T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ANKRAJLI İSTİNAT DUVARLARININ STATİK VE DİNAMİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abidin BAYRAKTAR

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

TEMMUZ 2024

T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ANKRAJLI İSTİNAT DUVARLARININ STATİK VE DİNAMİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abidin BAYRAKTAR
20262821042
ORCID: 0000-0002-0570-9364

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Doç. Dr. Eyübhan AVCI
ORCID: 0000-0001-7206-0158

TEMMUZ 2024

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Abidin BAYRAKTAR

İmzası:

Anneme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince, beni yönlendiren ve her zaman yanımda olarak desteklerini benden esirgemeyen çok değerli saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Eyübhan AVCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Dr. Öğr. Üyesi Eray YILDIRIM, Arş. Gör. Emre DEVECİ ve Arş. Gör. Melih UYSAL kıymetli hocalarıma da gerekli yönlendirmelerinden dolayı şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans eğitim süresi boyunca gerek izin konusu gerekse teknik bilgi konularında yardımcı olan UBM Müşavirlik A.Ş.'deki ve Toplu Konut İdaresi'ndeki amirlerime de teşekkürü borç bilirim. Son olarak beni bu günlere getiren ve her zaman destekçim olan gepgeniş aileme de sevgi, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Temmuz 2024

Abidin BAYRAKTAR
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **viii**
KISALTMALAR ..... **xi**
SEMBOLLER ..... **xii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xvi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xl**
SUMMARY ..... **xli**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 1
2. KUMLU ZEMİNLER **3**
3. KİLLİ ZEMİNLER **4**
3.1 Killer 4
3.2 Killerin Sınıflandırılması 4
4. İSTİNAT DUVARLARI **6**
4.1 Giriş 6
4.2 İstinat Duvarlarının Kullanıldığı Yerler 6
4.3 İstinat Duvarlarının Sınıflandırılması 7
4.4 Rijit İstinat Yapıları 8
4.4.1 Masif (ağırlık) istinat yapıları 8
4.4.2 Yarı ağırlık istinat yapıları 9
4.4.3 Konsol istinat yapıları 9
4.4.4 Payandalı istinat yapıları 10
4.5 İstinat Duvarlarının Ön Boyutlandırılması 11
4.5.1 Ağırlık istinat duvarlarının ön boyutlandırılması 11
4.5.2 Konsol istinat duvarlarının ön boyutlandırılması 12
4.5.3 Payandalı istinat duvarlarının ön boyutlandırılması 13
4.6 İstinat Duvarlarına Gelen Kuvvetler 14
4.6.1 Duvarın kendi ağırlığı 14
4.6.2 Duvar arkasındaki zeminin yanal etkisi 15
4.6.2.1 Aktif toprak basıncı 15
4.6.2.2 Pasif Toprak Basıncı 16
4.6.3 Duvar önündeki toprak basıncı 18
4.6.4 Suların yapacağı basınçlar 18
4.6.5 Deprem tesiri 19
4.6.6 Don tesiri 22
4.6.7 Üst yük (sürşarj) etkisi 23
4.7 İstinat Duvarlarının Bakımı 23
4.8 İstinat Duvarlarının Stabilitesi 24
4.8.1 Giriş 24

4.8.1.1 Devrilme tahkiki ... 25
4.8.1.2 Kayma tahkiki ... 26
4.8.1.3 Temel tabanı altındaki zemin gerilmelerinin tahkiki ... 29
4.8.1.4 Toptan göçme tahkiki ... 32
4.9 İstinat Duvarlarına Etkiyen Statik Ve Dinamik Zemin Basınçlarının Hesabı ... 35
4.9.1 Giriş ... 35
4.9.2 Rankine teorisiyle hesap ... 36
4.9.3 Coulomb teorisiyle hesap ... 39
4.9.4 Mononobe – Okabe yöntemiyle hesap ... 42
4.9.5 Steedman ve Zeng yöntemiyle hesap ... 44
4.9.6 Sonlu elemanlar analizi ... 49
5. ZEMİN ANKRAJLARI ... 50
5.1 Ankrajların Yapısı ... 50
5.2 Ankrajlar Türleri ... 52
5.3 Ankrajların Sınıflandırılması ... 52
5.3.1 Kullanım süresi bakımından sınıflandırma ... 52
5.3.2 Yapım tekniklerine göre sınıflandırma ... 53
5.3.2.1 A tipi ankrajlar ... 53
5.3.2.2 B tipi ankrajlar ... 53
5.3.2.3 C tipi ankrajlar ... 54
5.3.2.4 D Tipi Ankrajlar ... 54
5.4 Ankraj Tasarım Aşamaları ... 54
5.5 Aderans ... 57
5.6 Enjeksiyon ... 57
5.7 Tendonlar ... 57
5.8 Korozyona Karşı Önlemler ... 59
5.9 Test Etme ... 59
5.10 Ankrajlı İksa Sistemlerinin Genel Göçme Mekanizmaları ... 60
5.10.1 Kökün zeminden sıyrılması ... 60
5.10.2 Tendon kopması ... 61
5.10.3 Toptan göçme ... 61
5.10.4 Enjeksiyon ve tendon arasında sıyrılma ... 61
5.10.5 Kök taşıma gücü ... 61
5.11 Ankrajlı İksa Sistemleri ... 66
5.11.1 Ankrajlara gelen kuvvetlerin belirlenmesi ... 66
5.11.1.1 Tek sıra ankraj uygulaması ... 66
5.11.1.2 Çok sıra ankraj uygulaması ... 67
5.11.2 İksa duvarına gelen eğilme momentlerinin belirlenmesi ... 69
5.11.2.1 Tek sıra ankraj uygulaması ... 69
5.11.2.2 Çok sıra ankraj uygulaması ... 70
6. MATERYAL VE METOT ... 73
6.1 Seçilen İstinat Tipleri ... 73
6.2 Seçilen İstinat Duvarı Tiplerinin, Zemin Türlerinin ve Ankrajların Malzeme Parametreleri ... 75
6.3 Seçilen Verilere Göre İstinat Duvarının Devrilme, Kayma ve Taban Basıncı Tahkiklerinin Elle Yapılması ... 78
6.3.1 Kumlu zemin etkisinde olması durumunda ... 79
6.3.1.1 TİP-1 istinat duvarı için ... 79
6.3.1.2 TİP-2 istinat duvarı için ... 81
6.3.1.3 TİP-3 istinat duvarı için ... 82

6.3.1.4 TİP-4 istinat duvarı için 83
6.3.2 Killi zemin etkisinde olması durumunda 84
6.3.2.1 TİP-1 istinat duvarı için 84
6.3.2.2 TİP-2 istinat duvarı için 85
6.3.2.3 TİP-3 istinat duvarı için 87
6.3.2.4 TİP-4 istinat duvarı için 88
6.4 Seçilen Verilere Göre Ankraj Boyları, Kök Taşıma Kapasiteleri, Sıyrılma Ve Çekme Tahkiklerinin Elle Hesaplanması 89
6.4.1 Kumlu zemin etkisinde olması durumunda 89
6.4.1.1 TİP-1 istinat duvarı için 89
6.4.1.2 TİP-2 istinat duvarı için 91
6.4.1.3 TİP-3 istinat duvarı için 94
6.4.1.4 TİP-4 istinat duvarı için 99
6.4.2 Killi zemin etkisinde olması durumunda 105
6.4.2.1 TİP-1 istinat duvarı için 105
6.4.2.2 TİP-2 istinat duvarı için 107
6.4.2.3 TİP-3 istinat duvarı için 109
6.4.2.4 TİP-4 istinat duvarı için 111
7. PLAXİS VE SLİDE PROGRAM ANALİZ SONUÇLARI 113
7.1 Plaxis Programı Analiz Sonuçları 113
7.1.1 Statik analiz sonuçları 113
7.1.1.1 TİP-1 istinat duvarı 113
7.1.1.2 TİP-2 istinat duvarı 130
7.1.1.3 TİP-3 istinat duvarı 153
7.1.1.4 TİP-4 istinat duvarı 182
7.1.2 Dinamik analiz sonuçları 217
7.1.2.1 TİP-1 istinat duvarı 217
7.1.2.2 TİP-2 istinat duvarı 233
7.1.2.3 TİP-3 istinat duvarı 253
7.1.2.4 TİP-4 istinat duvarı 278
7.2 Slide Programı Analiz Sonuçları 308
7.2.1 Statik analiz sonuçları 308
7.2.1.1 TİP-1 istinat duvarı 308
7.2.1.2 TİP-2 istinat duvarı 311
7.2.1.3 TİP-3 istinat duvarı 316
7.2.1.4 TİP-4 istinat duvarı 323
7.2.2 Dinamik analiz sonuçları 332
7.2.2.1 TİP-1 istinat duvarı 333
7.2.2.2 TİP-2 istinat duvarı 337
7.2.2.3 TİP-3 istinat duvarı 342
7.2.2.4 TİP-4 istinat duvarı 349
8. SONUÇ VE ÖNERİLER 360
KAYNAKLAR 367

KISALTMALAR

AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
PH : Power of Hydrogen
PVC : Polivinil klorür
TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
YASS : Yer altı su seviyesi

SEMBOLLER

B : İstinat duvar genişliği

H : İstinat duvar yüksekliği

V : Duvar kesit alanı

γ_m : Duvar malzemesinin birim hacim ağırlığı

W : Duvar ağırlığı

K_o : Sükunetteki toprak basıncı katsayısı

K_{as} : Aktif toprak basıncı katsayısı

K_{ps} : Pasif toprak basıncı katsayısı

K_{ae} : Depremli durum için toplam aktif toprak basıncı katsayısı

P_{ae} : Toplam itki

M : Kama kütlesi

a_h : Deprem yatay ivmesi

a_v : Deprem düşey ivmesi

P_a : **S**tatik durum (depremsiz durum) için bilinen aktif itki

ΔP_e : Deprem kaynaklı gelen ek itki

k_h : Deprem yatay ivme katsayısı

k_v : Deprem düşey ivme katsayısı

g : Yerçekimi ivmesi

$M_{(karşı\ koyan)}$: Dönmeye karşı koyduğu momentler

$M_{(deviren)}$: Devirmeye çalışan momentler

G_s : Güvenlik sayısı

$\sum N$: Duvar tabanına gelen tüm düşey ağırlıklar

μ : Sürtünme katsayısı

$\sum F$: Kaymaya karşı koyan sürtünme kuvveti

c : Taban zemininin kohezif mukavemeti

N_G : Duvarın kendi ağırlığı

N_Z : Duvar tabanı üzerindeki zemin ağırlığı

P_v : Aktif duvar itkisinin düşey bileşkesi

P_h : Aktif duvar itkisinin yatay bileşkesi

$\sum M_o$: O noktasına göre momentlerinin toplamı

e : Dış merkezlik (eksantrisite)

σ_{Zem} : Zemin emniyet gerilmesi

lb : İstinat duvar taban genişliği

σ_{Zmax} : Maksimum zemin gerilmesi

σ_{Zmin} : Minimum zemin gerilmesi

W_i : Şev dilim ağırlığı

M_d : Toptan göçmeye çalışan momentler

b_i : Dilimin yatay uzunluğu

h_i : Dilimin düşey uzunluğu

γ : Zeminin birim hacim ağırlığı

r : Kayma dairesinin yarıçapı

P_{as} : Statik durumda aktif basınç itkisi

x : Moment kolu

M_r : Kayma merkezine göre moment

φ : Kayma direnci açısı

i : Zemin üst yüzeyinin yatay ile yaptığı açı

δ : Duvar arka yüzü ile zemin arasındaki sürtünme açısı

α : Duvar arka yüzünün düşeyle yapmış olduğu açı

P_{ps} : Coulomb pasif itki

C_v : Düşey ivme katsayısı

C_h : Yatay ivme katsayısı

λ : Eşdeğer deprem katsayısı

K_{at} : Toplam aktif zemin basınç katsayısı

K_{pt} : Toplam basınç katsayısı

a(z,t) : Duvarın tepesinden z derinliğindeki ivme

θ : Dinamik duvar basınçlarının yatayla yaptığı açı

m(z) : z derinliğindeki bir katmanın ince elemanının kütlesi

ω : Açısal frekans

V_s : Kayma dalgasının hızı

Φ : Zemin içsel sürtünme açısı

d : Kök çapı

L_o : Kök boyu

h : Ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği

c_α : Adezyon

$P_{tasarım}$: Tasarımda göz önünde bulundurulacak olan taşıma gücü değeri

F : Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi

T_k : Ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi

ξ : Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

F_t : Ankraj tesiri

γ_A : Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör

γ_R : Dirençlere uygulanan kısmi faktör

$E_{\alpha;d}$: Ankraj tasarım tesiri

$R_{\alpha;d}$: Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci

R_t : Ankraj çekme dayanımı

n : Tendon sayısı

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı

d_1 : Bir tendonun nominal çapı

$R_{t;d}$: Ankraj tasarım çekme dayanımı

R_c : Ankrajın enjeksiyondan sıyrılma direnci

τ_c : Tendon/enjeksiyon aderansı

d_s : Ankraj çubuğunun çapı

f_c : Enjeksiyon basınç dayanımı

f_{ctd} : Enjeksiyon çekme dayanımı

C_0 : Deneysel katsayı

C_1 : Enjeksiyon çekme gerilmesine uygulanan katsayı

$R_{c;d}$: Tendon / enjeksiyon tasarım sıyrılma

γ_{dry} : Kuru birim hacim ağırlığı

γ_{wet} : Suya doygun birim hacim ağırlığı

k : Permeabilite

E_{ref} : Young modülü

ν : Poisson oranı

ψ : Dilatansi açısı

EA : Normal rijitlik

EI : Eğilme rijitliği

d : Duvar kalınlığı

w : Eleman ağırlığı

L_s : Destek aralığı

F_{max} : Maksimum kuvvet

γ_{beton} : Betonarme yapıların birim hacim ağırlığı

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

σ_o : Efektif gerilme

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 6.1 **:** Kullanılan zemin parametreleri. **75**
Çizelge 6.2 : TİP-1 istinat duvarının perdesi için kullanılan malzeme parametreleri. **75**
Çizelge 6.3 : TİP-1 istinat duvarının temeli için kullanılan malzeme parametreleri. **76**
Çizelge 6.4 : TİP-2 istinat duvarının perdesi için kullanılan malzeme parametreleri. **76**
Çizelge 6.5 : TİP-2 istinat duvarının temeli için kullanılan malzeme parametreleri. **76**
Çizelge 6.6 : TİP-3 istinat duvarının perdesi için kullanılan malzeme parametreleri. **77**
Çizelge 6.7 : TİP-3 istinat duvarının temeli için kullanılan malzeme parametreleri. **77**
Çizelge 6.8 : TİP-4 istinat duvarının perdesi için kullanılan malzeme parametreleri. **77**
Çizelge 6.9 : TİP-4 istinat duvarının temeli için kullanılan malzeme parametreleri. **78**
Çizelge 6.10 : Kullanılan ankrajların malzeme parametreleri. **78**
Çizelge 6.11 : Kullanılan ankraj kök bölgelerinin malzeme parametreleri. **78**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1 : İstinat duvarlarının kullanıldığı yerler. ... **7**
Şekil 4.2 : İstinat (dayanma) duvarlarının sınıflandırılması. ... **8**
Şekil 4.3 : Ağırlık istinat yapılarının en kesit tipleri. ... **9**
Şekil 4.4 : Yarı ağırlık istinat yapıları en kesit tipleri ve asal donatı şemaları. ... **9**
Şekil 4.5 : Konsol istinat yapıları ve donatı şemaları. ... **10**
Şekil 4.6 : Dişli konsol istinat yapılarında asal donatı şeması. ... **10**
Şekil 4.7 : Payandalı istinat yapısı. ... **11**
Şekil 4.8 : Ağırlık İstinat duvarlarının ön boyutlandırılması. ... **12**
Şekil 4.9 : Konsol istinat duvarlarının ön boyutlandırılması. ... **13**
Şekil 4.10 : Payandalı istinat duvarlarının ön boyutlandırılması. ... **13**
Şekil 4.11 : İstinat duvarlarına gelen yükler. ... **14**
Şekil 4.12 : Aktif durumun oluşması için gereken yer değiştirmeler. ... **15**
Şekil 4.13 : Aktif durumda istinat duvarında oluşan dönme hareketi. ... **16**
Şekil 4.14 : Aktif durumda istinat duvarında oluşan kayma hareketi. ... **16**
Şekil 4.15 : Pasif durumun oluşması için gereken yer değiştirmeler. ... **17**
Şekil 4.16 : Pasif durumda istinat duvarında oluşan hareket. ... **17**
Şekil 4.17 : Duvar hareketine göre aktif ve pasif itkinin oluşumu. ... **18**
Şekil 4.18 : İstinat duvarında drenaj yöntemler. ... **19**
Şekil 4.19 : Depremde dayanma yapısında aktif durum. ... **20**
Şekil 4.20 : Deprem ek itkisinin etkime yeri. ... **21**
Şekil 4.21 : Depremde dayanma duvarında pasif durum. ... **21**
Şekil 4.22 : İstinat duvarlarının arkasındaki ve topuğundaki buzlanma bölgeleri. ... **22**
Şekil 4.23 : İstinat duvarlarına etki eden yükler. ... **25**
Şekil 4.24 : İstinat duvarlarında devrilme tahkiki. ... **26**
Şekil 4.25 : İstinat duvarında kayma (Taban üzerinde). ... **26**
Şekil 4.26 : Taban zemini için sürtünme katsayıları. ... **27**
Şekil 4.27 : Taban zemininin kohezif mukavemetleri. ... **28**
Şekil 4.28 : İstinat duvarlarında kayma tahkiki. ... **28**
Şekil 4.29 : İstinat duvarının temel tabanı altında meydana gelen zemin gerilmeleri. ... **29**
Şekil 4.30 : Küçük dış merkezlik $e < I_b / 6$ durumunda oluşan zemin gerilmeleri. ... **30**
Şekil 4.31 : $e = I_b / 6$ sınır durumunda oluşan zemin gerilmeleri. ... **31**
Şekil 4.32 : Büyük dış merkezlik $e > I_b / 6$ durumunda oluşan zemin gerilmeleri. ... **32**
Şekil 4.33 : İstinat duvarında toptan göçme (şev kayması). ... **32**
Şekil 4.34 : İstinat duvarlarının İsveç Dilim Yöntemi ile toptan göçme kontrolü. ... **33**
Şekil 4.35 : Kum (a), kil (b), kum-kil karışımı (c) zeminlerde aktif Rankine durumuna ilişkin statik basınç dağılımı. ... **37**
Şekil 4.36 : Aktif Rankine durumunda Zemin etkileri. ... **38**
Şekil 4.37 : Kum (a), kil (b), kum-kil karışımı (c) zeminlerde pasif Rankine durumuna ilişkin statik basınç dağılımı. ... **39**

Şekil 4.38 : Pasif Rankine durumunda zemin etkileri. **39**
Şekil 4.39 : (a) Coulomb teorisinde aktif durumda zemin kamasına etkiyen kuvvetler ve (b) kuvvet poligonu. **40**
Şekil 4.40 : (a) Coulomb teorisinde pasif durumda zemin kamasına etkiyen kuvvetler ve (b) kuvvet poligonu. **41**
Şekil 4.41 : (a) Mononobe-Okabe yönteminde aktif kama üzerine etki eden kuvvetler ve (b) kuvvet poligonu. **43**
Şekil 4.42 : İstinat duvarlarının Mononobe-Okabe yöntemine göre tasarımı. **44**
Şekil 4.43 : Steedman-Zeng yöntemine ilişkin hesap modeli..... **45**
Şekil 4.44 : Steedman ve Zeng yöntemine göre istinat duvarlarının tasarımı. **47**
Şekil 4.45 : Yatay eşdeğer deprem katsayısının $C_h = 0.2$ değeri için dinamik aktif itki (P_{ad}) tatbik noktasının duvar yüksekliği/düşey kayma dalgası boyu (H/λ_0) oranıyla değişimi. **48**
Şekil 4.46 : $C_h = 0.2$ ve $H/\lambda = 0.3$ kabul edilerek, M-O ve Steedman-Zeng yöntemleri için normalize edilmiş basınç dağılımlarının karşılaştırılması. **48**
Şekil 5.1 : Ankraj bölümleri. **50**
Şekil 5.2 : Ankrajların kullanıldığı çeşitli alanlar..... **51**
Şekil 5.3 : Yapım tekniklerine göre ankraj tipleri. **53**
Şekil 5.4 : Ankraj imalatına ait genel adımlar. **55**
Şekil 5.5 : Tipik ankraj yerleşimi. **57**
Şekil 5.6 : Çubuk tendona ait tipik kesit. **58**
Şekil 5.7 : Çelik Demetlerden Yapılmış bir Tendona ait Kesit. **59**
Şekil 5.8 : Belirli güvenlik katsayıları. **59**
Şekil 5.9 : Ankrajlı iksa tasarımlarında göz önünde bulundurulması gereken durumlar. **60**
Şekil 5.10 : Zemin türüne bağlı kök taşıma gücü değerleri. **62**
Şekil 5.11 : Kaya türüne bağlı kök taşıma gücü değerleri. **62**
Şekil 5.12 : Depremsiz durumda ULS hesabı için kısmı katsayılar. **64**
Şekil 5.13 : Tek sıra ankraj durumu..... **67**
Şekil 5.14 : Çok sıra ankraj durumu alan yöntemi. **67**
Şekil 5.15 : Çok sıra ankraj durumu düğüm yöntemi. **68**
Şekil 5.16 : Tek sıra ankraj durumu düğüm yöntemine göre moment kuvvetinin belirlenmesi. **69**
Şekil 5.17 : Tek sıra ankraj durumu alan yöntemine göre moment kuvvetinin belirlenmesi. **70**
Şekil 5.18 : Çok sıra ankraj durumunda düğüm yöntemine göre ankraj kuvvetlerinin belirlenmesi. **71**
Şekil 5.19 : Çok sıra ankraj durumunda alan yöntemine göre ankraj kuvvetlerinin belirlenmesi. **72**
Şekil 6.1 : TİP-1 istinat duvarı modeli..... **73**
Şekil 6.2 : TİP-2 istinat duvarı modeli..... **73**
Şekil 6.3 : TİP-3 istinat duvarı modeli..... **74**
Şekil 6.4 : TİP-3 istinat duvarı modeli..... **74**
Şekil 6.5 : İstinat Duvarını Etkileyen Kuvvetler. **79**
Şekil 6.6 : TİP-1 istinat duvarı kumlu zeminde ankraj tasarımı. **89**
Şekil 6.7 : TİP-2 istinat duvarı kumlu zeminde ankraj tasarımı. **91**
Şekil 6.8 : TİP-3 istinat duvarı kumlu zeminde ankraj tasarımı. **94**
Şekil 6.9 : TİP-4 istinat duvarı kumlu zeminde ankraj tasarımı. **99**
Şekil 6.10 : TİP-1 istinat duvarı killi zeminde ankraj tasarımı. **105**

Şekil 6.11 : TİP-2 istinat duvarı killi zeminde ankraj tasarımı. **107**
Şekil 6.12 : TİP-3 istinat duvarı killi zeminde ankraj tasarımı. **109**
Şekil 6.13 : TİP-4 istinat duvarı killi zeminde ankraj tasarımı. **111**
Şekil 7.1 : Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **113**
Şekil 7.2 : Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli. **114**
Şekil 7.3 : Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **114**
Şekil 7.4: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **115**
Şekil 7.6: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **116**
Şekil 7.7: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **116**
Şekil 7.8: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **117**
Şekil 7.9: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **117**
Şekil 7.10: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **118**
Şekil 7.11: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **118**
Şekil 7.12: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **119**
Şekil 7.13: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **119**
Şekil 7.14: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **120**
Şekil 7.15: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **120**
Şekil 7.16: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **121**
Şekil 7.17: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **121**
Şekil 7.18: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **122**
Şekil 7.19: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **122**
Şekil 7.20: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **123**
Şekil 7.21: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **123**
Şekil 7.22: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **124**
Şekil 7.23: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **124**

Şekil 7.24: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **125**
Şekil 7.25: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **125**
Şekil 7.26: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **126**
Şekil 7.27: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **126**
Şekil 7.28: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **127**
Şekil 7.29: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **127**
Şekil 7.30: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **128**
Şekil 7.31: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **128**
Şekil 7.32: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **129**
Şekil 7.33: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **129**
Şekil 7.34: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **130**
Şekil 7.35: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **130**
Şekil 7.36: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli. **131**
Şekil 7.37: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **131**
Şekil 7.38: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **132**
Şekil 7.39: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **132**
Şekil 7.40: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **133**
Şekil 7.41: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **133**
Şekil 7.42: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **134**
Şekil 7.43: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **134**
Şekil 7.44: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **135**
Şekil 7.45: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **135**
Şekil 7.46: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **136**

Şekil 7.47: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **136**
Şekil 7.48: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **137**
Şekil 7.49: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **137**
Şekil 7.50: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **138**
Şekil 7.51: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **138**
Şekil 7.52: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **139**
Şekil 7.53: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **139**
Şekil 7.54: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **140**
Şekil 7.55: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **140**
Şekil 7.56: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **141**
Şekil 7.57: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **141**
Şekil 7.58: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **142**
Şekil 7.59: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **142**
Şekil 7.60: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **143**
Şekil 7.61: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **143**
Şekil 7.62: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **144**
Şekil 7.63: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **144**
Şekil 7.64: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **145**
Şekil 7.65: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **145**
Şekil 7.66: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **146**
Şekil 7.67: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **146**
Şekil 7.68: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **147**
Şekil 7.69: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **147**

Şekil 7.70: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **148**
Şekil 7.71: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli-1. ..... **148**
Şekil 7.72: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **149**
Şekil 7.73: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **149**
Şekil 7.74: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **150**
Şekil 7.75: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **150**
Şekil 7.76: Killi Zemin Etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **151**
Şekil 7.77: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **151**
Şekil 7.78: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **152**
Şekil 7.79: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **152**
Şekil 7.80: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **153**
Şekil 7.81: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **153**
Şekil 7.82: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli. **154**
Şekil 7.83: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **154**
Şekil 7.84: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **155**
Şekil 7.85: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **155**
Şekil 7.86: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **156**
Şekil 7.87: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **156**
Şekil 7.88: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **157**
Şekil 7.89: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **157**
Şekil 7.90: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **158**
Şekil 7.91: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **158**
Şekil 7.92: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **159**

Şekil 7.93: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **159**
Şekil 7.94: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **160**
Şekil 7.95: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **160**
Şekil 7.96: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **161**
Şekil 7.97: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **161**
Şekil 7.98: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **162**
Şekil 7.99: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **162**
Şekil 7.100: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **163**
Şekil 7.101: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **163**
Şekil 7.102: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **164**
Şekil 7.103: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **164**
Şekil 7.104: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **165**
Şekil 7.105: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **165**
Şekil 7.106: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **166**
Şekil 7.107: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **166**
Şekil 7.108: Kumlu Zemin Etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **167**
Şekil 7.109: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **167**
Şekil 7.110: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **168**
Şekil 7.111: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **168**
Şekil 7.112: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **169**
Şekil 7.113: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **169**
Şekil 7.114: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **170**
Şekil 7.115: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **170**

Şekil 7.116: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **171**
Şekil 7.117: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **171**
Şekil 7.118: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **172**
Şekil 7.119: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **172**
Şekil 7.120: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **173**
Şekil 7.121: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **173**
Şekil 7.122: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **174**
Şekil 7.123: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **174**
Şekil 7.124: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **175**
Şekil 7.125: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **175**
Şekil 7.126: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **176**
Şekil 7.127: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **176**
Şekil 7.128: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **177**
Şekil 7.129: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **177**
Şekil 7.130: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **178**
Şekil 7.131: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **178**
Şekil 7.132: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **179**
Şekil 7.133: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **179**
Şekil 7.134: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **180**
Şekil 7.135: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **180**
Şekil 7.136: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **181**
Şekil 7.137: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **181**
Şekil 7.138: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **182**

Şekil 7.139: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **182**
Şekil 7.140: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli. **183**
Şekil 7.141: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **183**
Şekil 7.142: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **184**
Şekil 7.143: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **184**
Şekil 7.144: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **185**
Şekil 7.145: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **185**
Şekil 7.146: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **186**
Şekil 7.147: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **186**
Şekil 7.148: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **187**
Şekil 7.149: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **187**
Şekil 7.150: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **188**
Şekil 7.151: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **188**
Şekil 7.152: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **189**
Şekil 7.153: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **189**
Şekil 7.154: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **190**
Şekil 7.155: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **190**
Şekil 7.156: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **191**
Şekil 7.157: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **191**
Şekil 7.158: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **192**
Şekil 7.159: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **192**
Şekil 7.160: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **193**
Şekil 7.161: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **193**

Şekil 7.162: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **194**
Şekil 7.163: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **194**
Şekil 7.164: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **195**
Şekil 7.165: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **195**
Şekil 7.166: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **196**
Şekil 7.167: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **196**
Şekil 7.168: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **197**
Şekil 7.169: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **197**
Şekil 7.170: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **198**
Şekil 7.171: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **198**
Şekil 7.172: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **199**
Şekil 7.173: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **199**
Şekil 7.174: Killi Zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **200**
Şekil 7.175: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **200**
Şekil 7.176: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **201**
Şekil 7.177: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **201**
Şekil 7.178: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **202**
Şekil 7.179: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **202**
Şekil 7.180: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **203**
Şekil 7.181: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **203**
Şekil 7.182: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **204**
Şekil 7.183: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **204**
Şekil 7.184: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **205**

Şekil 7.185: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **205**
Şekil 7.186: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **206**
Şekil 7.187: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **206**
Şekil 7.188: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **207**
Şekil 7.189: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **207**
Şekil 7.190: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **208**
Şekil 7.191: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **208**
Şekil 7.192: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **209**
Şekil 7.193: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **209**
Şekil 7.194: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **210**
Şekil 7.195: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **210**
Şekil 7.196: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **211**
Şekil 7.197: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **211**
Şekil 7.198: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **212**
Şekil 7.199: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **212**
Şekil 7.200: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **213**
Şekil 7.201: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **213**
Şekil 7.202: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **214**
Şekil 7.203: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **214**
Şekil 7.204: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **215**
Şekil 7.205: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **215**
Şekil 7.206: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **216**
Şekil 7.207: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli..... **216**

Şekil 7.208: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli. **217**
Şekil 7.209: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **218**
Şekil 7.210: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli. **218**
Şekil 7.211: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **219**
Şekil 7.212: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **219**
Şekil 7.213: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **220**
Şekil 7.214: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **220**
Şekil 7.215: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **221**
Şekil 7.216: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **221**
Şekil 7.217: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **222**
Şekil 7.218: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **222**
Şekil 7.219: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **223**
Şekil 7.220: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **223**
Şekil 7.221: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **224**
Şekil 7.222: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **224**
Şekil 7.223: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **225**
Şekil 7.224: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **225**
Şekil 7.225: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **226**
Şekil 7.226: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **226**
Şekil 7.227: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **227**
Şekil 7.228: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **227**
Şekil 7.229: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **228**
Şekil 7.230: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **228**
Şekil 7.231: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **229**

Şekil 7.232: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **229**
Şekil 7.233: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **230**
Şekil 7.234: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **230**
Şekil 7.235: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **231**
Şekil 7.236: Killi Zemin Etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **231**
Şekil 7.237: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **232**
Şekil 7.238: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **232**
Şekil 7.239: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **233**
Şekil 7.240: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli. **233**
Şekil 7.241: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **234**
Şekil 7.242: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **234**
Şekil 7.243: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **235**
Şekil 7.244: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **235**
Şekil 7.245: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **236**
Şekil 7.246: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **236**
Şekil 7.247: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **237**
Şekil 7.248: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **237**
Şekil 7.249: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **238**
Şekil 7.250: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **238**
Şekil 7.251: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **239**
Şekil 7.252: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **239**
Şekil 7.253: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **240**
Şekil 7.254: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **240**
Şekil 7.255: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **241**
Şekil 7.256: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **241**

Şekil 7.257: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **242**
Şekil 7.258: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli..... **242**
Şekil 7.259: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli..... **243**
Şekil 7.260: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **243**
Şekil 7.261: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **244**
Şekil 7.262: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **244**
Şekil 7.263: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **245**
Şekil 7.264: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **245**
Şekil 7.265: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **246**
Şekil 7.266: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **246**
Şekil 7.267: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **247**
Şekil 7.268: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **247**
Şekil 7.269: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **248**
Şekil 7.270: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **248**
Şekil 7.271: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **249**
Şekil 7.272: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **249**
Şekil 7.273: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **250**
Şekil 7.274: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **250**
Şekil 7.275: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **251**
Şekil 7.276: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli..... **251**
Şekil 7.277: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **252**
Şekil 7.278: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli..... **252**
Şekil 7.279: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **253**
Şekil 7.280: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli..... **253**
Şekil 7.281: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **254**

Şekil 7.282: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **254**
Şekil 7.283: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **255**
Şekil 7.284: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **255**
Şekil 7.285: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **256**
Şekil 7.286: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **256**
Şekil 7.287: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **257**
Şekil 7.288: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **257**
Şekil 7.289: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **258**
Şekil 7.290: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **258**
Şekil 7.291: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **259**
Şekil 7.292: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **259**
Şekil 7.293: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **260**
Şekil 7.294: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **260**
Şekil 7.295: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **261**
Şekil 7.296: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **261**
Şekil 7.297: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **262**
Şekil 7.298: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **262**
Şekil 7.299: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **263**
Şekil 7.300: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **263**
Şekil 7.301: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **264**
Şekil 7.302: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **264**
Şekil 7.303: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **265**
Şekil 7.304: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **265**
Şekil 7.305: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **266**
Şekil 7.306: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **266**

Şekil 7.307: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **267**
Şekil 7.308: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **267**
Şekil 7.309: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **268**
Şekil 7.310: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **268**
Şekil 7.311: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **269**
Şekil 7.312: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **269**
Şekil 7.314: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **270**
Şekil 7.315: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **271**
Şekil 7.316: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **271**
Şekil 7.317: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **272**
Şekil 7.318: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **272**
Şekil 7.319: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **273**
Şekil 7.320: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **273**
Şekil 7.321: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **274**
Şekil 7.322: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **274**
Şekil 7.323: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **275**
Şekil 7.324: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **275**
Şekil 7.325: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **276**
Şekil 7.326: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **276**
Şekil 7.327: Killi Zemin Etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **277**
Şekil 7.328: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **277**
Şekil 7.329: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **278**
Şekil 7.330: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli. **278**
Şekil 7.331: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **279**
Şekil 7.332: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **279**

Şekil 7.333: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **280**
Şekil 7.334: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **280**
Şekil 7.335: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **281**
Şekil 7.336: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **281**
Şekil 7.337: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **282**
Şekil 7.338: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **282**
Şekil 7.339: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **283**
Şekil 7.340: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **283**
Şekil 7.341: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **284**
Şekil 7.342: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **284**
Şekil 7.343: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **285**
Şekil 7.344: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 İstinat duvarının plaxis analiz modeli. **285**
Şekil 7.345: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **286**
Şekil 7.346: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **286**
Şekil 7.347: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **287**
Şekil 7.348: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **287**
Şekil 7.349: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **288**
Şekil 7.350: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **288**
Şekil 7.351: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **289**
Şekil 7.352: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **289**
Şekil 7.353: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **290**
Şekil 7.354: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **290**
Şekil 7.355: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **291**
Şekil 7.356: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **291**
Şekil 7.357: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **292**

Şekil 7.358: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli..... **292**
Şekil 7.359: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli..... **293**
Şekil 7.360: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **293**
Şekil 7.361: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **294**
Şekil 7.362: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **294**
Şekil 7.363: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **295**
Şekil 7.364: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **295**
Şekil 7.365: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **296**
Şekil 7.366: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **296**
Şekil 7.367: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **297**
Şekil 7.369: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **298**
Şekil 7.370: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **298**
Şekil 7.371: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **299**
Şekil 7.372: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **299**
Şekil 7.373: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **300**
Şekil 7.374: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **300**
Şekil 7.375: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **301**
Şekil 7.376: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **301**
Şekil 7.377: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **302**
Şekil 7.378: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **302**
Şekil 7.379: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **303**
Şekil 7.380: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. **303**
Şekil 7.381: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **304**
Şekil 7.382: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **304**
Şekil 7.383: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **305**

Şekil 7.384: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli. **305**
Şekil 7.385: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli. ... **306**
Şekil 7.386: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli. **306**
Şekil 7.387: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli. **307**
Şekil 7.388: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli. **307**
Şekil 7.389: Yarma şevleri için stabilite güvenlik sayıları kriterleri [23]. **308**
Şekil 7.390: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **308**
Şekil 7.391: Kumlu zemin etkisinde pasif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **309**
Şekil 7.392: Kumlu zemin etkisinde aktif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **309**
Şekil 7.393: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **310**
Şekil 7.395: Killi zemin etkisinde aktif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **311**
Şekil 7.396: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **311**
Şekil 7.397: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **312**
Şekil 7.398: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **312**
Şekil 7.399: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **313**
Şekil 7.400: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **313**
Şekil 7.401: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **314**
Şekil 7.402: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **314**
Şekil 7.403: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **315**
Şekil 7.404: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **315**
Şekil 7.405: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **316**
Şekil 7.406: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **316**
Şekil 7.407: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **317**
Şekil 7.408: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **317**
Şekil 7.409: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **318**

Şekil 7.410: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **318**
Şekil 7.411: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **319**
Şekil 7.412: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **319**
Şekil 7.413: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **320**
Şekil 7.414: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **320**
Şekil 7.415: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **321**
Şekil 7.416: Killi zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **321**
Şekil 7.417: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **322**
Şekil 7.418: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **322**
Şekil 7.419: Killi zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **323**
Şekil 7.420: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **323**
Şekil 7.421: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **324**
Şekil 7.422: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **324**
Şekil 7.423: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **325**
Şekil 7.424: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **325**
Şekil 7.425: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **326**
Şekil 7.426: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **326**
Şekil 7.427: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **327**
Şekil 7.428: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **327**
Şekil 7.429: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **328**
Şekil 7.430: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **328**
Şekil 7.431: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **329**
Şekil 7.432: Killi zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **329**
Şekil 7.433: Killi zemin etkisinde 4 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **330**
Şekil 7.434: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **330**

Şekil 7.435: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **331**
Şekil 7.436: Killi zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **331**
Şekil 7.437: Killi zemin etkisinde 4 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **332**
Şekil 7.438: Van İli için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması'ndan çıkan sonuçlar. **332**
Şekil 7.439: 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre yatay ve düşey eşdeğer deprem katsayısının belirlenmesi..... **333**
Şekil 7.440: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **334**
Şekil 7.441: Kumlu zemin etkisinde pasif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **334**
Şekil 7.442: Kumlu zemin etkisinde aktif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **335**
Şekil 7.443: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **335**
Şekil 7.444: Killi zemin etkisinde pasif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **336**
Şekil 7.445: Killi zemin etkisinde aktif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli. **336**
Şekil 7.446: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **337**
Şekil 7.447: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **337**
Şekil7.448: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **338**
Şekil 7.449: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **338**
Şekil 7.450: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **339**
Şekil 7.451: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **339**
Şekil 7.452: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **340**
Şekil 7.453: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **340**
Şekil 7.454: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **341**
Şekil 7.455: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **341**
Şekil 7.456: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **342**
Şekil 7.457: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **342**
Şekil 7.458: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **343**
Şekil 7.459: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **343**

Şekil 7.460: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **344**
Şekil 7.461: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **344**
Şekil 7.462: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **345**
Şekil 7.463: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **345**
Şekil 7.464: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **346**
Şekil 7.465: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **346**
Şekil 7.466: Killi zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **347**
Şekil 7.467: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **347**
Şekil 7.468: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **348**
Şekil 7.469: Killi zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **348**
Şekil 7.470: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **349**
Şekil 7.471: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **349**
Şekil 7.472: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **350**
Şekil 7.473: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **350**
Şekil 7.474: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **351**
Şekil 7.475: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **351**
Şekil 7.476: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **352**
Şekil 7.477: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **352**
Şekil 7.478: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **353**
Şekil 7.479: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **353**
Şekil 7.480: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **354**
Şekil 7.481: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **354**
Şekil 7.482: Killi zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **355**
Şekil 7.483: Killi zemin etkisinde 4 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **355**
Şekil 7.484: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **356**

Şekil 7.485: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **356**
Şekil 7.486: Killi zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **357**
Şekil 7.487: Killi zemin etkisinde 4 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli..... **357**
Şekil 7.488: "Plaxis" ve "Slide" program analiz sonuç tablo görseli..... **358**
Şekil 7.489: Analiz sonucunda kesitlerde oluşan normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment değerlene dair görsel. **359**

ANKRAJLI İSTİNAT DUVARLARININ STATİK VE DİNAMİK ANALİZİ

ÖZET

Eğimli arazilerde zemini tabii şev açısından daha dik bir açıyla tutmak, zemini kaymaya karşı engellemek, binadaki borum kat perdelerini oluşturmak, köprülerdeki kenar ayak görevini yapmak, derin kazıların yan duvarlarını göçmeye karşı tutmak gibi amaçlar için düşey veya düşeye yakın açılarla yapılan yapılara istinat duvarları denilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında; yüksekliği 5 metre olan TİP-1, yüksekliği 10 metre olan TİP-2, yüksekliği 15 metre olan TİP-3 ve yüksekliği 20 metre olan TİP-4 olmak üzere dört farklı tipte malzemeleri aynı olan fakat ebat genişlikleri değişen istinat duvarları seçilmiştir. Seçilen istinat duvarları kumlu zemin ve killi zemin etkisinde olmak üzere: TİP-1 istinat duvarında ankrajsız ve 1 sıra ankrajlı olma durumları; TİP-2 istinat duvarında ankrajsız , 1 sıra ankrajlı ve 2 sıra ankrajlı olma durumları; TİP-3 istinat duvarında ankrajsız , 1 sıra ankrajlı, 2 sıra ankrajlı ve 3 sıra ankrajlı olma durumları; TİP-4 istinat duvarında ankrajsız , 1 sıra ankrajlı, 2 sıra ankrajlı, 3 sıra ankrajlı ve 4 sıra ankrajlı olma durumlarının hem statik hem de dinamik analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde yer altı su seviyesi çok derinde kabul edilmiştir. Analizler "Plaxis 8.2 Input" ve "Slide" programları kullanılarak yapılmıştır. Plaxis programında dinamik analiz için 2011 Van Depremi'nin dataları kullanılmıştır. Toptan göçmenin dinamik analizi için de Van İli'nin eşdeğer deprem katsayısı kullanılarak Slide programına tanımlanmıştır. Program çıktılarında çıkan sonuçlar istinat duvarı tiplerine göre karşılaştırılmıştır.

Yapılan analizlere bakıldığında güvensiz olan istinat duvarlarına ankraj atılarak statik ve dinamik analizlerinin güvenli hale geldiği ya da ankrajsız haline göre deplasmanlarda farklılıklar görülmektedir. Zemin sınıfına bağlı olarak deplasman yönlerinde de farklılıklar görülmektedir. Atılan ankrajlar; dışa doğru olan deplasmanları azaltıcı yönde, içe doğru olan deplasmanları ise arttırıcı yönde etkilediği görülmektedir. Ankraj sıra sayısının arttırılması ve ankrajlar arasındaki mesafenin azaltılması ile dışa deplasman yapan istinat duvarlarında azaltıcı etki yaptığı, içe doğru deplasman yapan istinat duvarlarında ise arttırıcı etki yaptığı görülmektedir. Dinamik analizlerde, statik analizlerdeki durumların aynısı görüldüğü gibi tam tersi durumlar da görülmektedir.

Anahtar kelimeler: İstinat duvarları, Ankrajlar, Deplasman, Statik analiz, Dinamik analiz.

STATIC AND DYNAMIC ANALYSIS OF ANCHORED RETAINING WALLS

SUMMARY

In sloping lands, structures made at vertical or near vertical angles for purposes such as keeping the ground at a steeper angle in terms of natural slope, preventing the ground against sliding, creating the borum floor curtains in the building, serving as the side foot in bridges, keeping the side walls of deep excavations against collapse are called retaining walls.

Within the scope of this thesis study; four different types of retaining walls, TYPE-1 with a height of 5 metres, TYPE-2 with a height of 10 metres, TYPE-3 with a height of 15 metres and TYPE-4 with a height of 20 metres, were selected with the same materials but varying size widths. The selected retaining walls are under the effect of sandy soil and clay soil: TYPE-1 retaining wall without anchors and with 1 row of anchors; TYPE-2 retaining wall without anchors, with 1 row of anchors and 2 rows of anchors; TYPE-3 retaining wall without anchors, with 1 row of anchors, 2 rows of anchors and 3 rows of anchors; Both static and dynamic analyses were performed for TYPE-4 retaining wall without anchors, with 1 row of anchors, with 2 rows of anchors, with 3 rows of anchors and with 4 rows of anchors. In the analyses, the ground water level was assumed to be very deep. The analyses were performed using "Plaxis 8.2 Input" and "Slide" programmes. The data of the 2011 Van Earthquake were used for the dynamic analysis in Plaxis programme. For the dynamic analysis of the total collapse, the equivalent earthquake coefficient of Van Province was used and defined in the Slide programme. The results of the programme outputs were compared according to the retaining wall types.

When When the analyses are examined, it is seen that the static and dynamic analyses of the unsafe retaining walls have become safe by anchoring or there are differences in displacements compared to the situation without anchors. Depending on the soil class, differences are also observed in the displacement directions. It is seen that the anchors affect the outward displacements in a decreasing direction and the inward displacements in an increasing direction. Increasing the number of anchor rows and decreasing the distance between the anchors has a decreasing effect on the outward displacement retaining walls and an increasing effect on the inward displacement retaining walls. In the dynamic analyses, the same conditions as in the static analyses are observed and vice versa.

Keywords: Retaining walls, Anchors, Displacement, Static analysis, Dynamic analysis.

1. GİRİŞ

Zeminlerin farklı seviyelerde tutulabilmesi ya da bazı malzemelerin doğal eğimlerini alamaması dayanma yapıları yardımıyla sağlanır. Dayanma yapıları, yapıların güvenlik önleminin alınması, düşey kazıların kaymaya karşı güvenlik önleminin geçici ya da sürekli sağlanması ve toprak basıncının karşılanması amacıyla tasarlanırlar. Dayanma yapıları esnek ve rijit dayanma yapıları olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Esnek dayanma yapıları eğilmeye karşı rijitlikleri az olduğundan rijit dayanma yapılarına göre deformasyonları daha fazladır. Örnek olarak palplanş perdeleri verilebilir. Rijit dayanma yapılarının ise eğilme rijitlikleri büyük olduğundan deformasyonları çok azdır. Örnek olarak dayanma (istinat) duvarları verilebilir [1].

Eğimli arazilerde zemini tabii şev açısından daha dik bir açıyla tutmak, zemini kaymaya karşı engellemek, binadaki borum kat perdelerini oluşturmak, köprülerdeki kenar ayak görevini yapmak, derin kazıların yan duvarlarını göçmeye karşı tutmak gibi amaçlar için düşey veya düşeye yakın açılarla yapılan yapılara istinat duvarları denilmektedir [10].

1.1 Tezin Amacı

TİP-1, TİP-2, TİP-3 ve TİP-4 olmak üzere dört faklı tipte istinat duvarı seçilmiştir. Bu istinat duvarlarının kumlu zemin durumunda ankrajlı ve anrajsız olma durumları, killi zemin durumunda ankrajlı ve anrajsız olma durumları statik ve dinamik analizlerinin "Plaxis" ve "Slide" programlarında yapılıp çıkan sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında planlanan ve gerçekleştirilen çalışmalar şöyle sıralanabilir:

- TİP-1, TİP-2, TİP-3 ve TİP-4 olmak üzere dört faklı tipte istinat duvarı seçilmiştir.
- Kum ve kil zemin olmak üzere iki farklı tipte zemin seçilmiştir.
- Malzeme özelliği bakımında tek tip ankraj seçimi yapılmıştır.
- Yer altı su seviyesi (YASS) çok derinde kabul edilmiştir.

- Statik ve dinamik analiz için “Plaxis 8.2 Input” ve “Slide” programları kullanılmıştır.
- Dinamik analiz için “Plaxis” programına 23 Ekim 2011 Van Depremi’nin verileri yüklenmiştir.
- Toptan göçme analizi için AFAD’dın belirlemiş olduğu Van İli’nin yatay ve düşey eşdeğer deprem katsayısı “Slide” programına tanımlanmıştır.
- Bu verilere bağlı olarak gerekli analizler yapılıp değerlendirilmiştir.

2. KUMLU ZEMİNLER

Drenaj oranı yüksek kohezyonsuz zeminlerdir. Kumlu zeminlerin daneler arası çekim kuvveti çok zayıftır. Bu tür zeminlerde oturmanın sınırlandırılması önem teşkil etmektedir. Taşıma gücü kapasitesileri içsel sürtünme açısıyla doğru orantılı olarak değişmektedir. Su sızdırmaları yüksektir. Bünyesinde su barındırmazlar. Sıvılaşma riski olan bir zemin türü olduğundan boşluk suyu basınç değişimine dikkat edilmelidir [3].

Genelde kayaçların fiziksel parçalanması sonucu oluşan kohezyonsuz zeminler , su geçirimliliği yüksektir. Taneciklerin arasında kohezyon olmadığından dolayı kayma mukavemetini sadece sürtünme kuvvetiyle sağlarlar. Sürtünme kuvveti de malzemelerin köşeli olup olmadığına bağlıdır [4].

Kum gibi kohezyonsuz zeminler inşaat alanındaki kullanım yerlerinde sorun teşkil edebilmektedir. Genelde de su geçirgenliği özelliğinden kaynaklı drenajlarda ve dolgularda kullanılmaktadır. Bu tür zeminlerde sıvılaşma riski fazla olması nedeniyle zemin iyileştirme yollarına başvurulur [4].

3. KİLLİ ZEMİNLER

3.1 Killer

Killer, kohezyonlu ve plastisitesi olan minerallerdir. İnşaat alanında tuğla, fayans, kerpiç vb. yapı malzemelerinin hammaddesinde, geçirimsizliğin sağlanması için barajlarda ve atık depolarında ve kendini tutamayan zeminlerde destek amacıyla kullanılmaktadır. Bazı yerlerde yararlı olan killer, geoteknik açıdan bazı sorunlara yol açabilmektedir [5].

Kil taneleri, 0.002 mm veya daha küçük tane çapına sahip partiküller boyutta olan taneler olarak zemin sınıflandırma sistemlerinde tanımlanmaktadır. Silikatların ayrışmasıyla oluşan kil mineralleri, ince taneli ve yumuşak, su ile karıştırılması sonucu çamur haline gelip şekil verilebilecek kadar plastisiteye sahip olan doğal bir zemin türüdür [5].

3.2 Killerin Sınıflandırılması

Kil taneleri çok küçük olduklarından dolayı gözle ayırt edilemezler. Bu yapıda olmalarına rağmen kristal özellik gösterirler. Killeri kristal özelliklerine göre dört grupta toplamak mümkündür [6]:

- Kaolinit kil minerali,
- Montmorillonit kil minerali,
- İllit kil minerali,
- Klorit kil minerali.

Killeri konsolidasyon özelliklerine göre üç grupta inceleyebiliriz [5]:

Normal konsolide killer:

Normal konsolide kil, mevcut efektif gerilmeden (σ_o) fazlasını almamış killere denir. Bu tür killerin doğal su muhtevası genellikle likit limit civarındadır.

Aşırı konsolide killer:

Bugüne kadar aldığından daha fazla efektif gerilmeye (σ_o) maruz kalmış killere 'Önceden Yüklenmiş' ya da 'Aşırı Konsolide Olmuş' killer denir. Bu nedenle aşırı konsolide killer sert ya da katı kıvamdadırlar.

Konsolide olmamış killer:

Oluşumundan beri konsolidasyonunu henüz tamamlayamamış killerdir. Bu tür zeminler problemli zemin türlerinden bir tanesidir. Boşluk suyu basınçları henüz sönmemiş olduğundan dolayı ciddi oturma problemleri meydana gelebilir.

4. İSTİNAT DUVARLARI

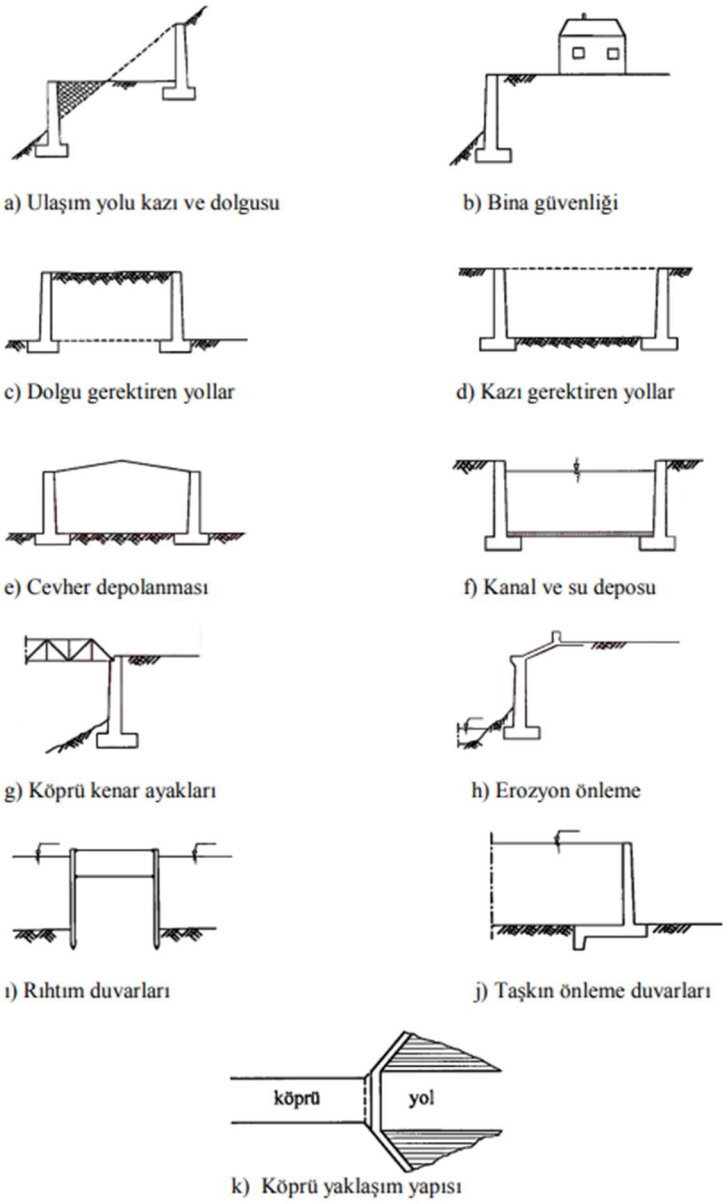
4.1 Giriş

Zeminlerin farklı seviyelerde tutulabilmesi ya da bazı malzemelerin doğal eğimlerini alamaması dayanma yapıları yardımıyla sağlanır. Dayanma yapıları, yapıların güvenlik önleminin alınması, düşey kazıların kaymaya karşı güvenlik önleminin geçici ya da sürekli sağlanması ve toprak basıncının karşılanması amacıyla tasarlanırlar. Dayanma yapıları esnek ve rijit dayanma yapıları olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Esnek dayanma yapıları eğilmeye karşı rijitlikleri az olduğundan rijit dayanma yapılarına göre deformasyonları daha fazladır. Örnek olarak palplanş perdeleri verilebilir. Rijit dayanma yapılarının ise eğilme rijitlikleri büyük olduğundan deformasyonları çok azdır. Örnek olarak dayanma (istinat) duvarları verilebilir. Eğimli arazilerde zemini tabii şev açısından daha dik bir açıyla tutmak, zemini kaymaya karşı engellemek, binadaki borum kat perdelerini oluşturmak, köprülerdeki kenar ayak görevini yapmak, derin kazıların yan duvarlarını göçmeye karşı tutmak gibi amaçlar için düşey veya düşeye yakın açılarla yapılan yapılara istinat duvarları denilmektedir [7].

4.2 İstinat Duvarlarının Kullanıldığı Yerler

İstinat duvarları çeşitli amaçlara göre imal edilen düşey toprak tutuculardır. Kullanım amaçlarına göre örnekler Şekil 4.1'de verilmektedir. İstinat yapılarının kullanıldığı yerler şu şekilde sıralanabilir [7]:

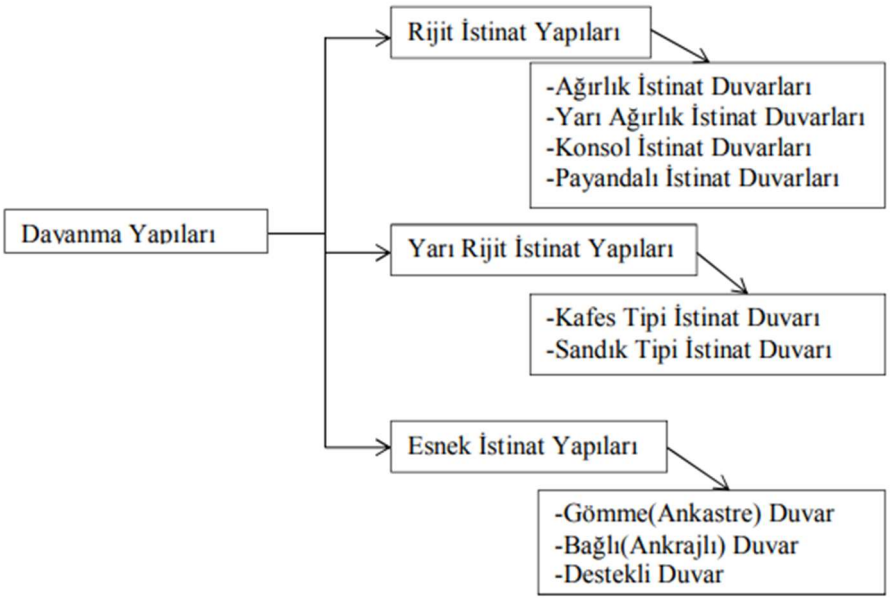
- Eğimli arazilerin zeminini tabii şev açısından daha da dikleştirmek,
- Kayma göçmeleri engellemek,
- Bina bodrum perdelerini yapmak,
- Köprülerdeki yan ayak görevini sağlamak,
- Derin kazılmış kazıların yan duvarlarının çökmesini engellemek,
- Yol yapımında şevlerin tutulmasını sağlamak,
- Erozyon ve taşkın önleme gibi amaçlar için istinat duvarları kullanılır.



Şekil 4.1 : İstinat duvarlarının kullanıldığı yerler [7].

4.3 İstinat Duvarlarının Sınıflandırılması

İstinat duvarları; rijit, yarı rijit ve esnek istinat duvarları olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Genel olarak istinat duvarları Şekil 4.2'deki gibi sınıflandırılmaktadır.



Şekil 4.2 : İstinat (dayanma) duvarlarının sınıflandırılması [7].

Rijit istinat yapıları kendi ağırlıkları ve temel papucu üzerindeki zemin dolgusu ağırlıkları ile toprağın itkisiyle dengeyi sağlarlar. Yarı rijit istinat yapıları zemin itki kuvvetlerini dengelemenin yanında sınırlı bir limitte hareket ederler veya basıncın çoğunu direk zemine aktarırlar. Esnek istinat yapılarıysa zemin yanal basınçlarını kendi ağırlıklarıyla dengeleyen ağırlık duvarlarına karşılık, betonarme, çelik gibi yüksek dayanımlı esnek elemanlarla dengelemektedir [7].

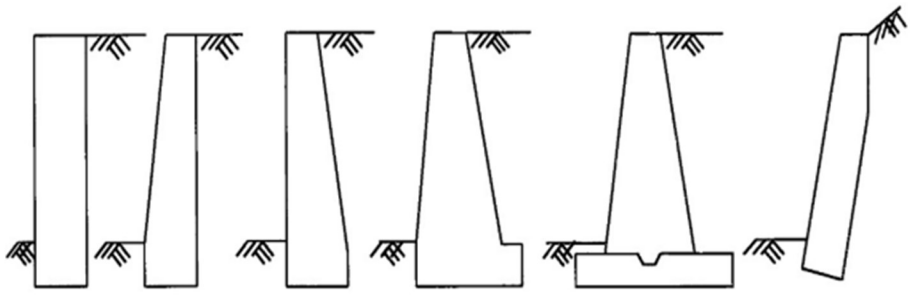
4.4 Rijit İstinat Yapıları

Günümüzde en yaygın kullanılan istinat yapılarıdır. Bu yapıların eğilme rijitlikleri yüksek olduğundan çok az deformasyon yaparlar. Ağırlık, yarı ağırlık, konsol ve payandalı olarak rijit istinat yapıları sınıflandırılabilinir.

4.4.1 Masif (ağırlık) istinat yapıları

Genellikle çimento ya da kireç harçlı taş duvarlardan inşa edilirler. Bu tür yapılar kendi ağırlıkları ile toprak itkilerini karşılarlar. Ağırlık istinat yapıları çok yüksek duvarlarda genelde ekonomik olmadığından tercih edilmemektedir. Bu nedenle genellikle yükseklikleri 5.0 m den daha az yerler de uygulanmaktadır. Bu tip yapılarda çekmeye çalışan malzeme bulunmadığından duvarda çekme gerilmelerine izin verilmez [7,8].

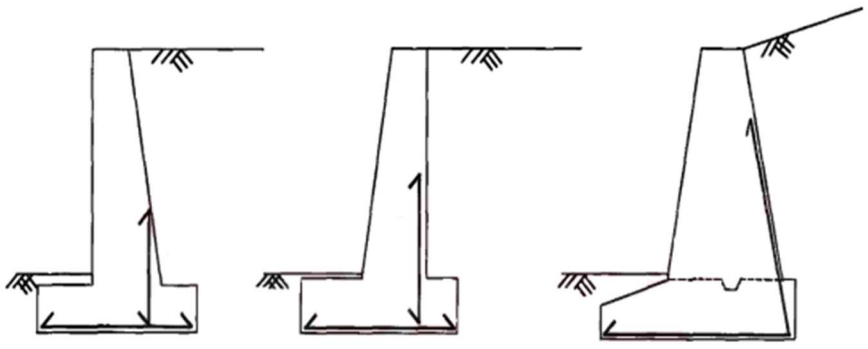
Aşınma, paslanma ve kısmi kırılmalardan diğer istinat türlerine nazaran daha az etkilenmesi de bu tip yapıların olumlu yanlarındandır [7,8]. Ağırlık istinat yapılarının en kesit tipleri Şekil 4.3'te verilmektedir.



Şekil 4.3 : Ağırlık istinat yapılarının en kesit tipleri [7].

4.4.2 Yarı ağırlık istinat yapıları

Bu tip istinat yapıları, genelde beton malzeme miktarını azaltıp çekme gerilmelerin olduğu yerlere çelik donatı yerleştirilerek inşa edilen yapılardır. Çelik donatı eklenerek beton miktarında azalma olduğundan gövde kesitinde de küçülme olacaktır. Gövdenin küçülmesi ile stabilitenin sağlanması için temel boyutu büyütülecektir. Yarı ağırlık istinat yapılarında ekonomik bakımından yaklaşık yükseklik $5.0\text{m} \leq H \leq 6.0\text{m}$ olarak verilmektedir [7,8]. Yarı ağırlık istinat yapılarına Şekil 4.4'te örnek verilmiştir.



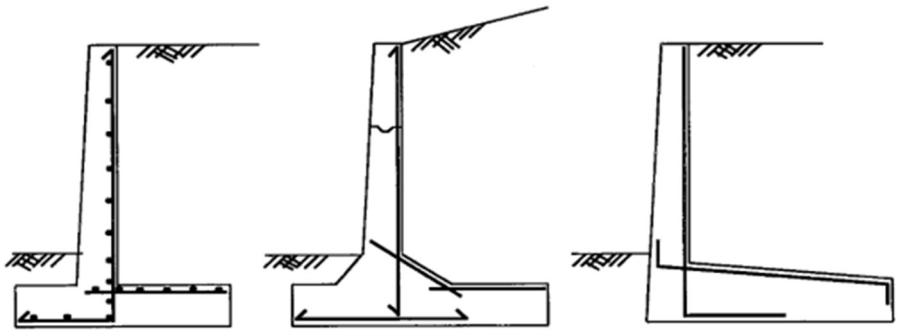
Şekil 4.4 : Yarı ağırlık istinat yapıları en kesit tipleri ve asal donatı şemaları [7].

4.4.3 Konsol istinat yapıları

Adından da anlaşılacağı gibi yatay basınçlara karşı bir konsol gibi çalışıp dengeyi sağlamaktadır. Genelde betonarme olarak inşa edilirler. Ancak dengeyi sağlamada dolgunun ağırlığından da faydalanırlar. Karşı koyan kuvvetlerin yetersiz kalması durumunda istinat temeline diş yapılabilir [7].

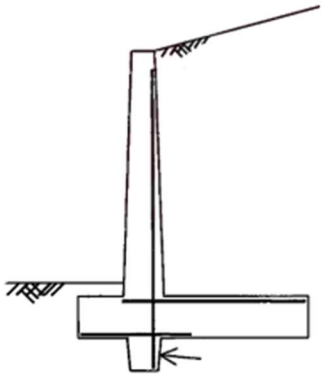
En yaygın olarak kullanılan istinat duvarlarından bir tanesi de konsol istinat duvarlarıdır. Ekonomiklik bakımından maksimum 8.0 m yükseklik olarak verilmektedir. Bu tip yapılarda çelik donatı kullanıldığından çekme gerilmelerine izin verilmektedir. Donatı kullanıldığı için de kesitler küçülmektedir [7,8].

Şekil 4.5'te konsol istinat yapılarına örnekler verilmiştir.



Şekil 4.5 : Konsol istinat yapıları ve donatı şemaları [7].

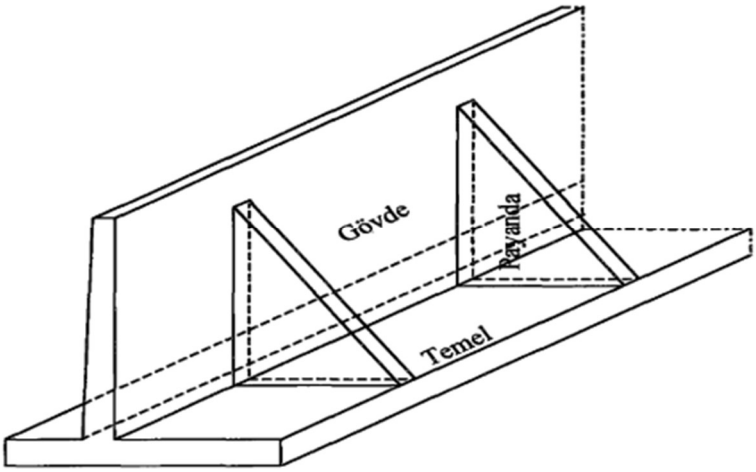
Yapının kayma emniyeti kurtarmadığı zaman Şekil 4.6'da görüldüğü gibi pasif direncin artırılması için temele diş yapılma yoluna başvurulabilinir.



Şekil 4.6 : Dişli konsol istinat yapılarında asal donatı şeması [7].

4.4.4 Payandalı istinat yapıları

Payandalı istinat yapıları, konsol istinat yapılarına benzemektedir. Yüklerin ve yüksekliğin (>8.0 m) artması nedeniyle payandalı istinat duvarları uygun görülmektedir. Konsol duvarlardan farklı olarak duvarın ön ya da genelde arka kısımlara destekler (payandalar) atılır. Aynı zamanda bu yapılara nervürlü (kontrfor) istinat yapıları da denilmektedir ve Şekil 4.7'de payandalı istinat yapısına örnek görülmektedir [7].



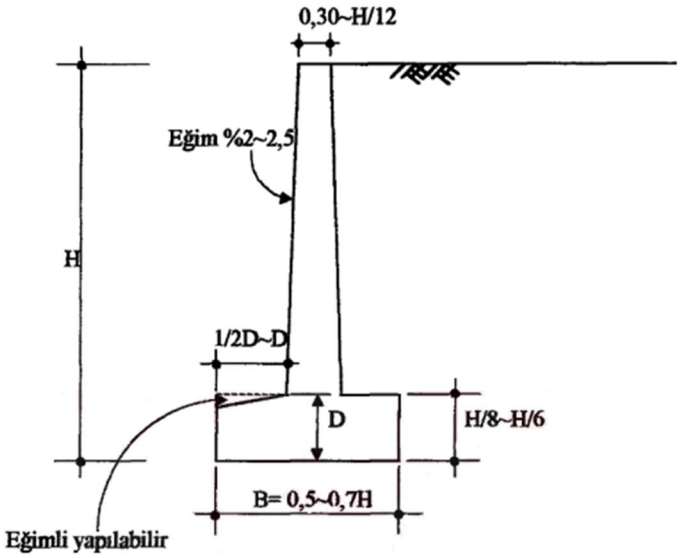
Şekil 4.7 : Payandalı istinat yapısı [7].

4.5 İstinat Duvarlarının Ön Boyutlandırılması

Bugüne kadarki tecrübelerden faydalanılarak istinat duvarların ön boyutlandırılması yapılmaya çalışılır. Duvar yüksekliğine bağlı olarak yaklaşık olarak en kesit boyutlandırmaları yapılır. Yapılan bu ilk boyutlamaya göre stabilite kontrolü yapılıp en kesit yeterliliğine bakılır. Kesitin kurtarmaması durumunda boyutlandırma tekrarlanabilir. Yapılan boyutlama ve kontroller ekonomik olması durumunda kesinleşmiş olur.

4.5.1 Ağırlık istinat duvarlarının ön boyutlandırılması

Duvarın projelendirilmesindeki ölçüt duvarın H yüksekliğidir. Ağırlık tipi istinat duvarlarının ön boyutlandırılmasında kullanılan ilk değerler Şekil 4.8'de gösterilmiştir [7].



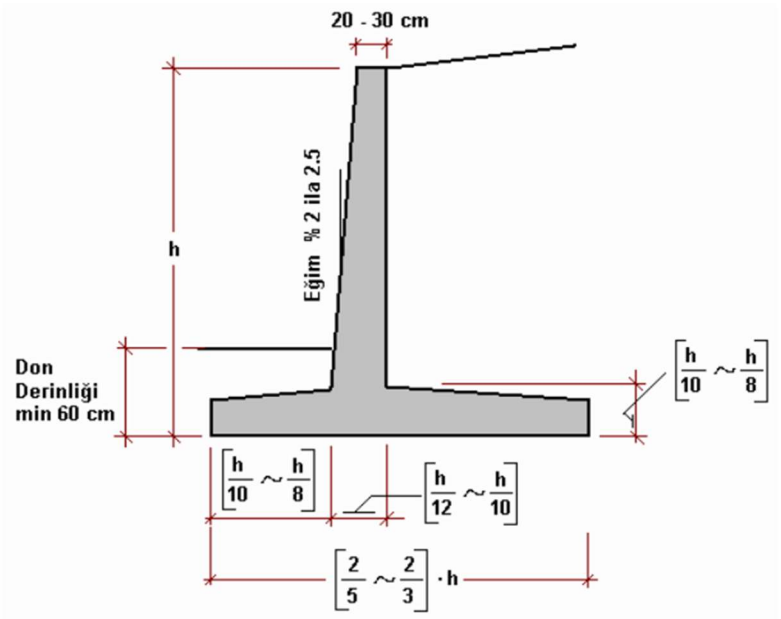
Şekil 4.8 : Ağırlık İstinat duvarlarının ön boyutlandırılması [7].

4.5.2 Konsol istinat duvarlarının ön boyutlandırılması

Ön boyutlandırılması için Şekil 4.9'da bilgilendirilmiştir. Konsolun üst başlık kısmının min. değeri, kütle ağırlığının ve konsol direncinin güvenli olması için genelde 30 cm olarak seçilir. Konsolun ön yüzü eğimi de en az %2 alınır. Ön ve arka ampatman genişlikleri B taban genişliği için, B/3 ve 2B/3 oranında alınır. Duvar yüksekliği ve dolgu zemininin cinsine göre kullanılan bu değerler değişmekte olup, stabilitenin sağlanması için oynamalar yapılabilmektedir. Ön ve arka ampatman boyutlandırılması için Denklem (4.1)'de verilen bağıntı önerilmektedir [7].

$$l_1 = \frac{H^2 . K_{as}}{4(B + l_2)} + \frac{l_2}{2} - \frac{3}{4}\left(\frac{l_2}{B + l_2}\right) \tag{4.1}$$

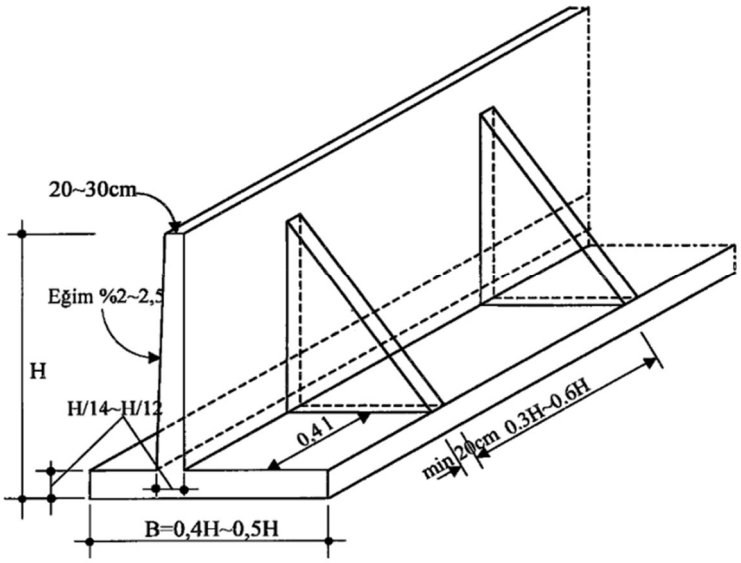
Deneme yanılma yöntemi ile bu formül çözülebilinir [7].



Şekil 4.9 : Konsol istinat duvarlarının ön boyutlandırılması [7].

4.5.3 Payandalı istinat duvarlarının ön boyutlandırılması

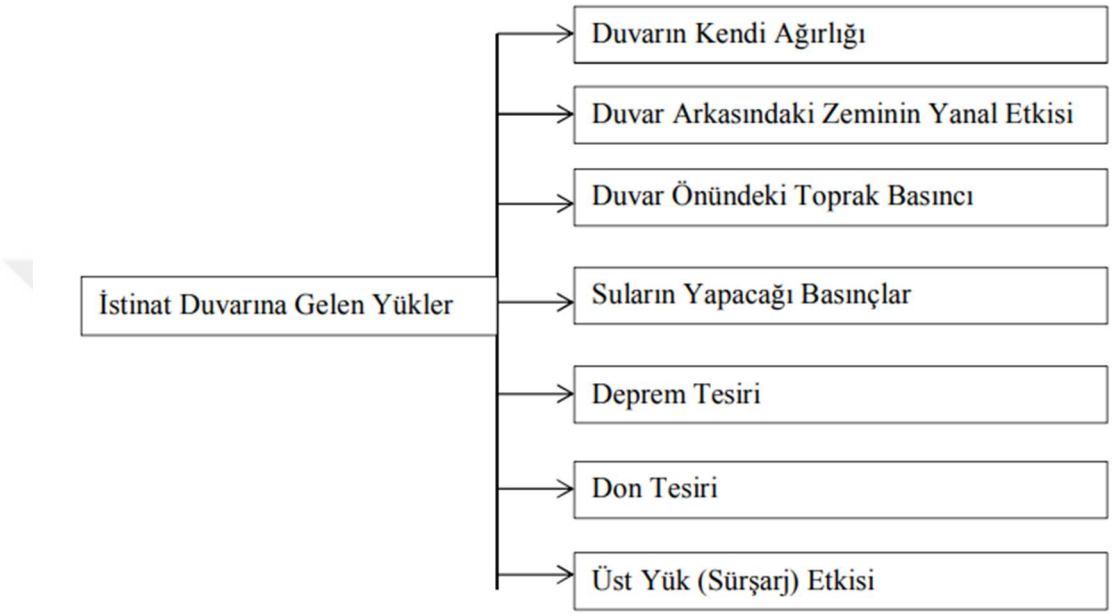
Şekil 1.10'da payandalı istinat duvarlarının ön boyutlandırılması için gerekli bilgiler gösterilmektedir. Konsolun üst kısmı genişliği 20-30 cm arasında olup ve 30 cm olması tavsiye edilmektedir. Başlangıçtaki payandanın duvar ile arasındaki mesafenin 0.4l cm olması tavsiye edilmektedir lakin duvar başlangıcına payanda ile başlanarak da tasarlanabilmektedir. Payandalar arasındaki mesafe, H'a bağlı olarak 0.3H-0.6H aralığında değişmektedir. 8-12m yüksekliğindeki duvarlarda payandalı istinat duvarları tercih edilebilinir [7].



Şekil 4.10 : Payandalı istinat duvarlarının ön boyutlandırılması [7].

4.6 İstinat Duvarlarına Gelen Kuvvetler

İstinat duvarları konumlarına göre bazı kuvvetlerin etkisinde kalabilmektedirler. Bu kuvvetlerin doğru bir şekilde tespit edilmesi, duvarın hem güvenli hem de ekonomik olması açısından çok önem arz etmektedir. İstinat duvarlarının maruz kaldığı kuvvetler genel olarak Şekil 4.11'de verilmektedir.



Şekil 4.11 : İstinat duvarlarına gelen yükler [7].

4.6.1 Duvarın kendi ağırlığı

Ağırlık tipi istinat duvarlarında, yanal itkiye karşı koyabilecek en büyük kuvvet genellikle duvarın kendi ağırlığıdır [7].

Duvar malzemesinin birim hacim ağırlığı : γ_m(t/m3),

Duvarın kesit alanı : V (m^2) ise,

Duvar ağırlığı,

$$W(ton) = \gamma_m . V . 1^{\,m} \qquad (4.2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

4.6.2 Duvar arkasındaki zeminin yanal etkisi

İstinat duvarlarının temel amacı, genellikle yanal toprak basınçlarına karşı koymaktır. Yanal toprak basınçlarının hesaplanması ile ilgili ilk çalışmalar, Coulomb (1776) , Poncelet (1840) ve Rankine (1857) tarafından yapılmıştır. Rankine ve Coulomb yöntemleri, günümüzde hala istinat duvarlarına etkiyen zemin basınçlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır [7].

Dengedeki duvarın zemin itkisini hesaplamak güçtür fakat bazı kabuller doğrultusunda duvarın hareket ettiği düşünülerek toprak basıncının Aktif toprak basıncı ve Pasif toprak basıncı olmak üzere iki sınırı olduğu görülür.

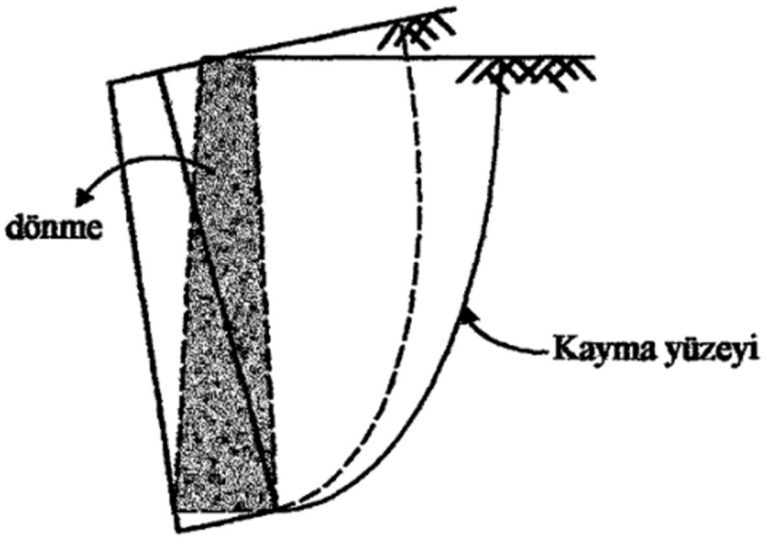
4.6.2.1 Aktif toprak basıncı

İstinat zemin gerilmelerinde azalma meydana gelerek belirli bir sınır değerini aşıp zemin dengesinin bozulmasına sebep olur. Bu denge bozulmasından kaynaklı bir kayma yüzeyi meydana gelir. Bu kayma yüzeyi boyunca zemin hareketlenmeye başlar. Bu hareketlenmeden kaynaklı duvara yapılan basınca aktif toprak basıncı denir. Belirli bir yer değiştirmenin sonucu olarak aktif toprak basıncı oluşmaktadır. Zemin cinslerine göre bu yer değiştirme farklılık gösterebilmektedir. Değişik zeminlere göre aktif toprak basıncının oluşması için gerekli yer değiştirmeler Şekil 4.12'de gösterilmektedir [7].

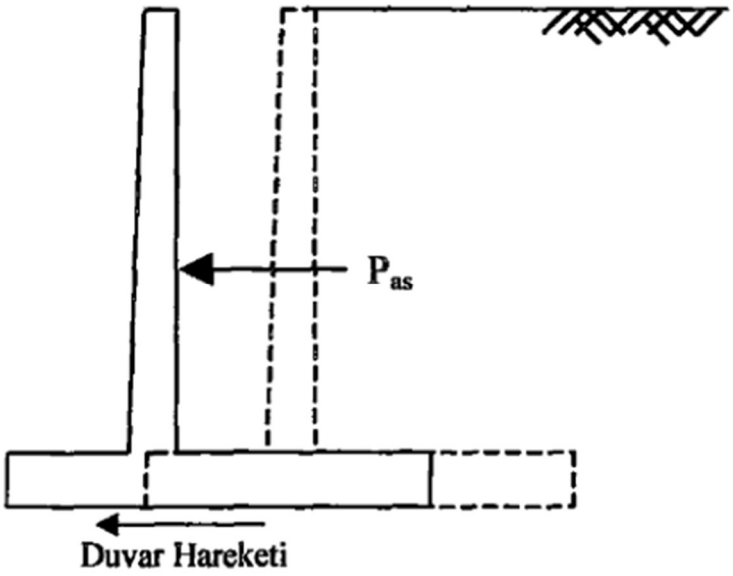
Aktif Durum	
Zemin Tipi	Gereken Yer değiştirme
Sıkı kum	0.001H
Gevşek kum	0.004H
Sert kil	0.010H
Yumuşak kil	0.020H

Şekil 4.12 : Aktif durumun oluşması için gereken yer değiştirmeler [7].

Aktif toprak basınçlarının oluşması durumunda istinat duvarlarında meydana gelen dönme ve kayma hareketleri Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te verilmektedir.



Şekil 4.13 : Aktif durumda istinat duvarında oluşan dönme hareketi [7].



Şekil 4.14 : Aktif durumda istinat duvarında oluşan kayma hareketi [7].

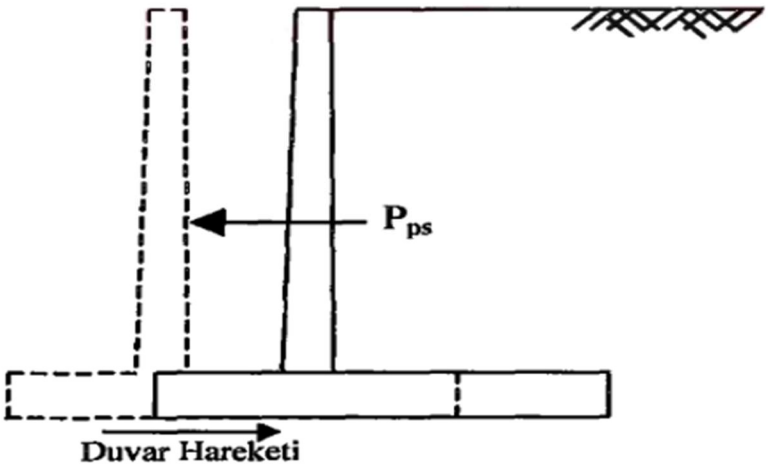
4.6.2.2 Pasif Toprak Basıncı

İstinat duvarlarının zemin itkisiyle arkasındaki zemine doğru çok az hareket edip zemin gerilmelerinde bir artış gözlenip bu artışa bağlı olarak bir kayma yüzeyi oluşur. Bu yüzey boyunca duvara yapılan basınca pasif toprak basıncı denir. Değişik zeminlere göre pasif toprak basıncının oluşması için gerekli yer değiştirmeler Şekil 4.15'te gösterilmektedir.

Pasif Durum	
Zemin Tipi	Gereken Yer değiştirme
Sıkı kum	0.020H
Gevşek kum	0.060H
Sert kil	0.020H
Yumuşak kil	0.040H

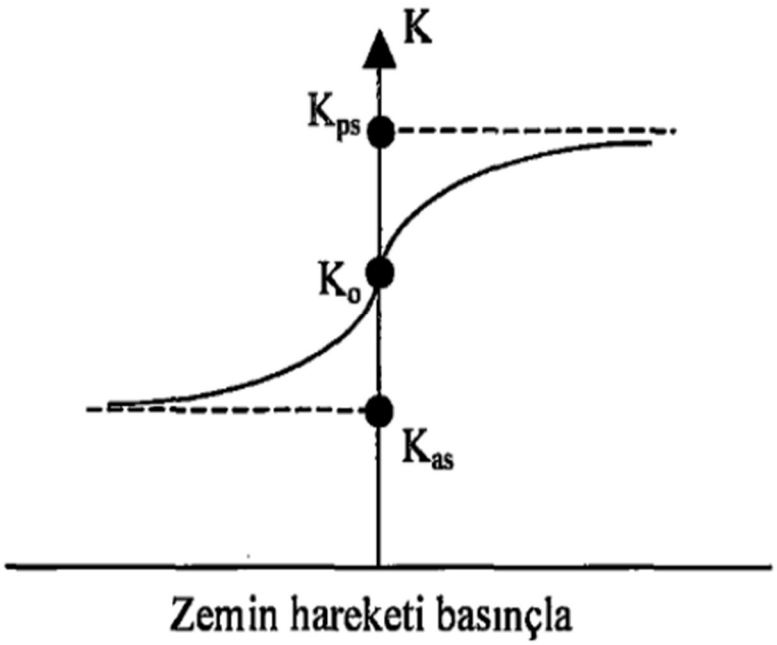
Şekil 4.15 : Pasif durumun oluşması için gereken yer değiştirmeler [7].

Şekil 4.16'da pasif toprak basıncının oluşması durumunda istinat duvarlarında meydana gelen hareketi gösterilmektedir.



Şekil 4.16 : Pasif durumda istinat duvarında oluşan hareket [7].

Her iki toprak basıncı için yer değiştirmeler karşılaştırıldığında, aktif durumun yer değiştirmesi, pasif durumun yer değiştirme miktarına göre oldukça küçük olduğu görülmektedir. Duvar hareketlerine göre aktif ve pasif zemin itkilerinin oluşumu Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17 : Duvar hareketine göre aktif ve pasif itkinin oluşumu [7].

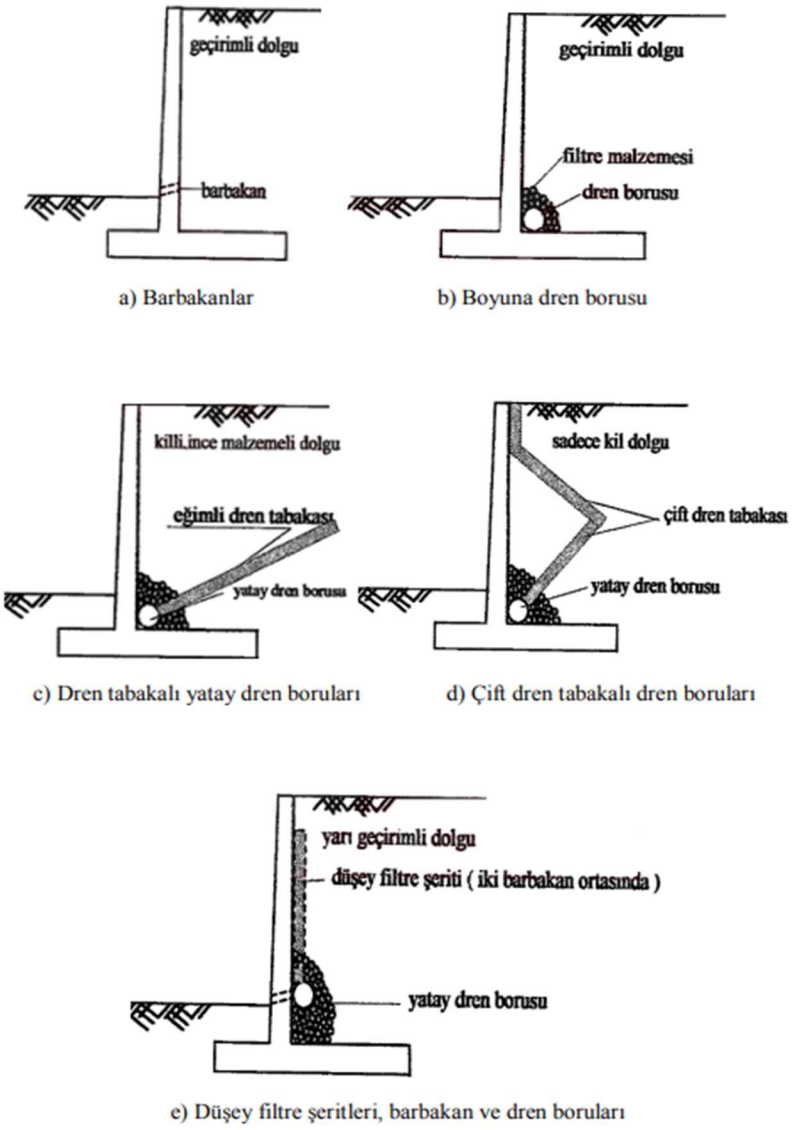
Şekil 4.17'de K_o ise sükunetteki toprak basıncını temsil etmiş olup toprak basıncı katsayıları için $K_{as} < K_o < K_{ps}$ eşitsizliği yazılabilmektedir.

4.6.3 Duvar önündeki toprak basıncı

Duvar önündeki toprak basıncı pasif toprak basıncı olarak etki etmektedir. Duvarın tabanı zemine gömülü olduğundan duvar önündeki zemin de karşı koyan kuvvet olarak değerlendirilmektedir [7].

4.6.4 Suların yapacağı basınçlar

İstinat yapılarının arkasında su olması hiçbir zaman istenilmez. Su olması duvarın ekstra bir hidrostatik basınca maruz kalması demektir. Aynı zamanda bu basıncın göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Yeraltı suyu veya yüzey suyu olması durumunda suyun toplanmasına izin verilmemelidir. Bunun için de drenaj sistemi yapılmalıdır. İstinat duvarı tipine ve su seviyesine göre de drenaj tipi de değişmektedir. İstinat duvarının drenajı için kullanılan yöntemler Şekil 4.18'de verilmektedir [7].



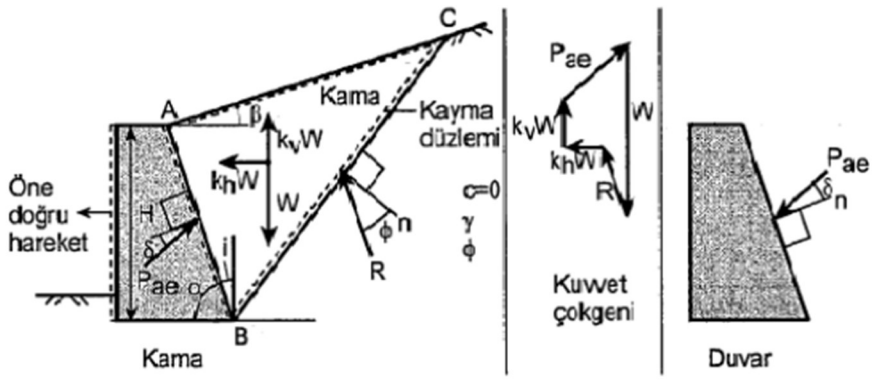
Şekil 4.18 : İstinat duvarında drenaj yöntemler [7].

4.6.5 Deprem tesiri

Yatay ve düşey doğrultularda ivme kazandıran depremler, dayanma yapılarına etki eden yanal toprak basınçlarını arttırırlar. Deprem sebebiyle ortaya çıkan yatay ivme, istinat yapılarında yaklaşık %10 civarında ani yanal itki artmasına sebep olur. İstinat yapıları tasarımında deprem etkisi de dikkate alınır. Statik durum için kullanılan Coulomb Kama Teorisini, Mononobe-Okabe dinamik durum (deprem) için değiştirip depremli durum için toplam aktif toprak basıncı katsayısını (K_{ae}) ve toplam itki ($P_{ae} = P_a + \Delta P_{ae}$)'yi veren formülleri bulmuştur [7].

Deprem yatay ve düşey kuvvetleri (kama kütlesi (M) x deprem yatay ivmesi(a_h) ve düşey ivmesi(a_v)) kamaya etki eden mevcut kuvvetlerin yanında yer almaktadır.

Yalnız deprem kaynaklı gelen ek itki $\Delta P_e = P_{ae} - P_a$ dir. Buradaki P_a değeri, statik durum (depremsiz durum) için bilinen aktif itkidir. Şekil 4.19'da depremde dayanma yapısında aktif durumda etkiyen kuvvetler görülmektedir.



Şekil 4.19 : Depremde dayanma yapısında aktif durum [7].

Deprem yatay ivme katsayısı,

$$k_h = \frac{\text{Yatay deprem ivmesi (g cinsinden)}}{\text{Yerçekimi ivmesi (g)}} < 1 \tag{4.3}$$

Deprem düşey ivme katsayısı,

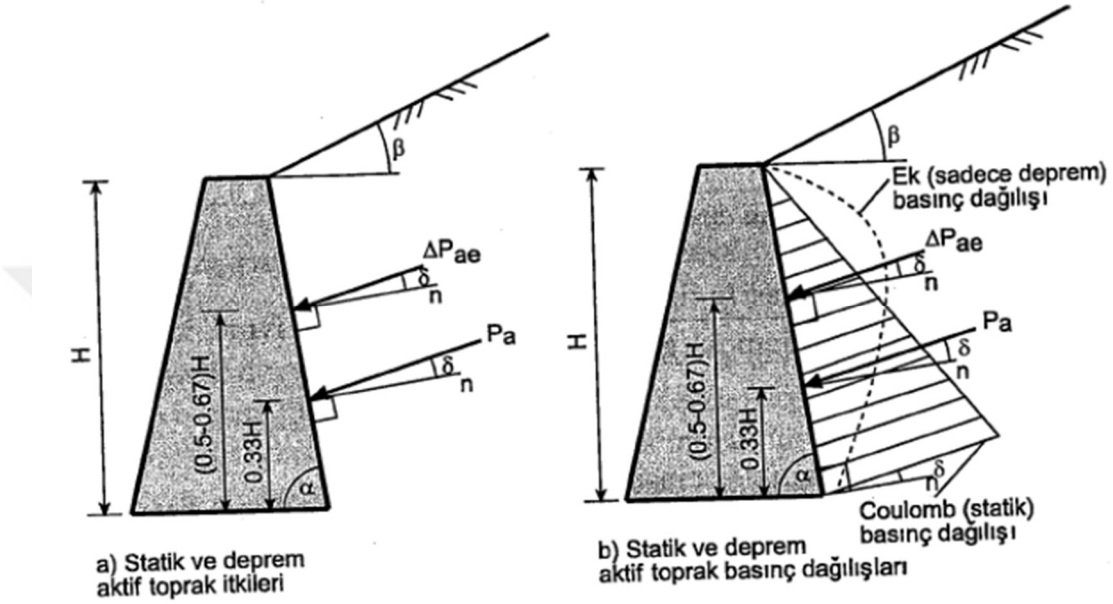
$$k_v = \frac{\text{Düşey deprem ivmesi (g cinsinden)}}{\text{Yerçekimi ivmesi (g)}} < 1 \tag{4.4}$$

$$P_{ae} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_{ae}(1 - k_v) \tag{4.5}$$

$$K_{ae} = \frac{\sin^2(\alpha + \phi - \theta)}{\cos\theta \sin^2(\alpha)\sin(\alpha - \delta - \theta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta - \theta)\sin(\alpha + \beta)}}\right]^2} \tag{4.6}$$

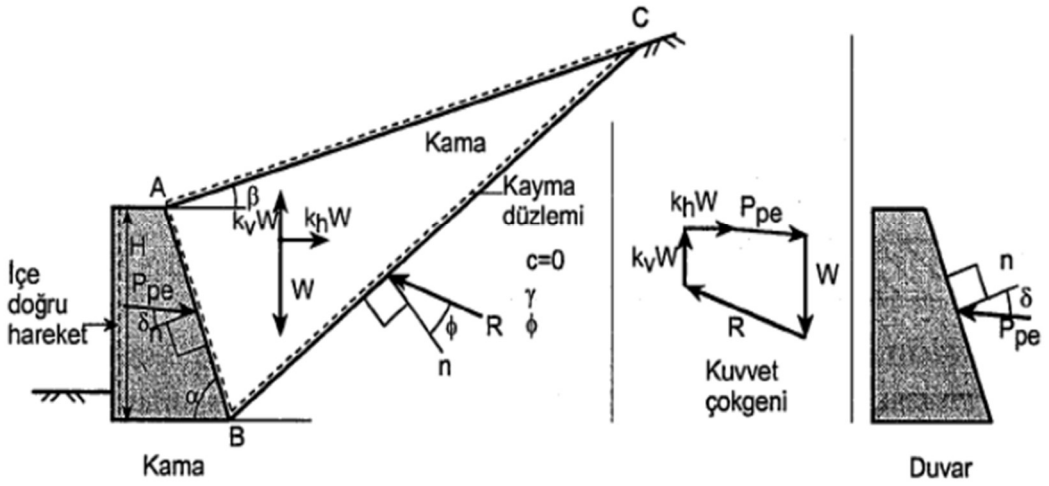
$$\theta = \tan^{-1}\left[\frac{k_h}{1 - k_v}\right] \tag{4.7}$$

olarak yazılır. Duvar tabanından itibaren (0.5-0.67)H arasında ΔP_e 'nin etkime noktası değişmektedir. Şekil 4.20'de deprem ek itkisinin etkidiği nokta gösterilmektedir.



Şekil 4.20 : Deprem ek itkisinin etkime yeri [7].

Aynı işlemler pasif durum için de yapılmaktadır. Şekil 4.21'de depremde dayanma yapısında pasif durumda etkiyen kuvvetler verilmektedir.



Şekil 4.21 : Depremde dayanma duvarında pasif durum [7].

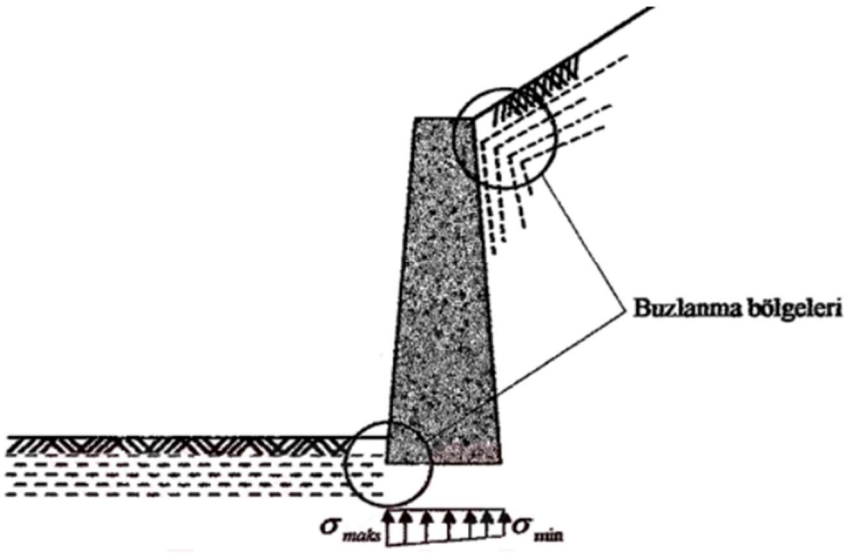
$$P_{pe} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_{pe}(1 - k_v) \tag{4.8}$$

$$K_{pe} = \frac{\sin^2(\alpha - \varphi + \theta)}{\cos\theta \sin^2(\alpha) \sin(\alpha + \delta + \theta - 90)\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta)\sin(\varphi + \beta - \theta)}{\sin(\alpha + \delta + \theta)\sin(\alpha + \beta)}}\right]^2} \tag{4.9}$$

olmaktadır.

4.6.6 Don tesiri

Suya doygun veya yeraltı suyunun yüksek olduğu zeminlerde kışın belirli bir derinliğe kadar zeminde donma olayı meydana gelir. Kış aylarında duvar arkasındaki ve topuğundaki suyun donmasıyla birlikte buz mercekleri ortaya çıkmakta olup bahar aylarında havaların ısınması ile birlikte bu kısımlarda yumuşama meydana gelmektedir. Oluşan yumuşama özellikle topuk kısmındaki gerilmelerin yüksek olmasından kaynaklı oturmalara neden olmaktadır. Oluşan bu etki yapının stabilitesini bozup devrilmeye neden olabilmektedir. Zemin drenajı sağlam bir şekilde yapılarak don etkisinin karşısına geçilebilir. Şekil 4.22'de istinat yapısının arkasında ve topuğunda don tesirinden kaynaklı meydana gelen buzlanma yerleri verilmektedir.



Şekil 4.22 : İstinat duvarlarının arkasındaki ve topuğundaki buzlanma bölgeleri [7].

4.6.7 Üst yük (sürşarj) etkisi

İstinat yapılarının arkasındaki zemin üzerine ekstra yükler de etki edebilmektedir. Malzeme deposu, ulaşım araçları, yeni bir yapı yapılması vs. gibi etkiler bunlara örnek verilebilir.

4.7 İstinat Duvarlarının Bakımı

İstinat duvarının bakımları aşağıdaki gibi sıralanabilir [9]:

- Yapılacak istinat yapısı için zemin etüdü yapılıp bu yapılan etüdün laboratuvar sonuçlarına göre istinat yapısının boyutlandırılması gerekir. Farkı tabakaların olduğu zeminlerde oturma hesabı da yapılmalıdır.
- İstinat yapısı zeminden gelen sulardan etkilenmemesi için drenaj sisteminin ve barbakanların yapılması gerekir.
- 8-20 m aralığında dilatasyon derzinin yapılması hem oturmanın ve çatlakların önlenmesinde hem de imalat kolaylığı sağlamaktadır.
- İstinat yapılarında meydana gelebilecek çatlakların sürekli gözlenip sebebinin araştırılması gerekmektedir. Oluşan çatlakların tamirleri yapılmalıdır.
- İstinat yapılarının temeli don seviyelerinin altında sağlam zemine yapılmalıdır.
- İstinat yapıları arka dolgusunda mümkün olduğu kadar permeabilitesi yüksek malzeme kullanılması tercih edilmelidir.
- Duvar arkası drenajı projede gösterilip projesine göre imalat yapılmalıdır. Drenaj kontrolü için de müdahale bacası konulmalıdır. Drenaj borularına keçe ve filtre kumu kullanılmalıdır. İstinat duvarı imalatı bittikten sonra drenaj testi yapılmalıdır.
- İstinat yapıları kagir yığma olarak imal edilmesi durumunda üzerine harpuşta ya da betonarme hatıl yapılmalıdır.
- İstinat duvarı tasarımında sürşaj yükü de göz önünde bulundurularak tasarlanmalı. Aksi takdirde istinat duvarında hasar meydana gelebilir.

4.8 İstinat Duvarlarının Stabilitesi

4.8.1 Giriş

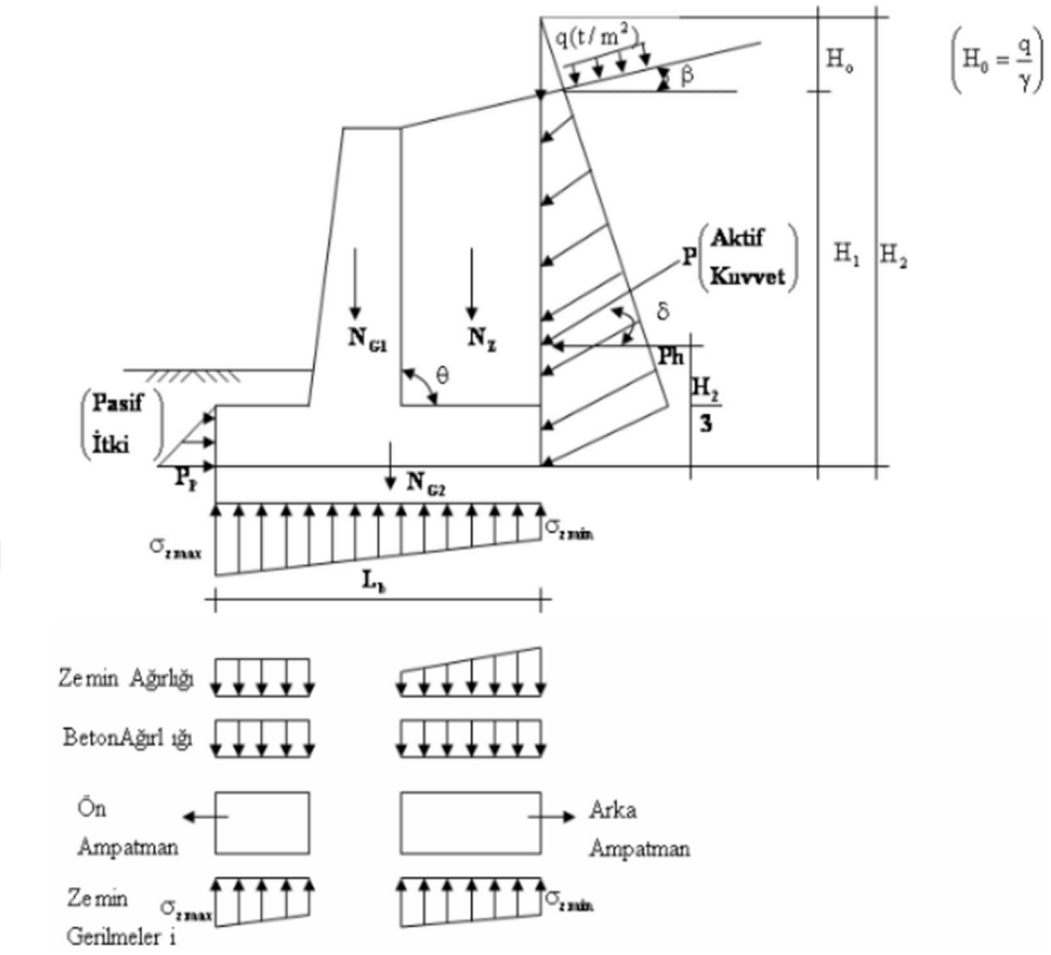
İstinat yapılarının tasarımında ön boyutlandırma yapıldıktan sonra yapıya etkiyen kuvvetler belirlenir. Genellikle duvarın kendi ağırlığı, zemin itkileri, dış yükler ve varsa su itkisi etki etmektedir. Bunlara ilaveten deprem durumunda, dinamik zemin basınçları ile dolgu ve duvar ağırlığından kaynaklanan yatay kuvvetler dahil edilmektedir. Hem statik hem de dinamik durum için de istinat duvarı stabilite tahkikleri sağlamalıdır. Şekil 4.23'te betonarme bir konsol istinat duvarı üzerinde genel olarak istinat duvarına etki eden yükler verilmiştir [7].

Burada;

- Duvar yüzünün yatayla yapmış olduğu açı $\theta = 90°$,
- Duvar arkası zemin yüzeyinin yatayla yapmış olduğu açı $\beta = 0°$
- Duvar ile zemin arasındaki sürtünme açısı $\delta = 0°$ olduğundan zeminin duvara yapmış olduğu basınç yataydadır ve derinliğe bağlı olarak üçgen yayılı yük şeklindedir.

İstinat yapılarının stabilite hesapları için aşağıdaki tahkikler yapılmaktadır:

- Devrilme tahkiki,
- Kayma tahkiki,
- Temel tabanı altındaki zemin gerilmelerinin tahkiki,
- Toptan göçme tahkiki.



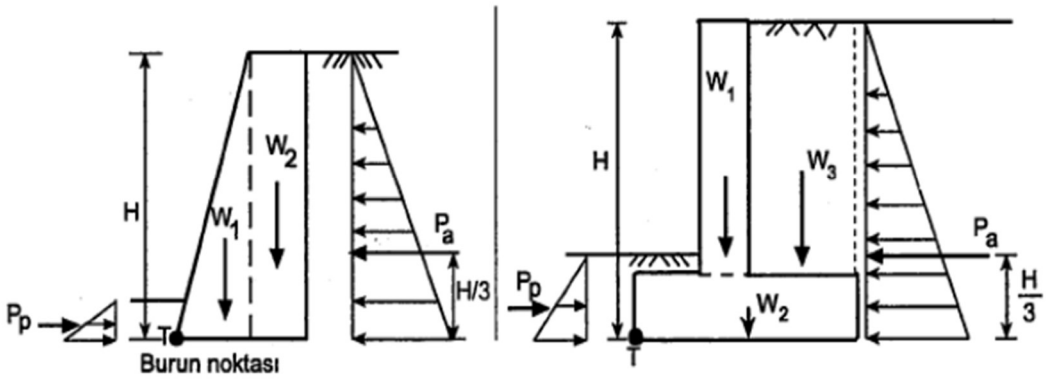
Şekil 4.23 : İstinat duvarlarına etki eden yükler [7].

4.8.1.1 Devrilme tahkiki

İstinat yapıları aktif toprak basınçlarının (yanal zemin basınçlarının) etkisi ile burun noktası etrafında dönmeye meyilli olup bu dönmenin etkisi istinat yapısının devrilmesine sebep olabilmektedir. Aktif toprak basınçlarına karşı istinat yapısının devrilmemesi gerektiği ve devrilmeye karşı ise belirli bir güvenliğin sağlanması gerekmektedir. Duvarın kendi ağırlığı ve duvar tabanı üzerindeki zeminin ağırlığı devrilmeye karşı koyan kuvvetlerdir. Duvarın burun noktası etrafında dönmesine karşı koyan kuvvetlerin burun noktasına göre momenti $M_{(karşı\ koyan)}$, burun noktası etrafında duvarı devirmeye çalışan kuvvetlerin burun noktasına göre momenti $M_{(deviren)}$ olarak ifade edildiğinde, devrilmeye karşı emniyet (güvenlik) sayısı, G_s;

$$G_s\,(\text{devrilme}) = \frac{\sum M_{T(\text{karşı koyan})}}{\sum M_{T(\text{deviren})}} \tag{4.10}$$

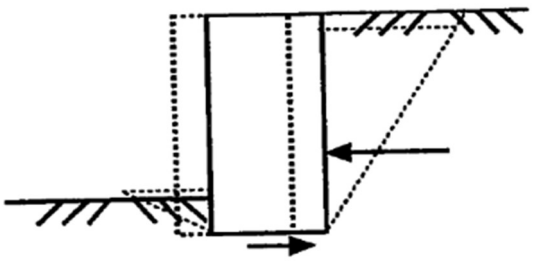
olarak yazılabilir. $G_s \geq 1.5 \sim 2.0$ olması durumunda devrilme güvenliği sağlanabilmiştir. Kohezyonsuz zeminler için güvenlik katsayısı Gs =1.5, kohezyonlu zeminler için G_s =2 olarak alınabilir. Güvenlik katsaysı genellikle 1.5 civarında seçilir. Depremli durumlarda ise G_s minimum 1.2 olmalıdır. Devrilme güvenliğinin sağlanamadığı durumlarda boyut değişimi, ankraj kullanılması, dolgu malzemesi özelliklerinin değiştirilmesi vb. gibi yöntemlere başvurularak devrilme güvenliği sağlanabilir. Bu yöntemler arasında en etkili olan ankraj uygulamalarıdır fakat istinat duvarının tabanının uzatılmasının daha ekonomik olmasından dolayı bu durum tercih edilmektedir [7]. Şekil 4.24'te devrilme tahkiki görseli verilmiştir.



Şekil 4.24 : İstinat duvarlarında devrilme tahkiki [7].

4.8.1.2 Kayma tahkiki

Yanal basınçların etkisi ile İstinat yapıları, temel zemini üzerinde kaymaya zorlanır. Yanal basınçların etkisi altında istinat yapısı öne doğru kaymamalı ve kaymaya karşı ise belli bir güvenlik sağlanmalıdır (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 : İstinat duvarında kayma (Taban üzerinde) [7].

Duvara yanal olarak etkiyen kuvvetler, duvarı kaydırmaya çalışan kuvvetlerdir. Tabanla zemin arasındaki adezyon kuvveti, tabanla zemin arasındaki sürtünme kuvveti ve duvar önündeki zeminin pasif itkisi ise kaymaya karşı koyan kuvvetlerdir. Pasif toprak itkisi; genellikle duvar önünde ileride oluşabilecek erozyon, yapılabilecek kazı ve buna benzer olayların duvara yapacağı olumsuz etkileri yok etmek için göz ardı edilir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı G_s, kaymaya karşı koyan kuvvetlerin kaydırmaya çalışan kuvvetlere oranı olarak karşımıza çıkmaktadır [7].

$$G_s = \frac{\sum F_{(\text{kaymaya karşı koyan})}}{\sum F_{(\text{kaydıran})}} \tag{4.11}$$

Depremli durumda kaymaya karşı güvenlik sayısı en az 1.0 alınmalıdır [7]. Kaymaya karşı koyan sürtünme kuvveti, duvar tabanına gelen tüm düşey ağırlıkların ($\sum$ N), sürtünme katsayısı (μ) ile çarpımına eşittir.

$$\sum F_{(\text{karşı koyan})} = \sum N.\mu \tag{4.12}$$

Şekil 4.26'da kohezyonsuz zeminler için μ sürtünme katsayısı gösterilmektedir.

Taban Zemin Türü	μ
İri kum ve çakıl (%5'ten az siltli)	0.50-0.70
İnce kum ve çakıl (%5'ten az siltli)	0.40-0.60
Siltli kum ve çakıllı killi zemin	0.30-0.50
Sert kil (ancak tırnakla çizilebilen)	0.30-0.50
Yarı sert kil veya silt	0.20-0.30
Sağlam kaya (kaba yüzeyli)	0.60

Şekil 4.26 : Taban zemini için sürtünme katsayıları [7].

