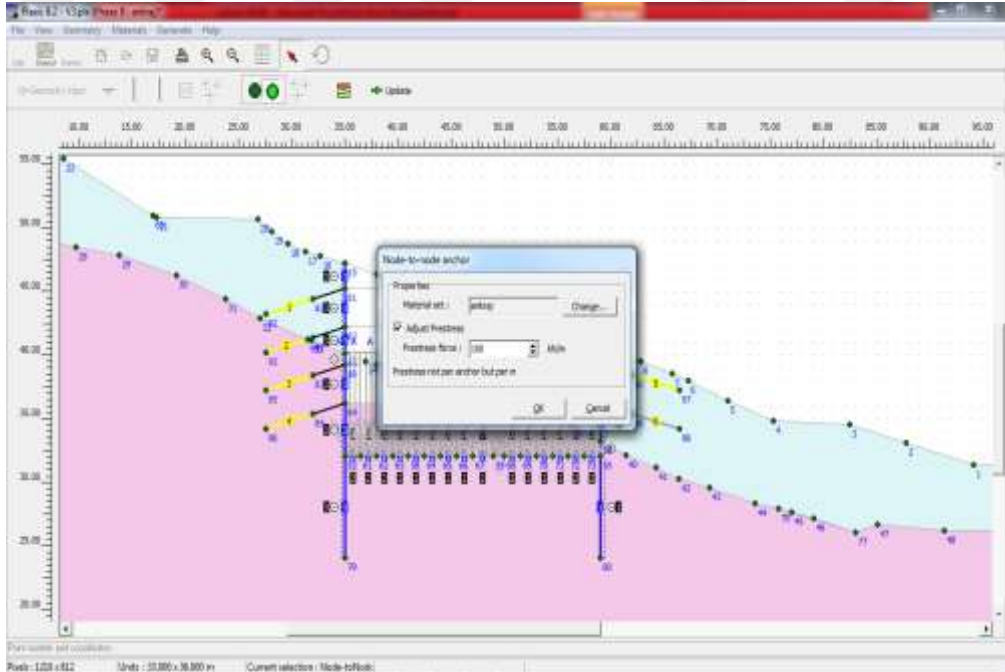


Şekil 4.38. Model 4 yeraltı su seviyesi



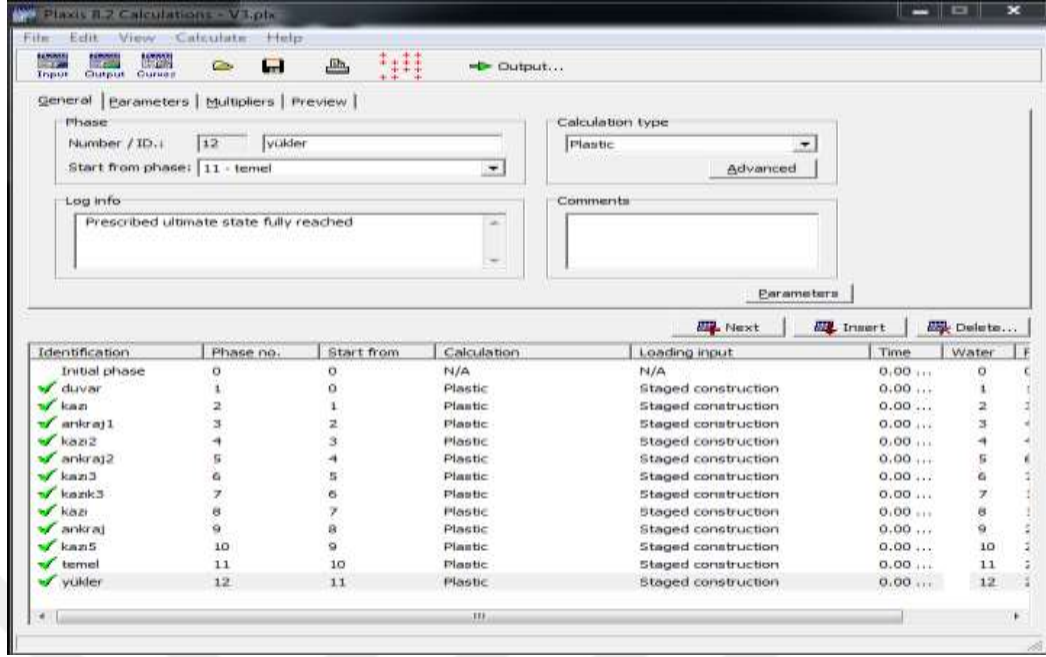
Şekil 4.39. Model 4 boşluk suyu basıncının hesaplanması

Şekil 4.40'da kullanılacak olan ankraj destek sistemlerine uygulanacak olan gerilme değeri verilmiştir. Bu değer 100 kN/m'dir. Ankraj aralıkları yüzeyden 2 m aşağıda olacak şekilde 3 m aralıklar ile tasarlanmıştır.