Kohezyonlu zeminler için ise kaymaya karşı koyan kuvvet,

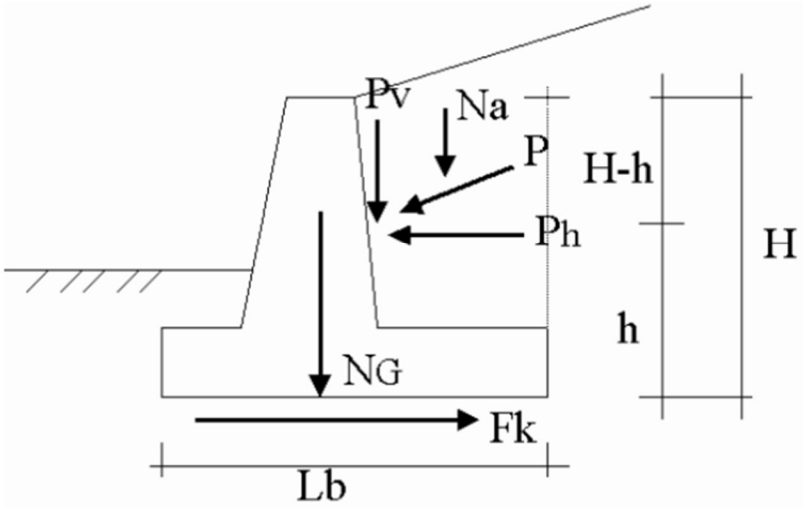
$$\sum F = c \times \sum N \tag{4.13}$$

olarak verilmektedir. Burada c, taban zemininin kohezif mukavemetini temsil etmektedir. Şekil 4.27'de kohezyonlu zeminler için taban zemini kohezif

mukavemetleri gösterilmektedir. Şekil 4.28'de de istinat duvarlarında kayma tahkiki gösterilmiştir.

Taban Zemini Türü	C (t / m^2)
Hafif bir parmak basıncı ile şekil değiştiren çok yumuşak kil	1
Kuvvetlice parmak basıncı ile şekil değiştiren yumuşak kil	2
Başparmak ile basılınca iz bırakabilen orta sertlikte kil ile tırnakla çizilebilen sert killer	3

Şekil 4.27 : Taban zemininin kohezif mukavemetleri [7].



Şekil 4.28 : İstinat duvarlarında kayma tahkiki [7].

$$\sum N = N_G + N_Z + P_V \tag{4.14}$$

NG = Duvarın kendi ağırlığı,

NZ = Duvar tabanı üzerindeki zemin ağırlığı,

P_v = Aktif duvar itkisinin düşey bileşkesi,

P_h = Aktif duvar itkisinin yatay bileşkesi,

gibi olup kaymaya karşı güvenlik katsayısı,

$$G_s = \frac{\sum F}{P_h} \geq 1.5 \tag{4.15}$$

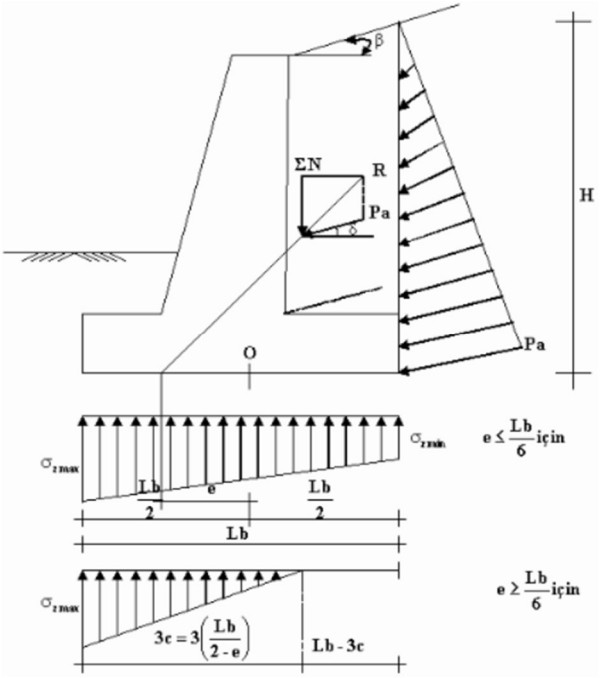
koşulunu sağlamalıdır [7].

4.8.1.3 Temel tabanı altındaki zemin gerilmelerinin tahkiki

İstinat yapısına etki eden yüklerden kaynaklı yapının temel tabanı altında zemin gerilmeleri meydana gelmektedir. Bu gerilmeler zemin emniyet gerilmesinden küçük olmalıdır. Duvarın kendi ağırlığı, duvarın ampatman üzerindeki dolgu ağırlığı, ve yatay zemin basınçları gibi istinat duvarına etkiyen tüm kuvvetlerin taban plağının O noktasına göre momentlerinin toplamı $\sum M_o$ olarak ifade edilir. İstinat duvarına etki eden düşey yüklerin toplamı $\sum N$ olmak üzere, istinat duvarına etkiyen tüm kuvvetlerin temel tabanının orta noktasına göre dış merkezliği (eksantrisite) [7] ;

$$e = \frac{\sum M_o}{\sum N} \tag{4.16}$$

olarak tanımlanır. Şekil 4.29'da istinat yapılarının temel tabanı altında meydana gelen zemin gerilmeleri verilmektedir.



Şekil 4.29 : İstinat duvarının temel tabanı altında meydana gelen zemin gerilmeleri[7].

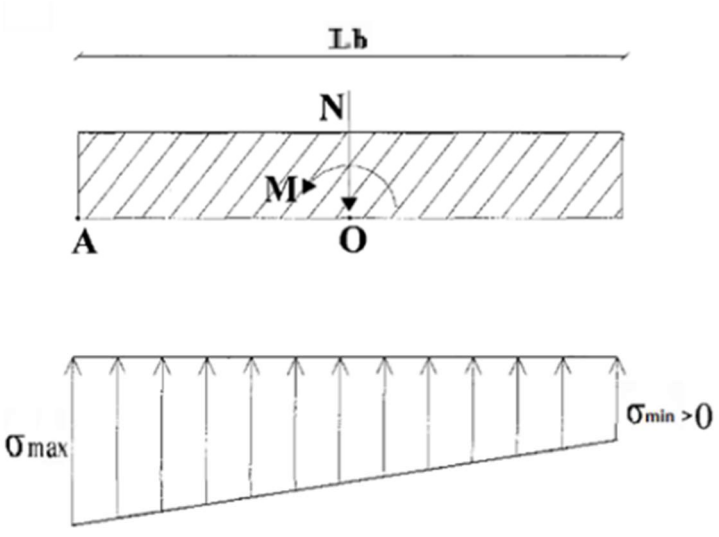
Zemin emniyet gerilmesi σ_{Zem} , istinat duvar taban genişliği lb olmak üzere, birim uzunluk için, tabanın altında oluşan maksimum zemin gerilmeleri σ_{Zmax} ve minimum zemin gerilmeleri σ_{min} ;

$$\sigma_{z_{max}} = \frac{\sum N}{lb} + \frac{6.\sum M_o}{lb^2} \leq \sigma_{z_{em}} \qquad (4.17)$$

$$\sigma_{z_{min}} = \frac{\sum N}{lb} - \frac{6\sum M_o}{lb^2} \geq 0 \qquad (4.18)$$

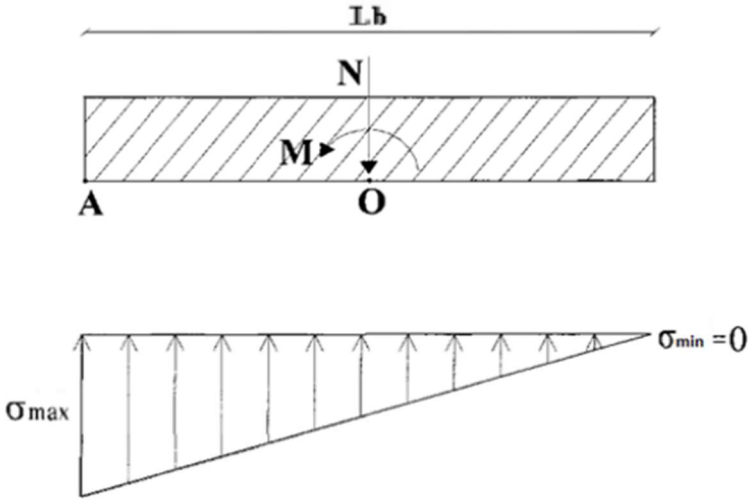
şartlarını sağlamalıdır [7].

Hesaplanan dış merkezliğin (O noktasına göre) $e \leq I_b / 6$ olması durumunda duvar tabanına etkiyen normal kuvvetin etkime noktası tabanın çekirdek bölgesi içinde kaldığı görülmektedir. Böylelikle taban altındaki zeminde istenmeyen çekme gerilmeleri de oluşmaz. Dış merkezliğin $e < I_b / 6$ olduğu durumda (küçük dış merkezlik durumunda) minimum zemin emniyet gerilmesi $\sigma_{Zmin} > 0$ koşulunu sağlamaktadır. Şekil 4.30'da küçük dış merkezlik durumunda tabanda oluşan zemin gerilmeleri verilmektedir [7].



Şekil 4.30 : Küçük dış merkezlik $e < I_b / 6$ durumunda oluşan zemin gerilmeleri [7].

Dış merkezliğin $e = I_b / 6$ olması durumunda ise $\sigma_{Zmin} = 0$ olmaktadır. Bu durumda normal kuvvet, çekirdek bölgesine ait sınır çizgi üzerine etkimektedir. Şekil 4.31'de eksantrisitenin $e = I_b / 6$ durumunda oluşan zemin gerilmeleri verilmiştir.



Şekil 4.31 : e = I_b / 6 sınır durumunda oluşan zemin gerilmeleri [7].

Dış merkezliğin e > I_b / 6 olması durumunda (Büyük dış merkezlik durumunda) istinat duvarı tabanına etkiyen toplam normal kuvvet, çekirdek bölgesinin dışına etkimektedir. Bu durumda duvar tabanın altındaki zeminde çekme gerilmeleri ortaya çıkmaktadır.

Burada $\sigma_{Zmin} < 0$ olmaktadır. Maksimum zemin gerilmesi ise;

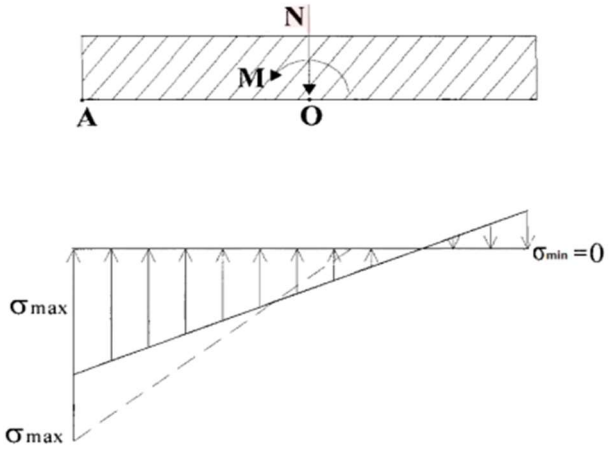
Çekme gerilmelerine karşı dayanıksız malzemeler için,

$$c = \frac{lb}{2} - e \tag{4.19}$$

olmak üzere,

$$\sigma_{z_{max}} = \frac{2.\sum N}{3.c} \tag{4.20}$$

Bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Maksimum zemin gerilmesi, $\sigma_{Zmax} \leq \sigma_{Zmin}$ koşulunu sağlamalıdır [7]. Şekil 4.32'de büyük dış merkezlik e > I_b / 6 durumunda zeminde oluşan gerilmeler gösterilmektedir.

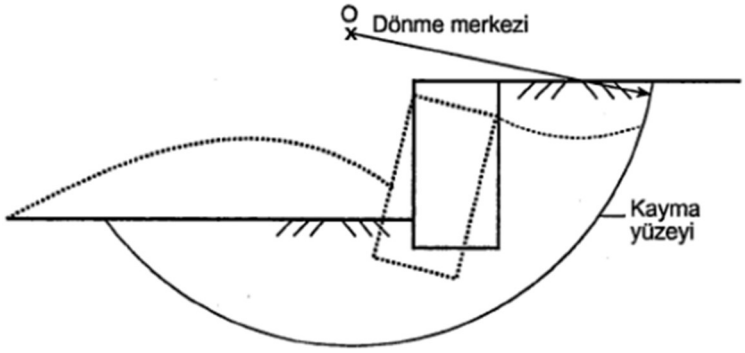


Şekil 4.32 : Büyük dış merkezlik e > I_b / 6 durumunda oluşan zemin gerilmeleri [7].

Kaya türleri için büyük dış merkezlik durumu söz konusu olmaktadır. Diğer zemin türleri için küçük dış merkezlik durumu verecek şekilde hesaplamalara devam edilmelidir. İstinat yapılarının zemininde çekme gerilmesi oluşmasına izin verilmeyecek şekilde tasarımı yapılmalıdır.

4.8.1.4 Toptan göçme tahkiki

İstinat duvarı stabilite tahkikleri yapıldıktan sonra zemin ile birlikte toptan göçme tahkiki de yapılmalıdır. Yapılan toptan göçme analizinde şevin istinat duvarını içine alacak şekilde kayma meydana gelmemelidir (Şekil 4.33).



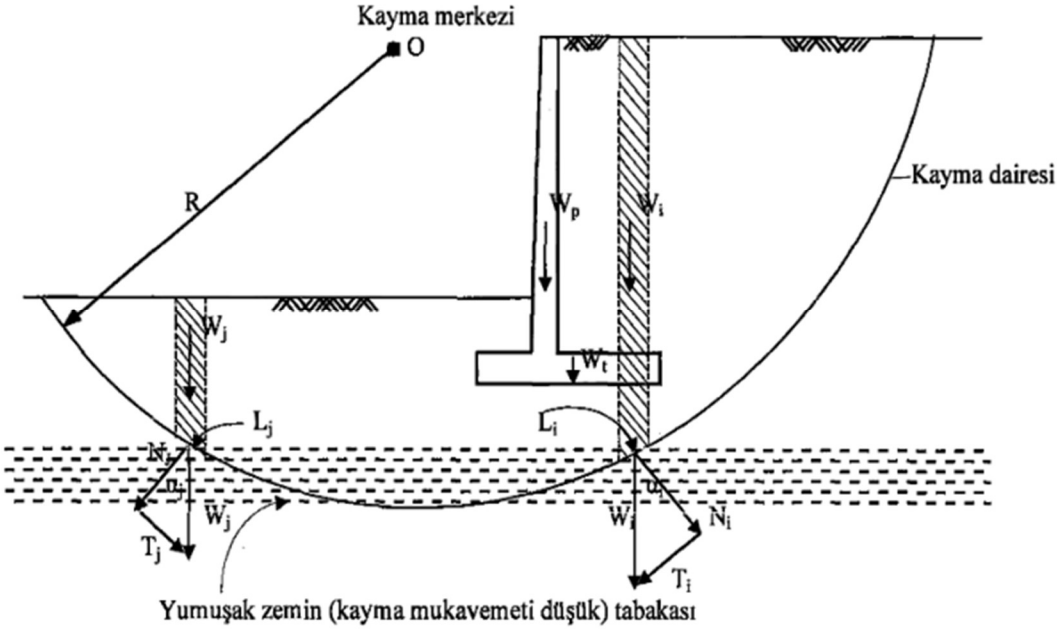
Şekil 4.33 : İstinat duvarında toptan göçme (şev kayması) [7].

Deprem, kazı ve yeraltı suyu gibi nedenlerle istinat yapısının yapıldığı alanda zemin, stabilite kaybına uğrayarak istinat yapısı ile birlikte toptan göçebilir. Aşağıda toptan göçmeye neden olabilecek kritik durumların bir kaçı sıralanmıştır [7]:

- Drenajsız koşullarda bulunan yumuşak veya orta sertlikte kil zemin üzerine istinat yapılarının olma durumu
- Sıvılaşma riski bulunan doygun durumda killi kum ya da gevşek kum malzemeden oluşması
- İstinat duvarının oturduğu zayıf zemin tabaka kalınlığı, duvar taban genişliğinin 1-1.5 katı veya daha fazla olma durumu

Şev stabilitesi problem özelliği taşıyan istinat duvarı, zemin kayma yüzeyinin dairesel bir yüzey olduğu varsayılır. Kayma yüzeyi, duvarın temeli altından geçmesi durumunda toptan göçme emniyetli değildir. Toptan göçme hesaplarına en uygun olan kohezyonlu zeminlerde meydana gelen dairesel kayma göçmesidir. İstinat duvarlarının toptan göçme hesabında ise İsveç Dilim Yöntemi kullanılmaktadır.

Bu yöntem, göçme kontrolünde kullanılan genel bir yöntemdir. Homojen, tabakalı, tamamen veya kısmen su altındaki zemin ve su akımı durumlarının tamamında kullanılabilir [7].



Şekil 4.34 : İstinat duvarlarının İsveç Dilim Yöntemi ile toptan göçme kontrolü [7].

İsveç Dilim Yönteminde, O merkezi etrafında dönen dairesel bir yüzey ve istinat duvarının arka ucundan geçip istinat duvarını da içine alacak şekilde kayma yüzeyi kabul edilmektedir. Kritik kayma dairesi belirlendikten sonra kayma dairesi içinde kalan alanlar sol baştan itibaren 1'er metrelik genişlikli dilimlere ayrılır. Bu dilimlerin her birinin ağırlığı (W_i) ve ağırlık merkezlerinin O merkez noktasına olan yatay

uzaklıkları belirlenir. Bunlara bağlı olarak O merkez noktasına göre toptan göçmeye çalışan moment (M_d) belirlenmiş olur.

$$W_i = b_i . h_i . \gamma \tag{4.21}$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Burada,

b_i : Dilimin yatay uzunluğu,

h_i : Dilimin düşey uzunluğu,

γ : Zeminin birim hacim ağırlığı

gibi ifade edilmektedir. Kayma dairesi üzerine düşen zemin dilimlerinin dairesel kısımları doğrusal kabul edilip W_i ağırlıklarının bu doğrusal yüzeylerin normaliyle yaptığı αi açıları belirlenir. Böylelikle toptan göçmeye neden olan toplam moment, toplam aktif basınç itkisinin ve zemin ağırlığının kayma merkezine göre momentlerinin toplamı şeklinde karşımıza çıkar [7].

$$M_d = (\sum W_i . \sin \alpha_i) . r + P_{as} . x \tag{4.22}$$

kaymaya neden olan momentlerin toplamı elde edilir. Bu bağıntıda,

W_i : Her bir dilimin ağırlığı

r : Kayma dairesinin yarıçapı

P_{as}: Statik durumda aktif basınç itkisi

x : Aktif basınç itkisinin O merkez noktasına göre moment kolu

olarak ifade edilir. Sürşarj durumunda ise sürşarj yükünden kaynaklanan ek zemin etkileri de bu denklemde hesaba katılmalıdır. Kayma düzlemince direnen kuvvetler, ağırlığın karşı koyan bileşeni ve kohezyon etkisi ile meydana gelmektedir. Buna göre kayma düzlemi boyunca direnen kuvvetlerin O dairesel kayma merkezine göre momenti de;

$$M_r = \left(\sum \frac{c . b_i}{\cos \alpha_i} + \sum W_i \cos \alpha_i \tan \emptyset\right) . r \tag{4.23}$$

bağıntısı ile bulunur. Bu bağıntıda,

c : Kohezyon katsayısı

b_i : Her bir dilimin yatay uzunluğu

olarak ifade edilmektedir.

Göçmeye karşı güvenlik katsayısı ise;

G_s = Toplam devrilmeye karşı koyan moment ⁄ Deviren moment

$$G_s = \frac{M_r}{M_d} = \frac{\left(\sum \frac{c.b_i}{\cos a_i} + \sum W_i.\cos \alpha_i.\tan \emptyset\right).r}{(\sum W_i.\sin \alpha_i).r + P_a.x} \quad (4.24)$$

bağıntısındaki gibi olmaktadır. Göçme için emniyet katsayısının kumlu zeminlerde Gs ≥ 2 ve killi zeminlerde ise Gs ≥ 3 koşulunu sağlamalıdır [7].

4.9 İstinat Duvarlarına Etkiyen Statik Ve Dinamik Zemin Basınçlarının Hesabı

4.9.1 Giriş

Duvar arkasındaki zeminin oluşturduğu yanal aktif ve pasif toprak basınçları, istinat yapılarının hesaplanmasında dikkat edilecek en büyük etkidir. İstinat yapılarına etkiyen statik itkiler, duvar ve zemin hareketlerine bağlıdır. Deprem etkisinde kalan istinat yapılarına etkiyen itkiler ise statik basınçtan farklı büyüklük ve dağılımdadır. Depremin etkisiyle meydana gelen basınçlar ve bunların etkisiyle meydana çıkan gerilmeler;

- Zeminin hareket özelliklerine,
- Yapılan dolgu malzemesinin özelliklerine,
- İstinat yapısının geometrik ve fiziksel özelliklerine,
- Yapının önemi ve yapının tasarımında kullanılacak sismik katsayıya

bağlıdır.

Coulomb (1776) ve Rankine (1857) statik zemin basınçlarının hesaplanmasında ilk çalışmaları yapan kişilerdir. Günümüzde de istinat yapılarına etkiyen statik basınç dağılımlarının bulunmasında bu iki yöntem,

- Rankine Teorisiyle Hesap,

- Coulomb Teorisiyle Hesap,

kullanılmaktadır.

Bu bölümde, depremden dolayı istinat yapılarına etkileyecek dinamik basınç dağılımlarının bulunmasında kullanılan hesap yöntemleri;

- Mononobe-Okabe Yöntemiyle Hesap,
- Steedman-Zeng Yöntemiyle Hesap,
- Sonlu elemanlar analizi

üzerinde durulmaktadır [7].

4.9.2 Rankine teorisiyle hesap

Rankine Teorisi, hem kohezyonlu hem de kohezyonsuz zeminler için genelleştirilmiş bir hesap yöntemidir. Rankine Teorisine göre, yapının arkasındaki zemin plastik dengeye ulaştığında aşağıdaki kabuller yapılmaktadır [10]:

Zemini homojen ve izotroptur kabul eder. Yani kayma direnci açısı ‘‘φ’’, birim hacim ağırlığı ‘‘γ’’ ve kohezyon ‘‘c’’ zemin tabakasının her noktasında eşittir.

- Zeminin kayma direnci sadece bir parametre ile ifade edilebilmektedir.
- Duvar arkasında meydana gelen kırılmada, zemin üçgen şeklinde rijit bir kamadır.
- Duvar ile zemin arasında sürtünme ihmal edilmiştir.
- Kırılma iki boyutludur.

Plastik dengeye ulaşan aktif durumdaki zemin, yatay ile $(45 + \varphi/2)°$ ’lik açı yapan düzlemlerce kırılmaktadır. Duvarın arka yüzü sürtünmesiz kabul edilerek, zeminin üstünden herhangi bir z derinliğindeki statik aktif zemin basıncı Mohr çemberi yardımıyla,

$$P_{as}(z) = \gamma . z . K_{as} - 2 . c . \sqrt{K_{as}} \qquad (4.25)$$

bağıntısı ile bulunur . Bu bağıntıda,

γ : Zeminin birim hacim ağırlığı,

K_{as} : Minimum statik aktif zemin basıncı katsayısı,

c : Zeminin kohezyonunu

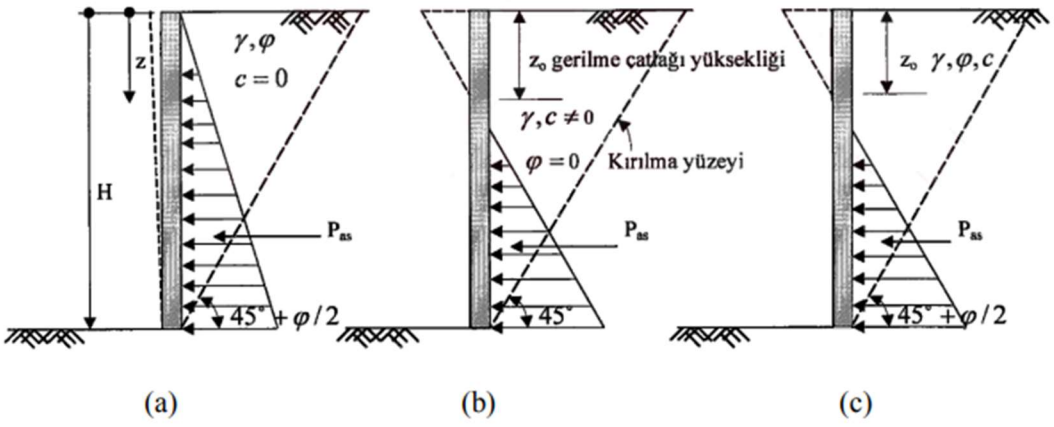
ifade etmektedir. φ zeminin içsel sürtünme açısı ve i zemin yüzeyinin yatayla yaptığı açı olmak üzere aktif zemin basınç katsayısı K_{as} ,

$$K_{as} = \cos i . \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \varphi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \varphi}} \tag{4.26}$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Bağıntıdan da anlaşıldığı gibi duvarın arka yüzeyi üzerindeki basınç dağılımı sürtünme açısı ‘‘φ’’ , kohezyon ‘‘c’’ ve zemin üst yüzeyinin eğimine bağlıdır. Sonuç olarak istinat yapısına etki eden aktif zemin basınçların bileşkesi (itkisi),

$$P_{as} = \frac{1}{2} . \gamma . H^2 . K_{as} \tag{4.27}$$

olarak ifade edilmekte ve duvar yüksekliğinin temelden itibaren üçgensel bir alan olduğundan H/3 noktasını etkilemektedir. Şekil 4.35’te istinat yapısına ait aktif zemin itkisi ve aktif Rankine durumuna ilişkin statik basınç dağılımı verilmiştir [10].



Şekil 4.35 : Kum (a), kil (b), kum-kil karışımı (c) zeminlerde aktif Rankine durumuna ilişkin statik basınç dağılımı [10].

Şekil 4.36’da kum, kil ve kum-kil karışımı zeminler için çizilen aktif Rankine durumundaki zemin itkilerinin hesap yöntemi verilmiştir.

a) Kumlu zeminlerde	b) Killi zeminlerde	c) Kum-kil karışımı zeminlerde
$K_{as} = \tan^2(45 - \varphi/2)$	$z_0 = 2c/\gamma$	$z_0 = \left(\frac{2c}{\gamma}\right).\tan\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$
$P_{as}(z) = K_{as}.\gamma.z$	$P_{as}(z) = \gamma.z - 2c$	$P_{as}(z) = \gamma.z.\tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c.\tan\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$
$P_{as} = K_{as}.\gamma.\frac{H^2}{2}$	$P_{as} = \frac{\gamma H^2}{2} - 2c.H + \frac{2c^2}{\gamma}$	$P_{as} = \left(\frac{\gamma H^2}{2}\right).\tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c.H.\tan\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) + \frac{2c^2}{\gamma}$

Şekil 4.36 : Aktif Rankine durumunda Zemin etkileri [7].

Plastik dengeye ulaşan zemin pasif durumda ise yatay ile $(45 - \emptyset/2)°$ 'lik açı yapan düzlemlerce kırılır. Duvarın arka yüzü sürtünmesiz kabul edilerek, zeminin üstünden herhangi bir z derinliğindeki statik pasif zemin itkisi benzer olarak;

$$P_{ps}(z') = \gamma.z'.K_{ps} + 2c.\sqrt{K_{ps}} \tag{4.28}$$

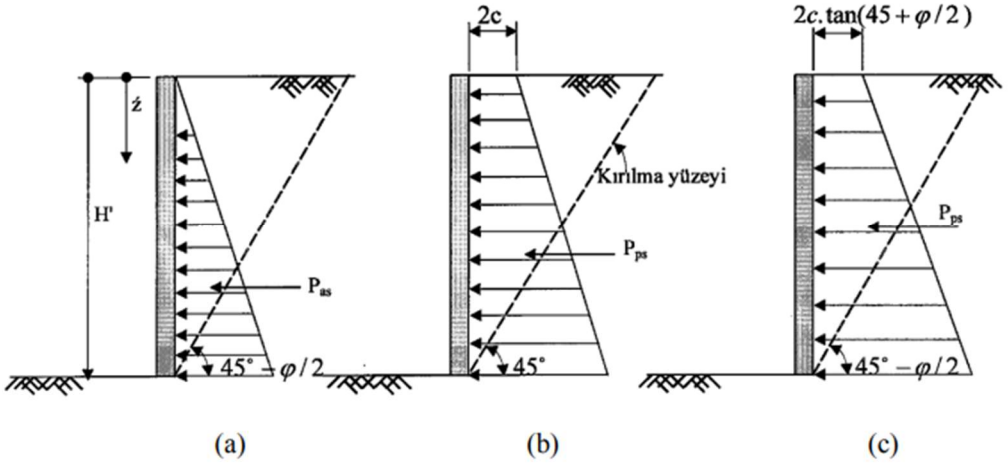
bağıntısı ile yazılmaktadır. Bu bağıntıda K_{ps}, maksimum statik pasif zemin basıncı katsayısı olarak ifade edilir. $\emptyset$ zeminin içsel sürtünme açısı ve zemin üst yüzeyinin yatay ile i açısı yaptığı durumda K_{ps},

$$K_{ps} = \cos i.\frac{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2\varphi}}{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2\varphi}} \tag{4.29}$$

bağıntısı ile bulunmaktadır. İstinat duvarına etkiyen bileşke (itki) ise,

$$P_{ps} = \frac{1}{2}.\gamma.H'^2.K_{ps} \tag{4.30}$$

denklemiyle hesaplanmaktadır ve duvar yüksekliğinin temelden itibaren üçgensel alan olduğundan H/3 noktasını etkilemektedir. Şekil 4.36'da istinat yapılarına ait pasif zemin itkisi ve pasif Rankine durumuna ilişkin statik basınç dağılımı verilmiştir.



Şekil 4.37 : Kum (a), kil (b), kum-kil karışımı (c) zeminlerde pasif Rankine durumuna ilişkin statik basınç dağılımı [10].

Şekil 4.37'de kum, kil ve kum-kil karışımı zeminler için çizilen pasif Rankine durumundaki zemin itkilerinin hesap yöntemi verilmektedir.

a) Kumlu zeminlerde	b) Killi zeminlerde	c) Kum-kil karışımı zeminlerde
$K_{ps} = \tan^2(45 + \emptyset/2)$	-	-
$P_{ps}(z') = K_{ps}.\gamma.z'$	$P_{ps}(z') = \gamma.z' + 2c$	$P_{ps}(z') = \gamma.z'.\tan^2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right) + 2c.\tan\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right)$
$P_{ps} = K_{ps}.\gamma.\frac{H^2}{2}$	$P_{ps} = \frac{\gamma H^2}{2} + 2c.H$	$P_{ps} = \left(\frac{\gamma H^2}{2}\right).\tan^2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right) + 2c.H.\tan\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right)$

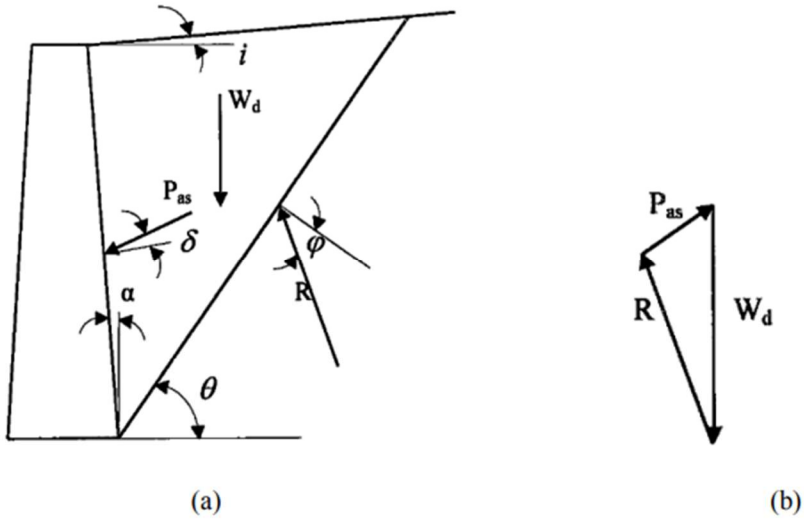
Şekil 4.38 : Pasif Rankine durumunda zemin etkileri [7].

4.9.3 Coulomb teorisiyle hesap

Bu yöntem Coulomb Kama Teorisi olarak da bilinmektedir. Bu teorinin en önemli özelliği, zemin ile duvar arka yüzü arasındaki sürtünmeyi de dikkate almasıdır. Rankine teorisinde, istinat yapısının arkasındaki zeminin kendi ağırlığından kaynaklı meydana gelen gerilmelerin incelenmesine karşın Coulomb teorisinde istinat yapısının arkasındaki zemin kamasının yapının bir miktar hareketlenmesiyle, yapı arkasındaki hareketlenen zemin kütlesinin dengesi incelenmiş olup ve toprak kamasının dengesinde bazı kabuller yapılmış olup aşağıda sıralanmıştır [11]:

- Yapı arkasındaki zemin homojen, kohezyonsuz, kuru ve izotroptur.
- Dolguda istinat duvarının hareketi ile kayma yüzeyi oluşmaktadır.
- Eğri olan kayma yüzeyinin düzlem olduğu kabul edilmektedir.
- Birim yüzeydeki kayma direnci, kayma yüzeyi boyunca eşittir.
- Kayma, kama kütlesini oluşturan granüler malzeme; kayma yüzeyinin her tarafında ve aynı zamanda bir hareket oluşturmaktadır.
- Zemin ile duvarın arka kısmı arasında sürtünme olduğu kabul edilmektedir.

Aktif durumda, öne doğru hareket eden istinat yapısı, duvarın arkasında oluşan üçgen zemin kaması ise aşağı doğru hareketlenir. Şekil 4.38'de aktif durumda zemin kamasına etkiyen kuvvetler ve oluşan kuvvet bileşkesi verilmektedir.



Şekil 4.39 : (a) Coulomb teorisinde aktif durumda zemin kamasına etkiyen kuvvetler ve (b) kuvvet poligonu [7].

Coulomb yönteminde statik aktif zemin basıncı (P_{as}),

$$K_{as} = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2\alpha . \cos(\delta + \alpha)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi).\sin(\varphi - i)}{\cos(\delta + \alpha).\cos(i - \alpha)}}\right]^2} \quad (4.31)$$

olup,

$$P_{as} = \frac{1}{2}.K_{as}.\gamma.H^2 \quad (4.32)$$

denklemiyle ifade edilmektedir ve temel tabanından itibaren üçgensel alan olduğundan H/3 yüksekliğinden etki etmektedir. Bu denklemlerde,

γ : Zeminin birim hacim ağırlığını,

K_{as} : Minimum statik aktif zemin basıncı katsayısını,

φ : İçsel sürtünme açısını,

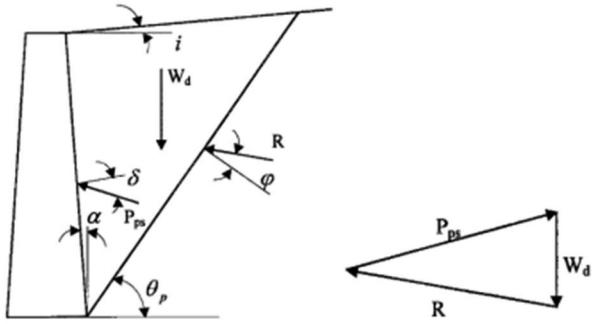
i : Zemin üst yüzeyinin yatay ile yaptığı açıyı,

δ : Duvar arka yüzü ile zemin arasındaki sürtünme açısını,

α : Duvar arka yüzünün düşeyle yapmış olduğu açıyı

göstermektedir.

Pasif durumda ise, istinat yapısı zemine doğru hareket edip oluşan pasif zemin kaması da yukarı doğru hareket ederek zeminin sıkışmasına neden olmaktadır. Zeminden duvara etkiyen pasif statik basınç durumu için Coulomb hesap modeli Şekil 4.39'da verilmektedir.



Şekil 4.40 : (a) Coulomb teorisinde pasif durumda zemin kamasına etkiyen kuvvetler ve (b) kuvvet poligonu [7].

Coulomb pasif itki ise (P_{ps}),

$$K_{ps} = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2\alpha.\cos(\delta - \alpha)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi).\sin(\varphi + i)}{\cos(\delta - \alpha).\cos(i - \alpha)}}\right]^2} \qquad (4.33)$$

olup,

$$P_{ps} = \frac{1}{2}.K_{ps}.\gamma.H^2 \quad (4.34)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

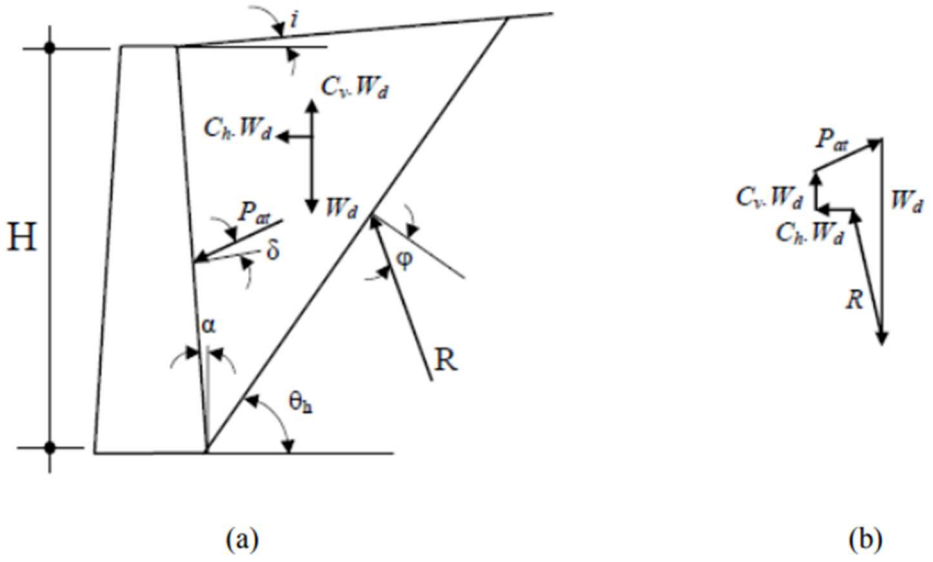
Sonuç olarak iki yönteme bakıldığında, Coulomb yönteminde zemin ile duvar arasındaki sürtünmenin ihmal edilmeyip hesaba katıldığını Rankine yönteminin sürtünmeyi ihmal ettiği ve bunun dışında Coulomb yöntemi bileşke kuvveti vermekte; diğer yandan Rankine yöntemi ise yanal zemin basınç dağılışını vermektedir [7].

4.9.4 Mononobe – Okabe yöntemiyle hesap

Depremden dolayı istinat yapılarına etkiyecek zemin basınçlarını belirlemeye yönelik ilk çalışmaları yapan araştırmacılar Okabe (1926) ile Mononobe ve Matsuo (1929)'dur. Aynı zamanda Coulomb teorisini, depremden dolayı zeminde meydana gelen yatay ve düşey atalet kuvvetlerini de içerecek şekilde geliştirmişlerdir. Mononobe-Okabe yöntemi, bazı kabullere dayanma birlikte kuru ve kohezyonsuz zeminler için geliştirilmiştir [2,7,12]:

- Duvardaki yer değiştirmeler, duvar arkasında minimum aktif zemin basıncının oluşması için yeterlidir.
- Minimum zemin itkileri oluştuğunda duvar arkasındaki zemin, kırılma noktasındadır. Kırılma yüzeyi boyunca maksimum kayma gerilmeleri oluşur.
- İstinat duvarının topuğundan başlayarak belli bir açıyla zeminin kırılma yüzeyi oluşur.
- Duvar arkasındaki zemin kaması rijit bir kütle gibi davranmakta olup zemin kaması içinde yatay ve düşey ivmeler sabit ve tabandaki ivmeyle aynı büyüklükte oluşmaktadır.
- Sismik yanal basınçların etkime noktası duvar tabanından H/3 kadar yüksektedir.

Şekil 4.40'ta Mononobe-Okabe yönteminde kuru kohezyonsuz dolgu zeminlerindeki aktif zemin kaması üzerine etki eden kuvvetler verilmektedir.



Şekil 4.41 : (a) Mononobe-Okabe yönteminde aktif kama üzerine etki eden kuvvetler ve (b) kuvvet poligonu [7].

Mononobe-Okabe, duvara etkiyen düşey ve yatay ivmeleri sırasıyla $a_v = C_v . g$ ve $ah = C_h . g$ olarak ifade etmektedir. Burada C_v düşey ivme katsayısı, C_h yatay ivme katsayısı olarak tanımlanmaktadır. λ eşdeğer deprem katsayısını ve K_{at} toplam aktif zemin basınç katsayısını göstermek üzere dinamik durumda duvara etkiyen toplam aktif zemin basıncı,

$$\lambda = \tan^{-1}\left[\frac{C_h}{(1 - C_v)}\right] \tag{4.35}$$

ve

$$K_{at} = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha - \lambda)}{\cos\lambda . \cos^2\alpha . \cos(\delta + \alpha + \lambda) . \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) . \sin(\varphi - i - \lambda)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) . \cos(i + \alpha)}}\right]^2} \tag{4.36}$$

olup

$$P_{at} = \frac{1}{2} . K_{at} . \gamma . H^2 . (1 \pm C_v) \tag{4.37}$$

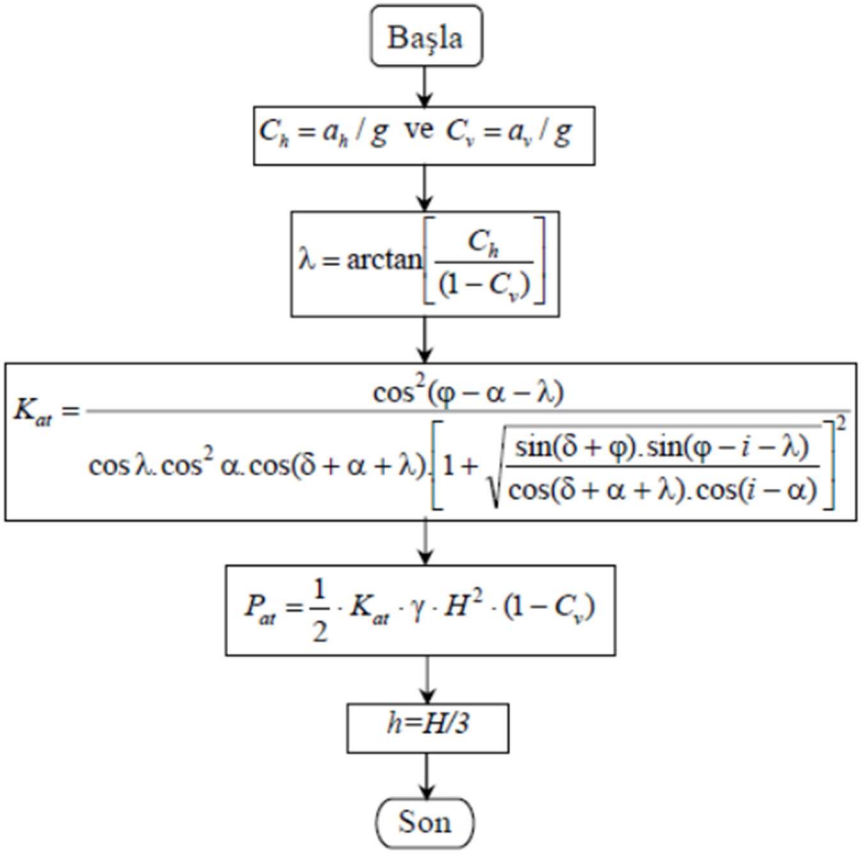
denklemi ile tanımlanır. Buradaki toplam itki (P_{at}), dinamik (P_{ad}) ve statik (P_{as}) itki olmak üzere iki kısım olarak incelenebilmektedir (P_{at}) = (P_{ad}) +(P_{as}) .

Deprem durumunda etkiyen pasif itki de Mononobe-Okabe yöntemi kullanılarak benzer şekilde hesaplanabilmektedir. K_{pt} toplam basınç katsayısı,

$$K_{pt} = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha - \lambda)}{\cos\lambda . \cos^2\alpha . \cos(\delta - \alpha + \lambda) . \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) . \sin(\varphi + i - \lambda)}{\cos(\delta - \alpha + \lambda) . \cos(i - \alpha)}}\right]^2} \quad (4.38)$$

bağıntısı ile hesaplanabilmektedir.

Şekil 4.41'de Mononobe-Okabe Yöntemi'ne göre depremden dolayı istinat yapısına etkiyen zemin basınçlarının hesabında izlenen yol verilmektedir.

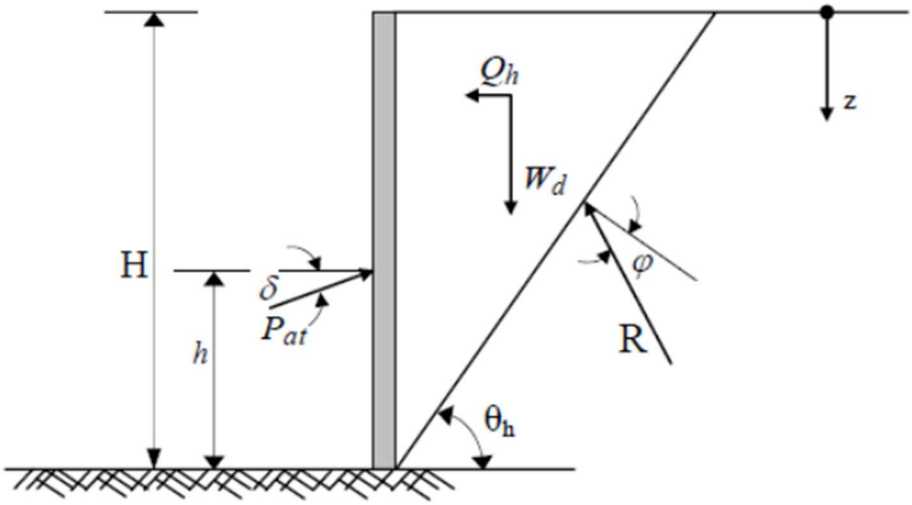


Şekil 4.42 : İstinat duvarlarının Mononobe-Okabe yöntemine göre tasarımı [7].

4.9.5 Steedman ve Zeng yöntemiyle hesap

Steedman ve Zeng, Mononobe-Okabe yöntemine benzer bir şekilde istinat yapılarına etkileyen basınçların hesaplanmasına yönelik yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde, dinamik zemin basınçlarının basit psödo-statik analizi kullanılıp bir istinat duvarı arkasındaki dolguda faz farkı ve büyütme etkileri hesaplanmıştır [2,7,12].

Şekil 4.42'de Steedman ve Zeng, depremden dolayı etkiyebilecek zemin basıncı için verilen modeli dikkate alarak yeni bir yöntem ortaya çıkarmışlardır.



Şekil 4.43 : Steedman-Zeng yöntemine ilişkin hesap modeli [7, 10].

Steedman ve Zeng yönteminde, duvarın tepesinden z derinliğindeki ivme a(z,t), istinat duvarı tabanı genişliği α_h olan bir harmonik yatay ivmeye maruz kalması halinde;

$$a(z,t) = a_h.\sin\left[W.\left(t - \frac{H-z}{V_s}\right)\right] \tag{4.39}$$

İfadesiyle hesaplanır. Dinamik duvar basınçlarının yatayla θ açısı yapan üçgen kama içindeki zeminden kaynaklandığı varsayılırsa, z derinliğindeki bir katmanın ince elemanının kütlesi;

$$m(z) = \frac{\gamma}{g}.\frac{(H-z)}{\tan\theta}dz \tag{4.40}$$

bağıntısı ile bulunur. Bağıntıdaki γ: arka dolgunun birim hacim ağırlığıdır. Duvara etkiyen toplam atalet kuvveti ;

$$Q_h(t) = \int_0^H m(z).a(z,t)dz = \frac{\lambda.\gamma.a_h}{4\pi^2.g.\tan\theta}.[2\pi H\cos\omega\xi + \lambda(\sin\omega.\xi - \sin\omega.t)] \tag{4.41}$$

İfadesi ile elde edilir. Burada $\xi = t - H / V_s$ olarak bilinmekte olup $\lambda = 2\pi / V_s .\omega$: düşey olarak yayılan kesme dalgasının dalga boyudur. ω: açısal frekans ve V_s : kayma

dalgasının hızı olarak tanımlanmaktadır. Rijit bir kama şeklindeki özel durum için limit;

$$\lim_{V_s \to \infty} (Q_h)_{max} = \frac{\gamma H^2 a_h}{2g \tan\theta} = \frac{a_h}{g}.W = C_h W \tag{4.42}$$

Bağıntıdaki gibi ifade edilmekte olup elde edilen sonuç Mononobe-Okabe yönteminde zemin kamasının tepkisi için hesaplanan psödo-statik kuvvete eşdeğerdir. Toplam (dinamik + statik) zemin basıncı, kama üzerindeki kuvvetlerin bileşenlerine ayrılıp yazılırsa,

$$P_{at}(t) = \frac{Q_h(t)\cos(\theta - \varphi) + W\sin(\theta - \varphi)}{\cos(\delta + \varphi - \theta)} \tag{4.43}$$

ifadesi elde edilmiş olur. Toplam zemin itkisinin türevi alınarak toplam zemin basınç dağılımı elde edilir:

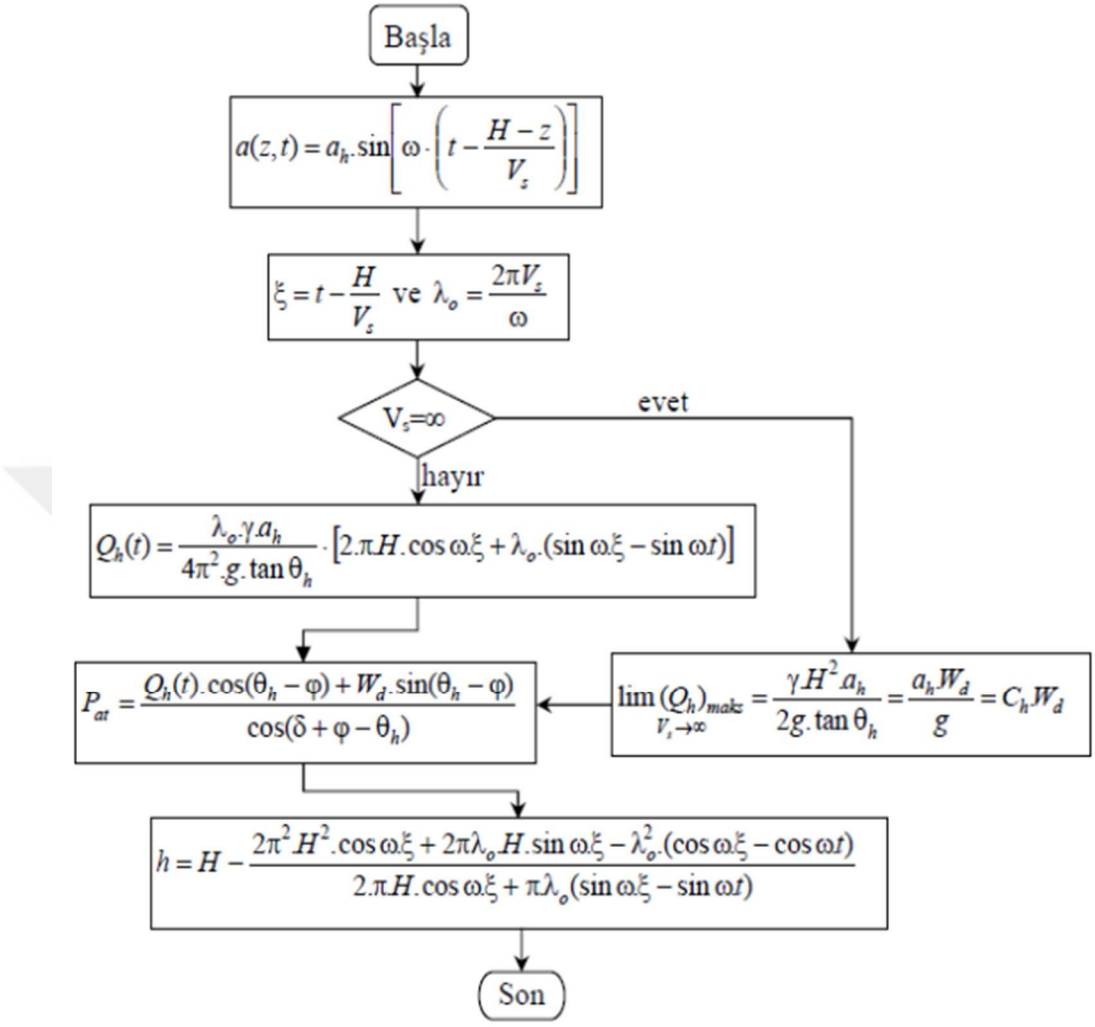
$$P_{at}(z,t) = \frac{\partial P_{at}(t)}{\partial z} = \frac{\gamma.z}{\tan\theta}.\frac{\sin(\theta-\varphi)}{\cos(\delta+\varphi-\theta)} + \frac{C_h.\gamma.z}{\tan\theta}.\frac{\cos(\theta-\varphi)}{\cos(\delta+\varphi-\theta)}.\sin\left[w\left(t-\frac{z}{H}\right)\right] \tag{4.44}$$

Toplam zemin basınç dağılımı, dinamik basınç dağılımı ve statik basınç dağılımı olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Denklem (4.44) eşitliğindeki 1. terim, lineer bir şekilde artan ve duvar üzerine etki eden zamanla değişmeyen statik zemin basıncını, 2. terim ise H⁄λ oranına bağlı olarak derinliğin fonksiyonu ve lineer olmayan dinamik zemin basıncını göstermektedir. Statik basınçlar Rankine ve Coulomb teorilerinde olduğu gibi duvar tabanından H/3 yüksekliğinden etki etmektedir. Steedman ve Zeng yönteminde dinamik zemin basınçlarının derinlikle lineer olmayan bir şekilde arttığından dinamik basıncın yeri de zamanla değişmektedir. Dinamik zemin basıncının tabandan itibaren etkiyeceği yükseklik,

$$h_d = H - \frac{2\pi^2.H^2.\cos\omega.\xi + 2\pi\lambda.H.\sin\omega.\xi - \lambda^2.(\cos\omega.\xi - \cos\omega.t)}{2\pi.\cos\omega.\xi + \pi.\lambda(\sin\omega.\xi - \sin\omega.t)} \tag{4.45}$$

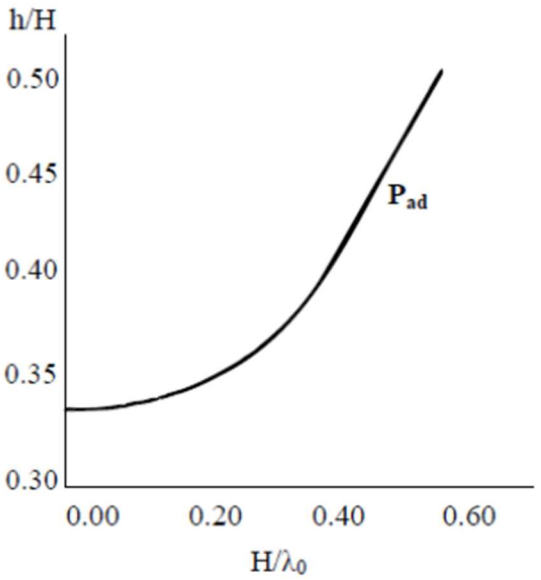
İfadesine göre değişkenlik gösterecektir. Lakin burada çok düşük frekanslı yer hareketlerinde dinamik zemin basıncının uygulama noktasının tabanından hd = H⁄3 civarındadır.

Şekil 4.43'te Steedman-Zeng Yöntemi'ne göre istinat duvarlarının hesabında izlenen yol gösterilmektedir.



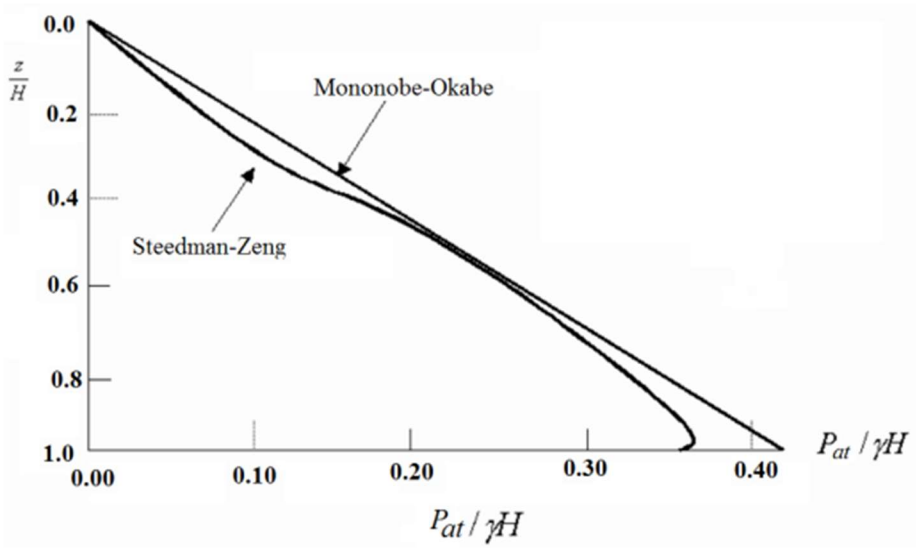
Şekil 4.44 : Steedman ve Zeng yöntemine göre istinat duvarlarının tasarımı [7].

Yüksek frekanslı hareketlerde etkime noktası yukarı doğrudur. Şekil 4.44'te $C_h = 0.2$ için maksimum dönme momenti anında dinamik itkinin uygulama noktasının değişimi verilmiştir.



Şekil 4.45 : Yatay eşdeğer deprem katsayısının $C_h = 0.2$ değeri için dinamik aktif itki (P_{ad}) tatbik noktasının duvar yüksekliği/düşey kayma dalgası boyu (H/λ_0) oranıyla değişimi [7,10].

Steedman ve Zeng, $C_h = 0.2$ ve $H/\lambda = 0.3$ olduğu durum için normalize edilmiş zemin basınçları Mononobe-Okabe Yöntemi ile karşılaştırmıştır. Şekil 4.45'te bu karşılaştırmadan elde edilen grafik verilmiştir.



Şekil 4.46 : $C_h = 0.2$ ve $H/\lambda = 0.3$ kabul edilerek, M-O ve Steedman-Zeng yöntemleri için normalize edilmiş basınç dağılımlarının karşılaştırılması [7,10].

4.9.6 Sonlu elemanlar analizi

İstinat duvarlarının sismik yer değiştirmeleri gerilme-şekil değiştirme analizleri ile daha gerçekçi bir şekilde belirlenebilir. Kalıcı şekil değiştirmelerin belirlenebilmesi için sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen bir doğrusal olmayan analize ihtiyaç duyulmaktadır. Bir zeminin doğrusal olmayan gerçek davranışını analiz etmede alternatif bir yöntem, zaman tanım alanında doğrudan sayısal entegrasyon yönteminin kullanımıdır. Bu şekilde gerçekleştirilen analizlerle zemin-yapı etkileşim sistemini gerçekçi bir şekilde modellemek, sanal sınırlar kullanarak dalga yayılım etkilerinin önüne geçmek, zeminin ve zemin ile duvar arayüzey elemanlarının doğrusal olmayan, inelastik davranışını hesaba katabilmek mümkündür [10].

5. ZEMİN ANKRAJLARI

Ankrajlar, kayıtlara göre ilk olarak 1983'te Cezayir'de bir baraj inşaatı için kullanıldığı görülmüştür. Doğru bir şekilde yapılıp ve bakımı yapılan ankrajların diğer iksa sistemlerine göre daha ekonomik olduğu söylenebilir. Günümüzde sıkça kullanılan bir iksa sistemidir [13].

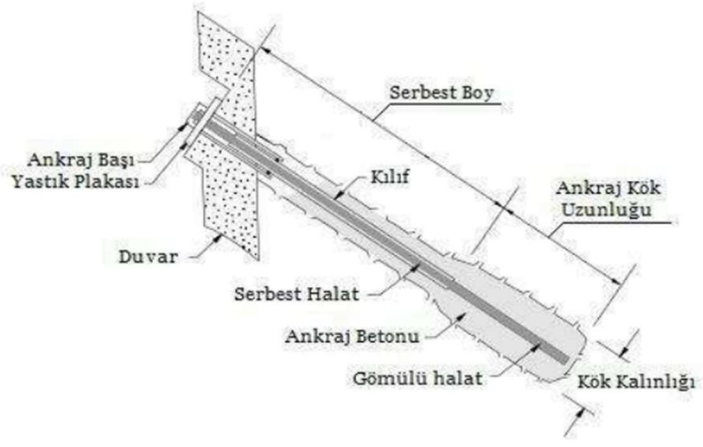
Toptan göçme, kayma, yatay yer değiştirmelerin azaltılması vb. gibi problemlerin bulunduğu birçok yerde ankrajlı iksa sistemleri kullanılabilir. Enerji santralleri, barajlar, engebeli arazilerden geçirilecek yolların inşa aşamasında meydana gelen stabilite problemleri ankrajlı iksa sistemleri hem güvenilir hem de ekonomik bir şekilde engellenebilir [13].

5.1 Ankrajların Yapısı

Genel olarak 3 bölümden oluşan ankrajlar:

- Kök,
- Gövde (serbest açıklık boyu),
- Kafa kısımlarından oluşurlar.

Şekil 5.1'de bir ankrajın kafa, gövde ve kök bölümleri görülmektedir.



Şekil 5.1 : Ankraj bölümleri [13].

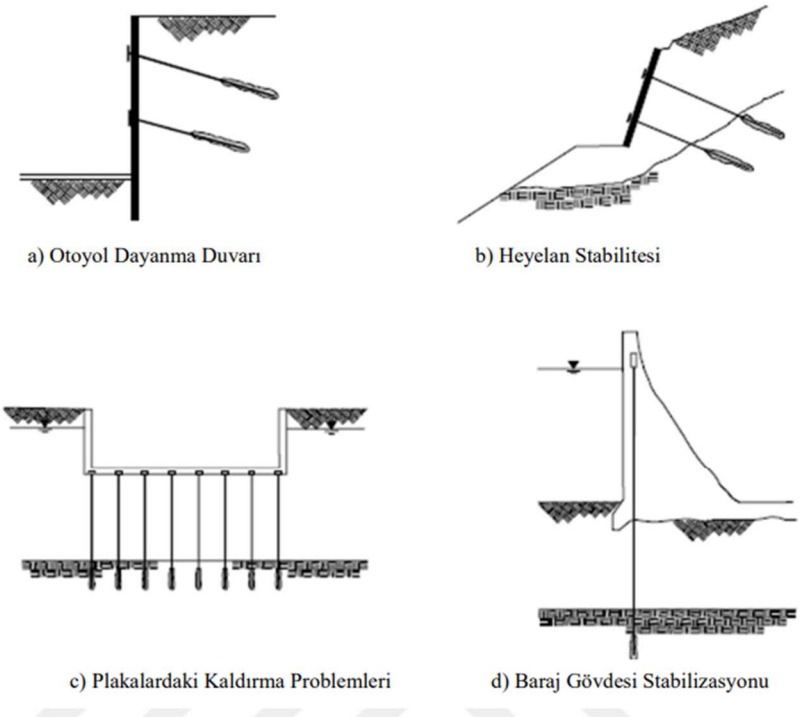
Öngerme kuvvetini zemine aktaran ve yapılan enjeksiyon ile birlikte zemine sabitlenen bölüme kök bölümü denir. Kök bölgesi, yüksek basınç enjeksiyon yapılarak oluşturulur. Kökün direncini etkileyen unsurlar ;

- Adhezyon etkisi,
- Kök derinliğindeki normal gerilme,
- Zeminin içsel sürtünme açısıdır.

Ankrajı duvara sabitlemek üzere yapılan ankrajın duvar dışında kalan bölümüne ise kafa kısmı denir. Öngermeler bu kısımda uygulanır. Ankraj Kafası (Kafa) bölümü; tendolar, germe kafası, sıkıştırıcı kamalar ve ankraj plakasından meydana gelir.

Ankraj başı ve kökü arasındaki halat veya çubuk ve kılıfın olduğu kısma da gövde kısmı denir. Sistemdeki kuvvetleri iletmek bu kısmın görevidir. İnşa edilecek gövde kısmının yapısı, ankrajın kullanım amacına göre (geçici ya da kalıcı), ömrüne, ankrajın gerilmesine, germe elemanlarının boşaltılmasına vb. gibi nedenlere bağlı olarak farklılık gösterebilir [13,14].

Ankraj uygulamaların kullanıldığı bazı durumlar Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2 : Ankrajların kullanıldığı çeşitli alanlar [13].

5.2 Ankrajlar Türleri

Halatlardan veya çeliklerden (çubuk) ankrajlar tasarlanır. Genelde kullanılan 5-10 mm'lik gerilmiş teller, çubuk ve aderansı yüksek olan çubuklardır.

Çalışma türüne göre 2 çeşit ankraj vardır;

- Basit Ankrajlar,
- Öngermeli Ankrajlar.

Yükün çevre sürtünmesiyle birlikte zemine aktarılması basit ankrajlarda olur. Yüke bağlı olarak ankraj kuvveti ya azalır ya da artar. Fakat basit ankrajlar büyük hareketlere engel olamaz. Örtülü çelik halatlar ile çimento harcıyla (enjeksiyonu) yapılırlar. Başlangıçta ankrajın kök kısmında herhangi bir kuvvet yoktur. Yani gerilmemiştir. Zeminin aktif itksiyle gerçekleşen şekil değiştirmelere bağlı olarak gerilip yük taşımaya başlarlar. Büyük hareketleri pasif ankrajlar engelleyemez.

Öngermeli ankrajlarda ise sistem çalışmaya başlamadan önce ankrajlara kuvvet yüklenilir. Yani öngerme uygulanır. Böylelikle ankrajlar dış yük etki etmeden önce çalışmış olur. İlkin gerilmiş kablolardan imal edilir. Kök bölgesi bağlanma işlemi tamamlandıktan sonra ankraj gerilir ve ankraj başındaki baskı plakası ile bağlanma bölgesi irtibatlandırılır [13,15].

5.3 Ankrajların Sınıflandırılması

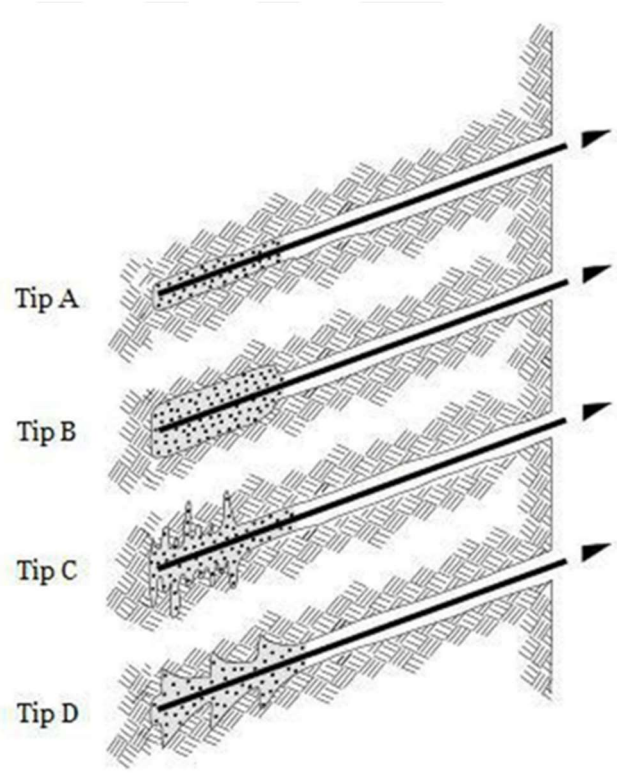
5.3.1 Kullanım süresi bakımından sınıflandırma

Kullanım sürelerine göre ankrajların kalıcı ve geçici olmak üzere iki tür ankraj vardır [13,16].

- Kalıcı Ankrajlar: Yapının kullanım ihtiyacına bağlı olarak servis ömrü boyunca desteklenmesini sağlayan ankraj türüdür. Bu tarz ankrajlar uzun süre hizmet vereceğinden korozyon vb. gibi olumsuz etkilere karşı gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu tür ankrajların servis ömürleri genelde 75–100 yıldır.
- Geçici Ankrajlar: Bu tür ankrajlar genelde inşaat aşaması boyunca sahadaki gerekli güvenliğinin alınması amacıyla yapılır. Servis ömürleri ise kısadır. Genelde ay bazında ifade edilip en fazla 3 yıla kadar servis ömürleri vardır. Bu süre, yapılan projenin süresine göre de değişiklik göstermektedir.

5.3.2 Yapım tekniklerine göre sınıflandırma

Ankajlar taşıma gücü açısından imal edildikleri birime (zemin/kaya) ve şekline göre farklılıklar gösterirler. Ankraj uygulamasında aktarılan ya da aktarılabilecek olan yükler; yapılan imalat yöntemine, delme işlemine, enjeksiyona ve kökün inşa edildiği zemin/kaya birimine bağlıdır. Bunlara bağlı olarak ankrajlar A, B, C ve D olmak üzere dört farklı gruba ayrılabilir [13].



Şekil 5.3 : Yapım tekniklerine göre ankraj tipleri [13].

5.3.2.1 A tipi ankrajlar

Tremie yöntemi kullanılarak harçlanan kök bölümünde sıyrılmaya karşı mukavemetlendirilir. Dayanım da delik stabilitesine bağlı olarak değişir. Bu ankrajlar, doğrusal ve doğrusal olmayan düz şaftlı ankrajlardır. Bu tip ankrajlar, katı-sert kıvamlı kohezyonlu birimlerde ve kayalarda tercih edilir [13,17].

5.3.2.2 B tipi ankrajlar

Minimum tahribat oluşturacak şekilde zeminin kök çapı kadar açılması sonrasında en fazla 1000 kPa enjeksiyon olacak şekilde inşa edilecek olan birimdeki boşluk ve çatlaklara girerek oluşturulan ankrajdır. Genelde orta-zayıf dayanımlı parçalı-kırıklı kayalarda, iyi derecelenmiş kum zeminlerde tercih edilir. Bu tip ankrajların püf

noktası uygulanacak enjeksiyon basıncının her zaman ankraj kökünün bulunduğu noktadaki jeolojik yükten daha fazla olmalıdır [13,17].

5.3.2.3 C tipi ankrajlar

2000 kPa'dan daha büyük bir basınç ile zemin boşluklarına enjeksiyon yapılıp ankraj kökünün elde edilmesi C tipi ankrajlarda olur. Hem kohezyonsuz hem de kohezyonlu zeminlerde uygulanabilir. Ankraj köküne etkiyen yükün taşıma gücü hesaplamaları için üniform olduğu kabul edilebilir [13,17].

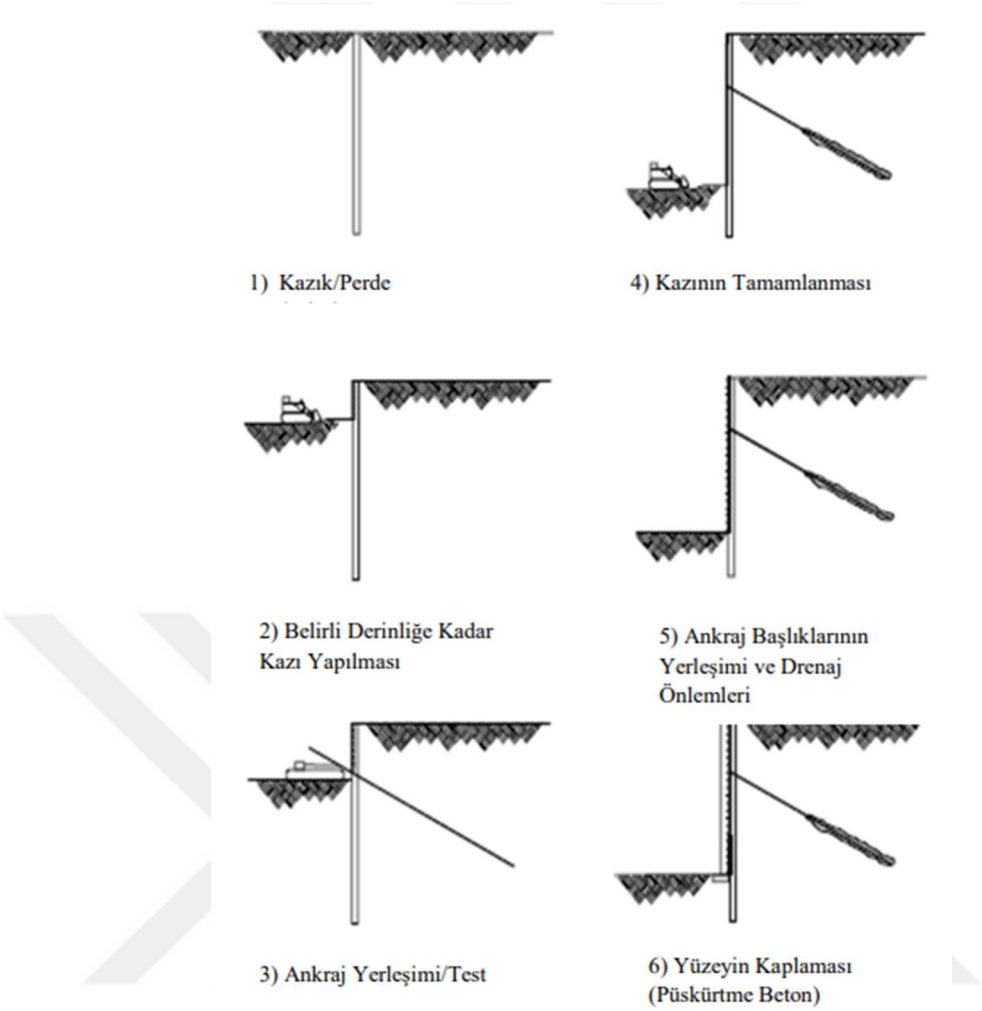
5.3.2.4 D Tipi Ankrajlar

Mekanik aletlerle ya da özel patlayıcılar ile açılan köklerin Tremie yöntemi ile çimento enjeksiyonu yapılan ankrajlardır. Sert ve katı-orta katı kil birimlerde uygulanan sıyrılmaya karşı mukavemet oluşturulur [13,17].

5.4 Ankraj Tasarım Aşamaları

Genel olarak 6 aşamada oluşan ankraj tasarımı Şekil 5.4'te verilmiştir [13,17].

- Delgiyle çukur açılması,
- Çubuk ya da halatların sürümü,
- Enjeksiyon yapılması,
- Tendon üzerinde test yapılması,
- Servis yüküne göre kilitleme,
- Uç bölümünün teyidi.



Şekil 5.4 : Ankraj imalatına ait genel adımlar [13].

Rotary ya da sondaj yöntemi ile 75-230 mm'lik çukurlar açılır. Kendini tutamayan zeminler için özel kaplama boruları kullanılabilir. Yapılacak olan enjeksiyonun ana bağlayıcı maddesi çimentodur fakat kullanılacak olan karışımlar farklı tür içeriklere sahip olabilirler. Yapılan enjeksiyonun prizini tamamlaması için yeteri kadar süre geçtikten sonra halat sürümü yapılır. Böylelikle gereken pasif basınç değeri daha derinlerde bulunan zeminlerde sağlanmış olur.

Ankrajlar, kayalardaki çatlak doğrultularından ve zeminlerdeki tabaka kalınlıklarından doğru bir şekilde yararlanabilmek için herhangi bir eğimle inşa edilebilirler. Zeminlerin kohezyonsuz ve kohezyonlu olma durumuna göre inşa yöntemleri;

Kohezyonsuz birimlerde, uygulanan basınca, enjeksiyon kalitesine ve ankraj geometrisine bağlı kalmaktadır. Böylelikle işçilik çok önemli bir faktördür. Uygulanan enjeksiyon basıncı ile aktarılan (taşınan) yüklerin doğru orantılı olduğu yapılan birçok uygulama sonucu göstermiştir [13,17].

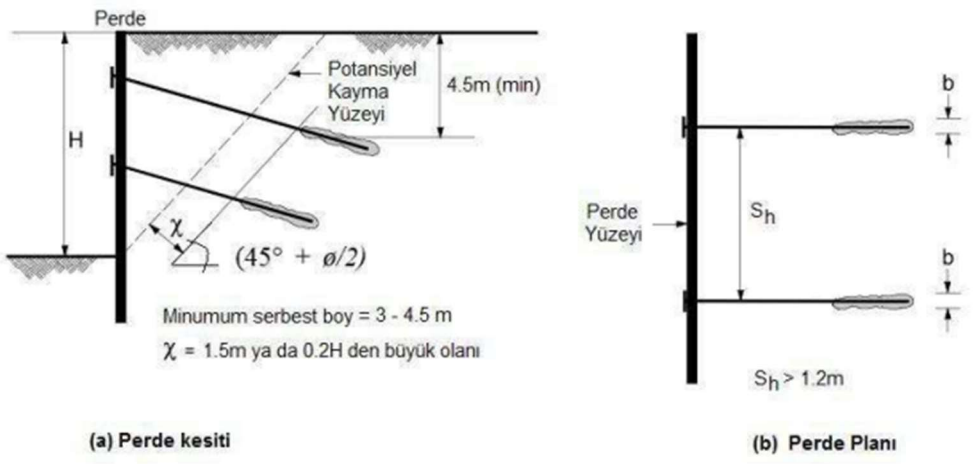
- Stabilite problemlerine karşı açılan çukur deliğine kaplama borusu yerleştirilir.
- Dış boru yerleştirilir.
- Kaplama borusu geri çekilir.
- Dış borunun üst yüzeyine enjeksiyon yapılır.
- Dış borunun alt yüzeyine de enjeksiyon yapılır.
- Halat sürümü yapılarak dış boruya yerleştirilir.

Deliklerin inşası için hangi yöntem seçimi ise;

- İnşa alanına ait topoğrafya,
- Tabaka ve zemin özelliği,
- Yıkama imkanı,
- Uygulanacak olan ankraj bölgelerine olan ulaşılabilirlik,
- Ankaj sisteminden istenilen özellikler

gibi faktörlere bağlıdır.

Ankrajların yerinin tam olarak nerede, hangi derinlikte olacağına ilgili birimlerdeki koşullar dikkate alınarak tespit edilmelidir. Olası kayma düzlemi belirlenip ankraj kökleri ise bu seviyeleri geçecek şekilde tasarlanıp imal edilmelidir. Limit denge yöntemi baz alınıp ankrajlı olarak tasarlanmış bir iksa sisteminin arkasındaki kayma düzlemi, kazılacak olan zeminin yüzeyinden itibaren 1.1H ve 1.5H derinlikleri arasında kalacak şekilde , yatay ile 45 + Φ/2 kadar bir açı yapması gerekmektedir. Kayma düzlemi sonrasındaki kök boyu ankrajın etkin derinliğidir. Fakat kök kısmından doğru bir şekilde yaralanabilmek için bu seviye en az zemin yüzeyinden itibaren 4.5 m derinde olmalıdır [13].



Şekil 5.5 : Tipik ankraj yerleşimi [13].

5.5 Aderans

Aderans, yapılan enjeksiyon ile kullanılan halat ya da çubukların teması ile meydana gelir. Aderansı aşacak daha büyük bir kayma gerilmesi oluşması taktirde aderans etkisini kaybedecektir. Zemin ankrajlarında, enjeksiyon ile tendon arasındaki yüzeyin aderans mekanizması enjeksiyon ve çeliğin elastisite modülüne bağlıdır [13,18].

5.6 Enjeksiyon

Enjeksiyon içerik yönüyle iki farklı türde bulunmaktadır [13,18]:

- Çimento içerikli enjeksiyonlar; bilinen portland çimentosu ile beraber katkılı çimento kullanılır.
- Reçineli enjeksiyonlar; ankraj kökünü muhafaza etmek için polyester ve epoksi reçineler kullanılmaktadır. Sistemden beklenilen özelliğin alınıp alınmadığı için testler yapılır.

5.7 Tendonlar

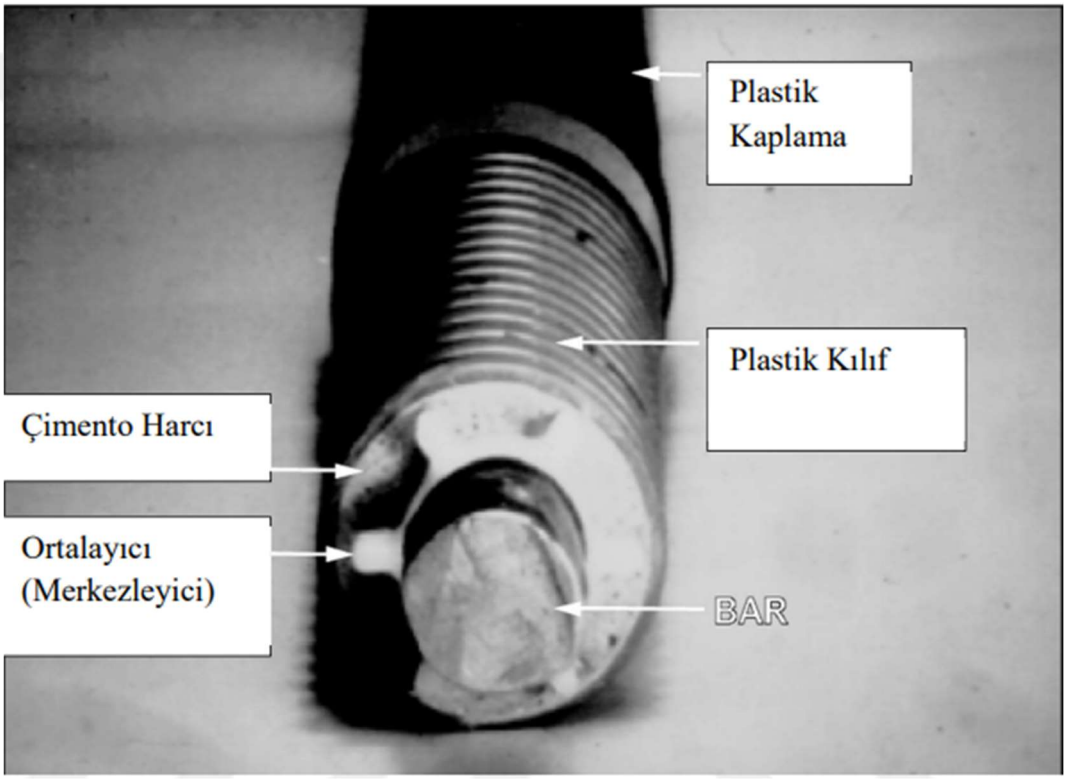
Halat, çelik (çubuk) ya da kablolardan meydana gelir. Genel olarak çapları 26.00-64.00 mm aralığındadır. 18.00 m'ye kadar boyları ulaşabilmektedir. Tendon malzemesi için kullanılmak üzere göz ardı edilmemesi gereken konular;

- Boy,
- Adet,

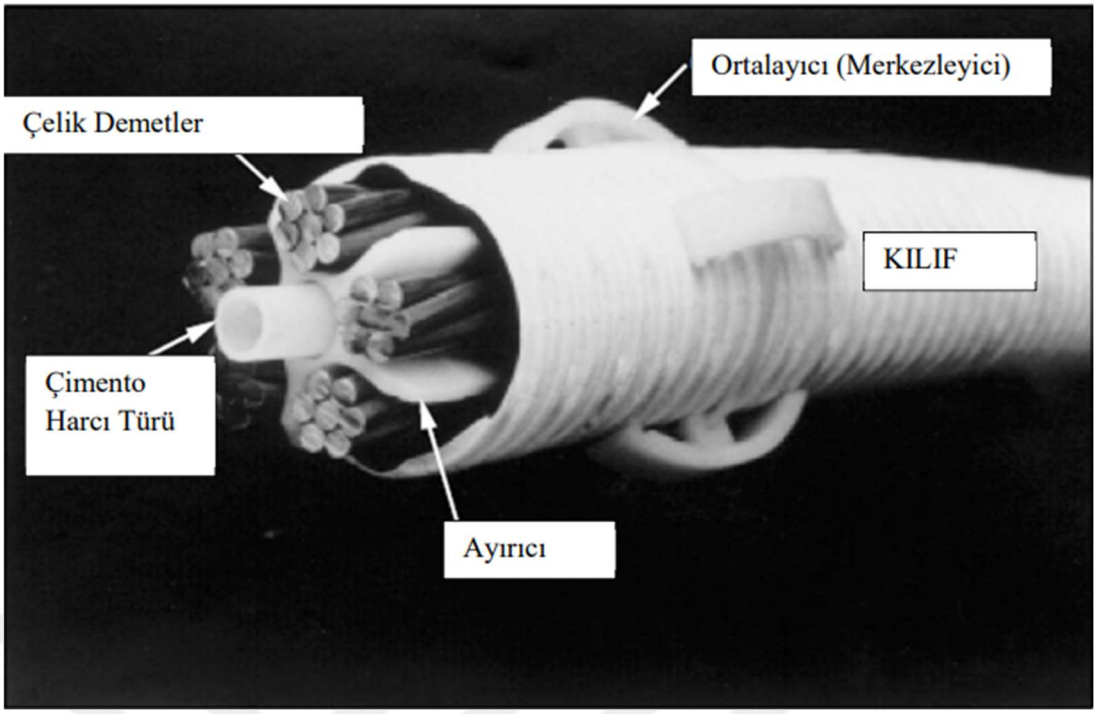
- İstenilen kapasite,
- Öngerme Koşulları,
- Uygulanabilirlik.

Tasarım yapılırken daha güvenli olması için proje yükü değerleri %62.50'sini, kalıcı ankrajlarda ise %50'sini aşmaması önerilmektedir [13].

Tendonlara ait kesitler Şekil 5.6'da ve Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.6 : Çubuk tendona ait tipik kesit [13].



Şekil 5.7 : Çelik Demetlerden Yapılmış bir Tendona ait Kesit [13].

5.8 Korozyona Karşı Önlemler

Klorür ve/veya tuz içerikli maddeler korozyonun oluşmasına neden olur. Bu durumu engellemek için yüzeyden klorür, sülfat, sülfit gibi maddeleri temizlemek, alınan yük altında bozulma oranı düşük olan malzemeleri kullanmak, suyun ortamdan uzaklaştırılması, şerbetin PH dengesini sağlamak (9-12PH) gibi önlemler alınabilir. İmalattan önce PVC kaplama gibi malzemeler kullanılıp doğru bir önlem alınmış olur.

5.9 Test Etme

Taşıma gücü değerinin uygulamada doğruluğunu belirlemek için yükleme testi yapılır. Şekil 5.8'de taşıma gücü değerleri ile ilgili bazı güvenlik katsayıları verilmiştir.

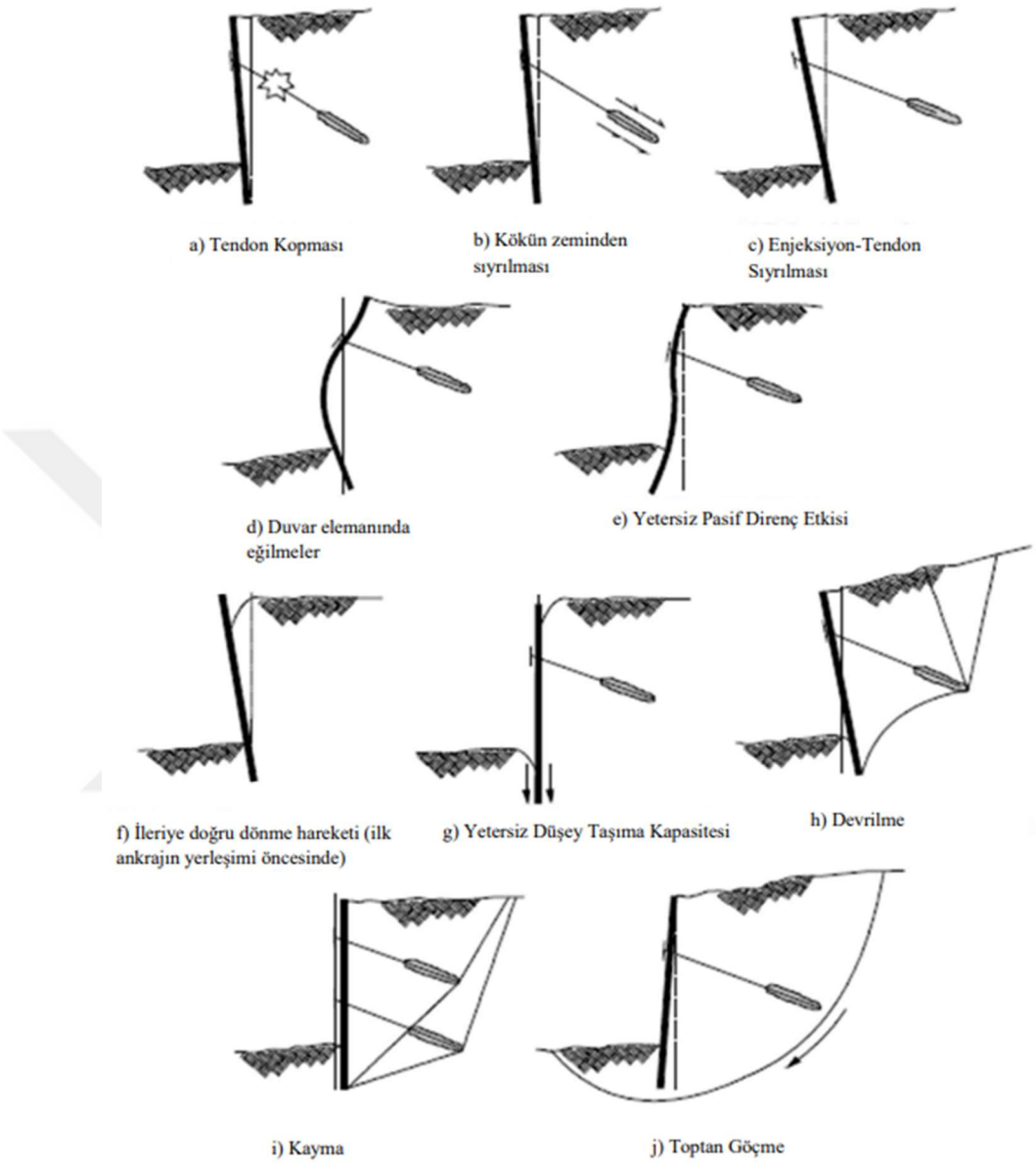
Mukavamet Türü	**Güvenlik Katsayısı (G.S.)**
Çubuk nihai mukavamet	1.65-2.00
Çubuk akma dayanımı	1.33-1.65
Kök taşıma gücü	1.60-1.70

Şekil 5.8 : Belirli güvenlik katsayıları [13].

Uygulanacak olan en büyük test yükü ankrajın sıyrılması için gereken değerdir [13].

5.10 Ankrajlı İksa Sistemlerinin Genel Göçme Mekanizmaları

Şekil 5.9'da ankrajlı iksa sistemlerinin göçme durumları verilmiştir.



Şekil 5.9 : Ankrajlı iksa tasarımlarında göz önünde bulundurulması gereken durumlar [13].

5.10.1 Kökün zeminden sıyrılması

Tasarımlarda ankrajların ankrajlanacak zemin türü çok önemlidir. Zemin kapasitesi her birimde değiştiğinden zeminin taşıma kapasitesini aşması durumunda sıyrılma olayı gerçekleşir.

5.10.2 Tendon kopması

Seçilen tendonun yetersiz kalması veya tasarım için hesaplanan proje yükünün yanlış olması durumunda demetlerde ya da çelik halatlarda kopma oluşur. Genelde yapılan tasarımlarda ankrajın taşıyacağı yükün, tendon kopma yükünün %60'ını geçmemesi istenir. Yapılan germe testlerinde ise bu oran maksimum %80 olmalıdır [13].

5.10.3 Toptan göçme

Ankraj boylarının kısa kalması veya kayma düzleminin yanlış olarak belirlenmesi sonucunda toptan göçme oluşur.

5.10.4 Enjeksiyon ve tendon arasında sıyrılma

Tendon ve enjeksiyon arasında sürtünme direnci, mekanik kilitlenme ve adezyonun yetersiz kalması durumunda sıyrılma meydana gelmektedir.

5.10.5 Kök taşıma gücü

Ankrajların göçme mekanizması; zemin türü, ankraj olarak kullanılacak olan malzemenin özellikleri ve ankrajlarınn yerleşim geometrisine (şekline) göre farklılık gösterir.

Ankrajların sıyrılma yükü aşağıdaki formül ile hesaplanabilir;

Kohezyonsuz zeminlerde,

$$F = \pi * d * Lo * \gamma * h * \tan\phi \tag{5.1}$$

Burada;

d = Kök çapı,

L_o = Kök boyu,

γ = Zemin birim hacim ağırlığı,

h = Ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği,

Φ = Zemin içsel sürtünme açısı.

Kohezyonlu zeminlerde,

$$F = \pi * d * Lo * ca \tag{5.2}$$

Burada;

c_α : Adezyon (Genel olarak 2/3cu - 0.50cu)

Tasarımda göz önünde bulundurulacak olan taşıma gücü değeri ise;

Ptasarım = F / G.S. (G.S. = 1.50 – 2.00)

Ankraj taşıma gücü değerleri zemin türüne bağlı olarak Şekil 5.10'da verilmiştir.

Zemin Türü	**Rölatif Sıkılık (SPT-N)**	**Maks. Transfer Yükü (kN/m)**
Kum ve Çakıl	Gevşek (4-10)	145
	Orta (11-30)	220
	Sıkı (31-50)	290
Kum	Gevşek (4-10)	100
	Orta (11-30)	145
	Sıkı (31-50)	190
Silt-Kil	Sert (10-20)	30
	Çok Sert (21-40)	60

Şekil 5.10 : Zemin türüne bağlı kök taşıma gücü değerleri [13,19].

Kaya türüne bağlı olarak ankraj taşıma gücü değerleri ise Şekil 5.11'de verilmiştir.

KayaTürü	**Maks. Transfer Yükü (kN/m)**
Granit / Bazalt	730
Dolomitik Kireçtaşı	580
Yumuşak Kireçtaşı	440
Kumtaşı	440
Sert Şeyl	350
Yumuşak Şeyl	150

Şekil 5.11 : Kaya türüne bağlı kök taşıma gücü değerleri [13].

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı [20].

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise ;

$$T_k = F / \xi \tag{5.3}$$

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

Ön gerilmeli ankrajlarda;

Ankraj tesiri F_t olsun.

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R,

Ankraj tasarım tesiri,

$$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t \tag{5.4}$$

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R \tag{5.5}$$

Güvenlik Sayısı,

$$GS_\alpha = F / F_t \tag{5.6}$$

$E_{\alpha;d} \leq R_{\alpha;d}$ olması durumunda ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

Kısmi Katsayı Seti			A	M	R
Sabit Etki (G)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{G,dst}$	1.35		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{G,stb}$	1.00		
Değişken Etkiler (Q)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{Q,dst}$	1.50		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{Q,stb}$	0.00		
Kayma Mukavemeti Katsayısı (tan ϕ)		γ_{ϕ}		1.00	
Efektif Kohezyon (c')		$\gamma_{c'}$		1.00	
Drenajsız Kayma Mukavemeti (s_U)		γ_{Su}		1.00	
Serbest Basınç Dayanımı (q_U)		γ_{qu}		1.00	
Birim Hacim Ağırlık (γ)		γ_{γ}		1.00	
Pasif Zemin Direnci (Dayanma Yapıları)*		γ_{Re*}			1.40
Zemin Direnci (Toptan Göçme)*		γ_{Re}			1.10
Öngermeli ankrajlar (geçici - kalıcı)		γ_a			1.10
*Zemin direnci, dayanma yapıları ve toptan göçme analizlerinde farklı değerler almakta olup, yukarıda her iki koşul için de kısmi katsayılar verilmiştir.					

Şekil 5.12 : Depremsiz durumda ULS hesabı için kısmı katsayılar [20].

- Tendon çekme dayanım hesabı [20];

Ankraj çekme dayanımı,

$$R_t = n.\ F_u \tag{5.7}$$

n : Tendon sayısı,

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$$F_u = A_1.f_u \tag{5.8}$$

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti,

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 \tag{5.9}$$

d_1 : Bir tendonun nominal çapı

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$$R_{t;d} = R_t / \gamma_R \tag{5.10}$$

Güvenlik Sayısı,

$$GS_t = R_t / F_t \tag{5.11}$$

$E_{\alpha;d} \leq R_{t;d}$ olması durumunda ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

- Tendon/enjeksiyon aderans hesabı [21];

Ankrajın enjeksiyondan sıyrılma direnci;

$$R_c = \pi.d_s.L_0.\tau_c \tag{5.12}$$

τ_c : Tendon/enjeksiyon aderansı,

d_s : Ankraj çubuğunun çapı,

Tendon/enjeksiyon aderansı TS500 ile;

$$C_1 = 1 / 4.C_0 \tag{5.13}$$

$$f_{ctd} = 0{,}35. \sqrt{f_c} \tag{5.14}$$

$$\tau_c = C_1. f_{ctd} \tag{5.15}$$

f_c : Enjeksiyon basınç dayanımı,

f_{ctd} : Enjeksiyon çekme dayanımı,

C_0 : Deneysel katsayı,

C_1 : Enjeksiyon çekme gerilmesine uygulanan katsayı.

Tendon / enjeksiyon tasarım sıyrılma;

$$R_{c;d} = R_c / \gamma_R \tag{5.16}$$

Güvenlik Sayısı,

$$GS_c = R_c / F_t \tag{5.17}$$

$E_{\alpha;d} \leq R_{c;d}$ olması durumunda tendon/enjeksiyon tasarım sıyrılma direnci yeterlidir.

5.11 Ankrajlı İksa Sistemleri

Stabilite sorunlarını engellemek için tasarlanan perde duvarların veya kazıklı iksa yapılarının hem daha rijit bir yapı sağlamak hem de gömülme derinliğini azaltmak amacıyla ankrajlı iksa sistemleri tercih edilir.

Tasarıma geçmeden önce zemin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu zemin özelliklerine göre tasarım yapılmalı ki herhangi bir sıyrılma, göçme vs. problemleri ile karşılaşılmasın. Bunun için de ilgili bölgelerde zemin etüdü ve laboratuvar deneyleri yapılır.

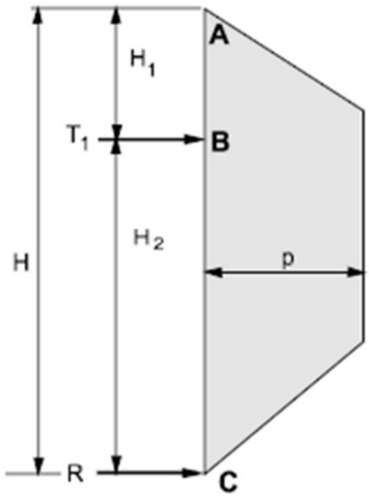
İksa yapısına etkileyecek olan yanal toprak basıncının belirlenmesi sonrasında ilk olarak ankraj yerleşimleri ve ankraj mesafeleri öngörülür. Modele etkiyen belirli yanal etki karşısında gerekli olan ankraj kuvvetleri hesaplanır. Kayma yüzeyleri belirlendikten sonra ankrajların serbest boy uzunlukları bulunur. Serbest bölgeden belirli bir mesafe aşılarak güvenli tarafta kalınır ve ankraj köklerinin yeri belirlenir. Gerekli olan ankraj kuvvetlerinin sağlanabilmesi için makul güvenlik katsayıları dikkate alınarak kök uzunlukları hesaplanır. İksa sistemine etkiyen yanal yükler ve ankraj kuvvvetlerinin belirlenmesi sonrasında model üzerinde meydana gelen kesme ve moment diyagramları oluşturulur. Modele etkiyen kuvvetler doğrultusunda iksa duvarının boyulandırılması ve donatılandırılması yapılır [13].

Karşılanması istenilen kuvvetlerin bulunmasında düğüm ve alan yöntemleri olmak üzere iki yöntem genel olarak kullanılır.

5.11.1 Ankrajlara gelen kuvvetlerin belirlenmesi

5.11.1.1 Tek sıra ankraj uygulaması

Tek sıra ankraj destekli iksa yapılarında ankraj tarafından taşınması gereken kuvvetlerin bu tarzda hesaplanabilir;



Şekil 5.13 : Tek sıra ankraj durumu [13].

a) Alan Yöntemi;

T1=(H1+ H2 / 2) Boyunca Zeminden Gelen Yüklerin Toplamı

R= (H2 / 2) Boyunca Zeminden Gelen Yüklerin Toplamı

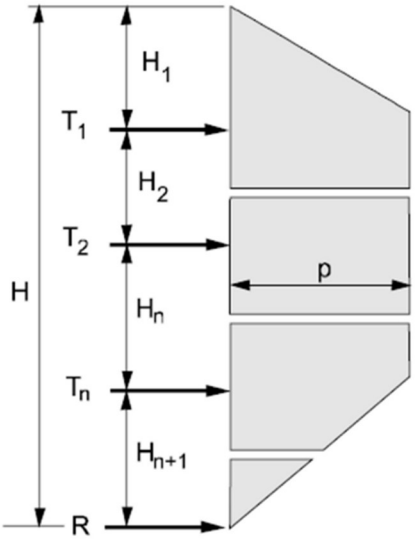
b) Düğüm Yöntemi

T1=C Noktasındaki Moment Sıfır Olacak Şekilde Hesaplanır.

R= Toplam Zemin Etkisi - T1

5.11.1.2 Çok sıra ankraj uygulaması

- Alan yöntemi;



Şekil 5.14 : Çok sıra ankraj durumu alan yöntemi [13].

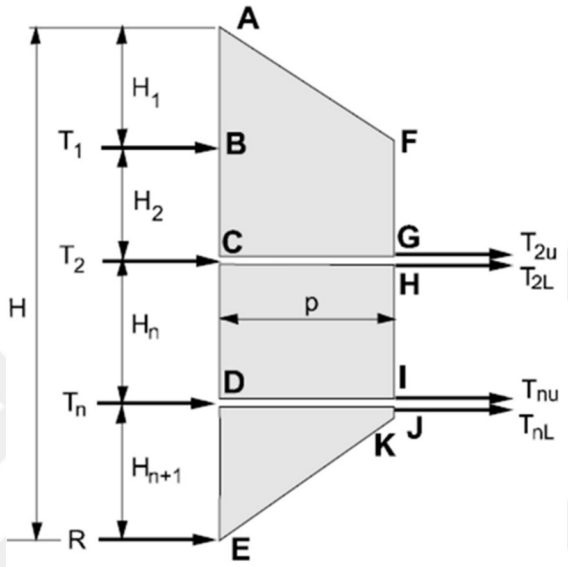
T1=(H1+ H2 / 2) Boyunca Zeminden Gelen Yüklerin Toplamı

T2=(H2 / 2+ Hn / 2) Boyunca Zeminden Gelen Yüklerin Toplamı

Tn=(Hn / 2+ Hn+1 / 2) Boyunca Zeminden Gelen Yüklerin Toplamı

R=(Hn+1 / 2) Boyunca Zeminden Gelen Yüklerin Toplamı

- Düğüm yöntemi;



Şekil 5.15 : Çok sıra ankraj durumu düğüm yöntemi [13].

T1=”C Noktasındaki Moment Sıfır Olacak Şekilde Hesaplanır.

T2u = Toplam Zemin Etkisi (ABCGF) - T1

T2L = ”D Noktasındaki Moment Sıfır Olacak Şekilde Hesaplanır.

Tnu = Toplam Zemin Etkisi (CDIH) – T2L

TnL = ”E Noktasındaki Moment Sıfır Olacak Şekilde Hesaplanır.

R= Toplam Zemin Etkisi - T1 - T2 – Tn

T2 = T2u + T2L

Tn = Tnu + TnL

Her iki yöntemle elde edilen ankraj kuvvetleri toplam değerlerdir. Bu kuvvetlerin düşey bileşkesi;

Tv = T * sinθ

Yatay bileşkesi;

Th = T * cosθ

θ : Ankrajların yatay düzlem ile yaptığı açı değeri

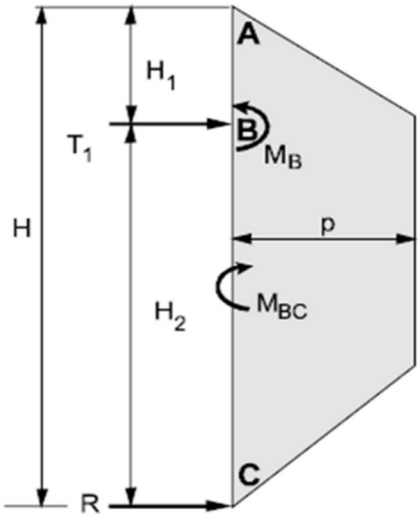
İki yöntemde de hesaplanan R kuvveti zeminin pasif direnç olarak göstereceği reaksiyon kuvvetidir [13].

5.11.2 İksa duvarına gelen eğilme momentlerinin belirlenmesi

5.11.2.1 Tek sıra ankraj uygulaması

- Düğüm yöntemi;

B noktasında oluşan moment o noktaya etkiyen toplam moment değerinden hesaplanır.



Şekil 5.16 : Tek sıra ankraj durumu düğüm yöntemine göre moment kuvvetinin belirlenmesi [13].

- Alan yöntemi;

FHWA-IF-99-015 (1999)'de alan yöntemi ait genel denklemler aşağıda verilmiştir [13].

$$M_B = \frac{13}{54} H_1 p \qquad (5.18)$$

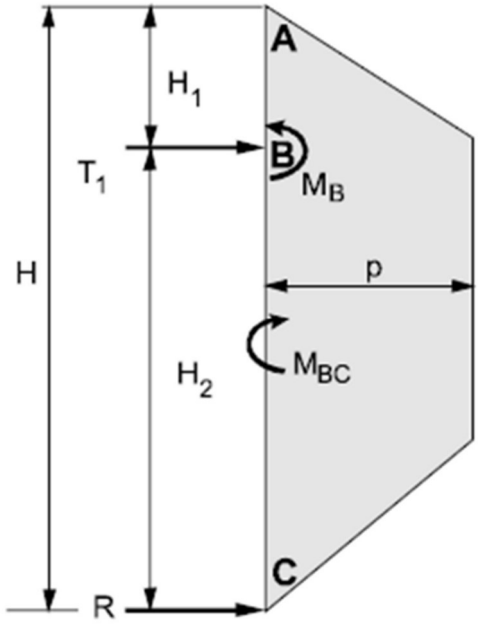
$$T_1 = \frac{(23H^2 - 10HH_1)}{54(H - H_1)} p \tag{5.19}$$

$$R = \frac{2}{3} H_p - T_1 \tag{5.20}$$

Kesme kuvvetinin sıfır (0) olduğu nokta;

$$x = \frac{1}{9}\sqrt{(26H^2 - 52HH_1)} \tag{5.21}$$

$$M_{BC} = Rx - \frac{px^3}{4(H - H_1)} \tag{5.22}$$



Şekil 5.17 : Tek sıra ankraj durumu alan yöntemine göre moment kuvvetinin belirlenmesi [13].

5.11.2.2 Çok sıra ankraj uygulaması

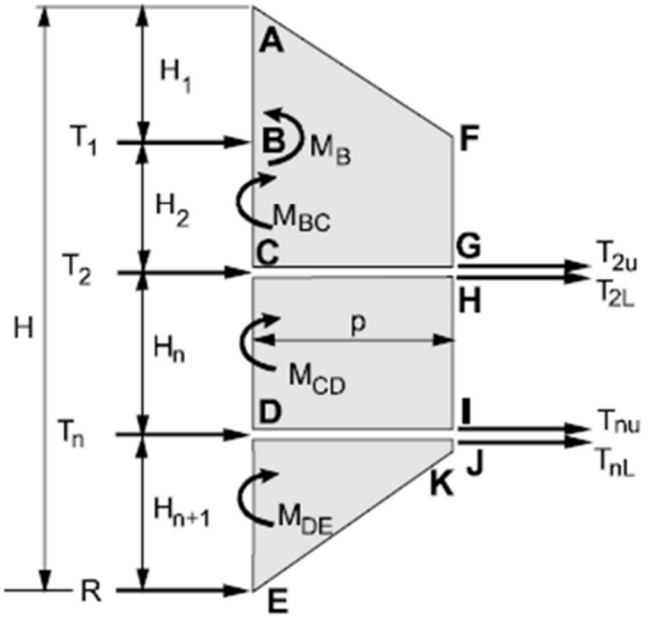
- Düğüm yöntemi;

B noktasında oluşan moment o noktaya etkiyen toplam moment değerinden hesaplanır.

$$M_B = \sum M_B \tag{5.23}$$

$$M_c = M_D = M_E = 0 \tag{5.24}$$

BC, CD, DE aralıklarındaki maksimum moment ise kesme kuvvetinin sıfır (0) olduğu noktadan hesaplanabilir [13].



Şekil 5.18 : Çok sıra ankraj durumunda düğüm yöntemine göre ankraj kuvvetlerinin belirlenmesi [13].

- Alan yöntemi;

$$M_B = \frac{13}{54} H_1^2 p \tag{5.25}$$

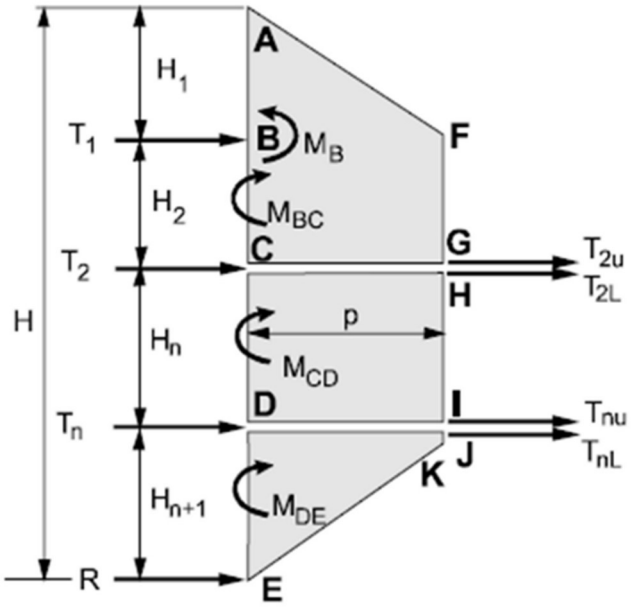
$$T_1 = \left(\frac{2}{3} H_1 + \frac{H_2}{2} \right) p \tag{5.26}$$

$$T_2 = \left(\frac{H_2}{2} + \frac{H_n}{2} \right) p \tag{5.27}$$

$$T_n = \left(\frac{H_n}{2} + \frac{23H_{n+1}}{48} \right) p \tag{5.28}$$

$$R = \left(\frac{3}{16} H_{n+1} \right) p \tag{5.29}$$

B noktasının altında oluşan en büyük moment değeri ise $pL^2 / 10$ formülü ile elde edilir [13].

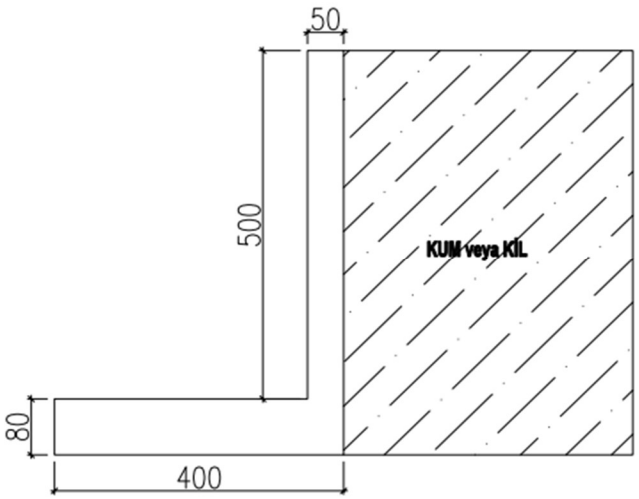


Şekil 5.19 : Çok sıra ankraj durumunda alan yöntemine göre ankraj kuvvetlerinin belirlenmesi [13].