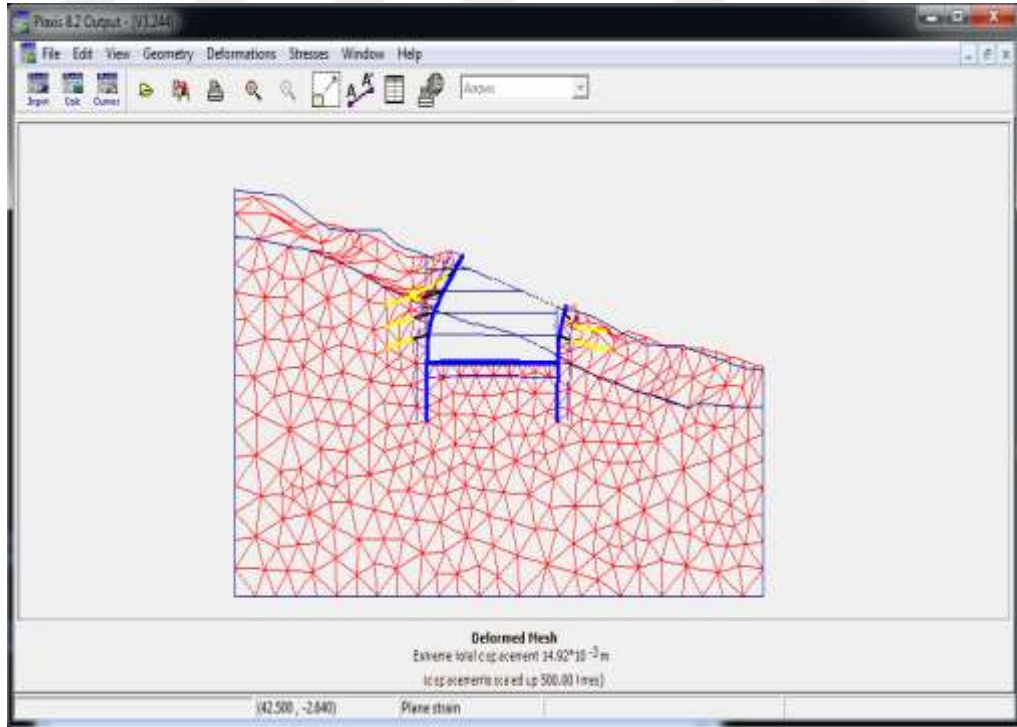
Şekil 4.40. Model 4 ankraj veri girişi

Tasarım ve veri girişleri tamamlandıktan sonra hesaplama başarılı bir şekilde tamamlandı. Şekil 4.41'de hesaplama aşaması verilmiştir.