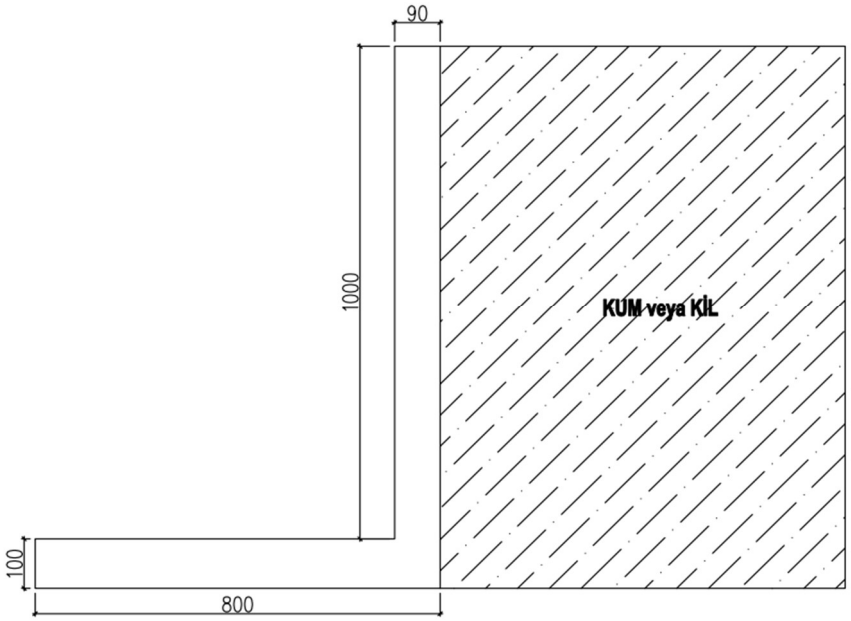
6. MATERYAL VE METOT

6.1 Seçilen İstinat Tipleri

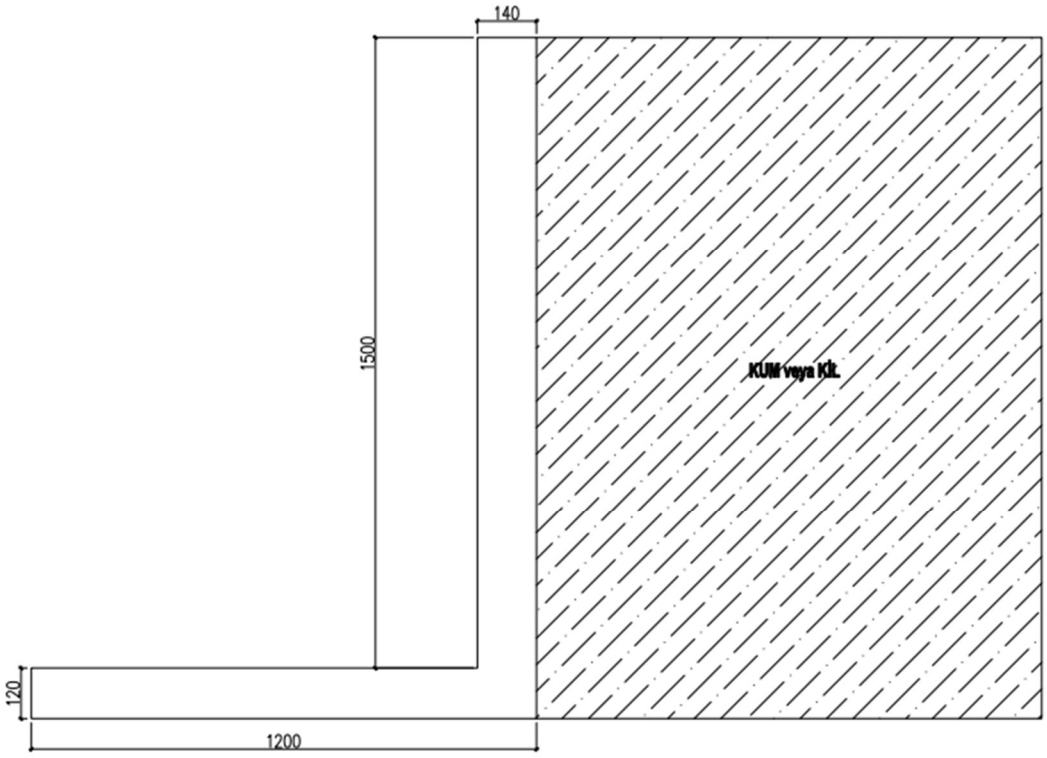
Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te gösterilen istinat duvar tipleri seçilmiş olup kum ve kil zemin için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır.



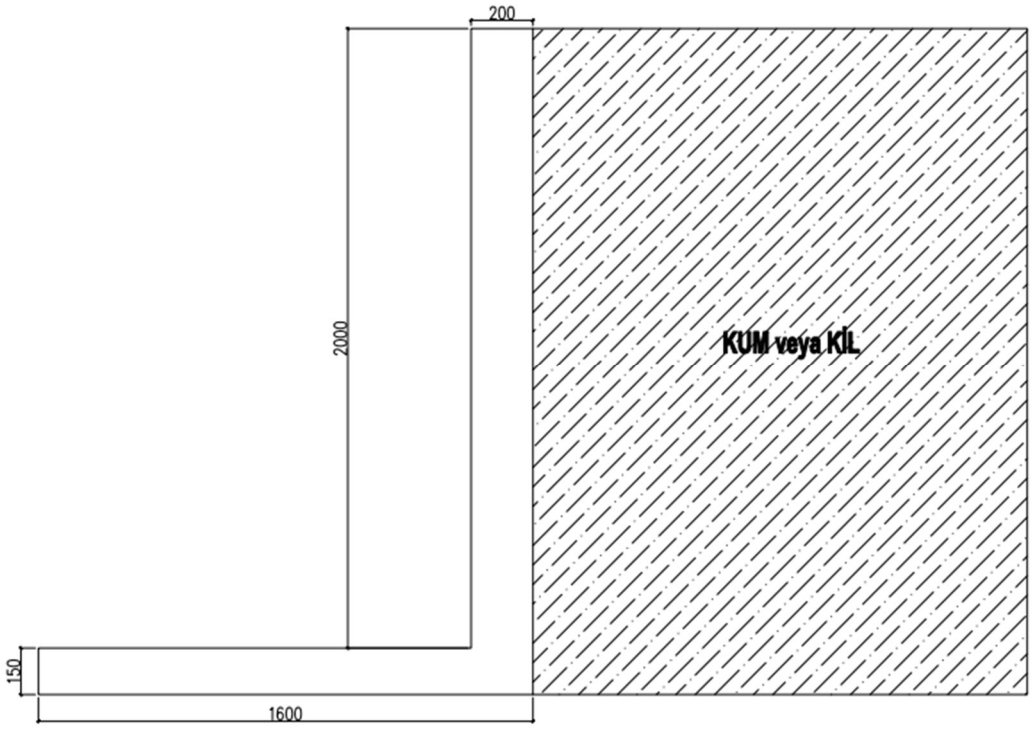
Şekil 6.1 : TİP-1 istinat duvarı modeli.



Şekil 6.2 : TİP-2 istinat duvarı modeli.



Şekil 6.3 : TİP-3 istinat duvarı modeli.



Şekil 6.4 : TİP-3 istinat duvarı modeli.

6.2 Seçilen İstinat Duvarı Tiplerinin, Zemin Türlerinin ve Ankrajların Malzeme Parametreleri

Zemin türüne göre parametreleri, istinat duvarı tiplerine göre temel ve duvar parametreleri, kullanılan ankrajın ve kök malzemesinin parametreleri çizelgeler halinde verilmiş olup bu değerler baz alınarak gerekli hesaplamalar yapıldı.

Çizelge 6.1 : Kullanılan zemin parametreleri.

Parametreler	Sembol	Kum Zemin	Kil Zemin	Birim
Davranış Türü	-	Drenajlı	Drenajsız	-
Kuru Birim Hacim Ağırlığı	γ_{dry}	17	15	kN/m^3
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlığı	γ_{wet}	19	18	kN/m^3
Permeabilite	k	0,5	$1x10^{-4}$	m/gün
Young Modülü	E_{ref}	$1,5x10^4$	1000	kN/m^2
Poisson Oranı	ν	0,30	0,33	-
Kohezyon	c	1	50	kN/m^2
İçsel Sürtünme Açısı	Φ	30	5	(°)
Dilatansi Açısı	ψ	0	0	(°)

Çizelge 6.2 : TİP-1 istinat duvarının perdesi için kullanılan malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastik	-
Normal Rijitlik	EA	75000	kN/m
Eğilme Rijitliği	EI	1562,50	kNm^2 /m
Duvar Kalınlığı	d	0,50	m
Eleman Ağırlığı	w	12	kN/m/m
Poisson Oranı	υ	0,15	-

Çizelge 6.3 : TİP-1 istinat duvarının temeli için kullanılan malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastoplastik	-
Normal Rijitlik	EA	96000	kN/m
Eğilme Rijitliği	EI	5120	kNm^2 /m
Duvar Kalınlığı	d	0,80	m
Eleman Ağırlığı	w	19,20	kN/m/m
Poisson Oranı	υ	0	-

Çizelge 6.4 : TİP-2 istinat duvarının perdesi için kullanılan malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastik	-
Normal Rijitlik	EA	270000	kN/m
Eğilme Rijitliği	EI	18225	kNm^2 /m
Duvar Kalınlığı	d	0,90	m
Eleman Ağırlığı	w	21,60	kN/m/m
Poisson Oranı	υ	0,15	-

Çizelge 6.5 : TİP-2 istinat duvarının temeli için kullanılan malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastoplastik	-
Normal Rijitlik	EA	240000	kN/m
Eğilme Rijitliği	EI	20000	kNm^2 /m
Duvar Kalınlığı	d	1	m
Eleman Ağırlığı	w	24	kN/m/m
Poisson Oranı	υ	0	-

Çizelge 6.6 : TİP-3 istinat duvarının perdesi için kullanılan malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastik	-
Normal Rijitlik	EA	630000	kN/m
Eğilme Rijitliği	EI	102900	kNm^2 /m
Duvar Kalınlığı	d	1,40	m
Eleman Ağırlığı	w	33,60	kN/m/m
Poisson Oranı	υ	0,15	-

Çizelge 6.7 : TİP-3 istinat duvarının temeli için kullanılan malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastoplastik	-
Normal Rijitlik	EA	432000	kN/m
Eğilme Rijitliği	EI	51840	kNm^2 /m
Duvar Kalınlığı	d	1,20	m
Eleman Ağırlığı	w	28,80	kN/m/m
Poisson Oranı	υ	0	-

Çizelge 6.8 : TİP-4 istinat duvarının perdesi için kullanılan malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastik	-
Normal Rijitlik	EA	1200000	kN/m
Eğilme Rijitliği	EI	400000	kNm^2 /m
Duvar Kalınlığı	d	2	m
Eleman Ağırlığı	w	48	kN/m/m
Poisson Oranı	υ	0,15	-

Çizelge 6.9 : TİP-4 istinat duvarının temeli için kullanılan malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastoplastik	-
Normal Rijitlik	EA	720000	kN/m
Eğilme Rijitliği	EI	135000	kNm^2 /m
Duvar Kalınlığı	d	1,50	m
Eleman Ağırlığı	w	36	kN/m/m
Poisson Oranı	υ	0	-

Çizelge 6.10 : Kullanılan ankrajların malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Davranış Türü	-	Elastik	-
Normal Rijitlik	EA	$2x10^6$	kN
Destek Aralığı	L_s	2	m
Maksimum Kuvvet	F_{max}	$1x10^{15}$	kN

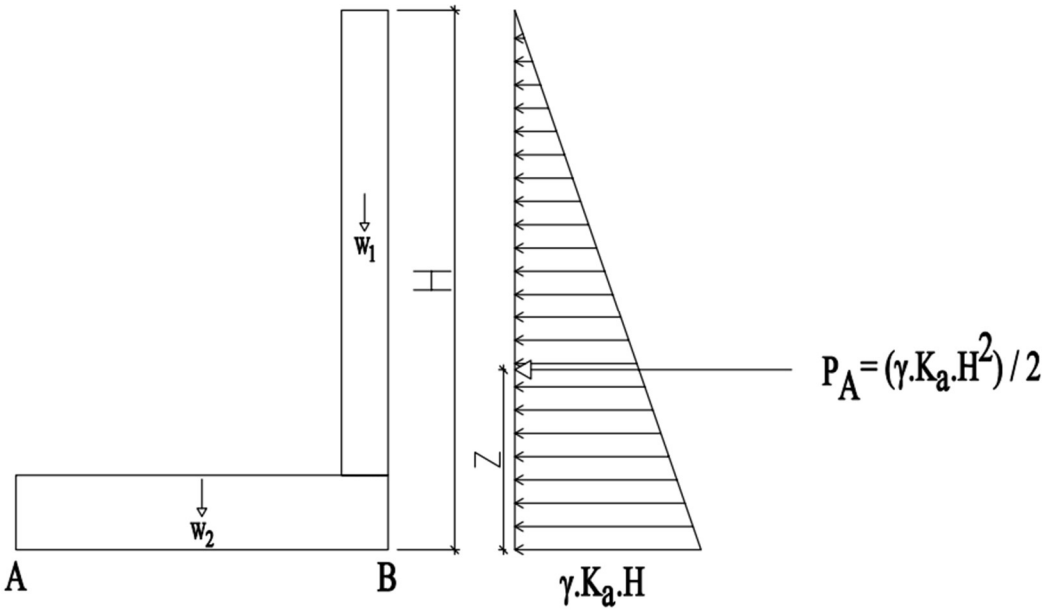
Çizelge 6.11 : Kullanılan ankraj kök bölgelerinin malzeme parametreleri.

Parametreler	Sembol	Değer	Birim
Normal Rijitlik	EA	$1x10^5$	kN/m

Betonarme yapıların birim hacim ağırlığı γ_{beton} = 24,00 kN/m^3 olarak alınmıştır. Yeraltı su seviyesi çok derinde olduğu varsayılmış olup programa veri girişi için suyun birim hacim ağırlığı, γ_w =10,00 kN/m^3 olarak girilmiştir.

6.3 Seçilen Verilere Göre İstinat Duvarının Devrilme, Kayma ve Taban Basıncı Tahkiklerinin Elle Yapılması

Seçilen istinat tiplerine Şekil 6.5'teki gibi kuvvetler etkilemektedir. Bu kuvvetlerin değerlerine bakıldığında;



Şekil 6.5 : İstinat Duvarını Etkileyen Kuvvetler.

6.3.1 Kumlu zemin etkisinde olması durumunda

6.3.1.1 TİP-1 istinat duvarı için

$$K_a = tg^2(45 - \Phi/2) \tag{6.1}$$

- $K_a = tg^2(45 - 30/2) = 0,33$

$$P_A = (\gamma.K_a.H^2) / 2 \tag{6.2}$$

- $P_A = (17.0,33.(5,80)^2) / 2 = 94,37$ kN/m
- $z = H/3 = 5,80/3 = 1,93$ m

$$W = a.b.\gamma_{beton} \tag{6.3}$$

- $W_1 = 0,50.5.24 = 60$ kN
- $W_2 = 4.0,80.24 = 76,80$ kN

A Noktasına Göre Devrilme Tahkiki;

- Devirmeye karşı koyan momentler

W_1.(3,50+0,50/2) + W_2.(4/2) = 60.3,75+76,80.2 =378,60 kN.m

- Devirmeye çalışan momentler

P_A.z = 94,37.1,93 =182,13 kN.m

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (devrilme)}$ = (Devirmeye karşı koyan momentler) / (Devirmeye çalışan momentler)

$G_{s\ (devrilme)}$ = 378,60 / 182,13 = 2,08 > 1,50 (Kohezyonsuz zeminler için)

Kayma Tahkiki;

- Kaymaya karşı koyan kuvvetler

(Tabana etkiyen düşey kuvvetler)x μ = ∑N.μ = ∑N.tg(Φ)

= (W_1 + W_2).tg(30^0) = (60 + 76,80).tg(30^0) = 78,98 kN

- Kaydırmaya çalışan kuvvetler

P_A= 94,37 kN

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (kayma)}$ = (Kaymaya karşı koyan kuvvetler) / (Kaydırmaya çalışan kuvvetler)

$G_{s\ (kayma)}$ = 78,98 / 94,37 = 0,84 < 1,5

Temel Orta Noktasına Göre Taban Basıncı Tahkiki;

P_A = N/F + M_o/w ve P_B = N/F - M_o/w şeklinde bulunur.

F= Taban Kesit Alanı = 4.1 = 4 m^2

W= Taban mukavemet momenti = b.h^2/6 = 1.4^2/6 = 2,67 m^3

N = (W_1 + W_2) = (60 + 76,80) = 136,80 kN

M_o = P_A.z - W_1.(2-0,25) = 94,37x1,93 – 60.1,75 = 77,13 kN.m

P_A = N/F + M_o/w = 136,80/4 + 77,13/2,67 = 63,09 kN/m^2

P_B = N/F - M_o/w = 136,80/4 - 77,13/2,67 = 5,31 kN/m^2

6.3.1.2 TİP-2 istinat duvarı için

$K_a = tg^2(45 - 30/2) = 0,33$

$P_A = (17.0,33.(11)^2) / 2 = 339,41$ kN/m

$z = H/3 = 11/3 = 3,67$ m

$W_1 = 0,90.10.24 = 216$ kN

$W_2 = 8.1.24 = 192$ kN

A Noktasına Göre Devrilme Tahkiki;

- Devirmeye karşı koyan momentler

$W_1.(7,10+0,90/2) + W_2.(8/2) = 216.7,55+192.4 = 2398,80$ kN.m

- Devirmeye çalışan momentler

$P_A.z = 339,41.3,67 = 1245,64$ kN.m

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (devrilme)}$ = (Devirmeye karşı koyan momentler) / (Devirmeye çalışan momentler)

$G_{s\ (devrilme)} = 2398,80 / 1245,64 = 1,93 > 1,50$ (Kohezyonsuz zeminler için)

Kayma Tahkiki;

- Kaymaya karşı koyan kuvvetler

(Tabana etkiyen düşey kuvvetler)x $\mu = \sum N.\mu = \sum N.tg(\Phi)$

$= (W_1 + W_2).tg(30^0) = (216 + 192).tg(30^0) = 235,56$ kN

- Kaydırmaya çalışan kuvvetler

$P_A = 339,41$ kN

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (kayma)}$ = (Kaymaya karşı koyan kuvvetler) / (Kaydırmaya çalışan kuvvetler)

$G_{s\ (kayma)} = 235,56 / 339,41 = 0,69 < 1,5$

Temel Orta Noktasına Göre Taban Basıncı Tahkiki;

$P_A = N/F + M_o/w$ ve $P_B = N/F - M_o/w$ şeklinde bulunur.

F= Taban Kesit Alanı = 8.1 = 8 m^2

W= Taban mukavemet momenti = $b.h^2/6 = 1.8^2/6 = 10,67\ m^3$

$N = (W_1 + W_2) = (216 + 192) = 408$ kN

$M_o = P_A.z - W_1.(4-0,45) = 339,41x3,67 – 216.3,55 = 478,84$ kN.m

$P_A = N/F + M_o/w = 408/8 + 478,84/10,67 = 95,87\ kN/m^2$

$P_B = N/F - M_o/w = 408/8 - 478,84/10,67 = 6,12\ kN/m^2$

6.3.1.3 TİP-3 istinat duvarı için

$K_a = tg^2(45- 30/2) = 0,33$

$P_A = (17.0,33.(16,20)^2) / 2 = 736,13$ kN/m

z= H/3 = 16,20/3 = 5,40 m

$W_1 = 1,40.15.24 = 504$ kN

$W_2 = 12.1,20.24 = 345,60$ kN

A Noktasına Göre Devrilme Tahkiki;

- Devirmeye karşı koyan momentler

$W_1.(12-1,20/2) + W_2.(12/2) = 504.11,40+345,60.6 = 7819,20$ kN.m

- Devirmeye çalışan momentler

$P_A.z = 736,13.5,40 = 3975,10$ kN.m

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (devrilme)}$ = (Devirmeye karşı koyan momentler) / (Devirmeye çalışan momentler)

$G_{s\ (devrilme)} = 7819,20 / 3975,10 = 1,97 > 1,50$ (Kohezyonsuz zeminler için)

Kayma Tahkiki;

- Kaymaya karşı koyan kuvvetler

(Tabana etkiyen düşey kuvvetler)x $\mu = \sum N.\mu = \sum N.tg(\Phi)$

$= (W_1 + W_2).tg(30^0) = (504 + 345,60).tg(30^0) = 490,52$ kN

- Kaydırmaya çalışan kuvvetler

$P_A = 736,13$ kN

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (kayma)}$ = (Kaymaya karşı koyan kuvvetler) / (Kaydırmaya çalışan kuvvetler)

$G_{s\ (kayma)}$ = 490,52 / 736,13 = 0,67 < 1,5

Temel Orta Noktasına Göre Taban Basıncı Tahkiki;

$P_A = N/F + M_o/w$ ve $P_B = N/F - M_o/w$ şeklinde bulunur.

F= Taban Kesit Alanı = 12.1 = 12 m^2

W= Taban mukavemet momenti = $b.h^2/6 = 1.12^2/6 = 24\ m^3$

$N = (W_1 + W_2) = (504 + 345,60) = 849,60$ kN

$M_o = P_A.z - W_1.(6-0,60) = 736,13x5,40 – 504.5,40 = 1253,50$ kN.m

$P_A = N/F + M_o/w = 849,60/12 + 1253,50/24 = 123,03\ kN/m^2$

$P_B = N/F - M_o/w = 849,60/12 - 1253,50/24 = 18,57\ kN/m^2$

6.3.1.4 TİP-4 istinat duvarı için

$K_a = tg^2(45 - 30/2) = 0,33$

$P_A = (17.0,33.(21,50)^2) / 2 = 1296,67$ kN/m

z= H/3 = 21,50/3 = 7,17 m

W_1= 2.20.24 = 960 kN

W_2= 16.1,50.24 = 576 kN

A Noktasına Göre Devrilme Tahkiki;

- Devirmeye karşı koyan momentler

$W_1.(16-2/2) + W_2.(16/2)$ = 960.15+576.8 =19008 kN.m

- Devirmeye çalışan momentler

$P_A.z$ = 1296,67.7,17 = 9297,12 kN.m

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (devrilme)}$ = (Devirmeye karşı koyan momentler) / (Devirmeye çalışan momentler)

$G_{s\ (devrilme)}$ = 19008 / 9297,12 = 2,05 > 1,50 (Kohezyonsuz zeminler için)

Kayma Tahkiki;

- Kaymaya karşı koyan kuvvetler

(Tabana etkiyen düşey kuvvetler)x $\mu = \sum N.\mu = \sum N.tg(\Phi)$

$= (W_1 + W_2).tg(30^0) = (960 + 576).tg(30^0) = 886{,}81$ kN

- Kaydırmaya çalışan kuvvetler

$P_A = 1296{,}67$ kN

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\,(kayma)}$ = (Kaymaya karşı koyan kuvvetler) / (Kaydırmaya çalışan kuvvetler)

$G_{s\,(kayma)} = 886{,}81 / 1296{,}67 = 0{,}68 < 1{,}5$

Temel Orta Noktasına Göre Taban Basıncı Tahkiki;

$P_A = N/F + M_o/w$ ve $P_B = N/F - M_o/w$ şeklinde bulunur.

F= Taban Kesit Alanı = 16.1 = 16 m^2

W= Taban mukavemet momenti = $b.h^2/6 = 1.16^2/6 = 42{,}67$ m^3

$N = (W_1 + W_2) = (960 + 576) = 1536$ kN

$M_o = P_A.z - W_1.(8-1) = 1296{,}67x7{,}17 - 960.7 = 2577{,}12$ kN.m

$P_A = N/F + M_o/w = 1536/16 + 2577{,}12/42{,}67 = 156{,}40$ kN/m^2

$P_B = N/F - M_o/w = 1536/16 - 2577{,}12/42{,}67 = 35{,}60$ kN/m^2

6.3.2 Killi zemin etkisinde olması durumunda

6.3.2.1 TİP-1 istinat duvarı için

$K_a = tg^2(45 - 5/2) = 0{,}84$

$P_A = (15.0{,}84.(5{,}80)^2) / 2 = 211{,}93$ kN/m

$z = H/3 = 5{,}80/3 = 1{,}93$ m

$W_1 = 0{,}50.5.24 = 60$ kN

$W_2 = 4.0{,}80.24 = 76{,}80$ kN

A Noktasına Göre Devrilme Tahkiki;

- Devirmeye karşı koyan momentler

$W_1.(3{,}50+0{,}50/2) + W_2.(4/2) = 60.3{,}75+76{,}80.2 = 378{,}60$ kN.m

- Devirmeye çalışan momentler

$P_A.z = 211{,}93.1{,}93 = 409{,}03$ kN.m

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (devrilme)}$ = (Devirmeye karşı koyan momentler) / (Devirmeye çalışan momentler)

$G_{s\ (devrilme)}$ = 378,60 / 409,03 = 0,93 < 2 (Kohezyonlu zeminler için)

Kayma Tahkiki;

- Kaymaya karşı koyan kuvvetler

(Tabana etkiyen düşey kuvvetler)x C = ∑N.C (Taban zemininin kohezif mukavemetleri çizelgesinden C, 1 t/m^2 alınmıştır.)

= (W_1 + W_2).C = (60 + 76,80).10 = 1368 kN

- Kaydırmaya çalışan kuvvetler

P_A= 211,93 kN

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (kayma)}$ = (Kaymaya karşı koyan kuvvetler) / (Kaydırmaya çalışan kuvvetler)

$G_{s\ (kayma)}$ = 1368 / 211,93 = 6,46 > 1,5

Temel Orta Noktasına Göre Taban Basıncı Tahkiki;

$P_A = N/F + M_o/w$ ve $P_B = N/F - M_o/w$ şeklinde bulunur.

F= Taban Kesit Alanı = 4.1 = 4 m^2

W= Taban mukavemet momenti = $b.h^2/6 = 1.4^2/6 = 2,67\ m^3$

N = (W_1 + W_2) = (60 + 76,80) = 136,80 kN

$M_o = P_A.z - W_1.(2-0,25) = 211,93x1,93 – 60.1,75 = 304,03$ kN.m

$P_A = N/F + M_o/w = 136,80/4 + 304,03/2,67 = 148,07$ kN/m^2

$P_B = N/F - M_o/w = 136,80/4 - 304,03/2,67 = -79,67$ kN/m^2

6.3.2.2 TİP-2 istinat duvarı için

$K_a = tg^2(45- 5/2) = 0,84$

$P_A = (15.0,84.(11)^2) / 2 = 762,30$ kN/m

z= H/3 = 11/3 = 3,67 m

W_1= 0,90.10.24 = 216 kN

W_2= 8.1.24 = 192 kN

A Noktasına Göre Devrilme Tahkiki;

- Devirmeye karşı koyan momentler

$W_1.(7,10+0,90/2) + W_2.(8/2) = 216.7,55+192.4 = 2398,80$ kN.m

- Devirmeye çalışan momentler

$P_A.z = 762,30.3,67 = 2797,64$ kN.m

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (devrilme)}$ = (Devirmeye karşı koyan momentler) / (Devirmeye çalışan momentler)

$G_{s\ (devrilme)} = 2398,80 / 2797,64 = 0,87 < 2$ (Kohezyonlu zeminler için)

Kayma Tahkiki;

- Kaymaya karşı koyan kuvvetler

(Tabana etkiyen düşey kuvvetler)x C = ∑N.C (Taban zemininin kohezif mukavemetleri çizelgesinden C, 1 t/m^2 alınmıştır.)

$= (W_1 + W_2).10 = (216 + 192).10 = 4080$ kN

- Kaydırmaya çalışan kuvvetler

$P_A = 762,30$ kN

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (kayma)}$ = (Kaymaya karşı koyan kuvvetler) / (Kaydırmaya çalışan kuvvetler)

$G_{s\ (kayma)} = 4080 / 762,30 = 5,35 > 1,5$

Temel Orta Noktasına Göre Taban Basıncı Tahkiki;

$P_A = N/F + M_o/w$ ve $P_B = N/F - M_o/w$ şeklinde bulunur.

F= Taban Kesit Alanı = 8.1 = 8 m^2

W= Taban mukavemet momenti = $b.h^2/6 = 1.8^2/6 = 10,67$ m^3

$N = (W_1 + W_2) = (216 + 192) = 408$ kN

$M_o = P_A.z - W_1.(4-0,45) = 762,30x3,67 – 216.3,55 = 2030,84$ kN.m

$P_A = N/F + M_o/w = 408/8 + 2030,84/10,67 = 241,33$ kN/m^2

$P_B = N/F - M_o/w = 408/8 – 2030,84/10,67 = -139,33$ kN/m^2

6.3.2.3 TİP-3 istinat duvarı için

$K_a = tg^2(45 - 5/2) = 0,84$

$P_A = (15.0,84.(16,20)^2) / 2 = 1653,37$ kN/m

$z = H/3 = 16,20/3 = 5,40$ m

$W_1 = 1,40.15.24 = 504$ kN

$W_2 = 12.1,20.24 = 345,60$ kN

A Noktasına Göre Devrilme Tahkiki;

- Devirmeye karşı koyan momentler

$W_1.(12-1,20/2) + W_2.(12/2) = 504.11,40+345,60.6 = 7819,20$ kN.m

- Devirmeye çalışan momentler

$P_A.z = 1653,37.5,40 = 8928,20$ kN.m

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (devrilme)}$ = (Devirmeye karşı koyan momentler) / (Devirmeye çalışan momentler)

$G_{s\ (devrilme)} = 7819,20 / 8928,20 = 0,88 < 2$ (Kohezyonlu zeminler için)

Kayma Tahkiki;

- Kaymaya karşı koyan kuvvetler

(Tabana etkiyen düşey kuvvetler)x C = ∑N.C (Taban zemininin kohezif mukavemetleri çizelgesinden C, 1 t/m^2 alınmıştır.)

$= (W_1 + W_2).C = (504 + 345,60).10 = 8496$ kN

- Kaydırmaya çalışan kuvvetler

$P_A = 1653,37$ kN

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (kayma)}$ = (Kaymaya karşı koyan kuvvetler) / (Kaydırmaya çalışan kuvvetler)

$G_{s\ (kayma)} = 8496 / 1653,37 = 5,14 > 1,5$

Temel Orta Noktasına Göre Taban Basıncı Tahkiki;

$P_A = N/F + M_o/w$ ve $P_B = N/F - M_o/w$ şeklinde bulunur.

F= Taban Kesit Alanı = 12.1 = 12 m^2

W= Taban mukavemet momenti = $b.h^2/6 = 1.12^2/6 = 24\ m^3$

$N = (W_1 + W_2) = (504 + 345,60) = 849,60$ kN

$M_o = P_A.z - W_1.(6-0,60) = 1653,37x5,40 – 504.5,40 = 6206,60$ kN.m

$P_A = N/F + M_o/w = 849,60/12 + 6206,60/24 = 329,41$ kN/m^2

$P_B = N/F - M_o/w = 849,60/12 – 6206,60/24 = -187,81$ kN/m^2

6.3.2.4 TİP-4 istinat duvarı için

$K_a = tg^2(45- 5/2) = 0,84$

$P_A = (15.0,84.(21,50)^2) / 2 = 2912,18$ kN/m

$z = H/3 = 21,50/3 = 7,17$ m

$W_1 = 2.20.24 = 960$ kN

$W_2 = 16.1,50.24 = 576$ kN

A Noktasına Göre Devrilme Tahkiki;

- Devirmeye karşı koyan momentler

$W_1.(16-2/2) + W_2.(16/2) = 960.15+576.8 = 19008$ kN.m

- Devirmeye çalışan momentler

$P_A.z = 2912,18.7,17 = 20880,33$ kN.m

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (devrilme)}$ = (Devirmeye karşı koyan momentler) / (Devirmeye çalışan momentler)

$G_{s\ (devrilme)} = 19008 / 20880,33 = 0,91 < 2$ (Kohezyonlu zeminler için)

Kayma Tahkiki;

- Kaymaya karşı koyan kuvvetler

(Tabana etkiyen düşey kuvvetler)x C = ∑N.C (Taban zemininin kohezif mukavemetleri çizelgesinden C, 1 t/m^2 alınmıştır.)

$= (W_1 + W_2).C = (960 + 576).10 = 15360$ kN

- Kaydırmaya çalışan kuvvetler

$P_A = 2912,18$ kN

- Güvenlik Sayısının Bulunması

$G_{s\ (kayma)}$ = (Kaymaya karşı koyan kuvvetler) / (Kaydırmaya çalışan kuvvetler)

$G_{s\ (kayma)}$ = 15360 / 2912,18 = 5,27 > 1,5

Temel Orta Noktasına Göre Taban Basıncı Tahkiki;

$P_A = N/F + M_o/w$ ve $P_B = N/F - M_o/w$ şeklinde bulunur.

F= Taban Kesit Alanı = 16.1 = 16 m^2

W= Taban mukavemet momenti = $b.h^2/6 = 1.16^2/6 = 42,67\ m^3$

$N = (W_1 + W_2) = (960 + 576) = 1536$ kN

$M_o = P_A.z - W_1.(8-1) = 2912,18x7,17 – 960.7 = 14160,33$ kN.m

$P_A = N/F + M_o/w = 1536/16 + 14160,33/42,67 = 427,86\ kN/m^2$

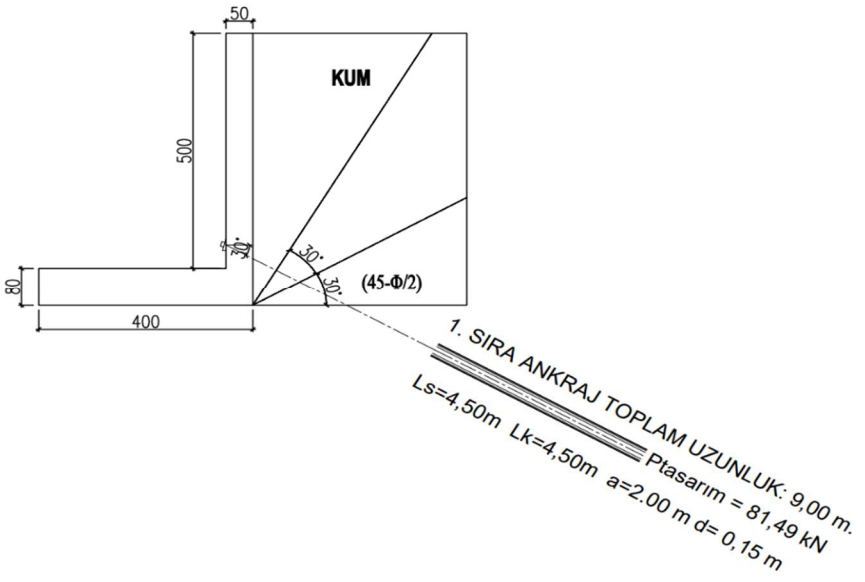
$P_B = N/F - M_o/w = 1536/16 - 14160,33/42,67 = -235,86\ kN/m^2$

6.4 Seçilen Verilere Göre Ankraj Boyları, Kök Taşıma Kapasiteleri, Sıyrılma Ve Çekme Tahkiklerinin Elle Hesaplanması

Yapılacak ankrajların boyları (ankraj serbest uzunluğu ve kök uzunluğu), zemin türüne bağlı olarak kök taşıma kapasite hesapları, kök taşıma kapasiteye göre sıyrılma hesapları ve çekme tahkikleri elle hesaplanmıştır:

6.4.1 Kumlu zemin etkisinde olması durumunda

6.4.1.1 TİP-1 istinat duvarı için



Şekil 6.6 : TİP-1 istinat duvarı kumlu zeminde ankraj tasarımı.

- Kohezyonsuz zeminlerde kök taşıma gücü hesabı;

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,15 m

L_o= kök boyu = 4,5 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (6,65+9)/2 = 7,83 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30°

$F = \pi.0,15.4,5.17.7,83.\tan(30°) = 162,97$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 162,97 / 2 = 81,49$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı;

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 162,97 / 1 = 162,97$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri;

$E_{\alpha;d} = \gamma_A. F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci;

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 162,97 / 1,40 = 116,41$ kN

Güvenlik Sayısı;

$GS_\alpha = F / F_t = 162,97 / 50 = 3,26$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN < $R_{\alpha;d} = 116,41$ kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0{,}00019359.1770 = 0{,}34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı;

$R_t = n.\ F_u = 3.342{,}65 = 1027{,}95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

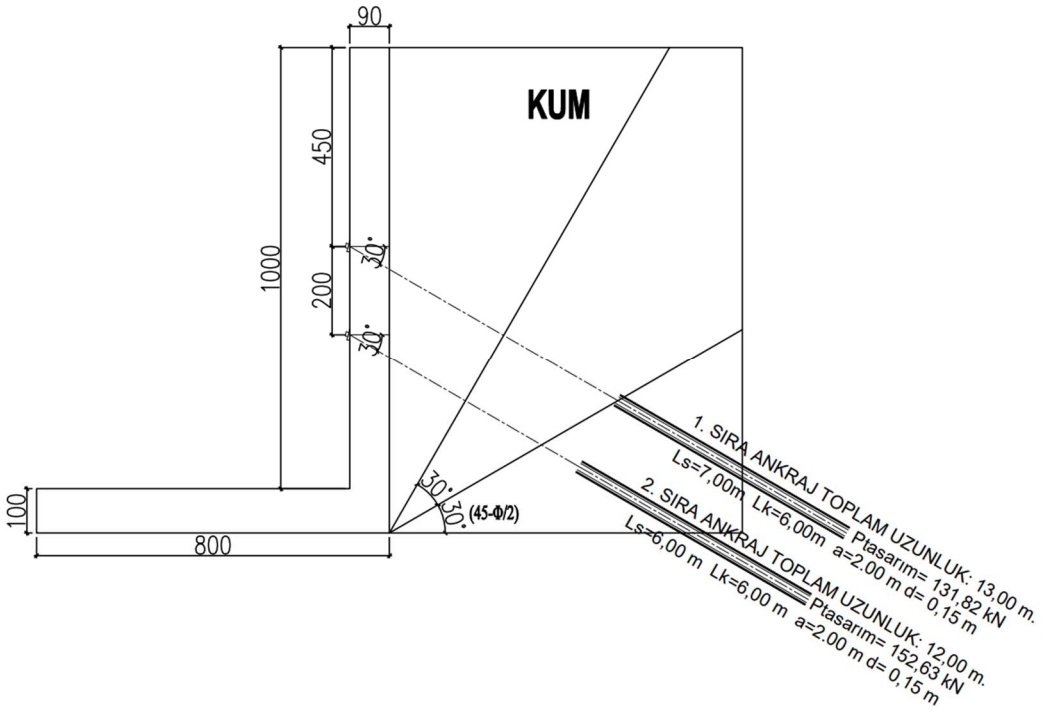
$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027{,}95 / 1{,}40 = 734{,}25$ kN

Güvenlik Sayısı;

$GS_t = R_t / F_t = 1027{,}95 / 50 = 20{,}56$

$E_{\alpha;d} = 67{,}50$ kN $\leq R_{t;d} = 734{,}25$ kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

6.4.1.2 TİP-2 istinat duvarı için



Şekil 6.7 : TİP-2 istinat duvarı kumlu zeminde ankraj tasarımı.

1. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,15 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (8+11)/2 = 9,5 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

F = π.0,15.6.17.9,5.tan(30^0) = 263,64 kN

$P_{tasarım}$ = F / G_s = 263,64 / 2 = 131,82 kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

T_k=F/ ξ = 263,64 / 1 = 263,64 kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t$ = 1,35.50 = 67,50 kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R$ = 263,64 / 1,40 = 188,31 kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t$ = 263,64 / 50 = 5,27

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN < $R_{\alpha;d}$ = 188,31 kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4$ = $\pi.(15,7)^2 / 4$ = 193,59 mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u$ = 0,00019359.1770 = 0,34265 MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95 kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $\leq R_{t;d} = 734,25$ kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

2. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,15 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (9,5+12,5)/2 = 11 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

$F = \pi.0,15.6.17.11.\tan(30^0) = 305,26$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 305,26 / 2 = 152,63$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 305,26 / 1 = 305,26$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri $F_t = 50$ kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör $\gamma_A = 1,35$,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör $\gamma_R = 1,40$

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 305,26 / 1,40 = 218,04$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 305,26 / 50 = 6,11$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN < $R_{\alpha;d}$ = 218,04 kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

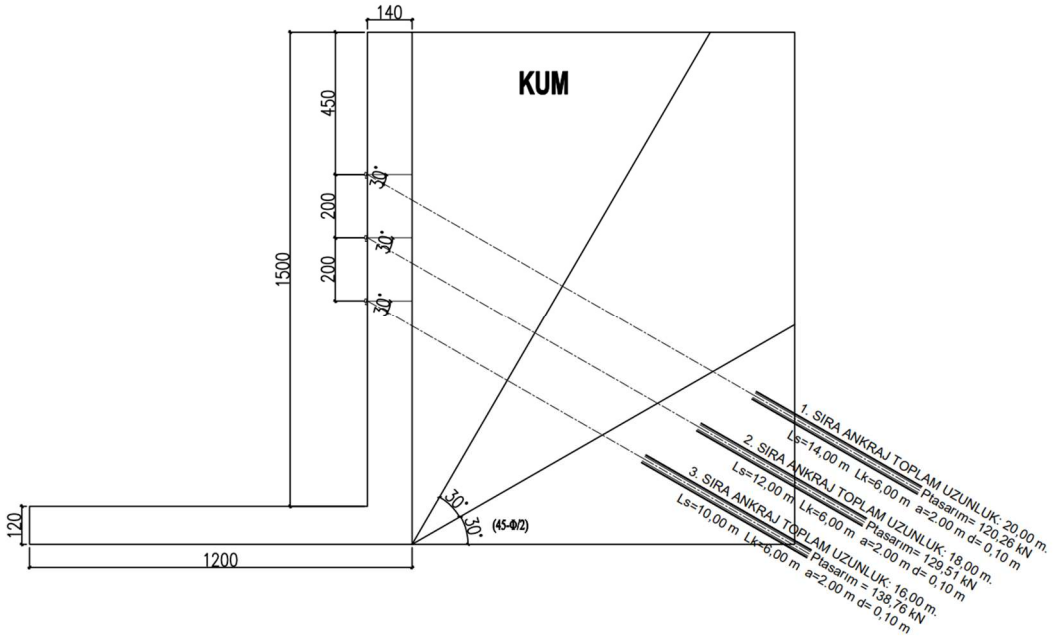
$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN $\leq$ $R_{t;d}$ = 734,25 kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

6.4.1.3 TİP-3 istinat duvarı için



Şekil 6.8 : TİP-3 istinat duvarı kumlu zeminde ankraj tasarımı.

1. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,10 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (11,5+14,5)/2 = 13 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

$F = \pi.0,10.6.17.13.\tan(30^0) = 240,51$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 240,51 / 2 = 120,26$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 240,51 / 1 = 240,51$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A. F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 240,51 / 1,40 = 171,79$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 240,51 / 50 = 4,81$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN < $R_{\alpha;d} = 171,79$ kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0{,}00019359.1770 = 0{,}34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n.\ F_u = 3.342{,}65 = 1027{,}95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027{,}95 / 1{,}40 = 734{,}25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027{,}95 / 50 = 20{,}56$

$E_{\alpha;d} = 67{,}50$ kN $\leq R_{t;d} = 734{,}25$ kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

2. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,10 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (12,5+15,5)/2 = 14 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

$F = \pi.0{,}10.6.17.14.\tan(30^0) = 259{,}01$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 259{,}01 / 2 = 129{,}51$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\ \xi = 259{,}01 / 1 = 259{,}01$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 259,01 / 1,40 = 185,01$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 259,01 / 50 = 5,18$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $< R_{\alpha;d} = 185,01$ kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN $= 342,65$ kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $\leq R_{t;d} = 734,25$ kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

3. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,10 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (13,5+16,5)/2 = 15 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

$F = \pi.0,10.6.17.15.\tan(30^0) = 277,51$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 277,51 / 2 = 138,76$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k = F / \xi = 277,51 / 1 = 277,51$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri $F_t = 50$ kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör $\gamma_A = 1,35$,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör $\gamma_R = 1,40$

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 277,51 / 1,40 = 198,22$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 277,51 / 50 = 5,55$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $< R_{\alpha;d} = 198,22$ kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN $= 342,65$ kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

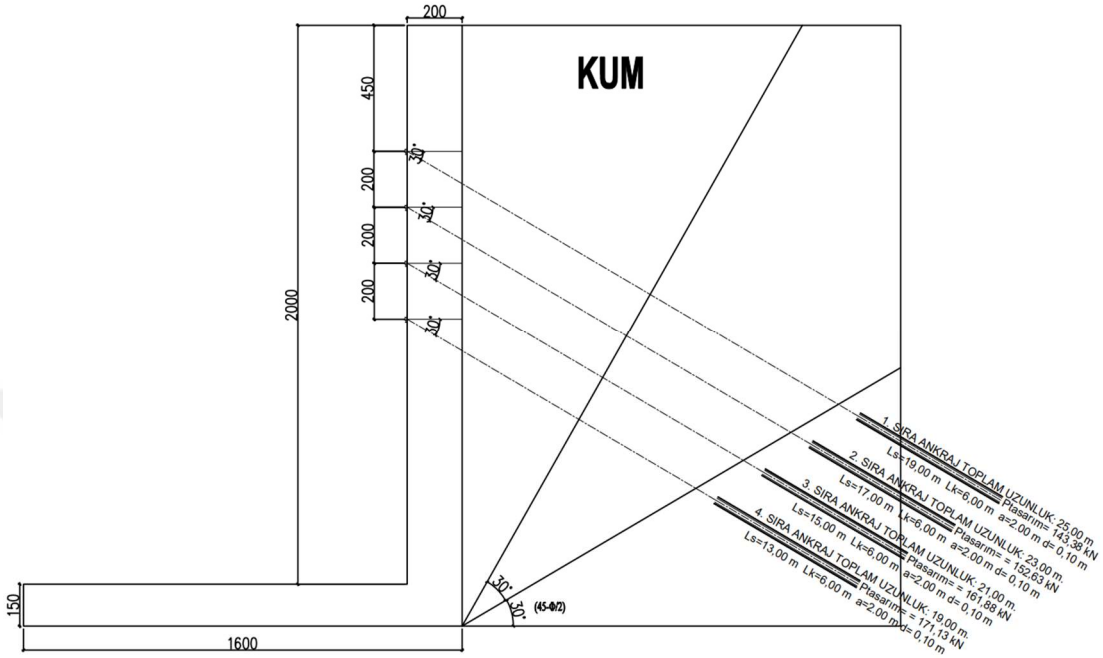
$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $\leq R_{t;d} = 734,25$ kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

6.4.1.4 TİP-4 istinat duvarı için



Şekil 6.9 : TİP-4 istinat duvarı kumlu zeminde ankraj tasarımı.

1. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,10 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (14+17)/2 = 15,50 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

$F = \pi.0,10.6.17.15,50.\tan(30^0) = 286,76$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 286,76 / 2 = 143,38$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 286,76 / 1 = 286,76$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 286,76 / 1,40 = 204,83$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 286,76 / 50 = 5,74$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN < $R_{\alpha;d}$ = 204,83 kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN $\leq$ $R_{t;d}$ = 734,25 kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

2. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,10 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (15+18)/2 = 16,50 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

F = π.0,10.6.17.16,50.tan(30^0) = 305,26 kN

$P_{tasarım}$ = F / G_s = 305,26 / 2 = 152,63 kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

T_k=F/ ξ = 305,26 / 1 = 305,26 kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d}$ = γ_A. F_t = 1,35.50 = 67,50 kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d}$ = T_k / γ_R = 305,26 / 1,40 = 218,04 kN

Güvenlik Sayısı,

GS_α = F / F_t = 305,26 / 50 = 6,11

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN < $R_{\alpha;d}$ = 218,04 kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

A_1 = π.(d_1)^2 / 4 = π.(15,7)^2 / 4 = 193,59 mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265 MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $\leq R_{t;d} = 734,25$ kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

3. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,10 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (16+19)/2 = 17,50 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

$F = \pi.0,10.6.17.17,50.\tan(30^0) = 323,76$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 323,76 / 2 = 161,88$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 323,76 / 1 = 323,76$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri $F_t = 50$ kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör $\gamma_A = 1,35$,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör $\gamma_R = 1,40$

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A. F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 323,76 / 1,40 = 231,26$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 323,76 / 50 = 6,48$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN < $R_{\alpha;d} = 231,26$ kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $\leq R_{t;d} = 734,25$ kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

4. Sıra Ankraj İçin;

- Kohezyonsuz Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.\gamma.h.\tan(\Phi)$

d= kök çapı = 0,10 m

L_o= kök boyu = 6 m

γ = zemin birim hacim ağırlığı = 17 kN/m^3

h = ankraj kök bölgesinin yüzeyden ortalama derinliği = (17+20)/2 = 18,50 m

Φ = zemin içsel sürtünme açısı = 30^0

$F = \pi.0,10.6.17.18,50.\tan(30^0) = 342,26$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 342,26 / 2 = 171,13$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k = F/\xi = 342,26 / 1 = 342,26$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse $\xi=1$ alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri $F_t = 50$ kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör $\gamma_A = 1,35$,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör $\gamma_R = 1,40$

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 342,26 / 1,40 = 244,47$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 342,26 / 50 = 6,85$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $< R_{\alpha;d} = 244,47$ kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterlidir.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN $= 342,65$ kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

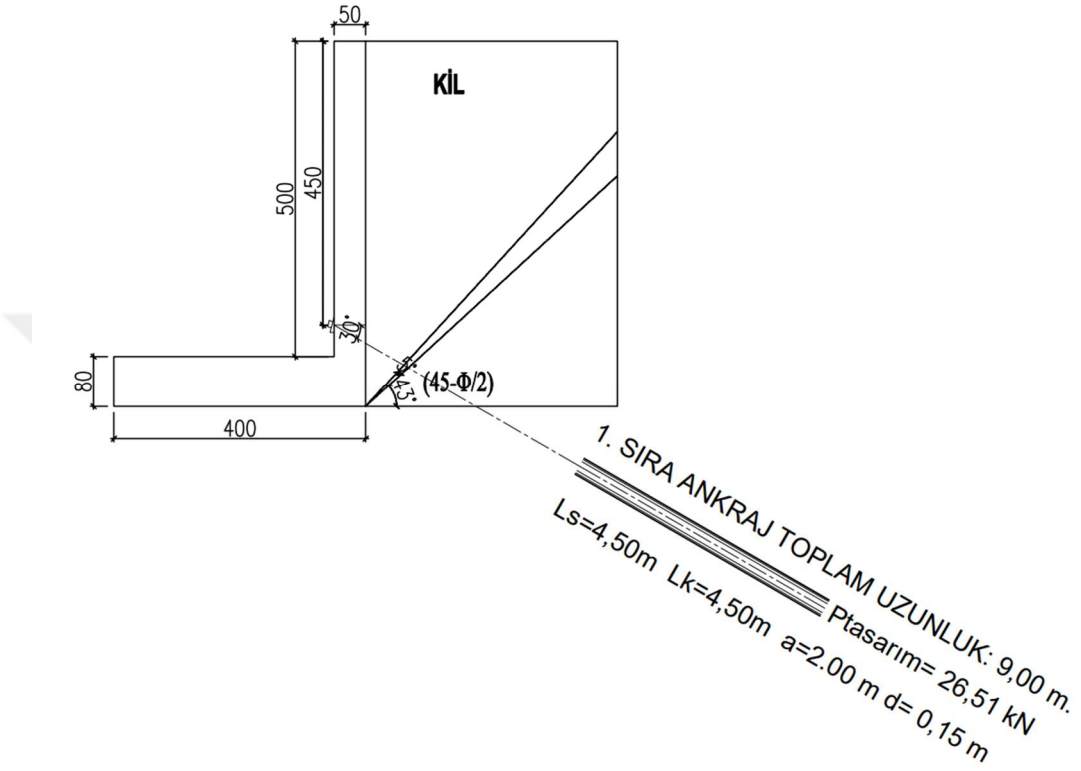
Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d} = 67,50$ kN $\leq R_{t;d} = 734,25$ kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

6.4.2 Killi zemin etkisinde olması durumunda

6.4.2.1 TİP-1 istinat duvarı için



Şekil 6.10 : TİP-1 istinat duvarı killi zeminde ankraj tasarımı.

- Kohezyonlu Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.c_\alpha$

d= kök çapı = 0,15 m

L_o= kök boyu = 4,5 m

c_α : Adezyon (Genel olarak 2/3cu - 0.50cu) = 0,5.50 = 25 kPa

$F = \pi.0,15.4,5.25 = 53,01$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 53,01 / 2 = 26,51$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 53,01 / 1 = 53,01$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 53,01 / 1,40 = 37,86$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 53,01 / 50 = 1,06$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN > $R_{\alpha;d}$ = 37,86 kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterli değil.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

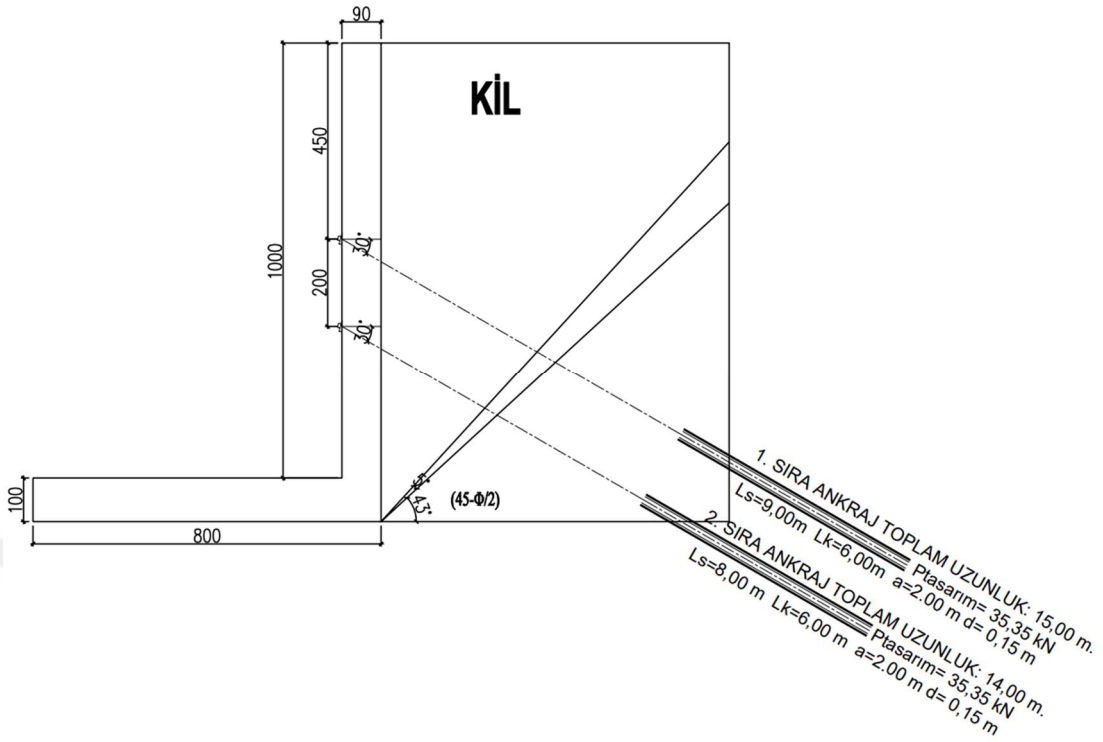
$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN $\leq$ $R_{t;d}$ = 734,25 kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

6.4.2.2 TİP-2 istinat duvarı için



Şekil 6.11 : TİP-2 istinat duvarı killi zeminde ankraj tasarımı.

1. Sıra Ve 2. Sıra Ankrajlar İçin;

- Kohezyonlu Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.c_\alpha$

d= kök çapı = 0,15 m

L_o= kök boyu = 6 m

c_α : Adezyon (Genel olarak 2/3cu - 0.50cu) = 0,5.50 = 25 kPa

$F = \pi.0,15.6.25 = 70,69$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 70,69 / 2 = 35,35$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 70,69 / 1 = 70,69$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse $\xi=1$ alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 70,69 / 1,40 = 50,49$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 70,69 / 50 = 1,41$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN > $R_{\alpha;d}$ = 50,49 kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterli değil.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

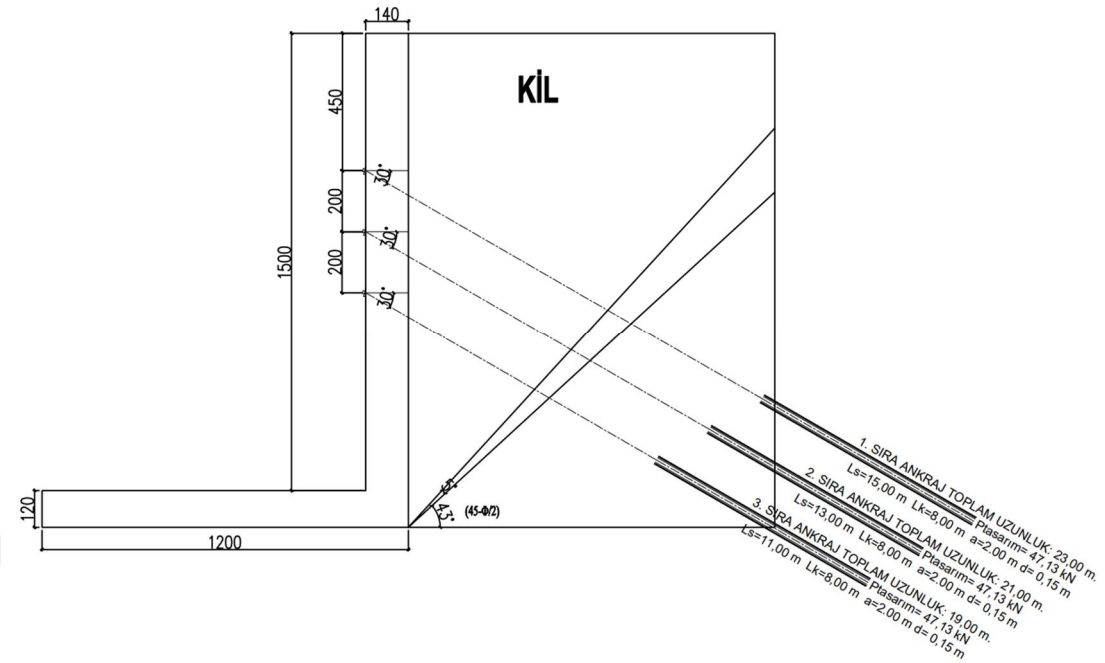
$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN $\leq$ $R_{t;d}$ = 734,25 kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

6.4.2.3 TİP-3 istinat duvarı için



Şekil 6.12 : TİP-3 istinat duvarı killi zeminde ankraj tasarımı.

1. Sıra, 2. Sıra Ve 3. Sıra Ankrajlar İçin;

- Kohezyonlu Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.c_\alpha$

d= kök çapı = 0,15 m

L_o= kök boyu = 8 m

c_α : Adezyon (Genel olarak 2/3cu - 0.50cu) = 0,5.50 = 25 kPa

$F = \pi.0,15.8.25 = 94,25$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 94,25 / 2 = 47,13$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 94,25 / 1 = 94,25$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse ξ=1 alınır.

- 50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;

Ankraj tesiri F_t = 50 kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör γ_A = 1,35,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 94,25 / 1,40 = 67,32$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 94,25 / 50 = 1,89$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN > $R_{\alpha;d}$ = 67,32 kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterli değil.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

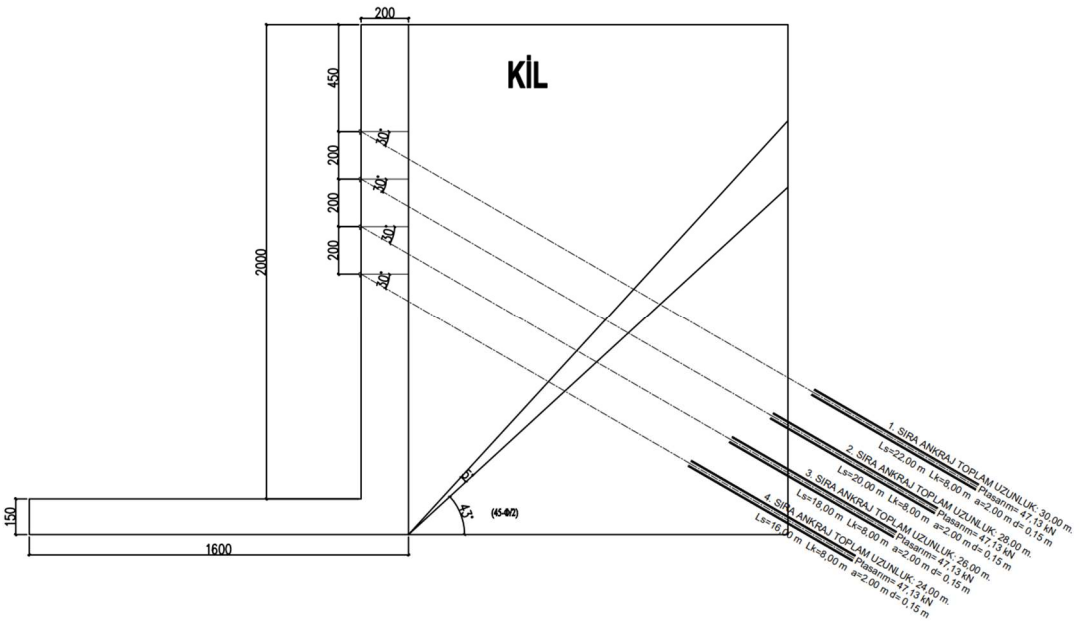
$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN $\leq$ $R_{t;d}$ = 734,25 kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

6.4.2.4 TİP-4 istinat duvarı için



Şekil 6.13 : TİP-4 istinat duvarı killi zeminde ankraj tasarımı.

1. Sıra, 2. Sıra, 3. Sıra Ve 4. Sıra Ankrajlar İçin;

- Kohezyonlu Zeminlerde Kök Taşıma Gücü Hesabı

$F=\pi.d.L_o.c_\alpha$

d= kök çapı = 0,15 m

L_o= kök boyu = 8 m

c_α : Adezyon (Genel olarak 2/3cu - 0.50cu) = 0,5.50 = 25 kPa

$F = \pi.0,15.8.25 = 94,25$ kN

$P_{tasarım} = F / G_s = 94,25 / 2 = 47,13$ kN

- Kök taşıma gücüne bağlı olarak ankrajın zeminden sıyrılma direnci hesabı

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi F olarak hesaplanmış olup ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi ise;

$T_k=F/\xi = 94,25 / 1 = 94,25$ kN

ξ = Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse $\xi=1$ alınır.

- <u>50 kN Ön Germe Kuvveti Etki Etmesi Durumunda;</u>

Ankraj tesiri $F_t = 50$ kN

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör $\gamma_A = 1,35$,

Dirençlere uygulanan kısmi faktör γ_R =1,40

Ankraj tasarım tesiri,

$E_{\alpha;d} = \gamma_A . F_t = 1,35.50 = 67,50$ kN

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$R_{\alpha;d} = T_k / \gamma_R = 94,25 / 1,40 = 67,32$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_\alpha = F / F_t = 94,25 / 50 = 1,89$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN > $R_{\alpha;d}$ = 67,32 kN olduğundan ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterli değil.

- Tendon çekme dayanım hesabı ;

d_1 : Bir tendonun nominal çapı = 15,7 mm

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı,

$A_1 = \pi.(d_1)^2 / 4 = \pi.(15,7)^2 / 4 = 193,59$ mm^2

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$F_u = A_1.f_u = 0,00019359.1770 = 0,34265$ MN = 342,65 kN

f_u : Tendonun nominal çekme kuvveti = 1770 MPa

Ankraj çekme dayanımı,

$R_t = n. F_u = 3.342,65 = 1027,95$ kN

n : Tendon sayısı = 3

Ankraj tasarım çekme dayanımı;

$R_{t;d} = R_t / \gamma_R = 1027,95 / 1,40 = 734,25$ kN

Güvenlik Sayısı,

$GS_t = R_t / F_t = 1027,95 / 50 = 20,56$

$E_{\alpha;d}$ = 67,50 kN $\leq$ $R_{t;d}$ = 734,25 kN olduğundan ankraj çekme dayanımı yeterlidir.

7. PLAXİS VE SLİDE PROGRAM ANALİZ SONUÇLARI

Analizlerde “Plaxis” ve “Slide” programları kullanılmıştır. İstinat tipi, zemin türü, ankrajlı olma durumuna göre hem statik hem de dinamik analiz yapılmıştır.

7.1 Plaxis Programı Analiz Sonuçları

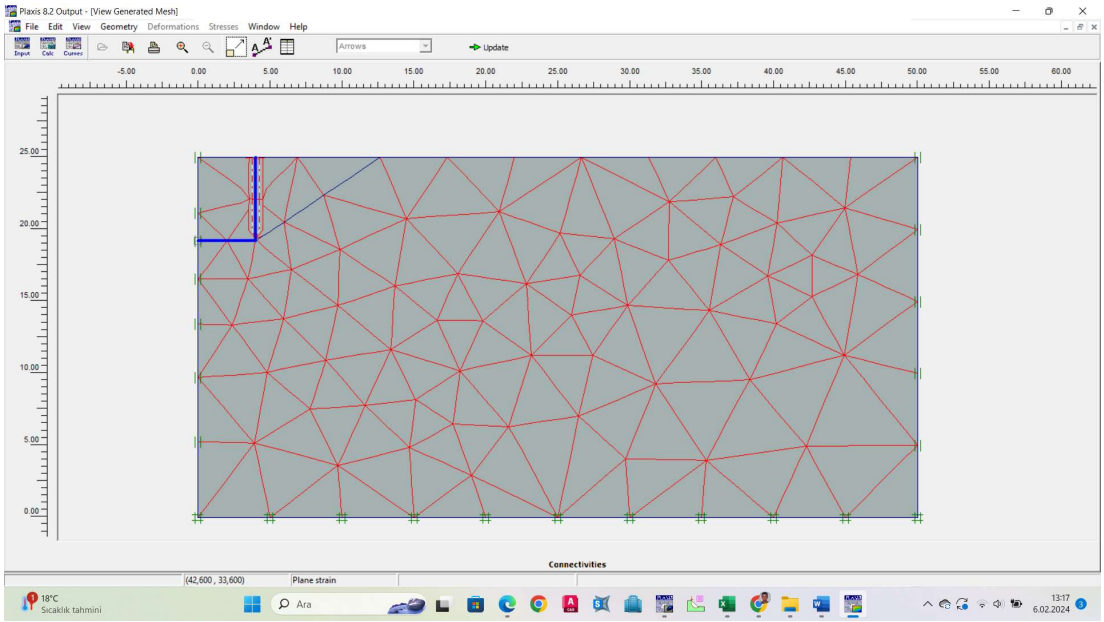
7.1.1 Statik analiz sonuçları

Sonuçlar, TİP-1, TİP-2, TİP-3 ve TİP-4 istinat duvarı olmak üzere dört başlık altında değerlendirilmiştir.

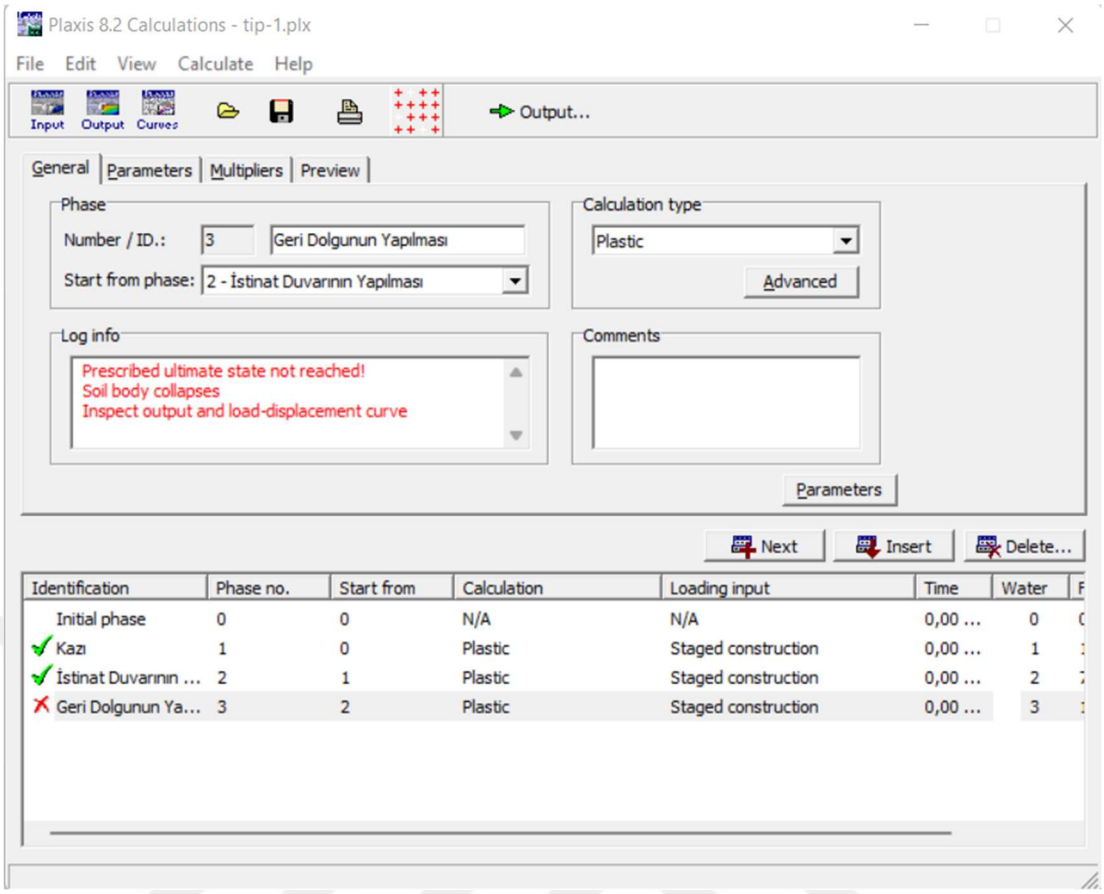
7.1.1.1 TİP-1 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

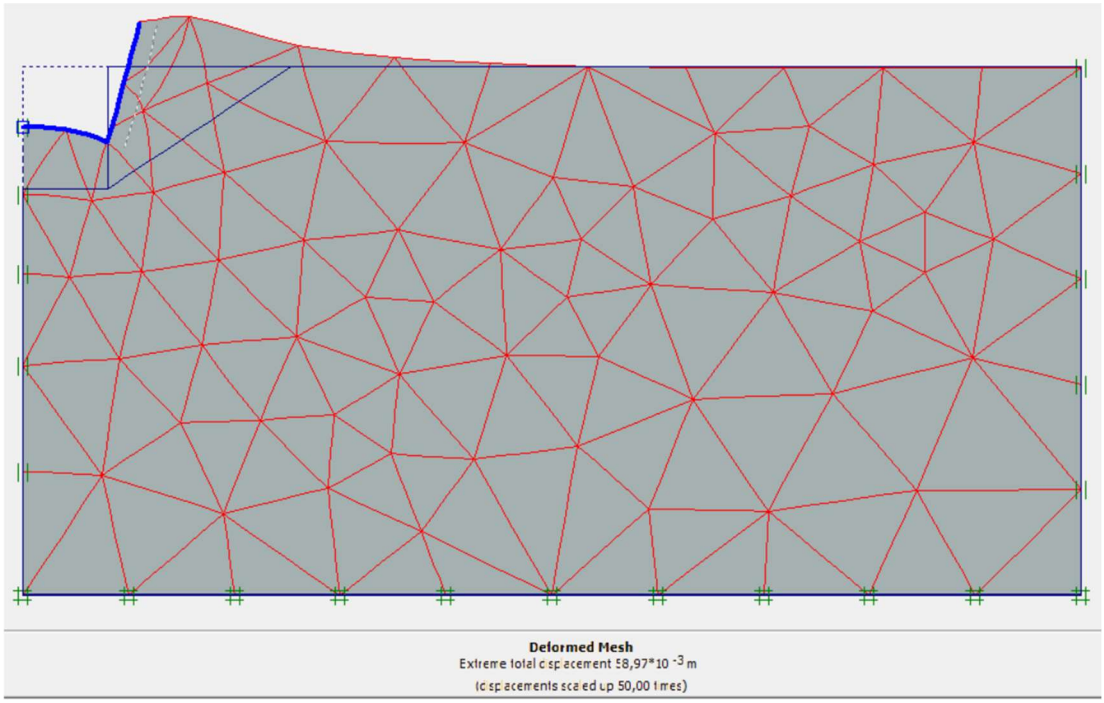
Ankrajsız kumlu zemin durumunda



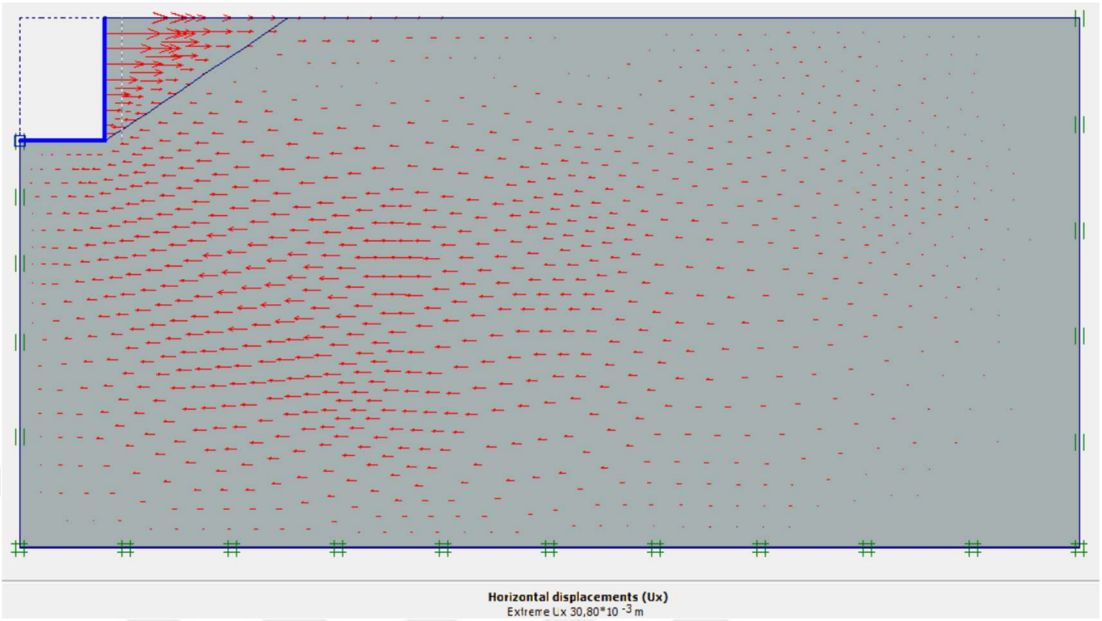
Şekil 7.1 : Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



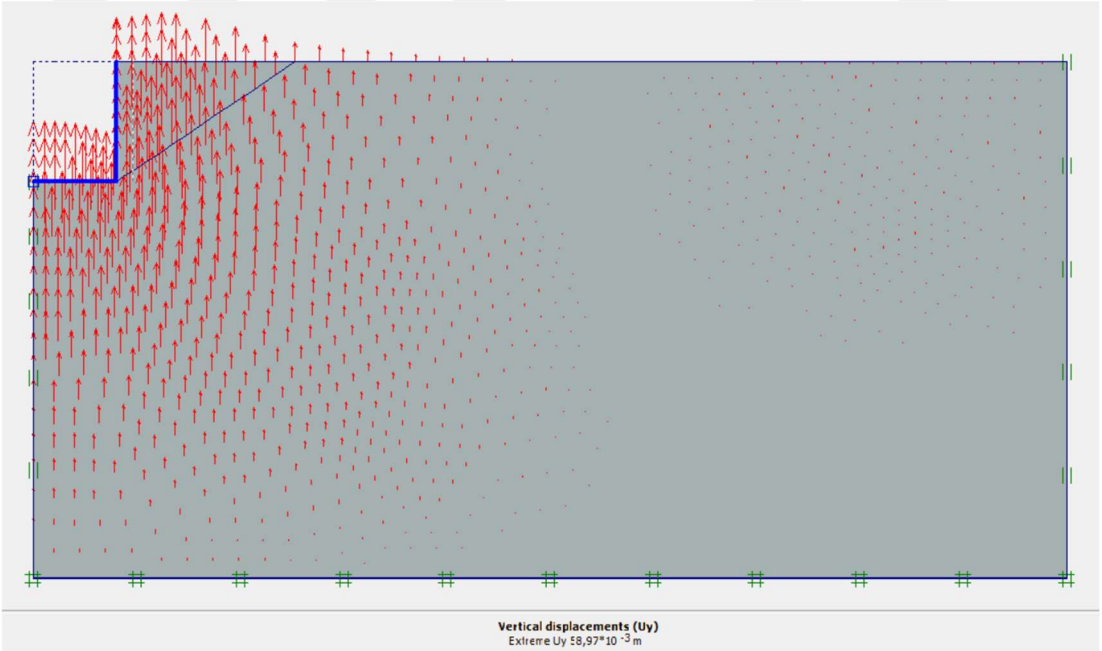
Şekil 7.2 : Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.3 : Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



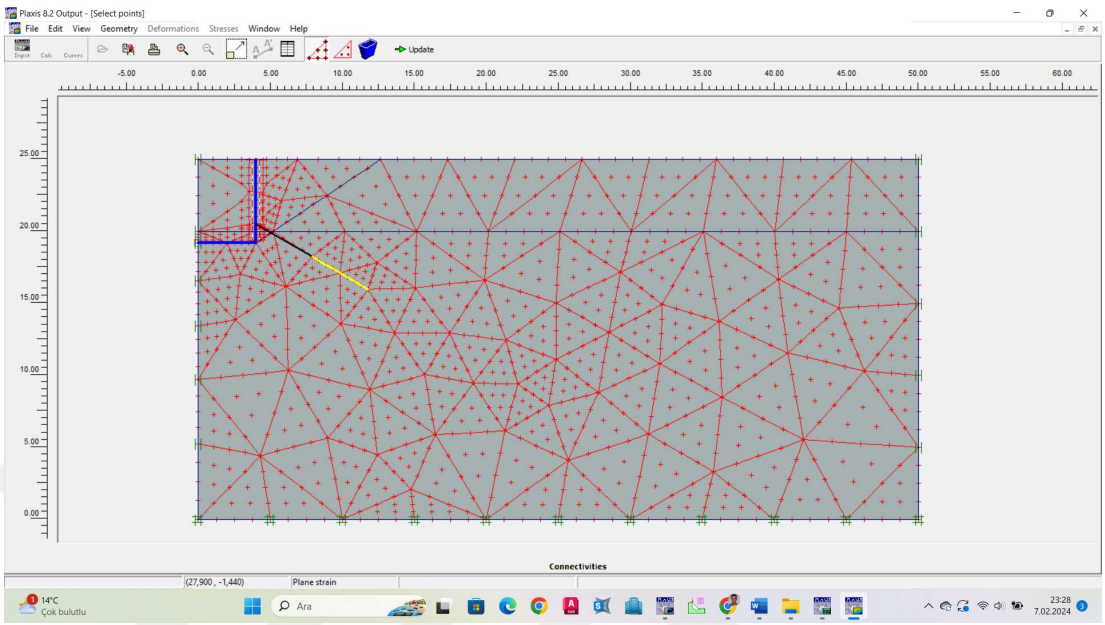
Şekil 7.4: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



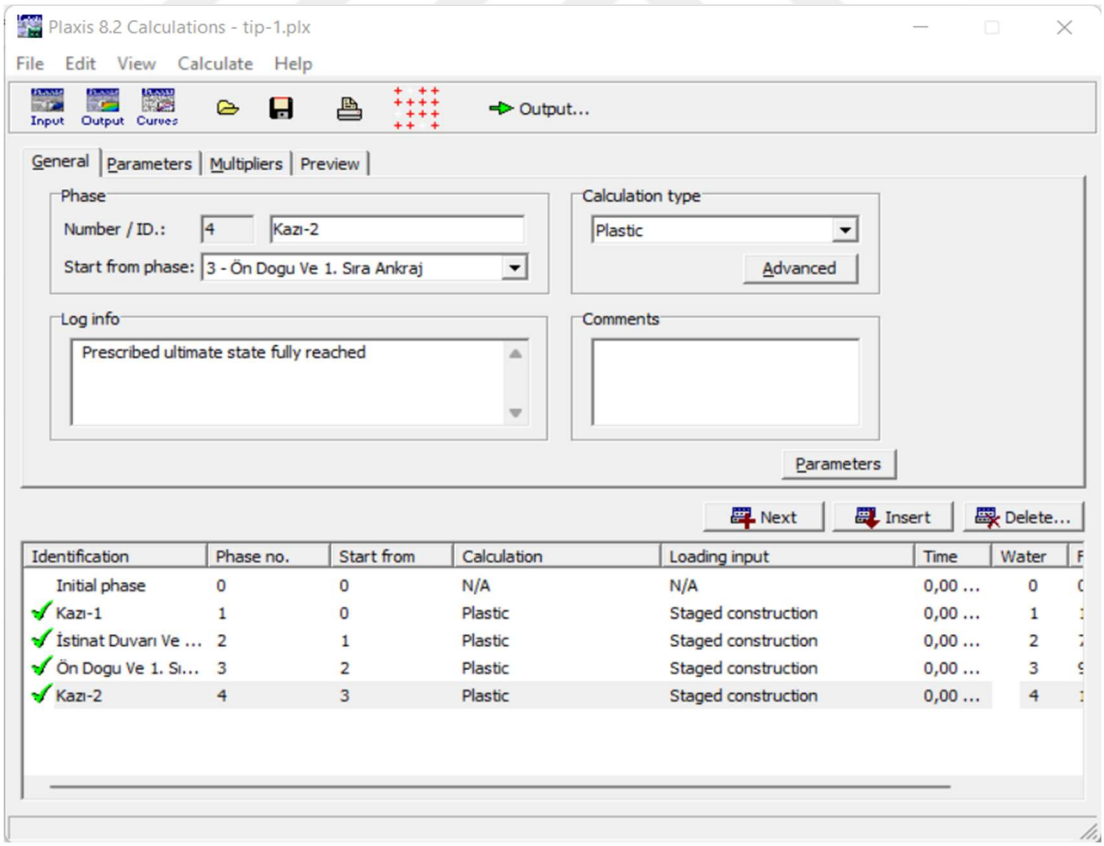
Şekil 7.5: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda

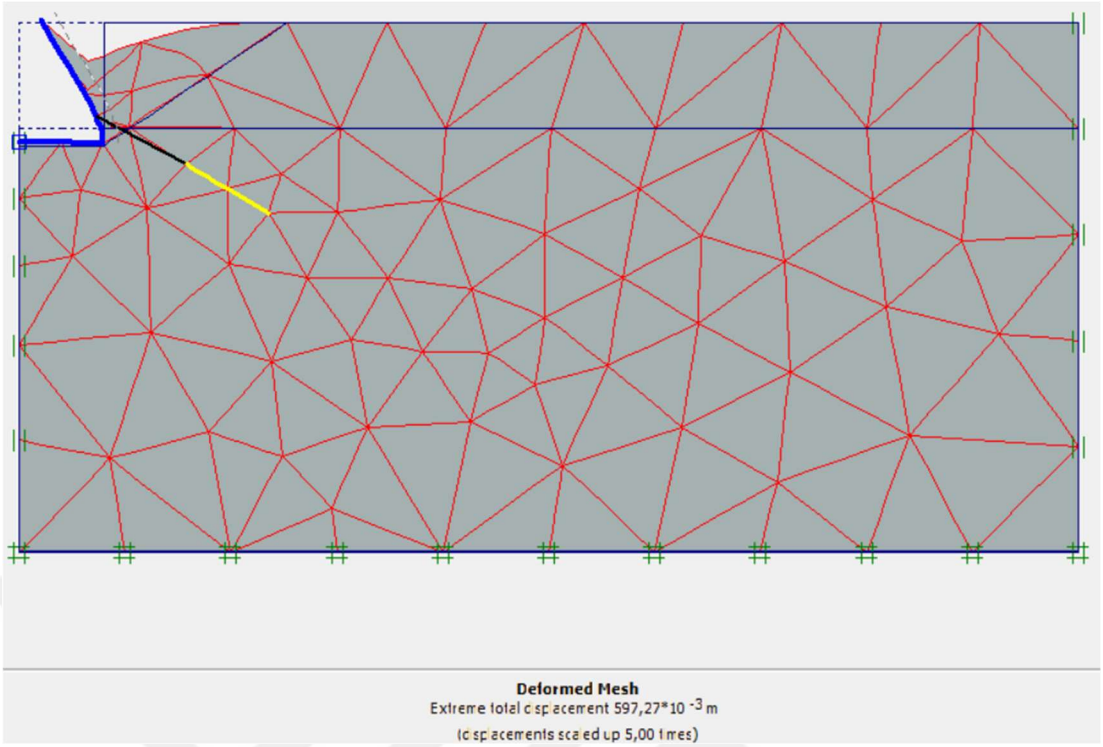
- Basit ankraj durumunda;



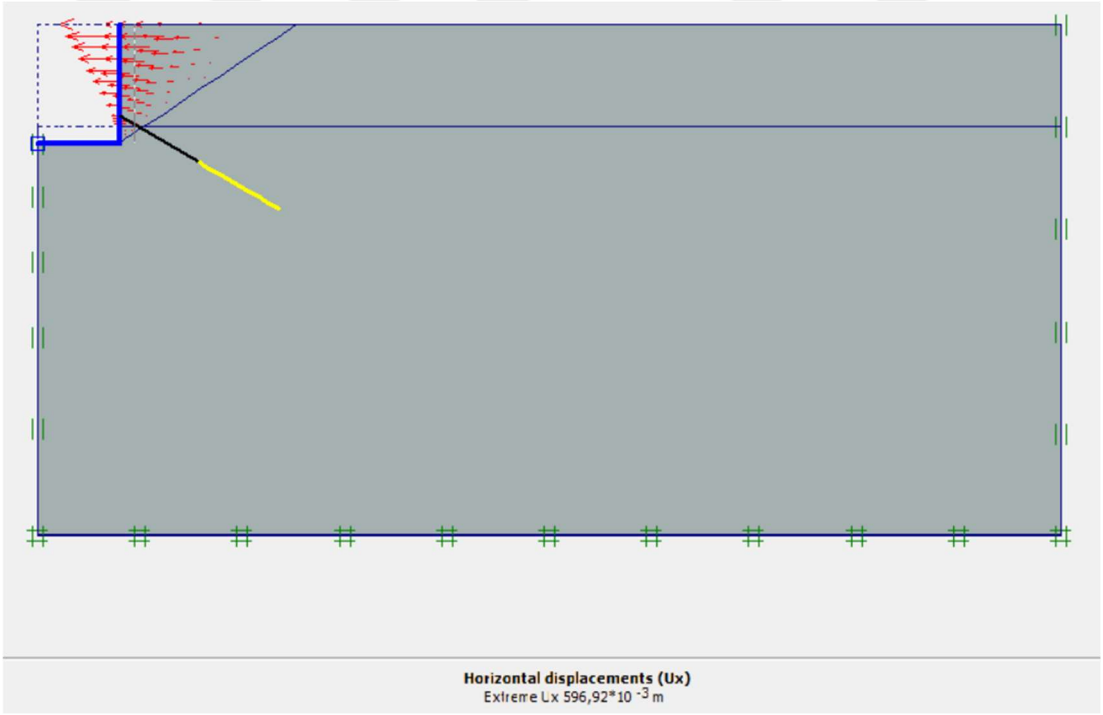
Şekil 7.6: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



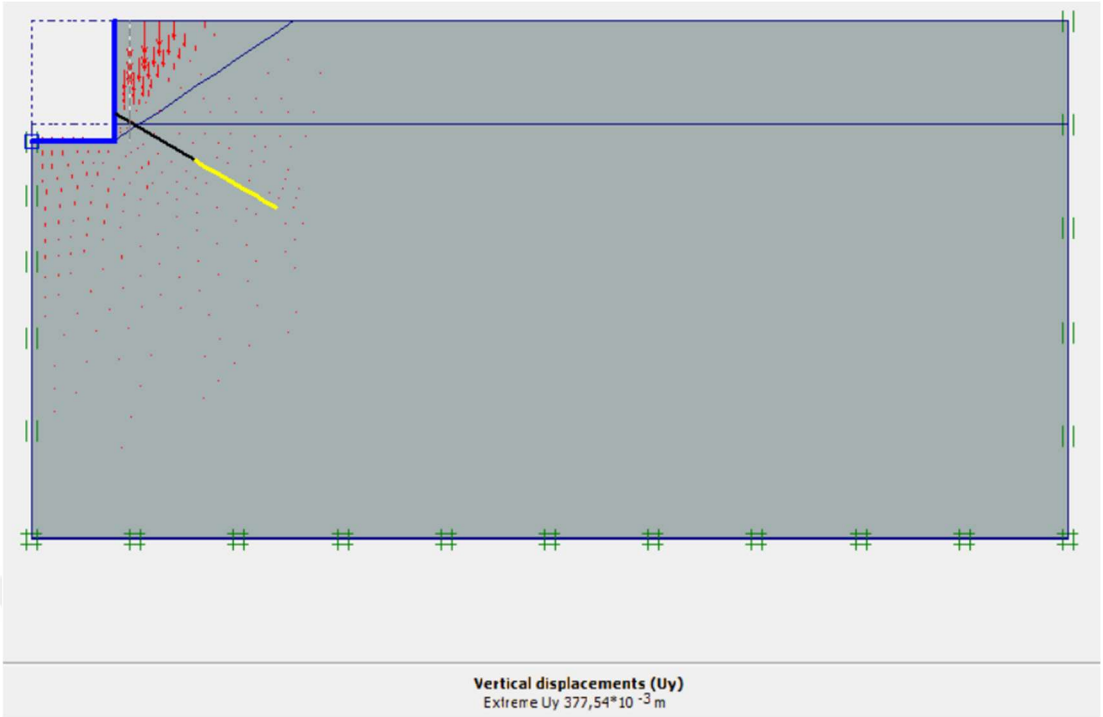
Şekil 7.7: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



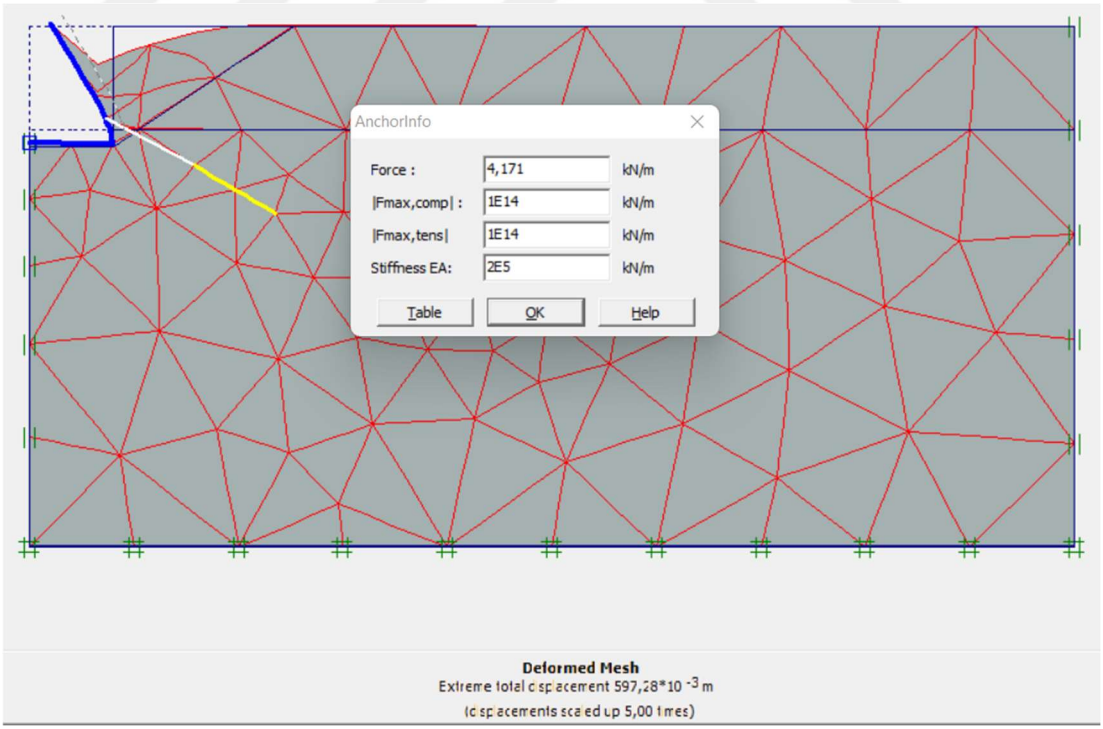
Şekil 7.8: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.9: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

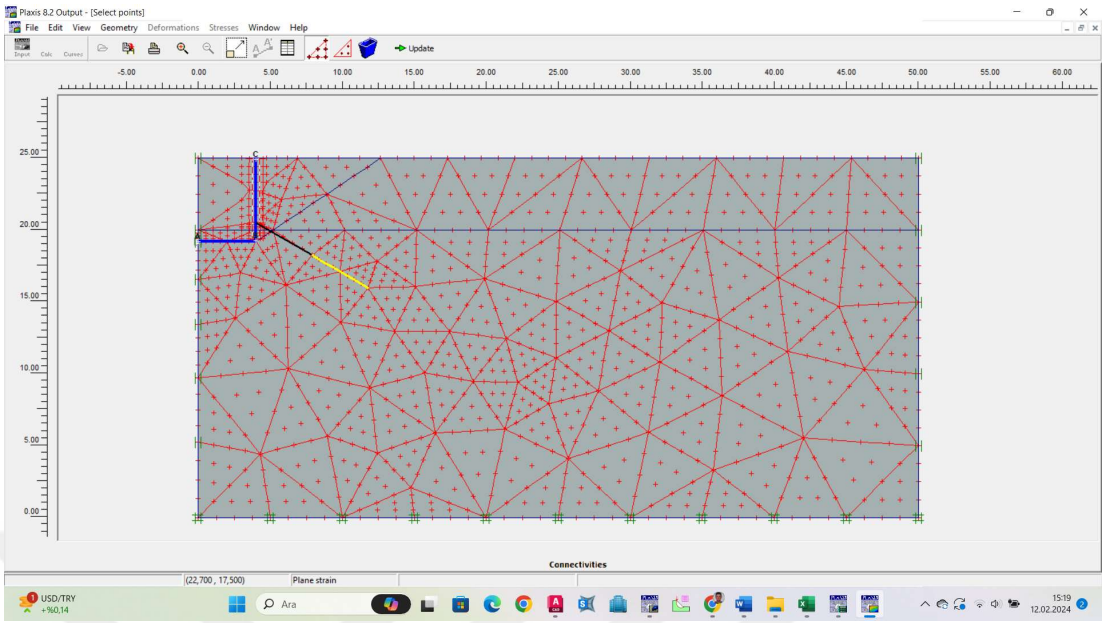


Şekil 7.10: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

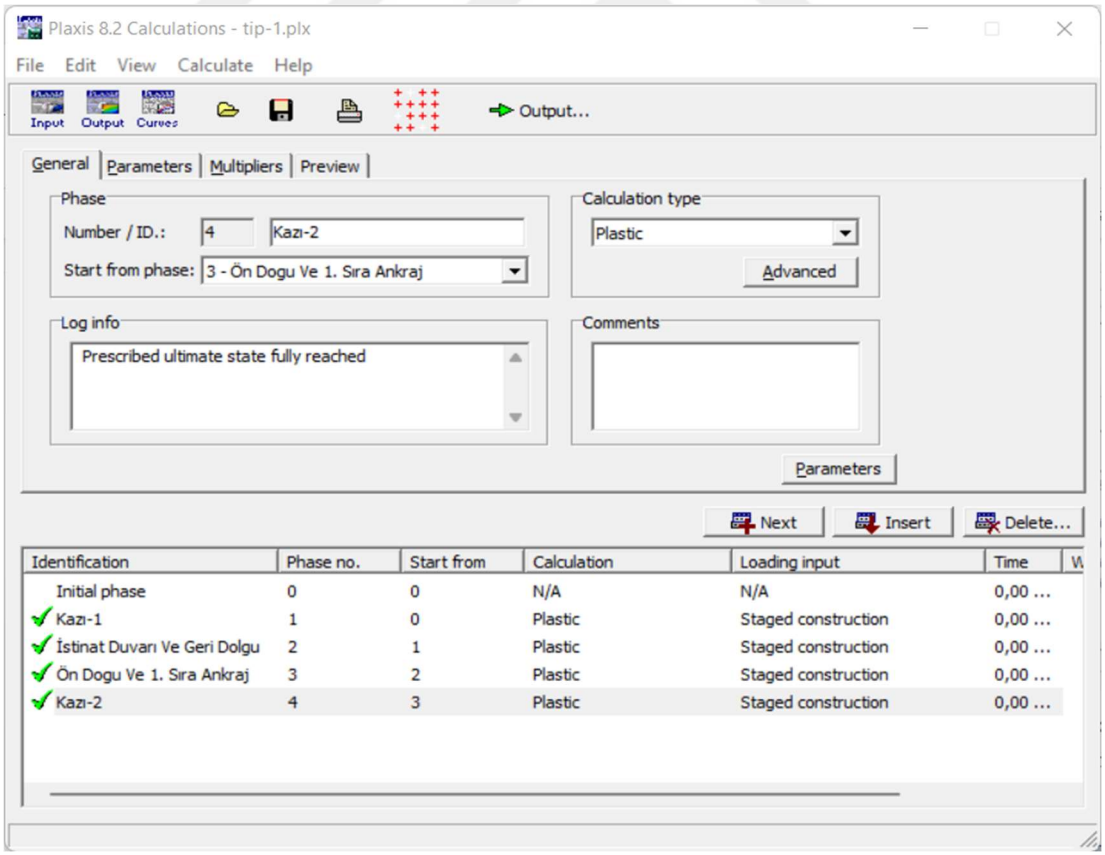


Şekil 7.11: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

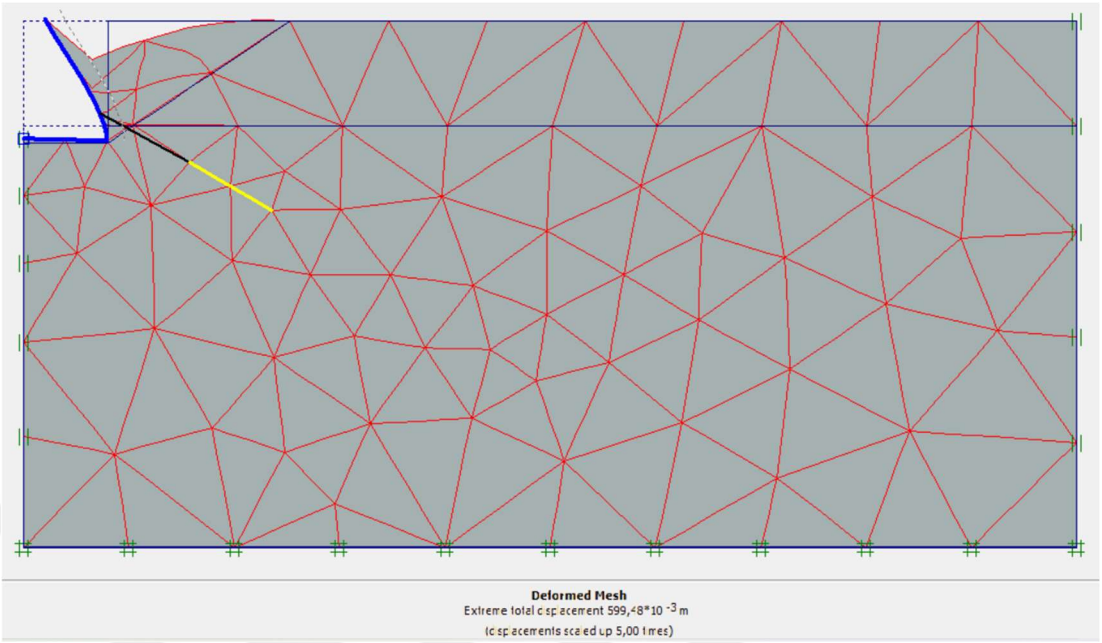
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



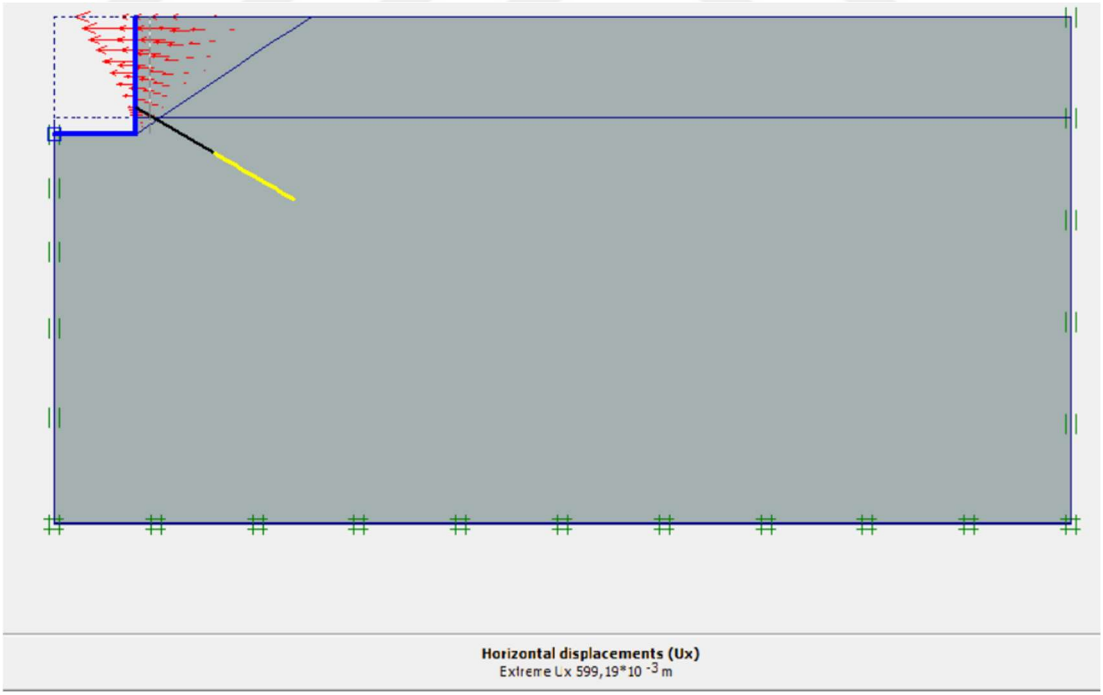
Şekil 7.12: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



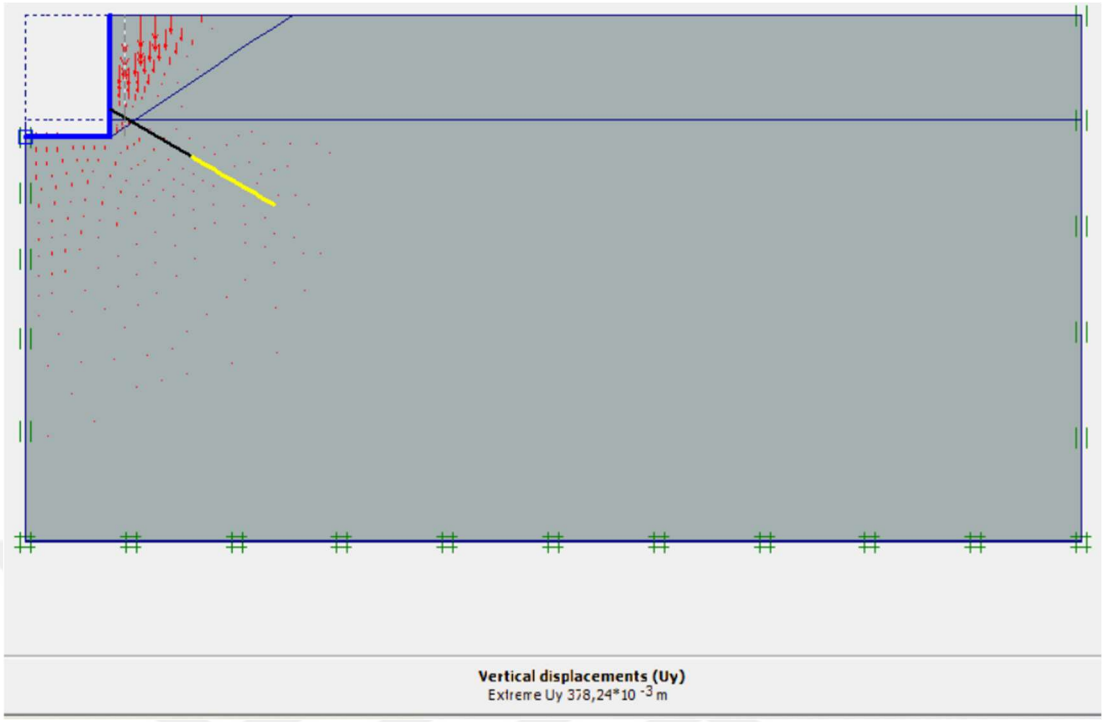
Şekil 7.13: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



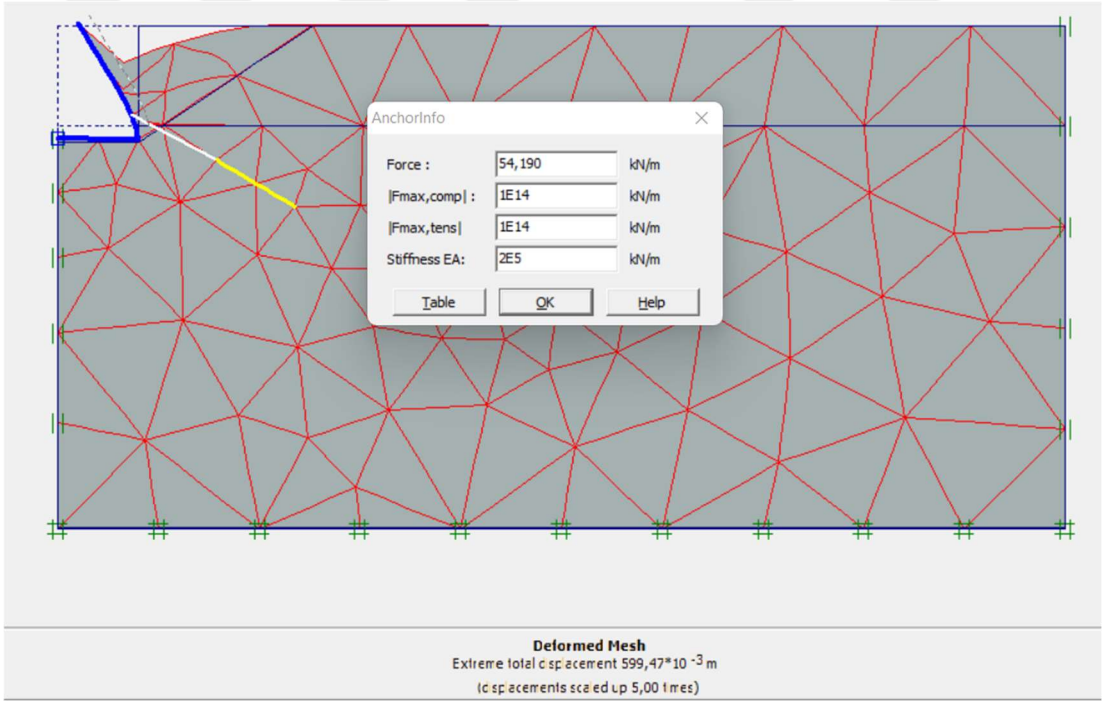
Şekil 7.14: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.15: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

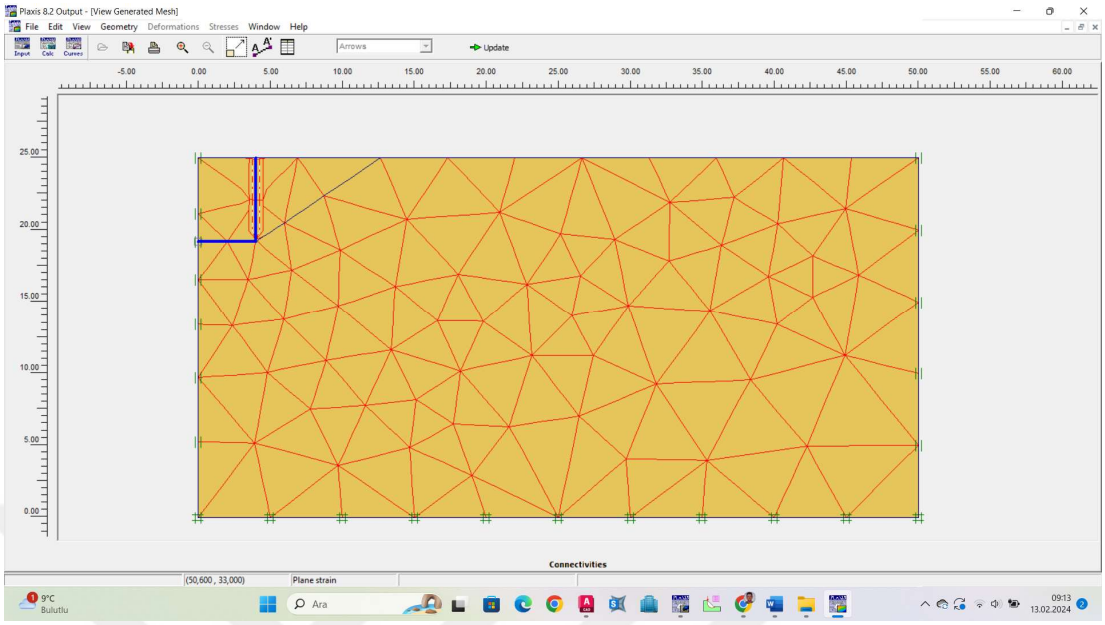


Şekil 7.16: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

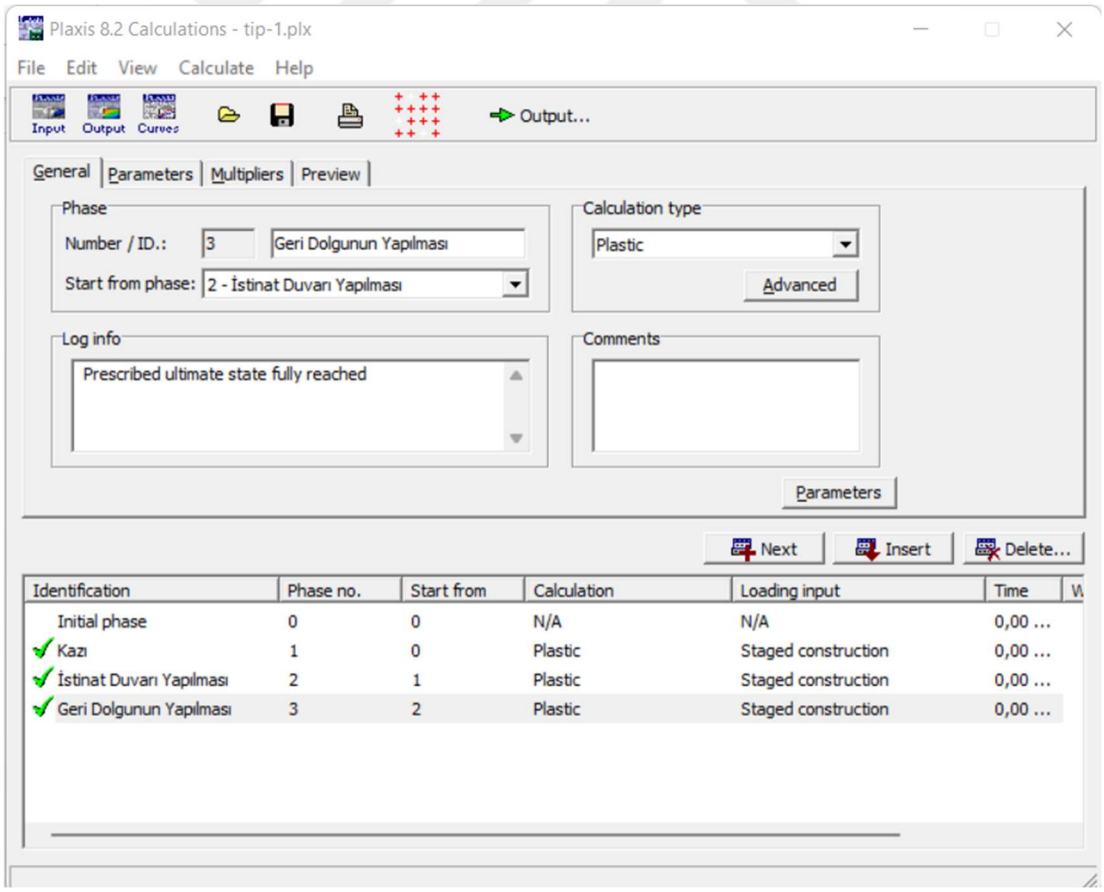


Şekil 7.17: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

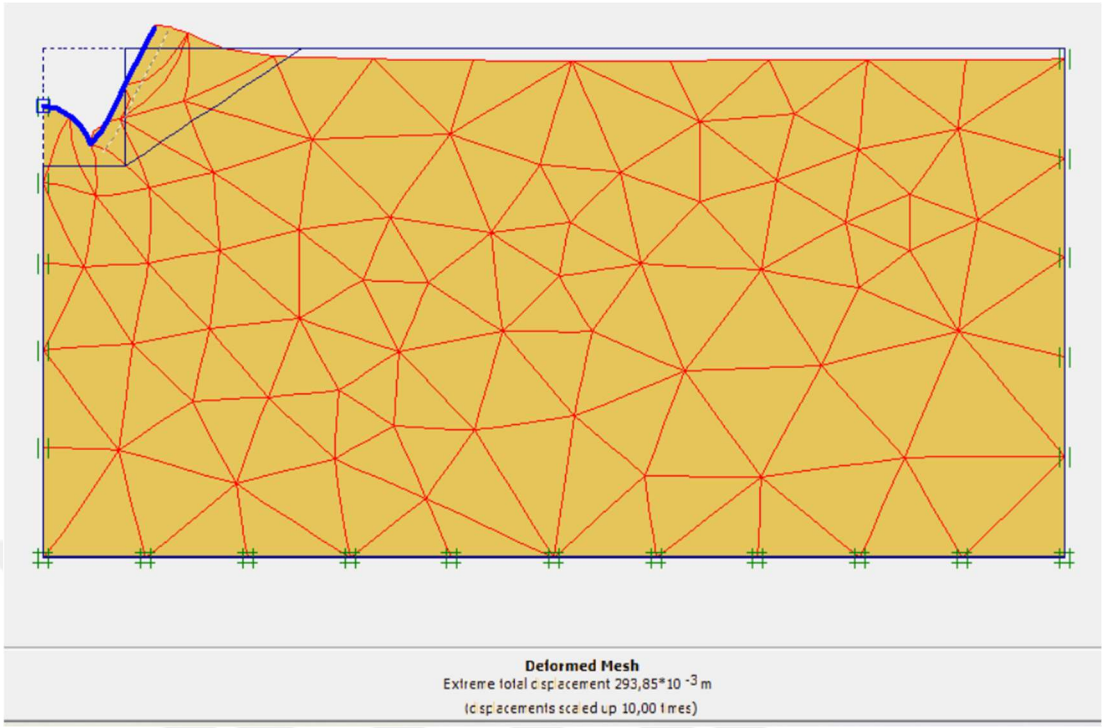
Ankrajsız killi zemin durumunda;