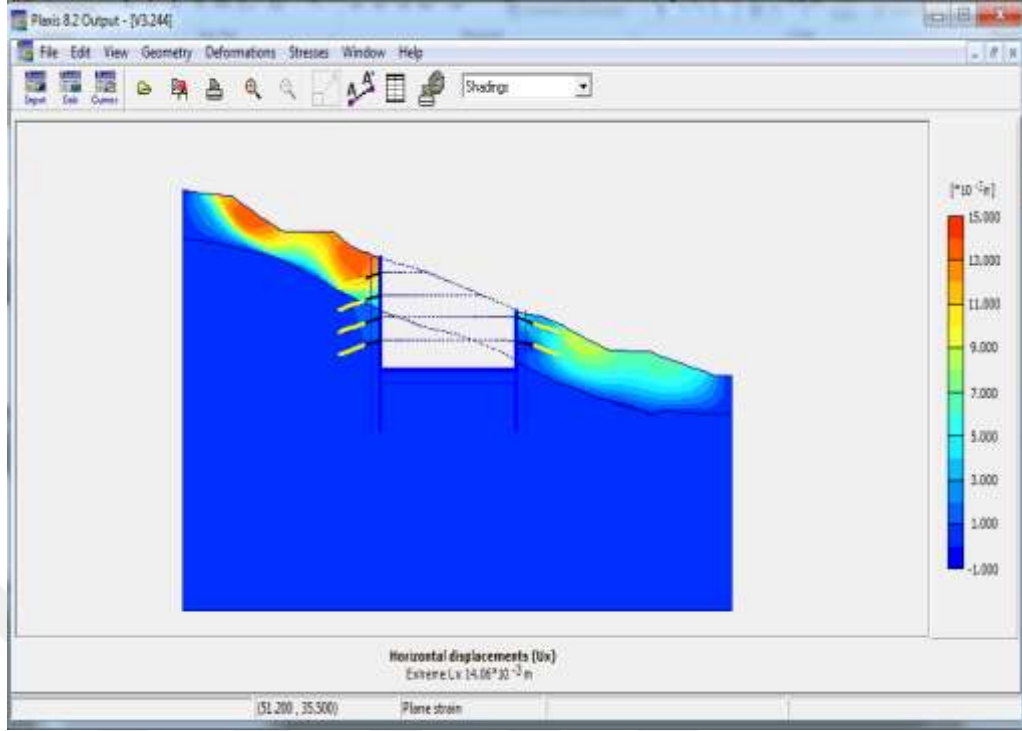
Şekil 4.41. Model 4 hesaplama yapımı

Analiz sonucu oluşan deformasyon bilgisi Şekil 4.42’de verildiği üzere 1.49 cm olarak hesaplanmıştır.



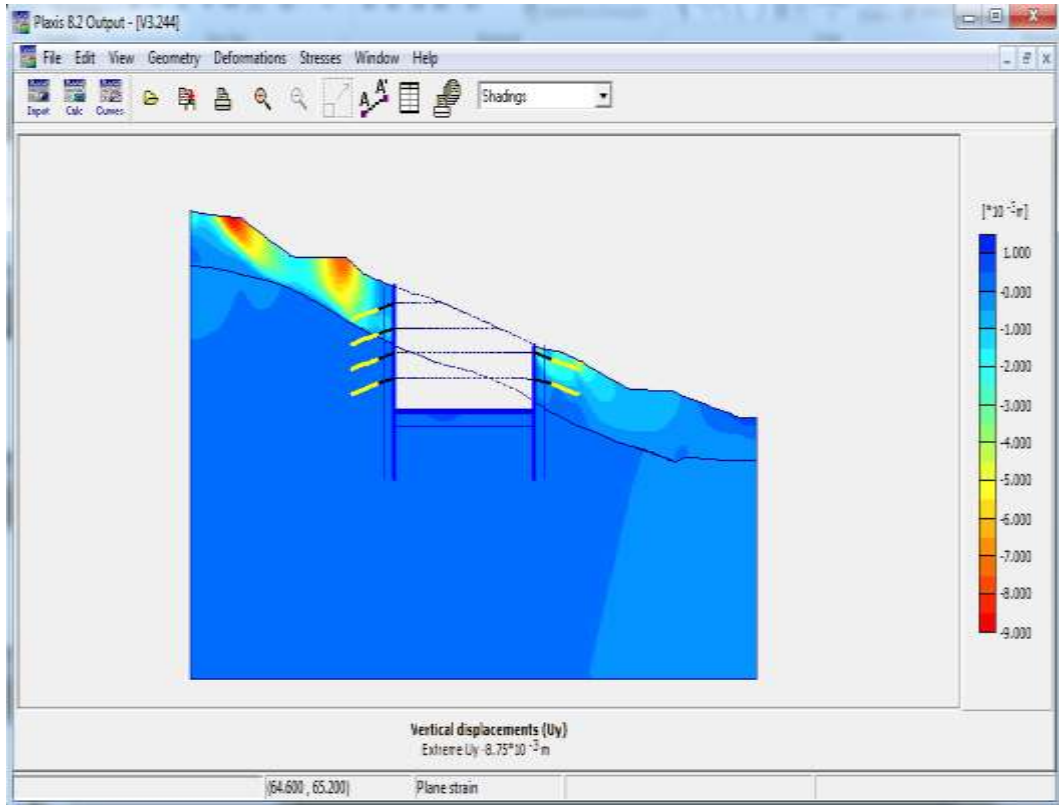
Şekil 4.42. Model 4 yerdeğiştirme

Model 4’ün yatay yönde yerdeğiştirme miktarı 1.4 cm olarak hesaplandığı Şekil 4.43’te verilmiştir.



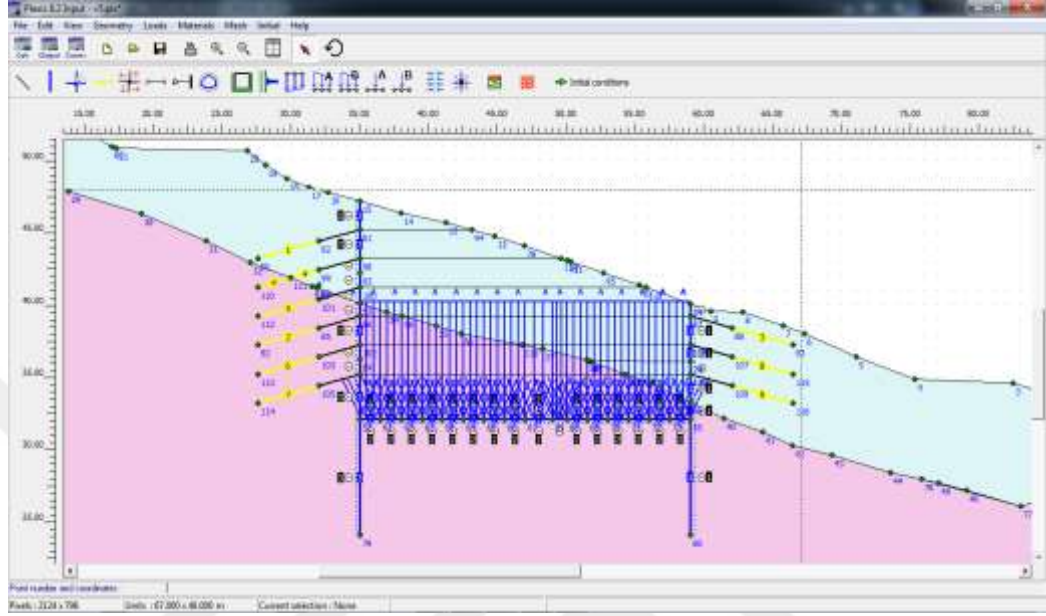
Şekil 4.43. Model 4 yatay yöndeki yerdeğiştirme

Model 4'ün düşey yönde yerdeğiştirme miktarı 0.008 cm olarak hesaplandığı Şekil 4.44'te verilmiştir.



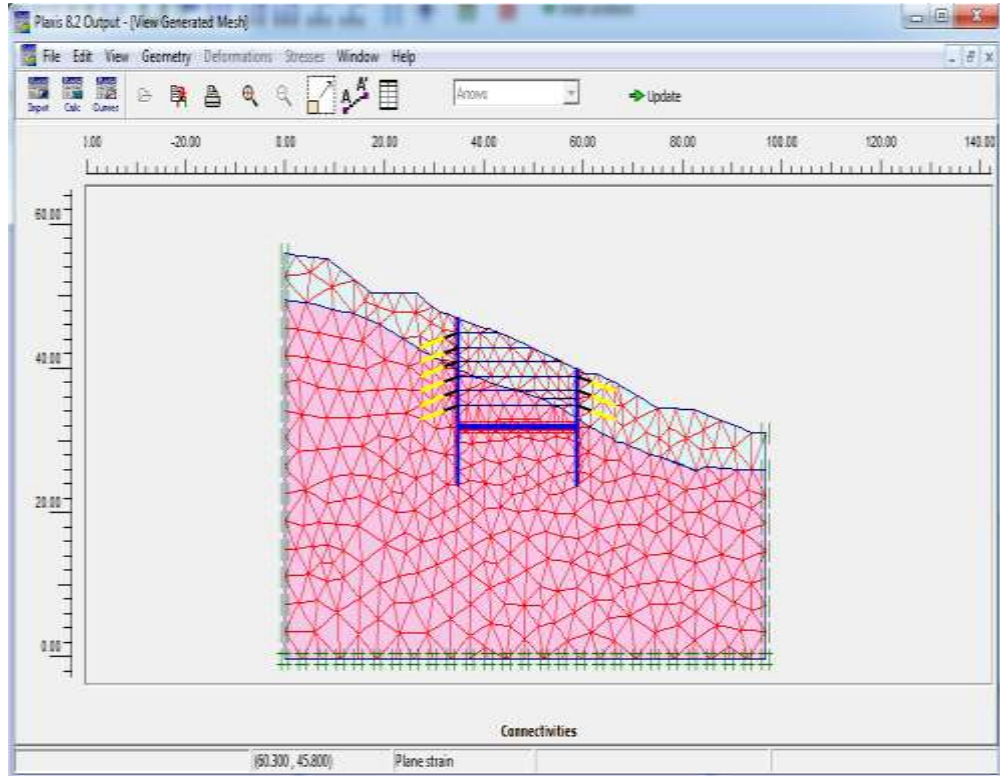
Şekil 4.44. Model 4 düşey yöndeki yerdeğiştirme

Acaba ankrajları daha sık bir şekilde tasarlırsak deformasyon nasıl etkilenir diye ankraj aralıkları yüzeyden 2 m aşağıda olacak şekilde 2 m aralıklar ile yeni bir model hazırlandı. Şekil 4.45'te model 5 görüntüsü verilmiştir.