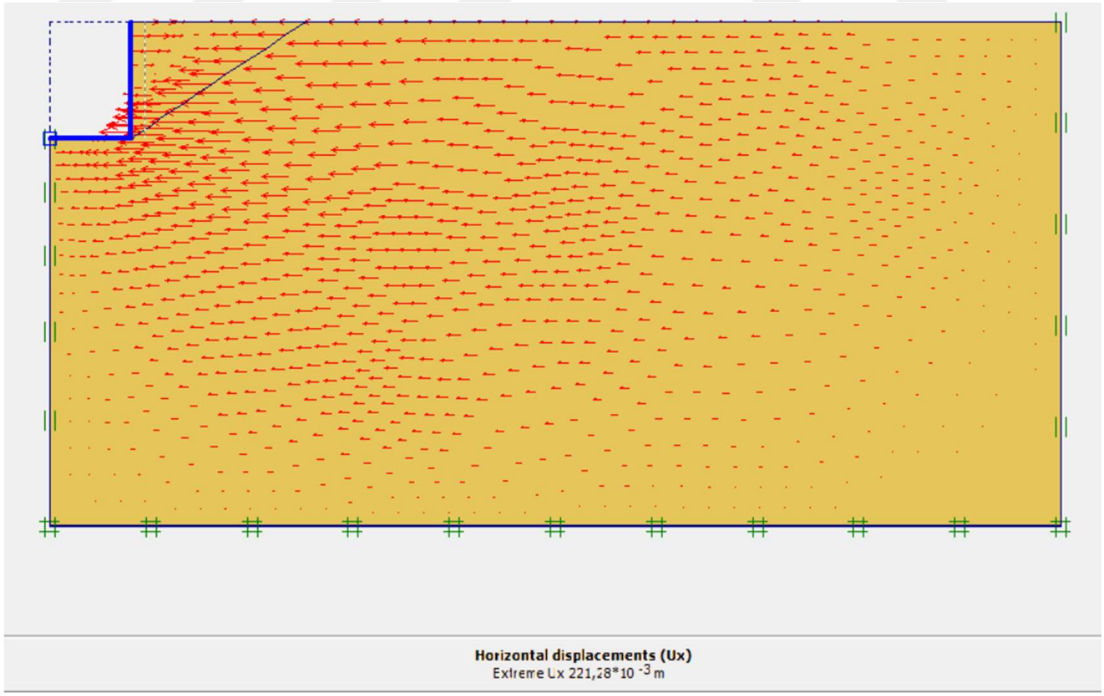
Şekil 7.18: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



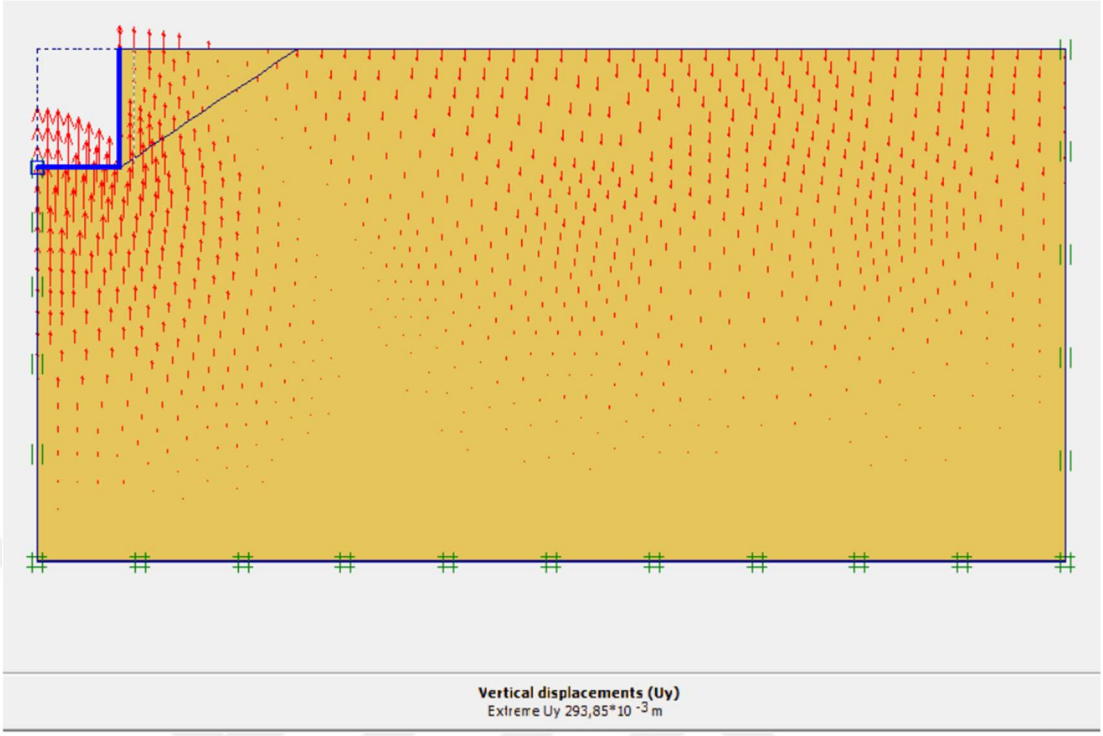
Şekil 7.19: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.20: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



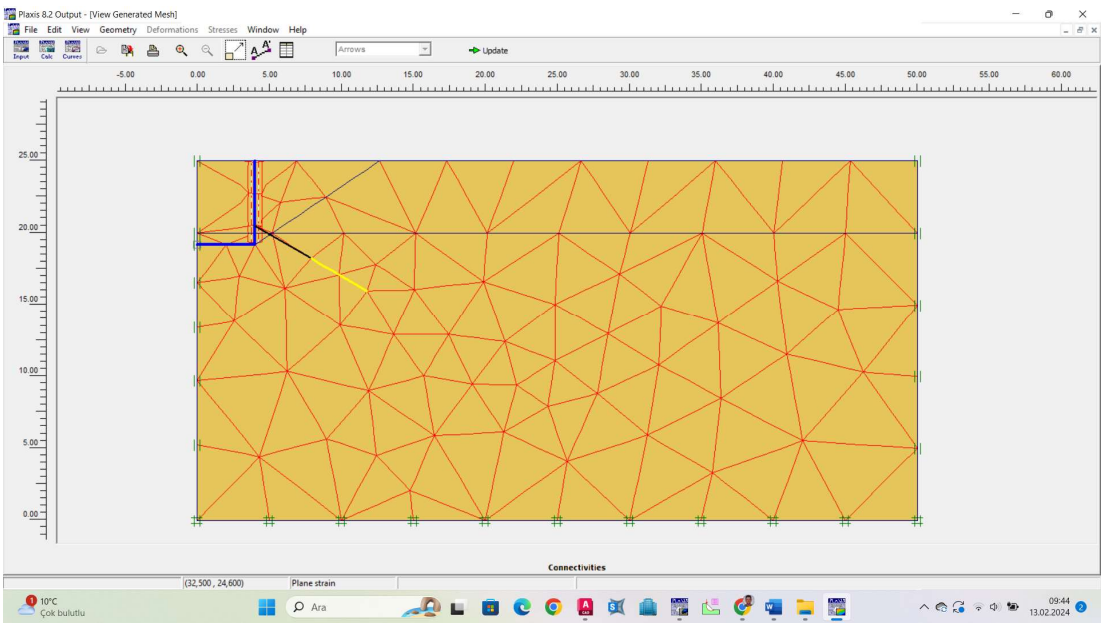
Şekil 7.21: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



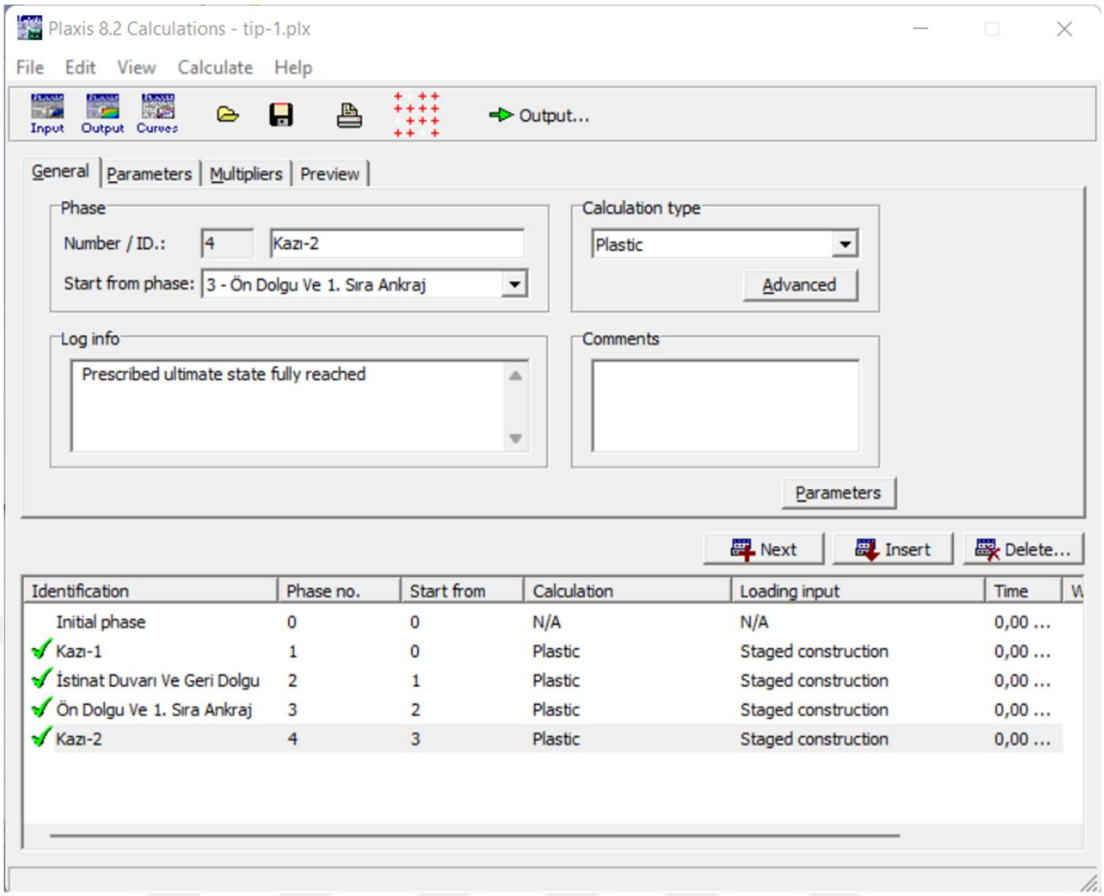
Şekil 7.22: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı Killi Zemin Durumunda;

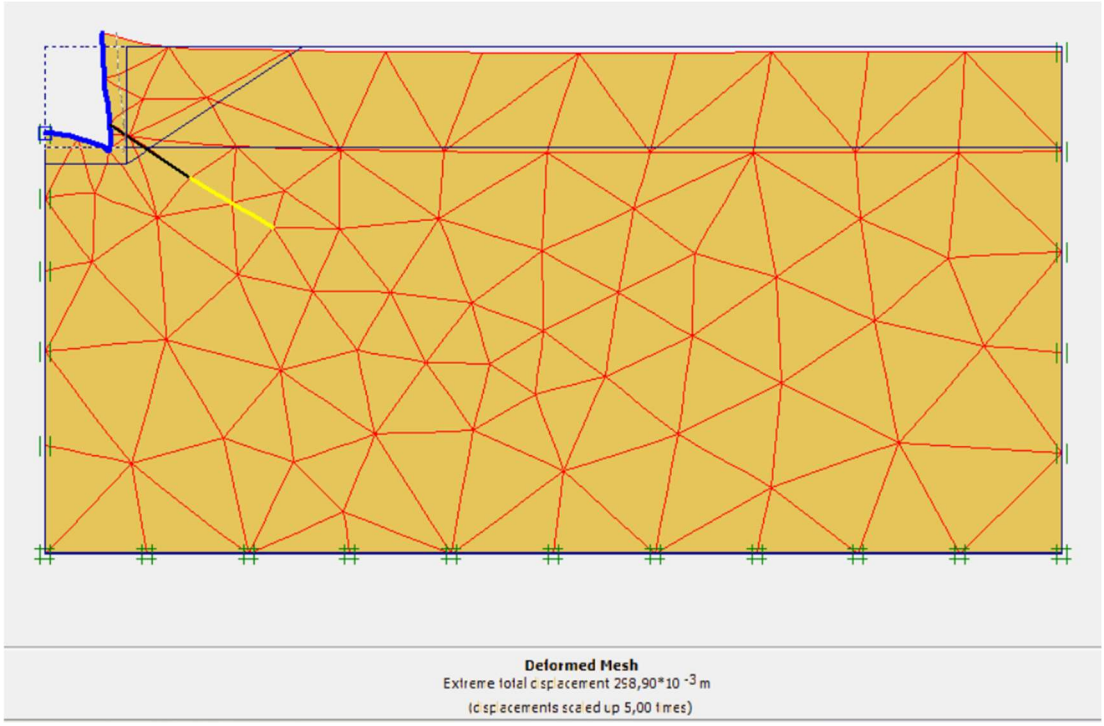
- Basit Ankraj Durumunda;



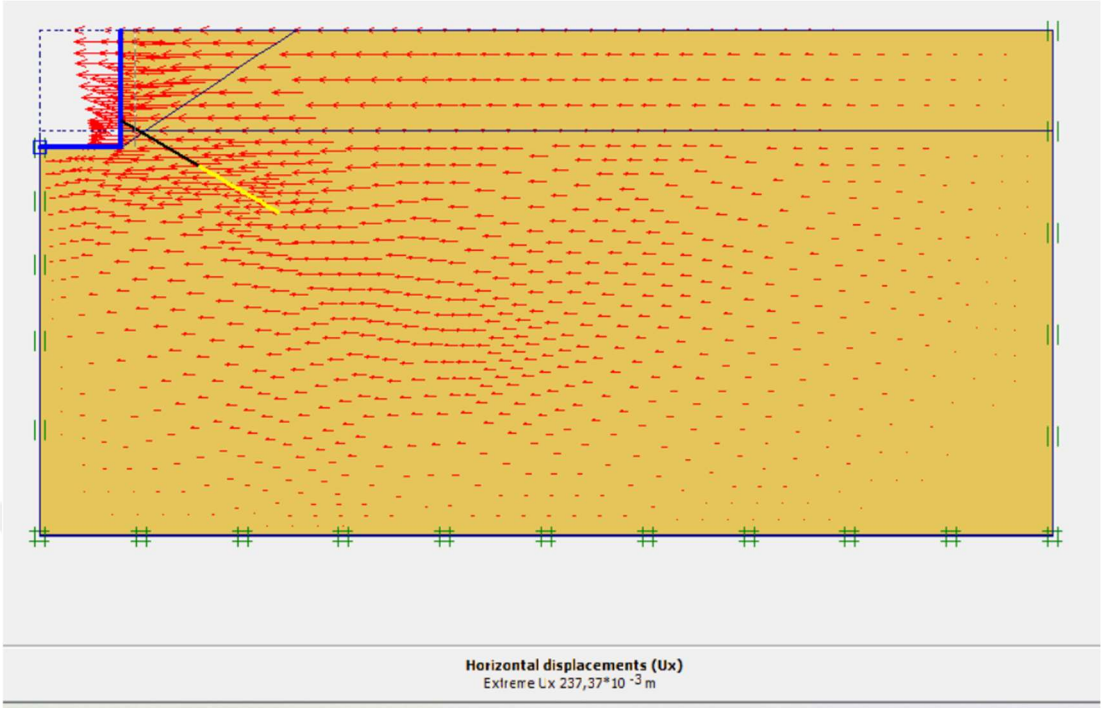
Şekil 7.23: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



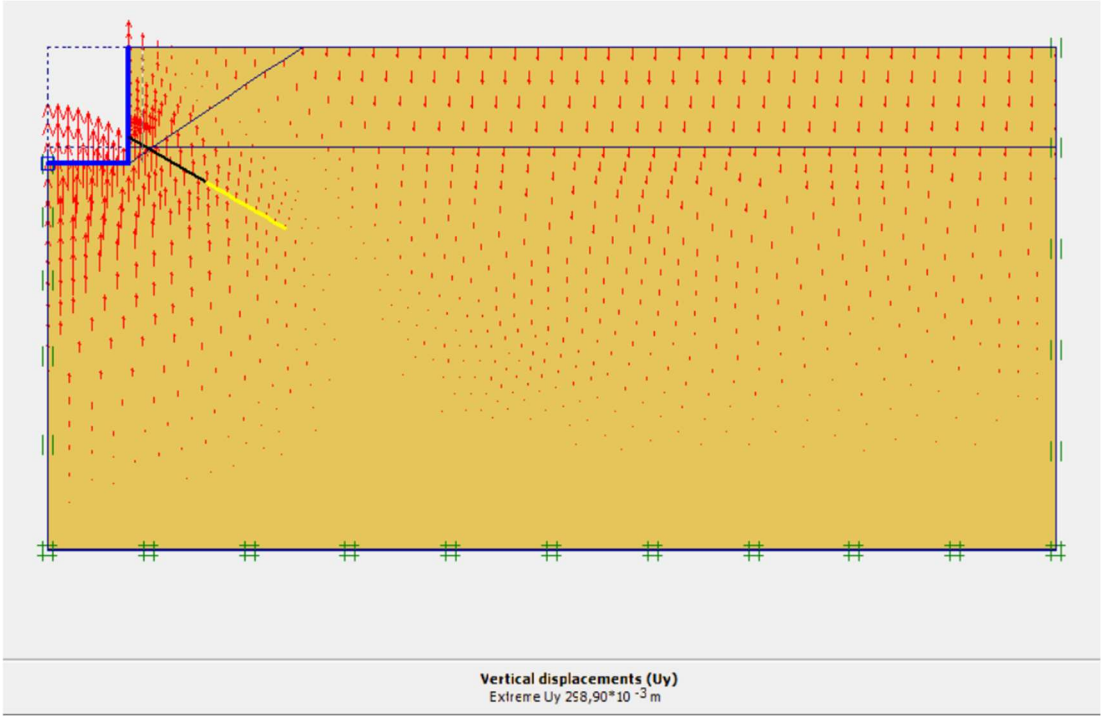
Şekil 7.24: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



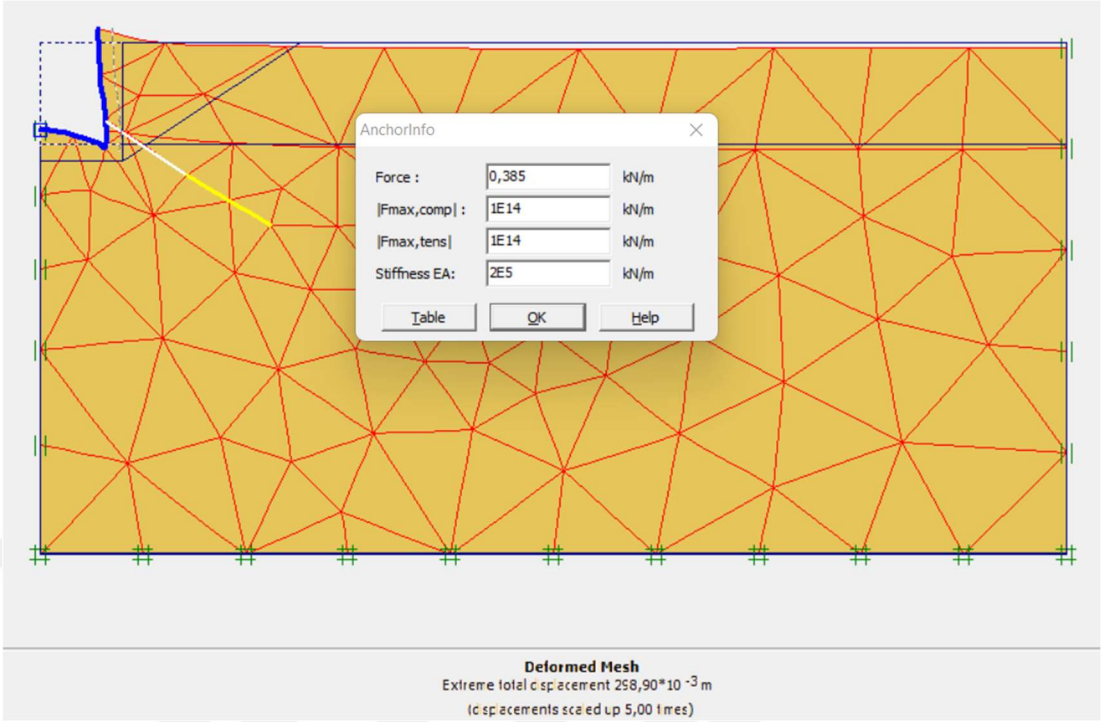
Şekil 7.25: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.26: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

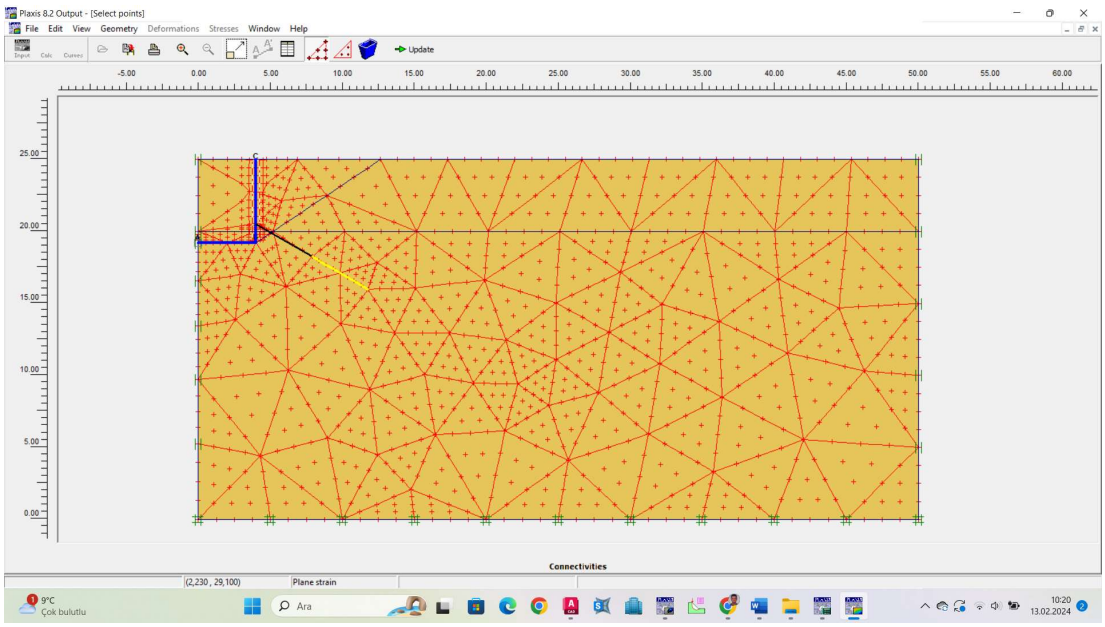


Şekil 7.27: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

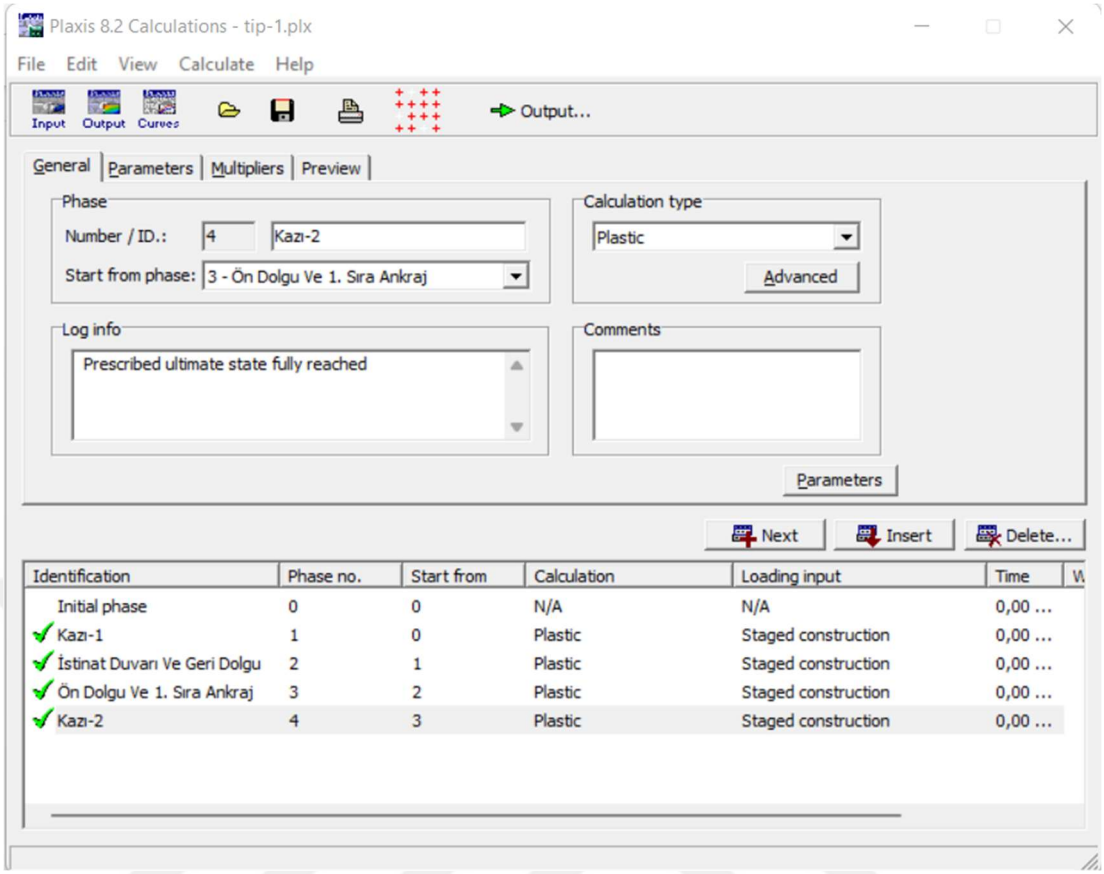


Şekil 7.28: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

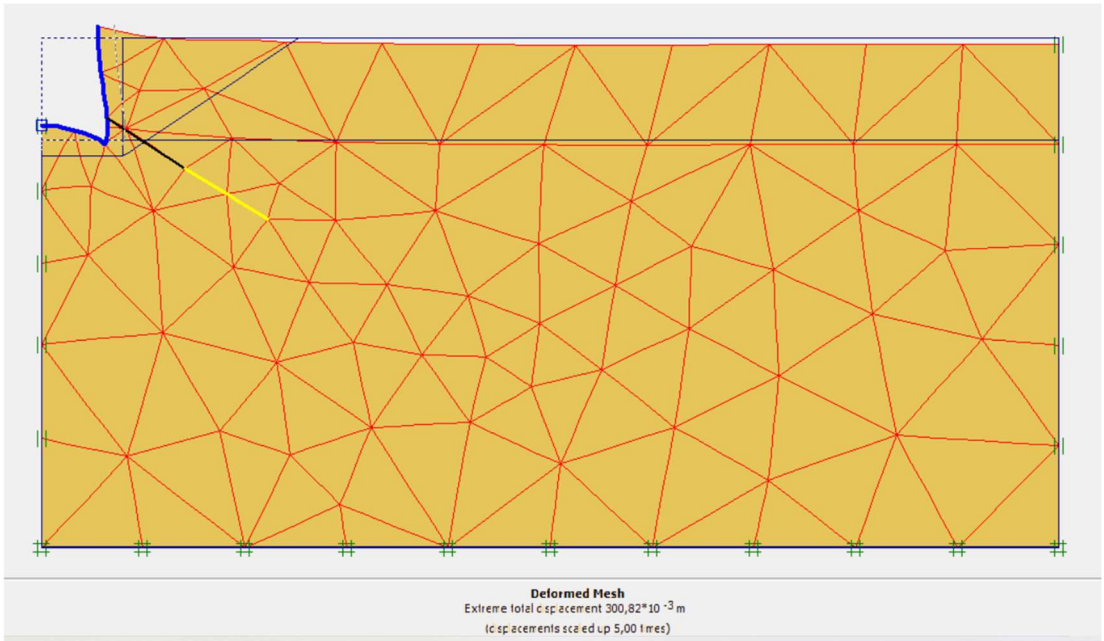
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



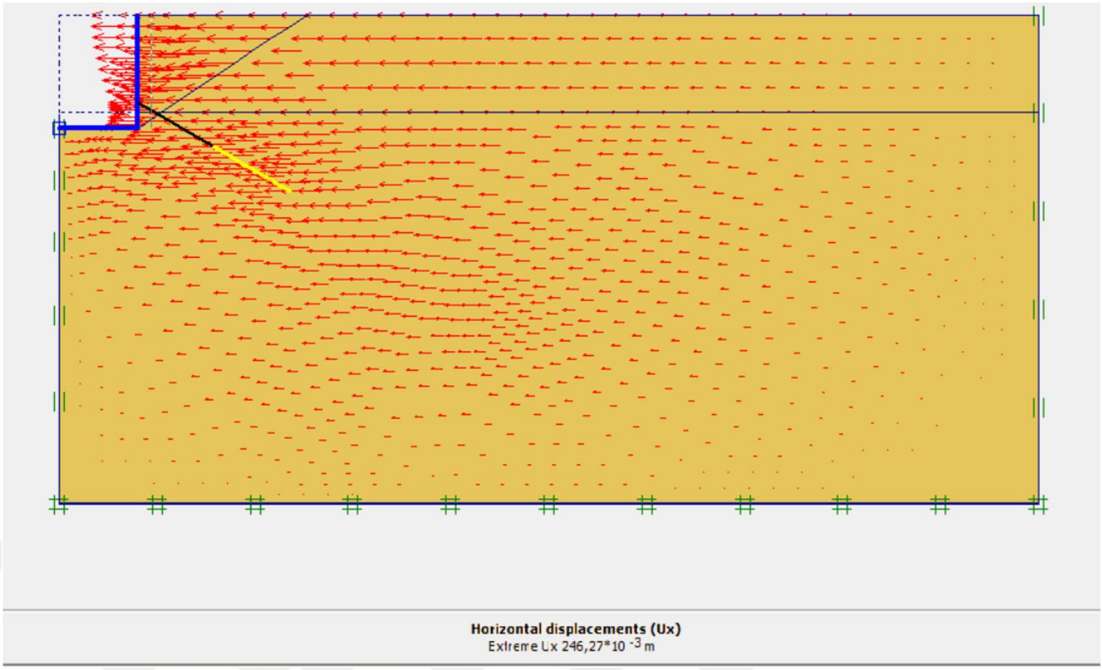
Şekil 7.29: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



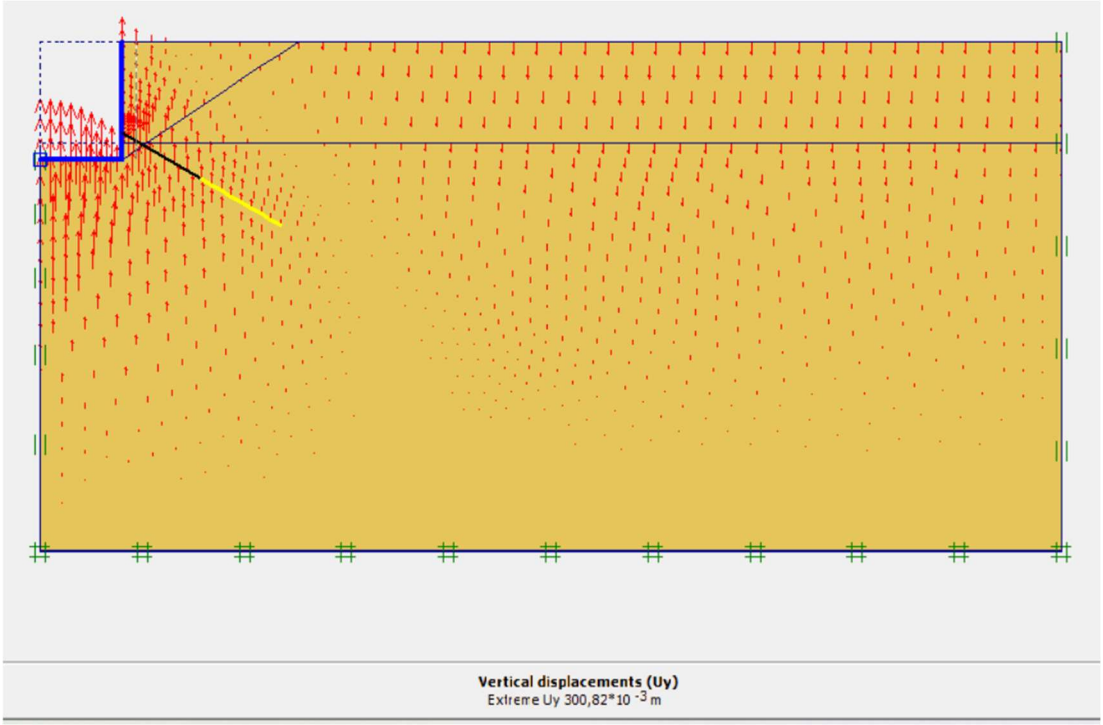
Şekil 7.30: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



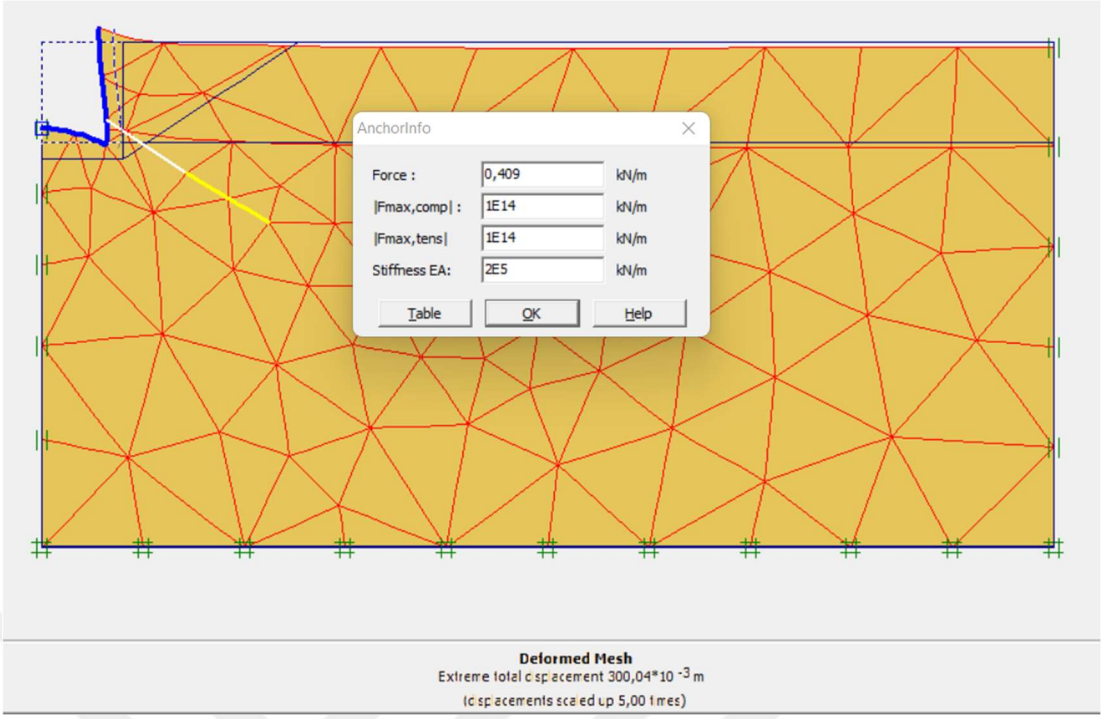
Şekil 7.31: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.32: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.33: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

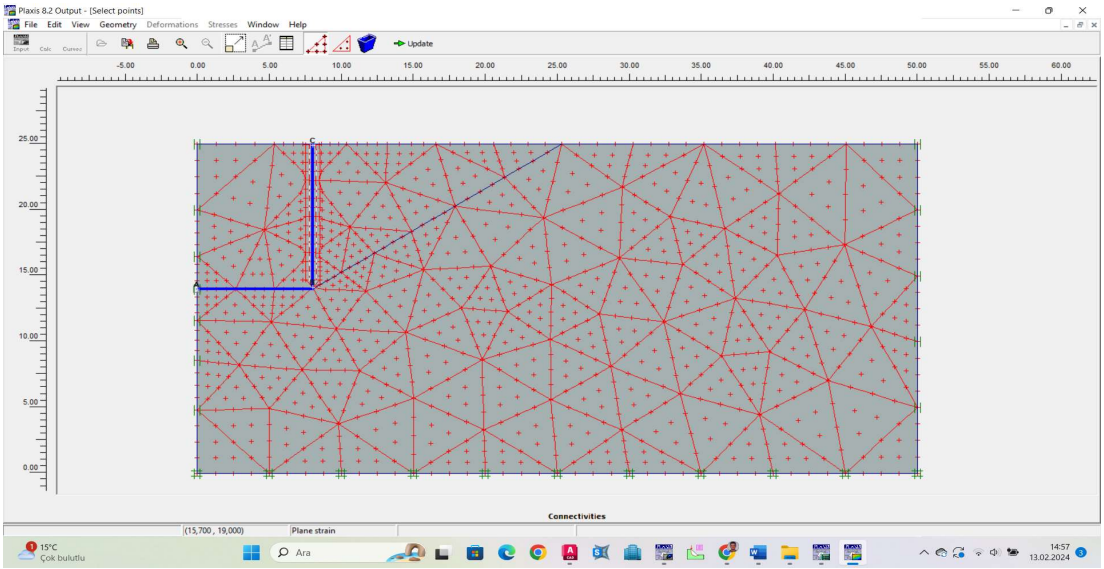


Şekil 7.34: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

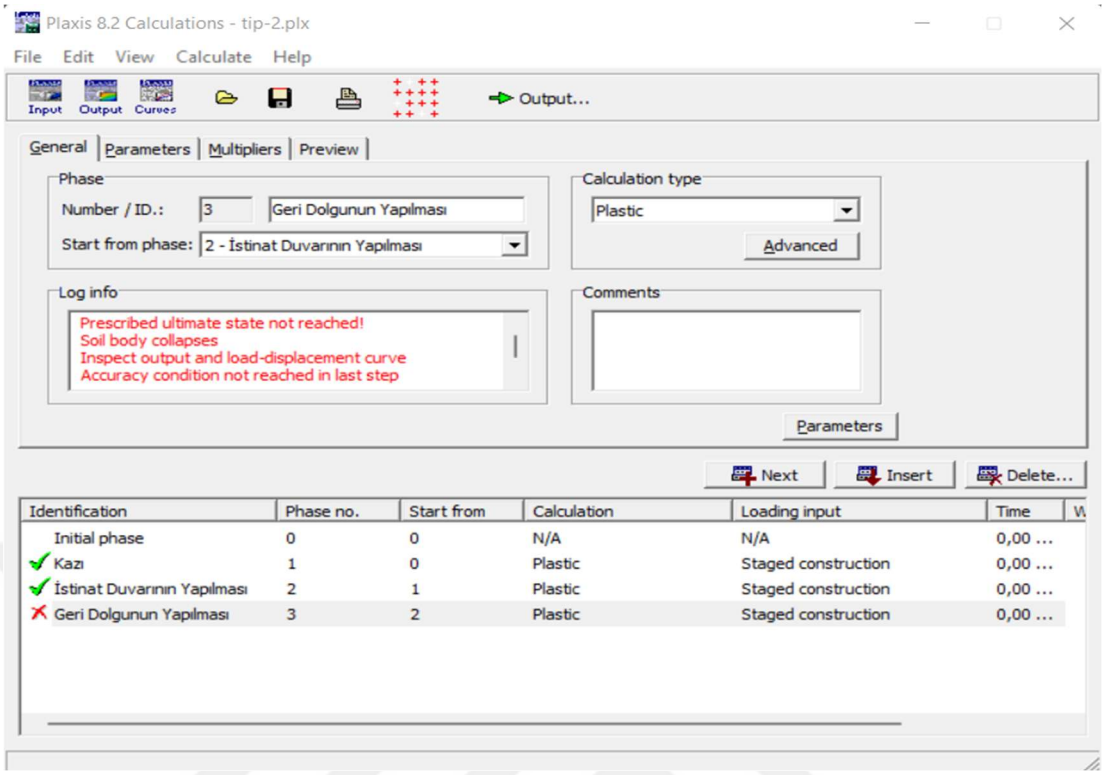
7.1.1.2 TİP-2 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

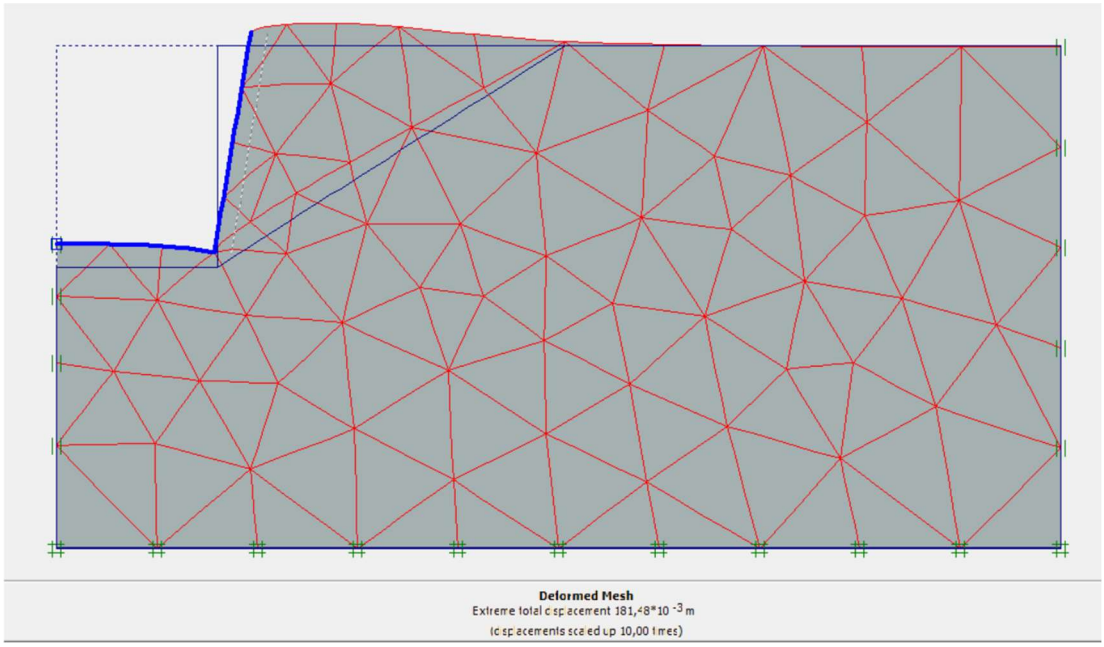
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



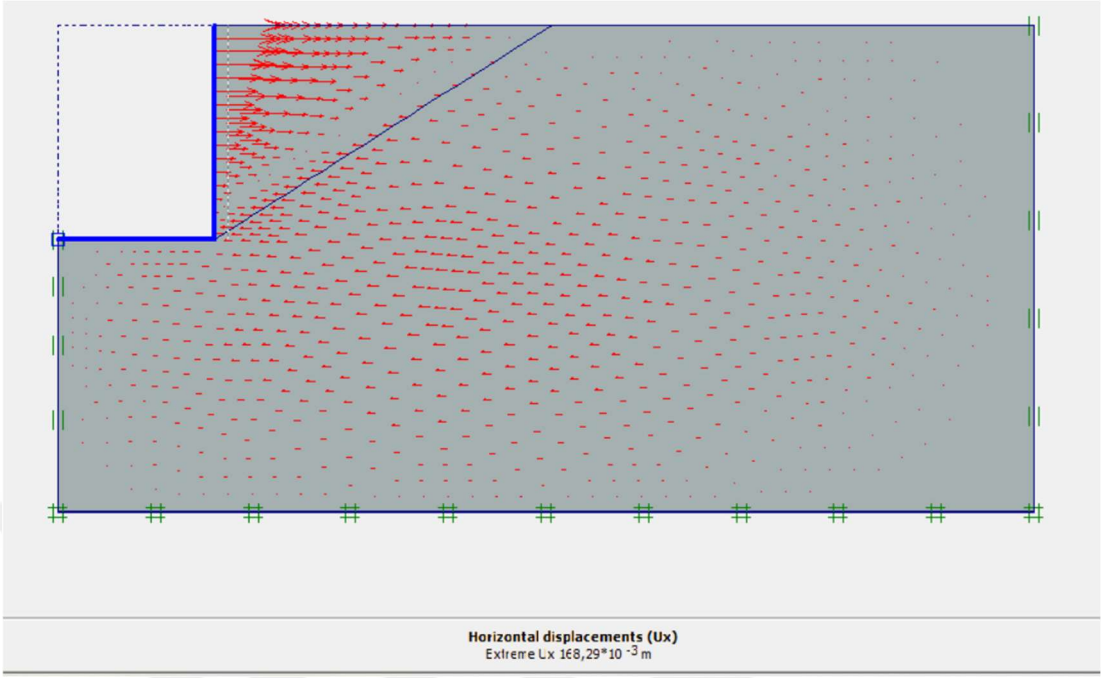
Şekil 7.35: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



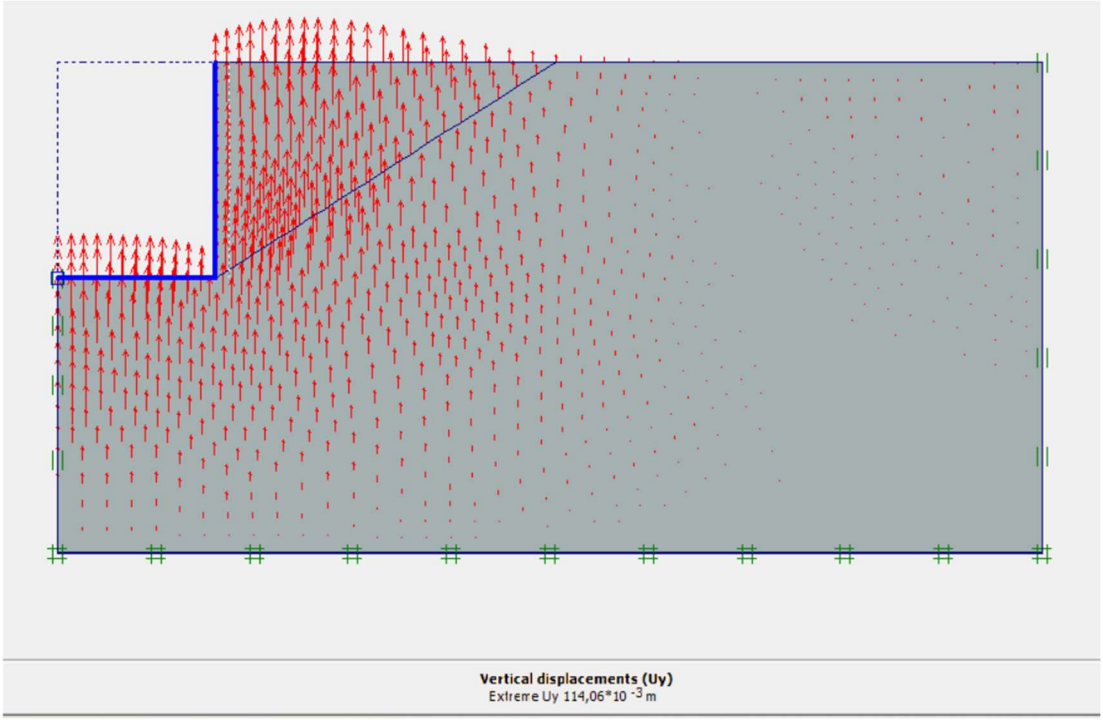
Şekil 7.36: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.37: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



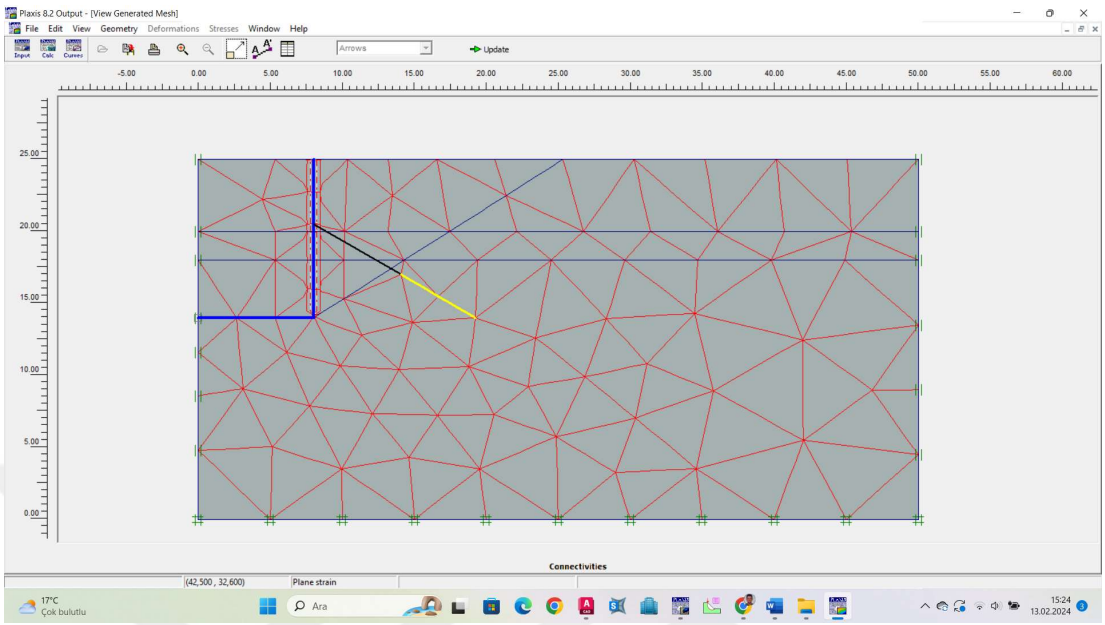
Şekil 7.38: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



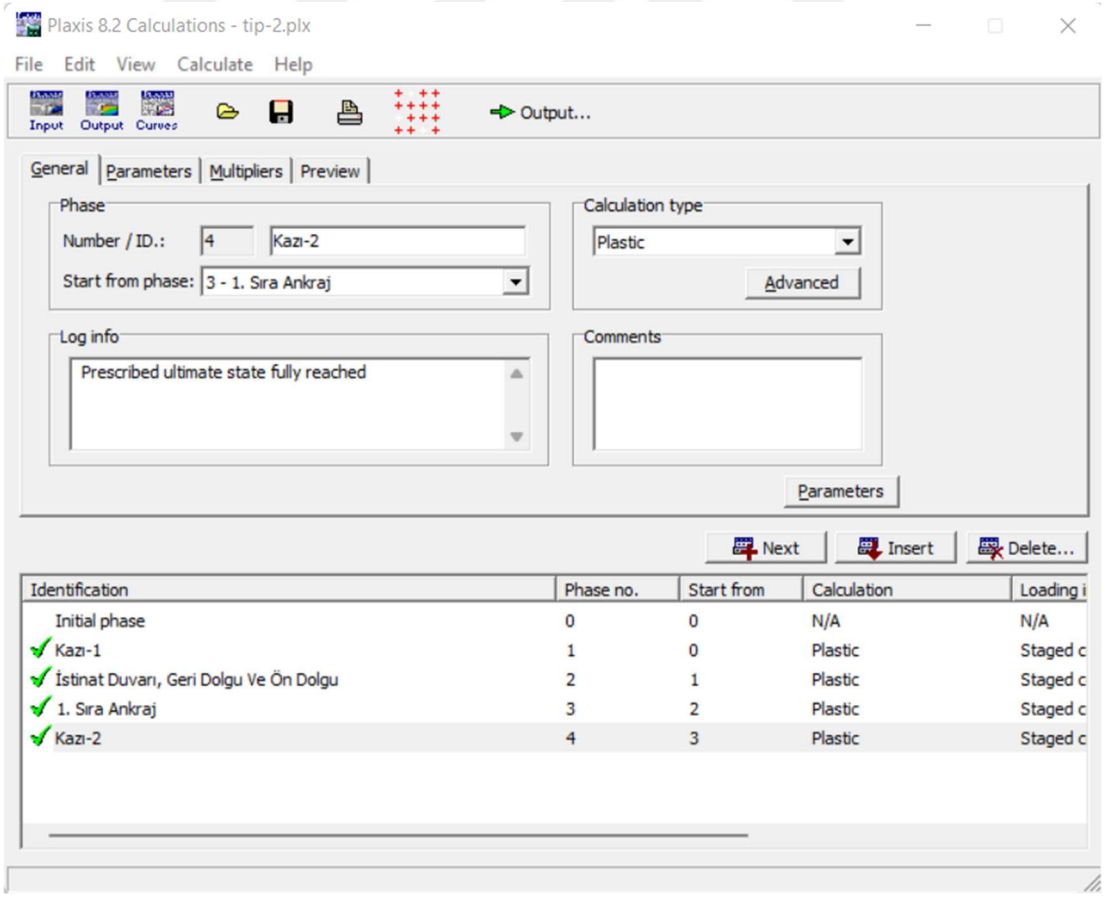
Şekil 7.39: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı Kumlu Zemin Durumunda;

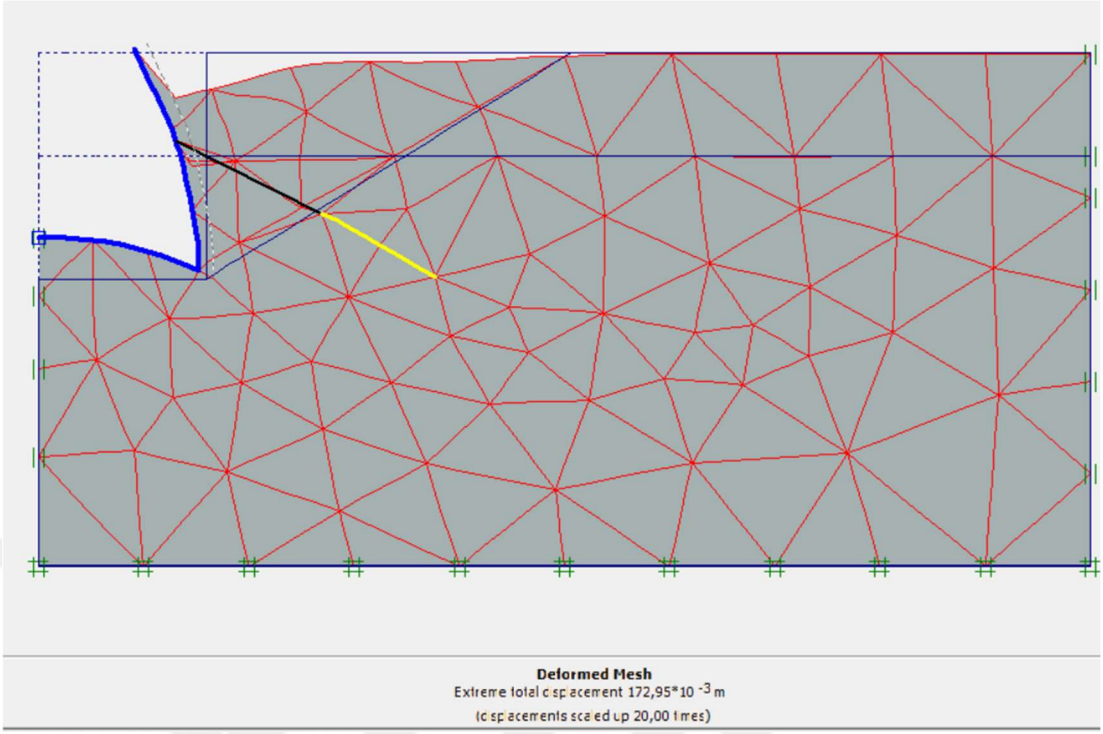
- Basit Ankraj Durumunda;



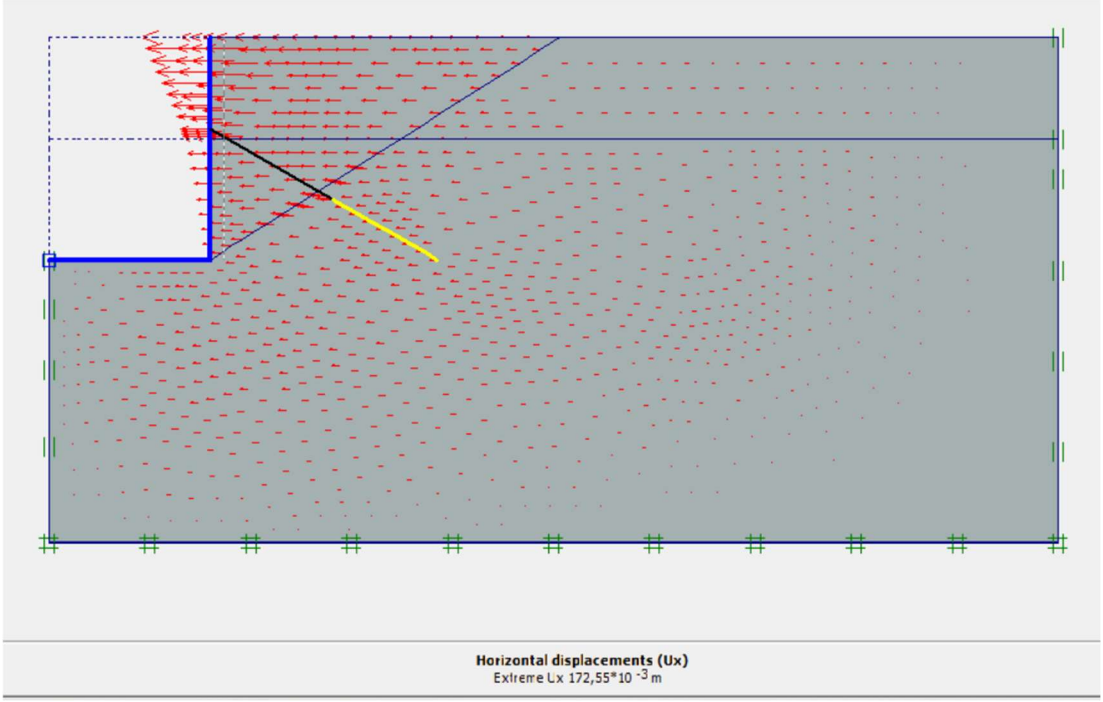
Şekil 7.40: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



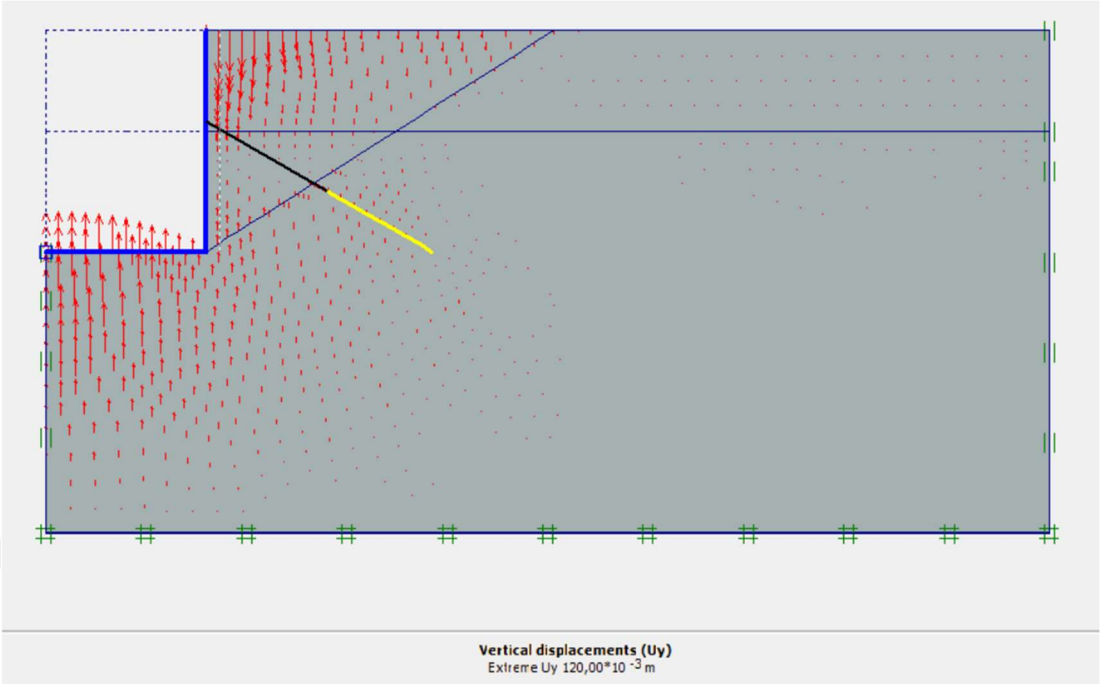
Şekil 7.41: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



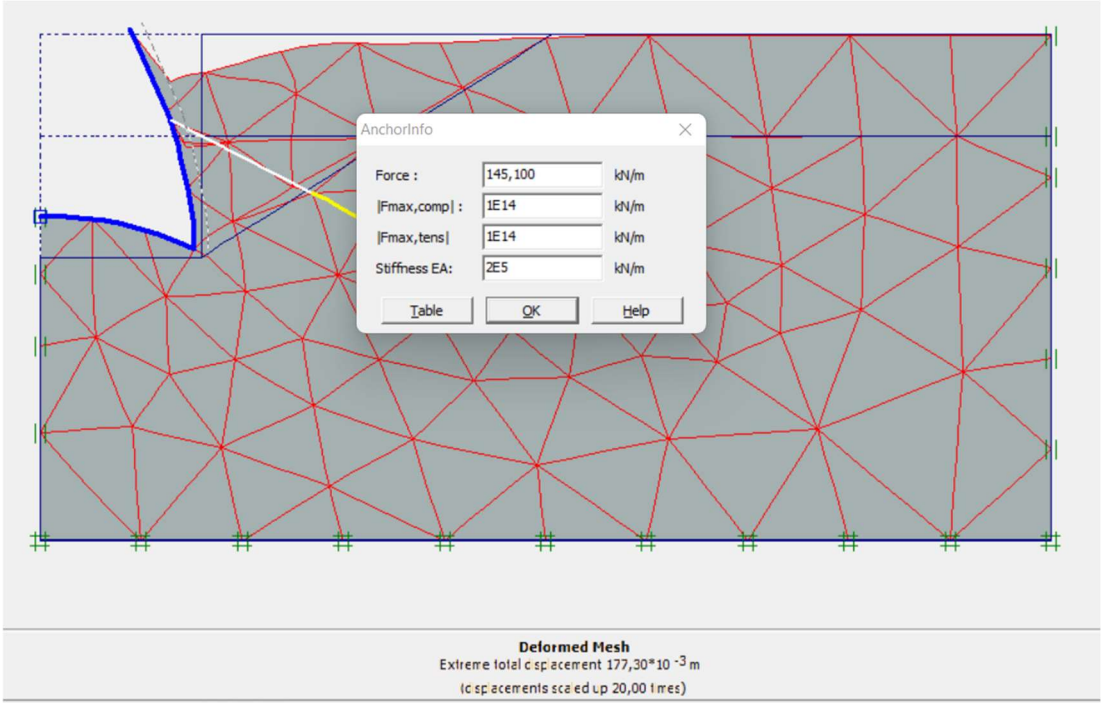
Şekil 7.42: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



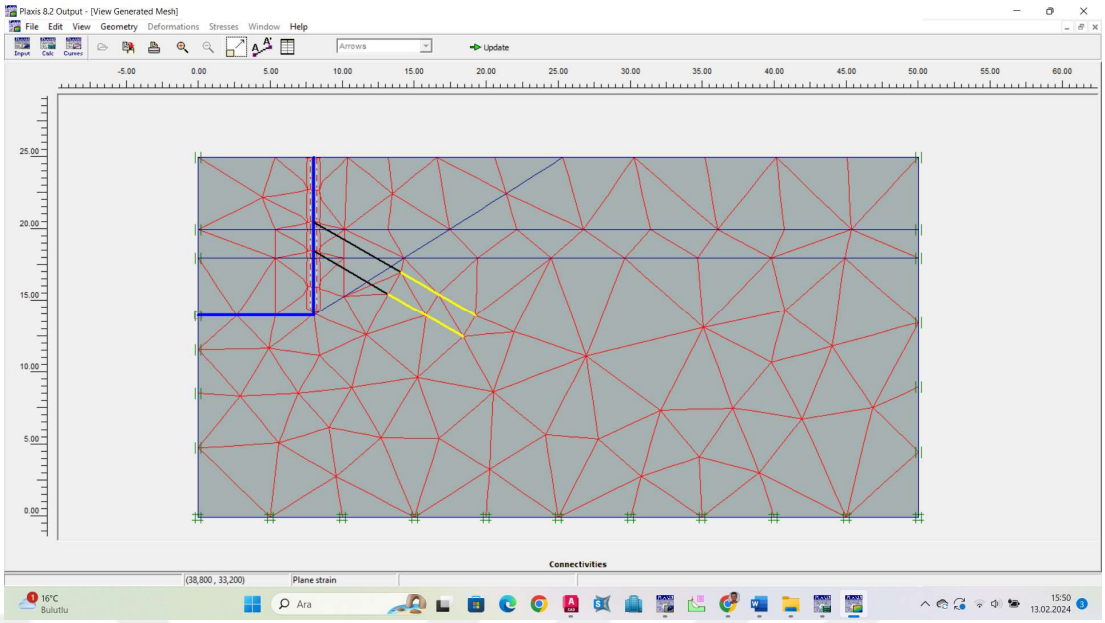
Şekil 7.43: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



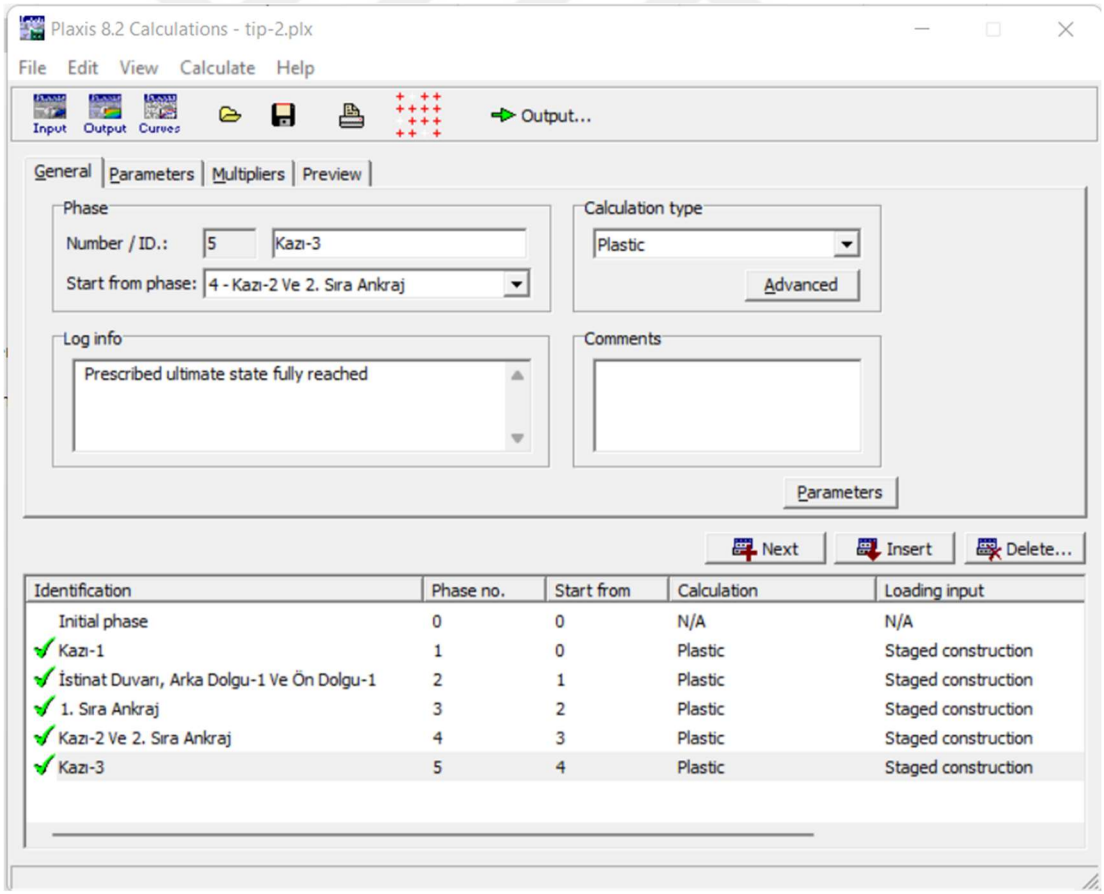
Şekil 7.44: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



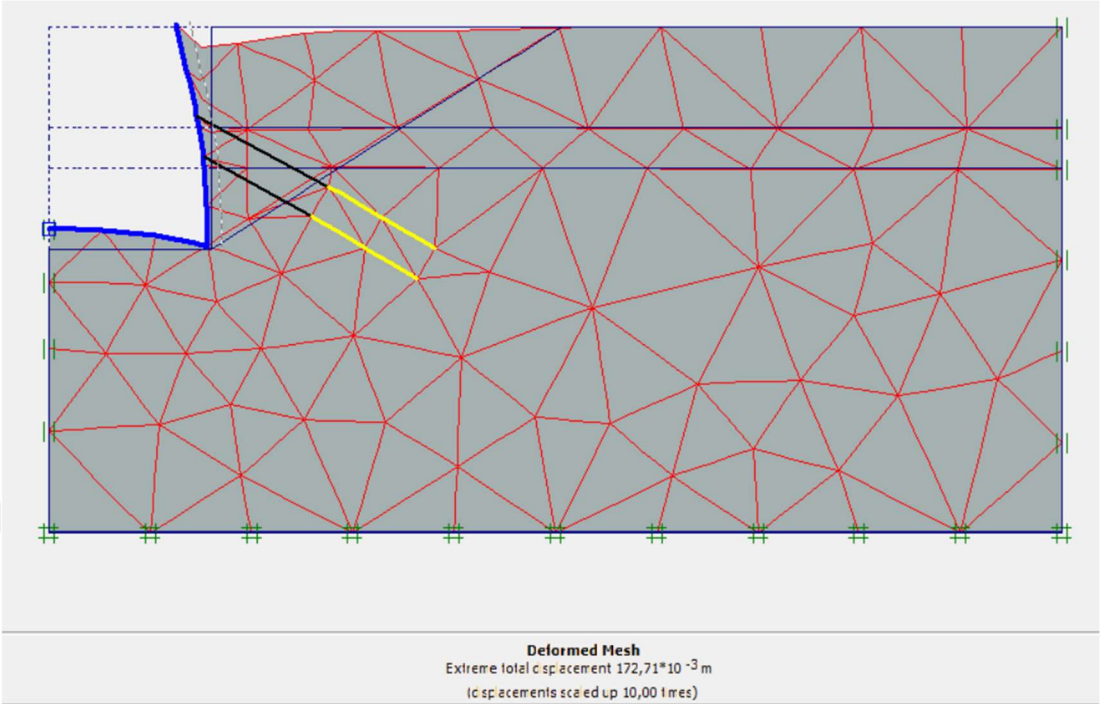
Şekil 7.45: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



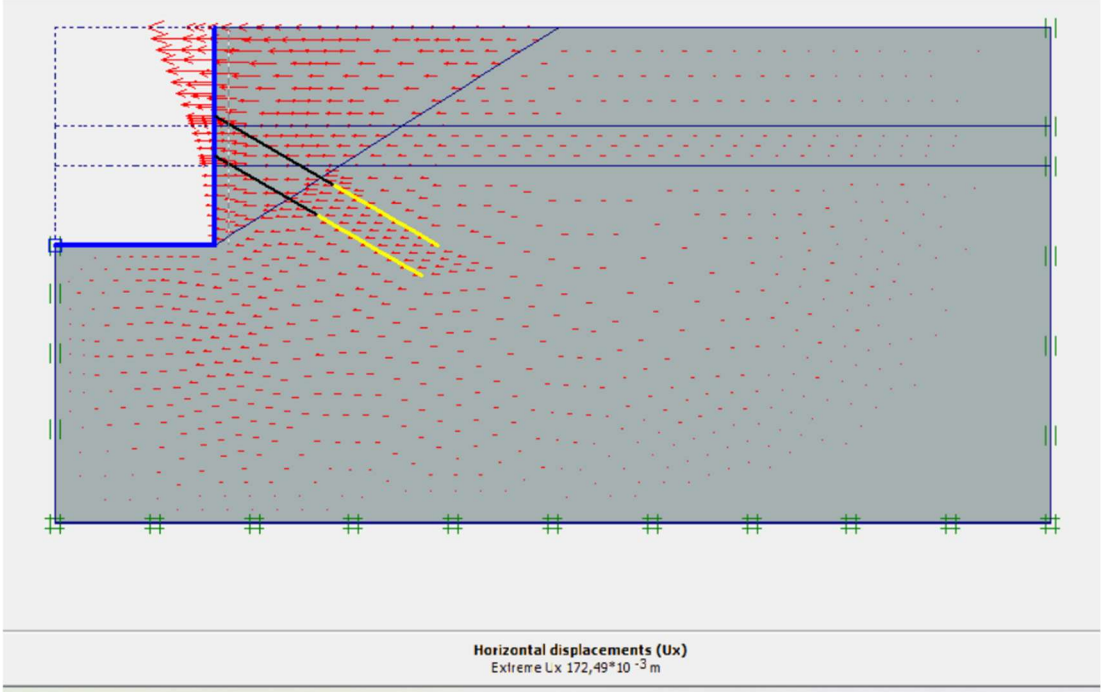
Şekil 7.46: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



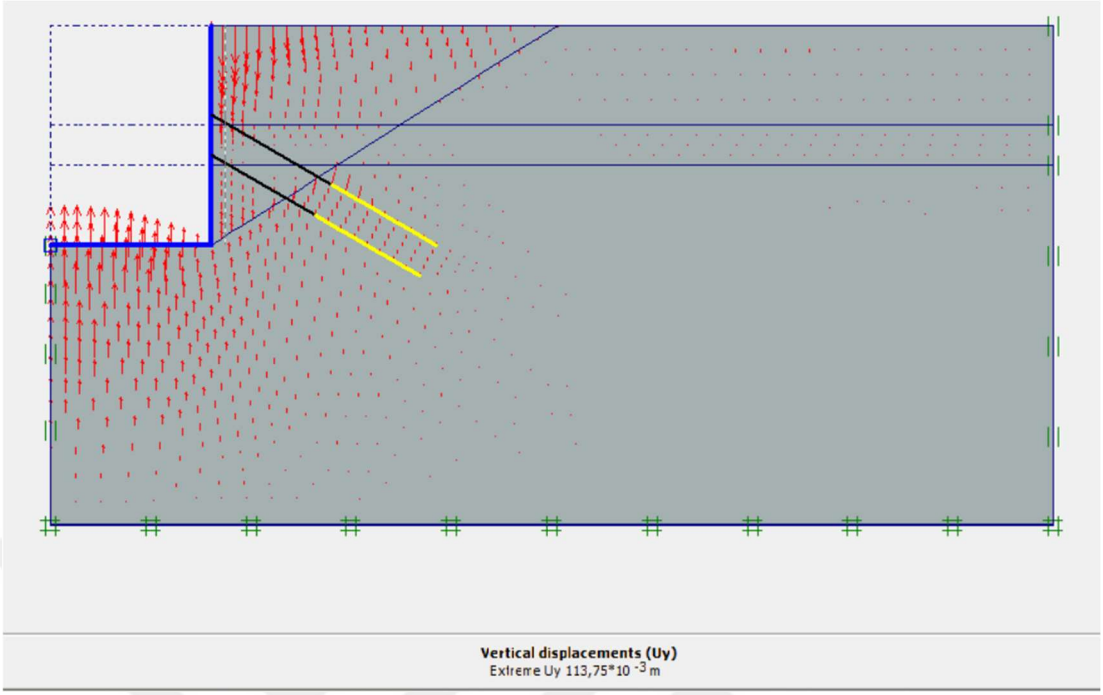
Şekil 7.47: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



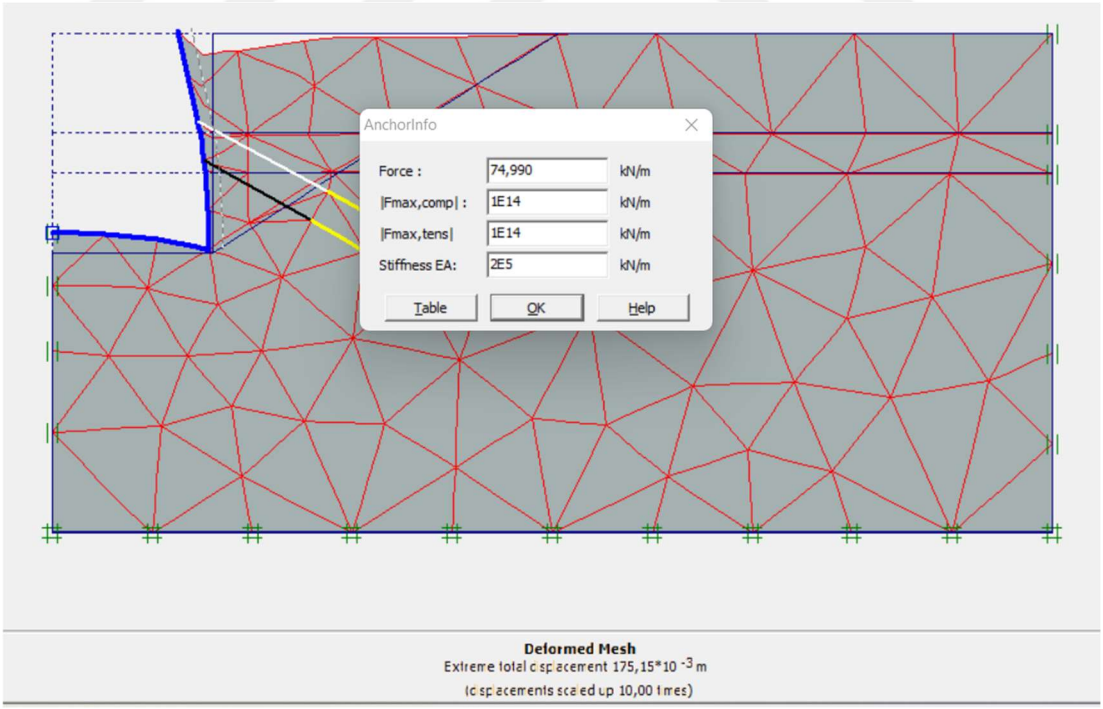
Şekil 7.48: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.49: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

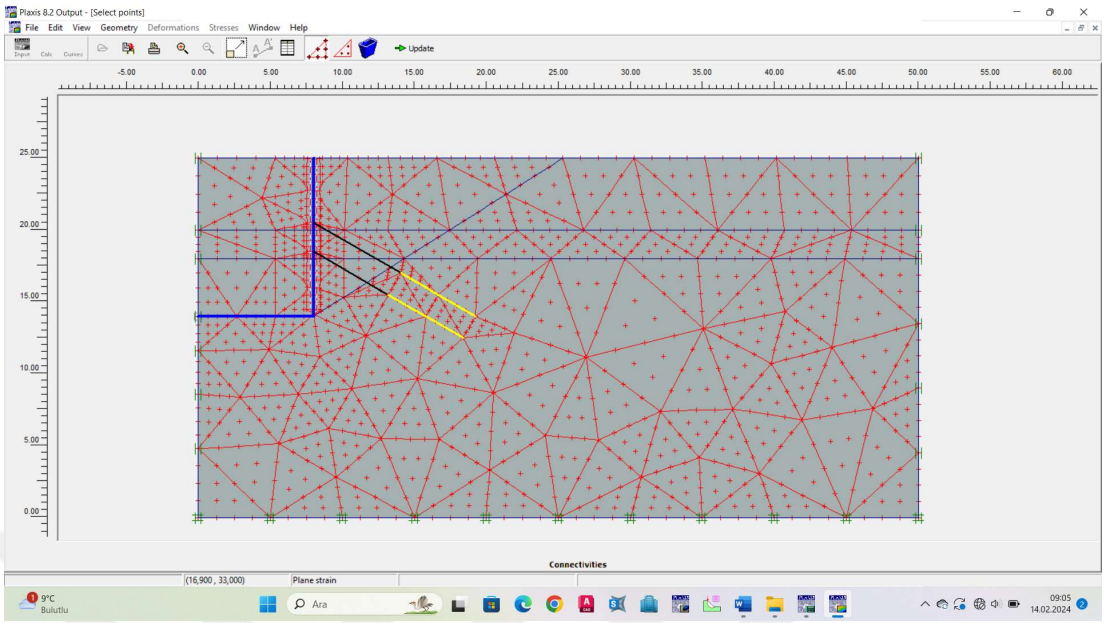


Şekil 7.50: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

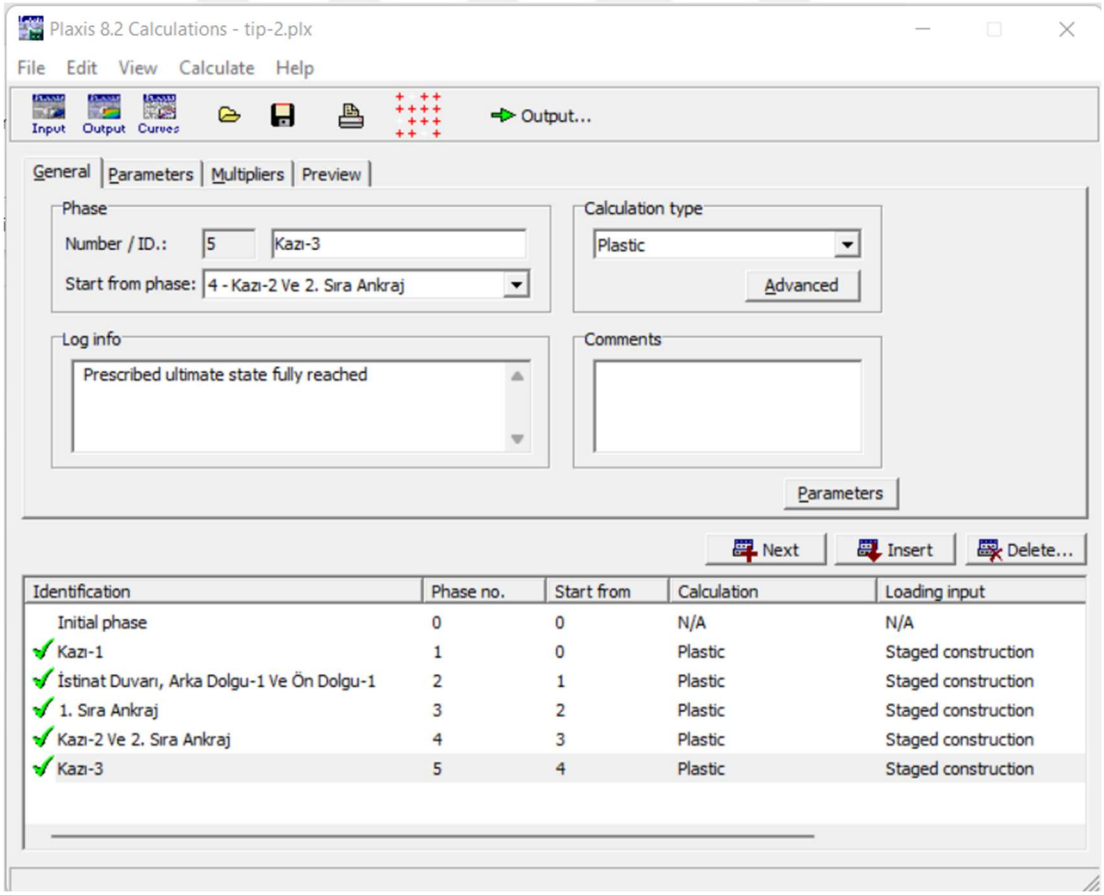


Şekil 7.51: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

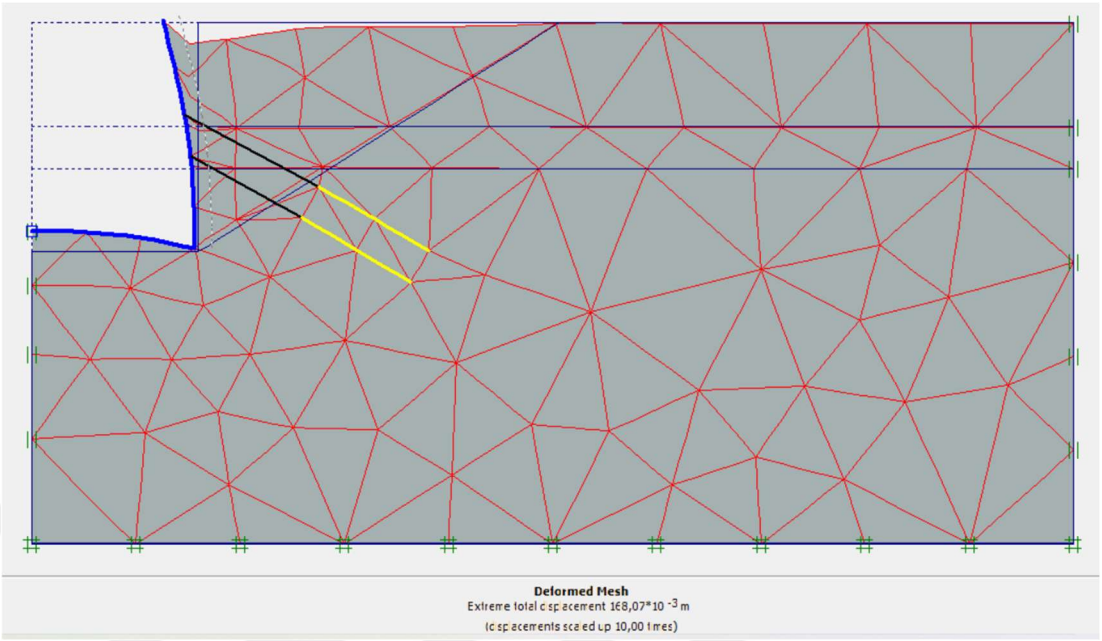
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



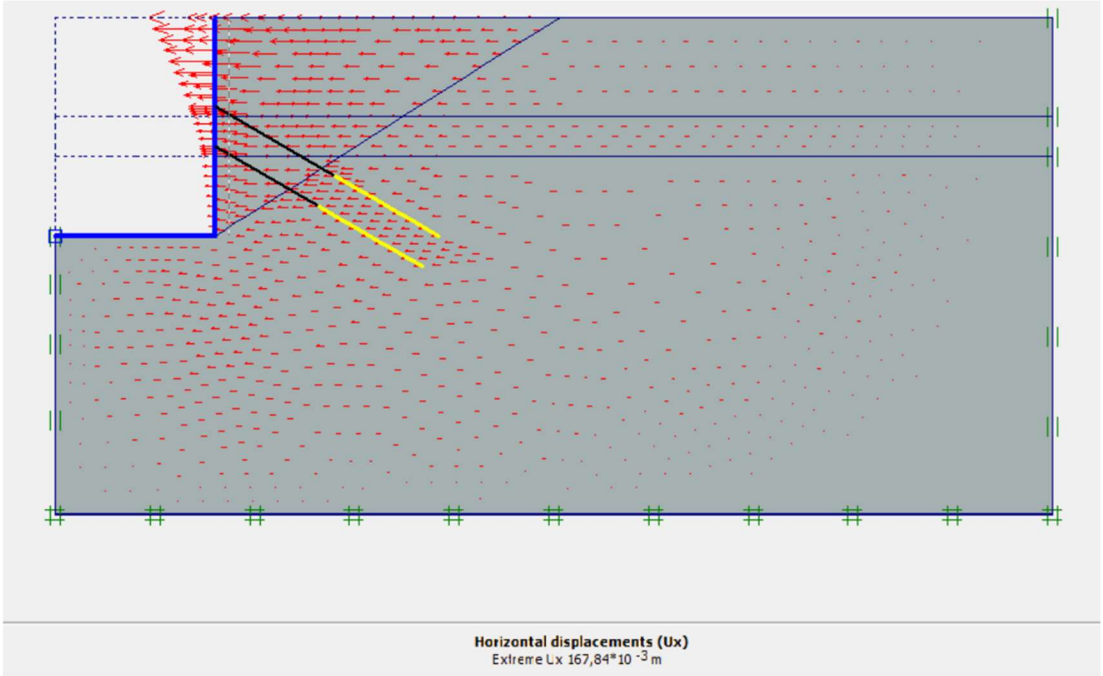
Şekil 7.52: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



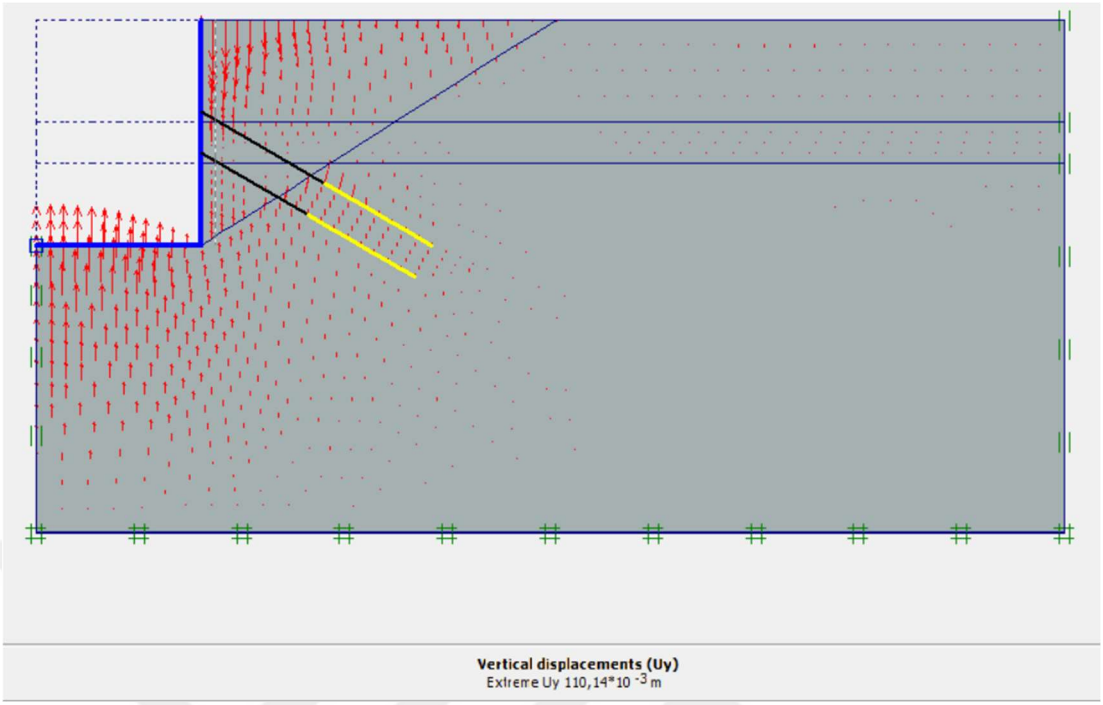
Şekil 7.53: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



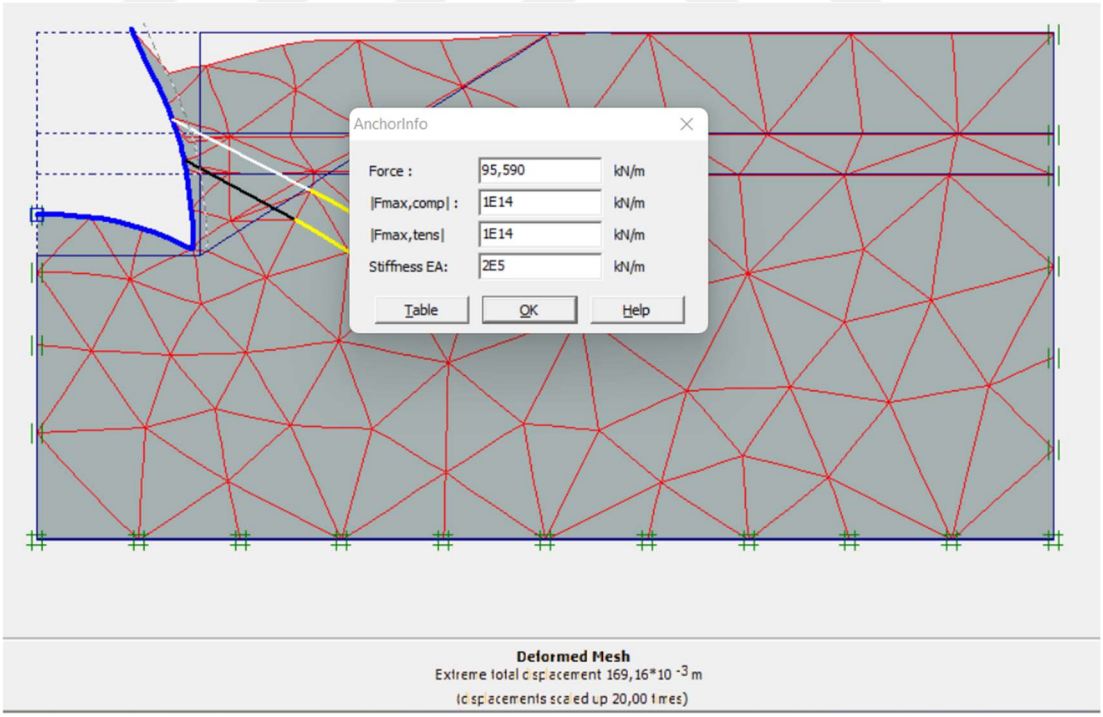
Şekil 7.54: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.55: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

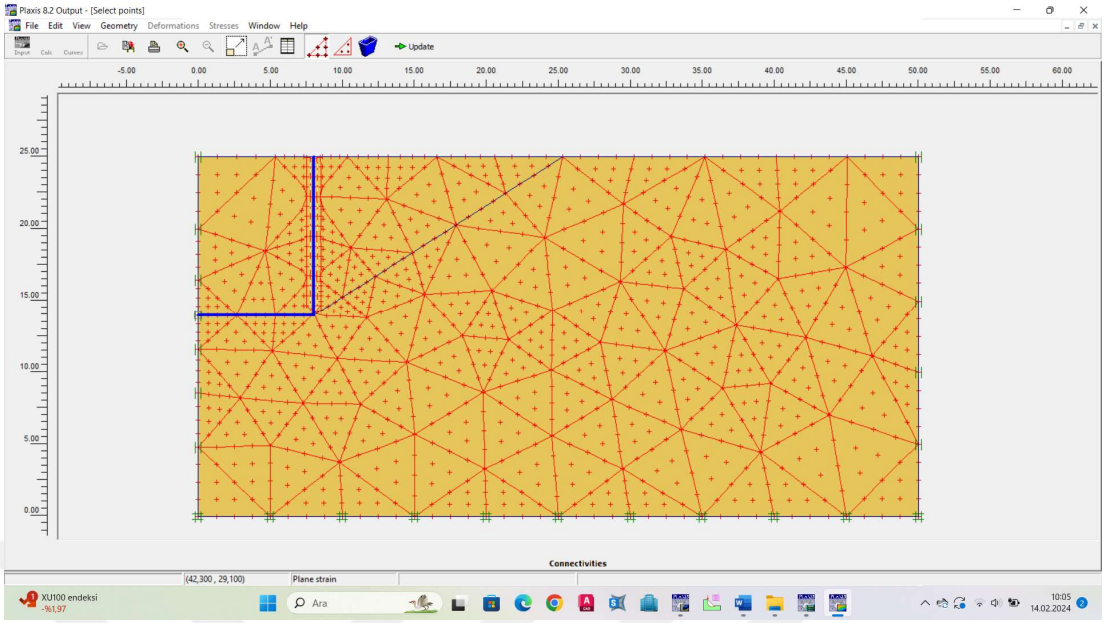


Şekil 7.56: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

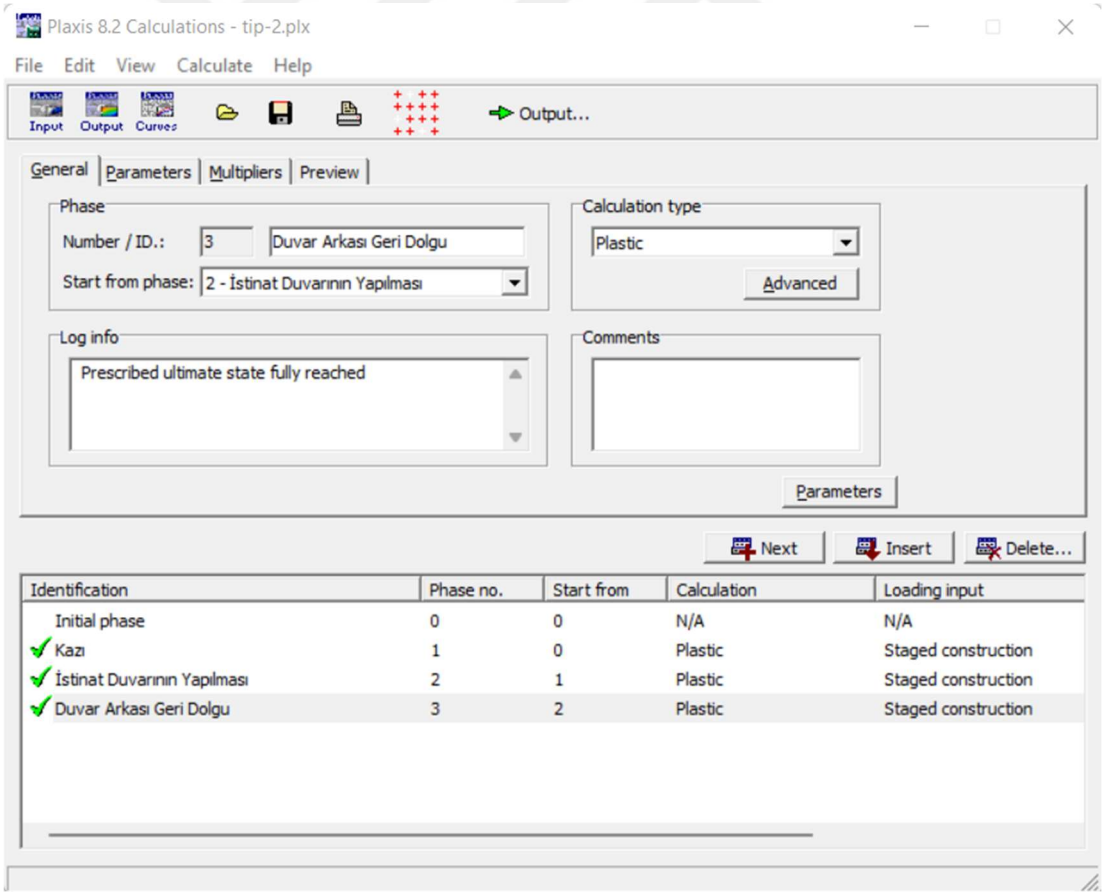


Şekil 7.57: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

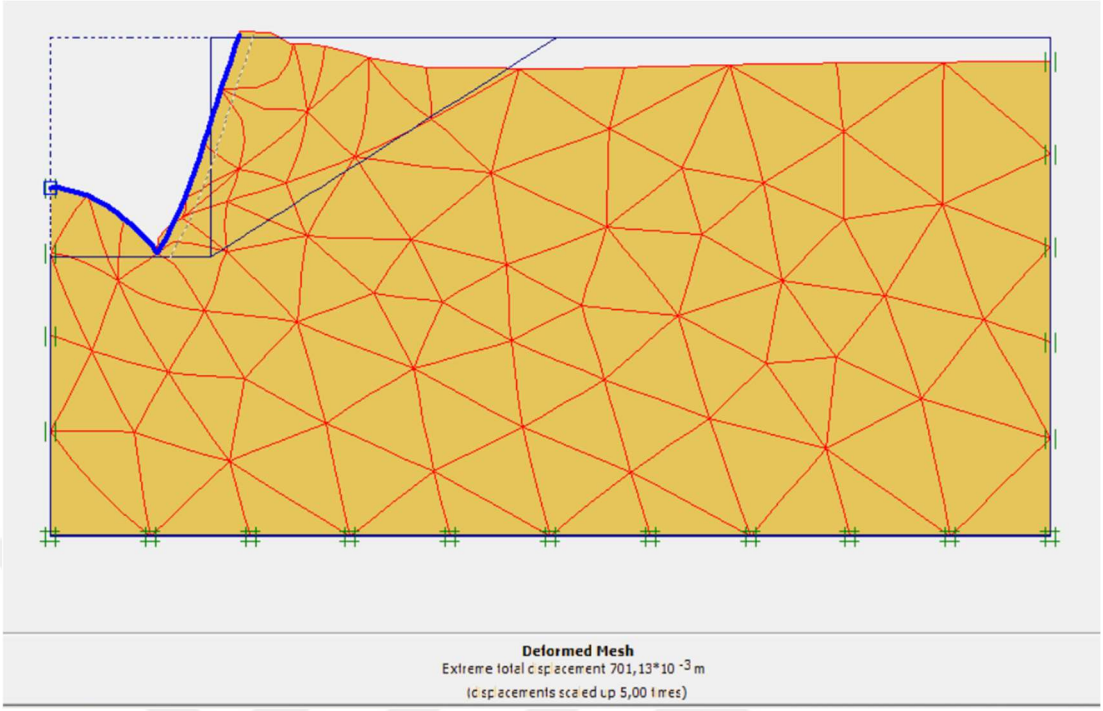
Ankrajsız killi zemin durumunda;



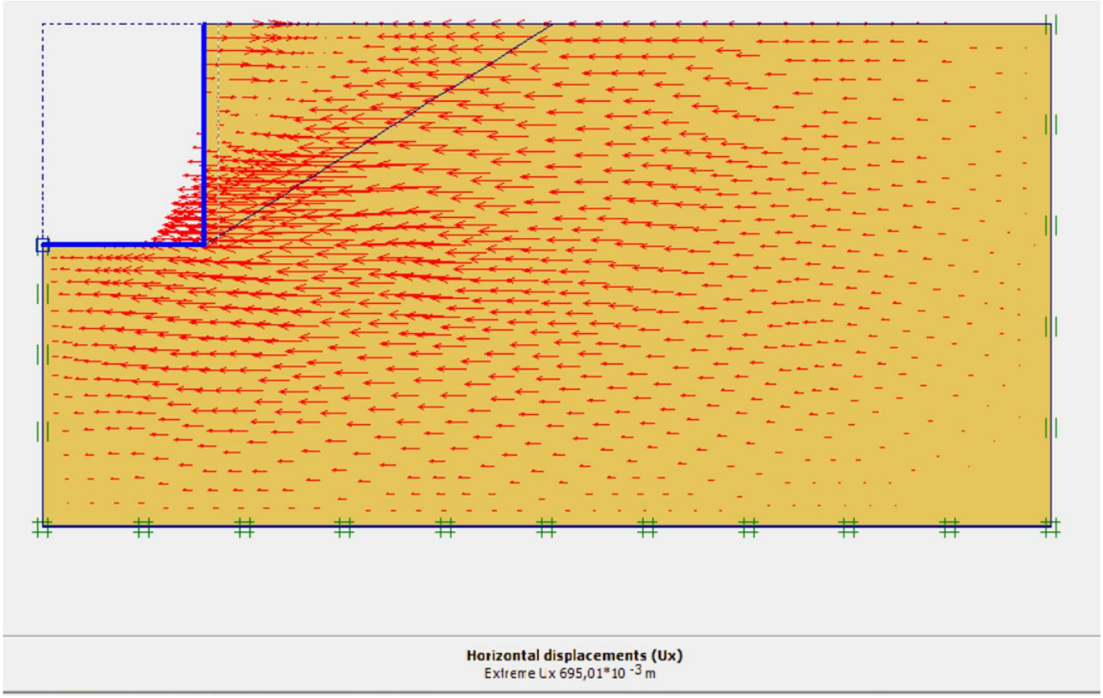
Şekil 7.58: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



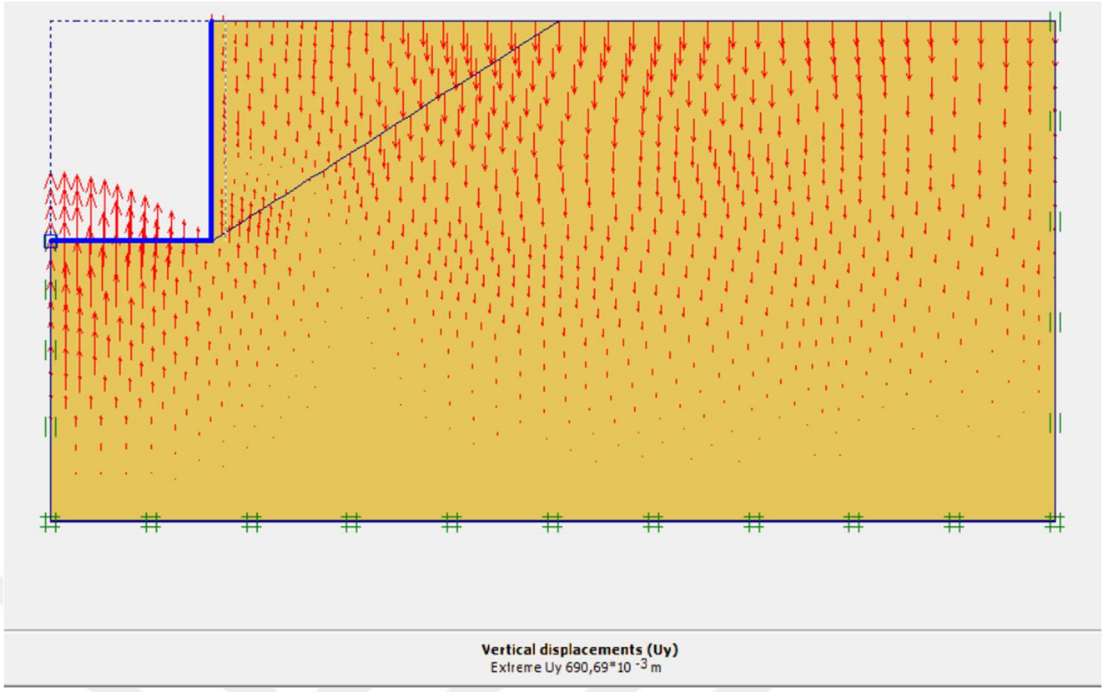
Şekil 7.59: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.60: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



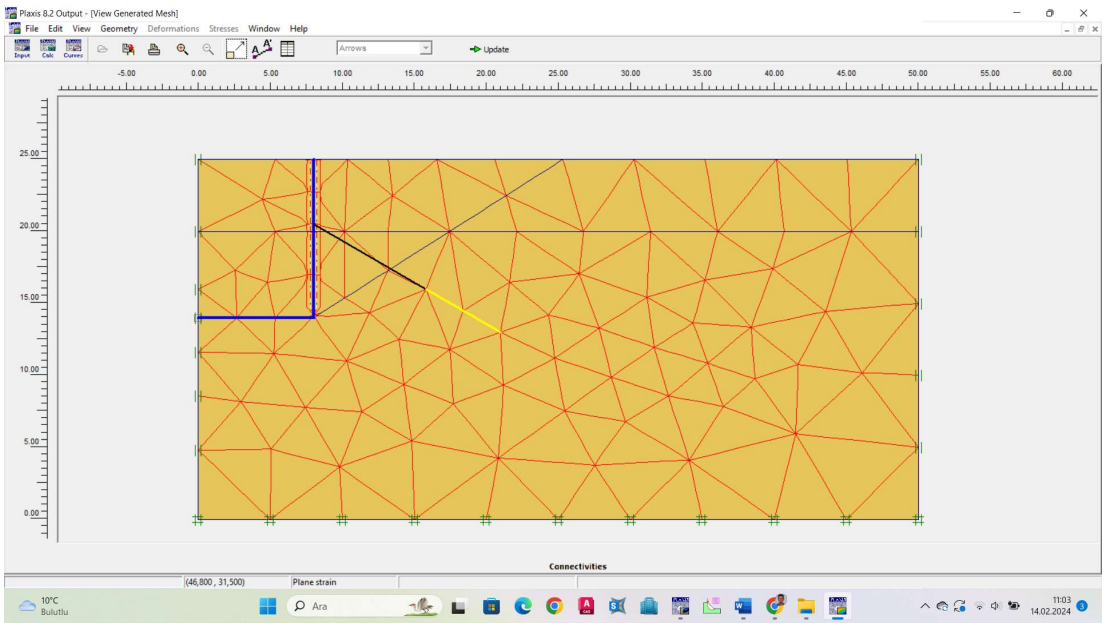
Şekil 7.61: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



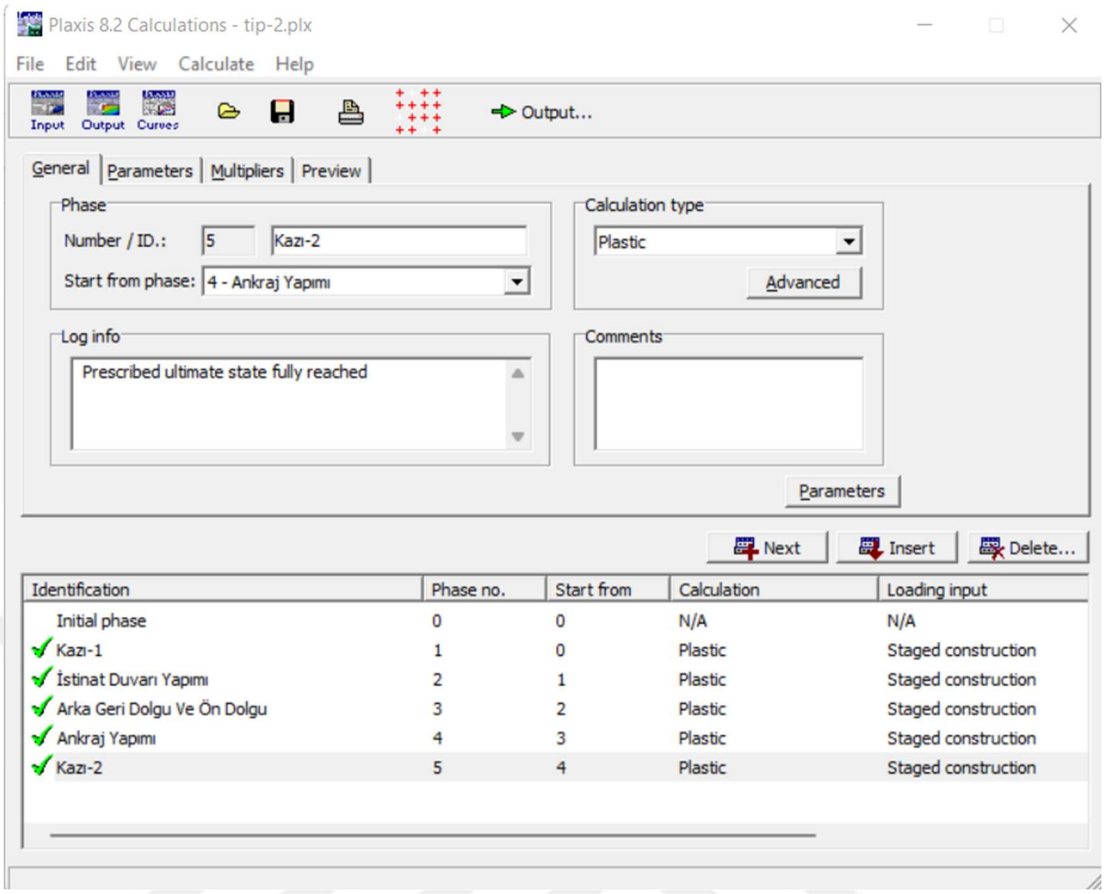
Şekil 7.62: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

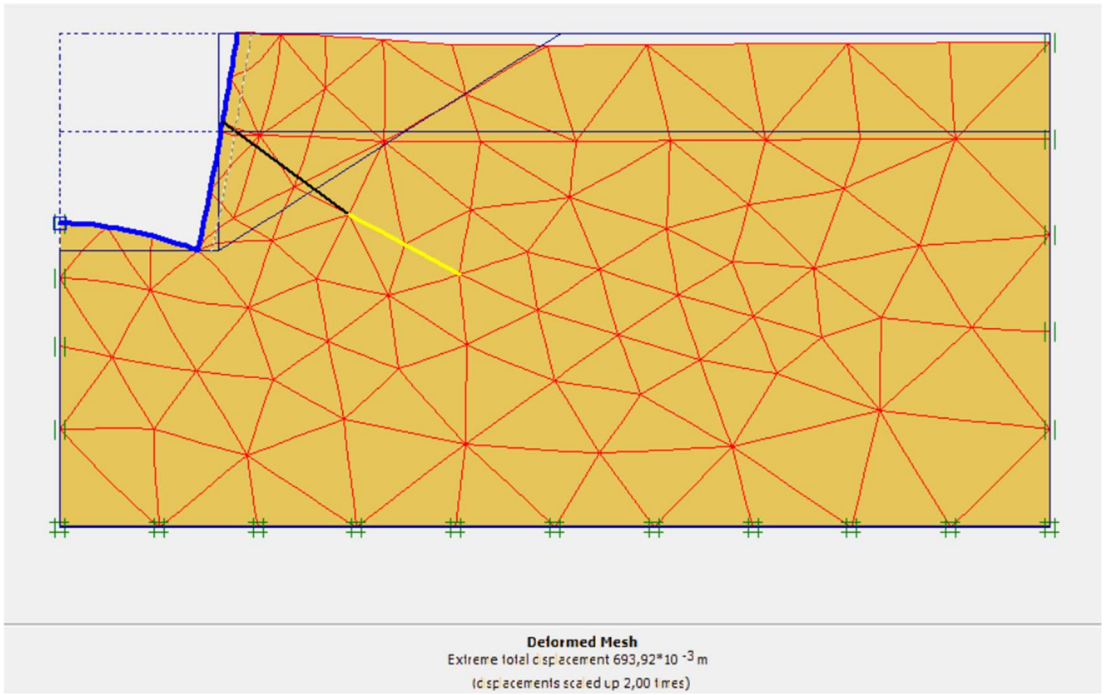
- Basit ankraj durumunda;