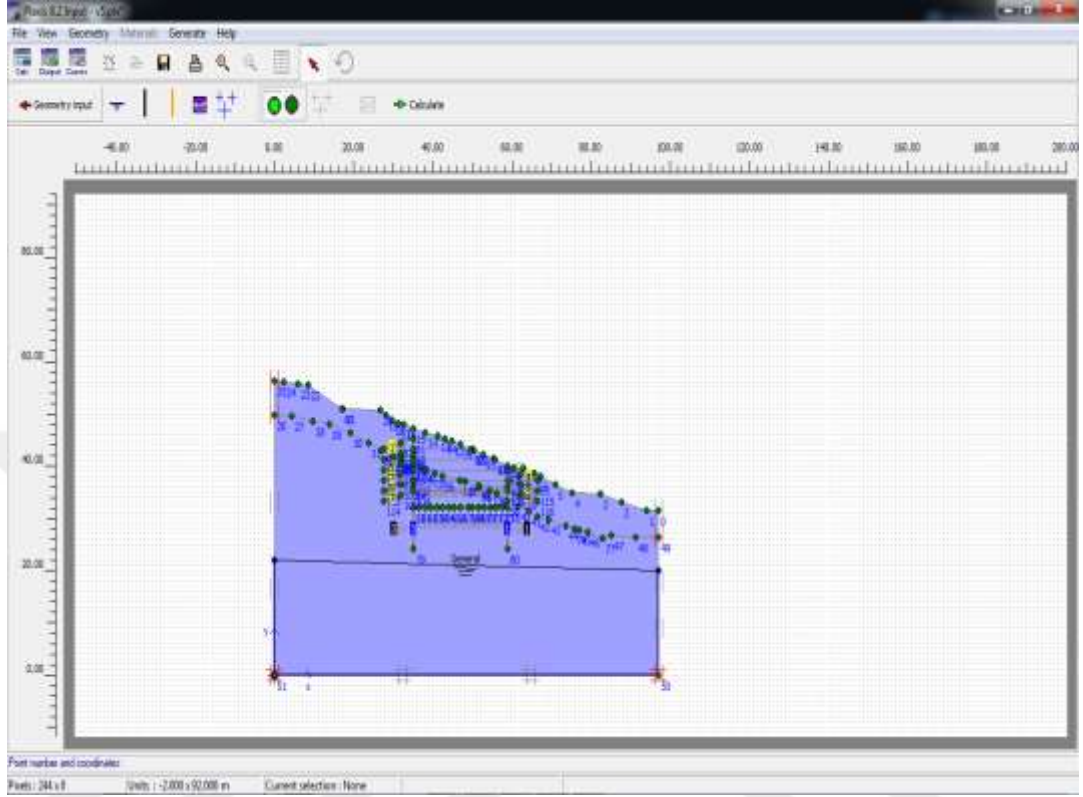
Şekil 4.45. Model 5

Şekil 4.46'da model 5'e ait olan ağ model verilmiştir.

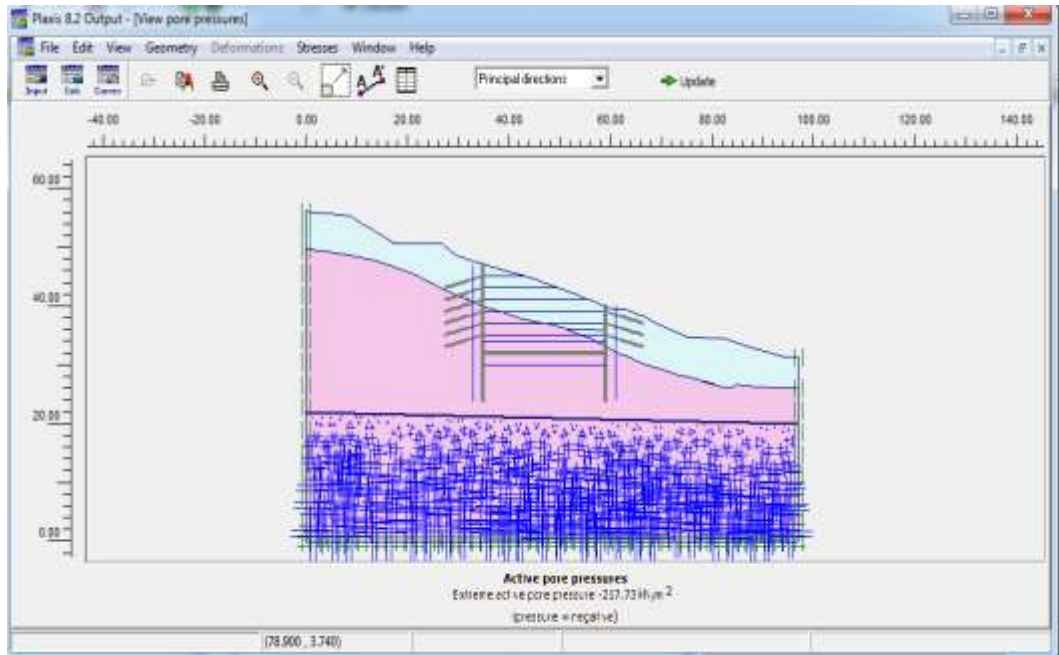


Şekil 4.46. Model 5'in ağ modeli

Şekil 4.47’de yeraltı su seviyesi belirlendi ve Şekil 4.48’de model 5’e ait boşluk suyu basıncı hesaplandı.