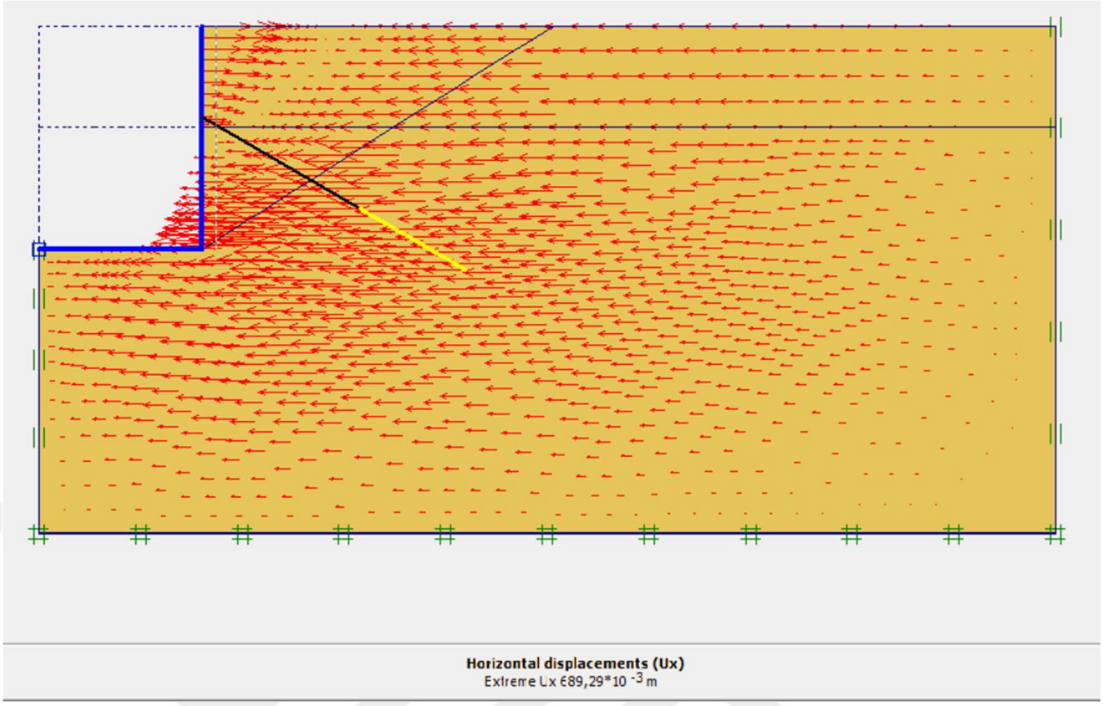
Şekil 7.63: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



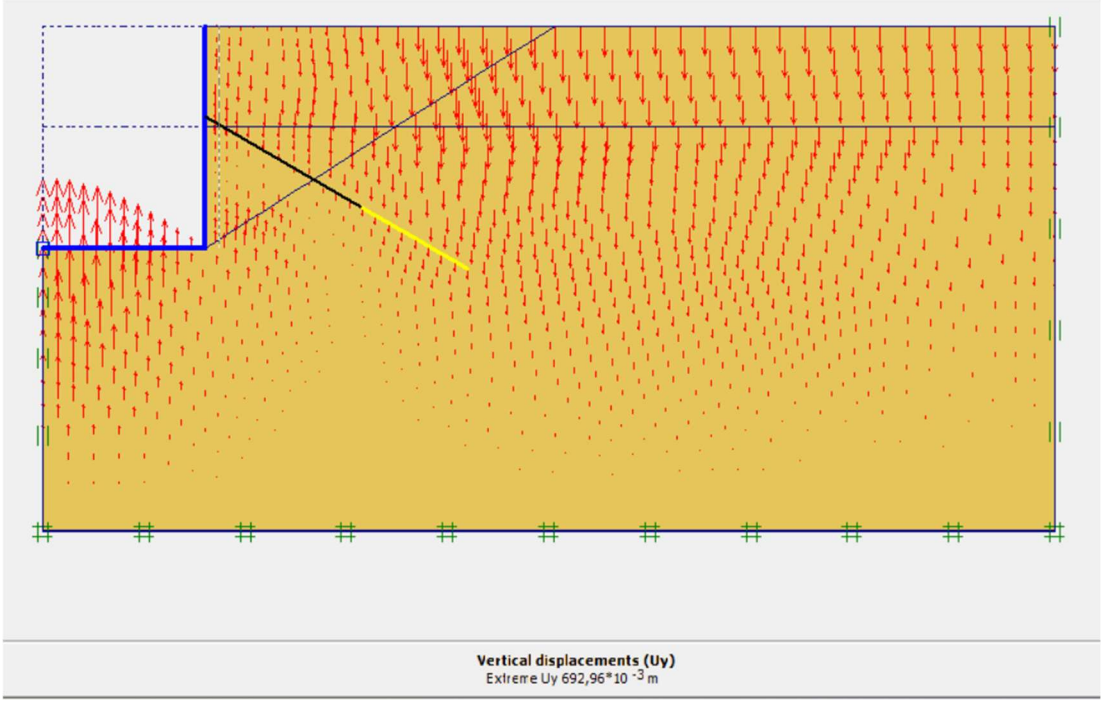
Şekil 7.64: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



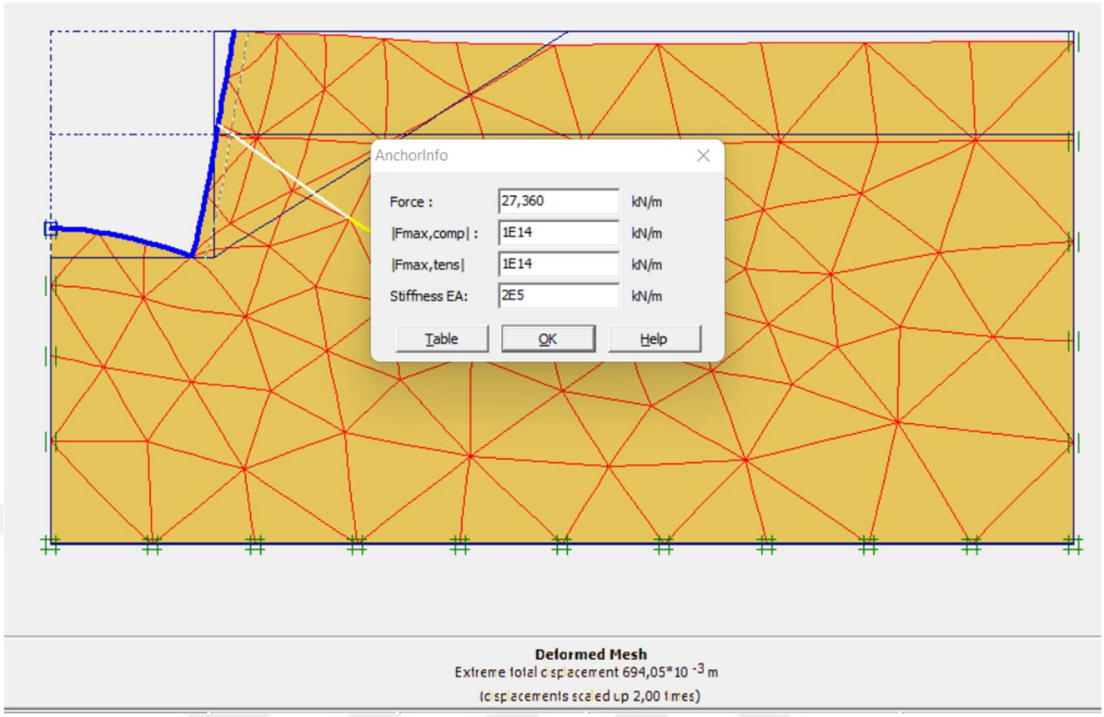
Şekil 7.65: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



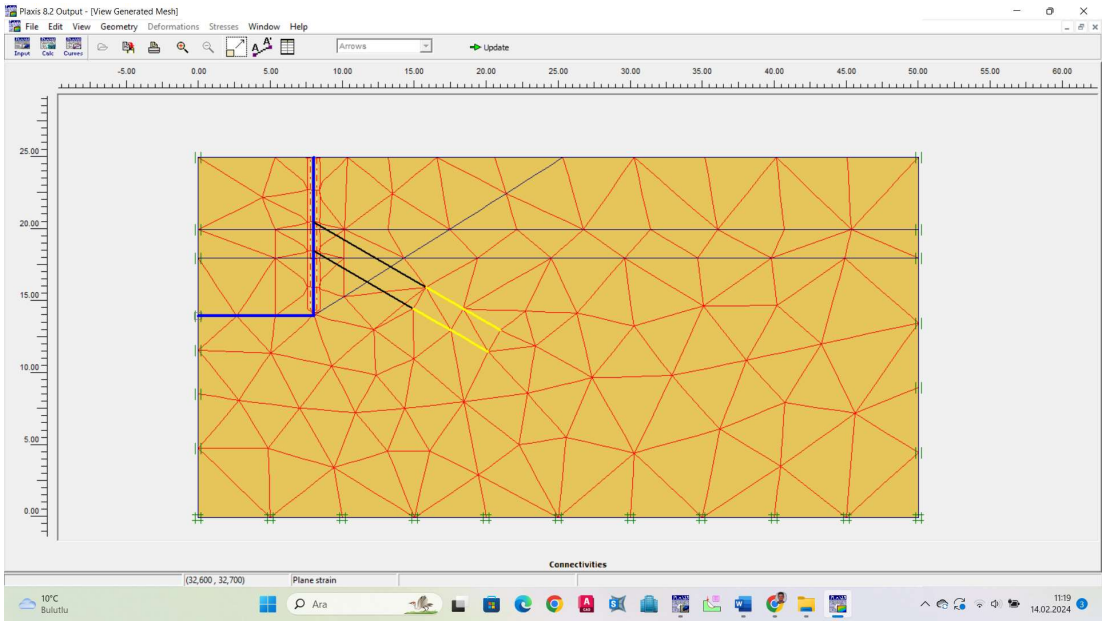
Şekil 7.66: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



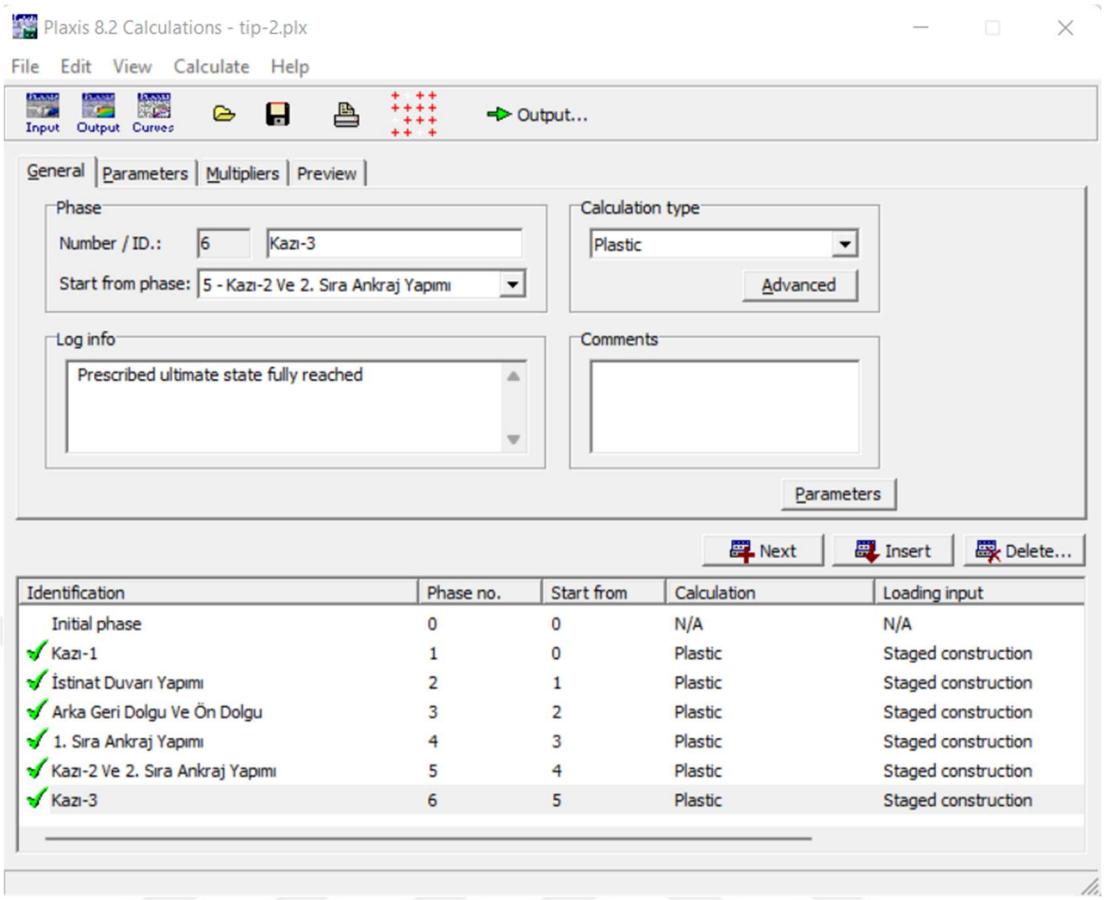
Şekil 7.67: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



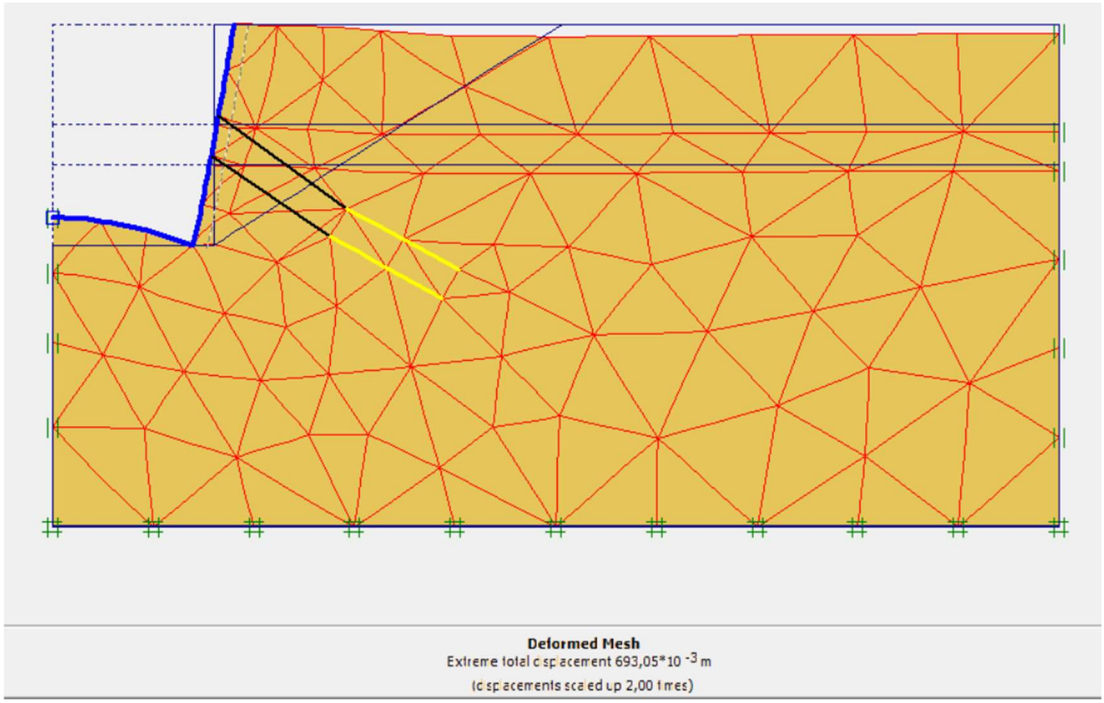
Şekil 7.68: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



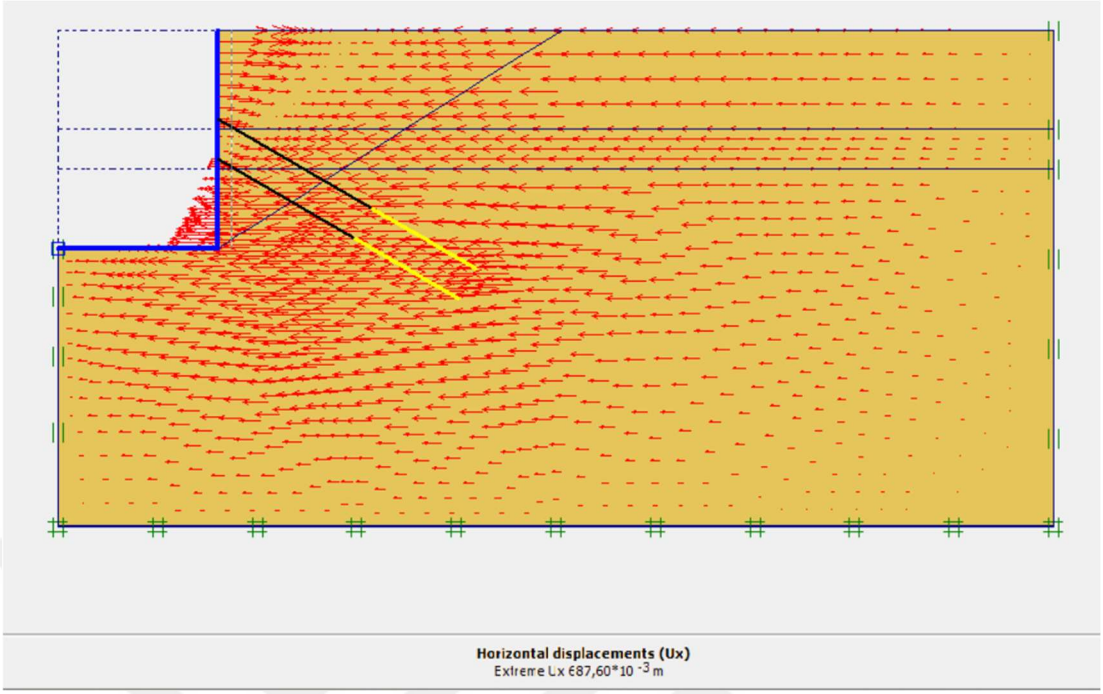
Şekil 7.69: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



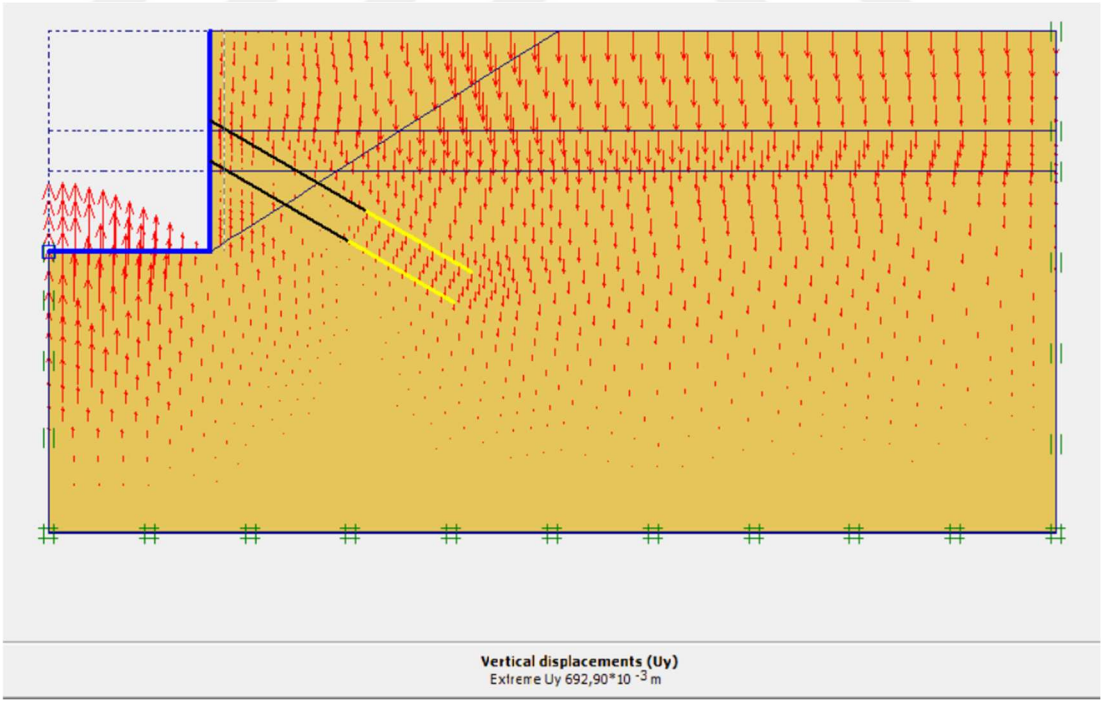
Şekil 7.70: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



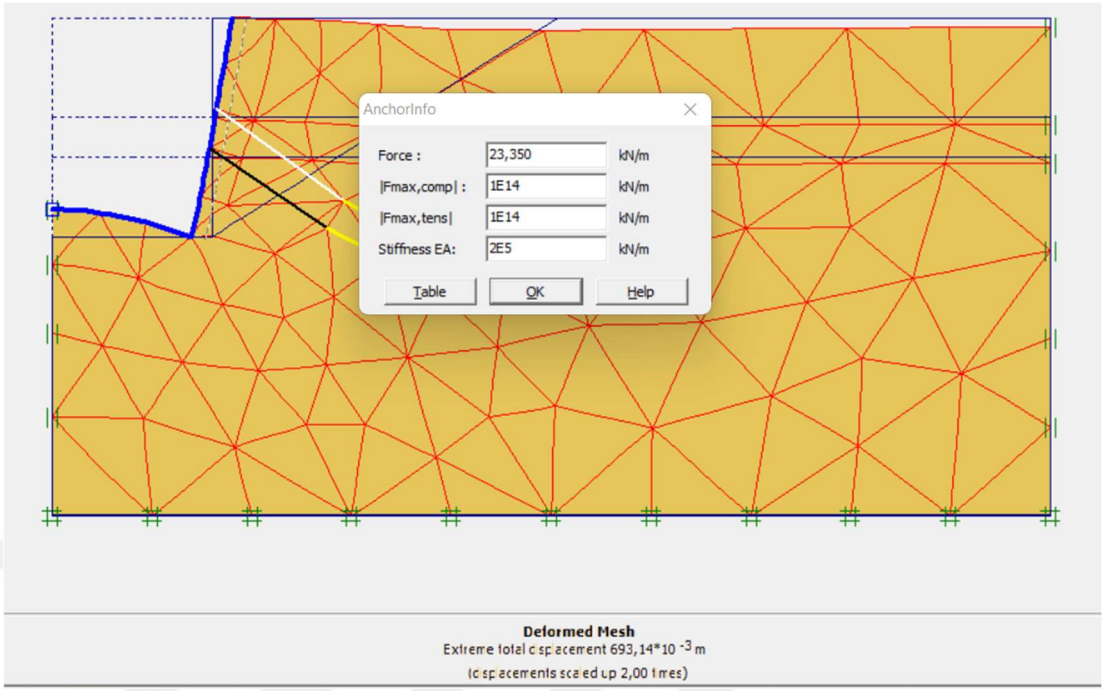
Şekil 7.71: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli-1.



Şekil 7.72: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

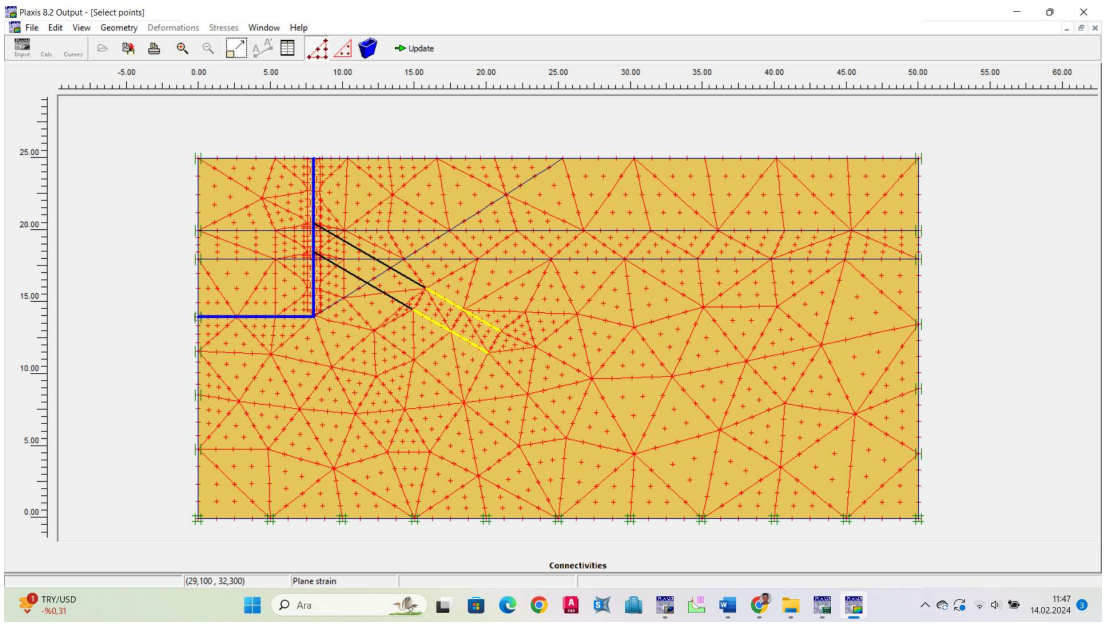


Şekil 7.73: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

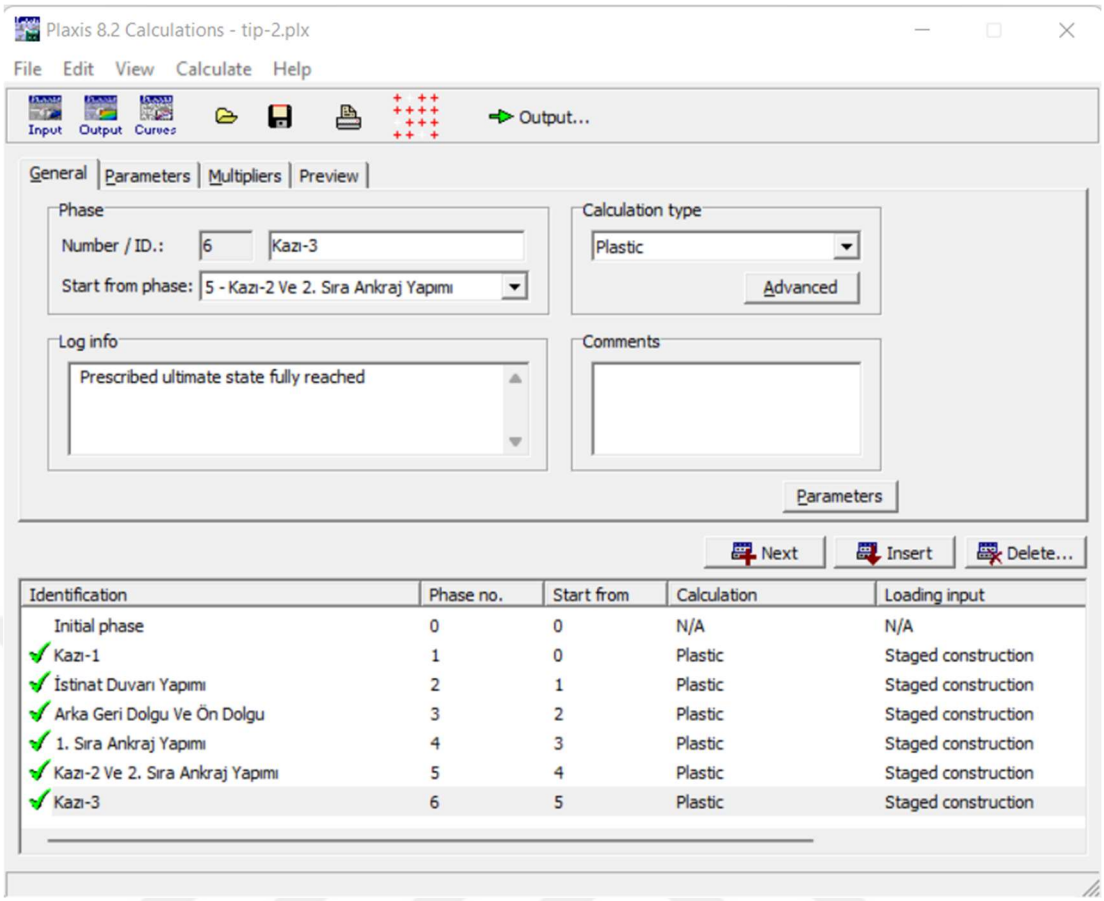


Şekil 7.74: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

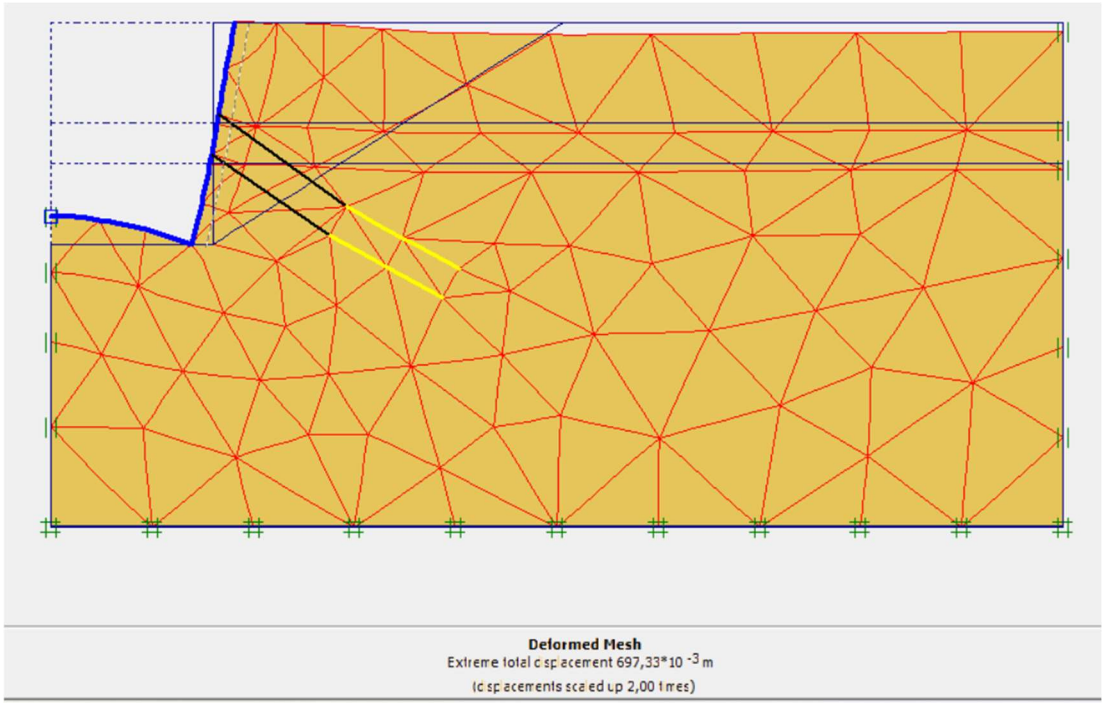
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



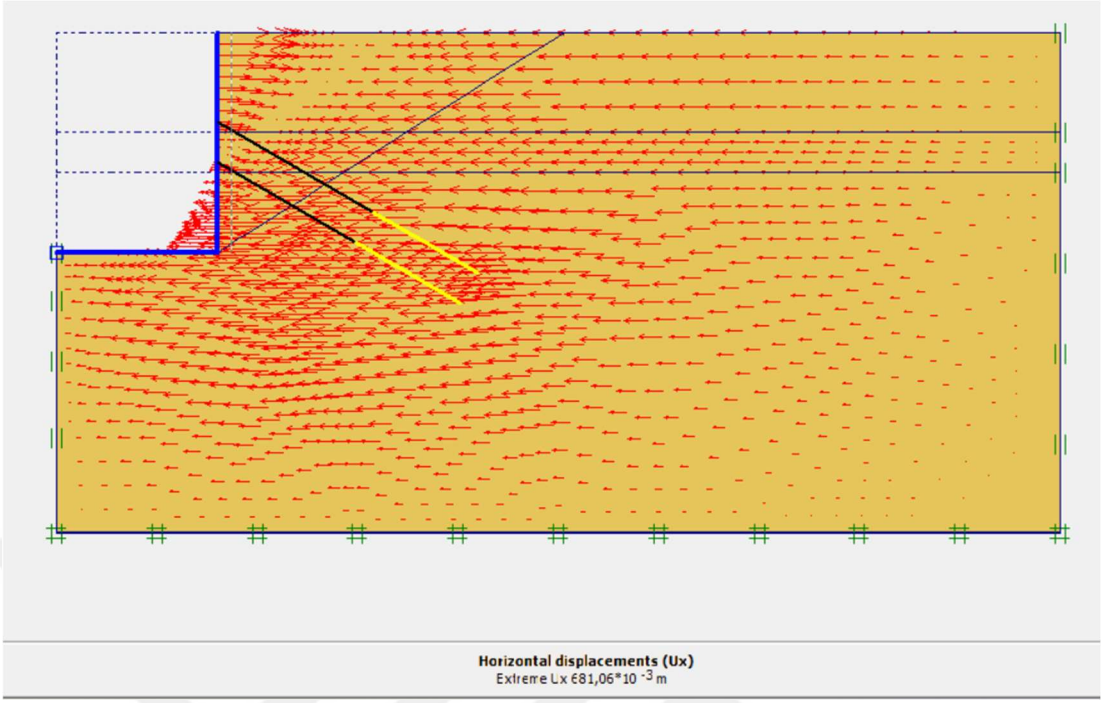
Şekil 7.75: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



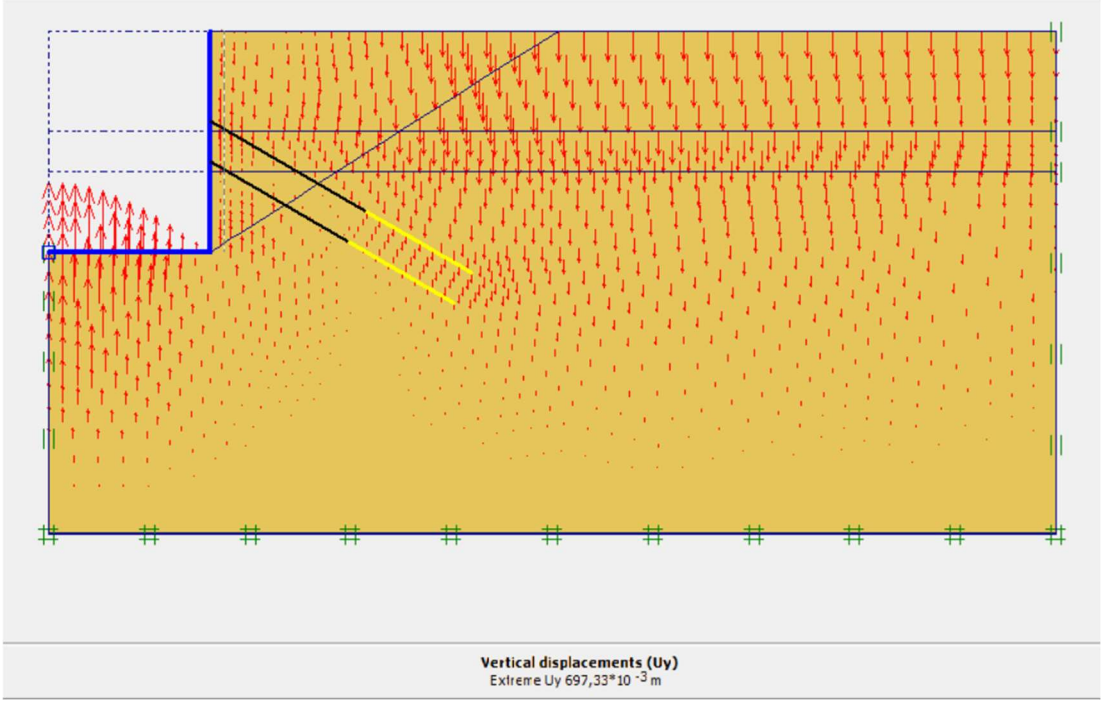
Şekil 7.76: Killi Zemin Etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



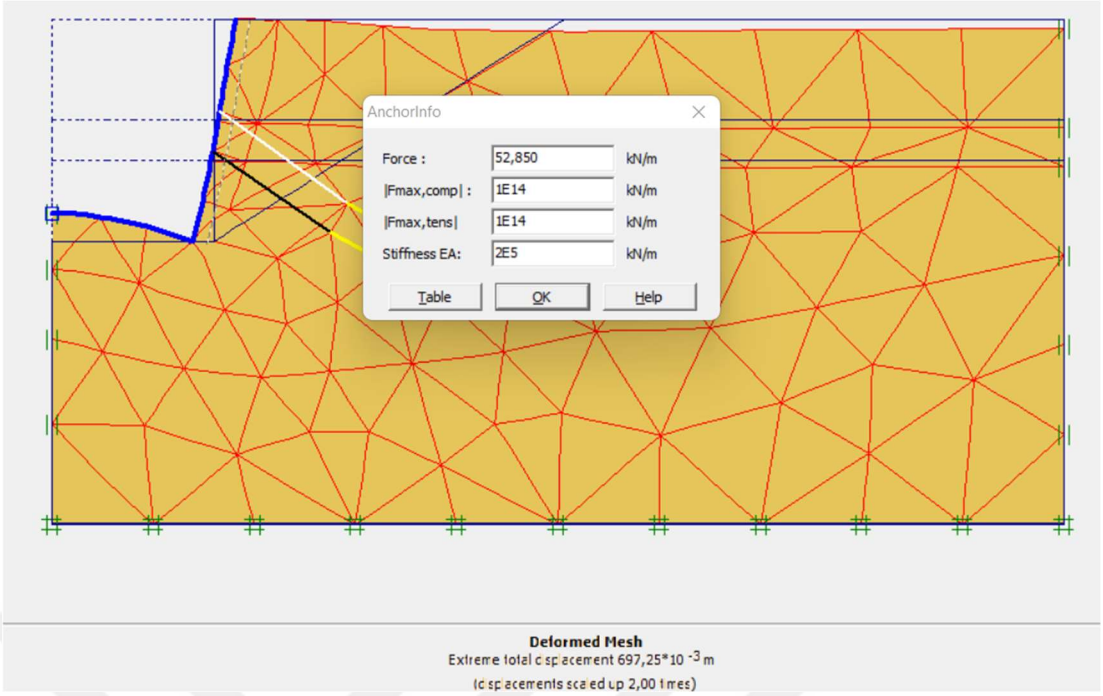
Şekil 7.77: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.78: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.79: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

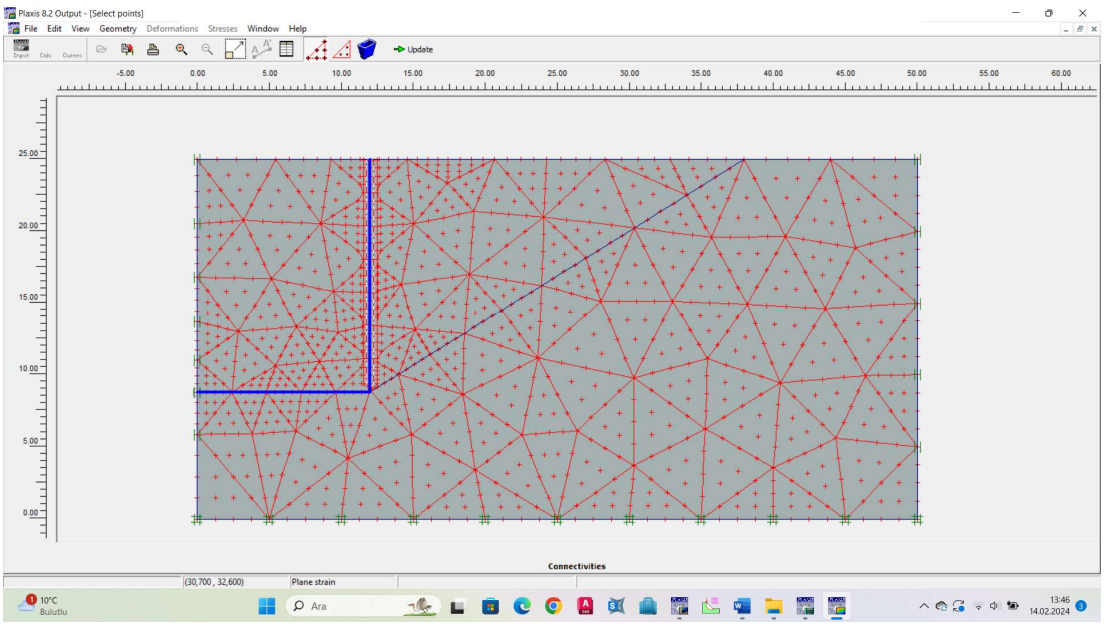


Şekil 7.80: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

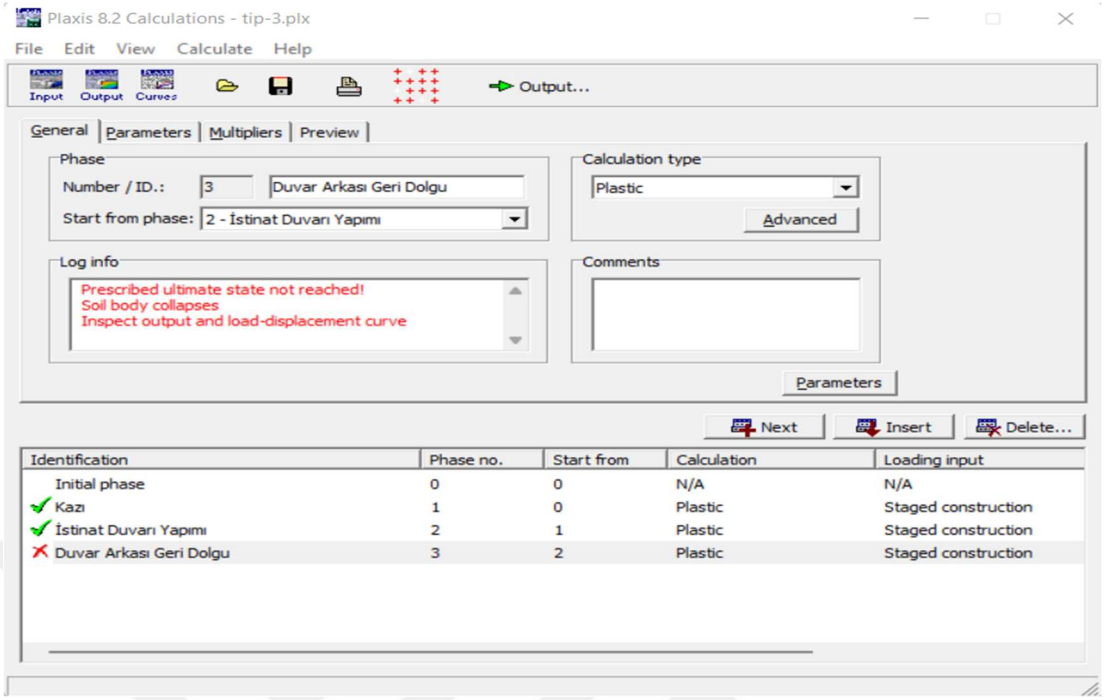
7.1.1.3 TİP-3 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

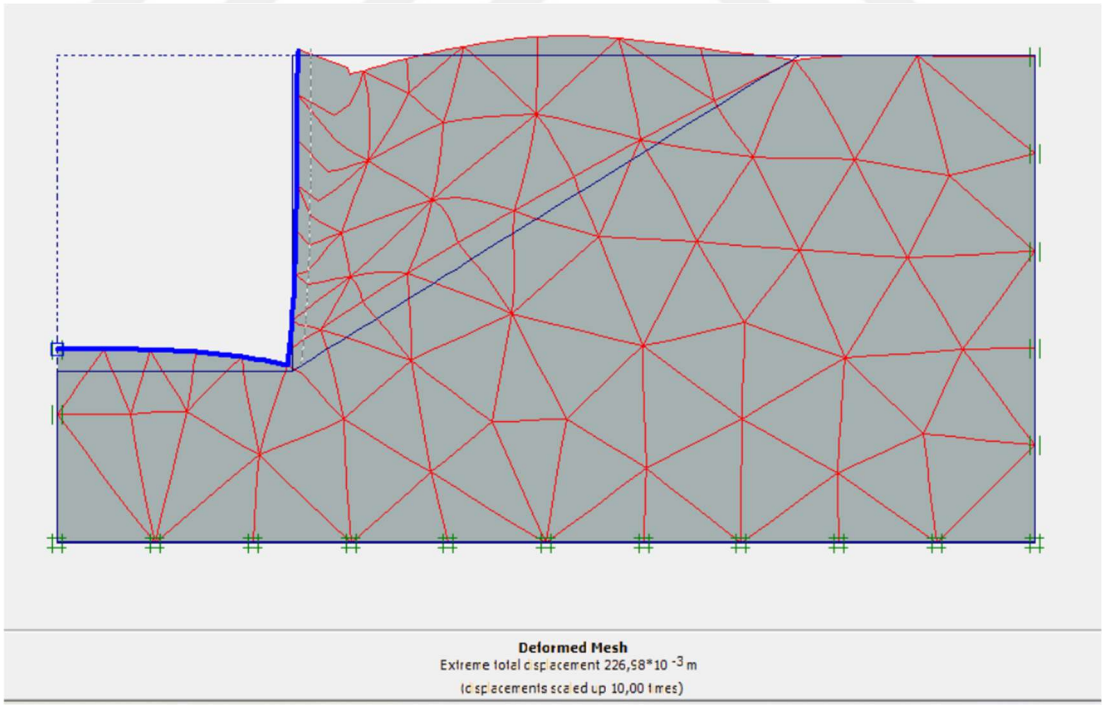
Ankrajsız Kumlu Zemin Durumunda;



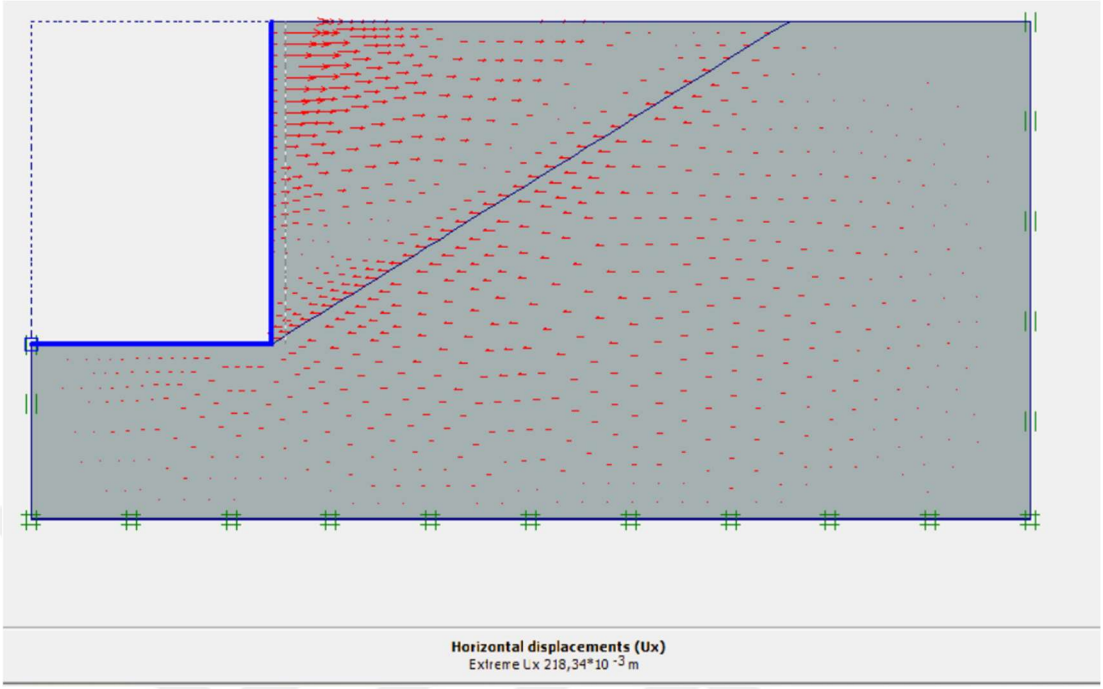
Şekil 7.81: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



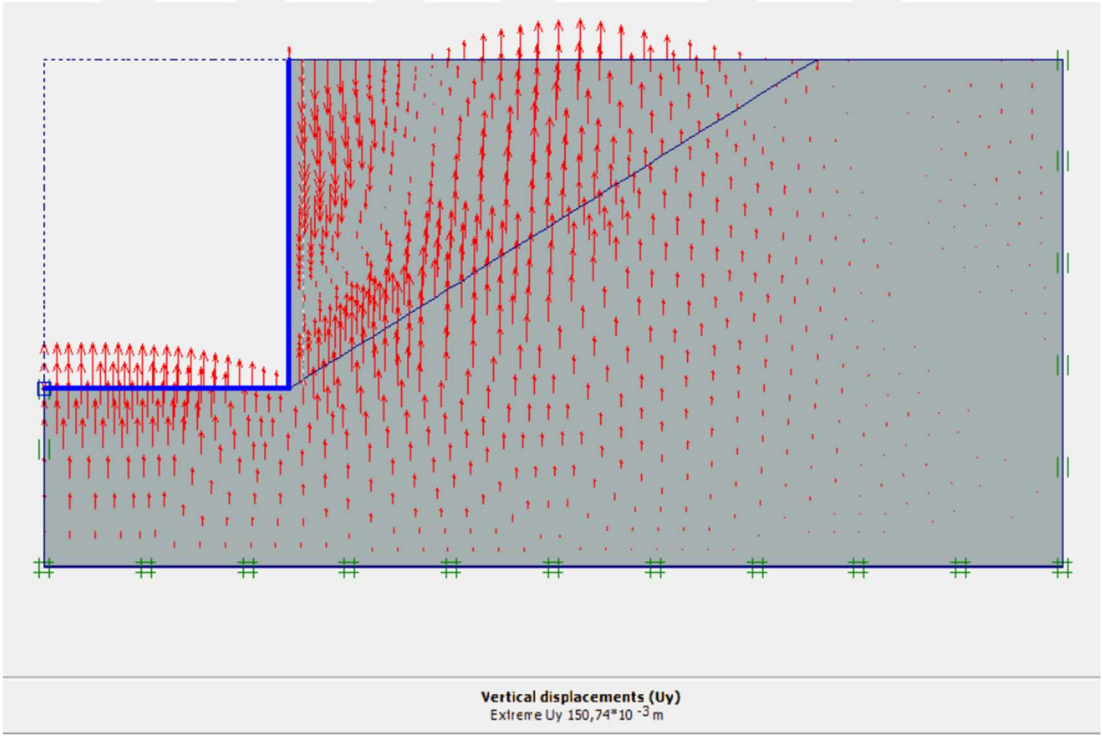
Şekil 7.82: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.83: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



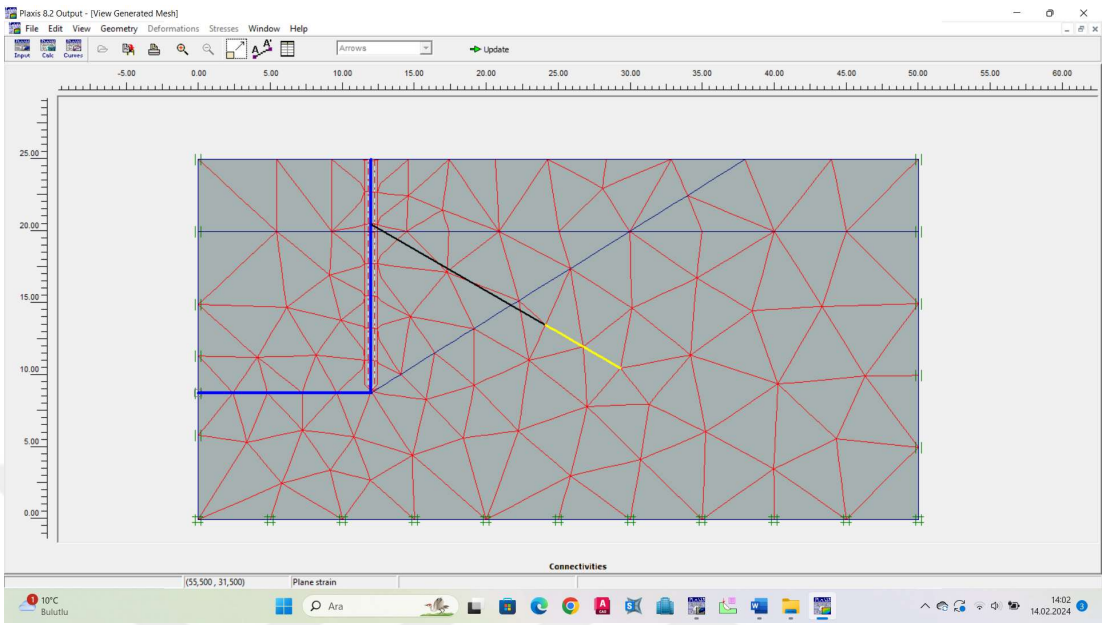
Şekil 7.84: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



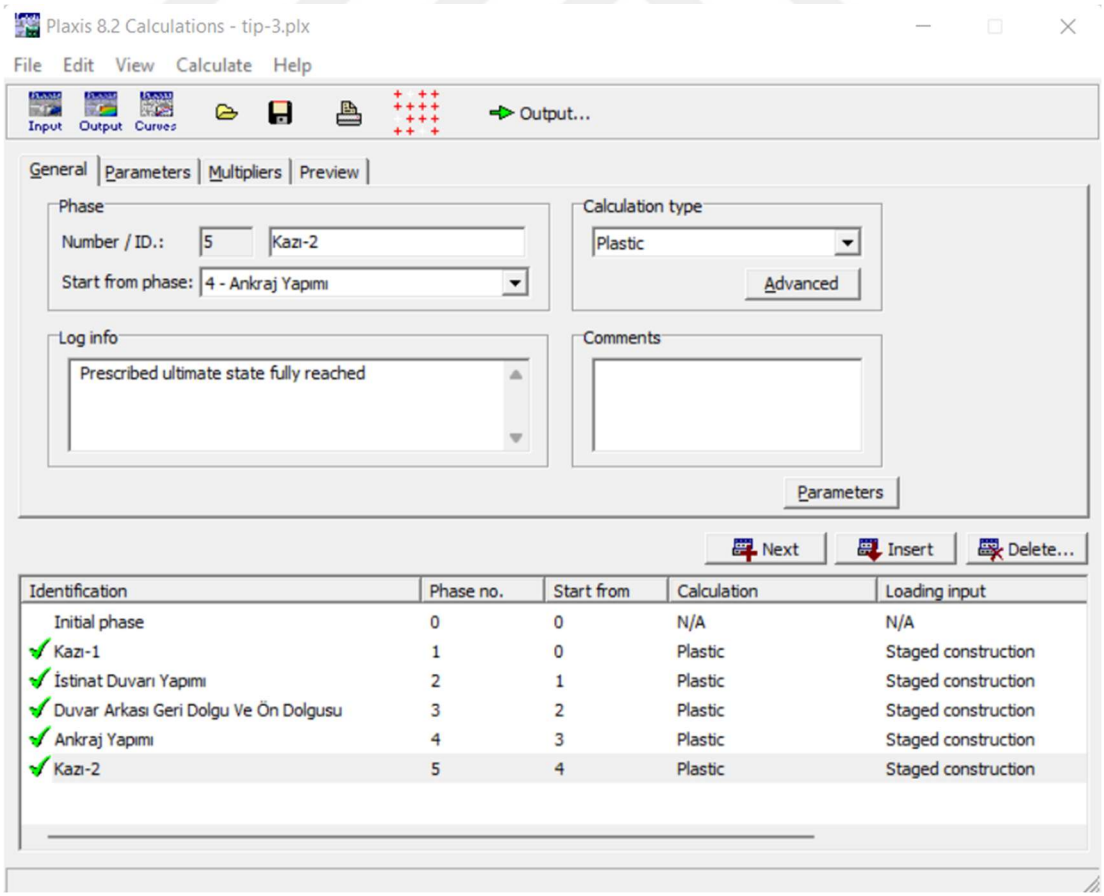
Şekil 7.85: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

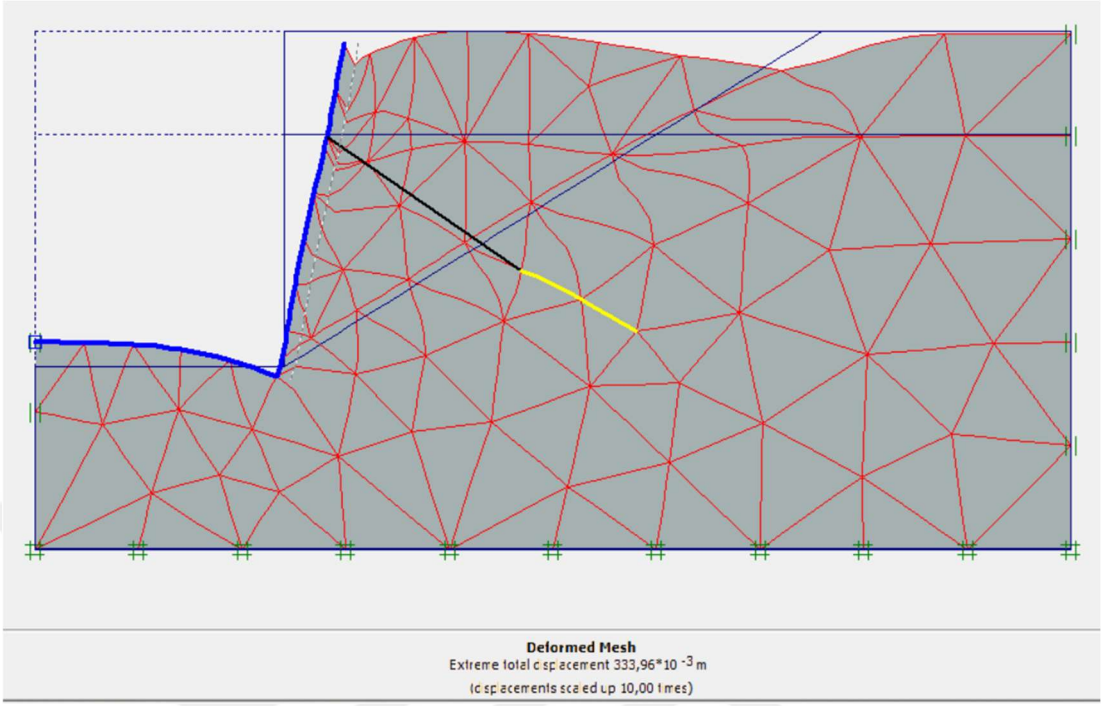
- Basit ankraj durumunda;



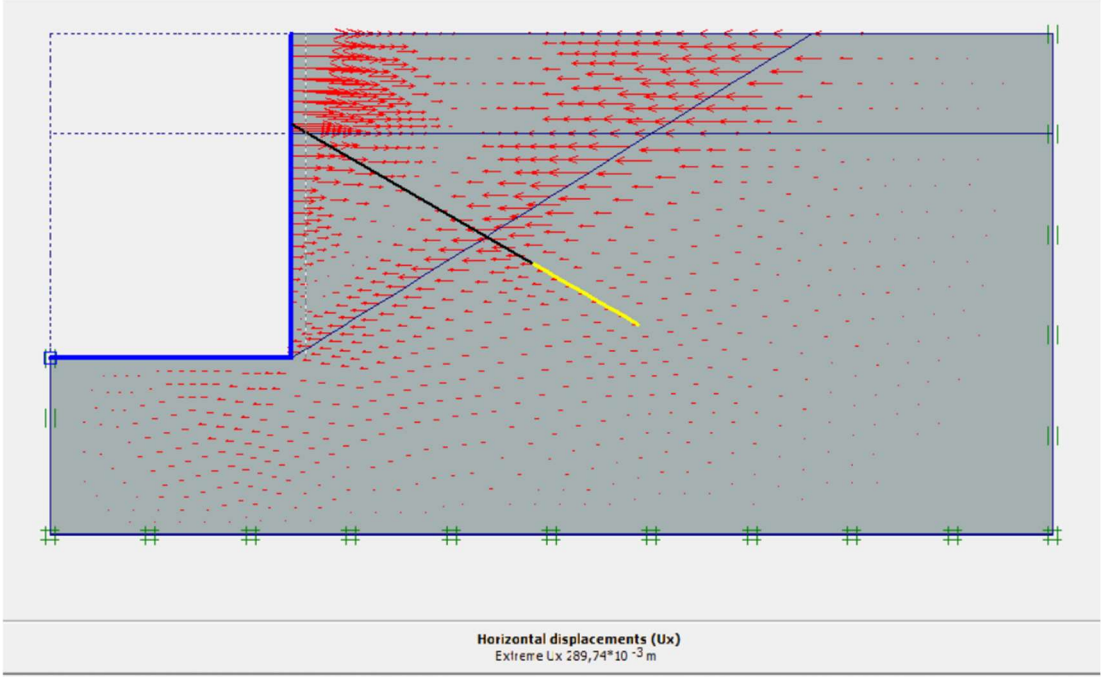
Şekil 7.86: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



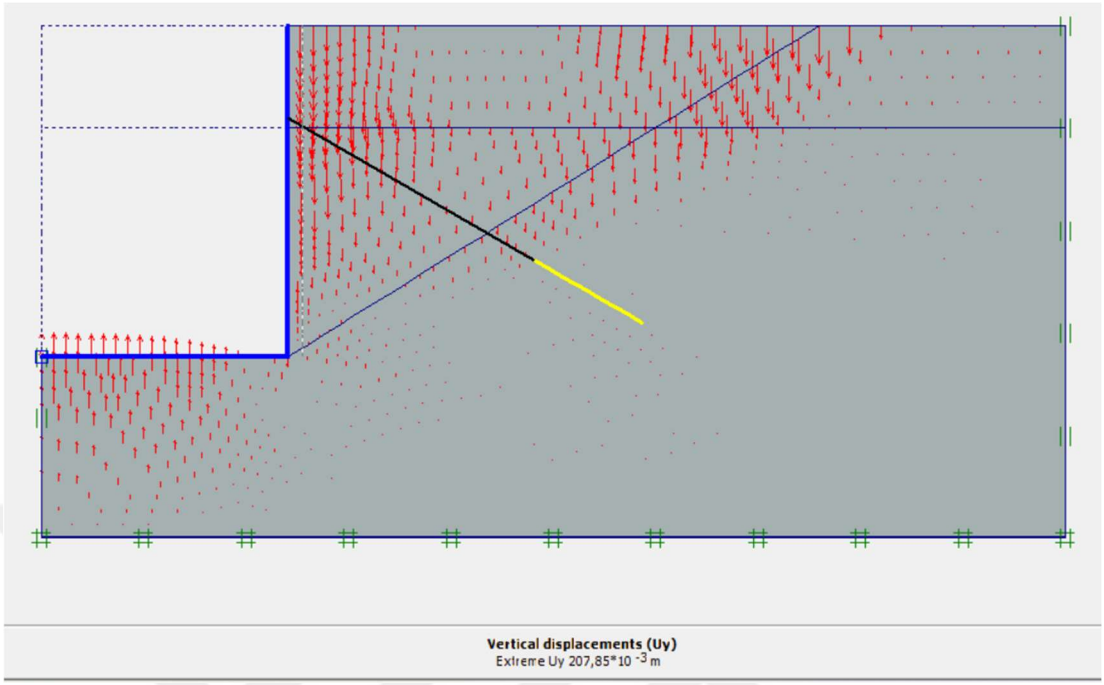
Şekil 7.87: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



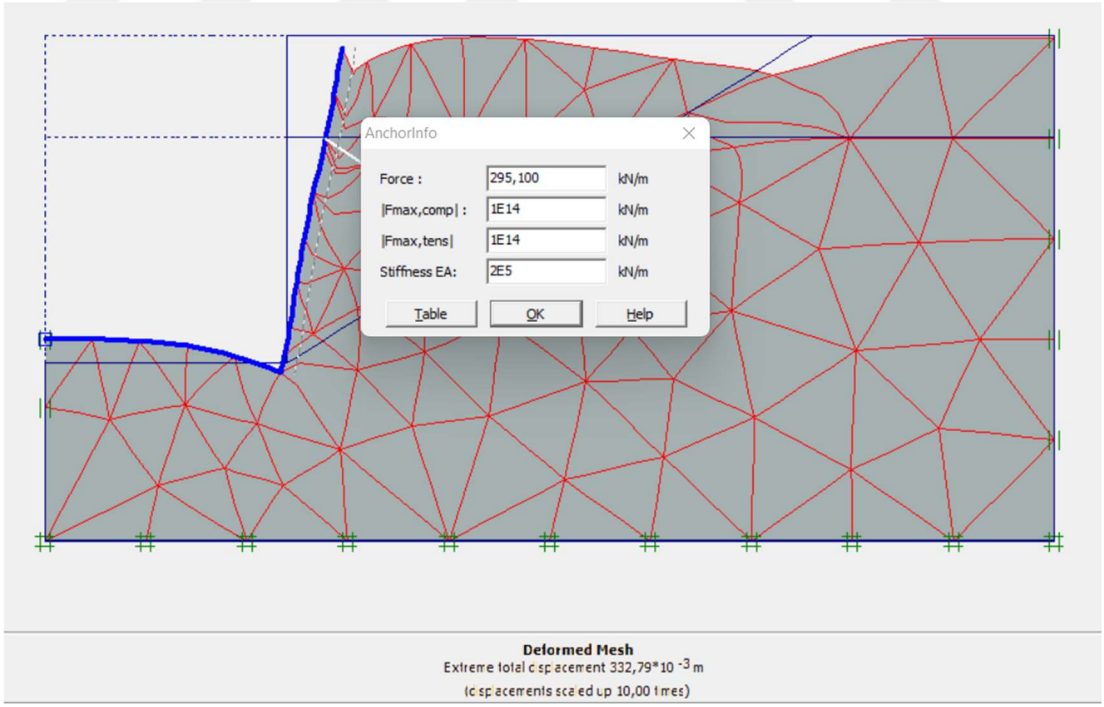
Şekil 7.88: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



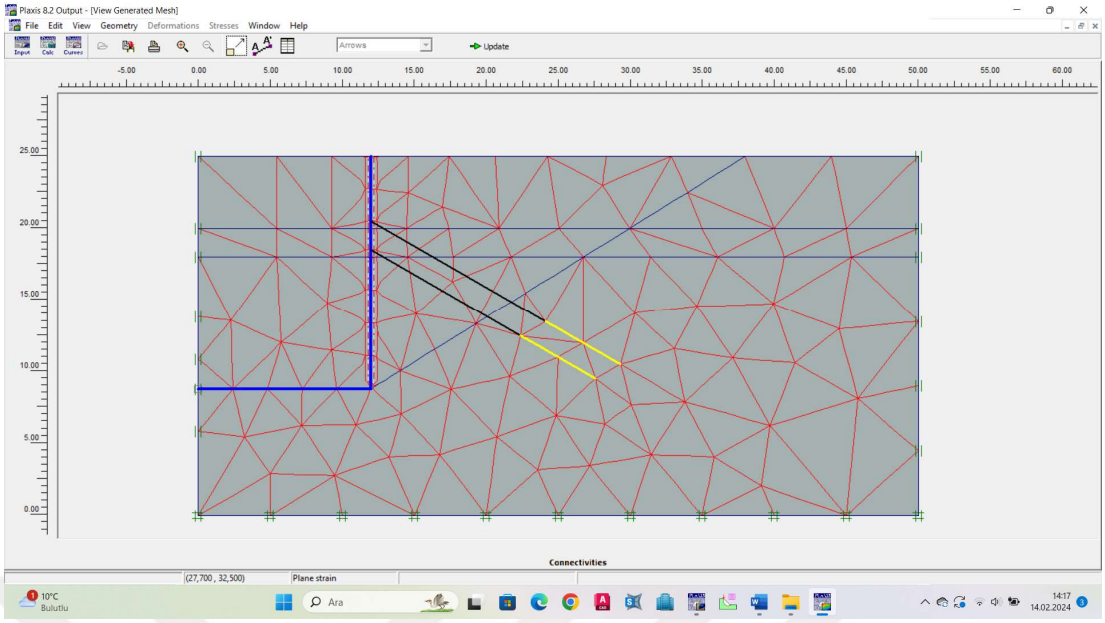
Şekil 7.89: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



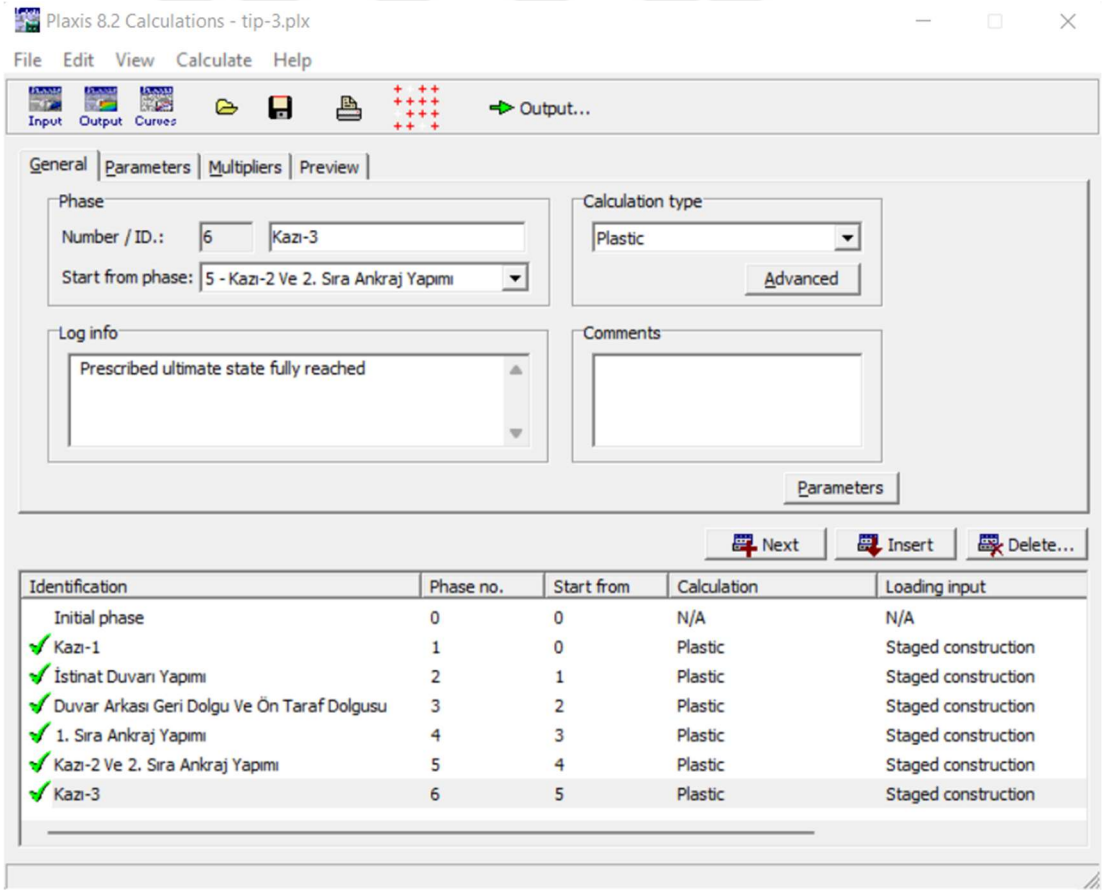
Şekil 7.90: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



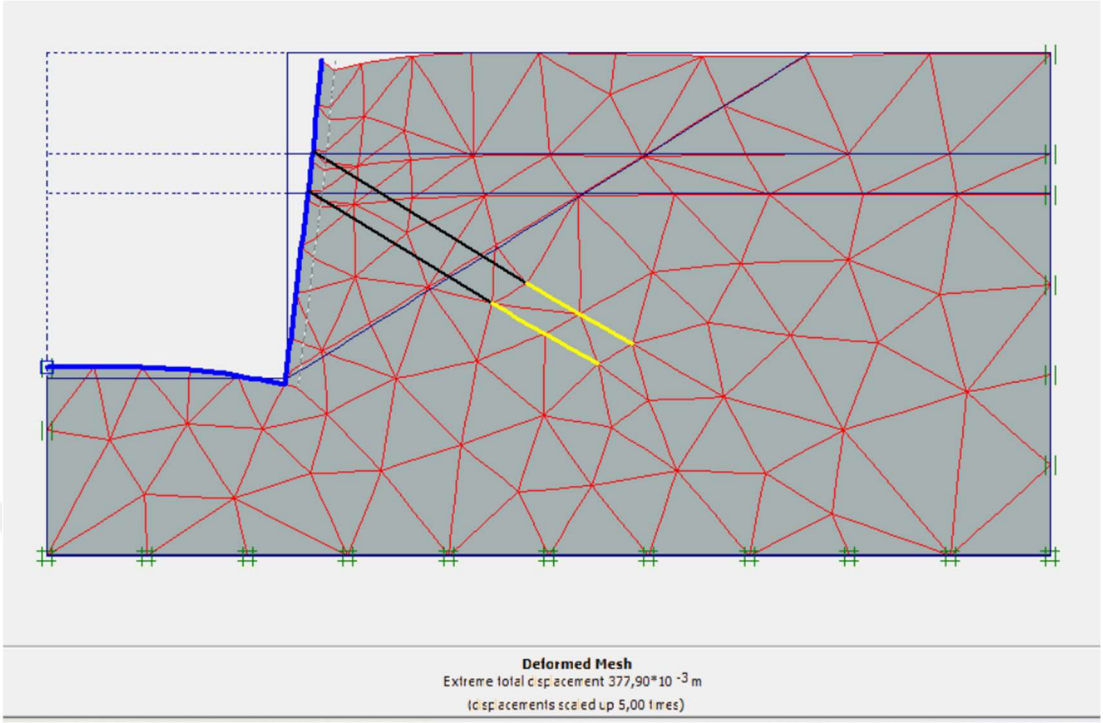
Şekil 7.91: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



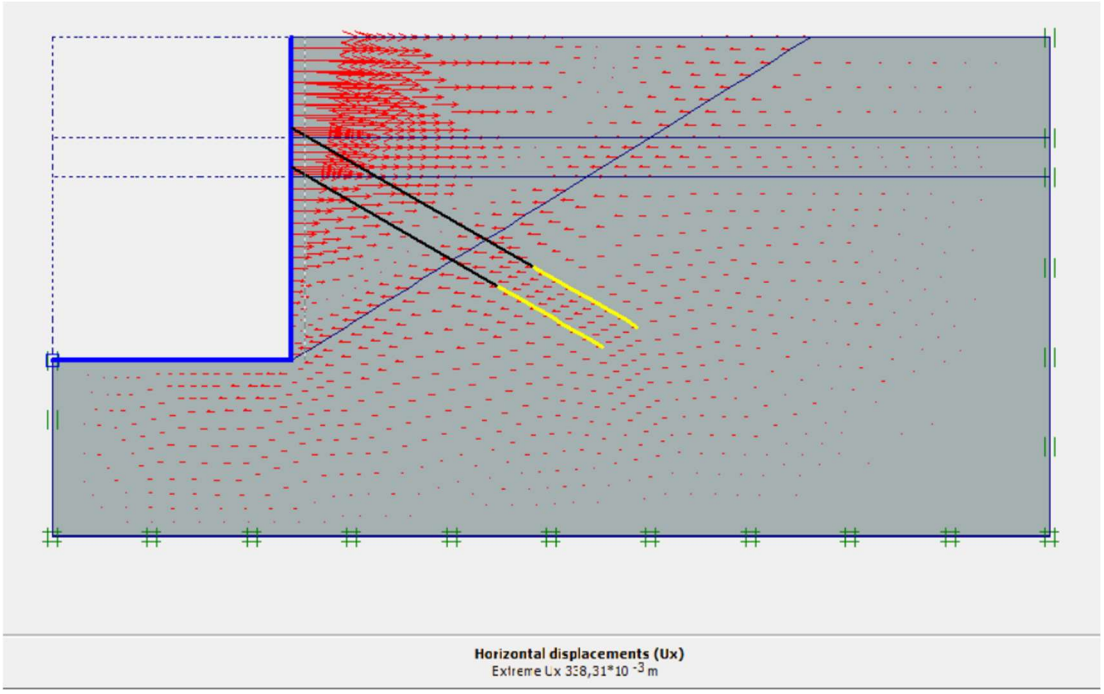
Şekil 7.92: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



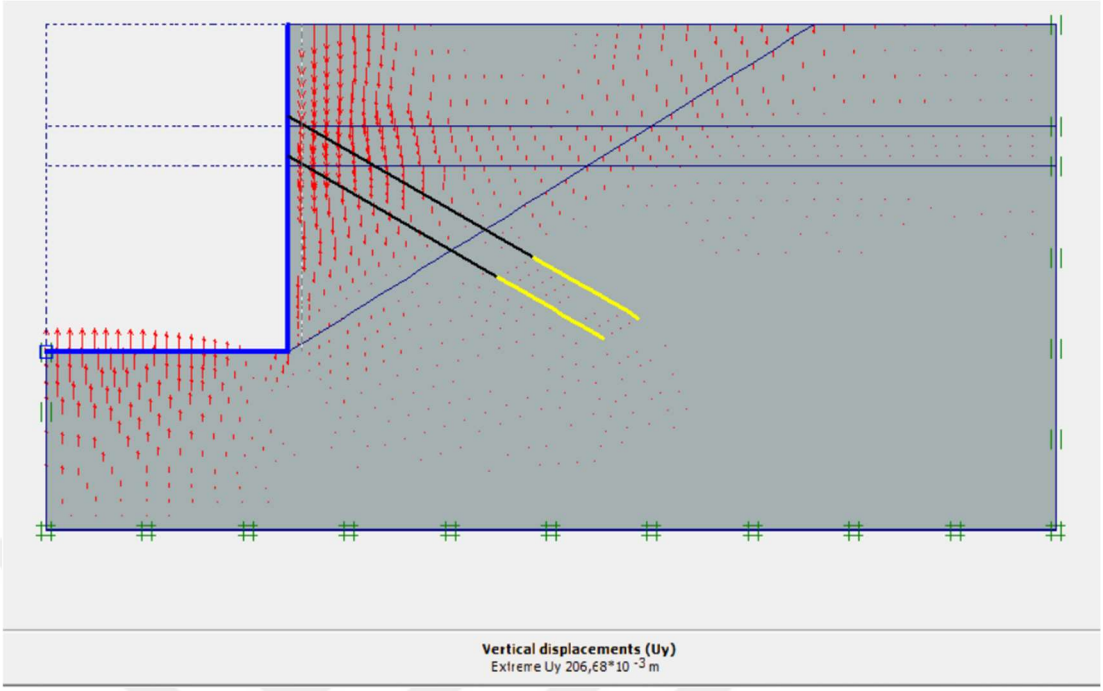
Şekil 7.93: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



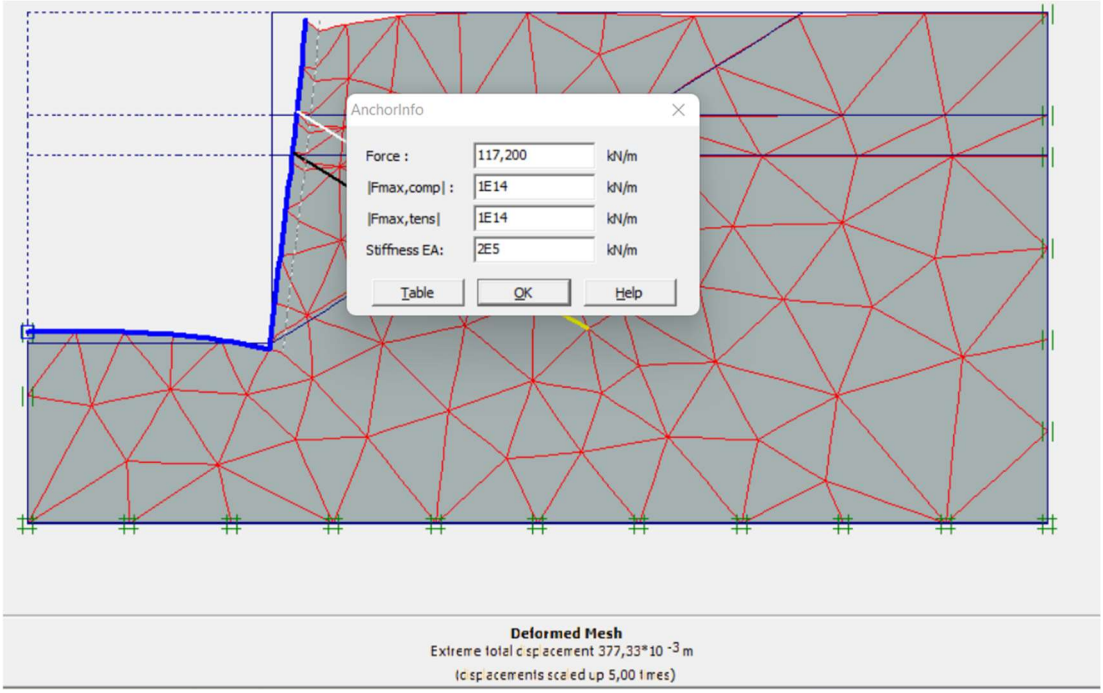
Şekil 7.94: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



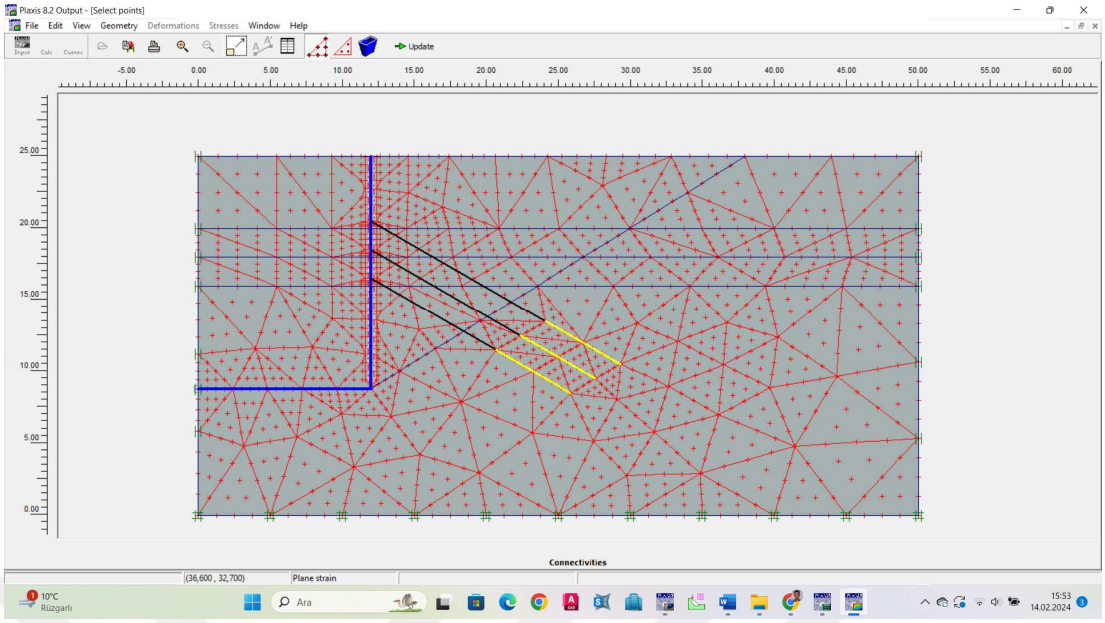
Şekil 7.95: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



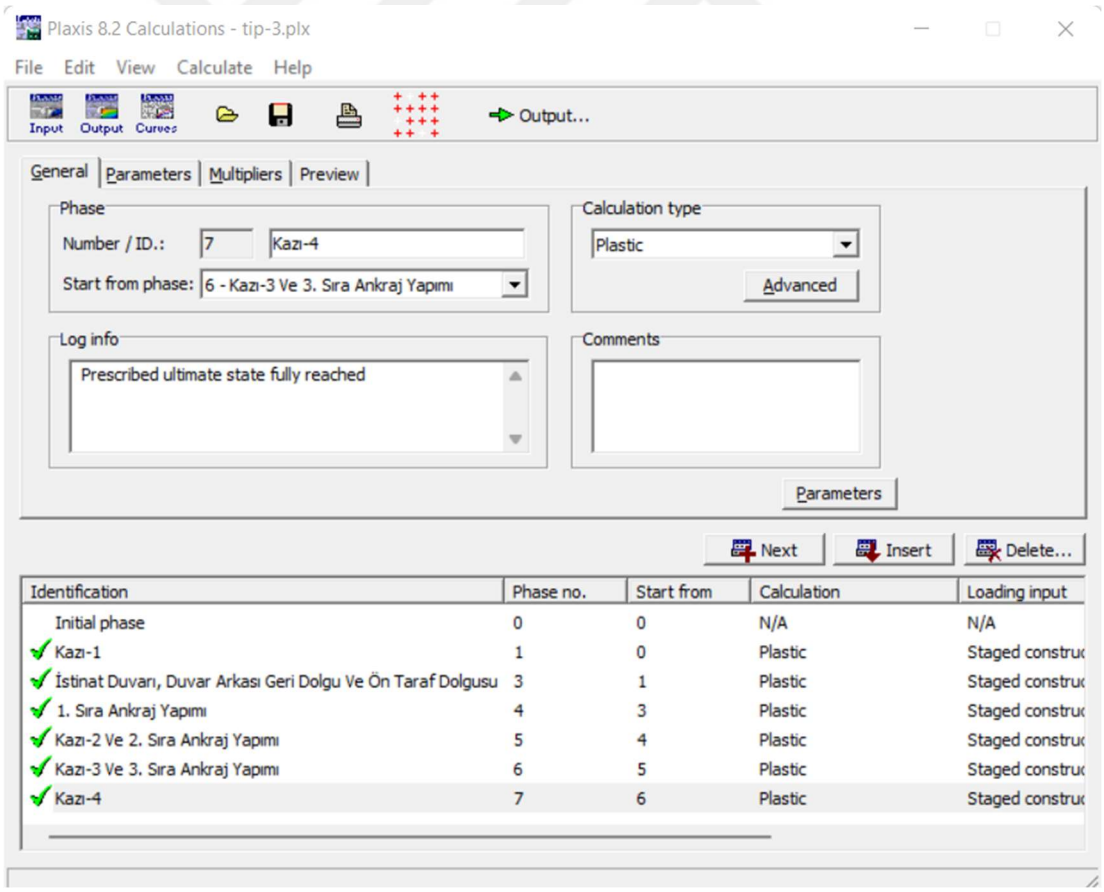
Şekil 7.96: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



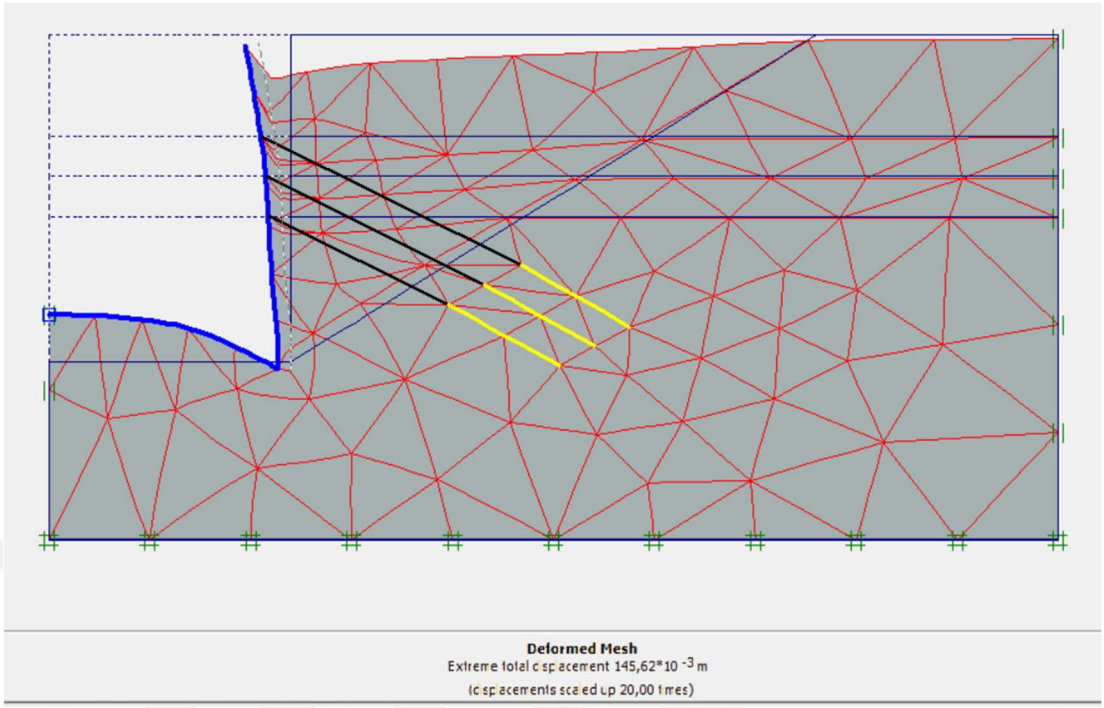
Şekil 7.97: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



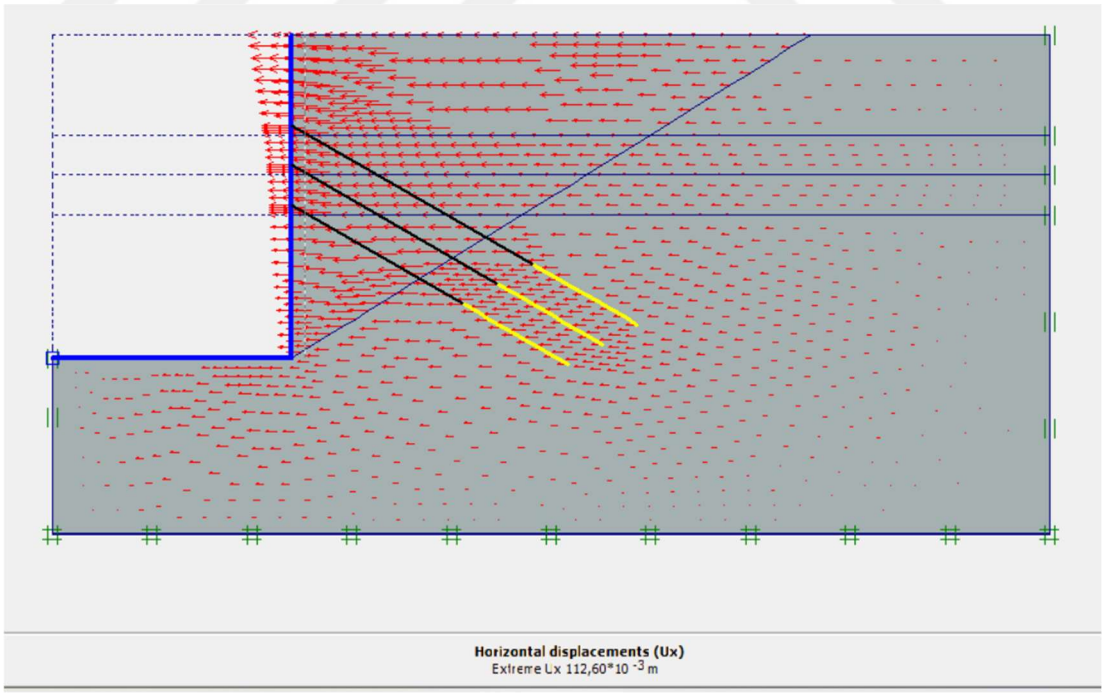
Şekil 7.98: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



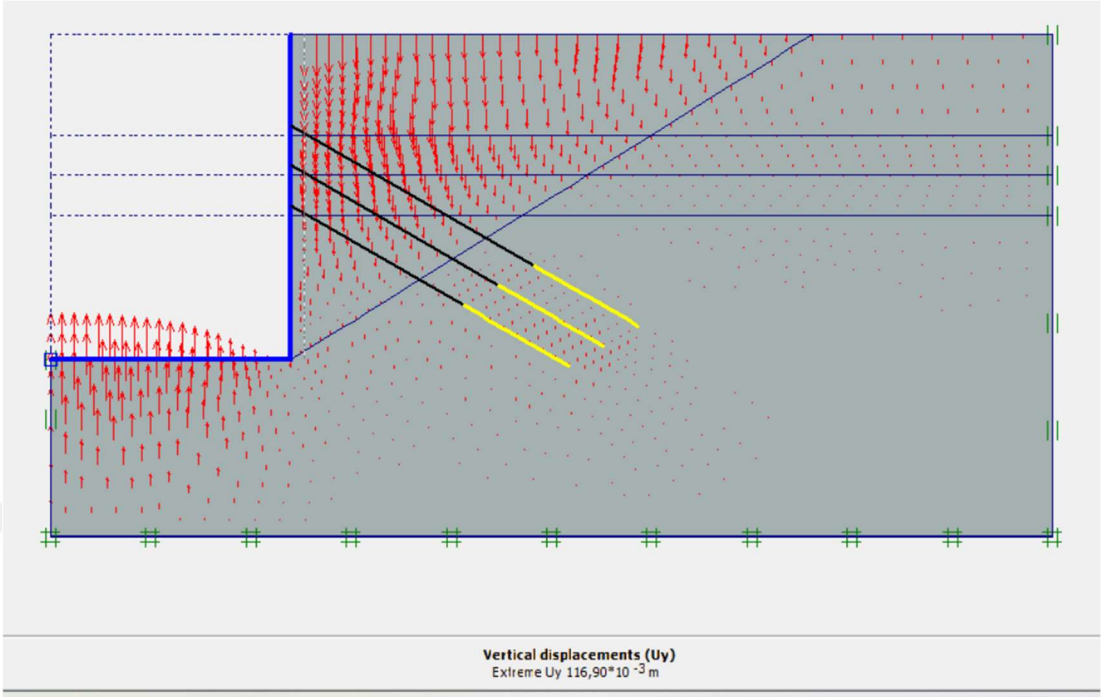
Şekil 7.99: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



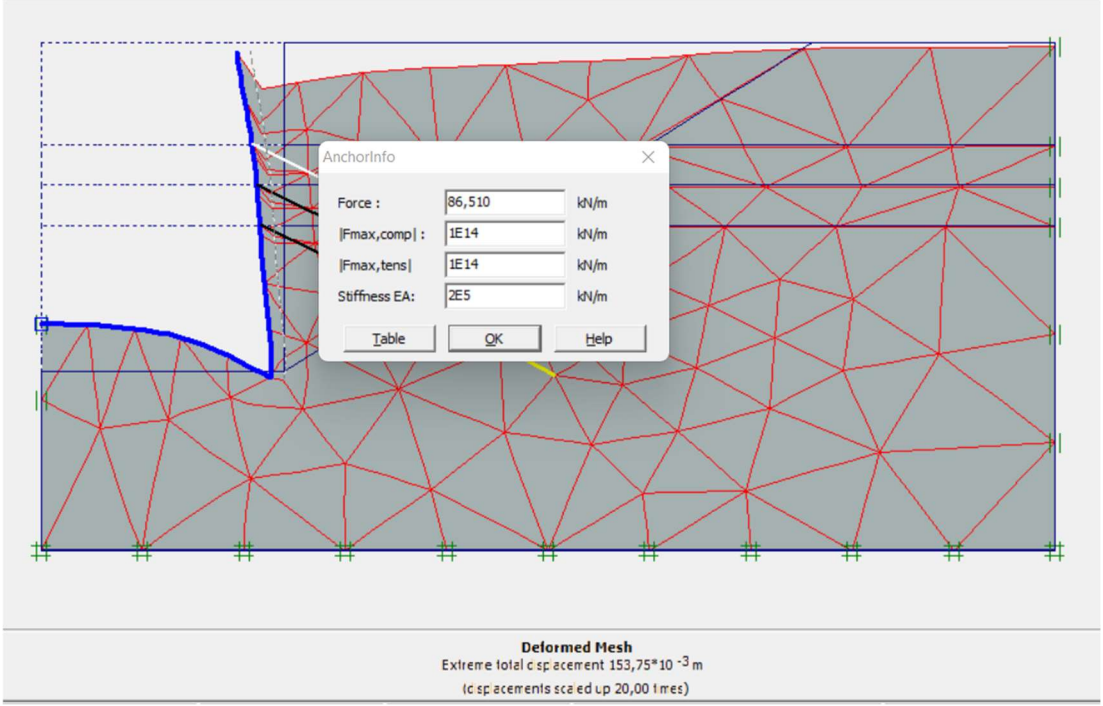
Şekil 7.100: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.101: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

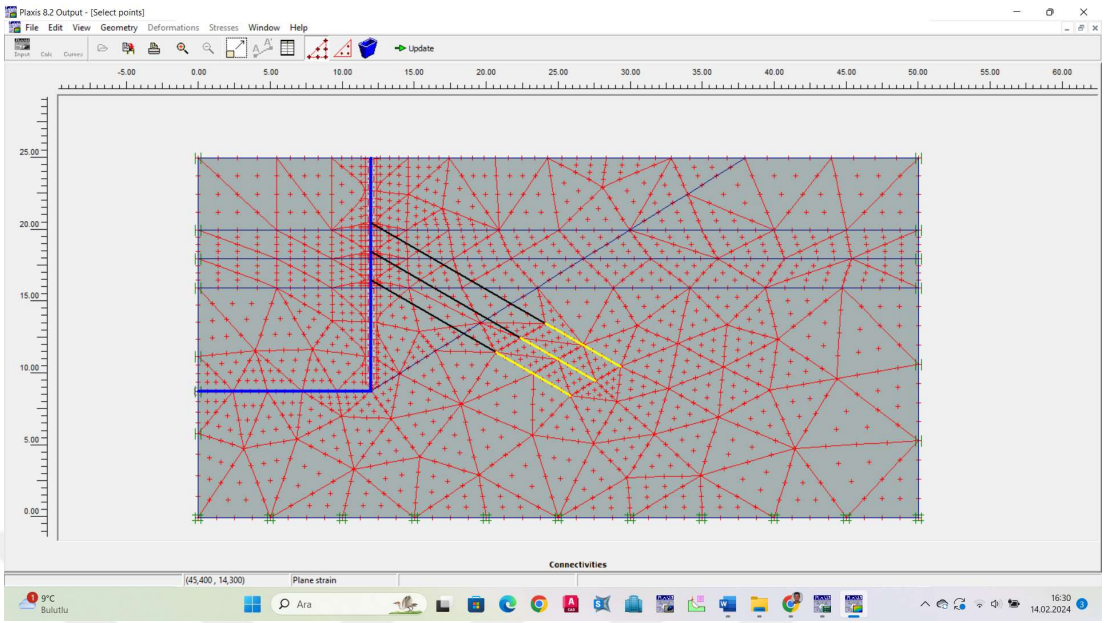


Şekil 7.102: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

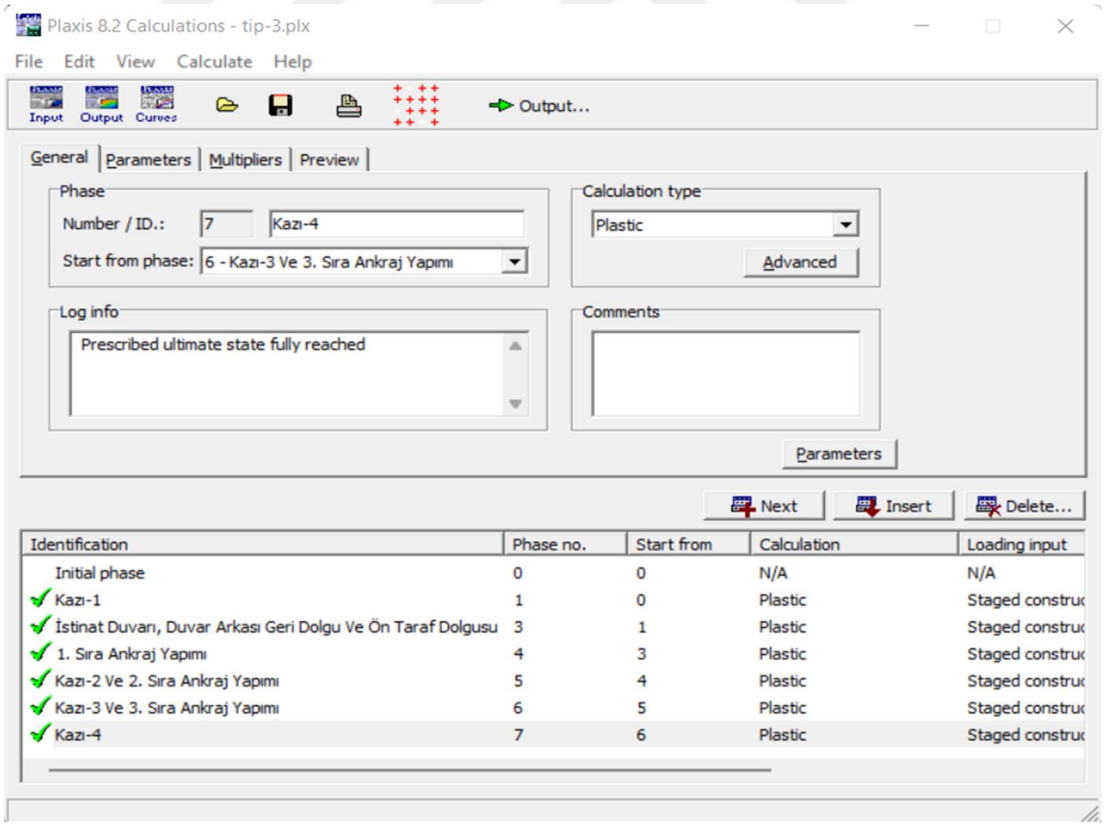


Şekil 7.103: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

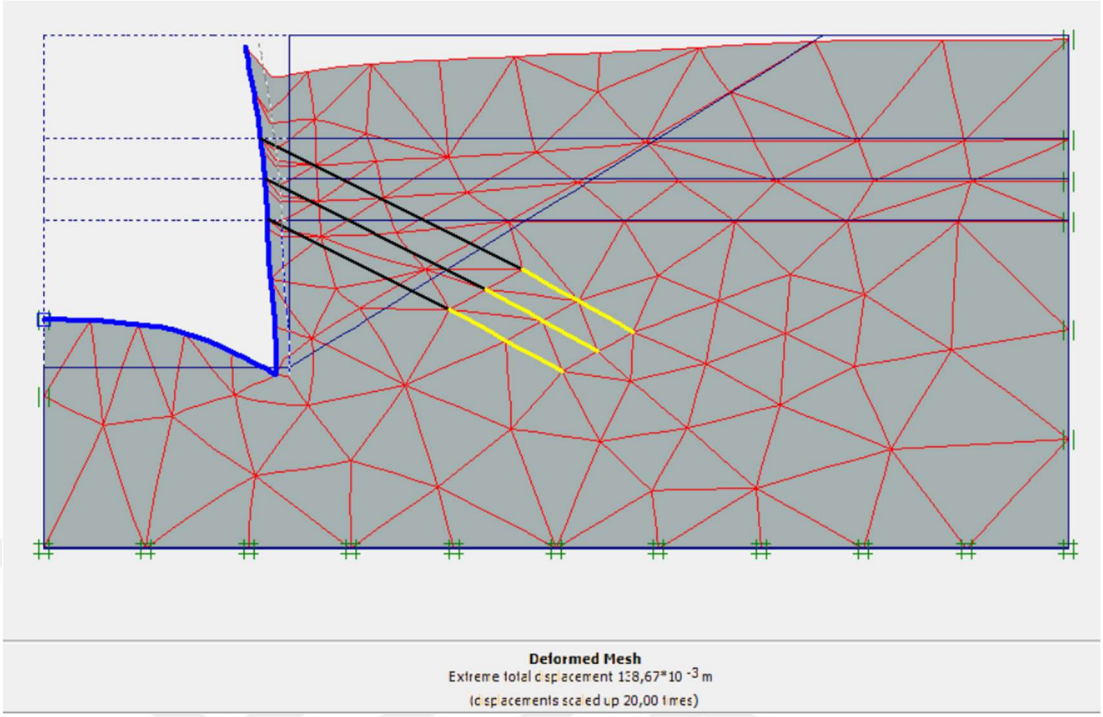
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



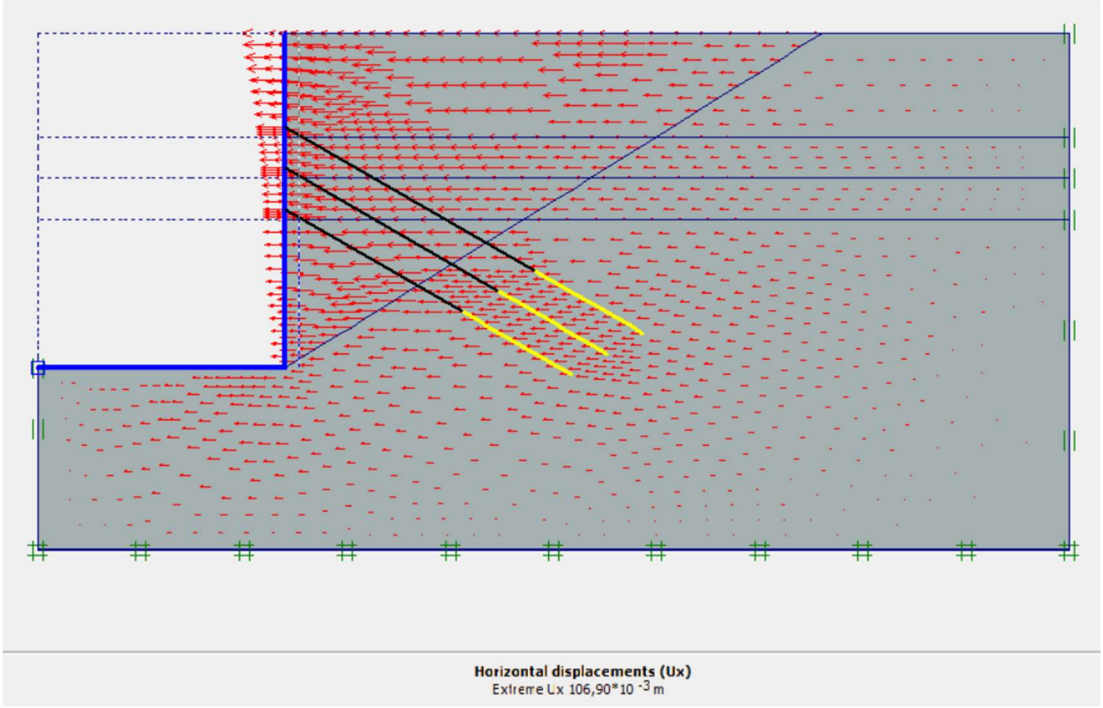
Şekil 7.104: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



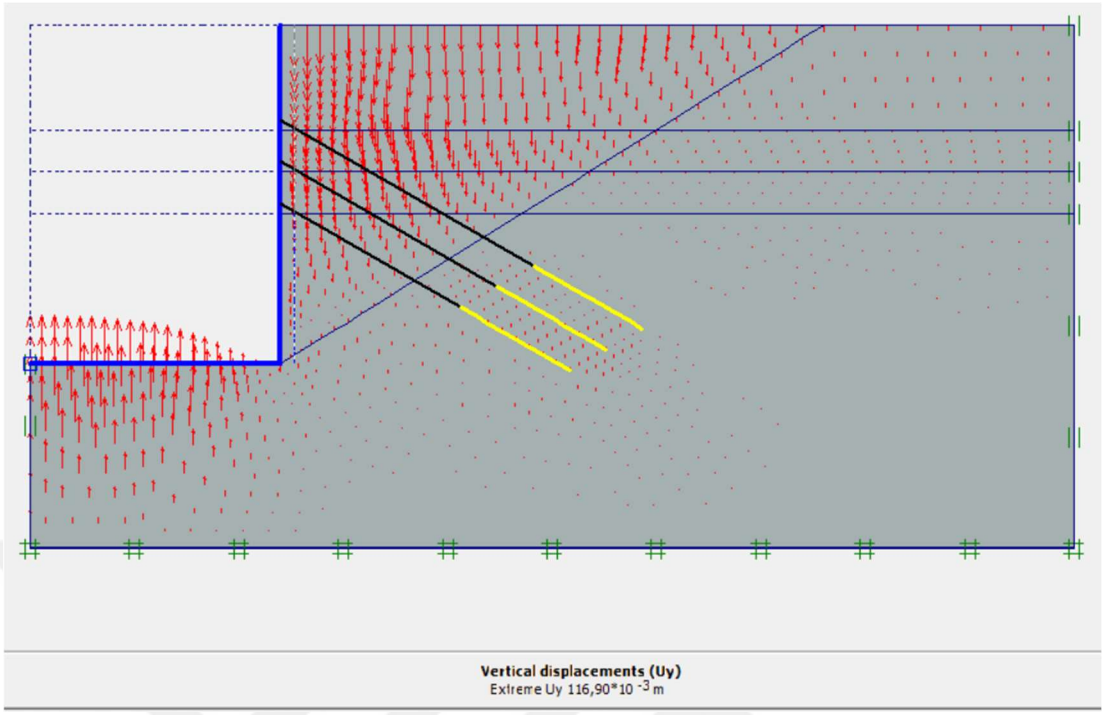
Şekil 7.105: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



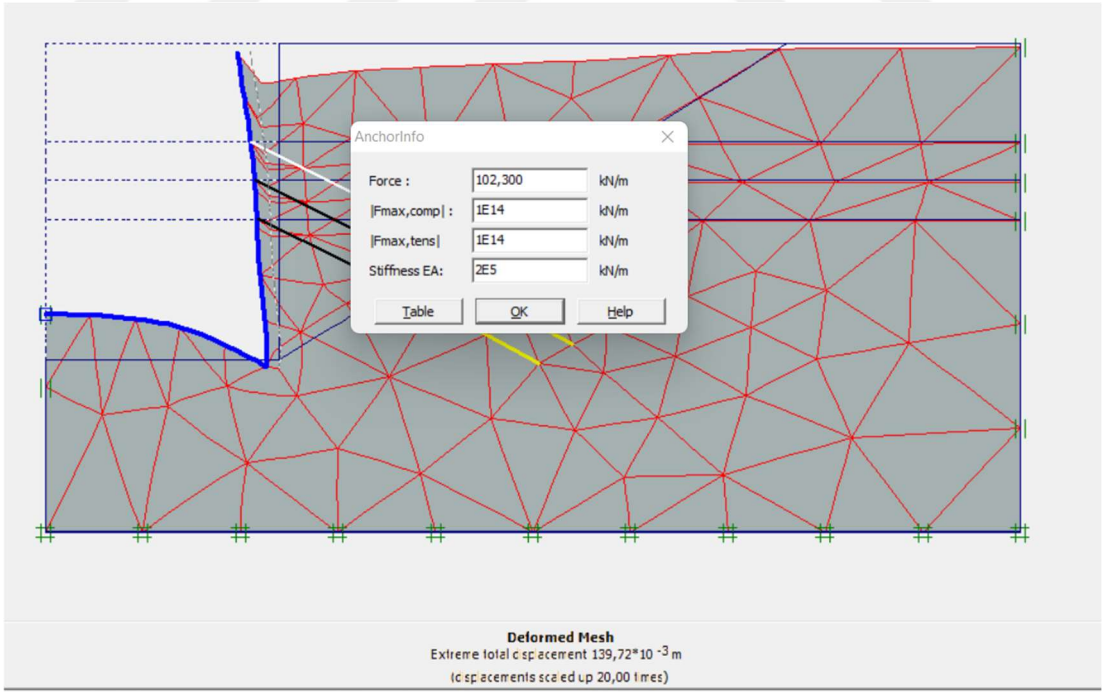
Şekil 7.106: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.107: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