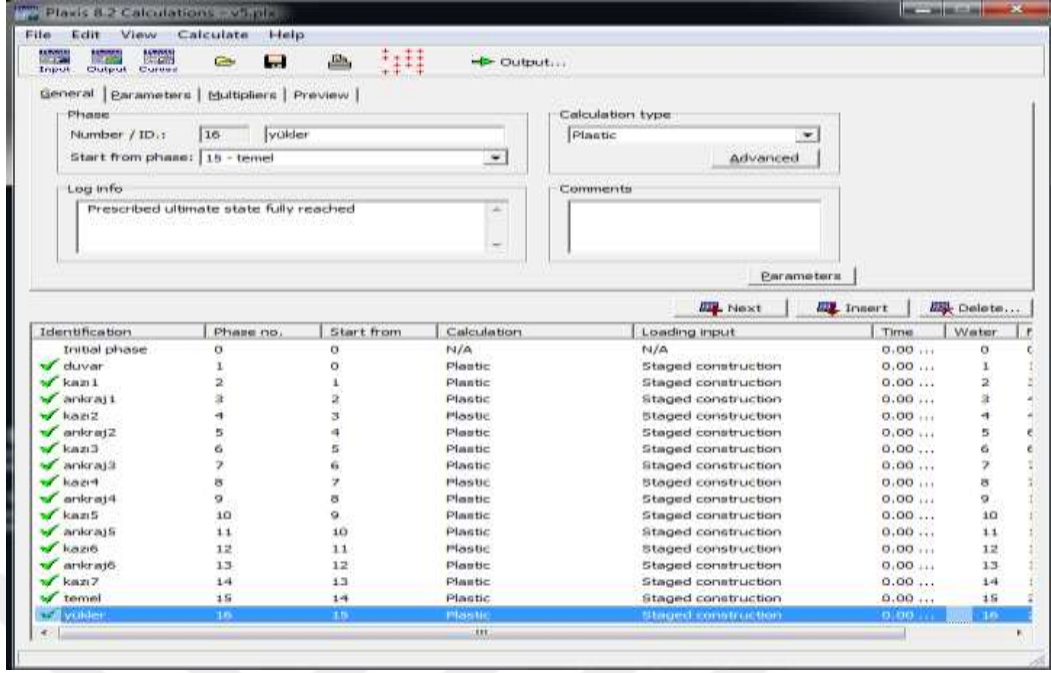


Şekil 4.47. Model 5’in yeraltı su seviyesi



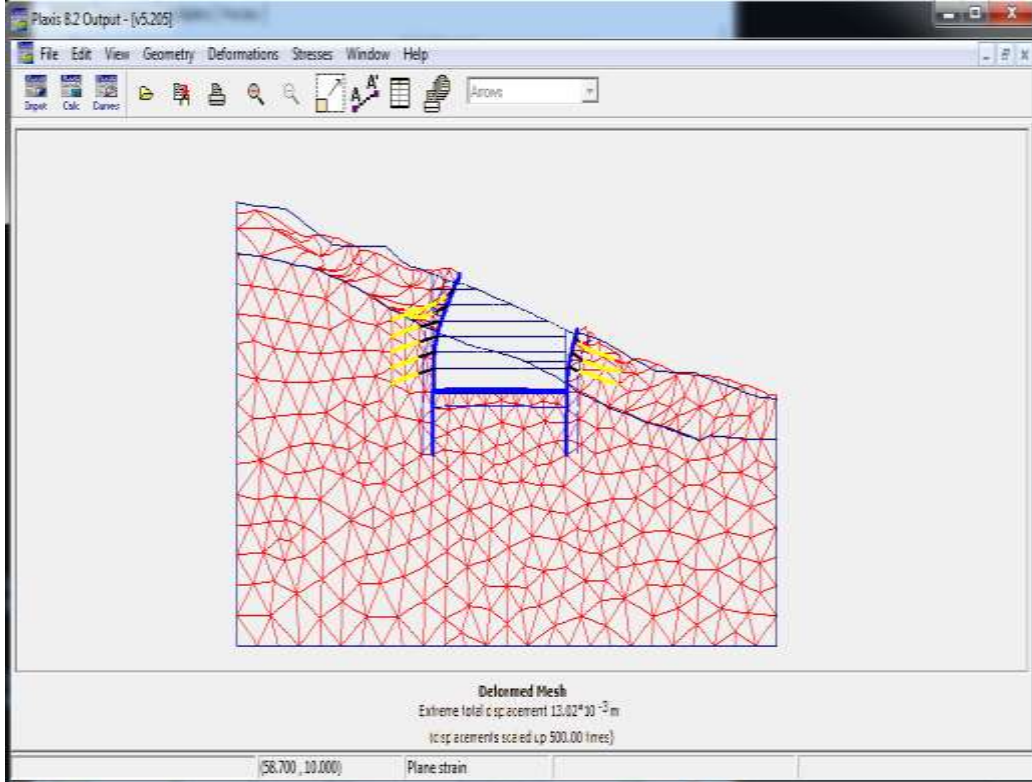
Şekil 4.48. Model 5’in boşluk suyu basıncının hesabı

Model 5’e ait hesaplama yapıldı. Hesaplama sonucu Şekil 4.49’da verilmiştir.



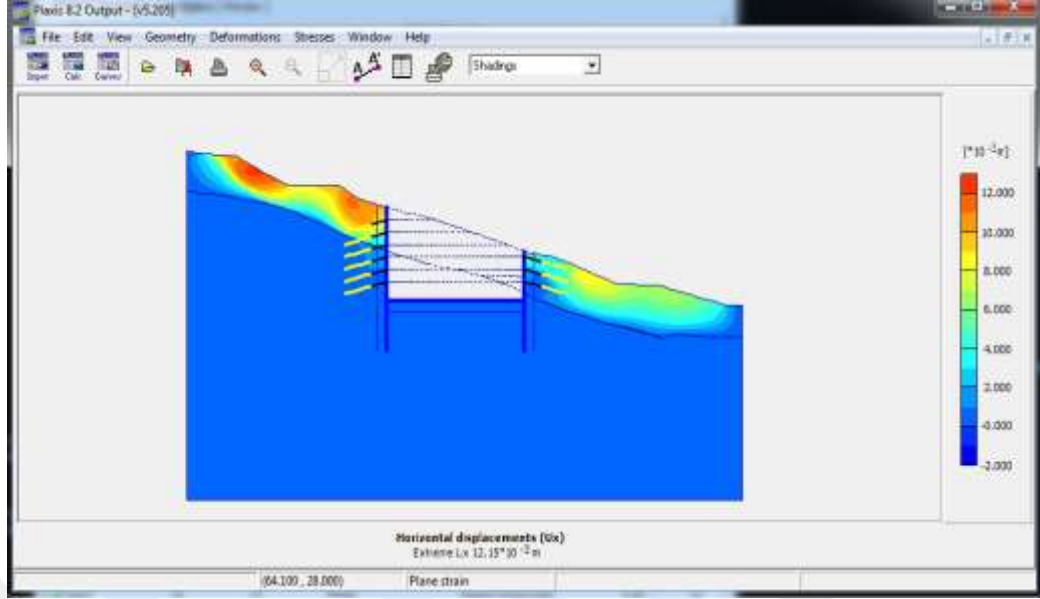
Şekil 4.49. Model 5'in hesabının yapılması

Şekil 4.50'de model 5'e ait olan yerdeğiştirmenin 1.3 cm olduğu tespit edilmiştir.