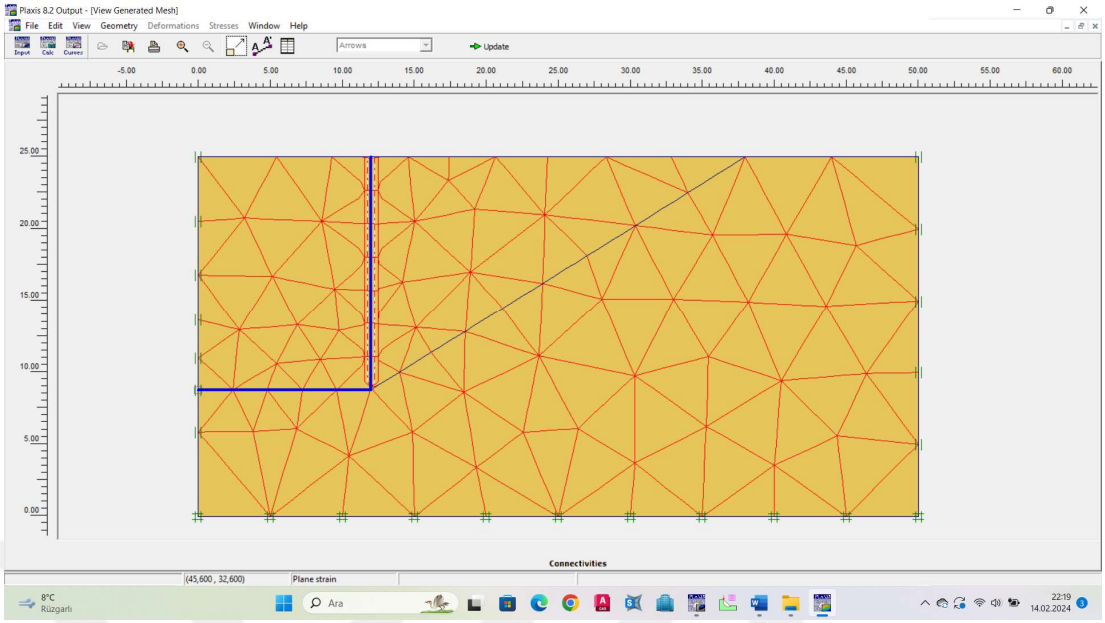


Şekil 7.108: Kumlu Zemin Etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

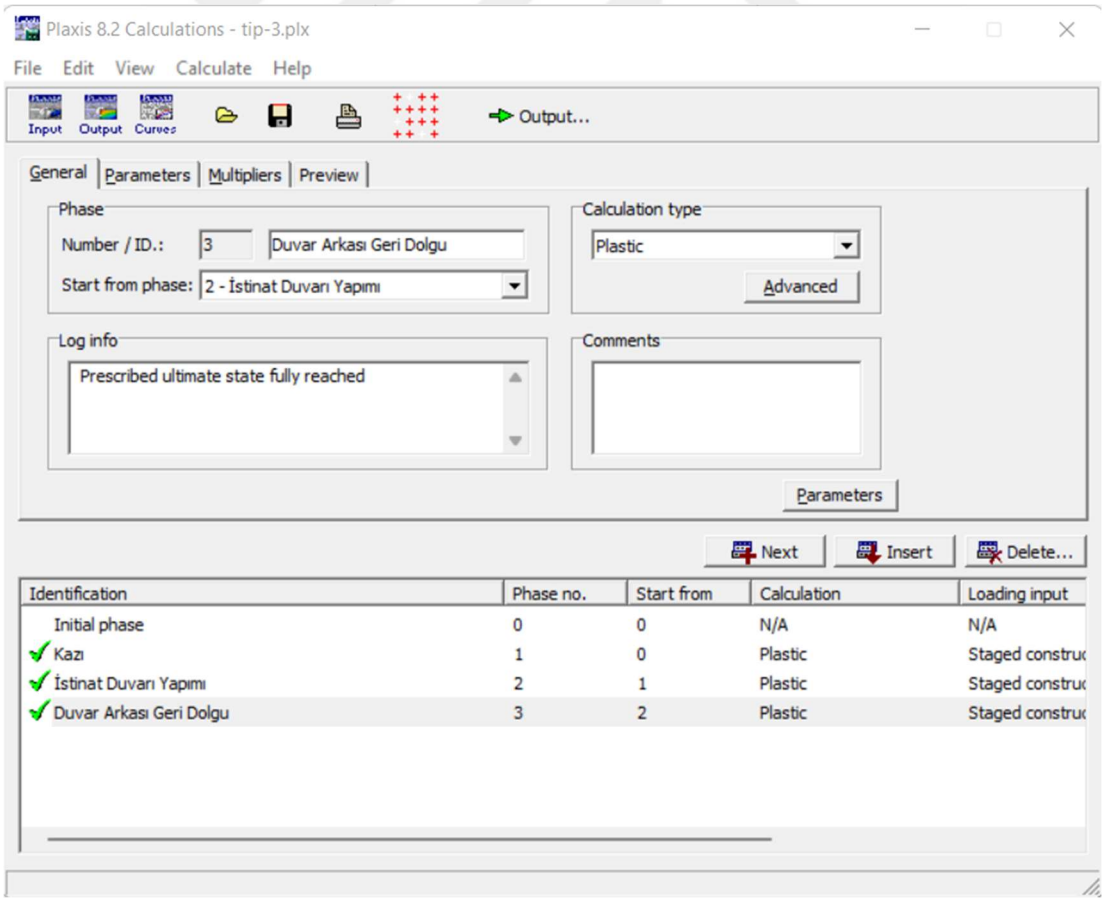


Şekil 7.109: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

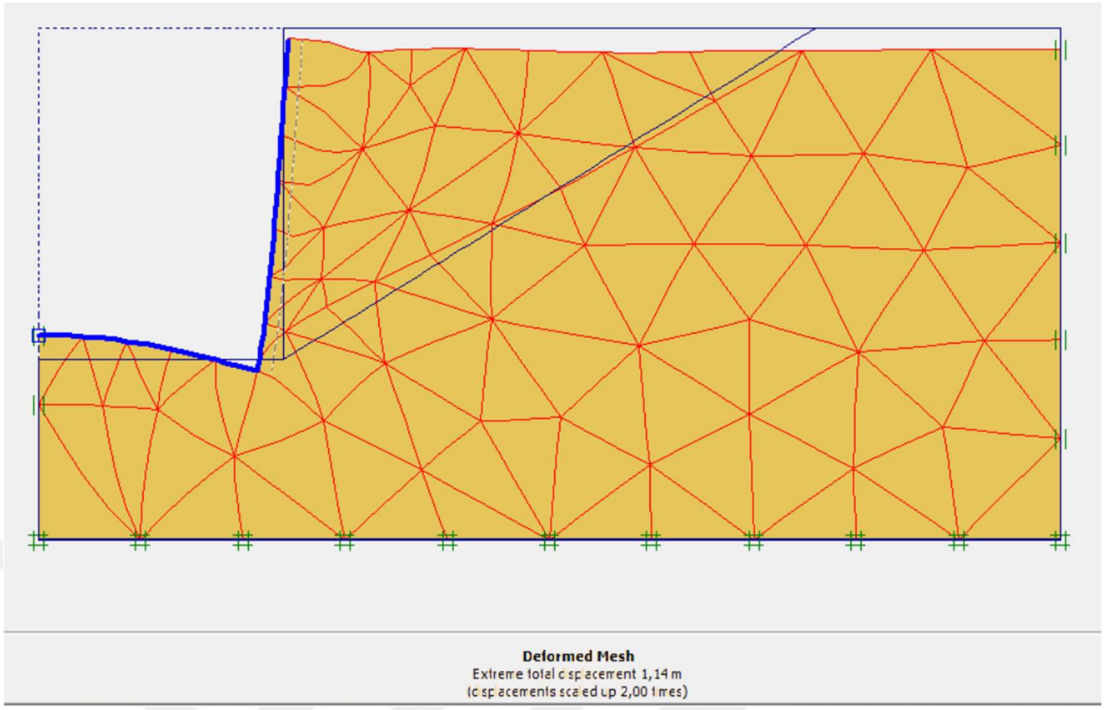
Ankrajsız Killi Zemin Durumunda;



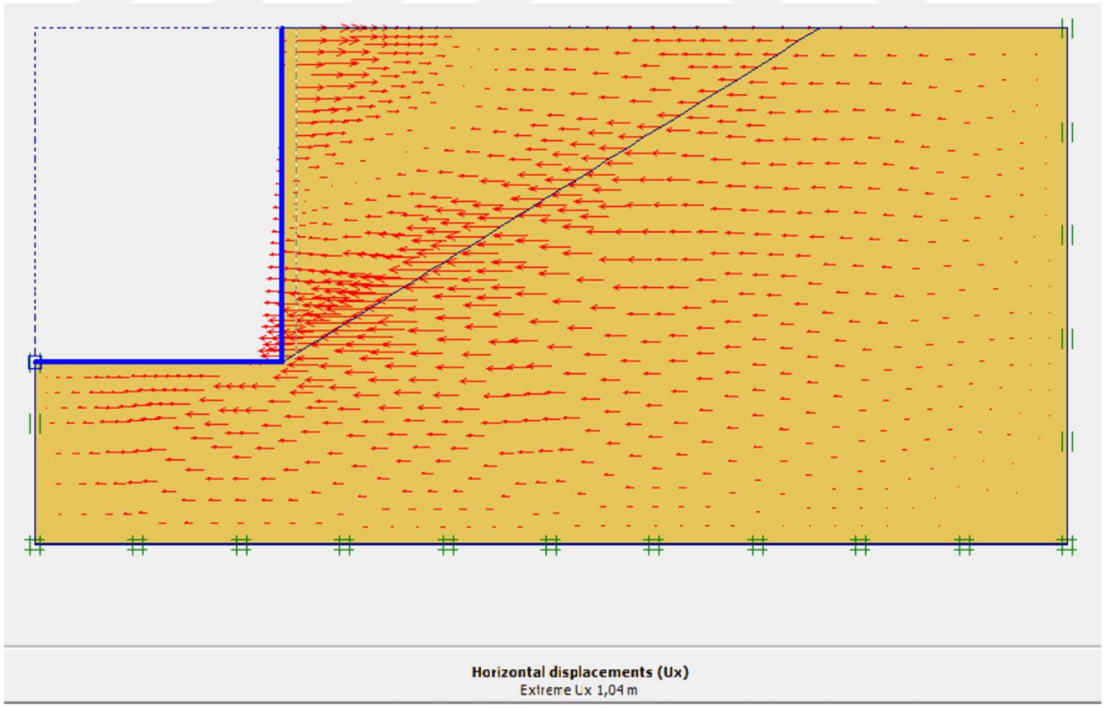
Şekil 7.110: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



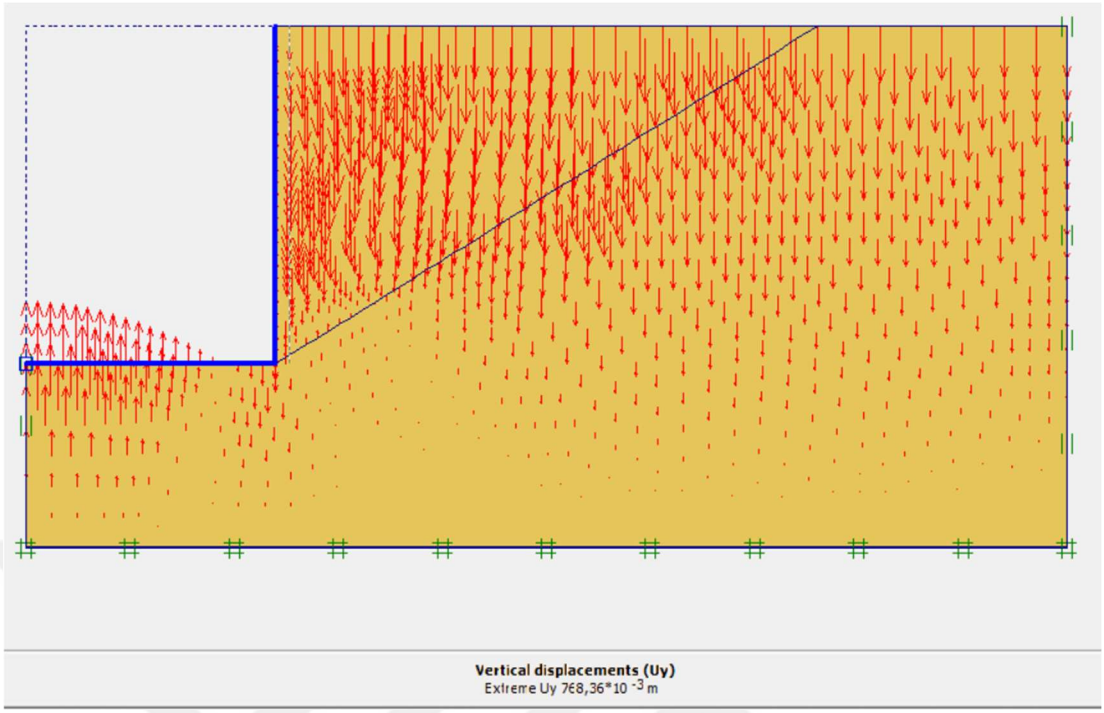
Şekil 7.111: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.112: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



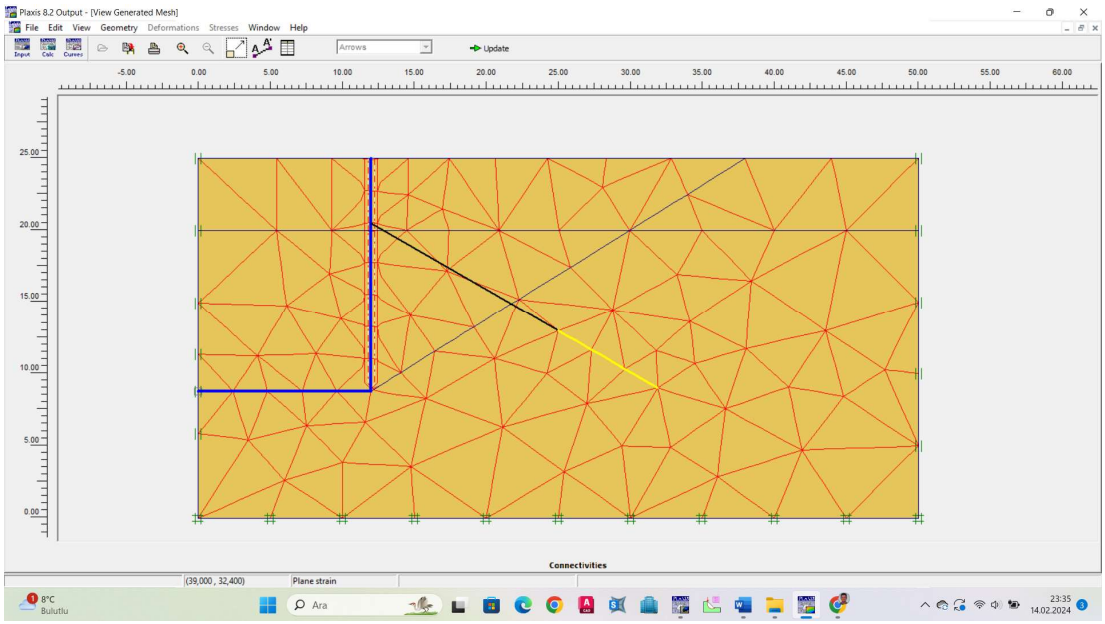
Şekil 7.113: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



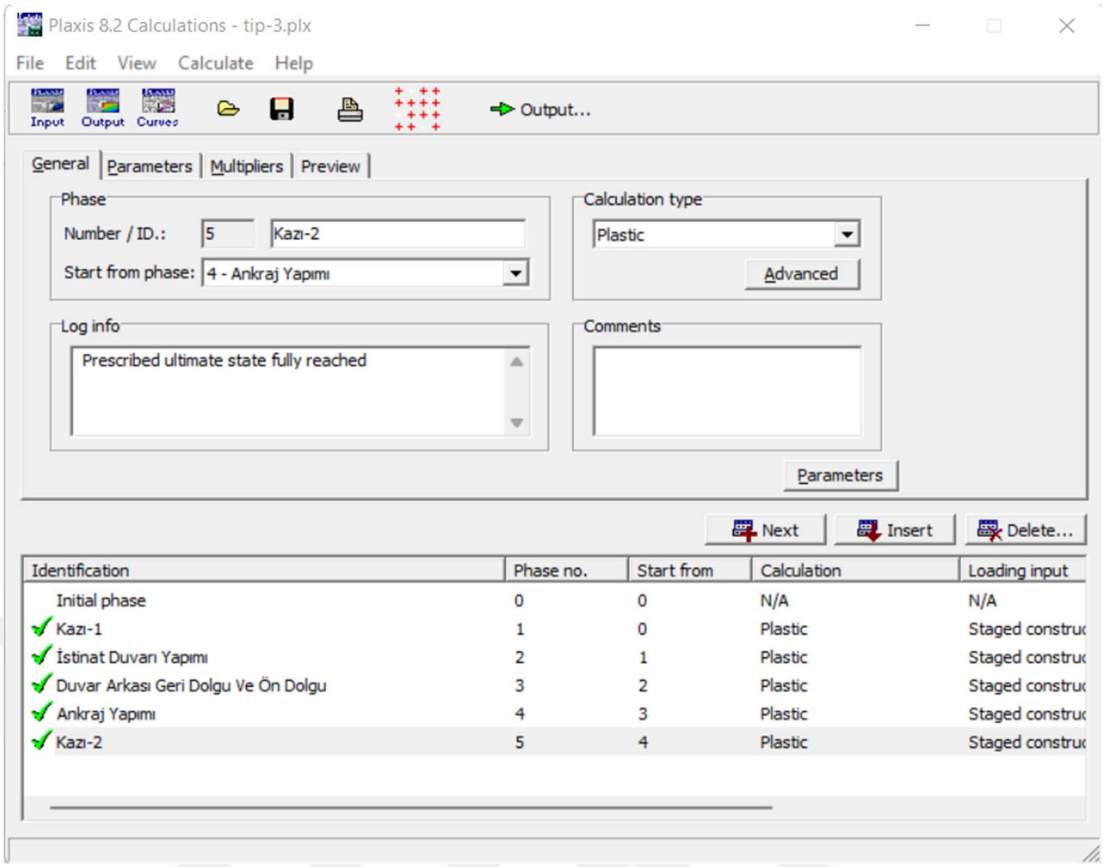
Şekil 7.114: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

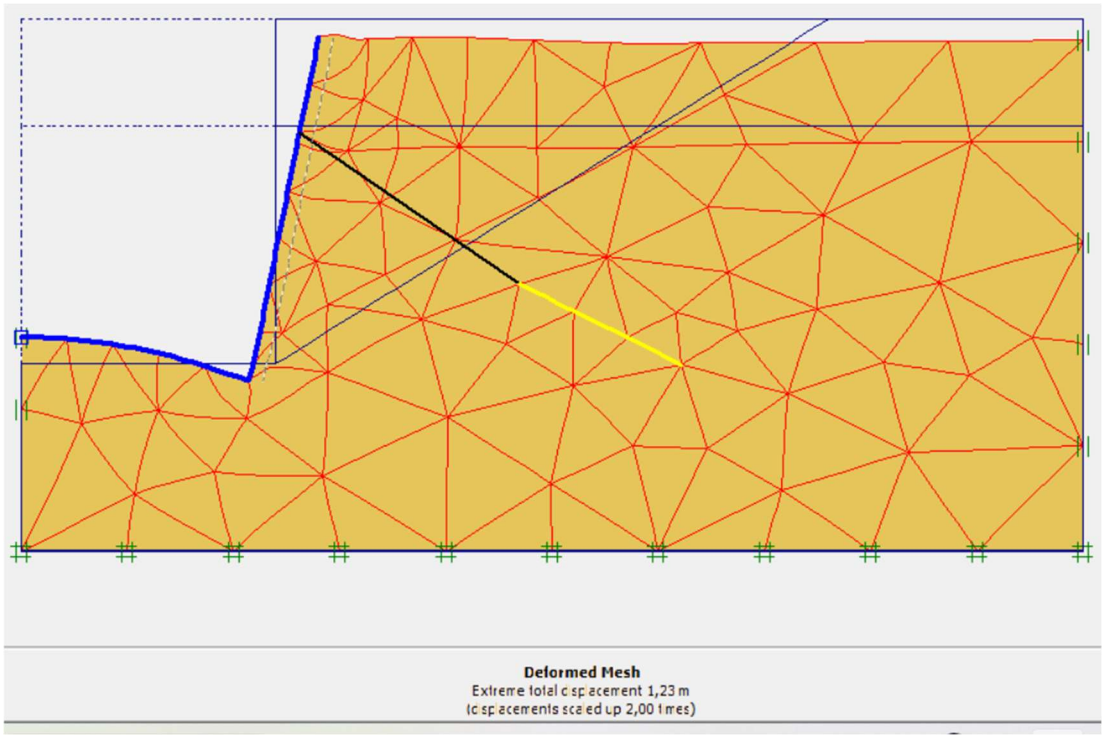
- Basit ankraj durumunda;



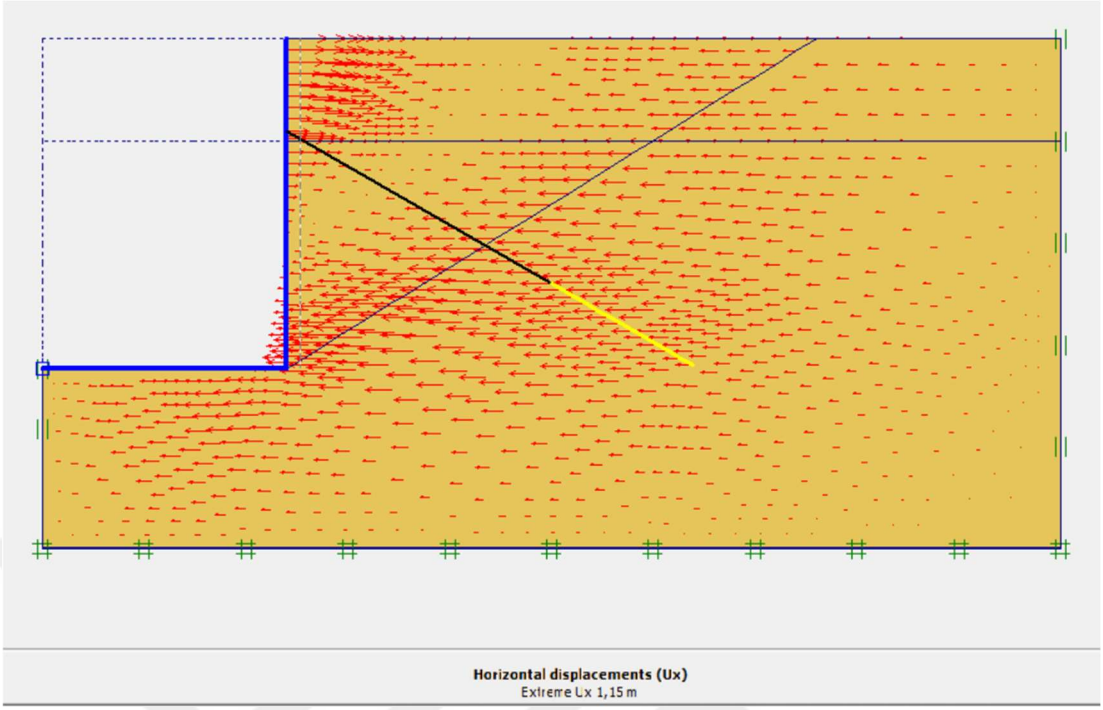
Şekil 7.115: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



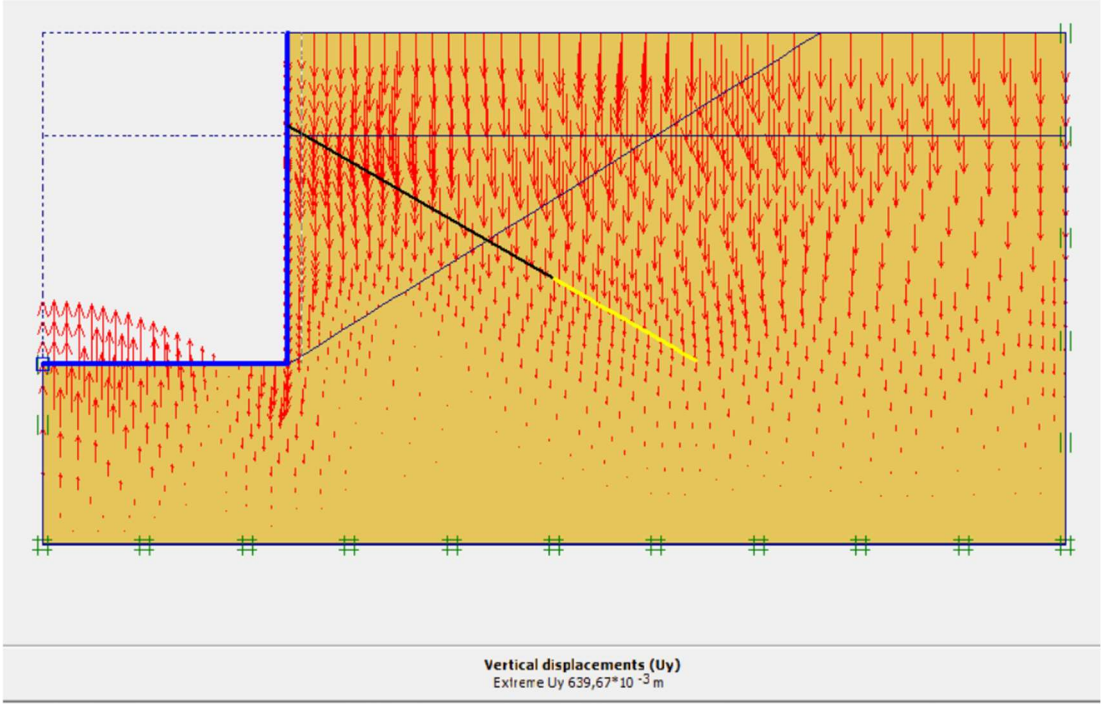
Şekil 7.116: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



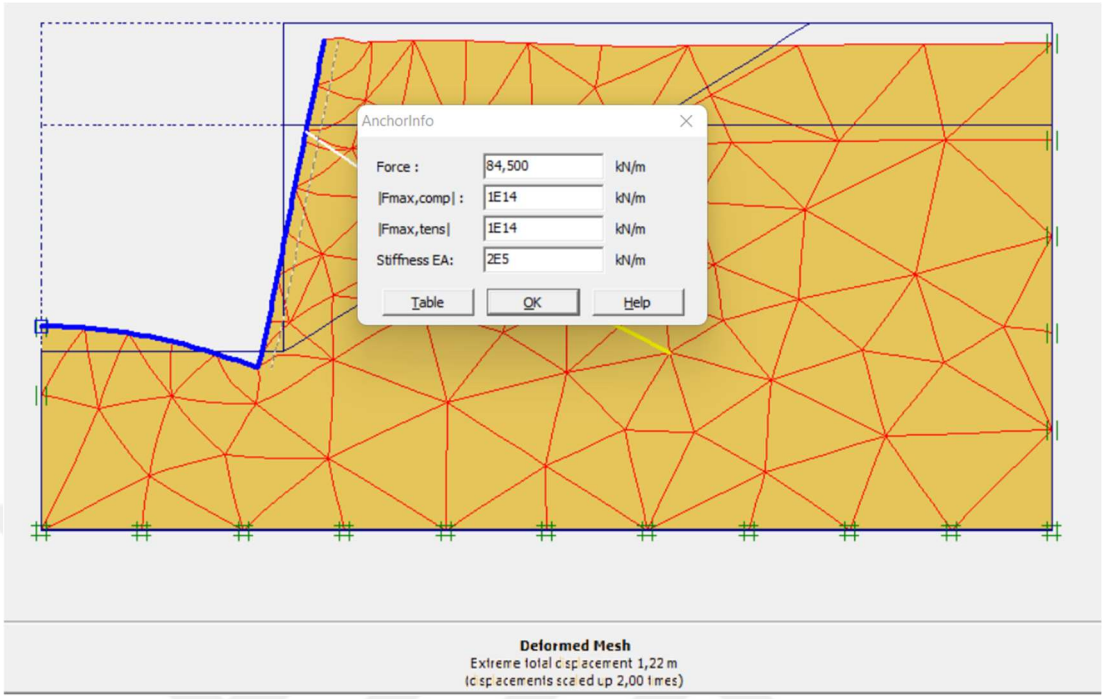
Şekil 7.117: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



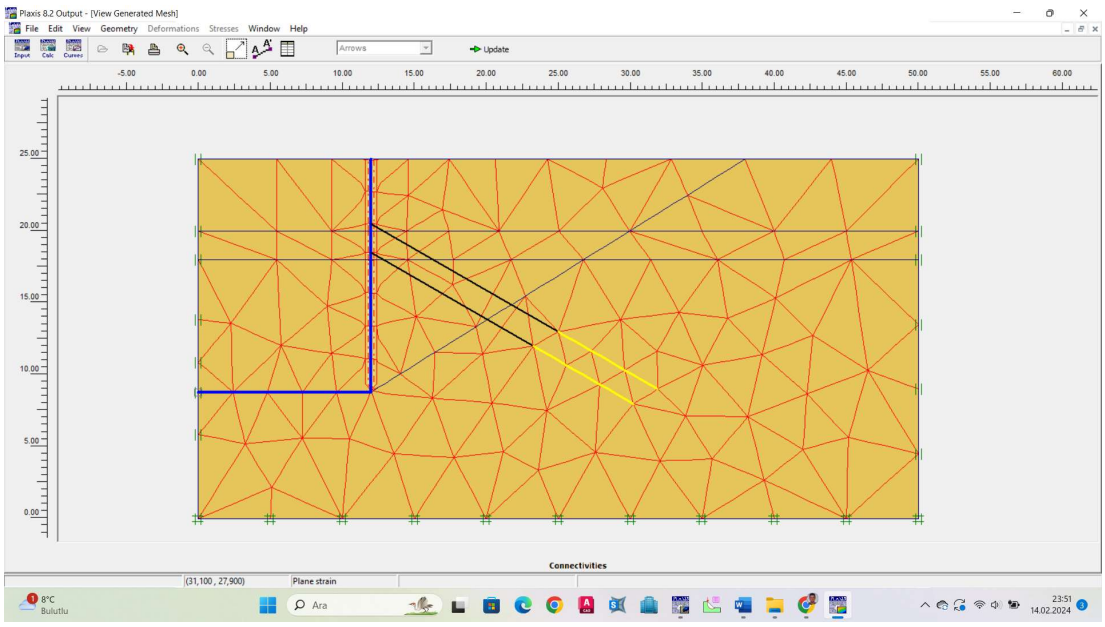
Şekil 7.118: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



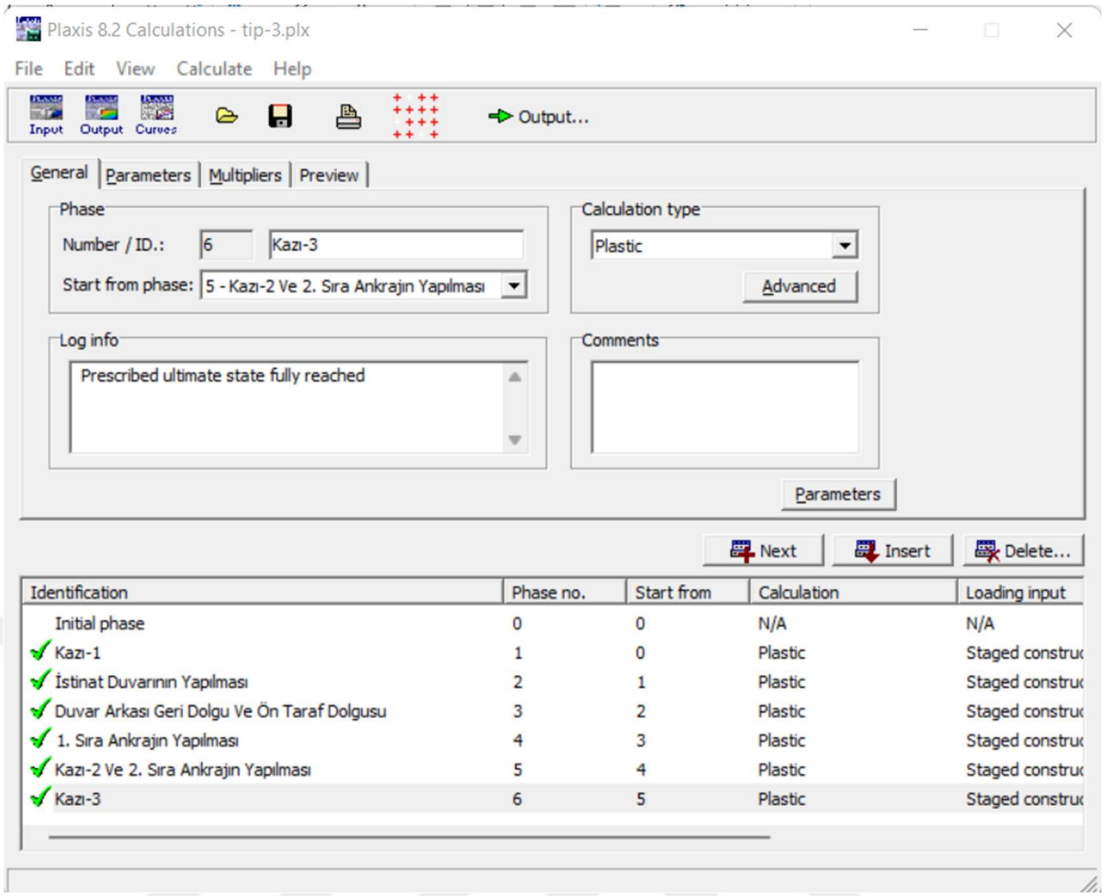
Şekil 7.119: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



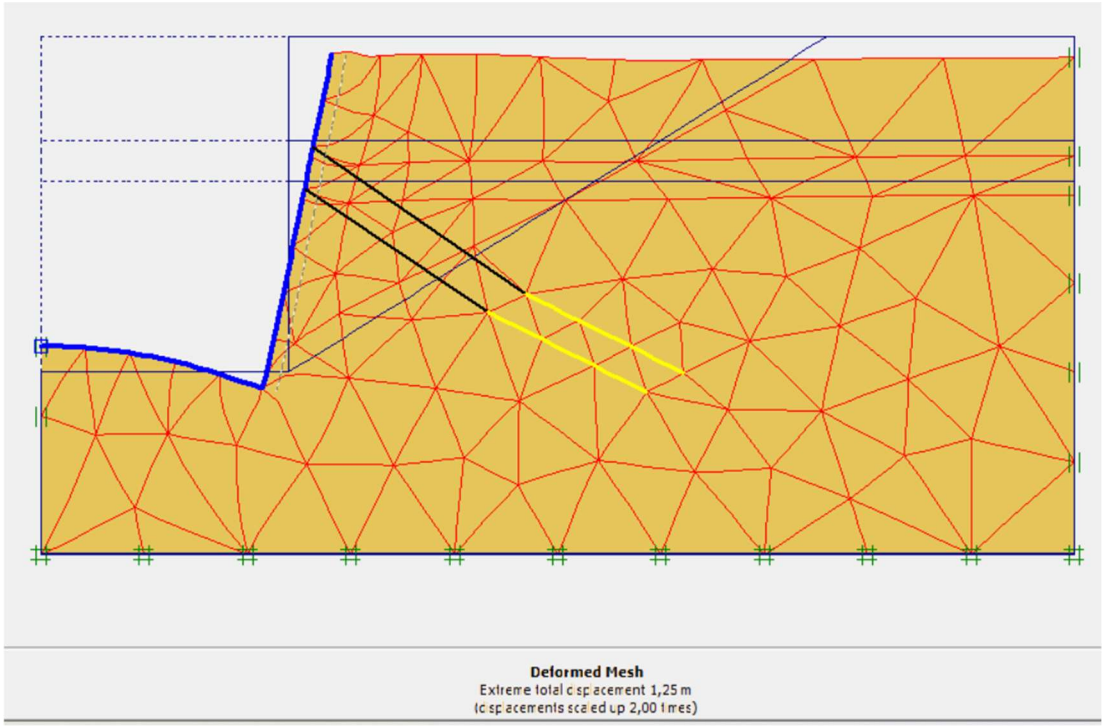
Şekil 7.120: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



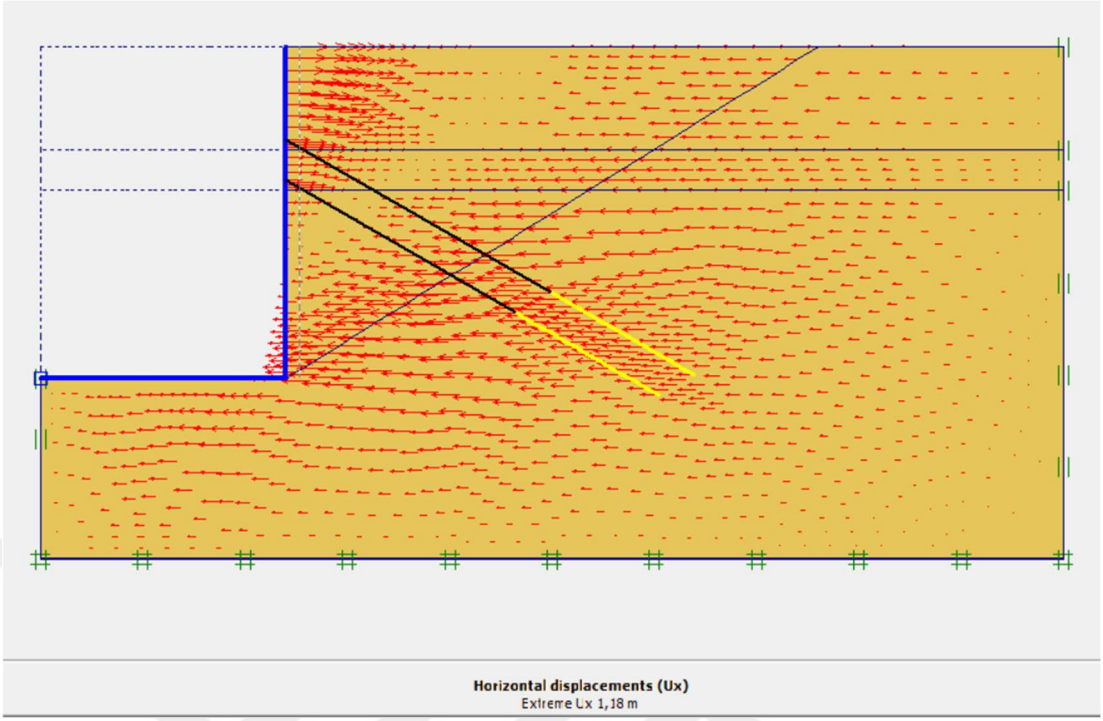
Şekil 7.121: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



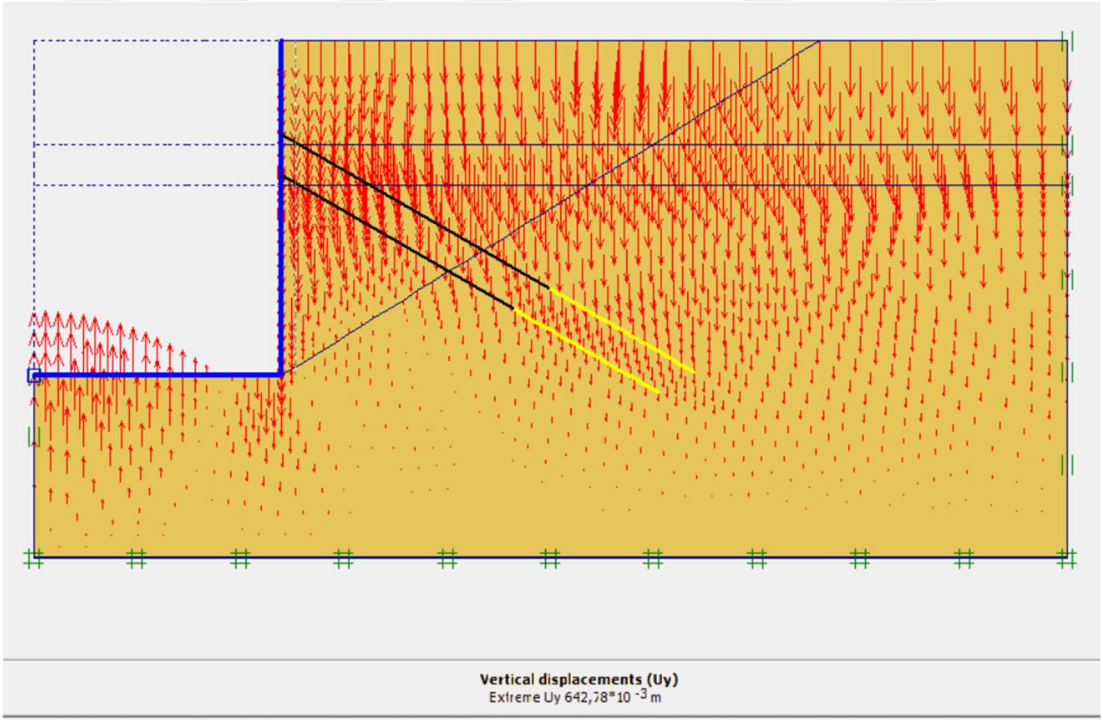
Şekil 7.122: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



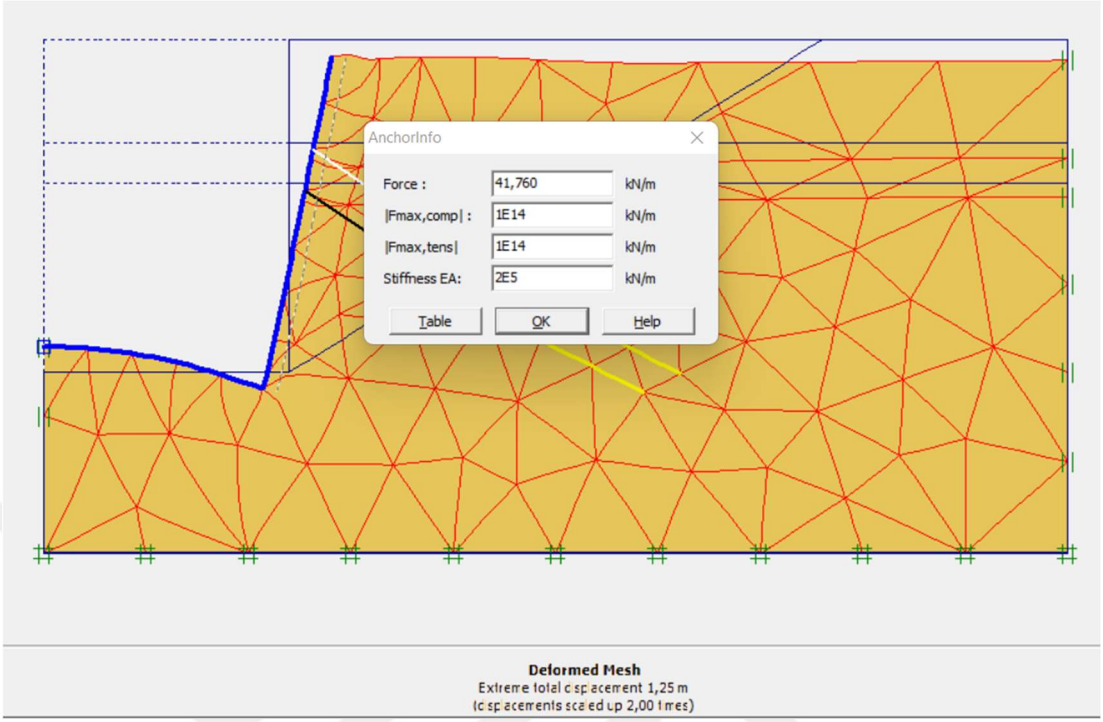
Şekil 7.123: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



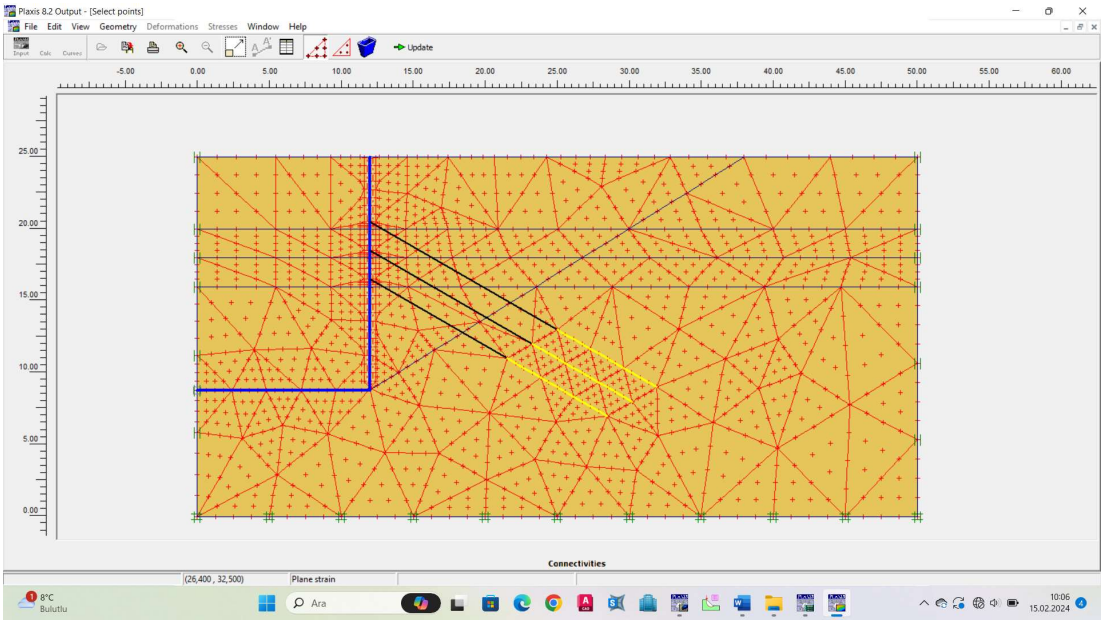
Şekil 7.124: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



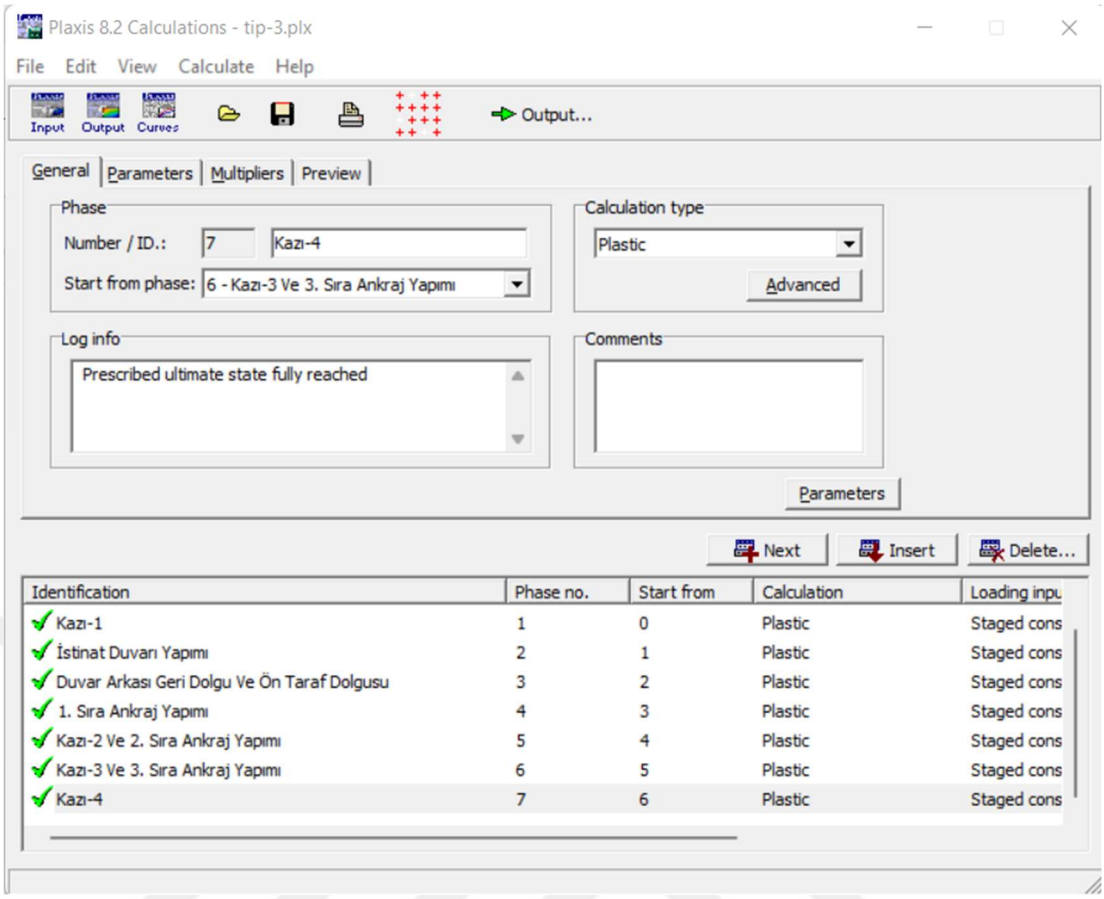
Şekil 7.125: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



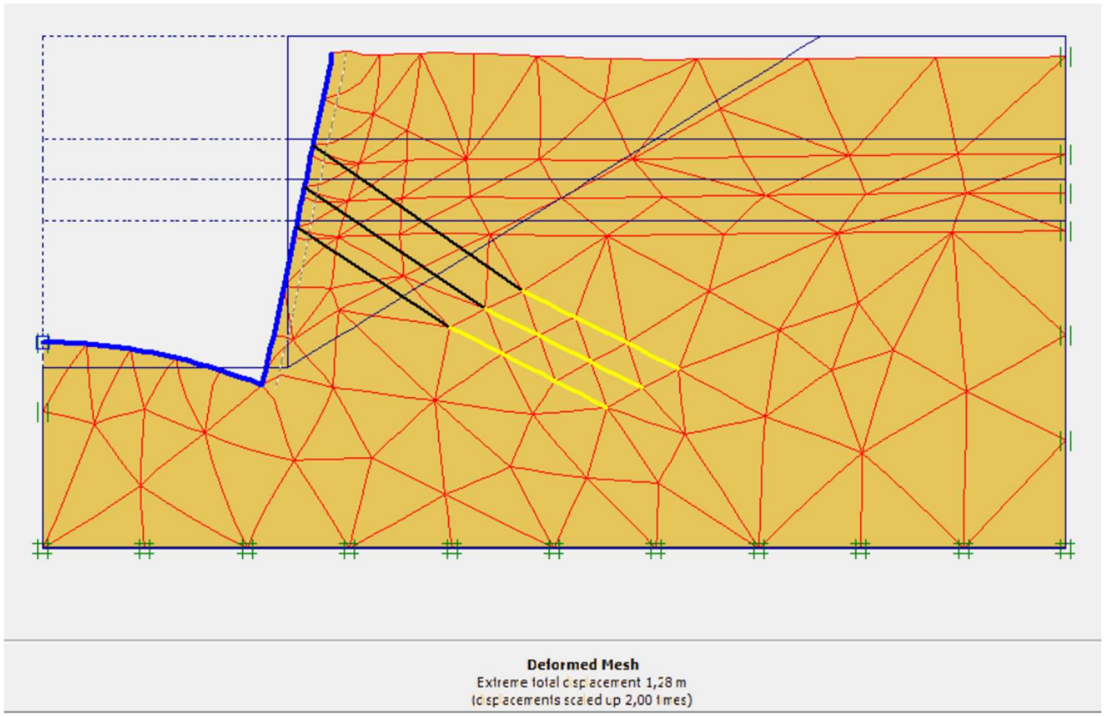
Şekil 7.126: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



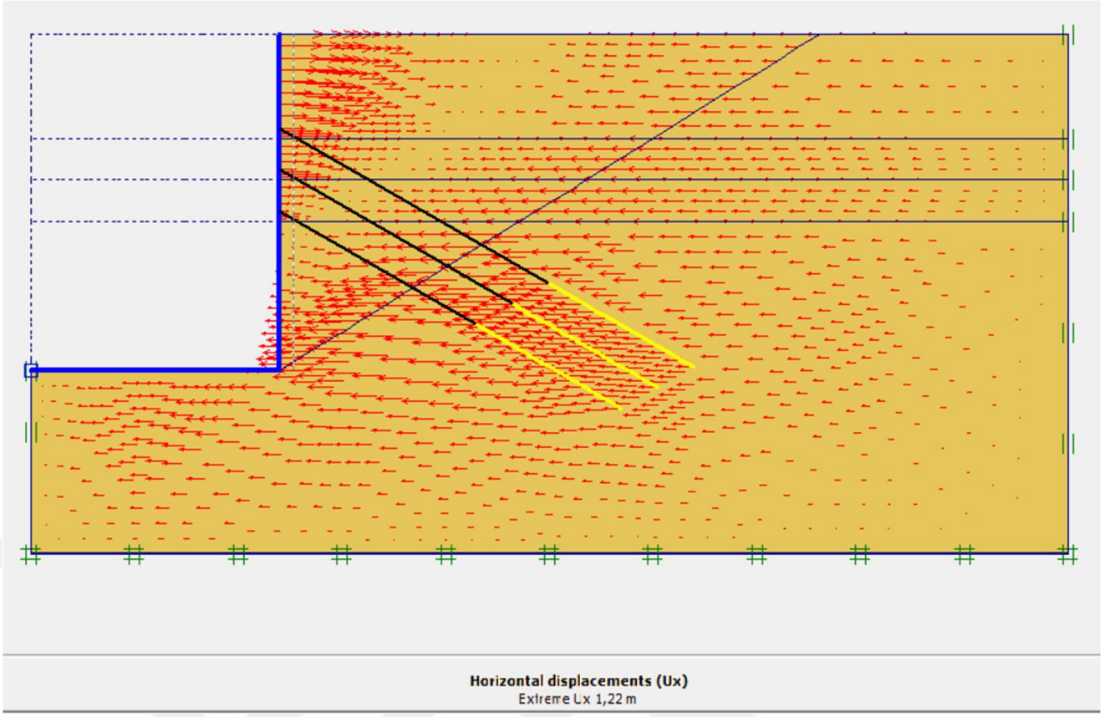
Şekil 7.127: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



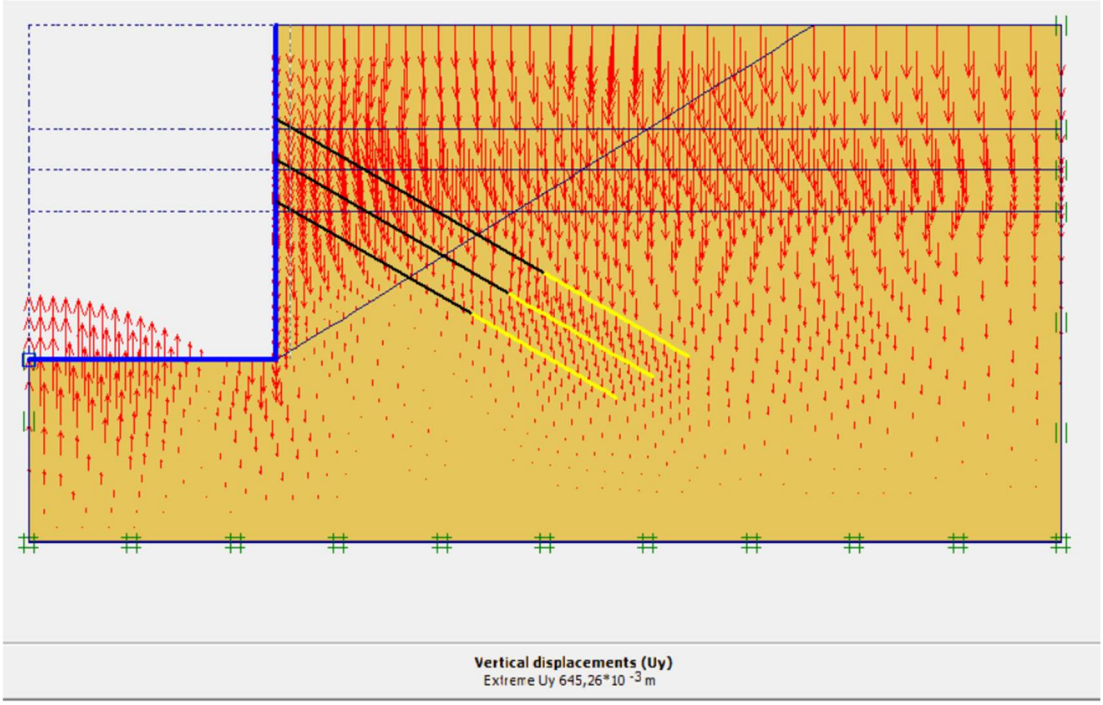
Şekil 7.128: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



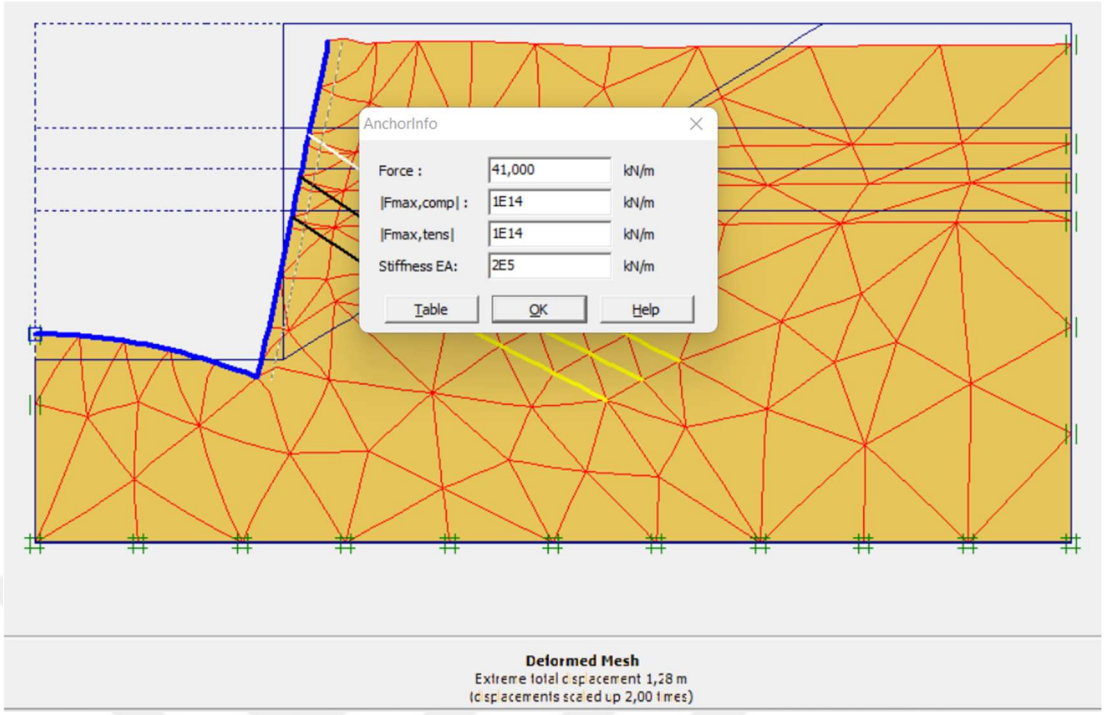
Şekil 7.129: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.130: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

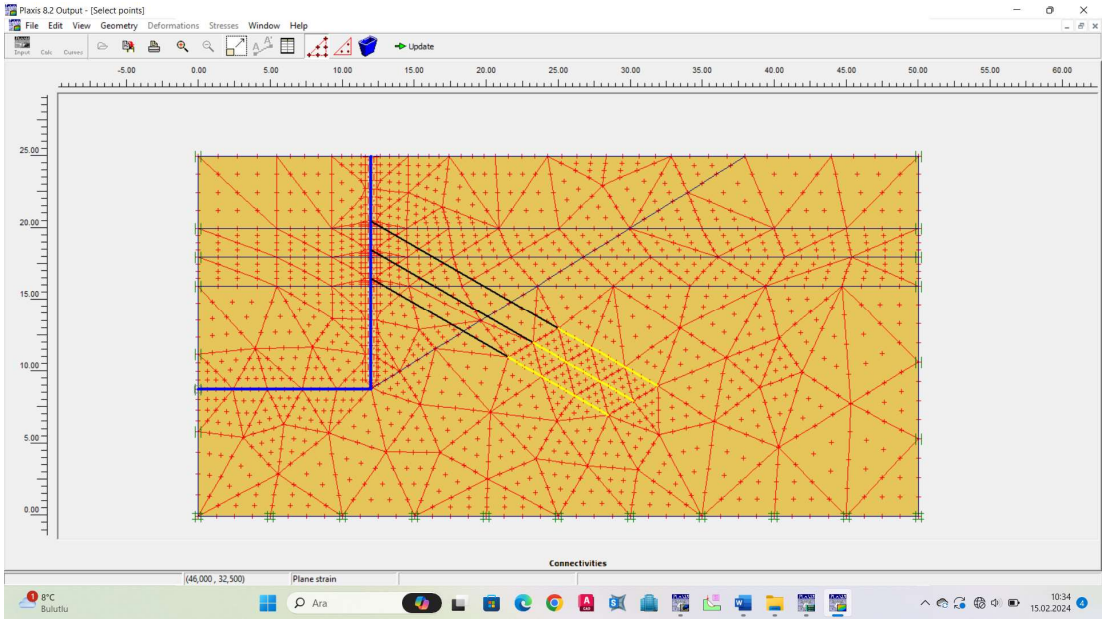


Şekil 7.131: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

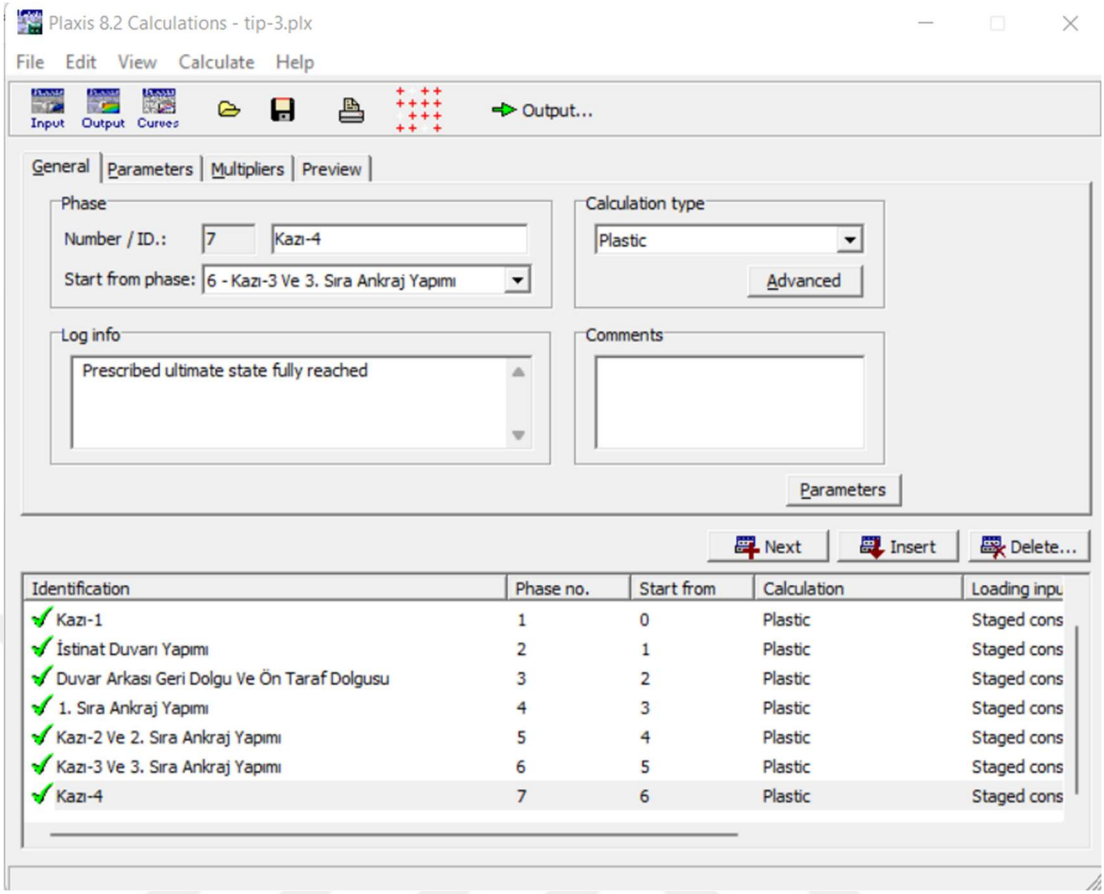


Şekil 7.132: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

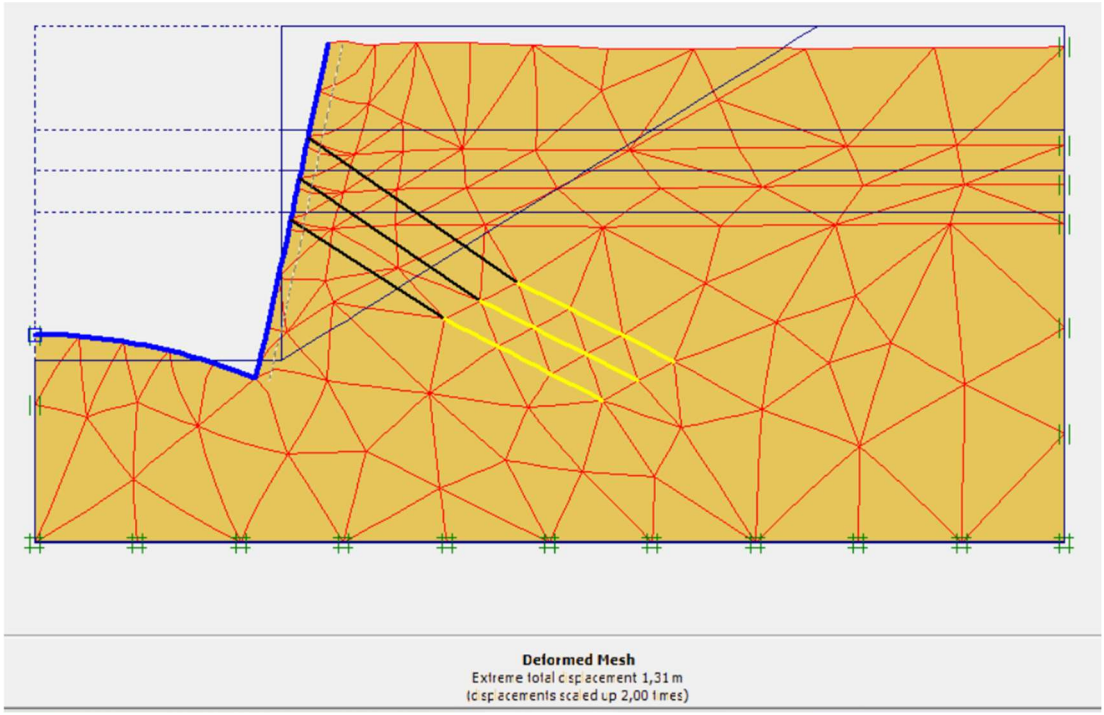
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



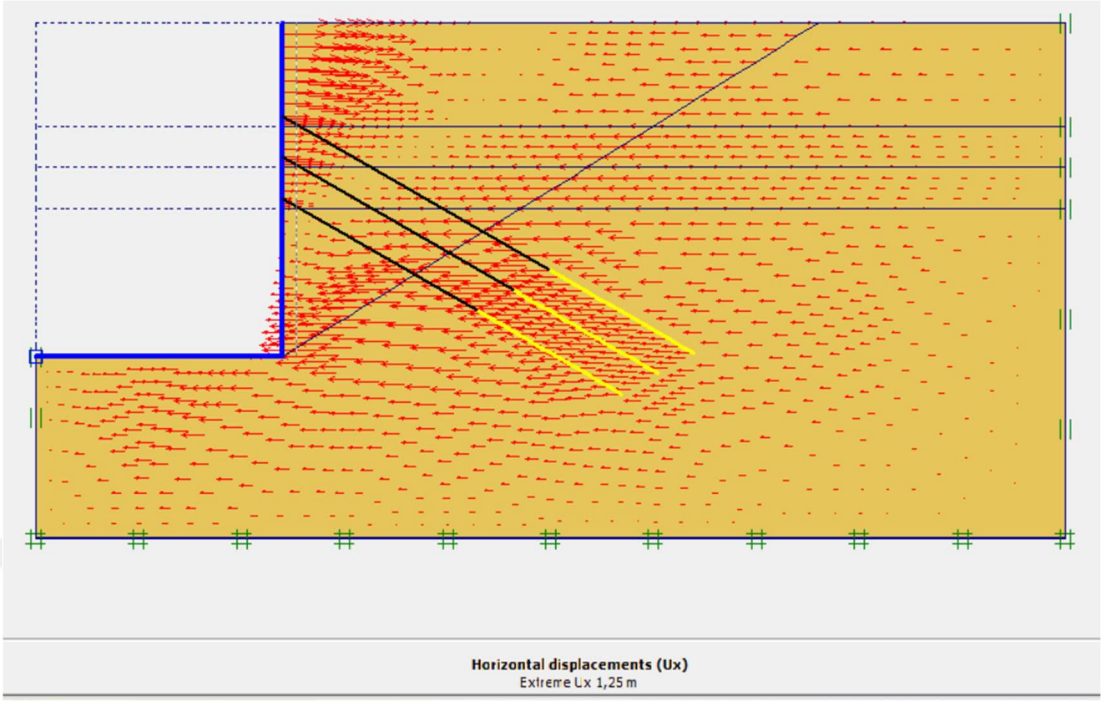
Şekil 7.133: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



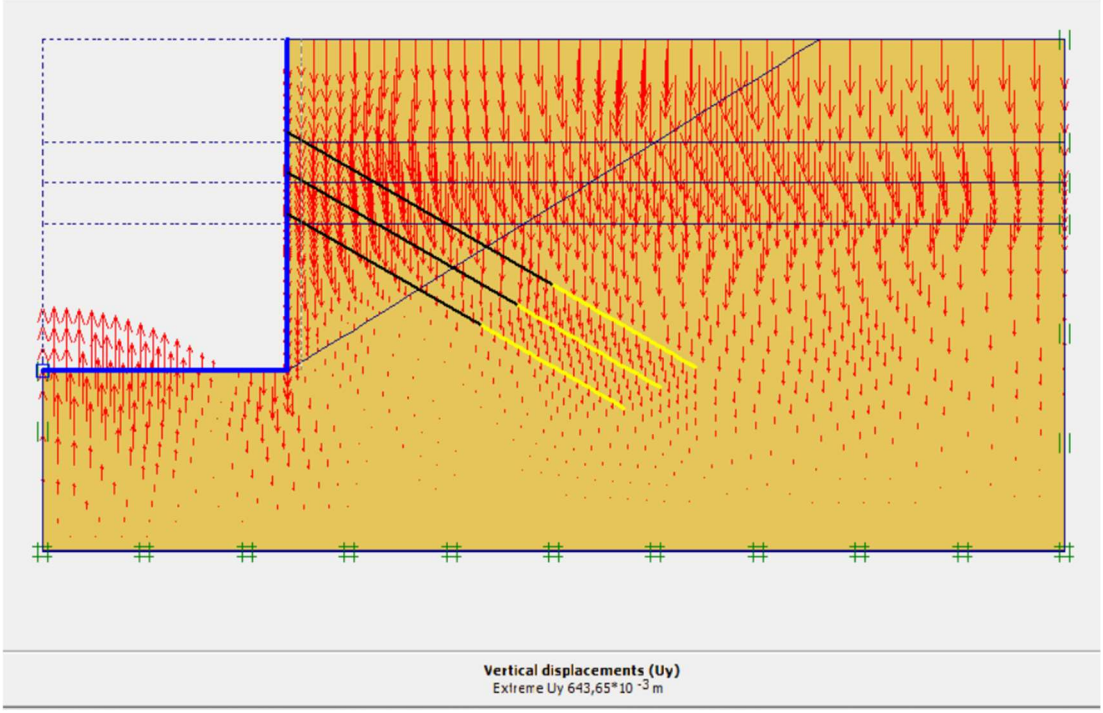
Şekil 7.134: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



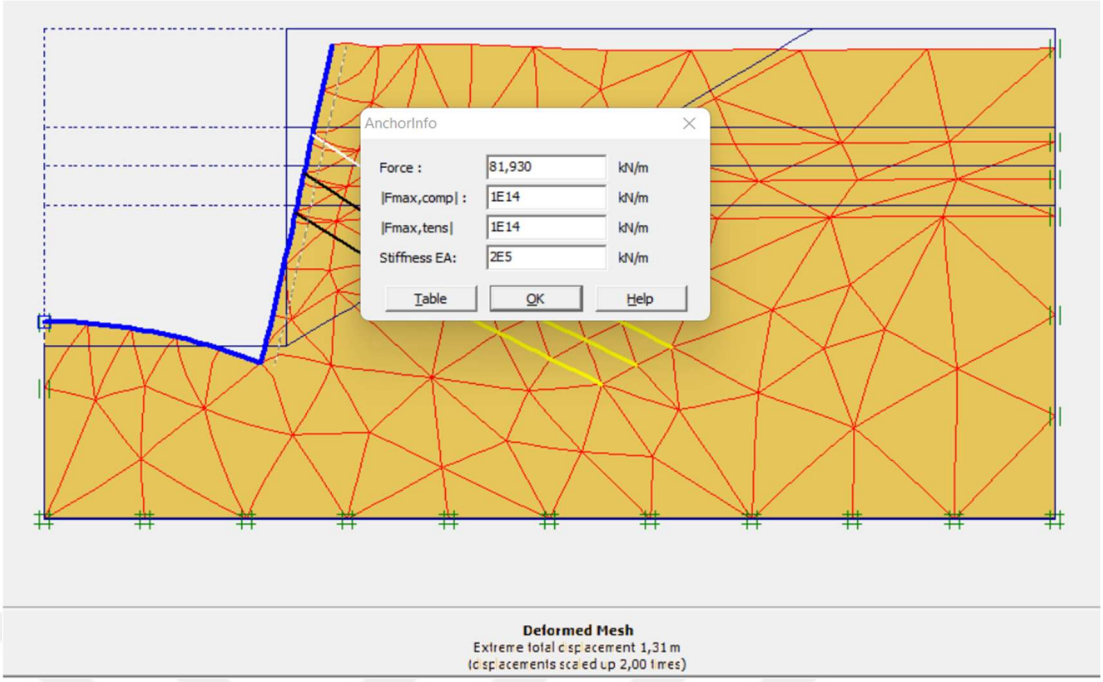
Şekil 7.135: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.136: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.137: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

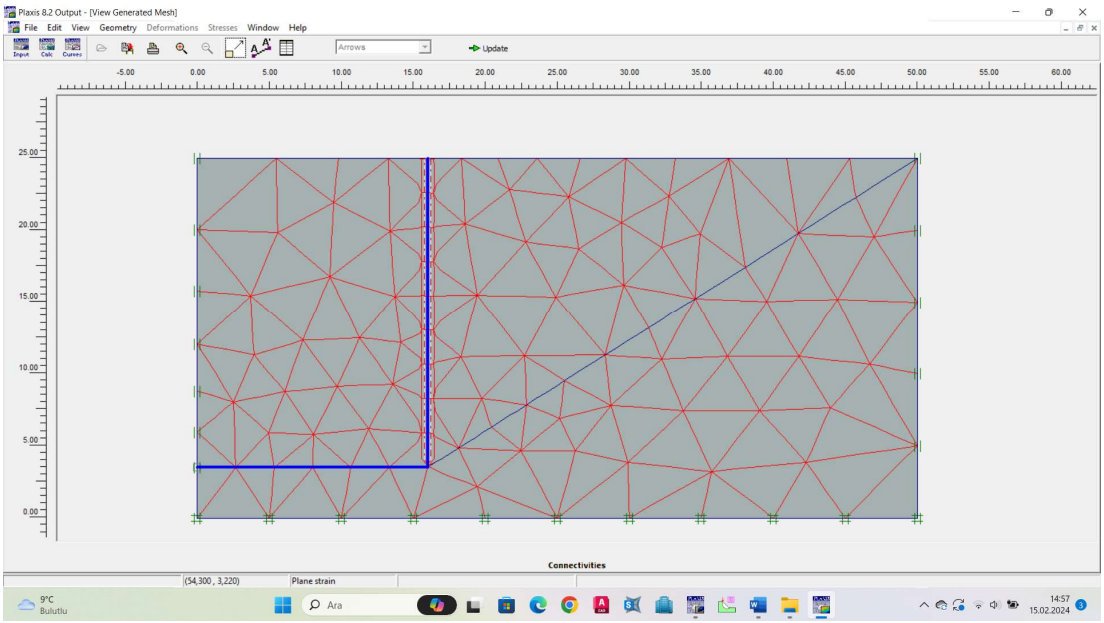


Şekil 7.138: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

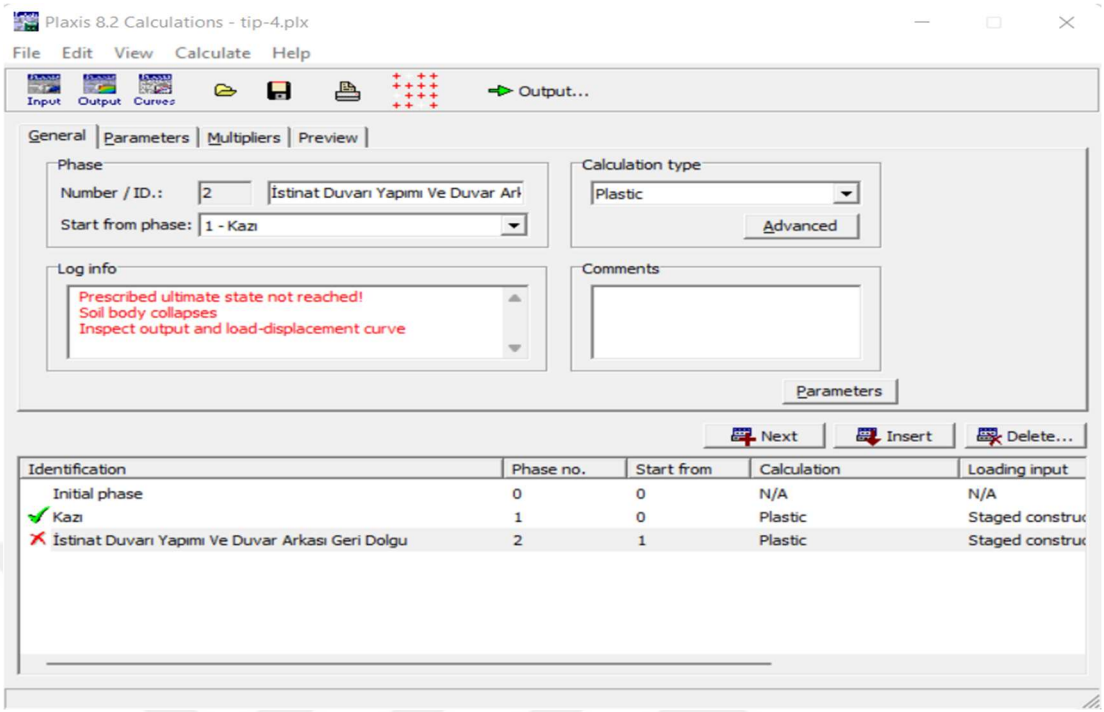
7.1.1.4 TİP-4 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

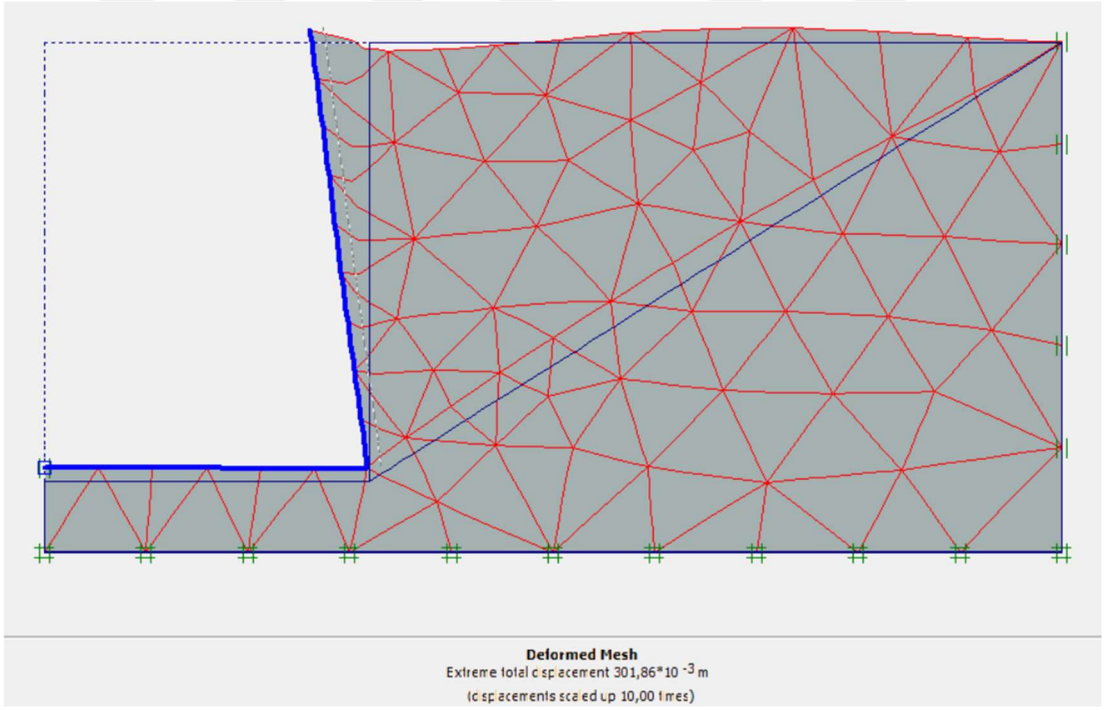
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



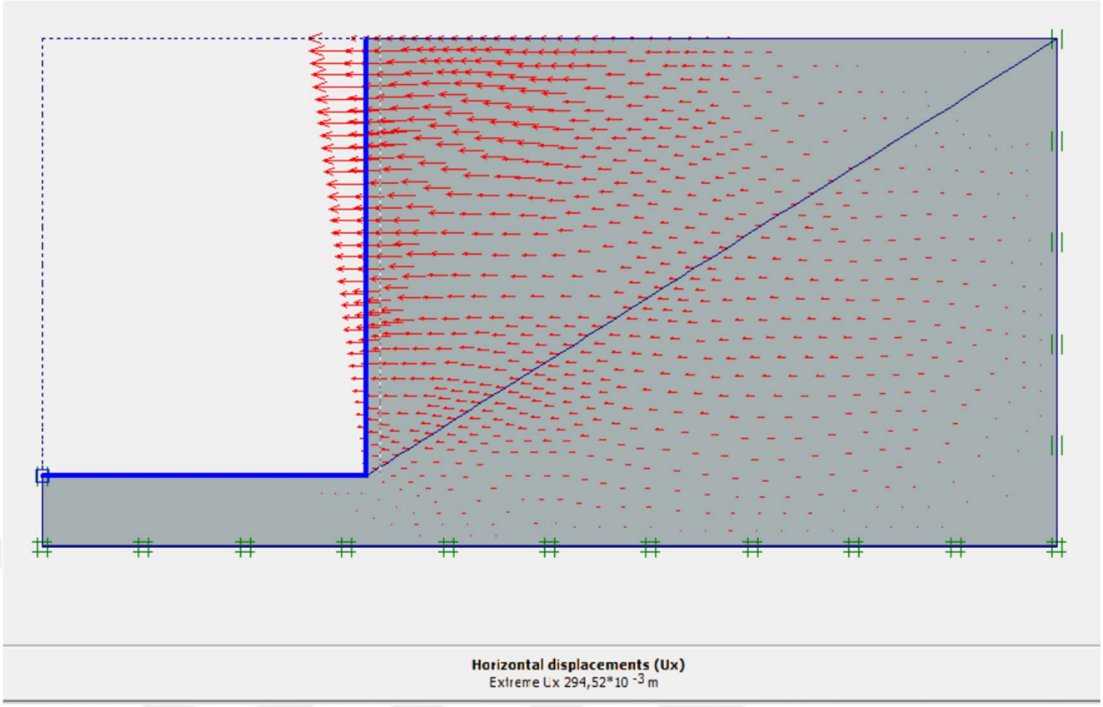
Şekil 7.139: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



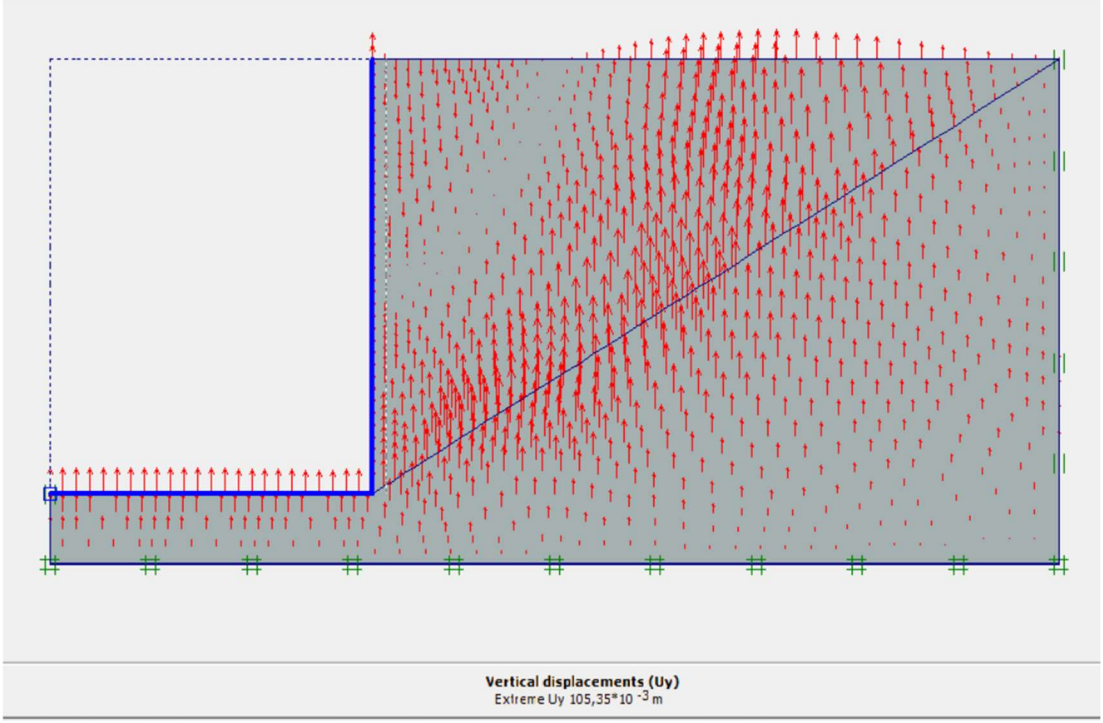
Şekil 7.140: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.141: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



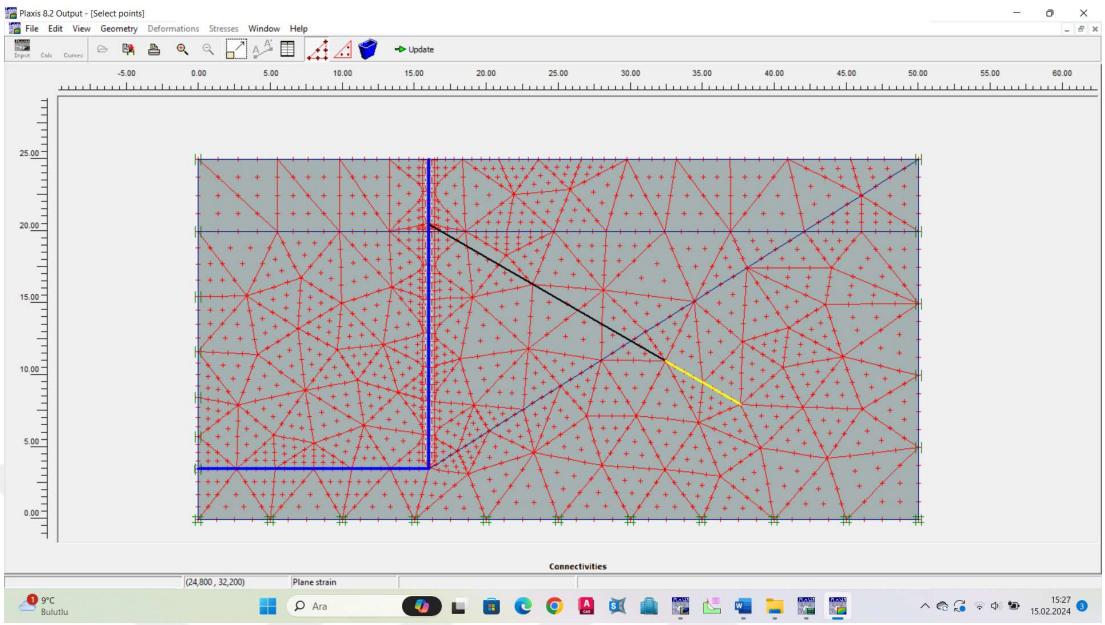
Şekil 7.142: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



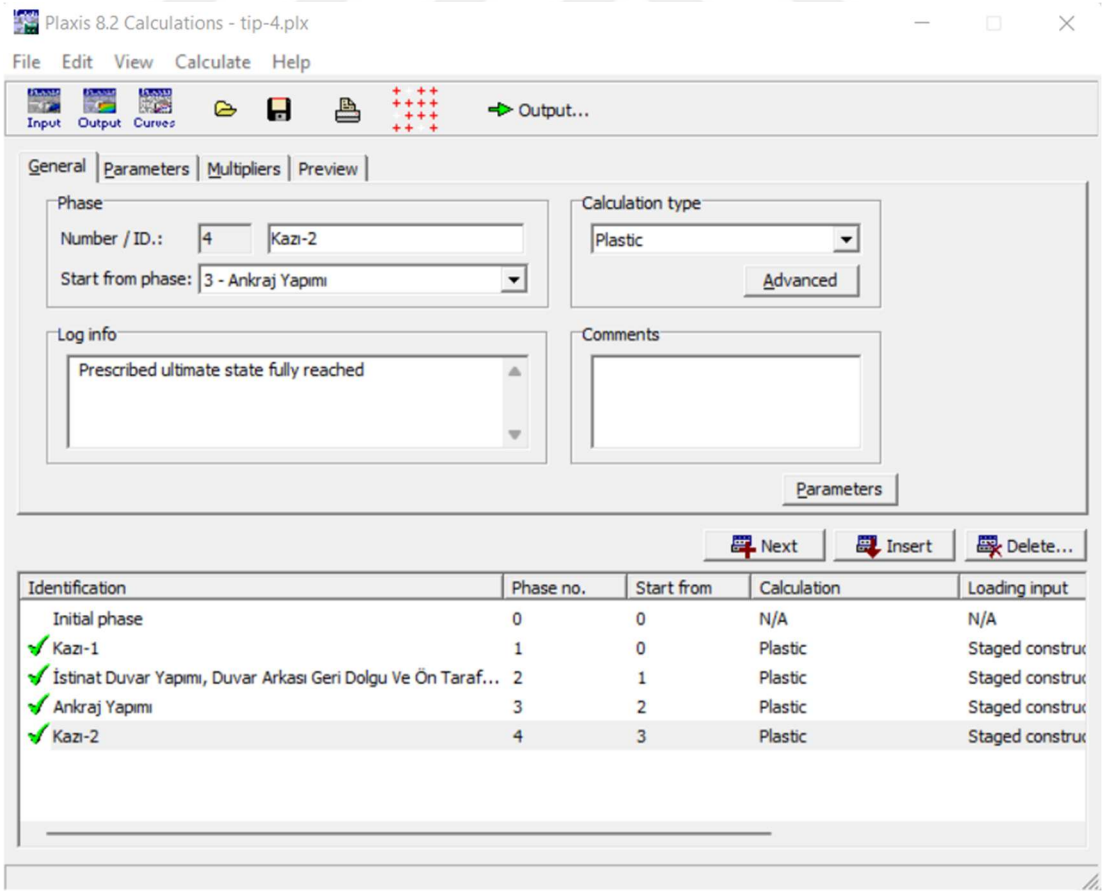
Şekil 7.143: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı Kumlu Zemin Durumunda;

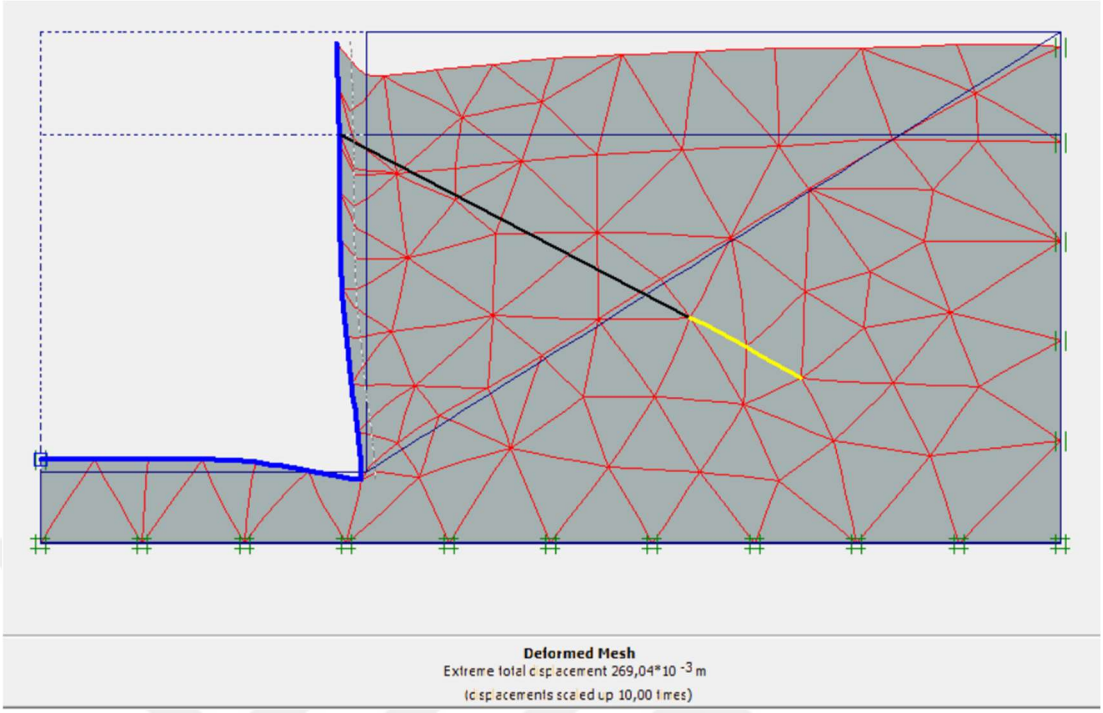
- Basit Ankraj Durumunda;



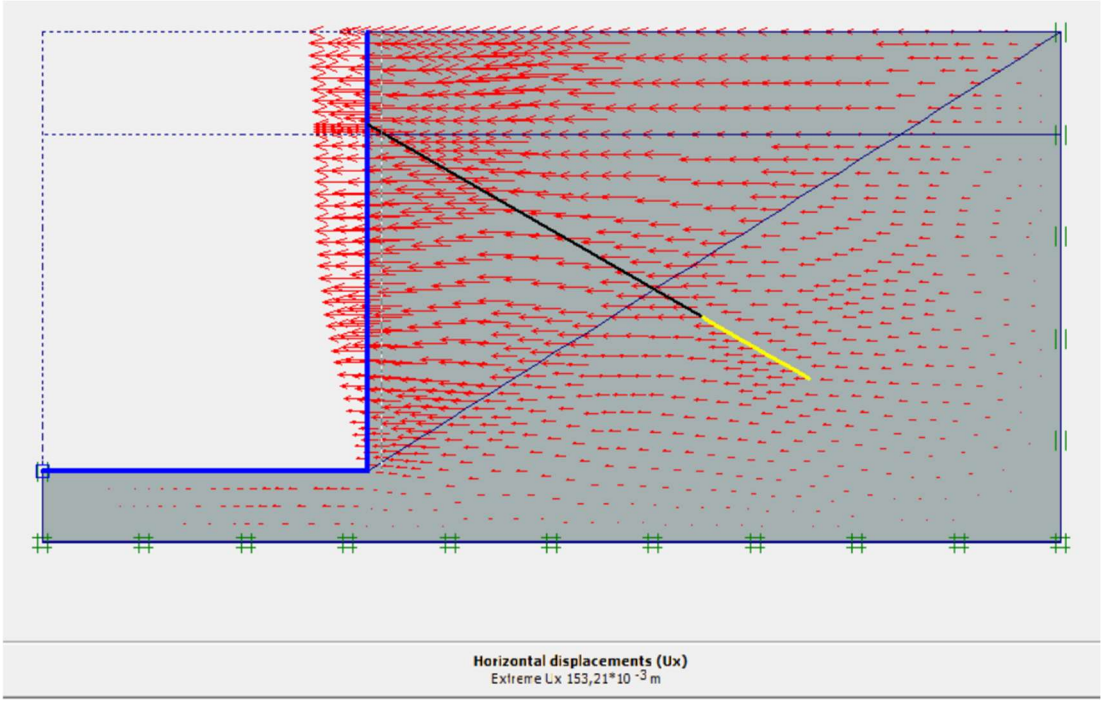
Şekil 7.144: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



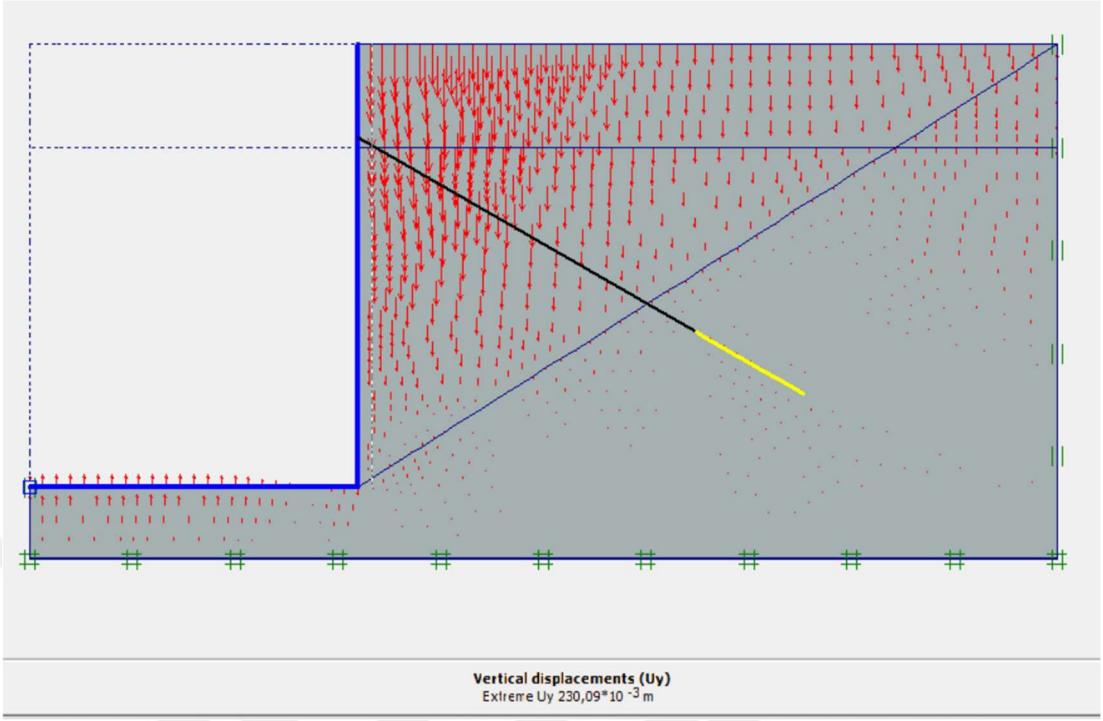
Şekil 7.145: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



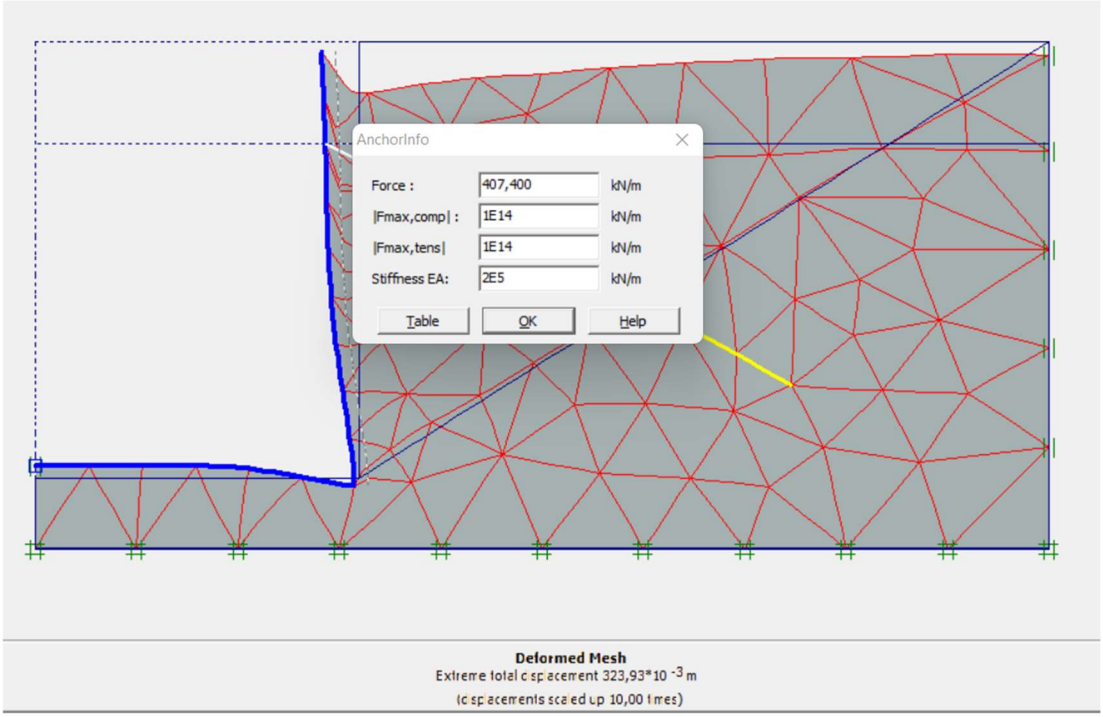
Şekil 7.146: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



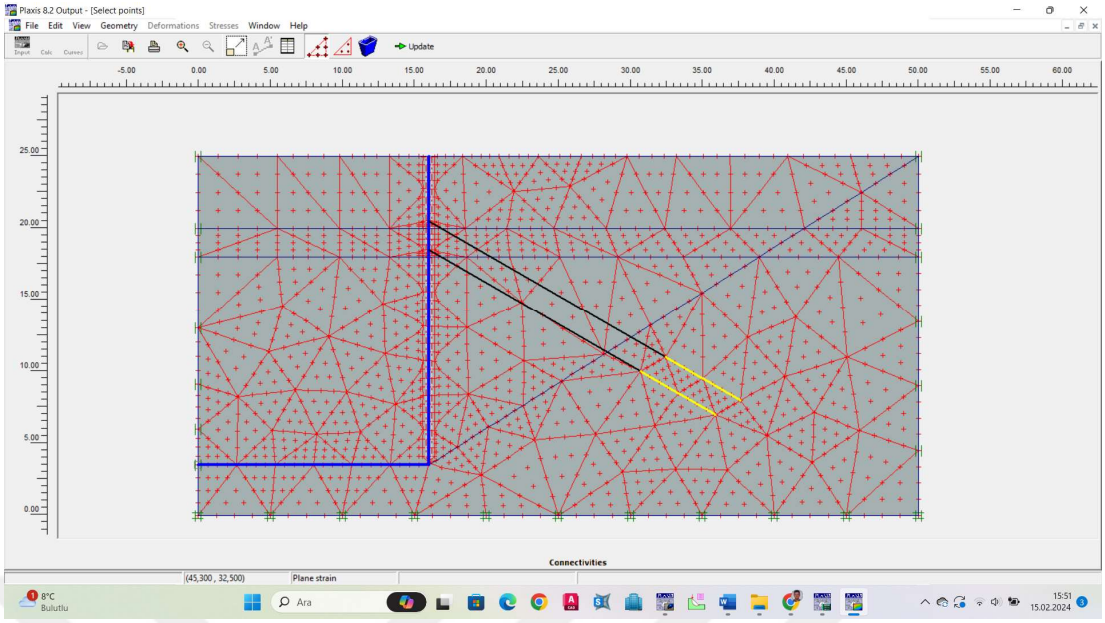
Şekil 7.147: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



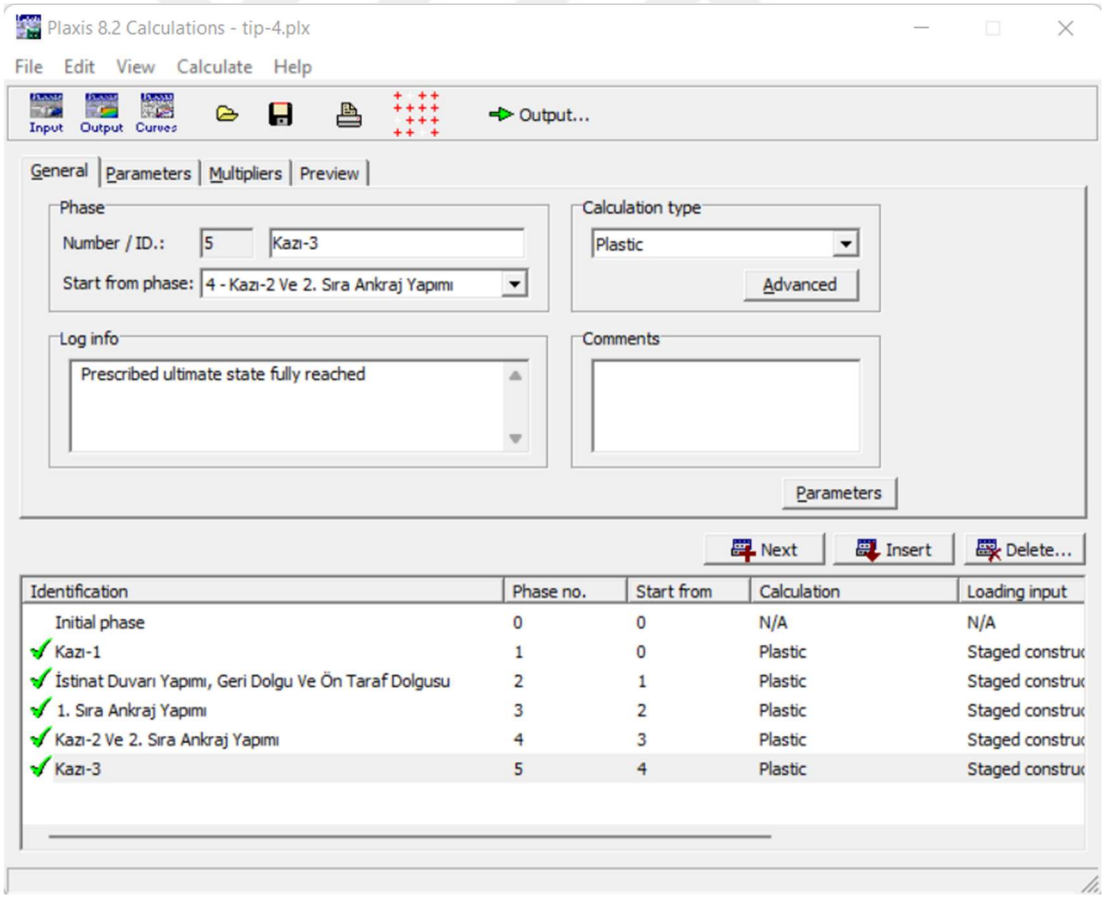
Şekil 7.148: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



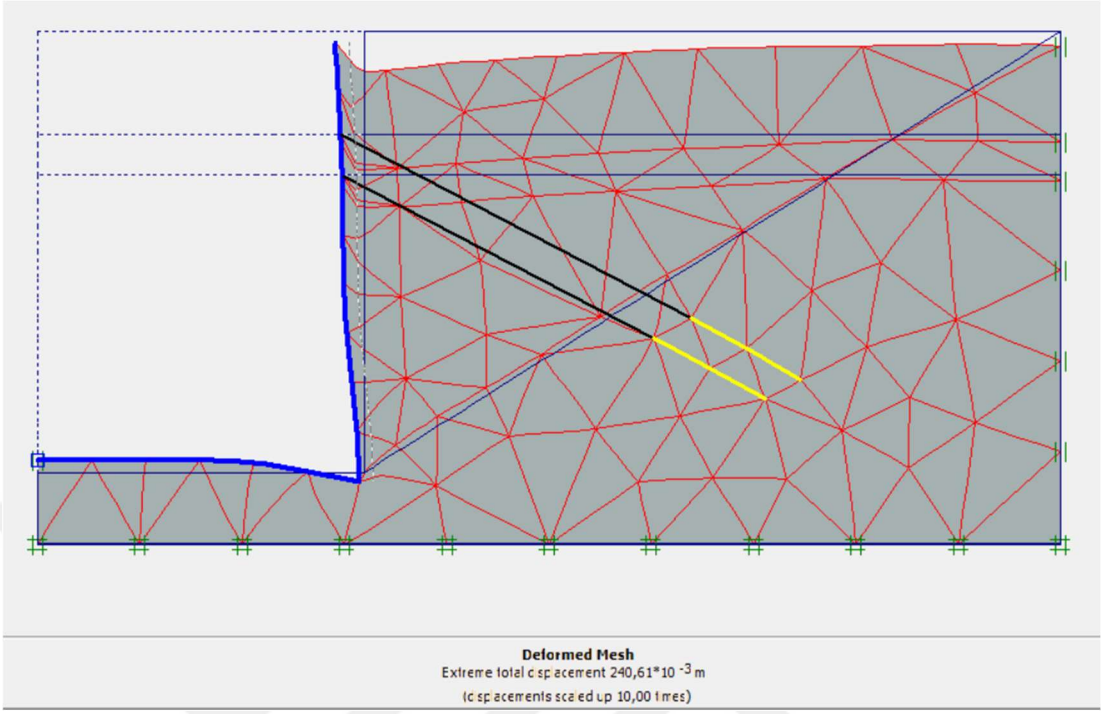
Şekil 7.149: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



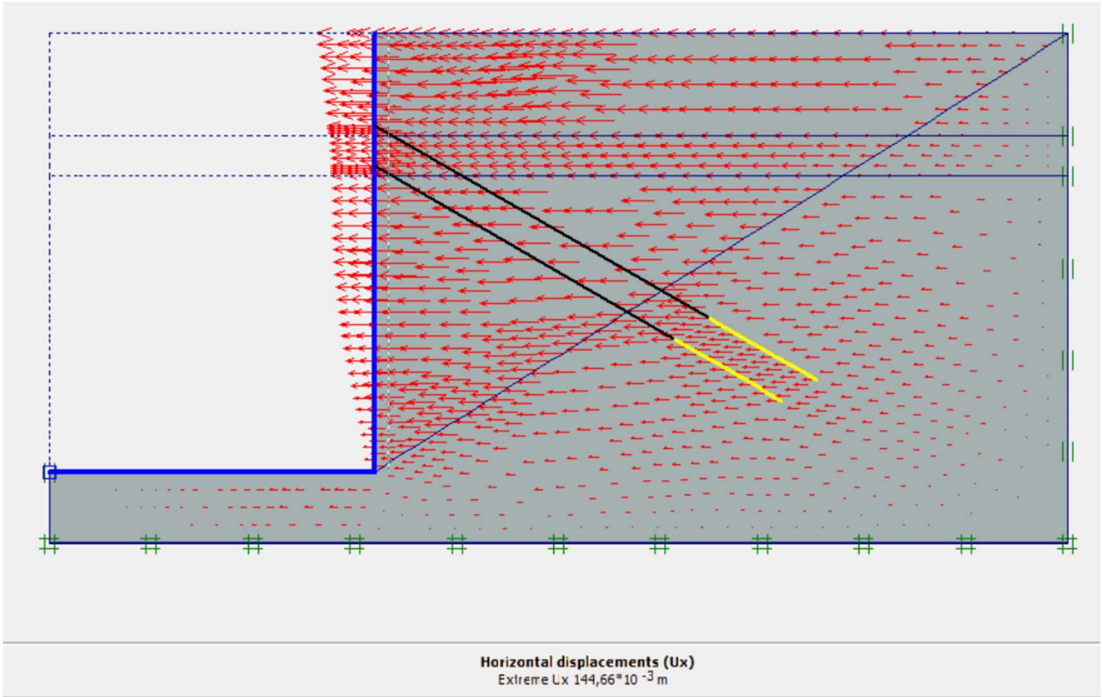
Şekil 7.150: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



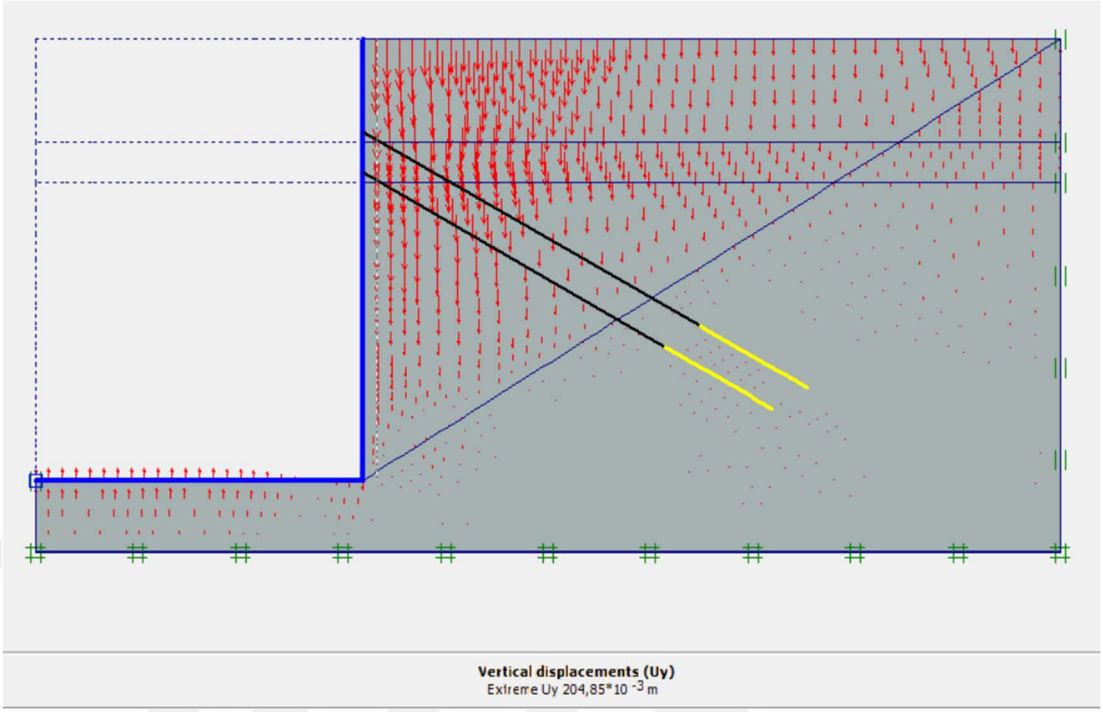
Şekil 7.151: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



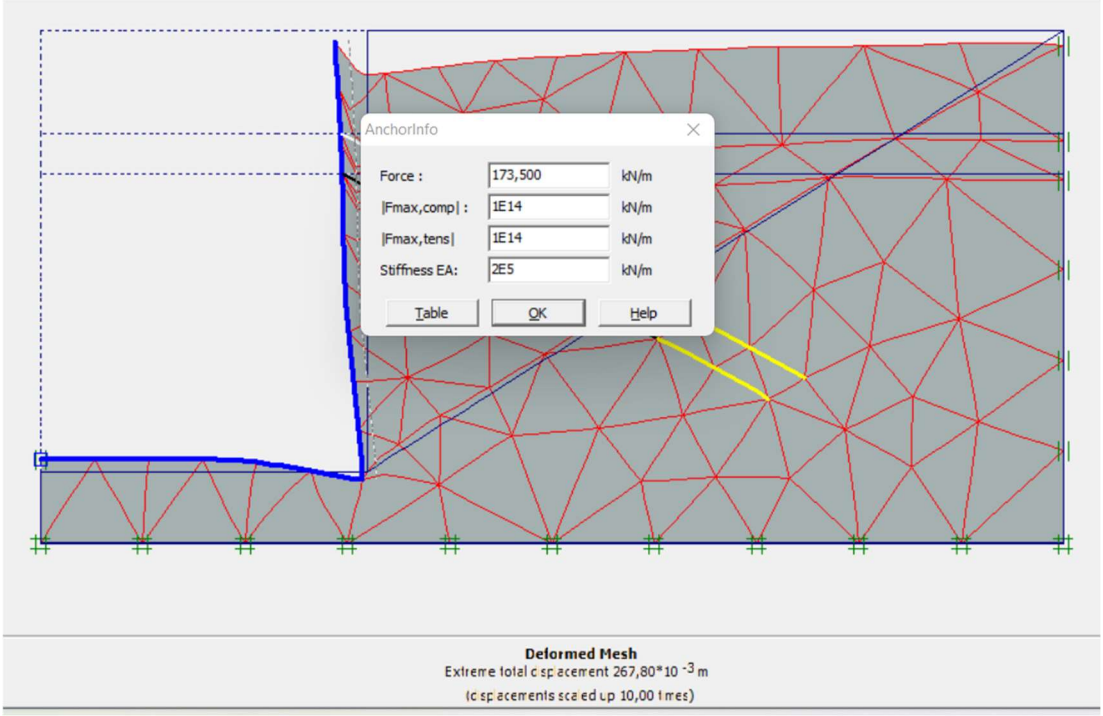
Şekil 7.152: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



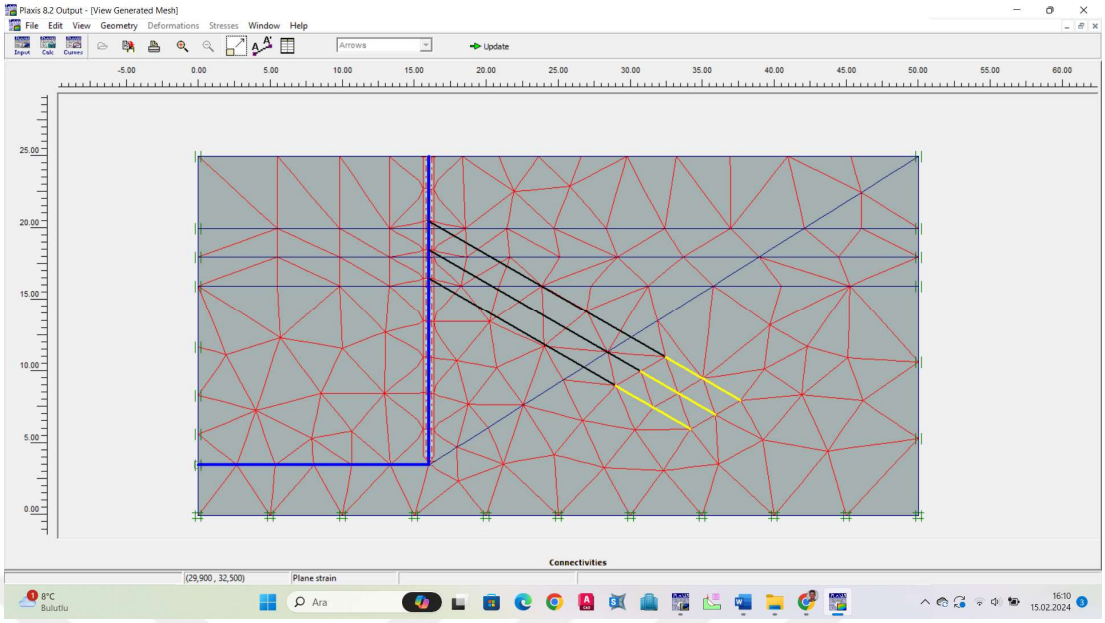
Şekil 7.153: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



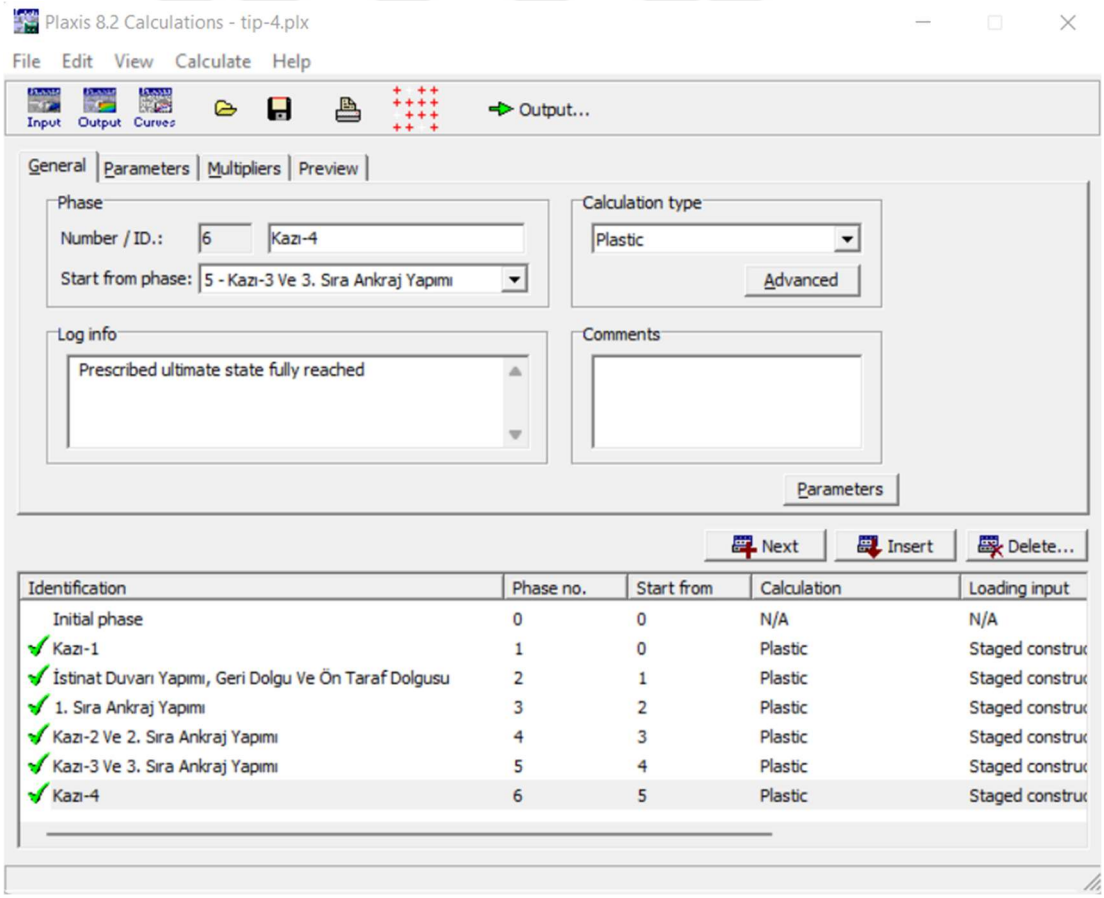
Şekil 7.154: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



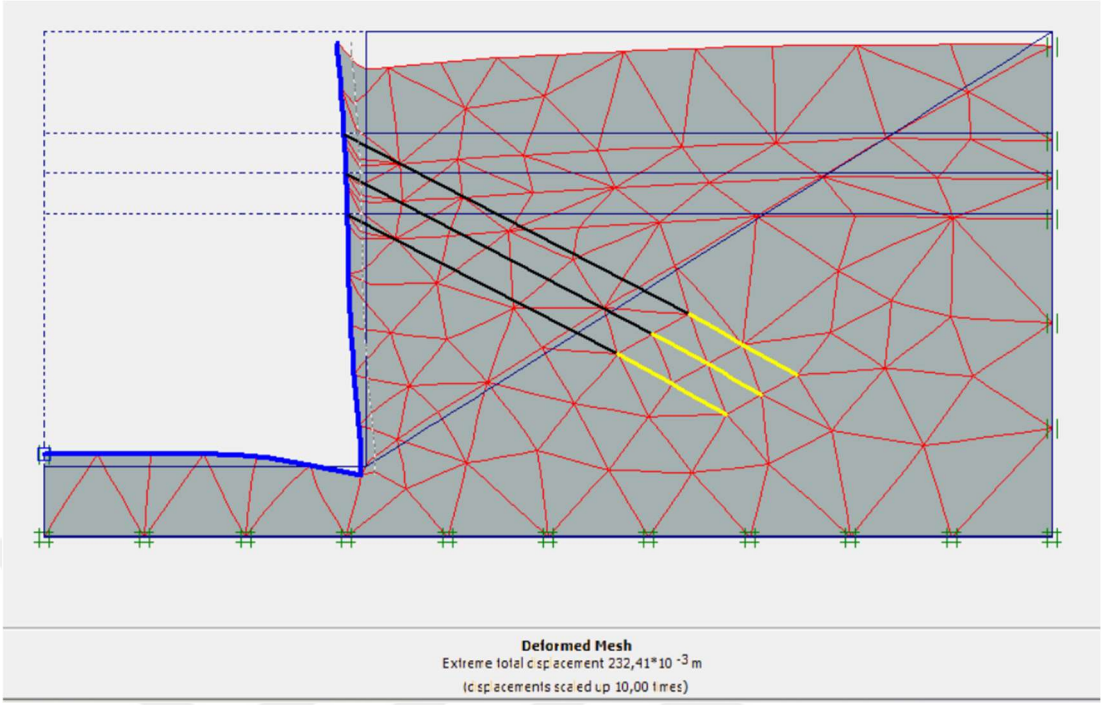
Şekil 7.155: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



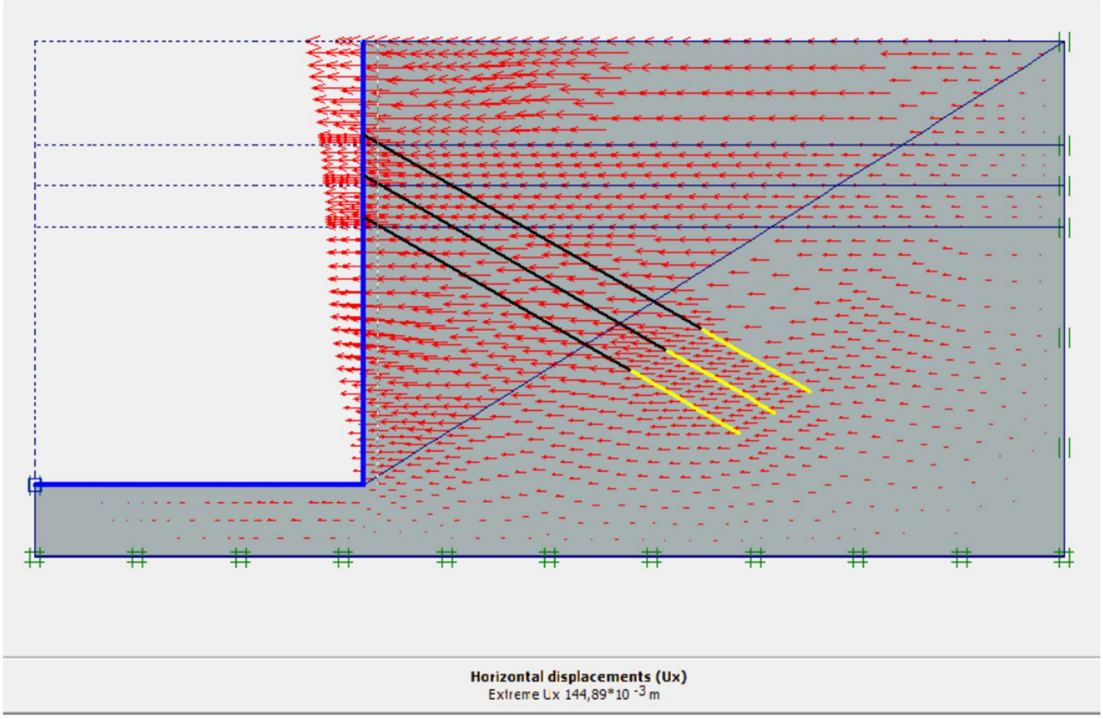
Şekil 7.156: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



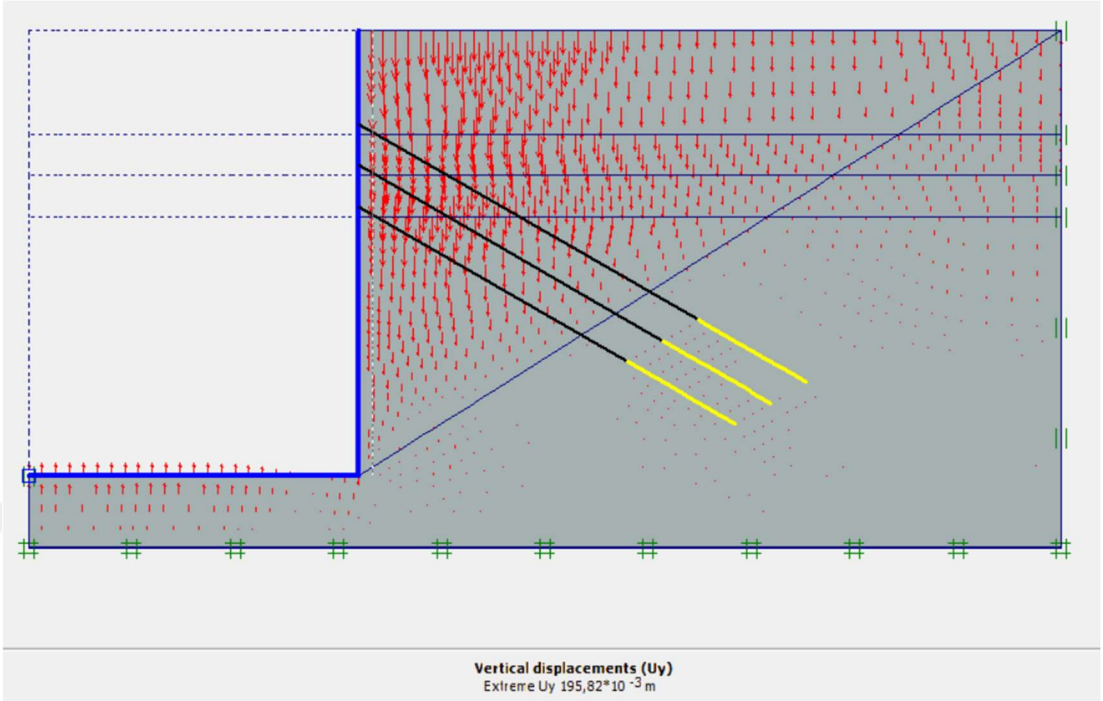
Şekil 7.157: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



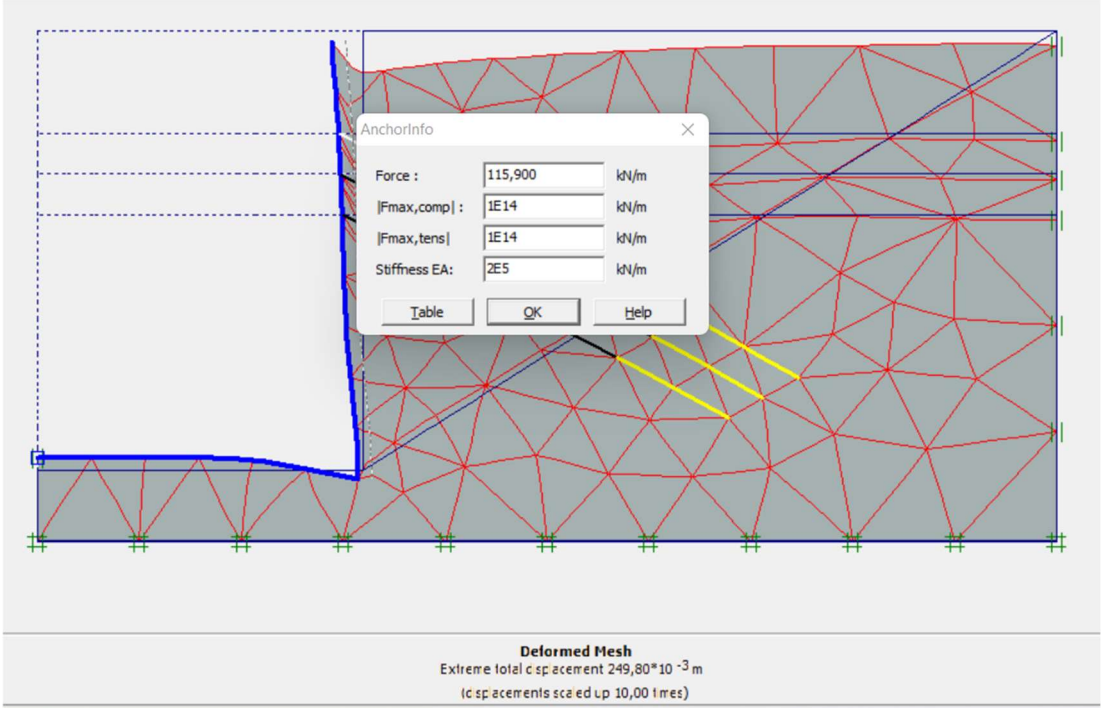
Şekil 7.158: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



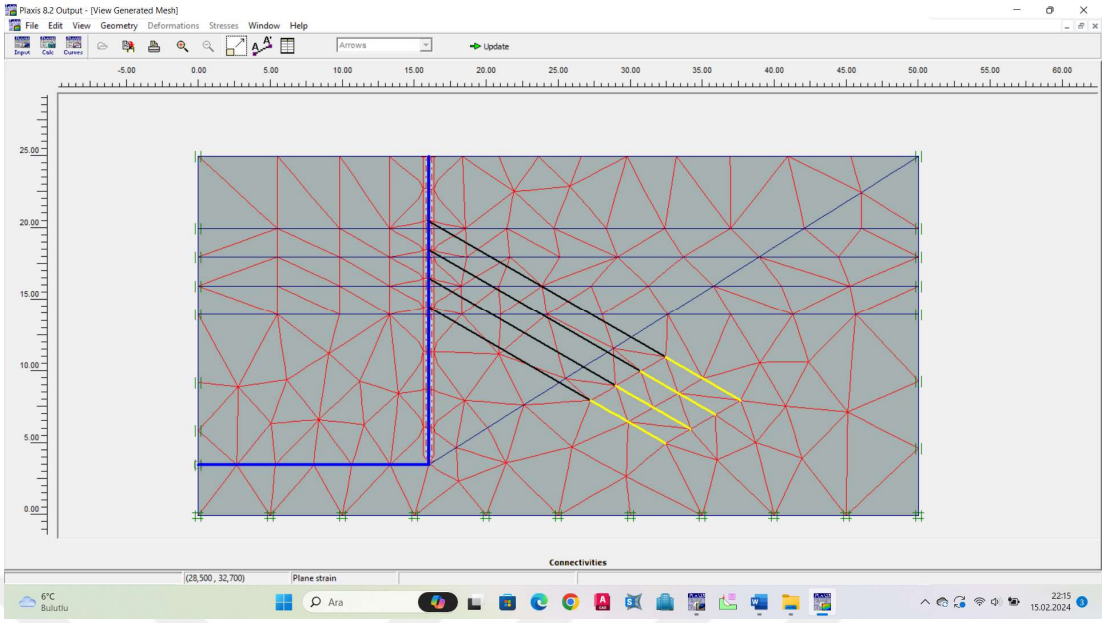
Şekil 7.159: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



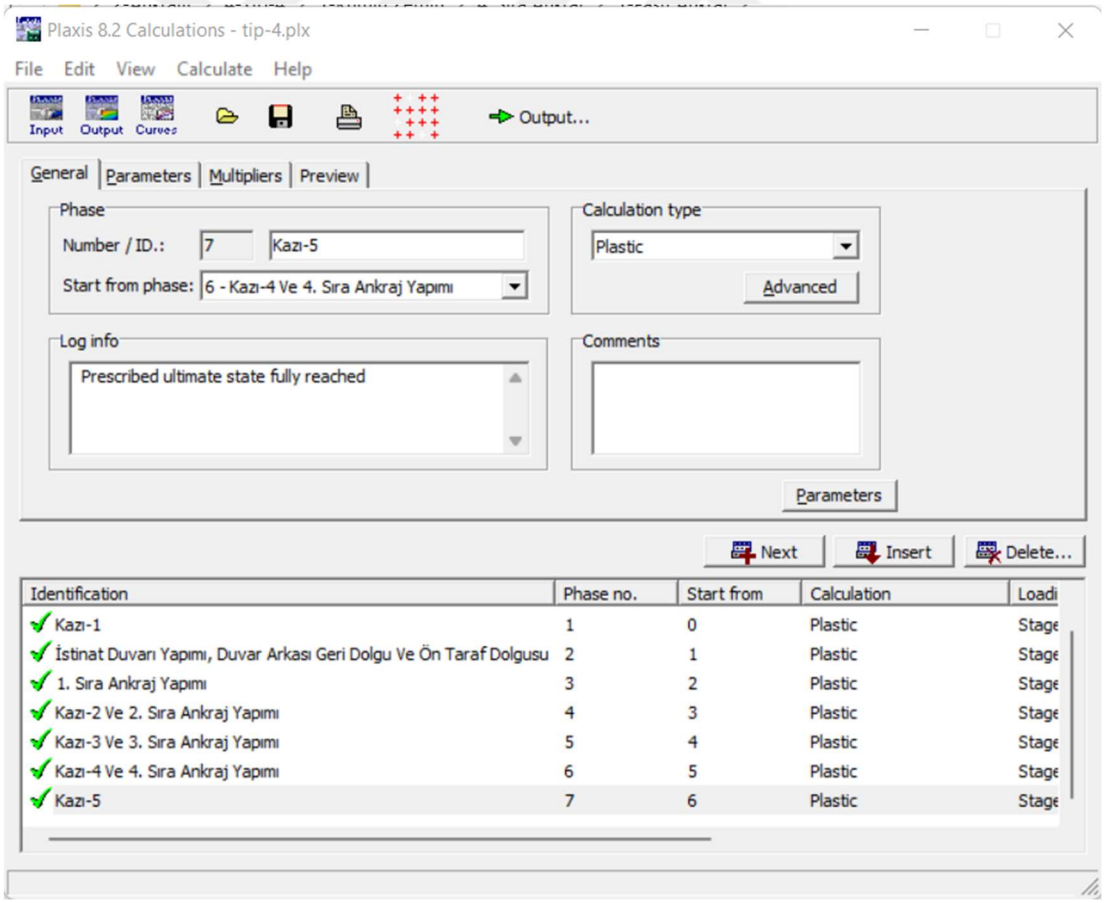
Şekil 7.160: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



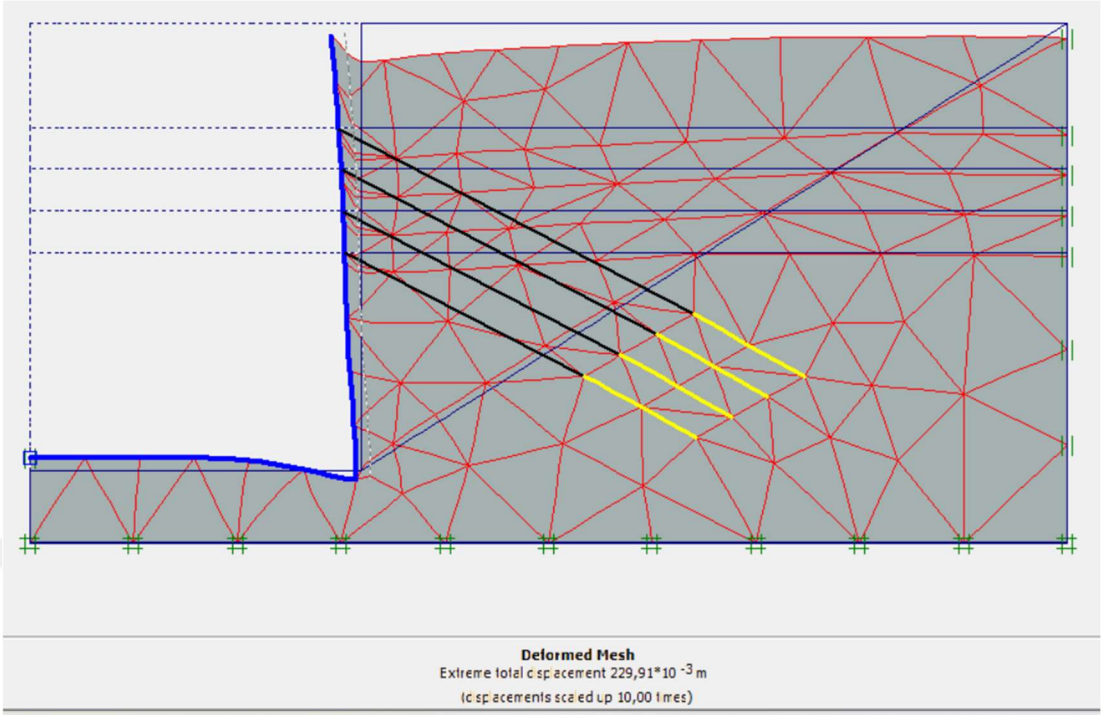
Şekil 7.161: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



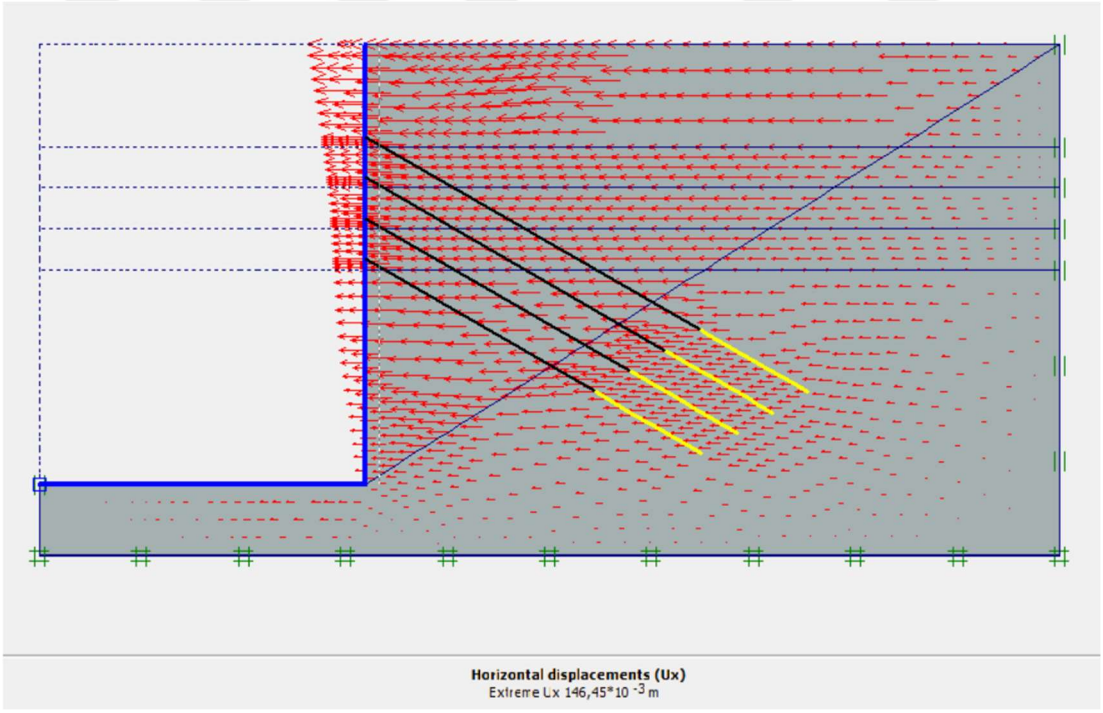
Şekil 7.162: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



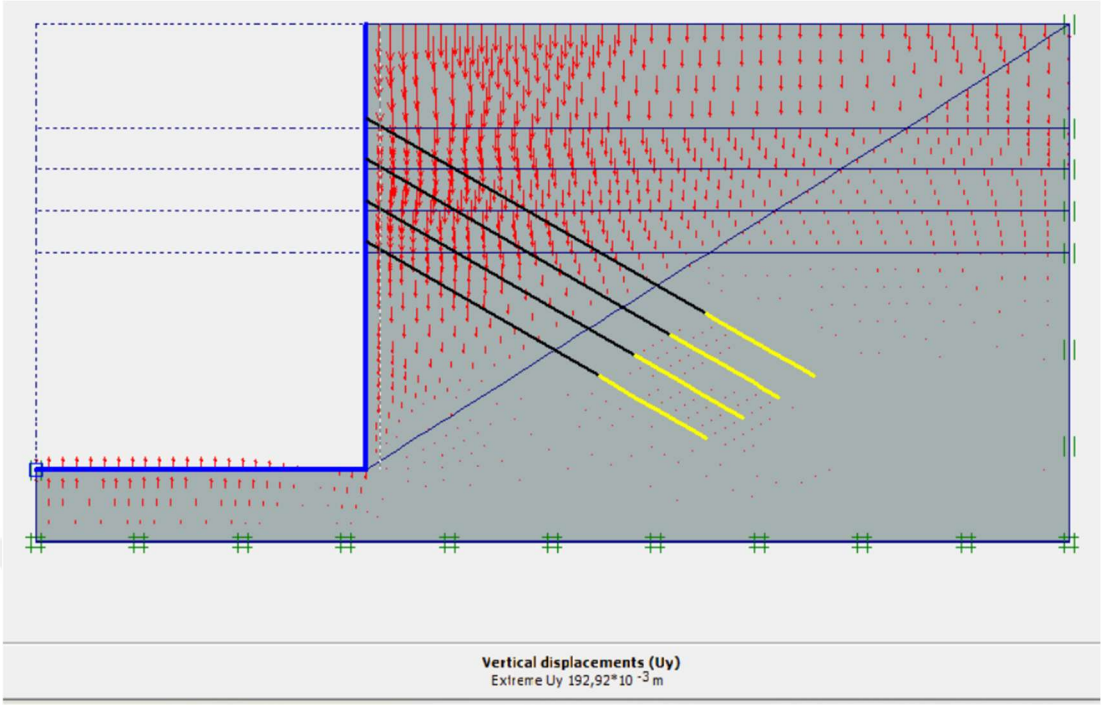
Şekil 7.163: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



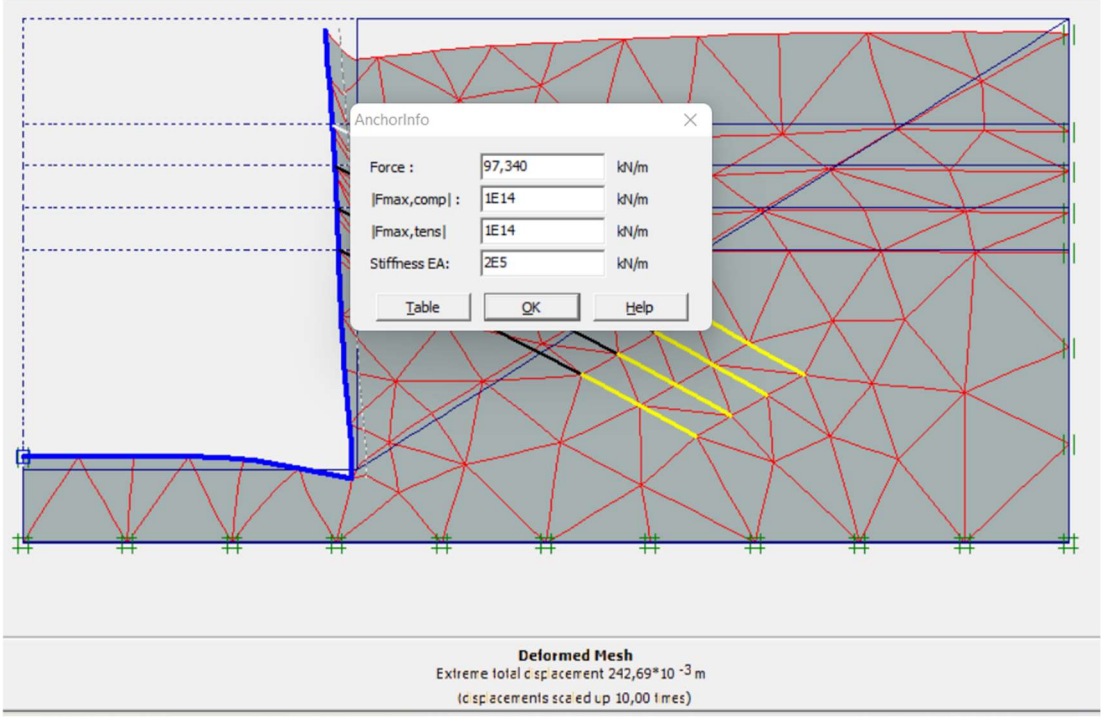
Şekil 7.164: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.165: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

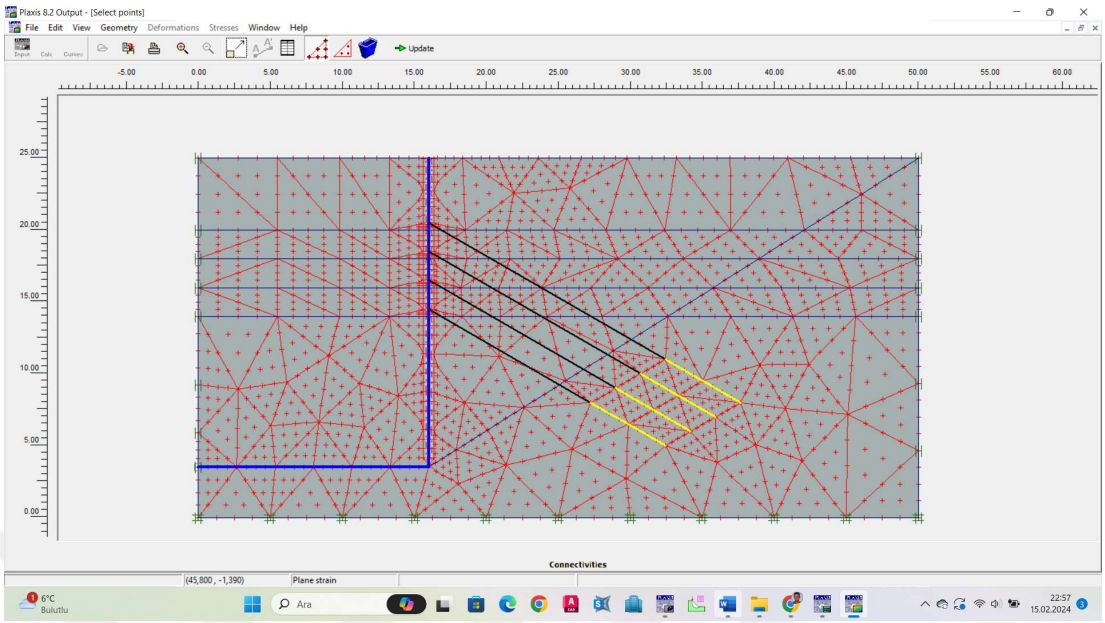


Şekil 7.166: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

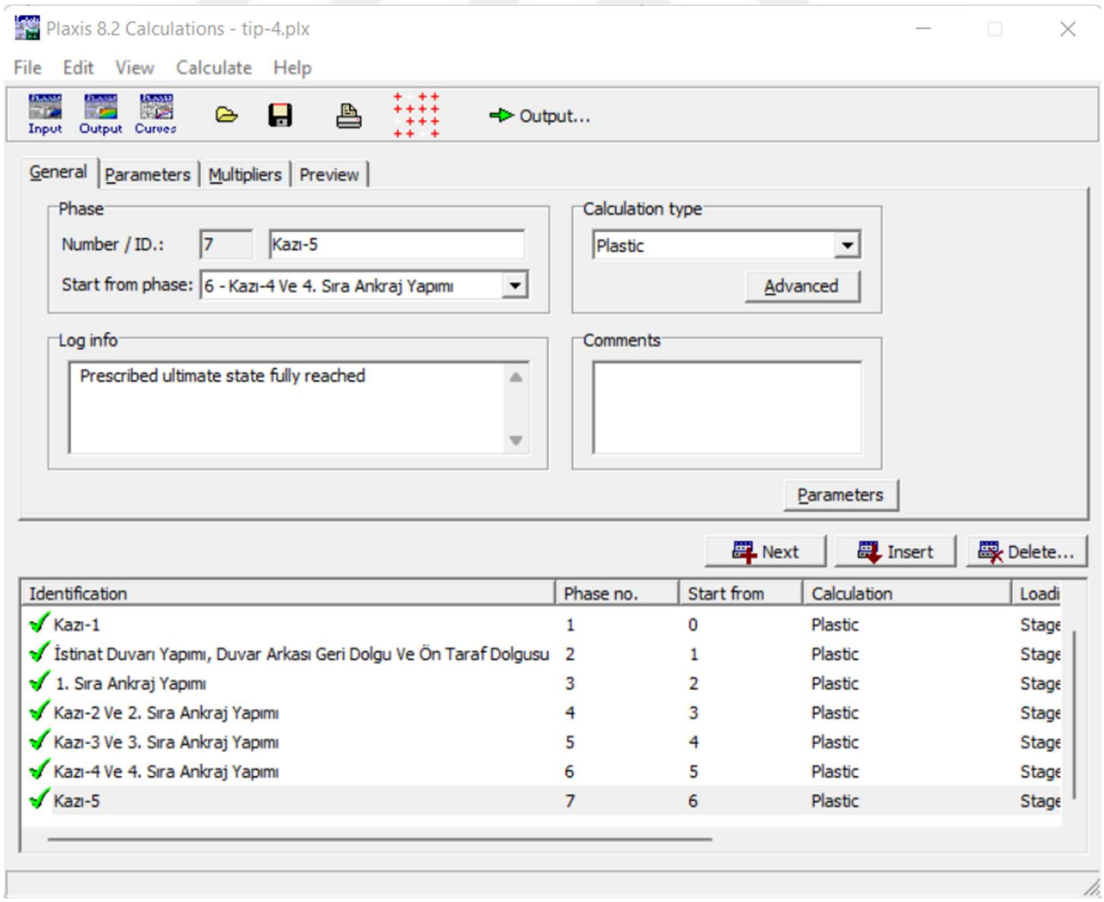


Şekil 7.167: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

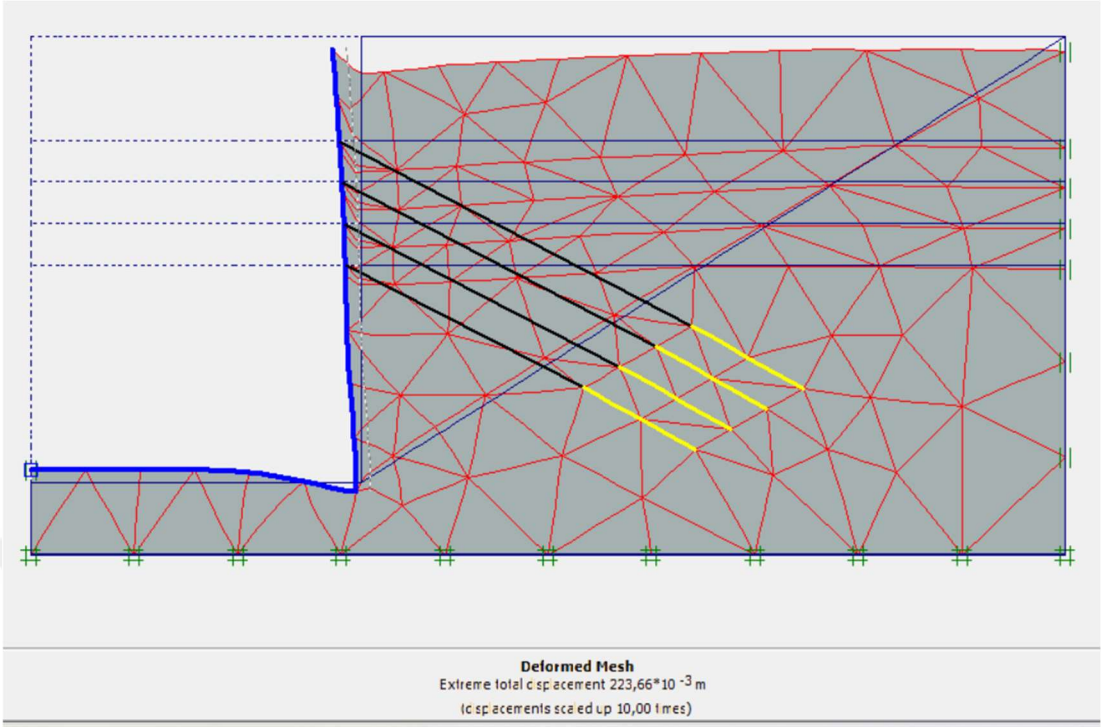
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



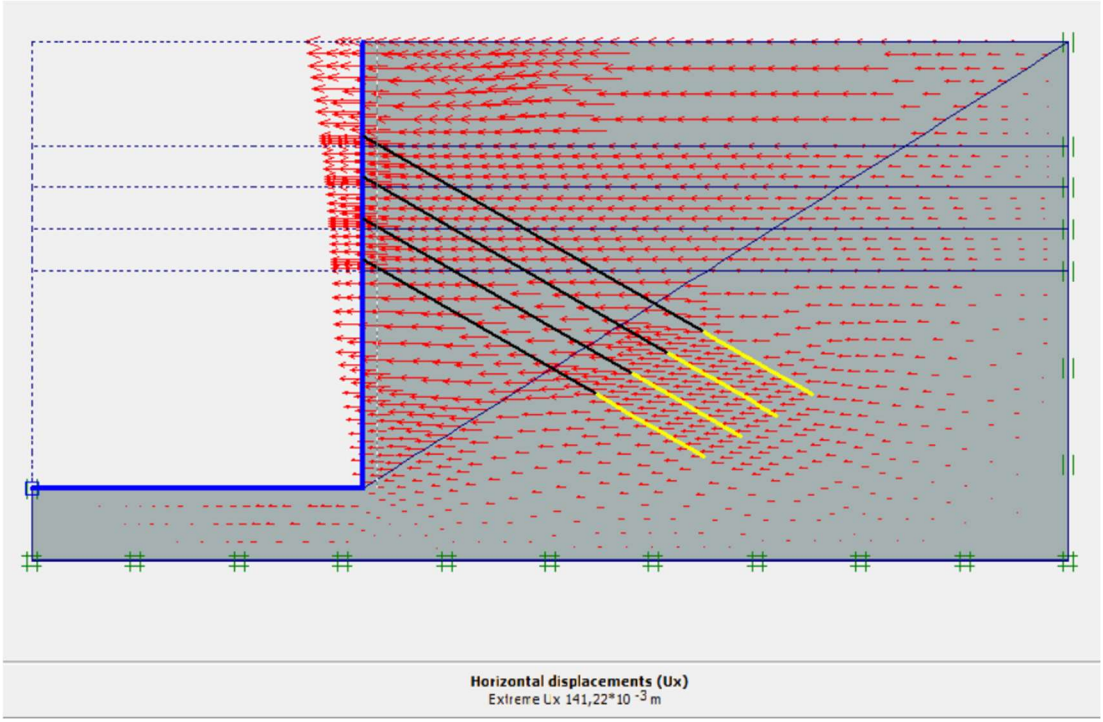
Şekil 7.168: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



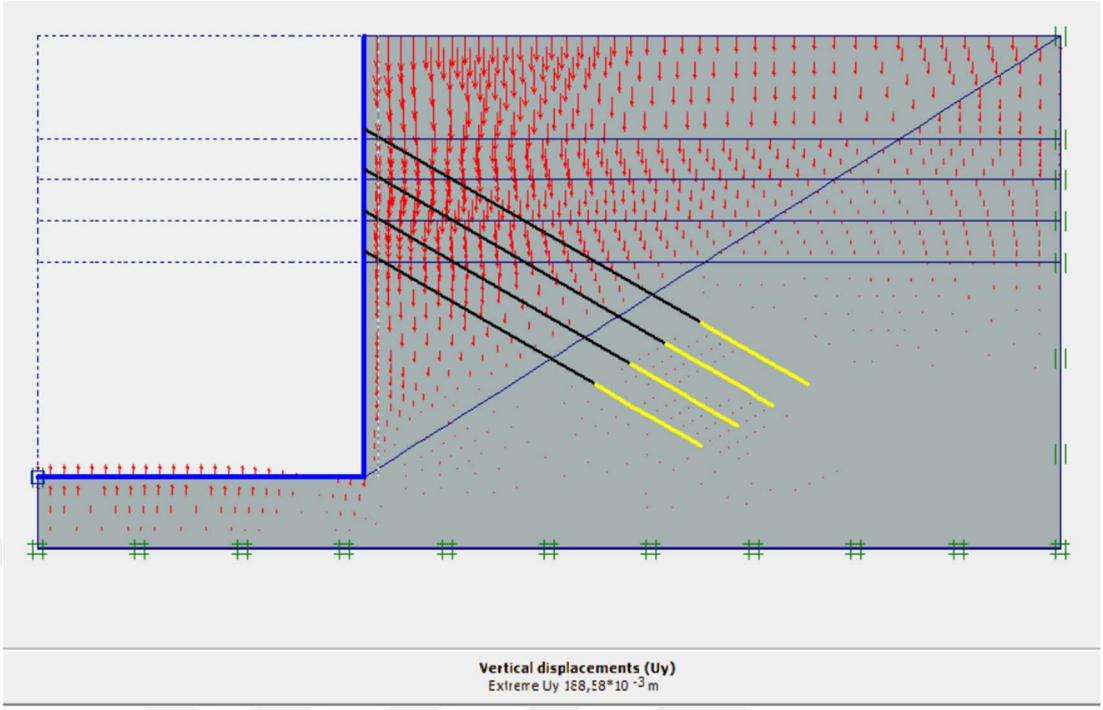
Şekil 7.169: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



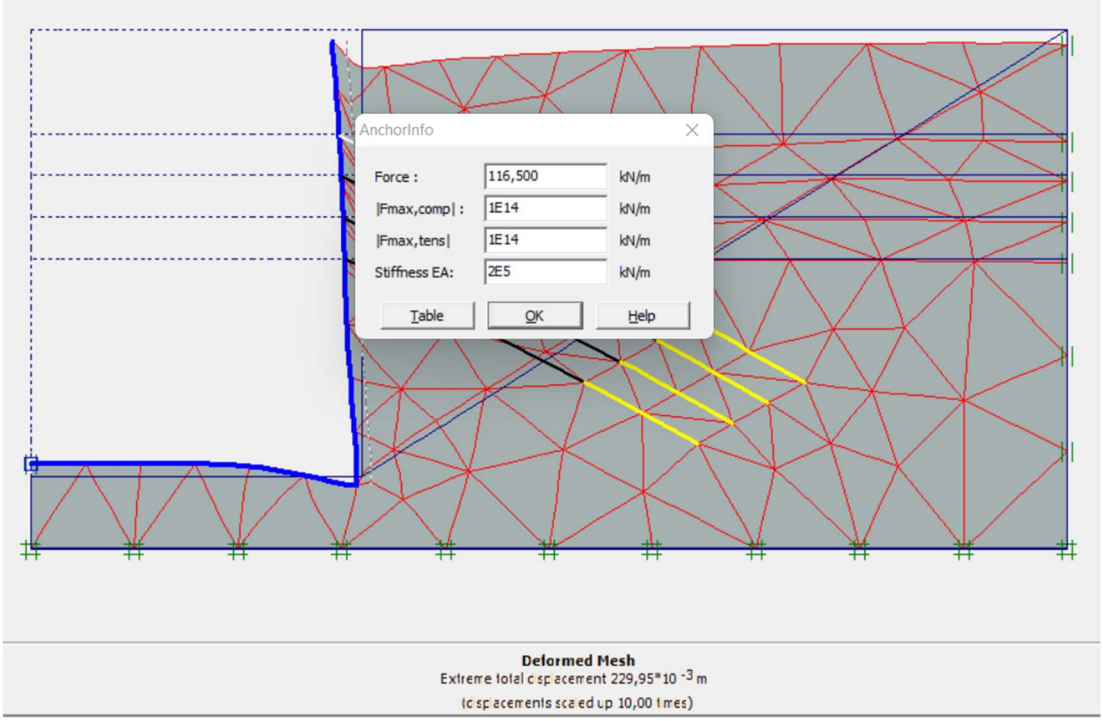
Şekil 7.170: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.171: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

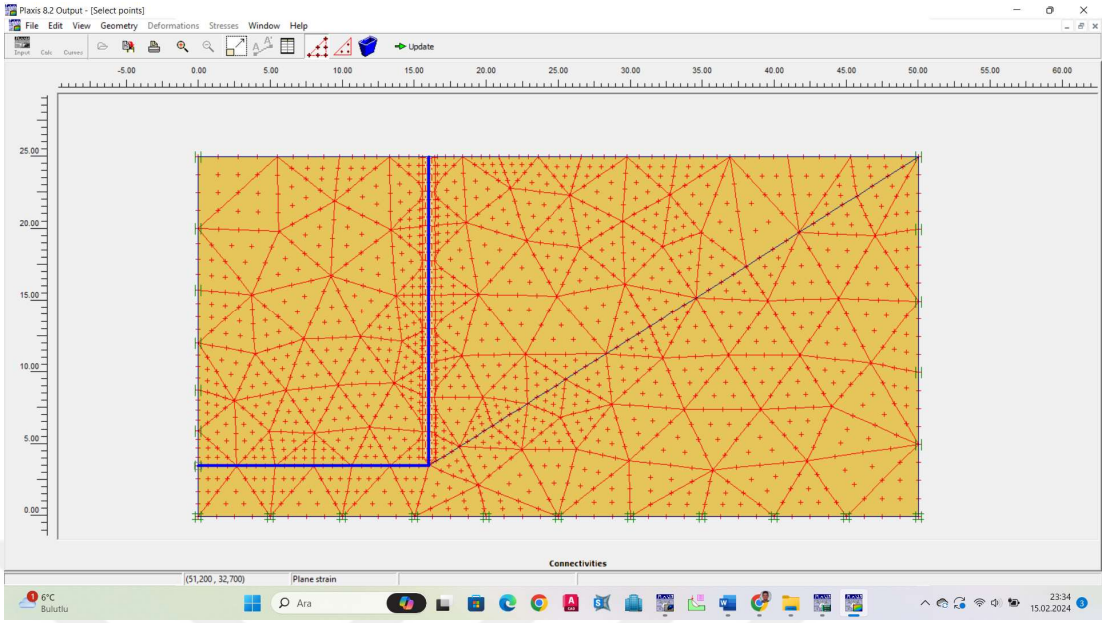


Şekil 7.172: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

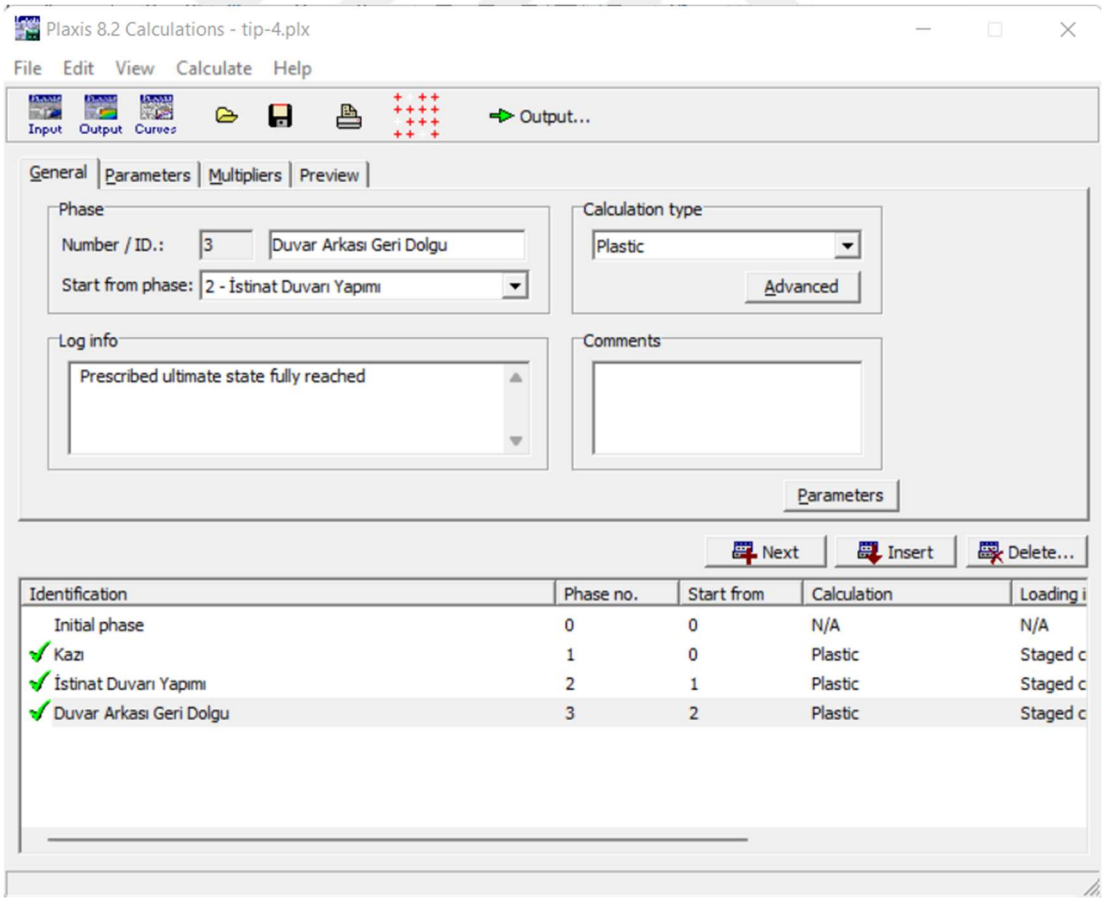


Şekil 7.173: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

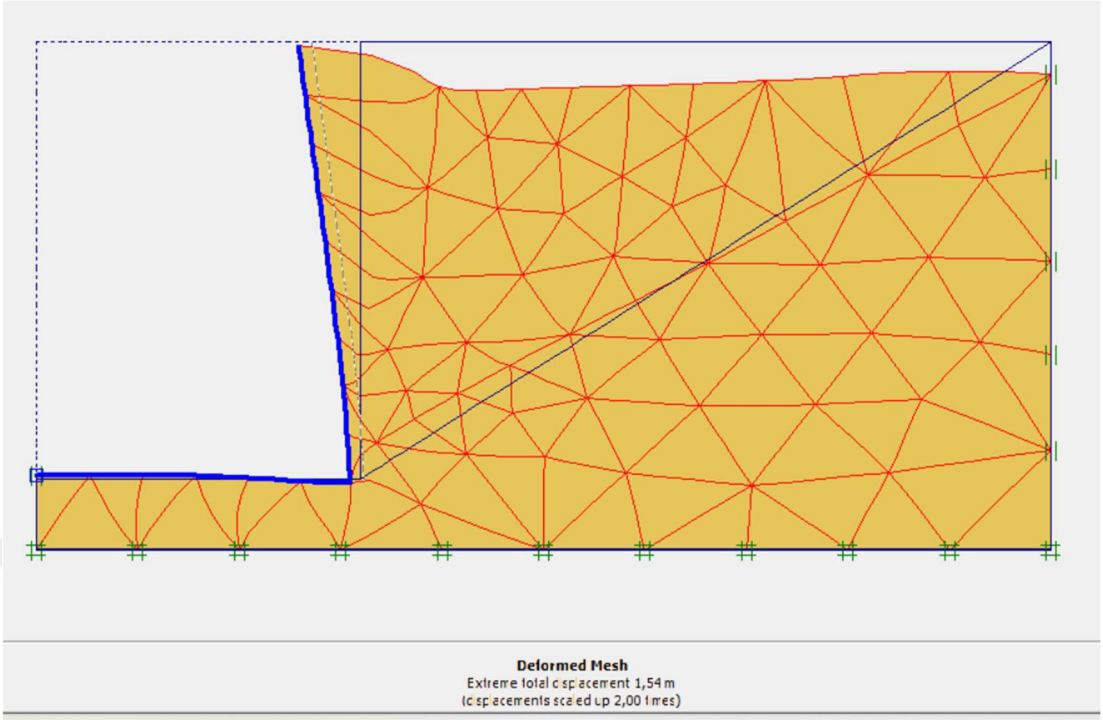
Ankrajsız killi zemin durumunda;



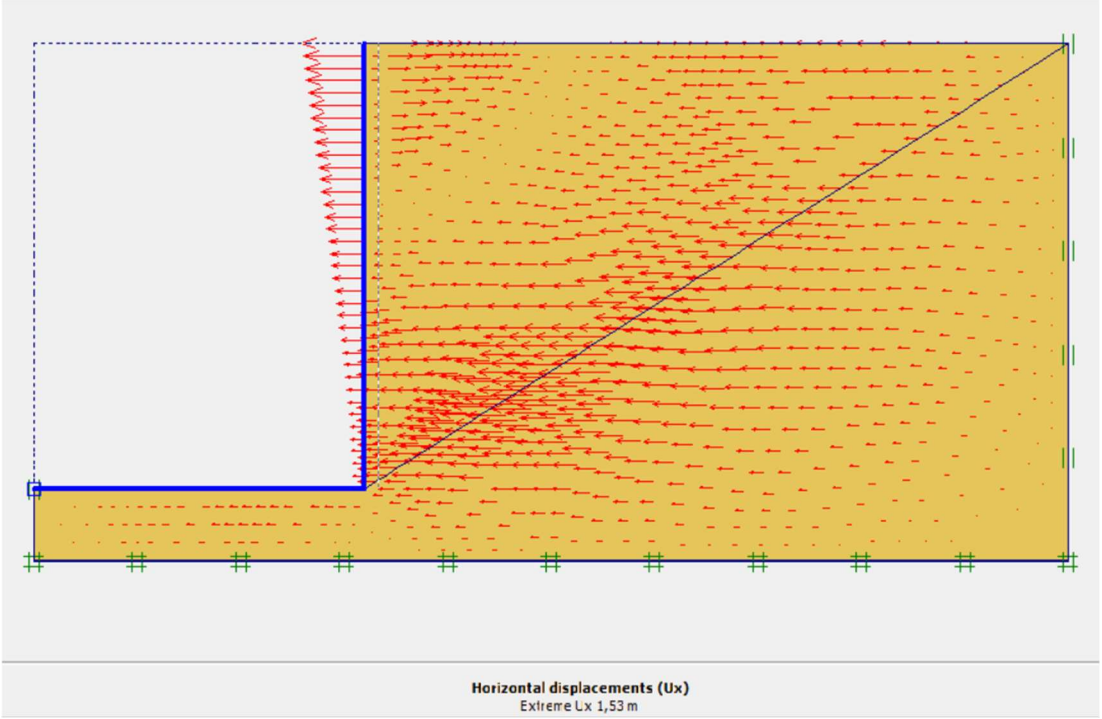
Şekil 7.174: Killi Zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



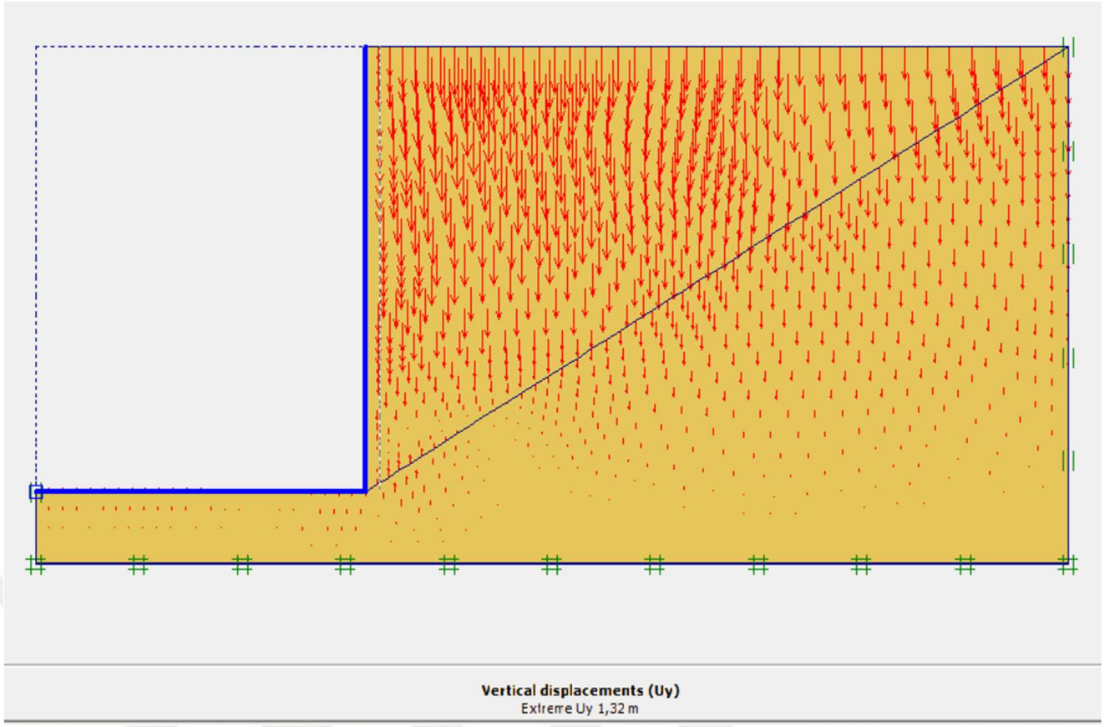
Şekil 7.175: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.176: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



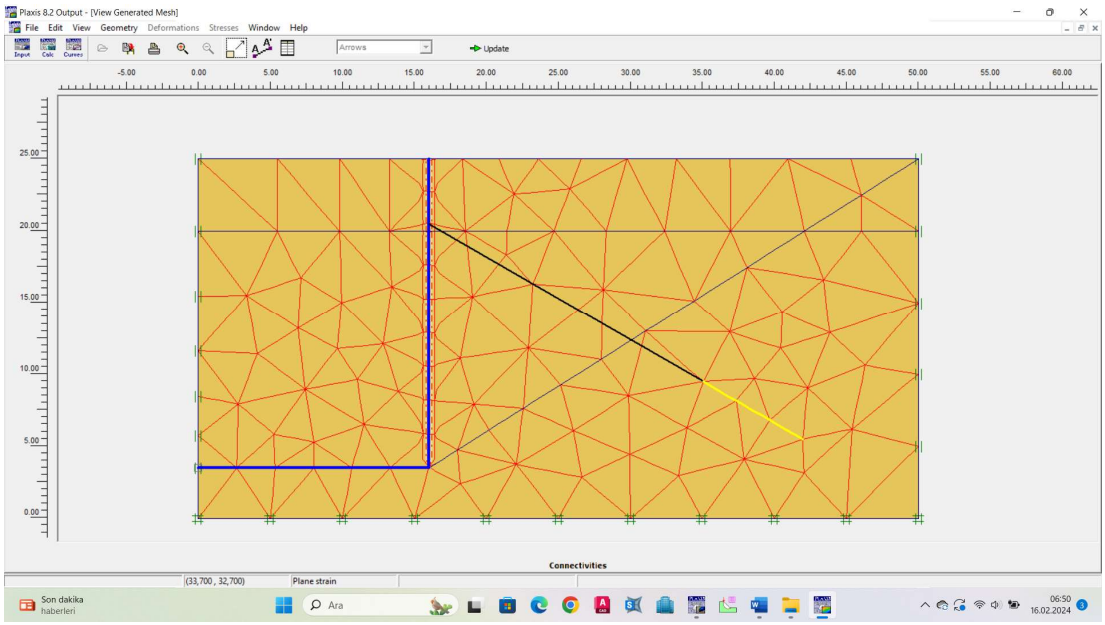
Şekil 7.177: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



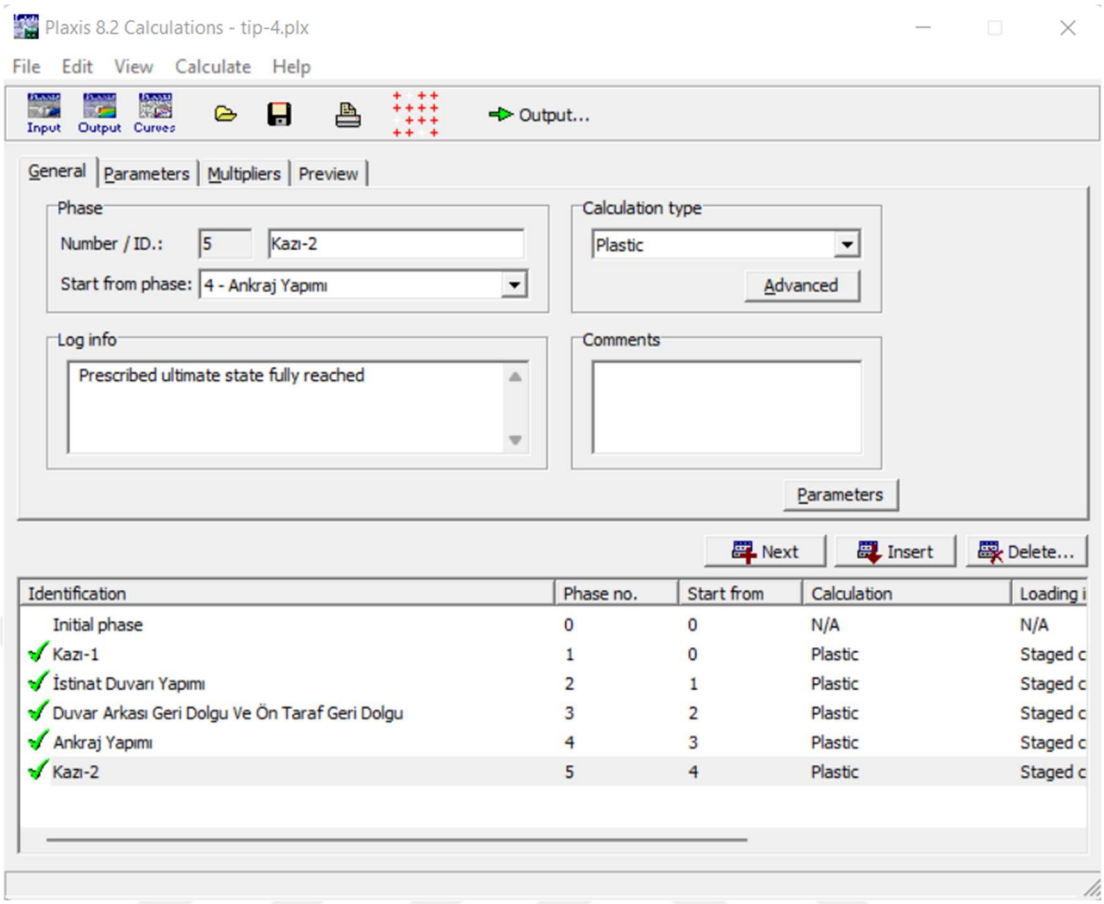
Şekil 7.178: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

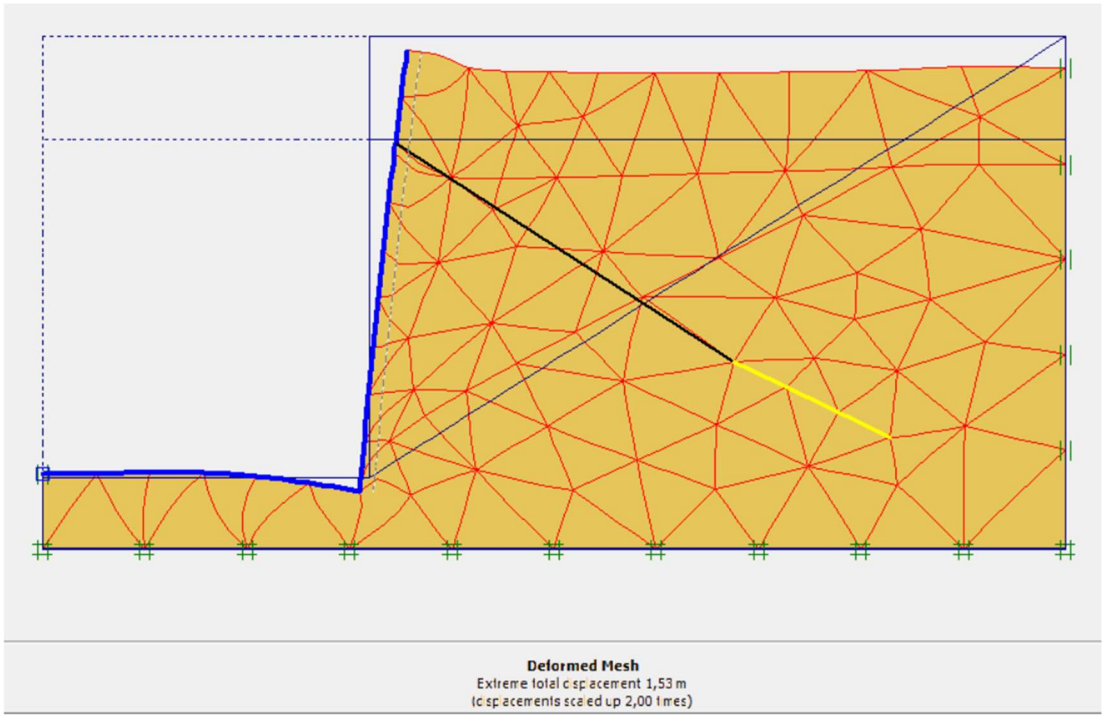
- Basit Ankraj Durumunda;



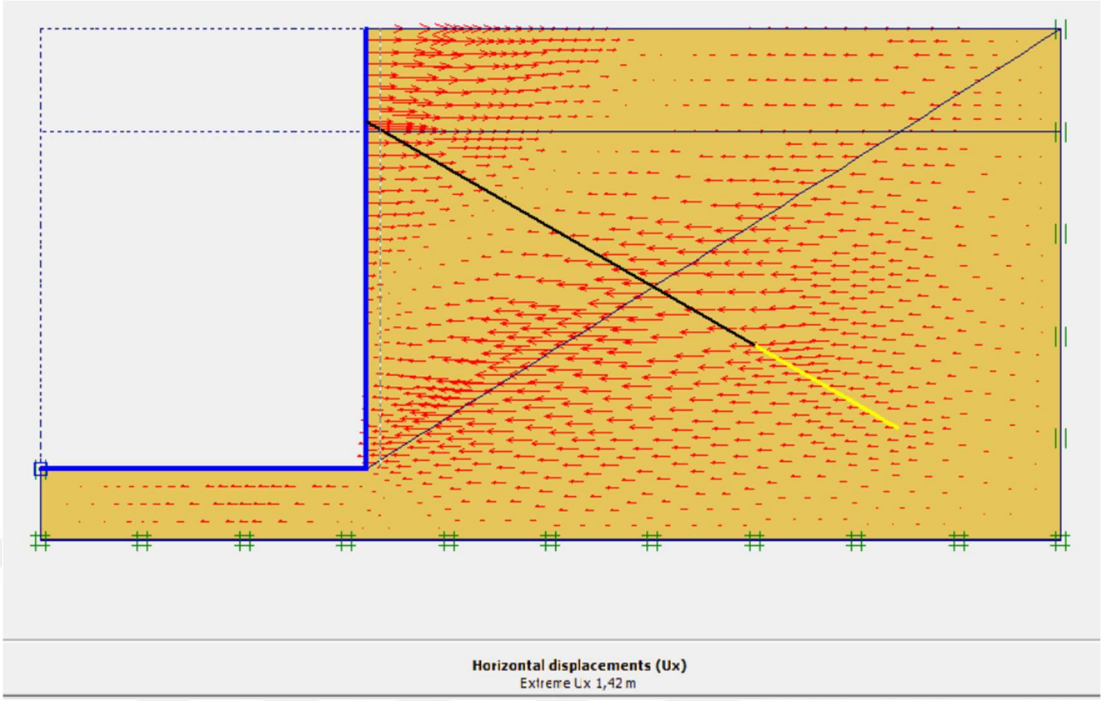
Şekil 7.179: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



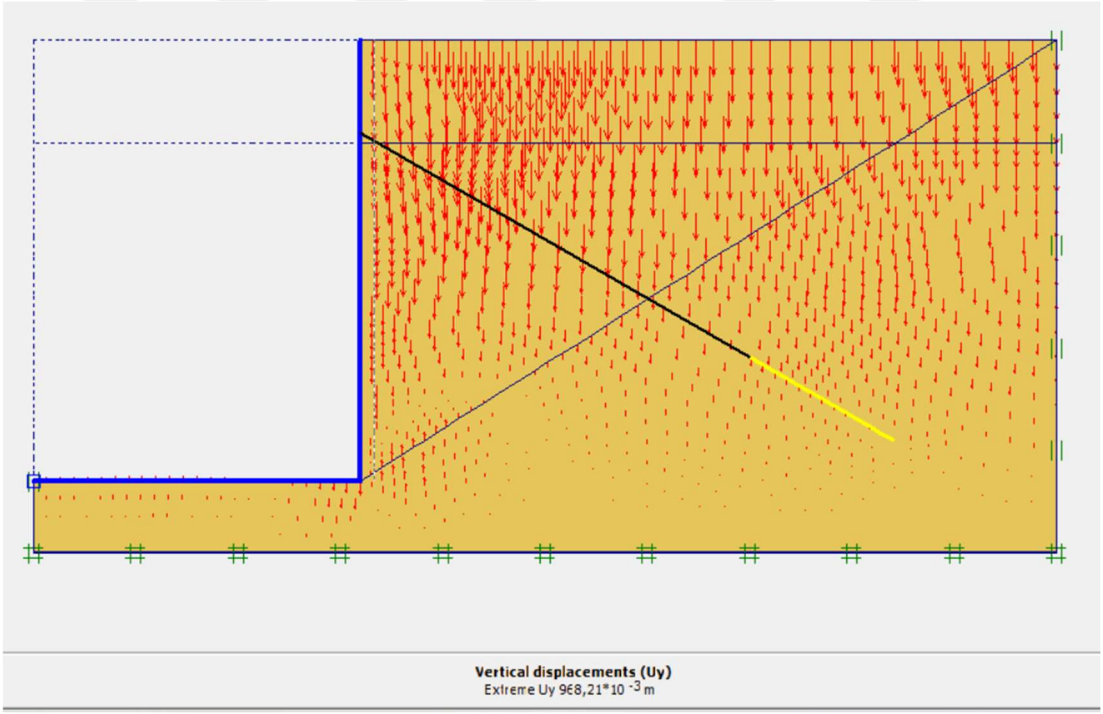
Şekil 7.180: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



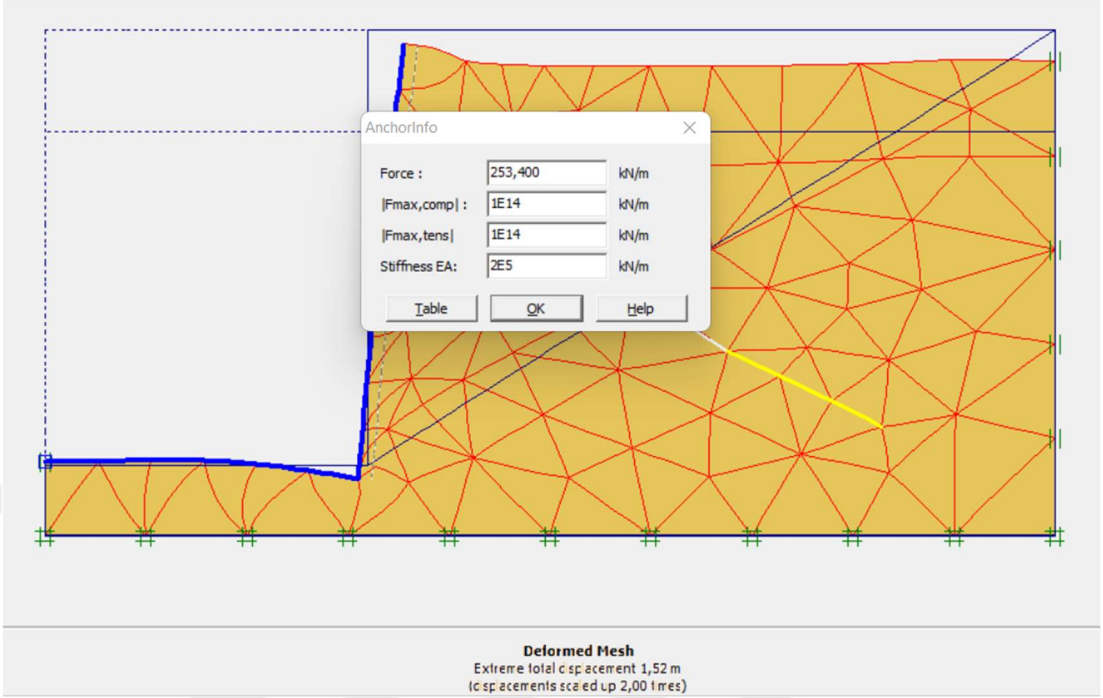
Şekil 7.181: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



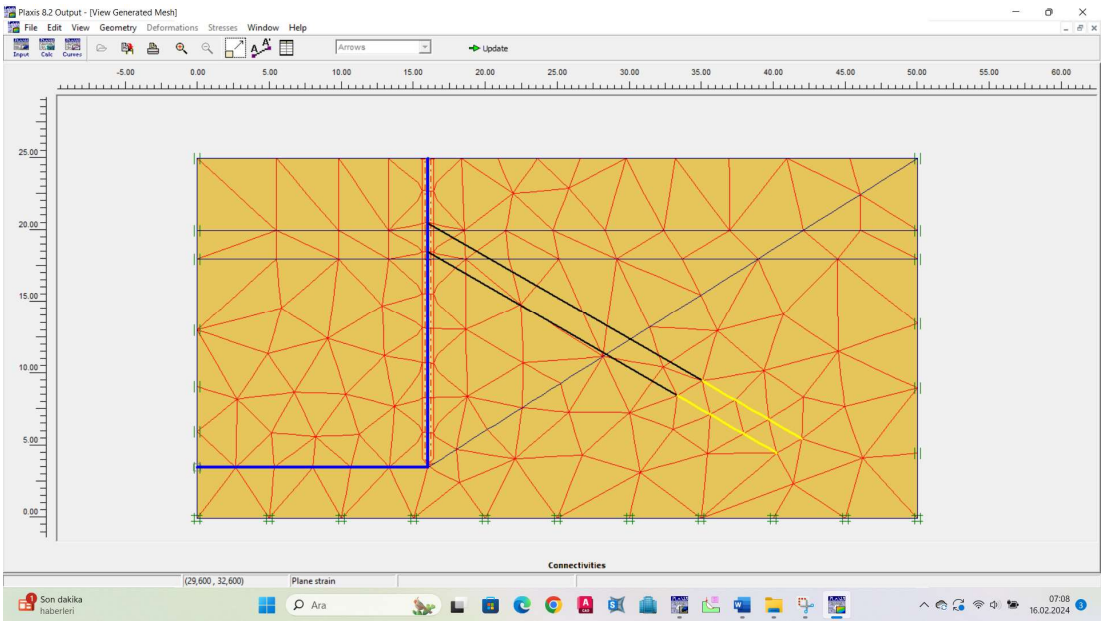
Şekil 7.182: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



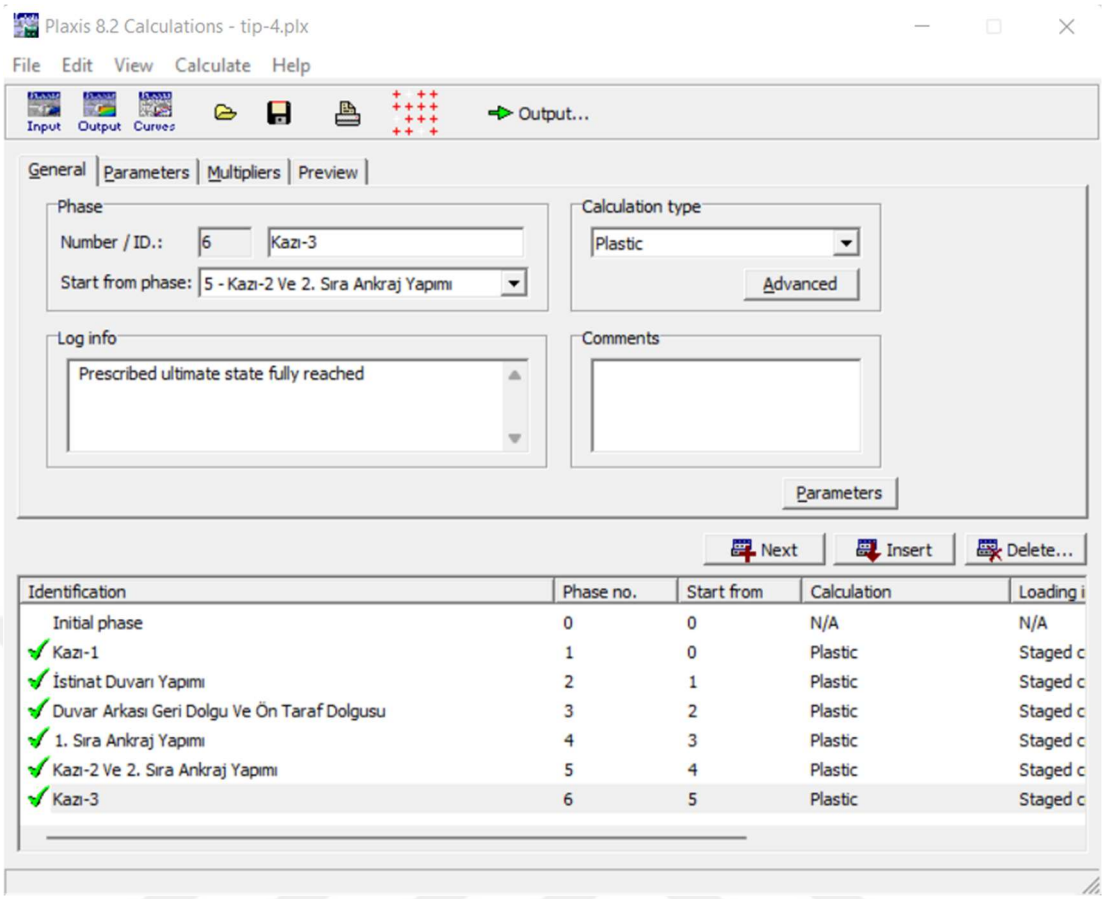
Şekil 7.183: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



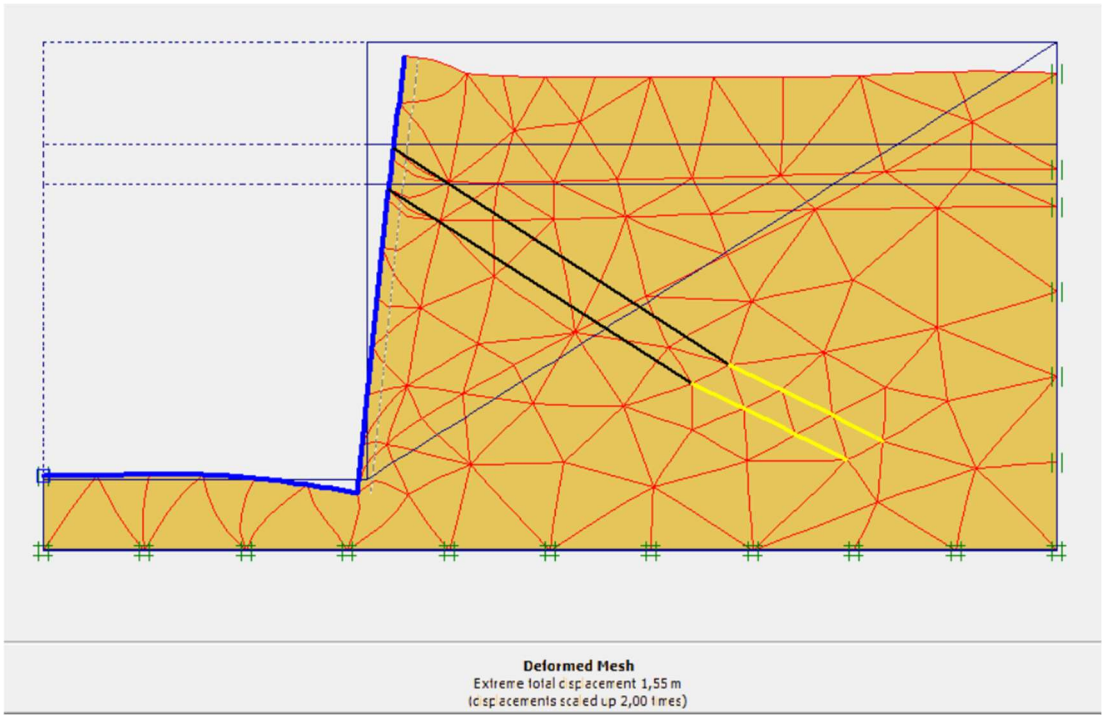
Şekil 7.184: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



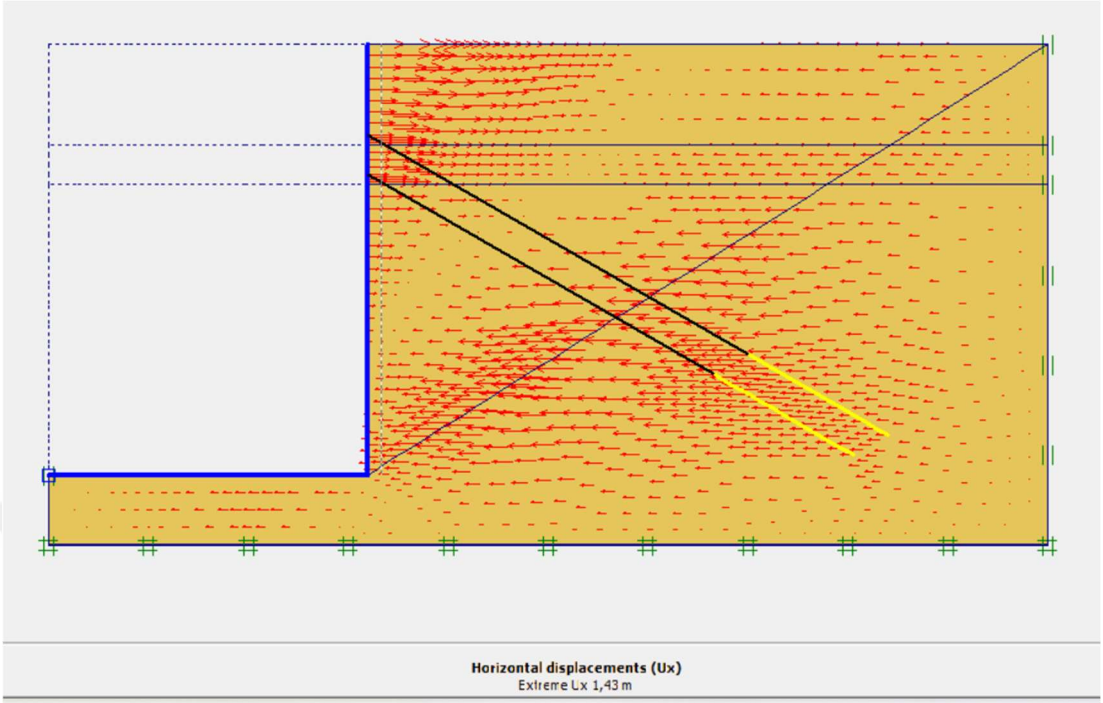
Şekil 7.185: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



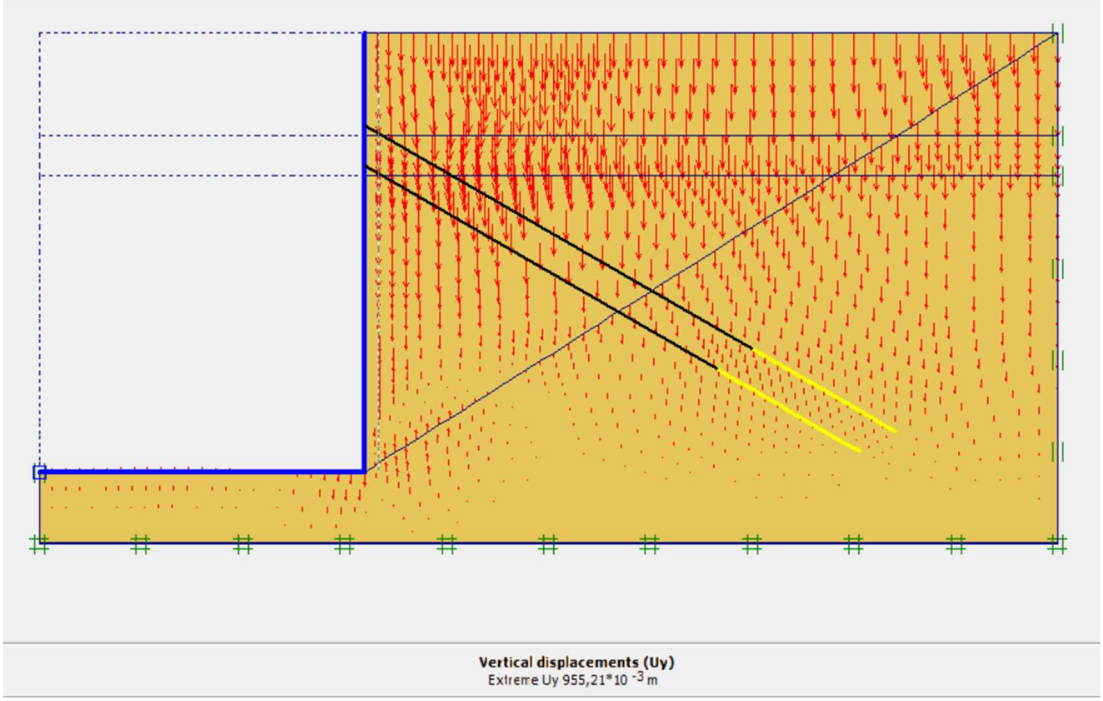
Şekil 7.186: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



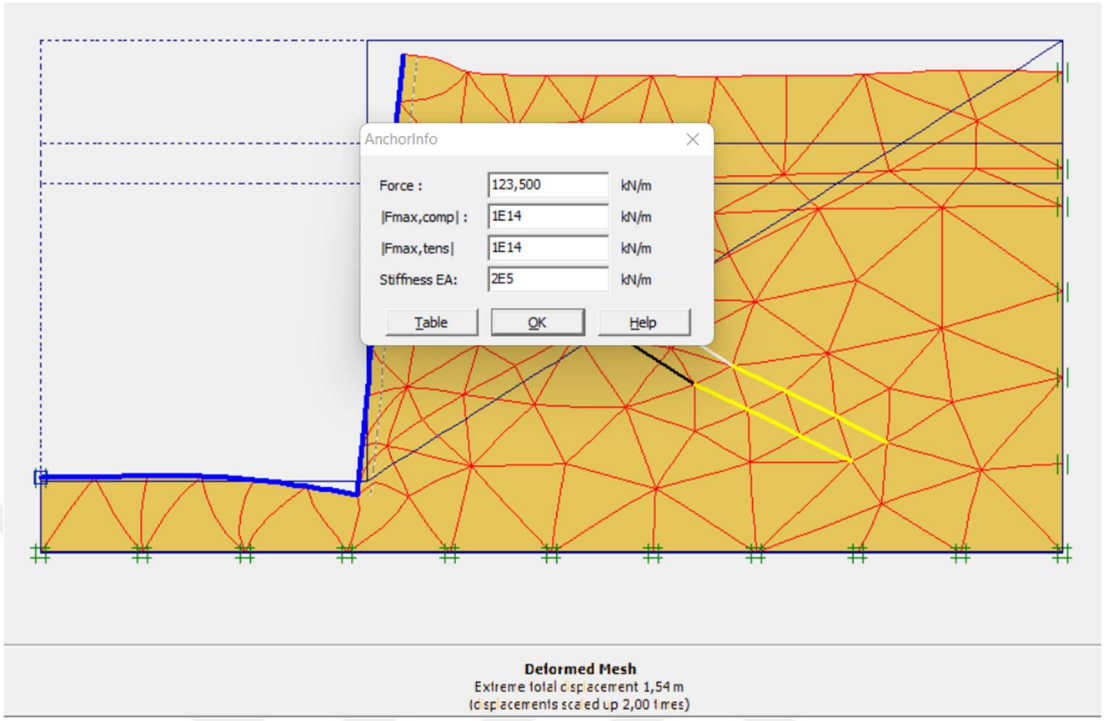
Şekil 7.187: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



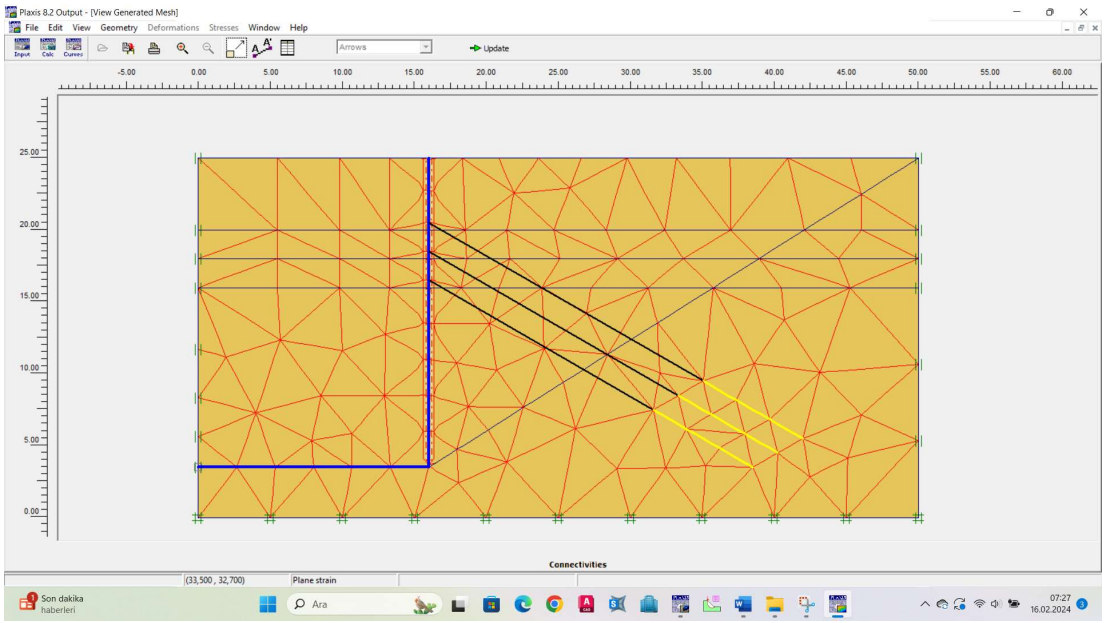
Şekil 7.188: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



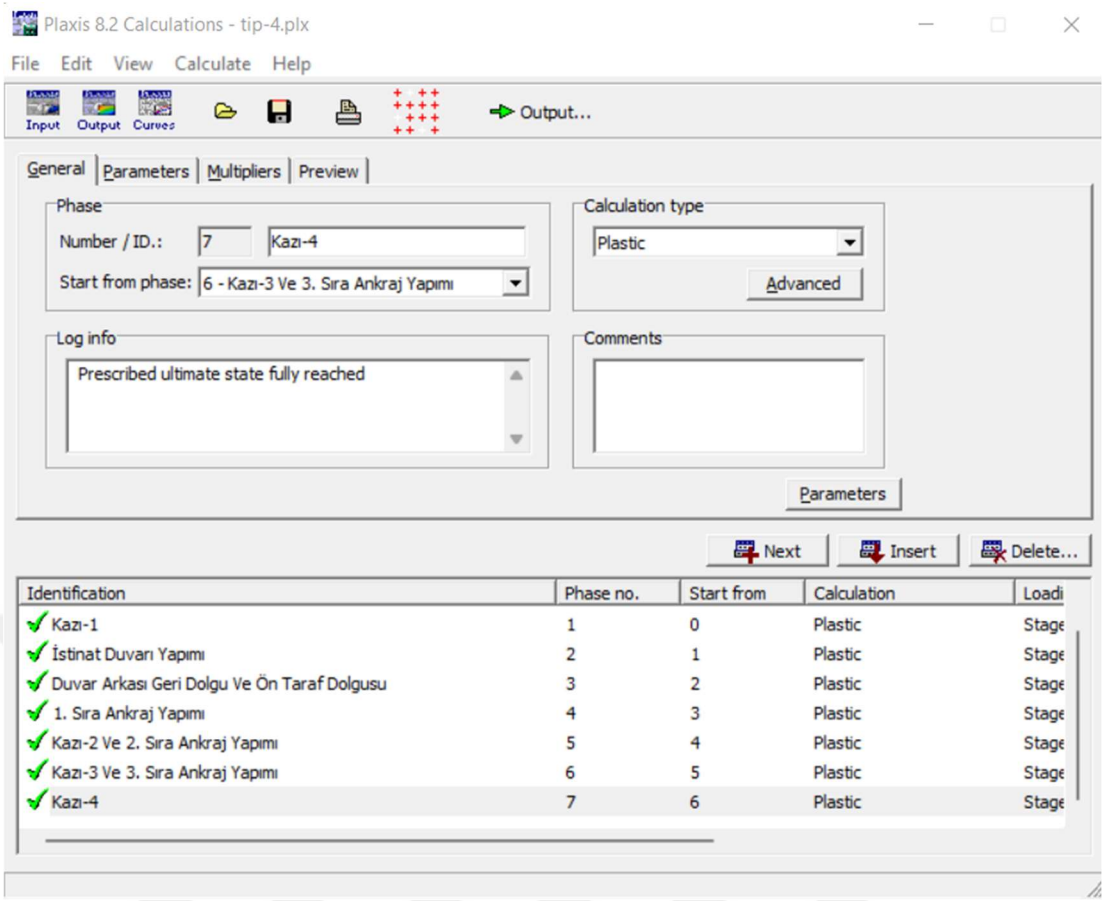
Şekil 7.189: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



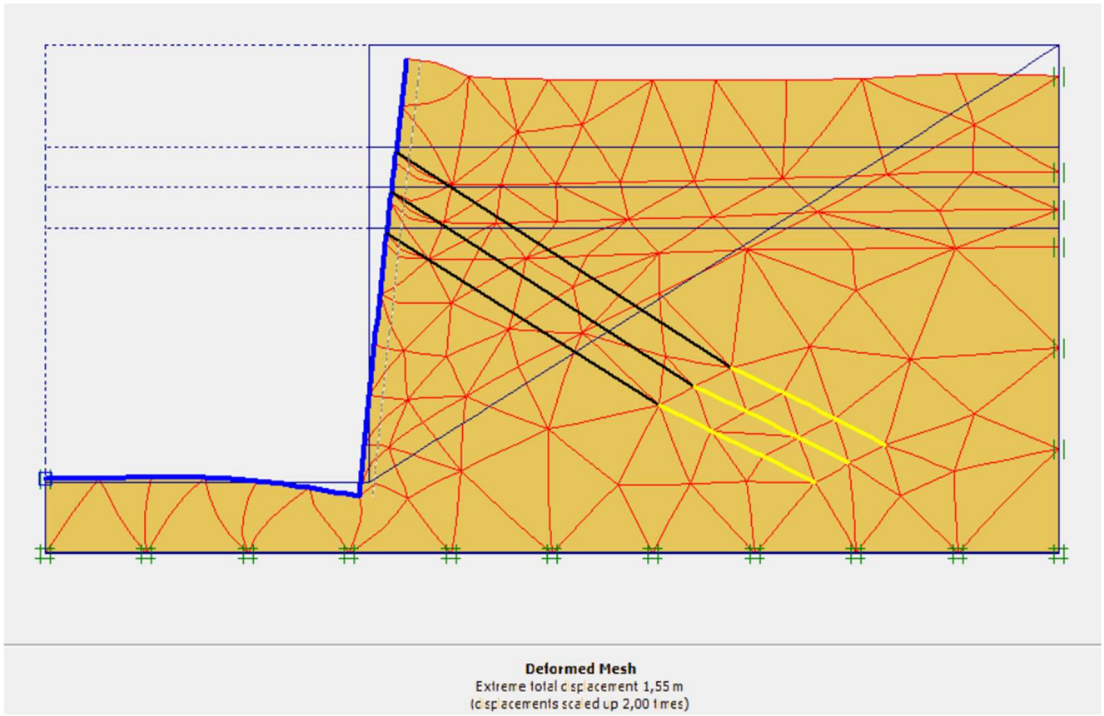
Şekil 7.190: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



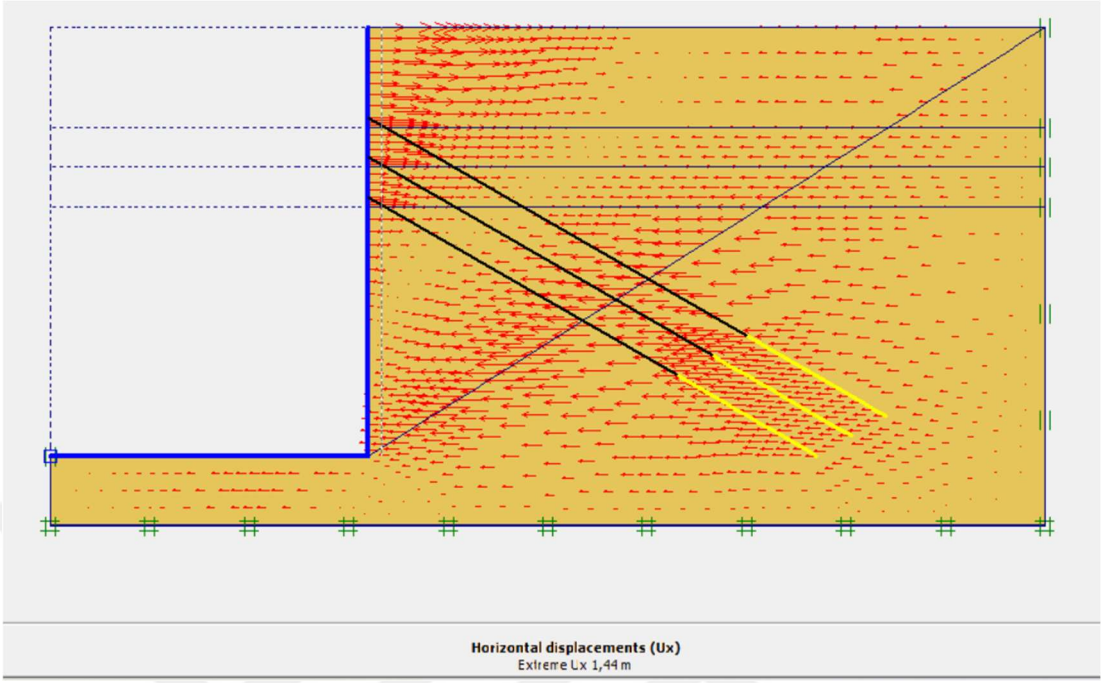
Şekil 7.191: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



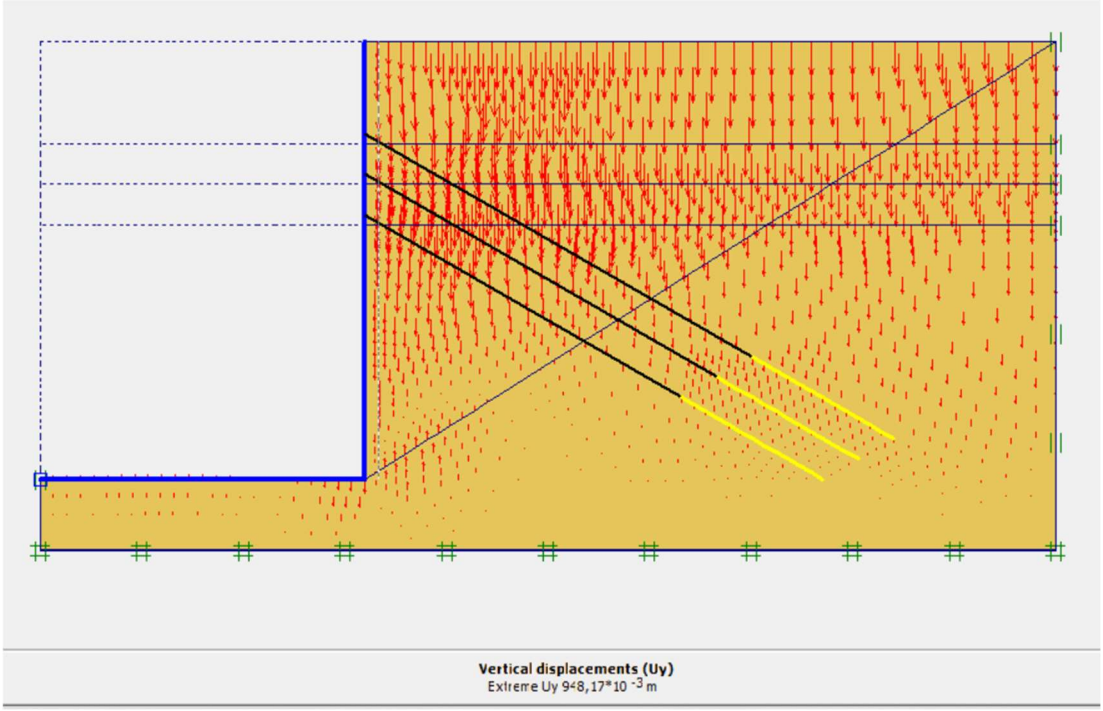
Şekil 7.192: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



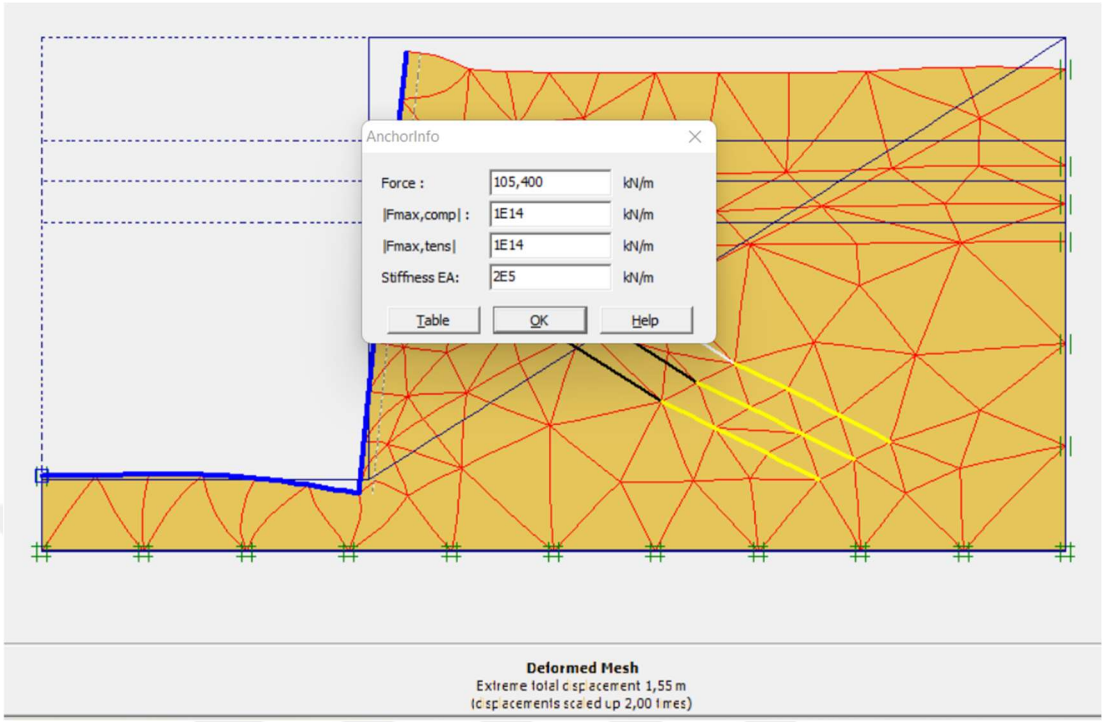
Şekil 7.193: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



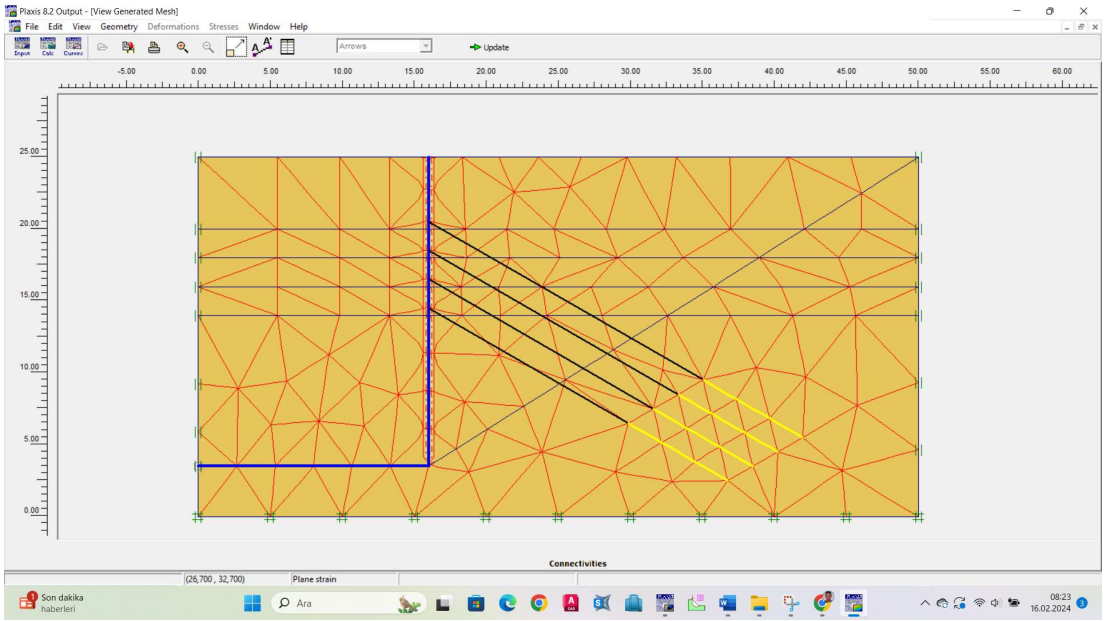
Şekil 7.194: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



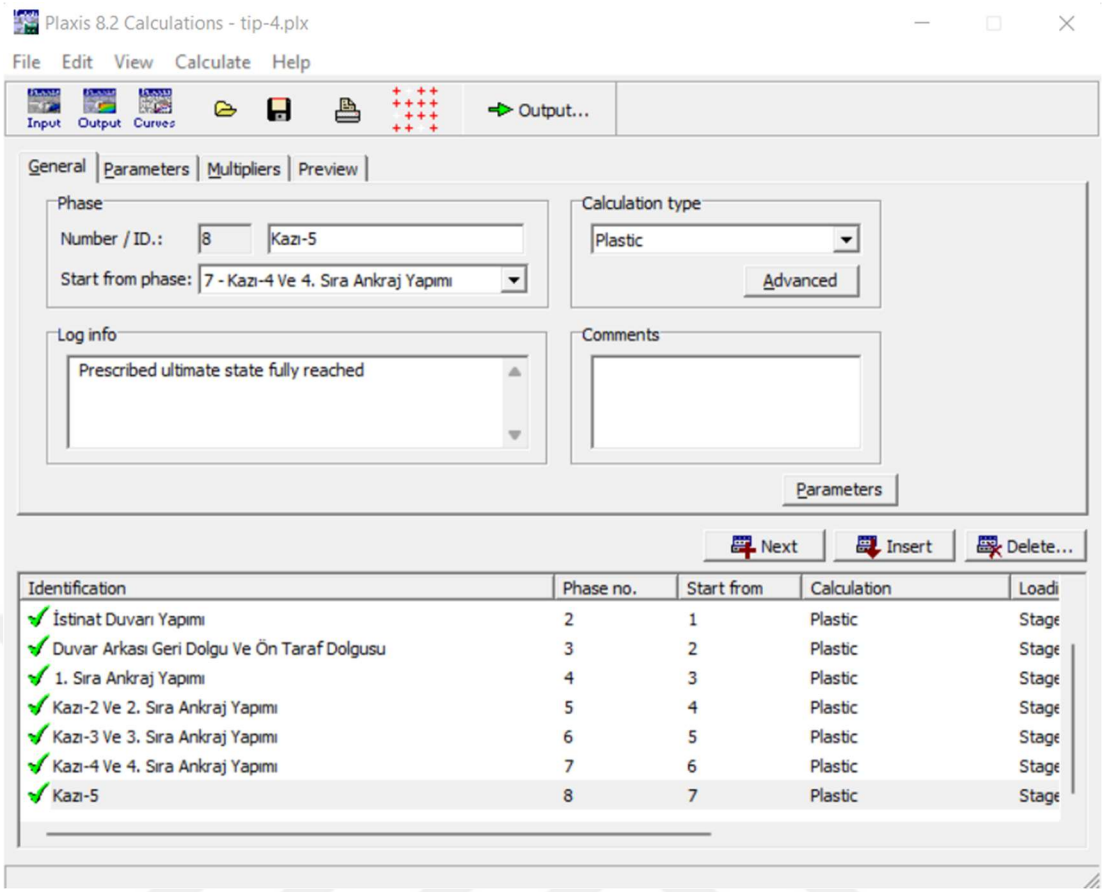
Şekil 7.195: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



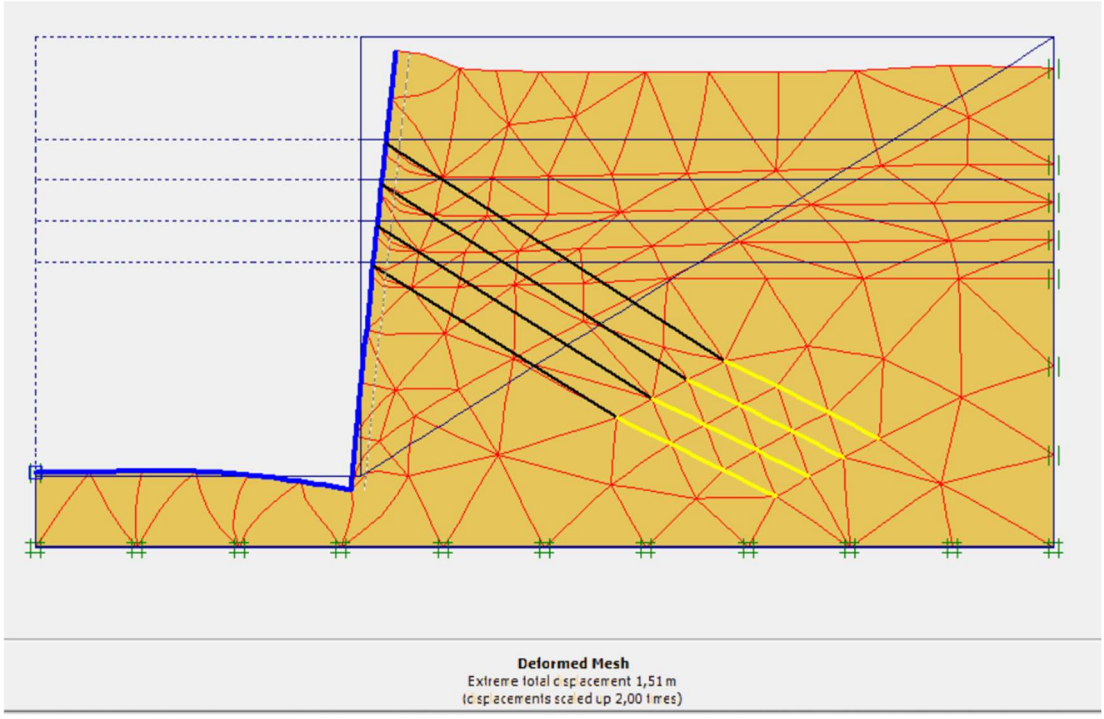
Şekil 7.196: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.