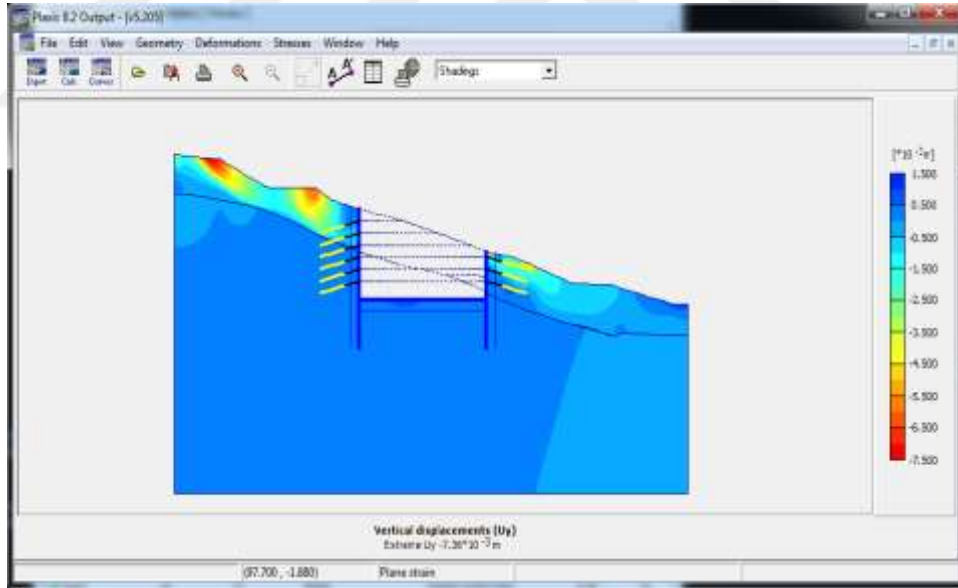
Şekil 4.50. Model 5'in analiz sonucu

Şekil 4.51'de model 5'in yatay yöndeki yerdeğiştirme miktarı 1.2 cm olarak verilmiştir.



Şekil 4.51. Model 5'in yatay yöndeki yerdeğiştirmesi

Şekil 4.52'de model 5'in düşey yöndeki yerdeğiştirme miktarı 0.007 cm olarak verilmiştir.



Şekil 4.52. Model 5'in düşey yöndeki yerdeğiştirmesi

Tekirdağ ili Karlıktepe mevkinde yapılabilecek 3 bodrumlu 5 katlı bir yapı için yapılması gereken iksa destek elemanları üzerine bir çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada kurulan modeller

- Model 1: Diyafram duvar kazı temel ve yük tanımlandı. → 1.89 cm

- Model 2 : Kazık (kazı boyu) kazı temel yük tanımlandı. → 23 cm
- Model 3: Kazık (kazı boyu/2) kazı temel yük tanımlandı. → X
- Model 4: Kazık kazı ankraj (2/3/3) temel yük tanımlandı. → 1.4 cm
- Model 5: Kazık kazı ankraj (2/2/2) temel yük tanımlandı. → 1.3 cm

Model 4 ve model 5 arasında deformasyon açısından çok büyük fark olmamasından ve model 4 'ün daha ekonomik olmasından dolayı model 4 kullanılacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Cernica J.N., *Geotechnical Engineering: Soil Mechanics*, John Wiley and SonInc., Canada, 1995.
- [2] Coduto D., *Geoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar*, Gazi Kitabevi, Ankara, 2006.
- [3] Çetin T., Şev Stabilite Analizleri İçin Bilgisayar Programının Geliştirilmesi ve Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, DOI: 10.18466/cbayarfbe.280729.
- [4] Önalp A., Arel E., *Geoteknik Bilgisi II Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.
- [5] Özüdoğru K., Tan, O., Aksoy İ.H., *Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği*, 3 rd., Birsen Yayınevi, İstanbul, 1997.
- [6] Pentz D. L.. *Methods of evaluation and analysis of stability of rock slopes*, Symp. on Stability in Open-pit Mining, Vancouver, British Columbia, 1970.
- [7] Tekin A., Sonlu Elemanlar ve Limit Denge Yöntemleri ile Şev Stabilite Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011, 305547.
- [8] Özaydın K., *Zemin Mekaniği*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1999.
- [9] Ulusay R., Heyelanlar ve Muhendislik Sevlerindeki Duraysızlıklar Türleri Etkileri ve Zararların Azaltılması, *Sel Heyelan Çığ Sempozyumu*, Samsun, Türkiye, 28-29 Mayıs 2007.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Mutman U., **Korkutan D.**, Şev Stabilitesi, *Uluslararası Mühendislik Doğal Bilimler ve Mimarlık Sempozyumu*, Kocaeli, 2-4 Mayıs 2019.



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’nde tamamladı. 2012 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Yabancı Diller Yüksekokulundan 2013 yılında mezun oldu. 2013 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden 2017 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. Ayrıca Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü okurken aynı zamanda Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümüne 2014 yılında başlayıp 2017 yılında mezun oldu. 2017-2021 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. Şu an Dilovası Toki Şantiyesinde harita şefi olarak çalışmaktadır.