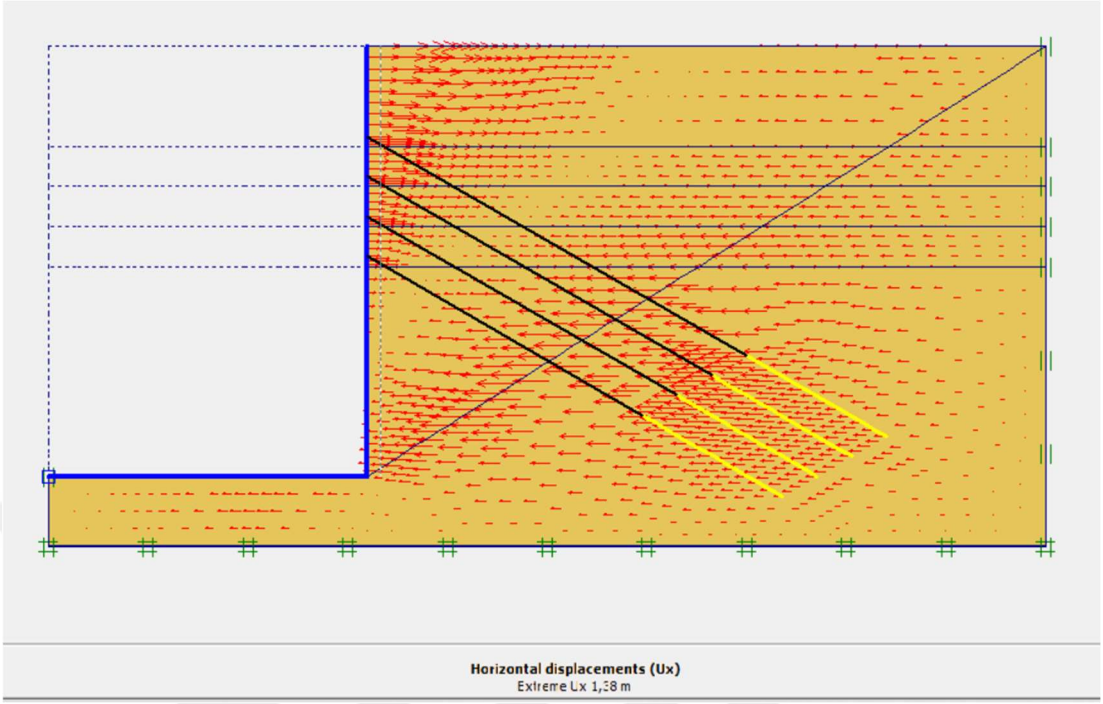
Şekil 7.197: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



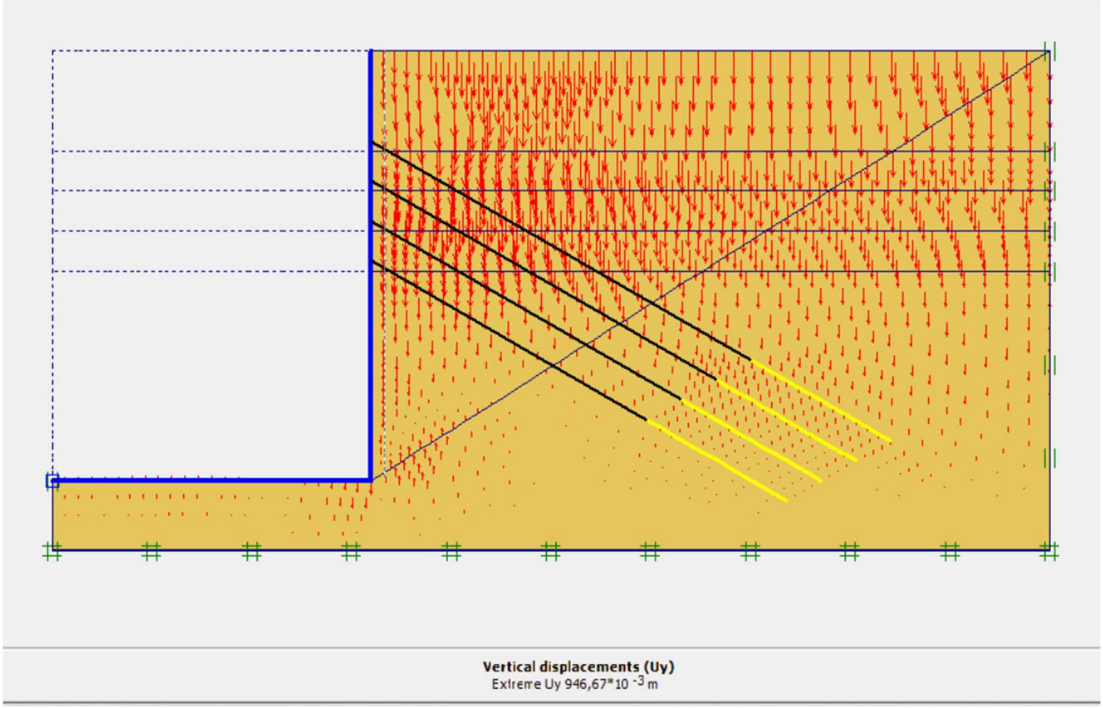
Şekil 7.198: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



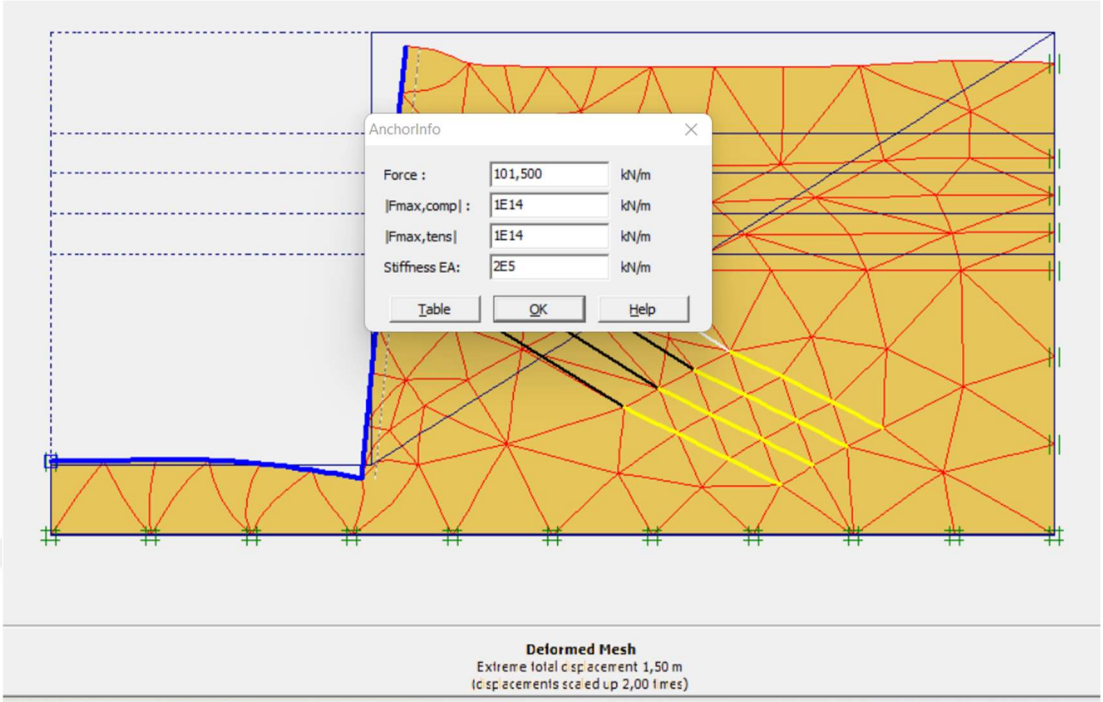
Şekil 7.199: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.200: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

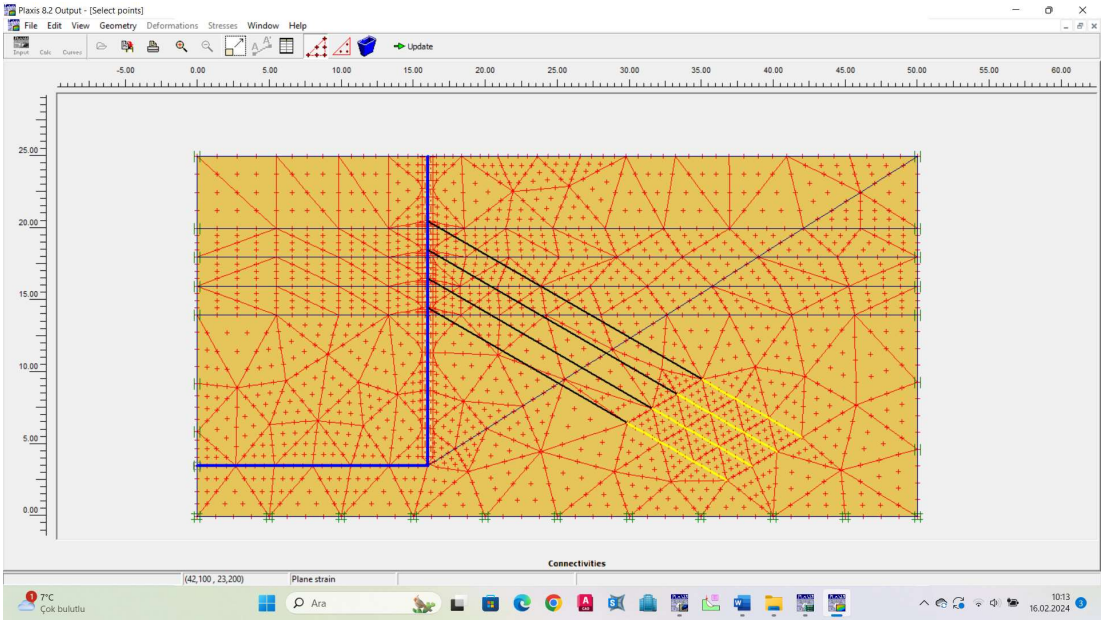


Şekil 7.201: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

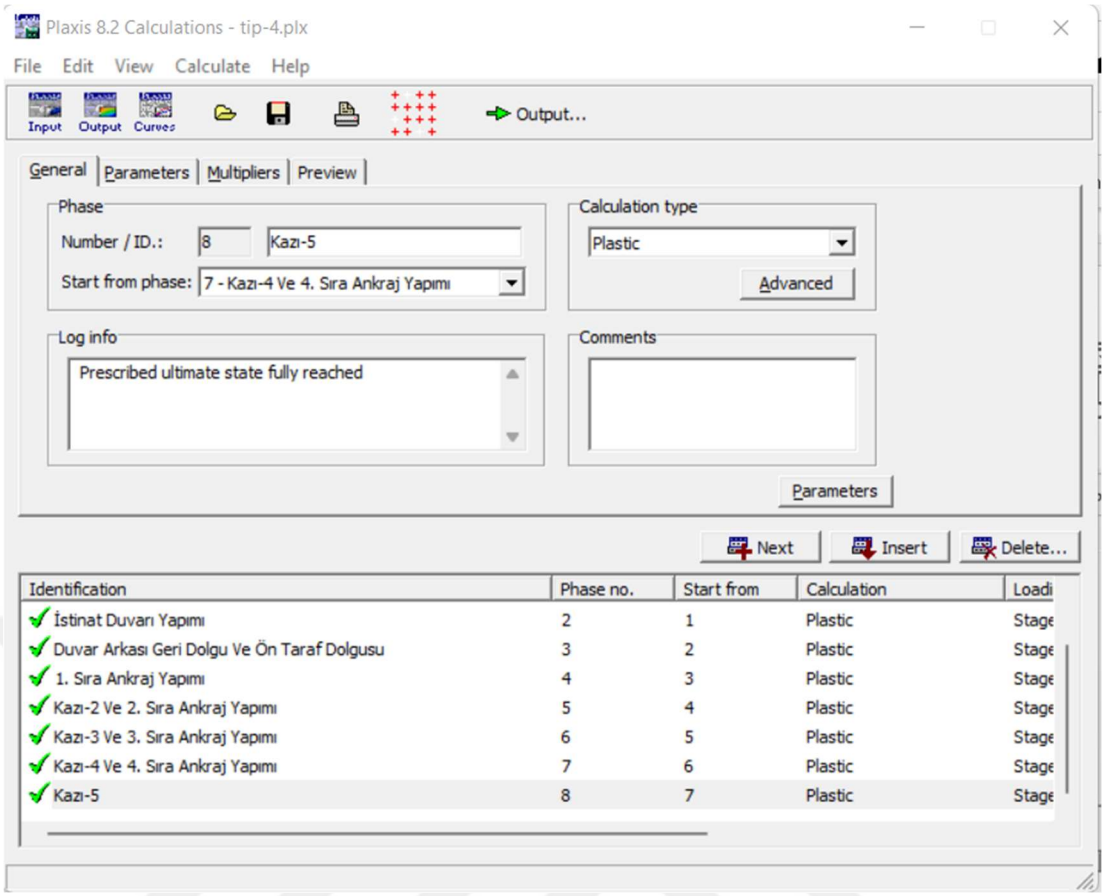


Şekil 7.202: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının pasif ankrajda ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

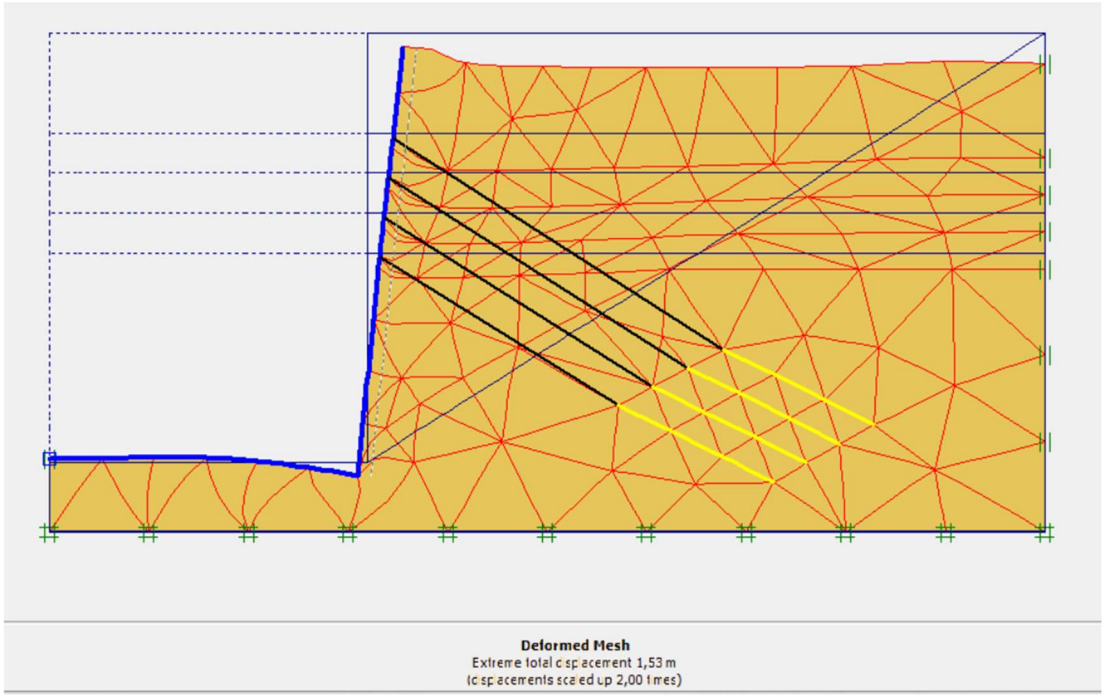
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



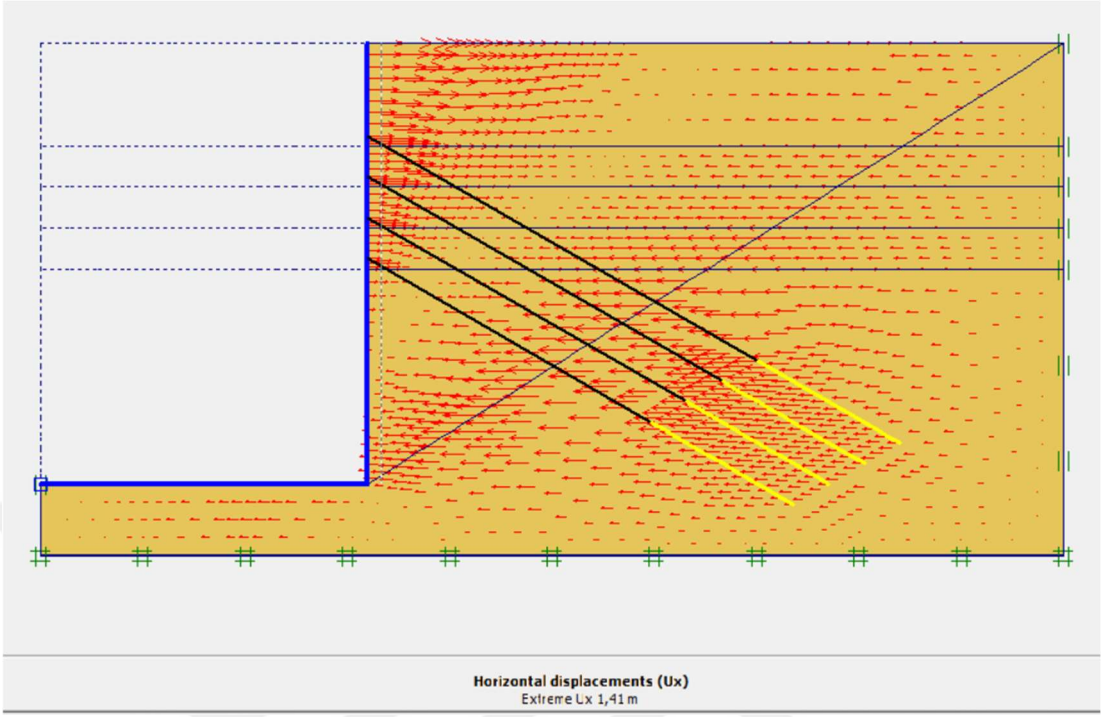
Şekil 7.203: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



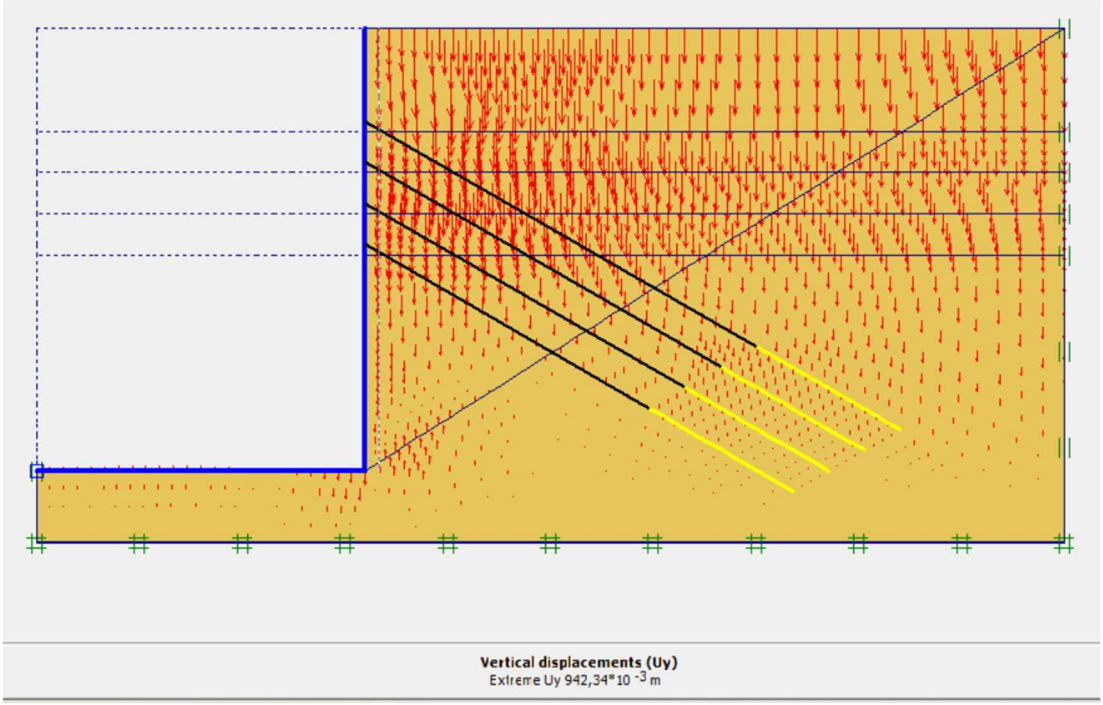
Şekil 7.204: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



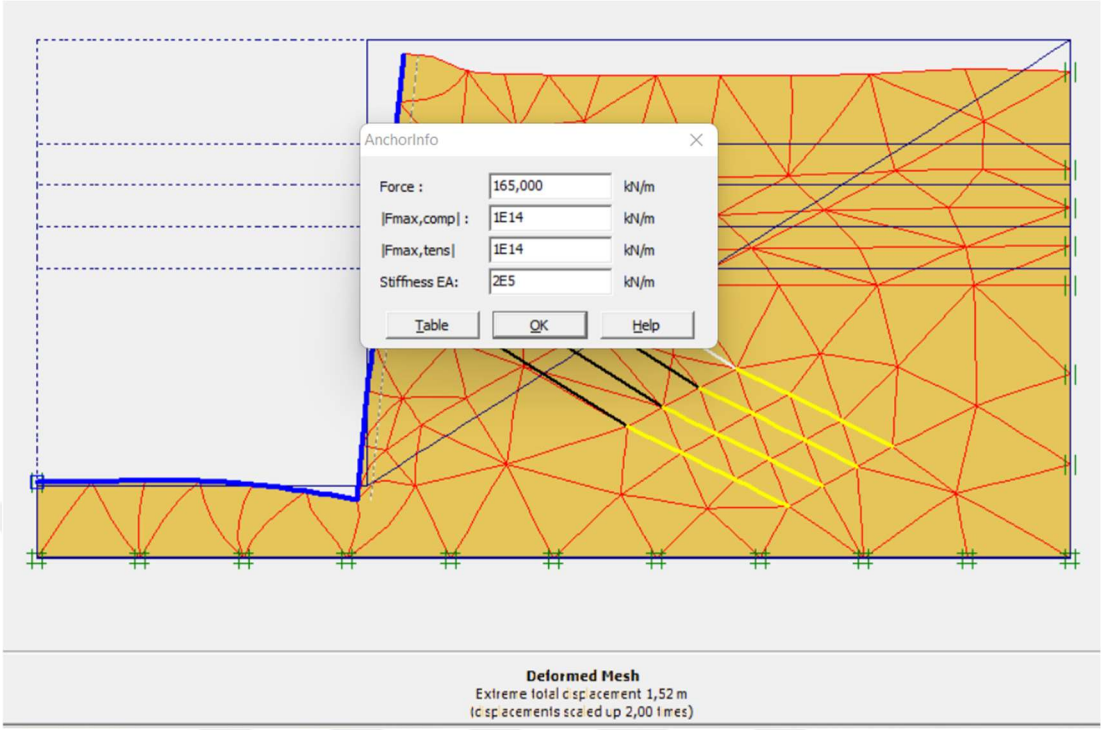
Şekil 7.205: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.206: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.207: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.208: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının ankrajlar arası mesafenin 10 m olması durumunda toplam deplasmanına dair program görseli.

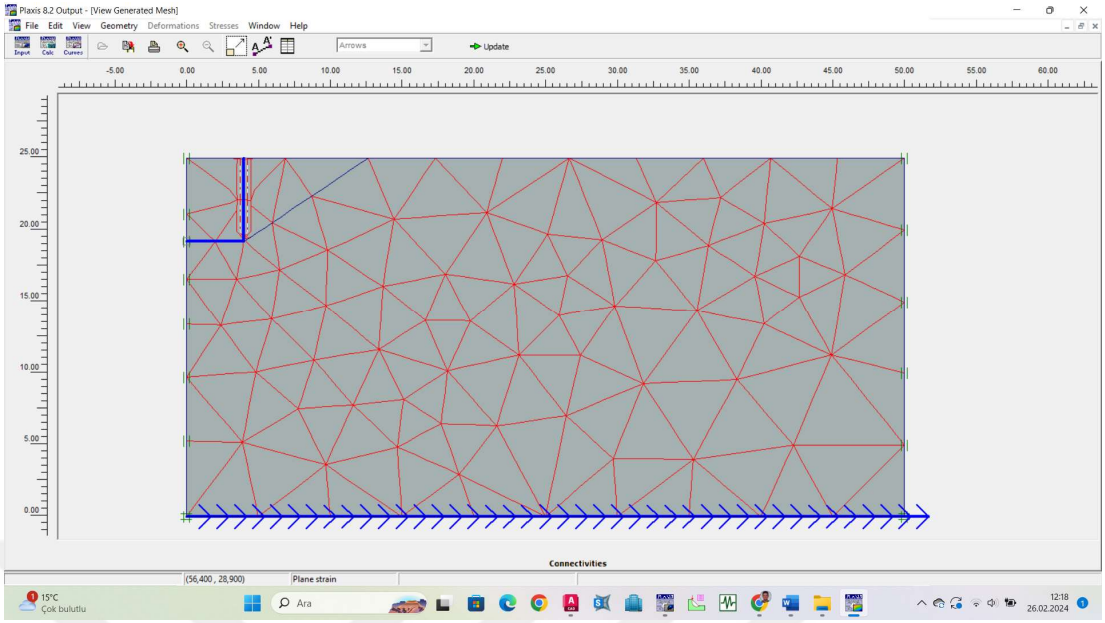
7.1.2 Dinamik analiz sonuçları

Sonuçlar, TİP-1, TİP-2, TİP-3 ve TİP-4 istinat duvarı olmak üzere dört başlık altında değerlendirilmiştir. Dinamik analiz için "Plaxis" programına 23 Ekim 2011'deki Van Depremi'nin verileri tanımlanmış olup 4 saniye etkitilmiştir.

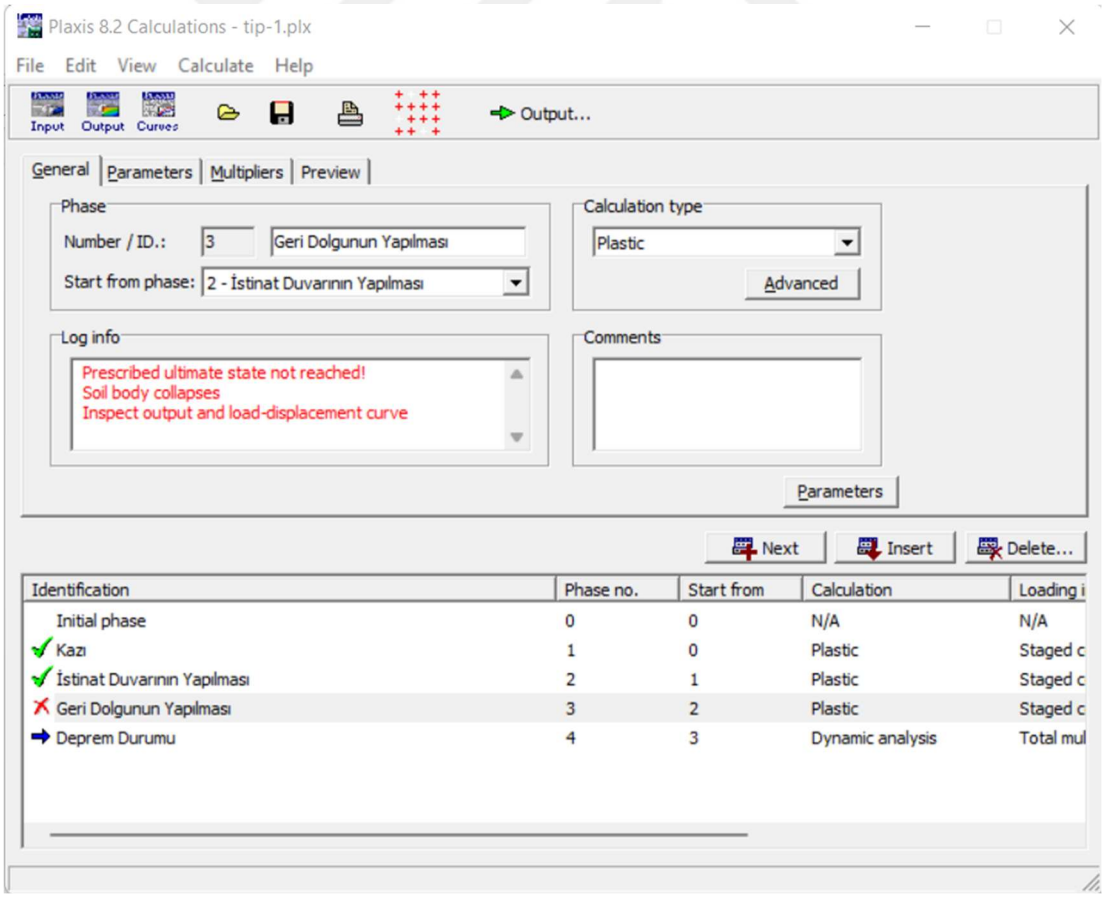
7.1.2.1 TİP-1 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

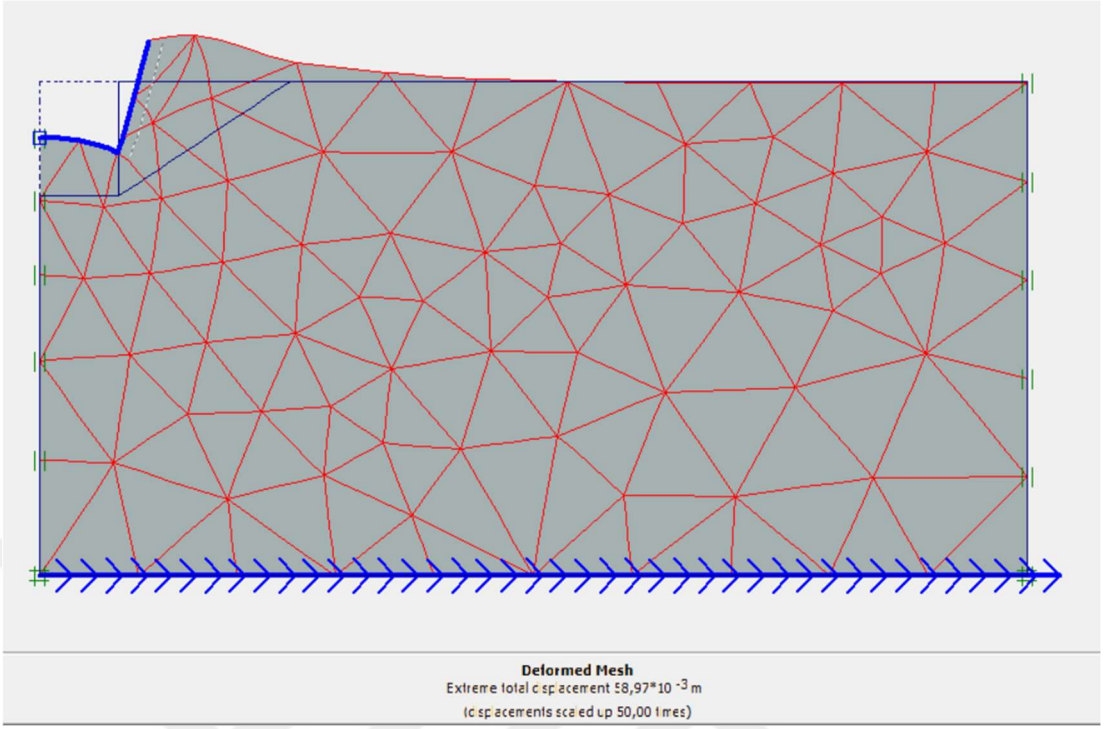
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



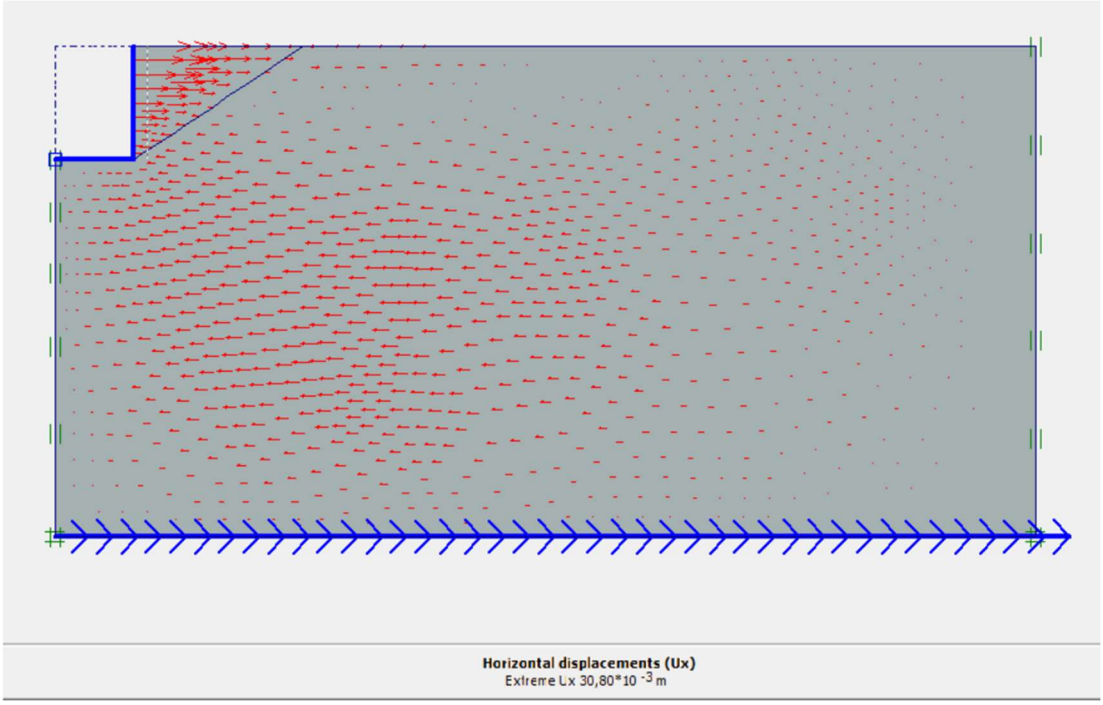
Şekil 7.209: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



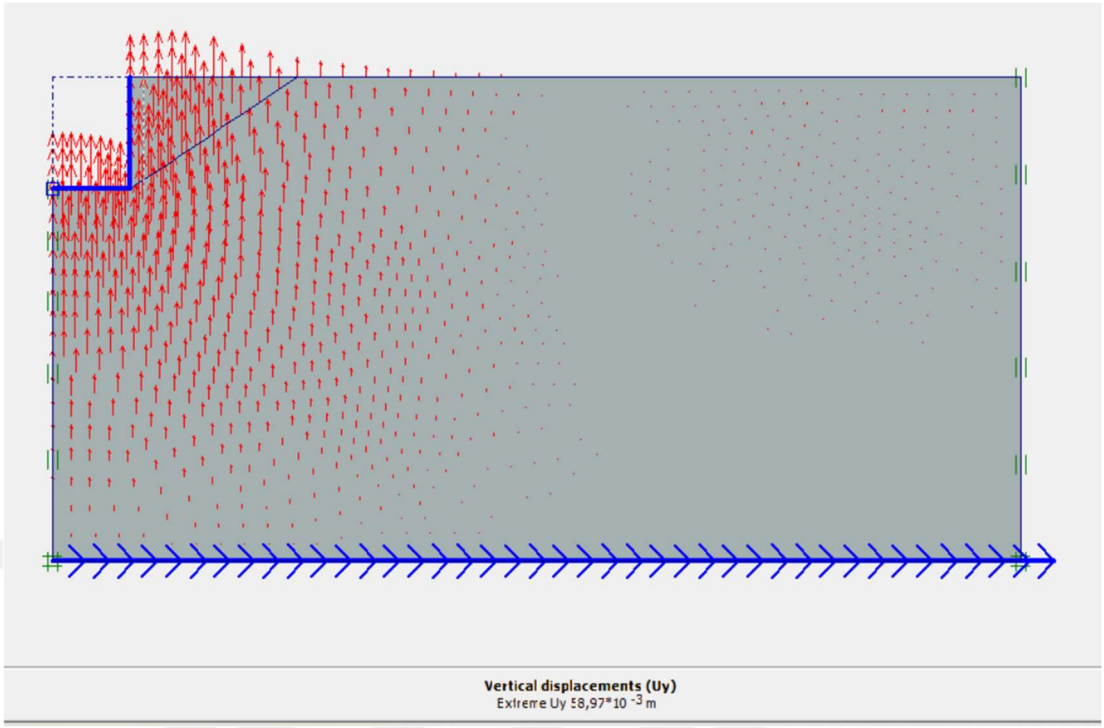
Şekil 7.210: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.211: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



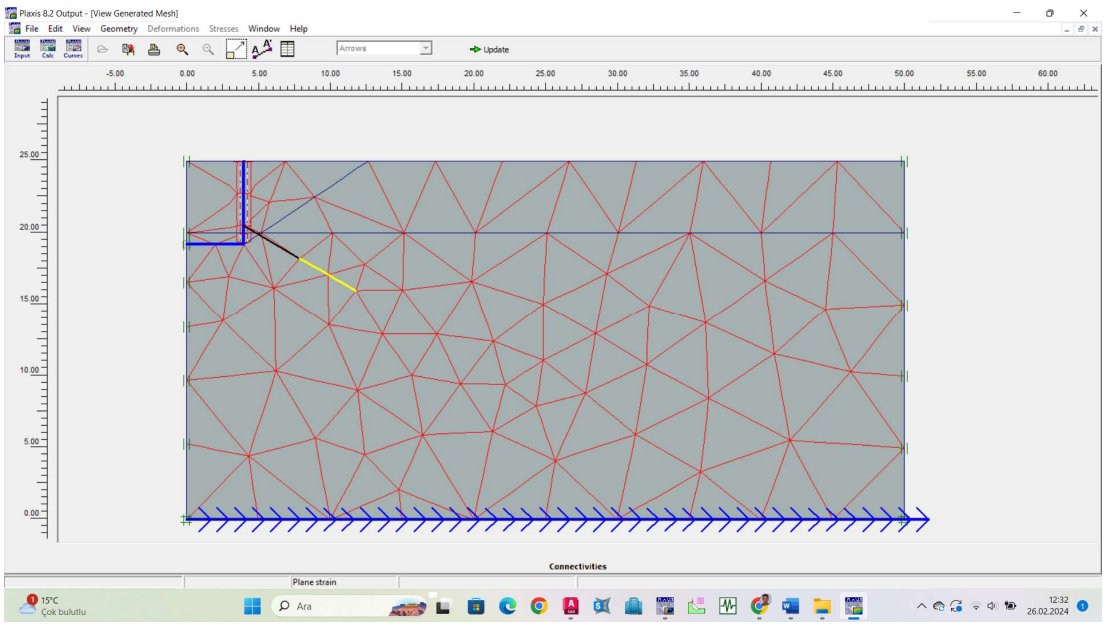
Şekil 7.212: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



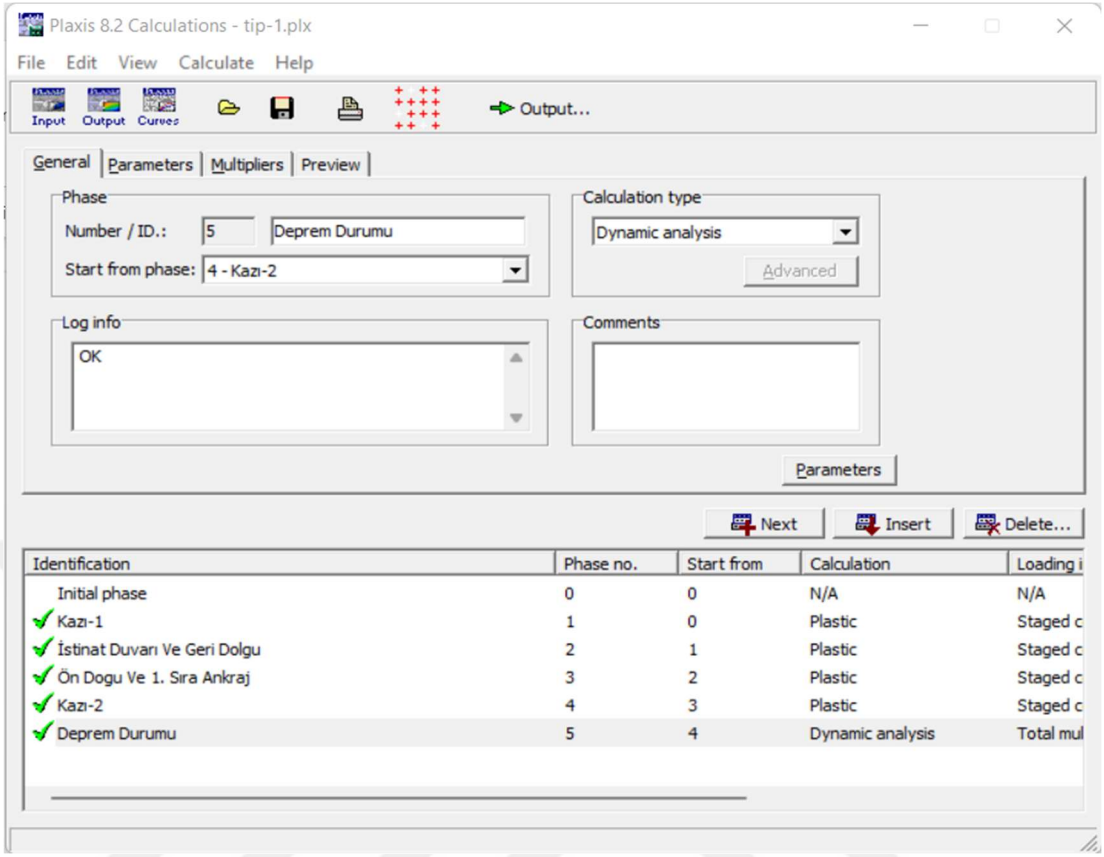
Şekil 7.213: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

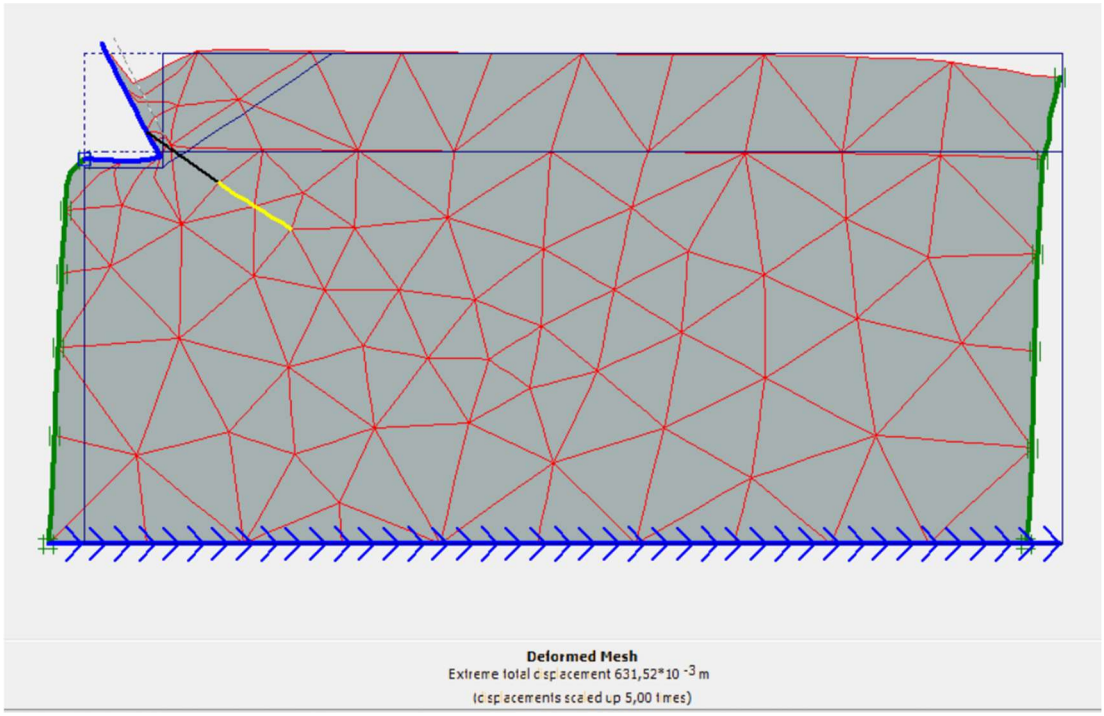
- Basit Ankraj Durumunda;



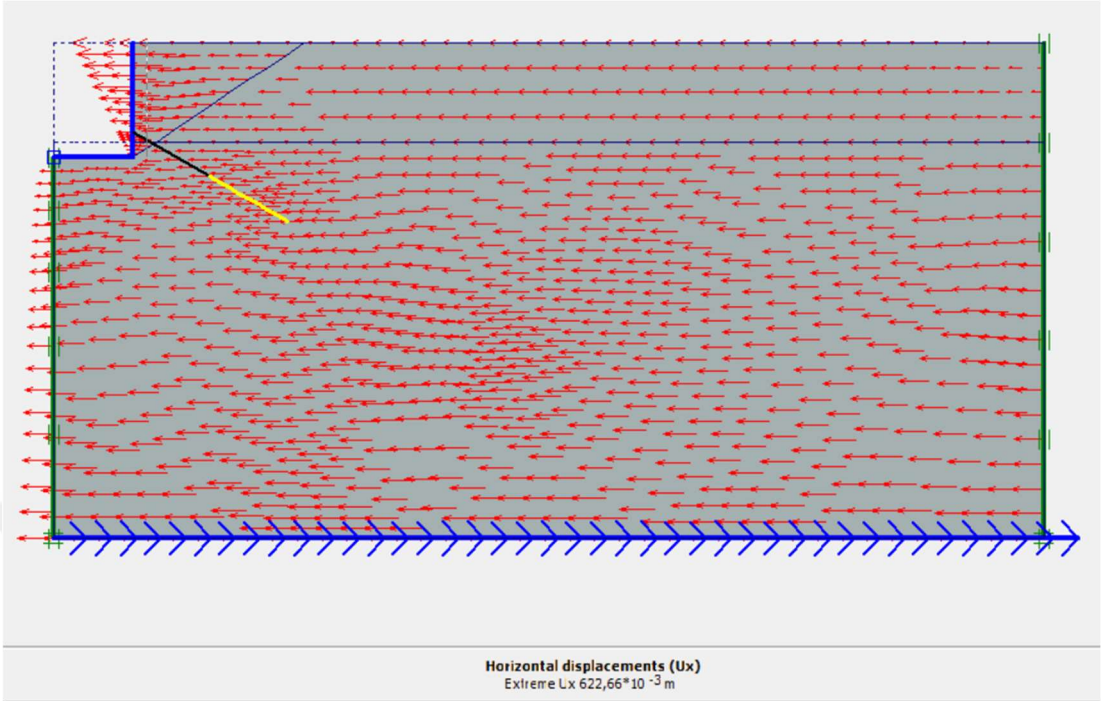
Şekil 7.214: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



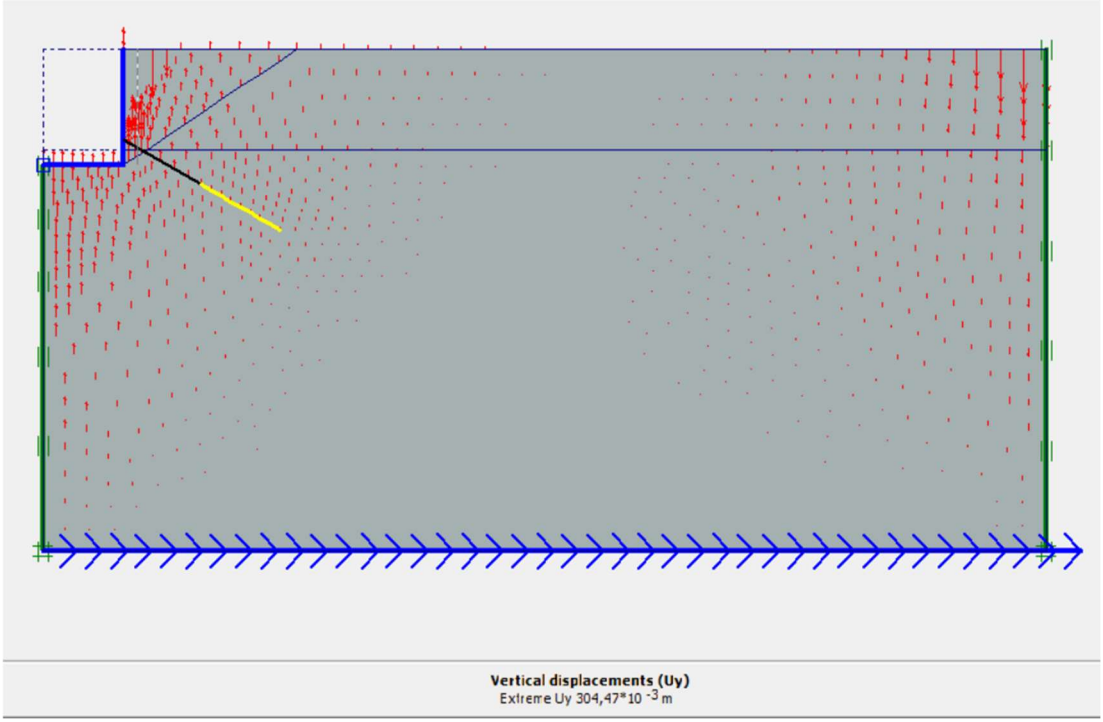
Şekil 7.215: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.216: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

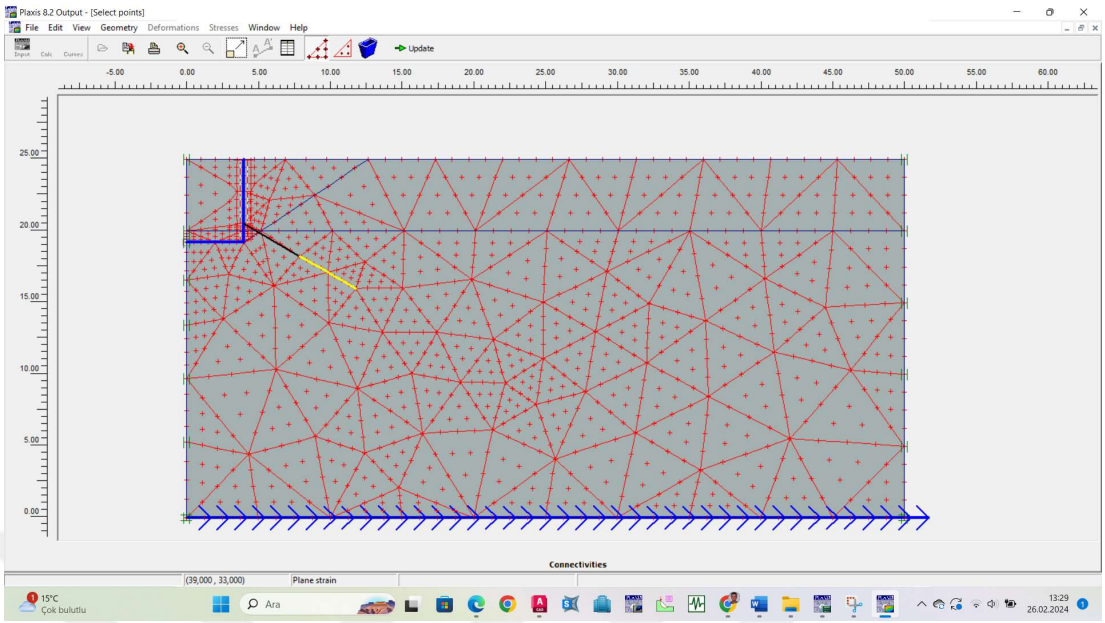


Şekil 7.217: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

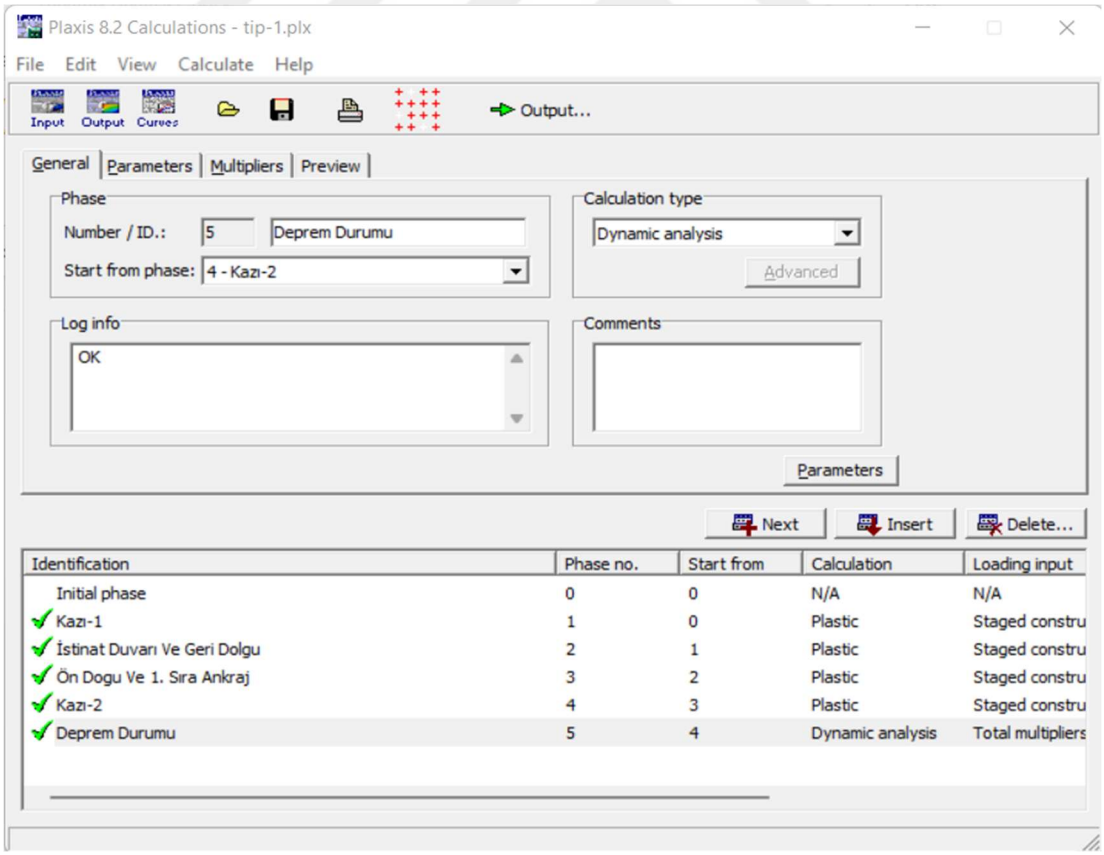


Şekil 7.218: Kumlu zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

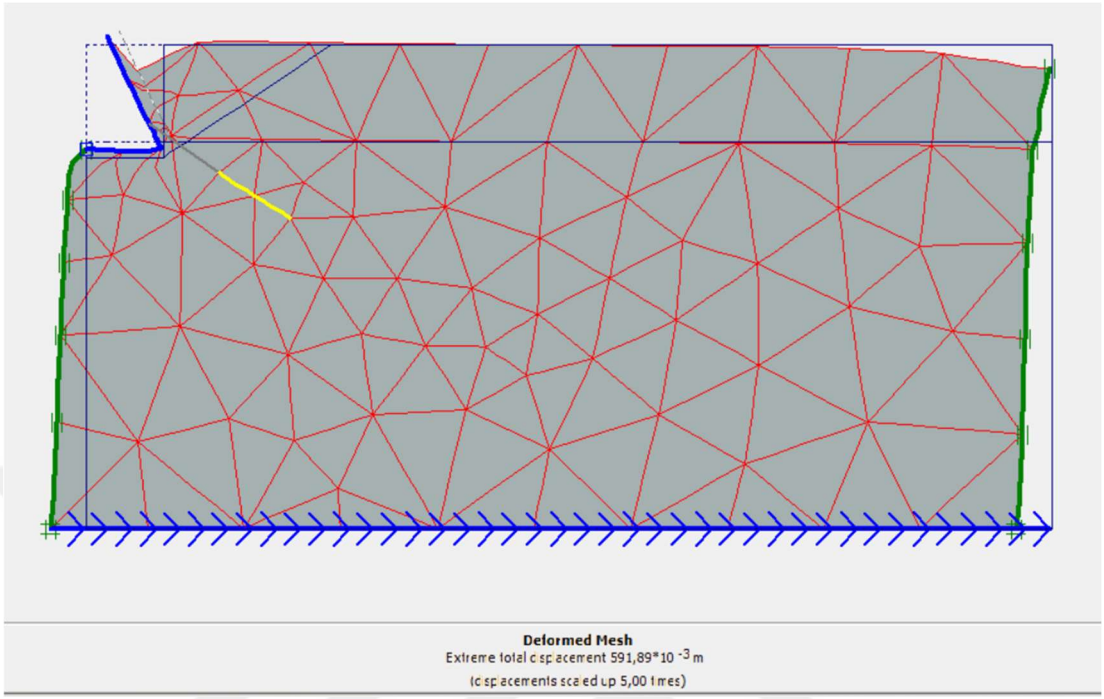
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



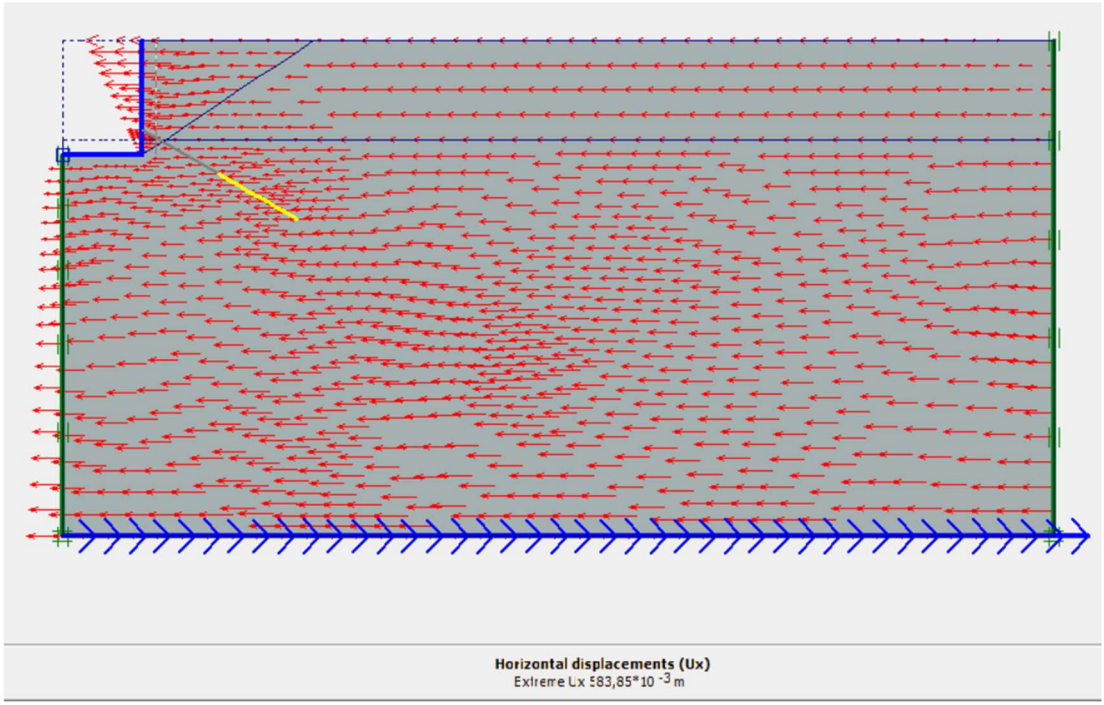
Şekil 7.219: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



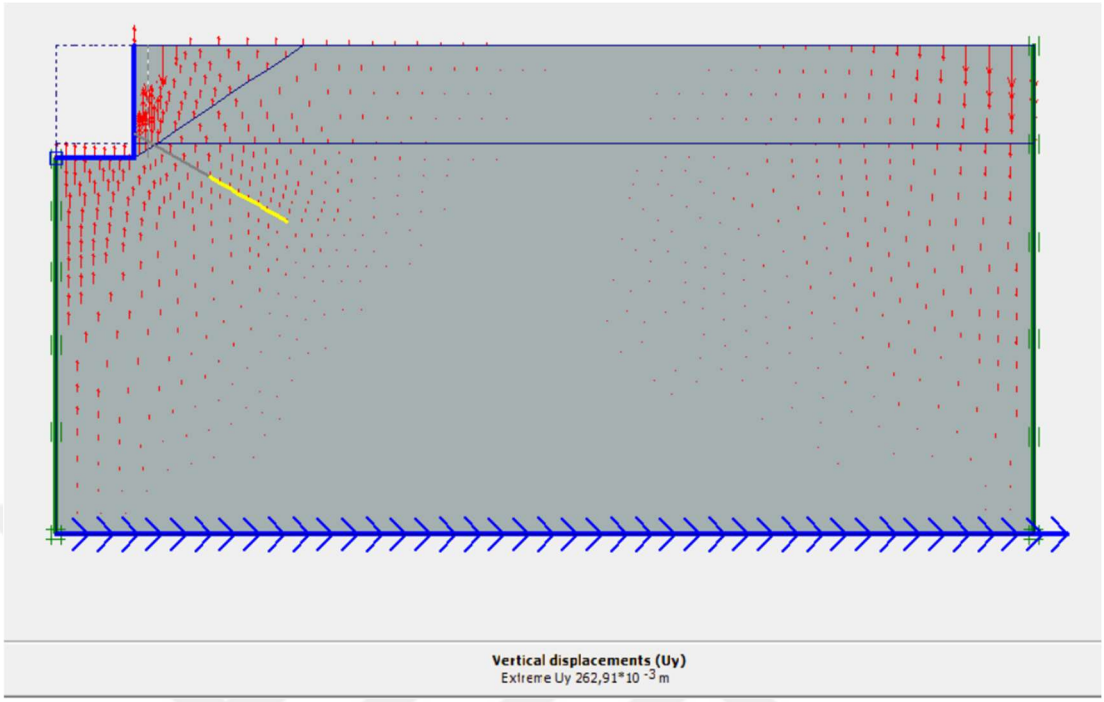
Şekil 7.220: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.221: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

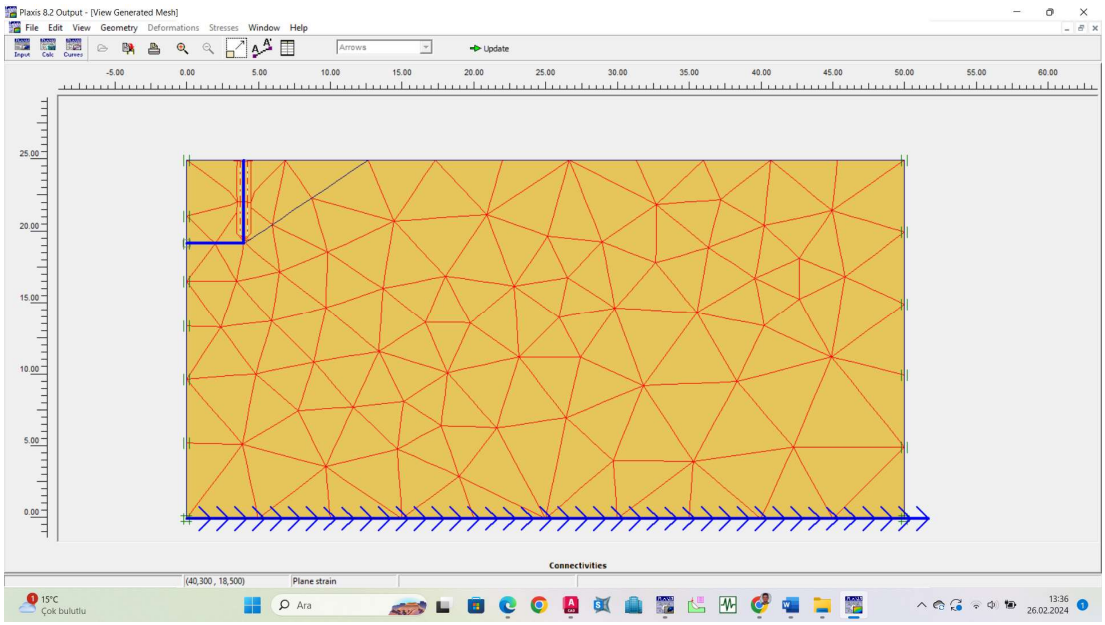


Şekil 7.222: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

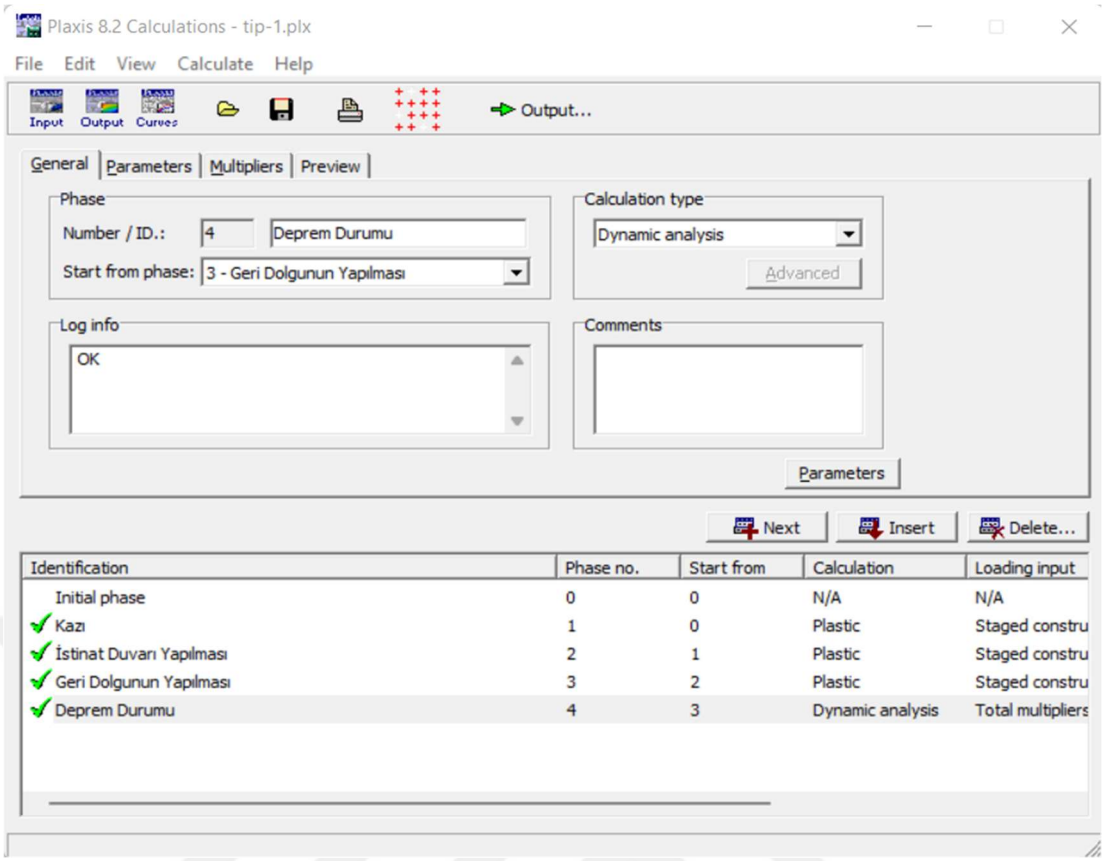


Şekil 7.223: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

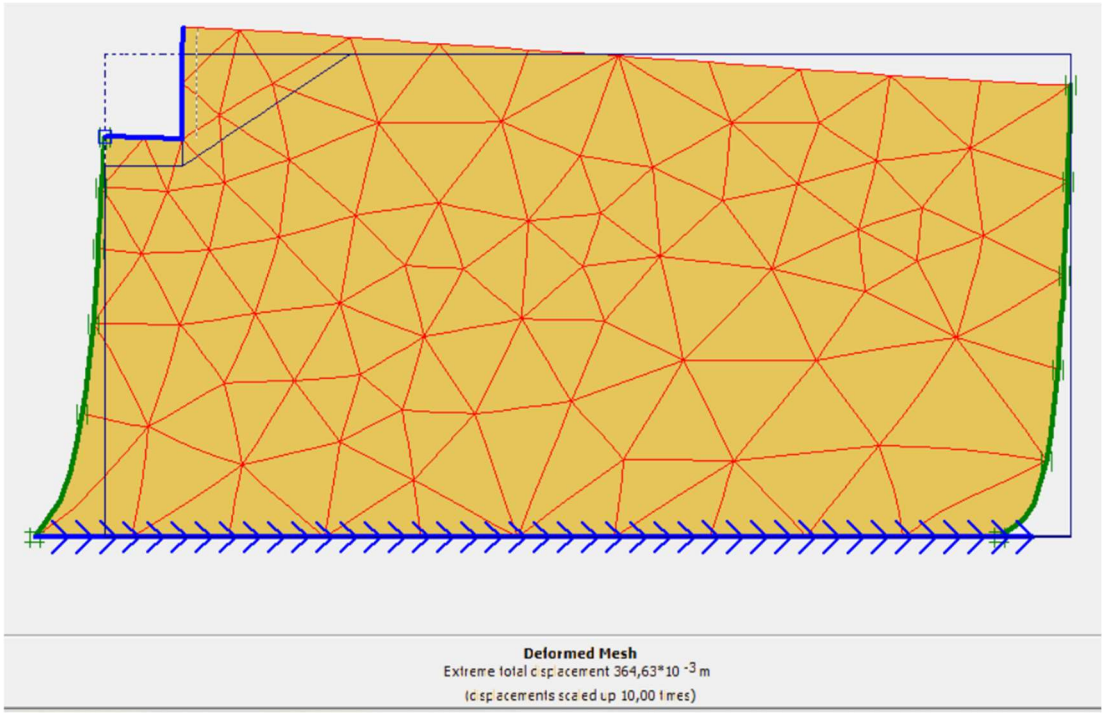
Ankrajsız killi zemin durumunda;



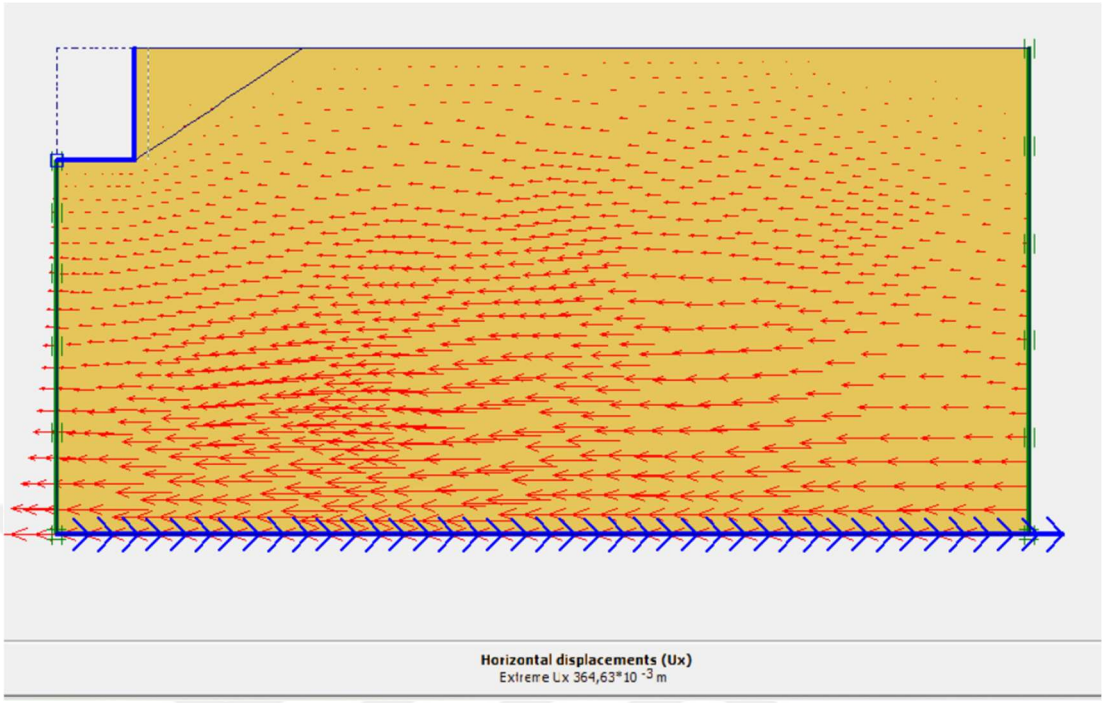
Şekil 7.224: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



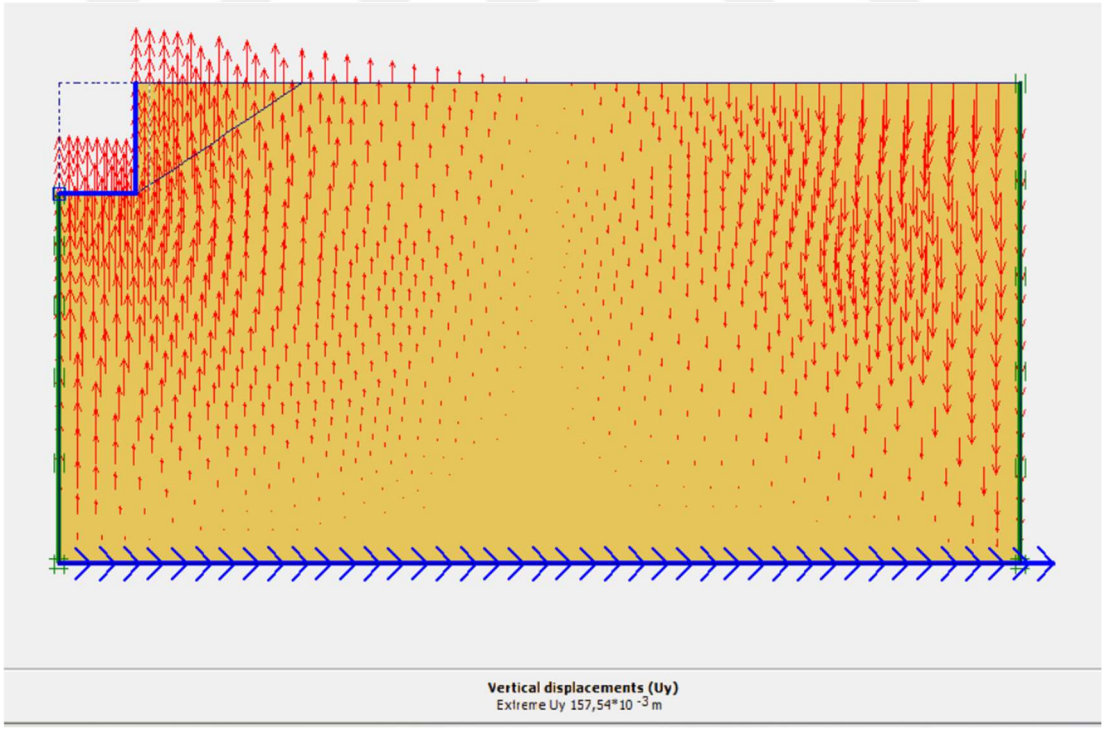
Şekil 7.225: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.226: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



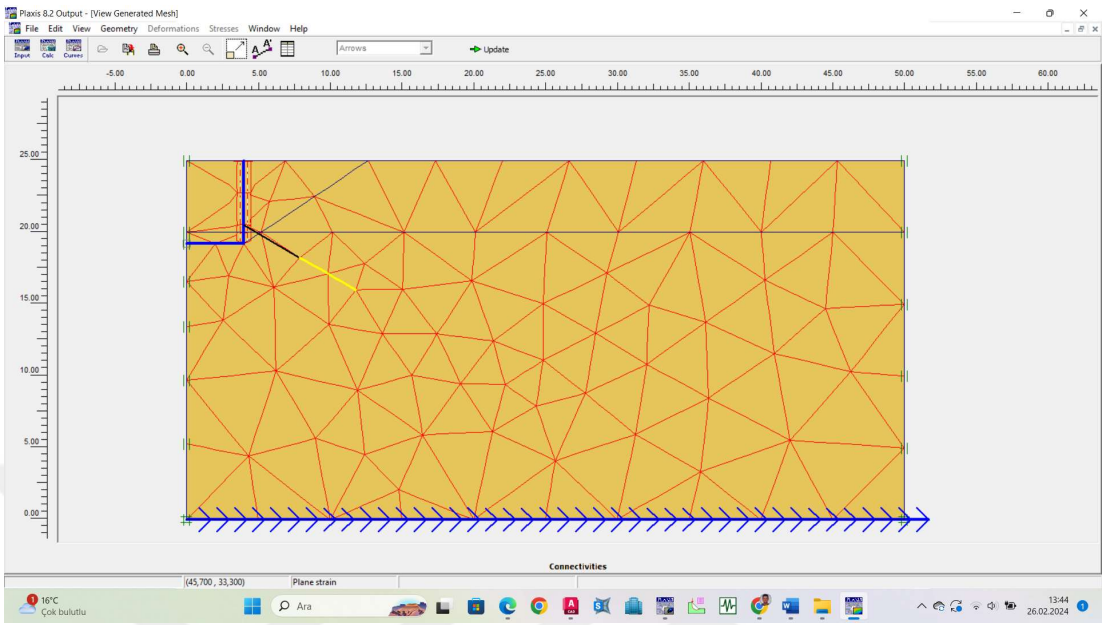
Şekil 7.227: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



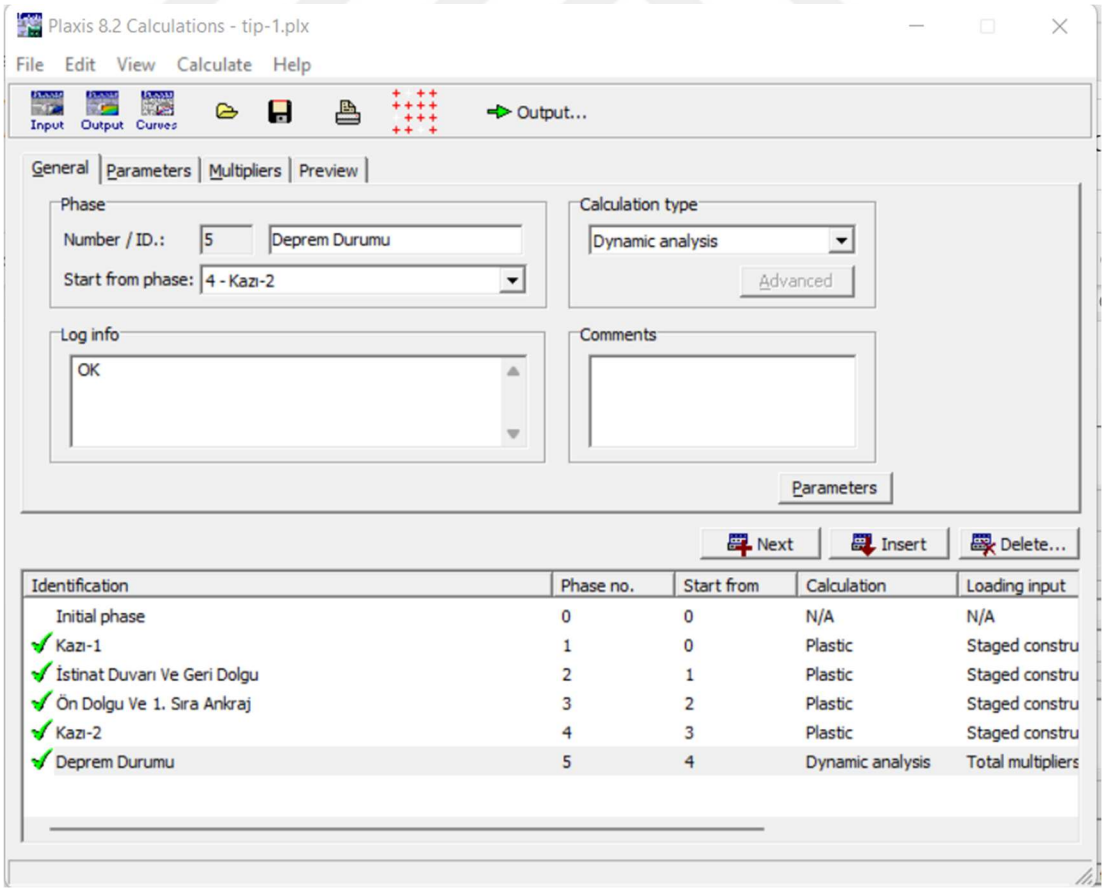
Şekil 7.228: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

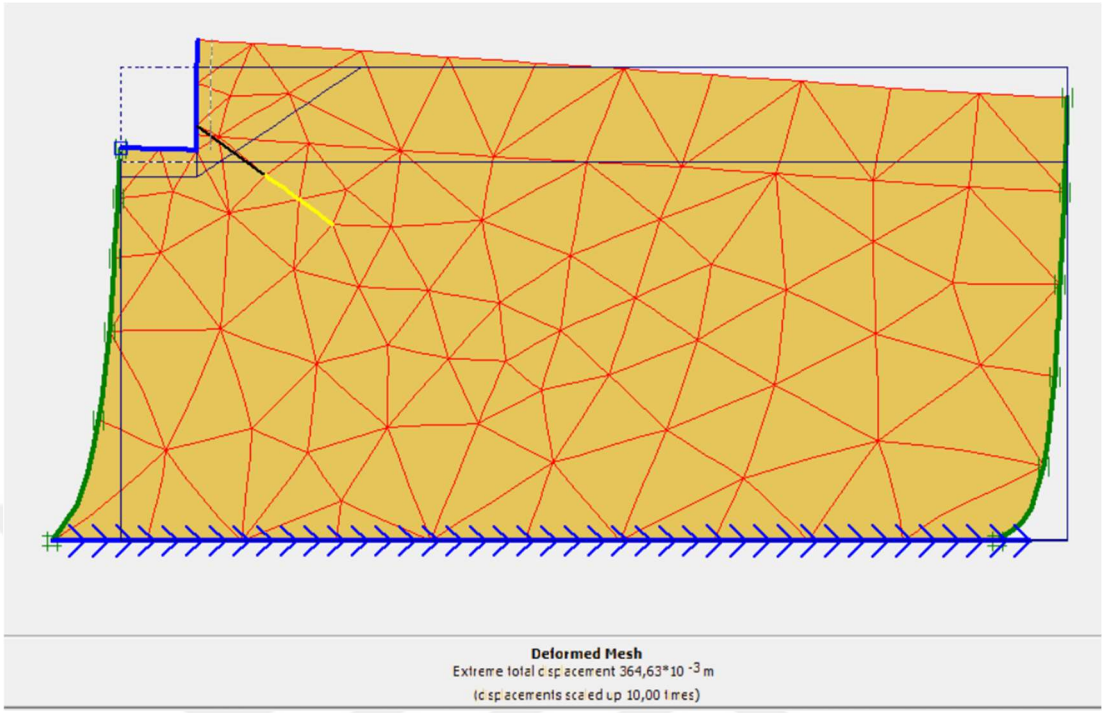
- Basit ankraj durumunda;



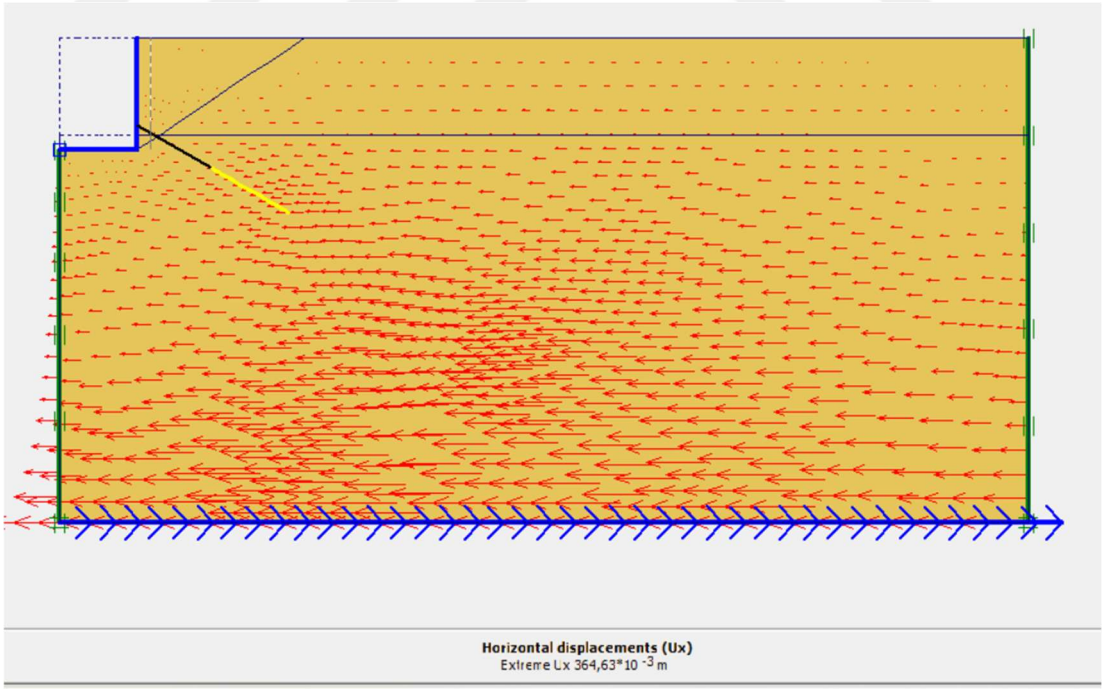
Şekil 7.229: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



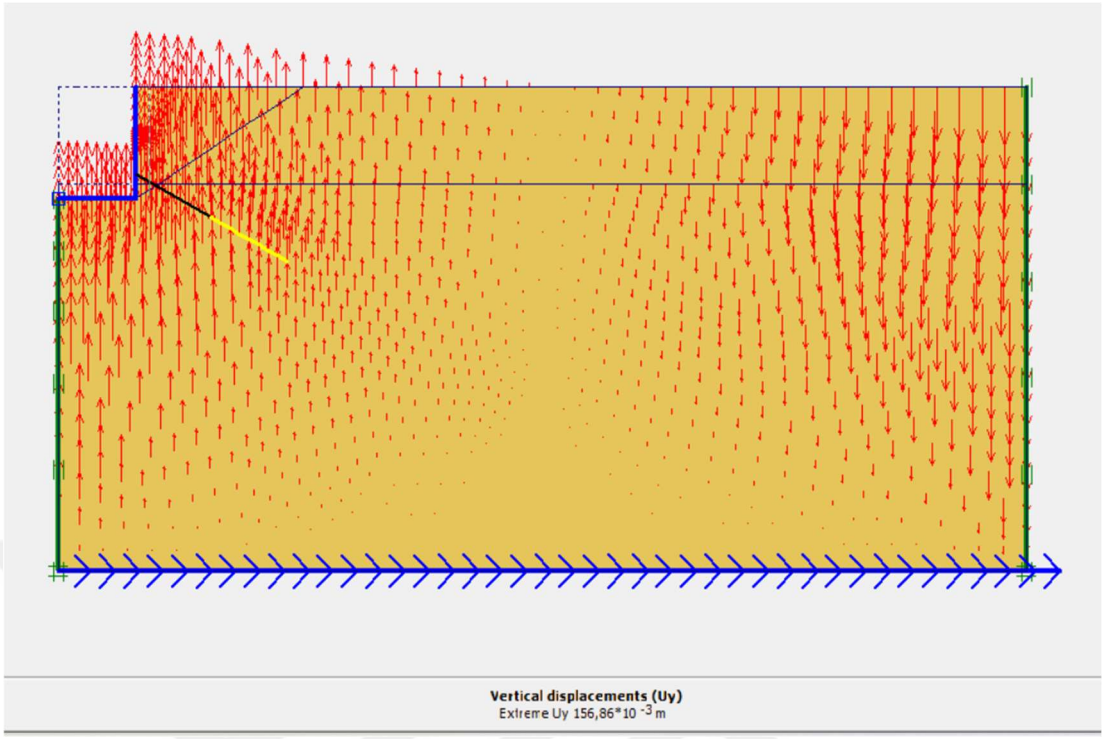
Şekil 7.230: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.231: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

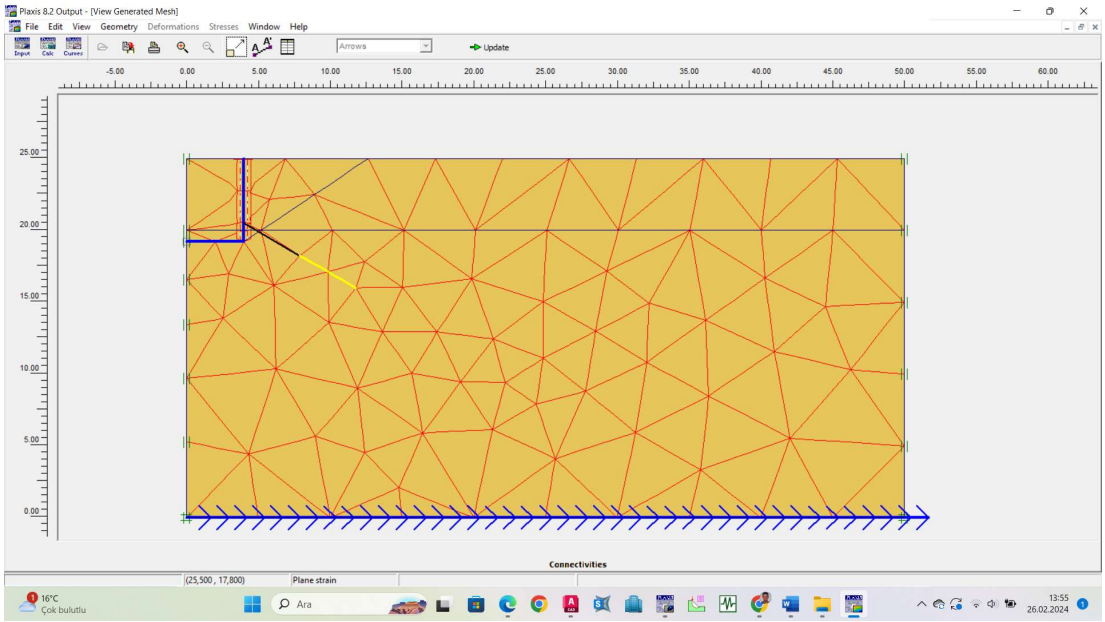


Şekil 7.232: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

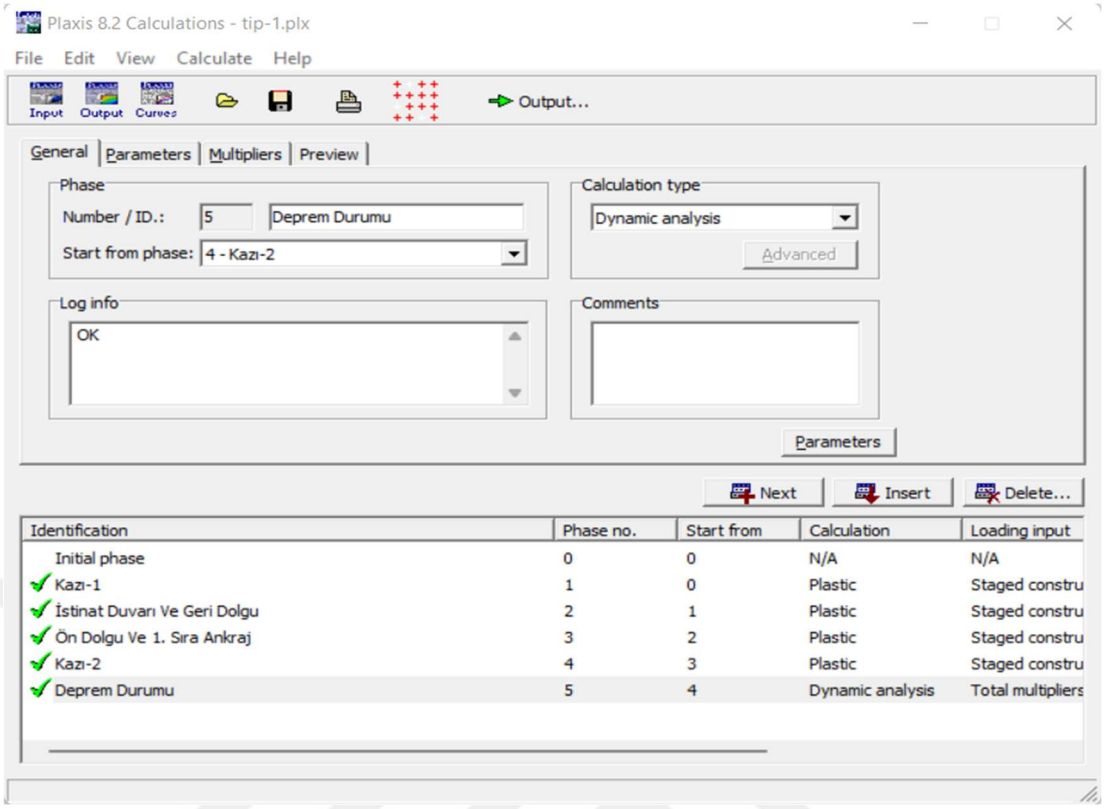


Şekil 7.233: Killi zemin etkisinde ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

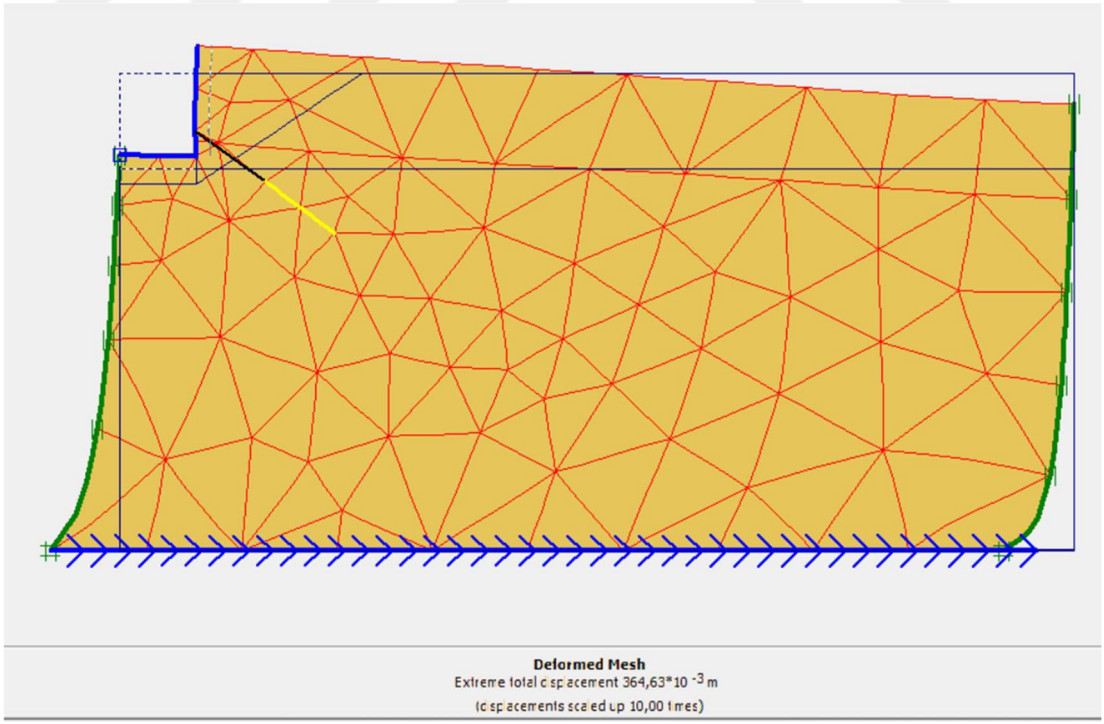
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



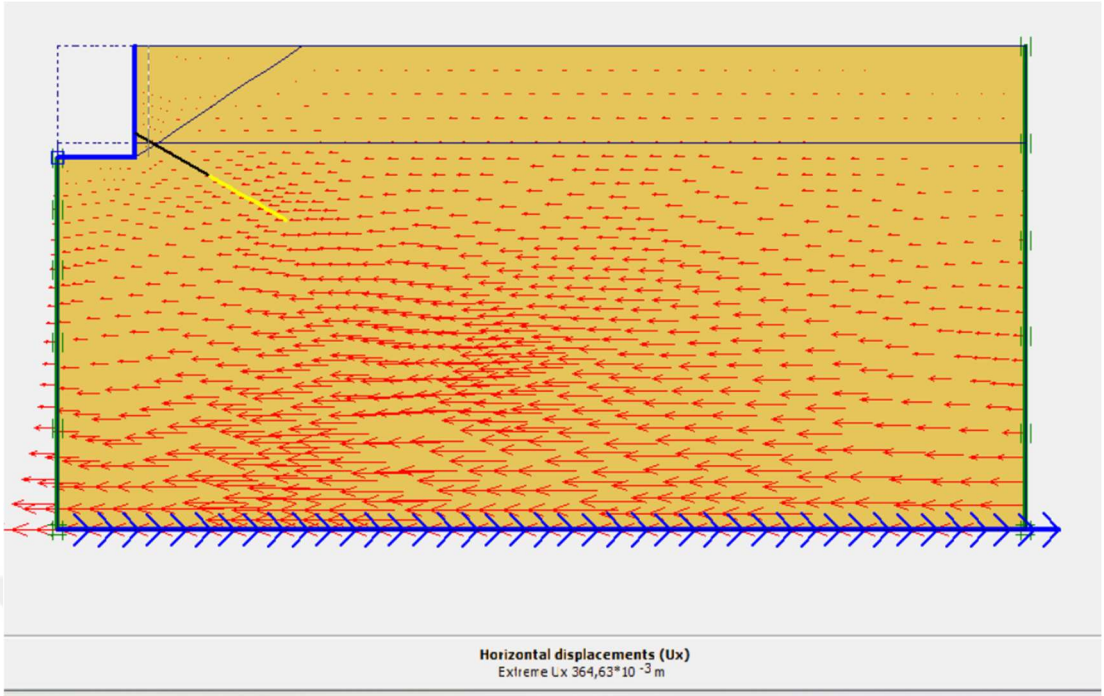
Şekil 7.234: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



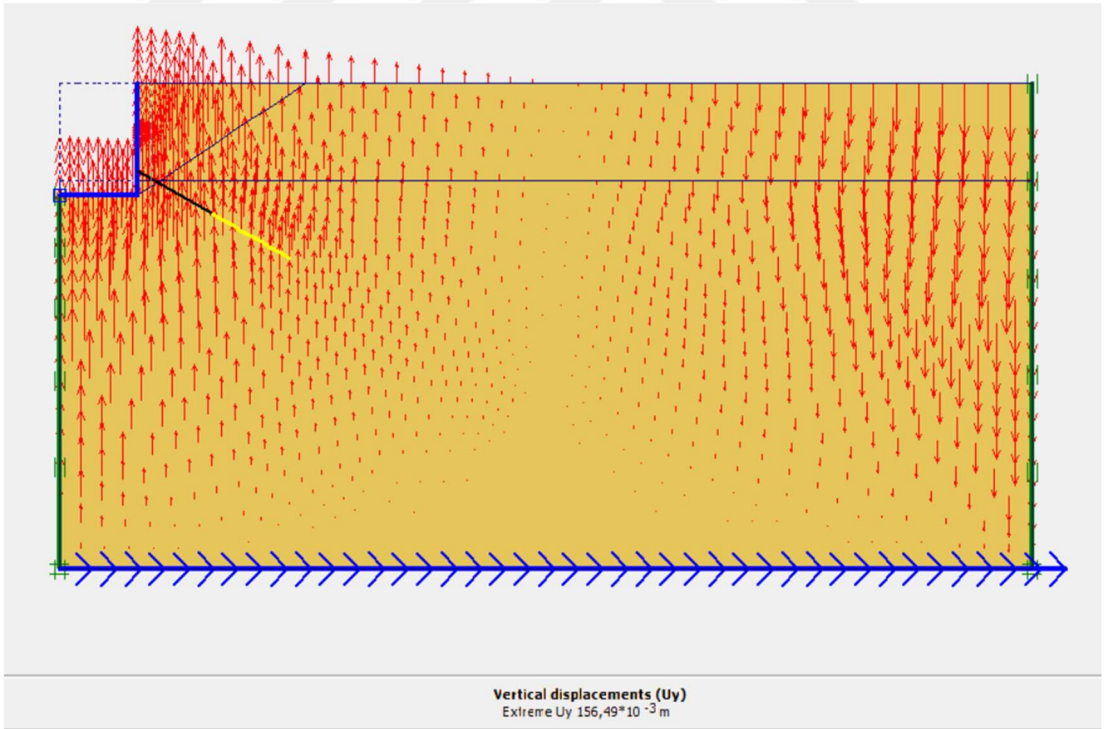
Şekil 7.235: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.236: Killi Zemin Etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.237: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

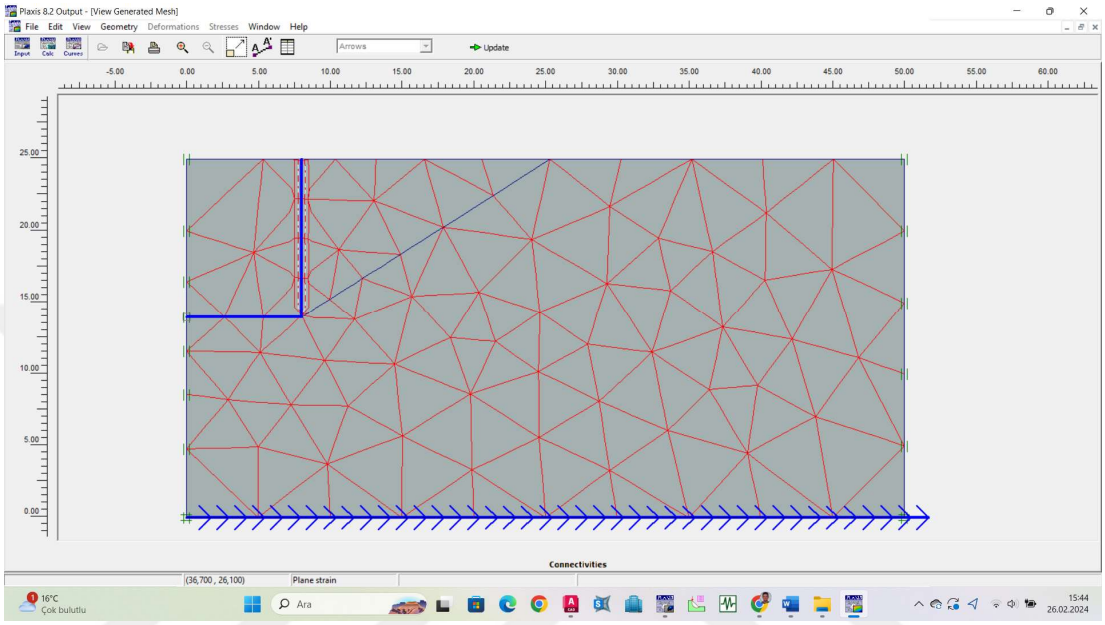


Şekil 7.238: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe ankrajlı TİP-1 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

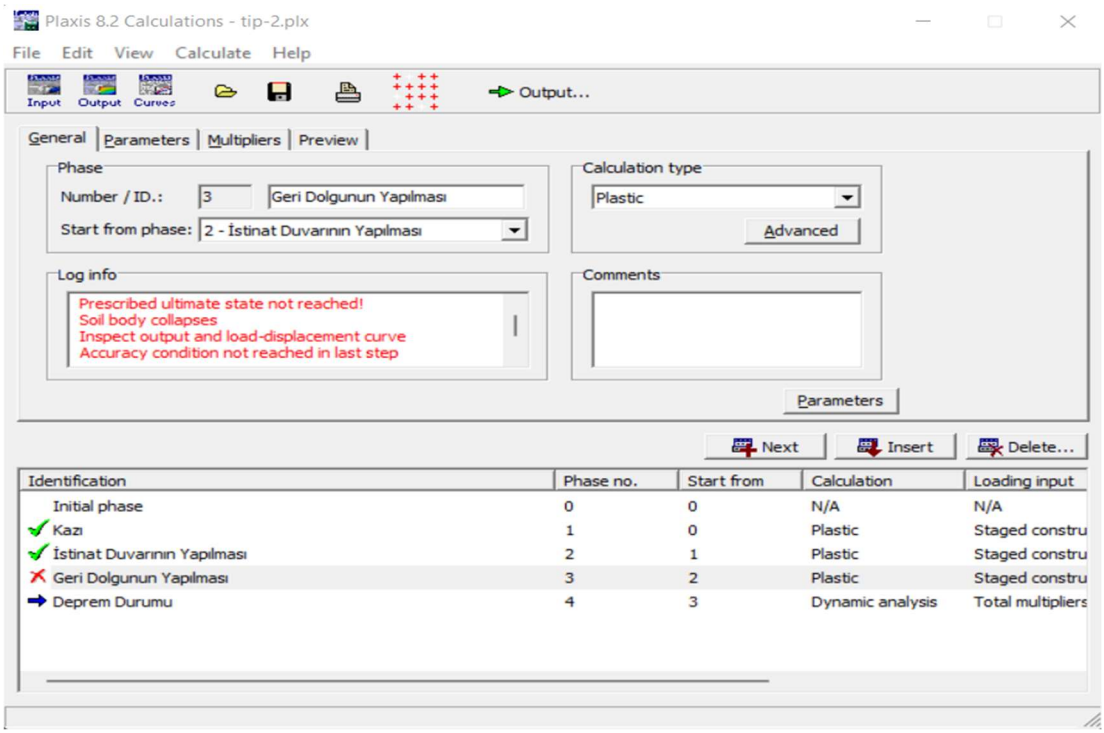
7.1.2.2 TİP-2 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

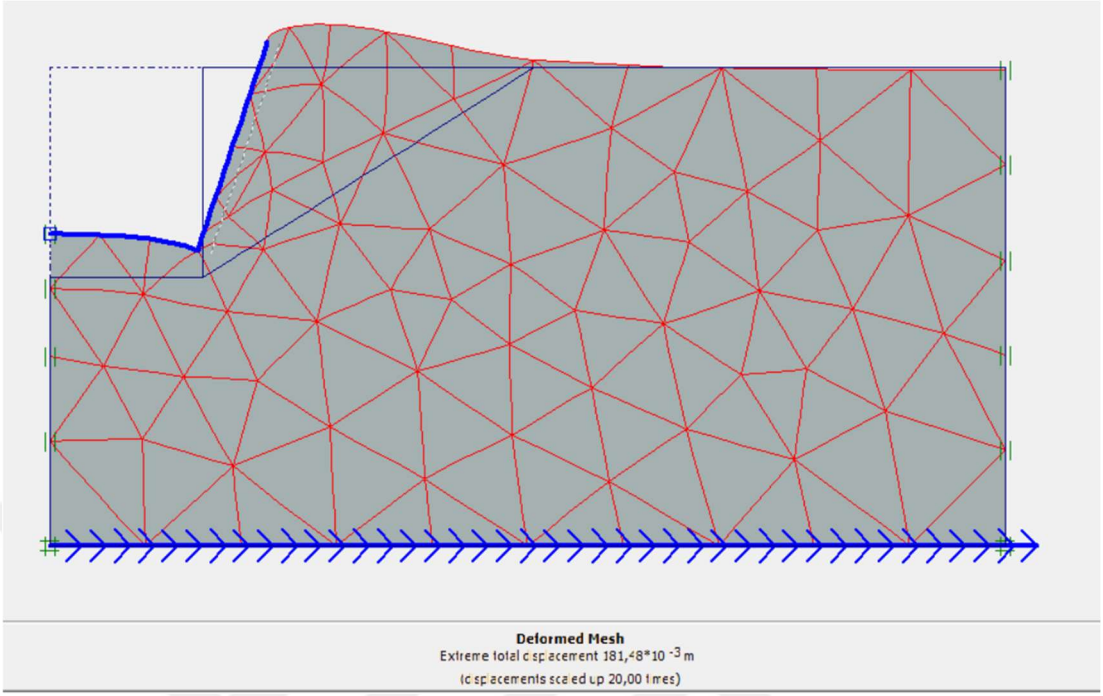
Ankrajsız Kumlu Zemin Durumunda;



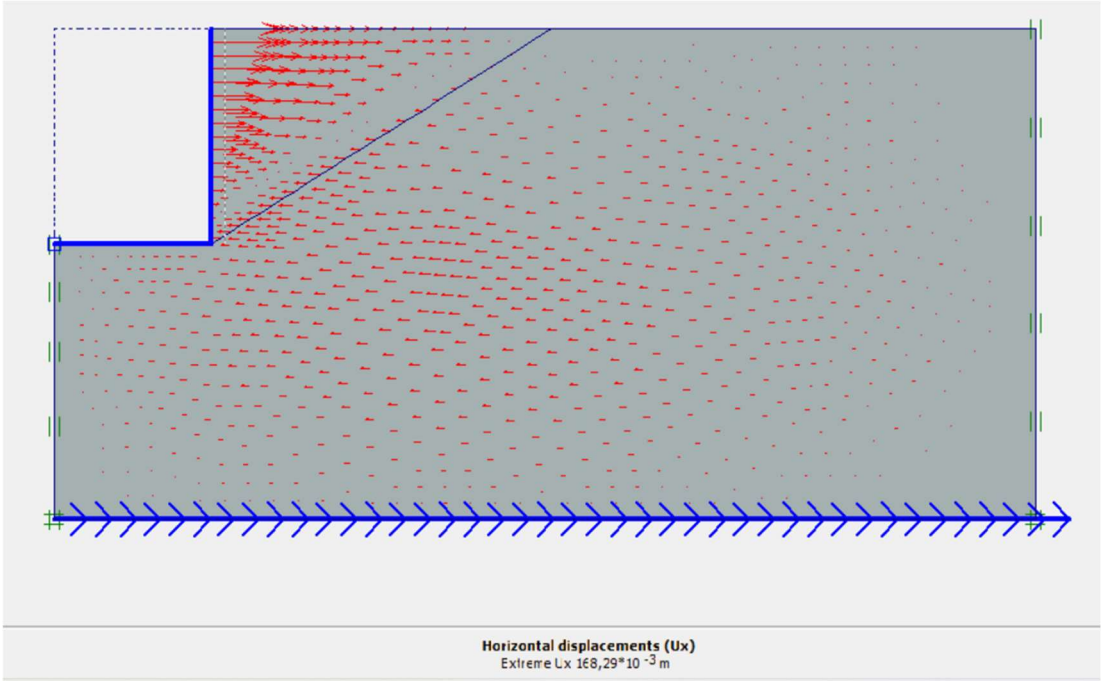
Şekil 7.239: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



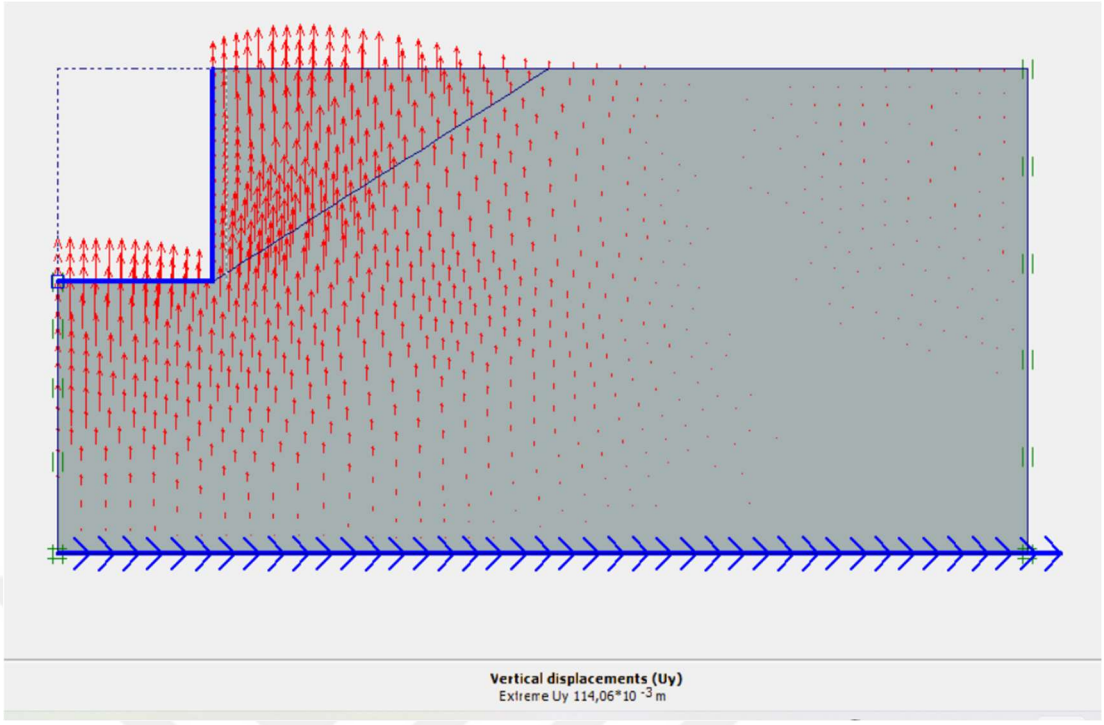
Şekil 7.240: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.241: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



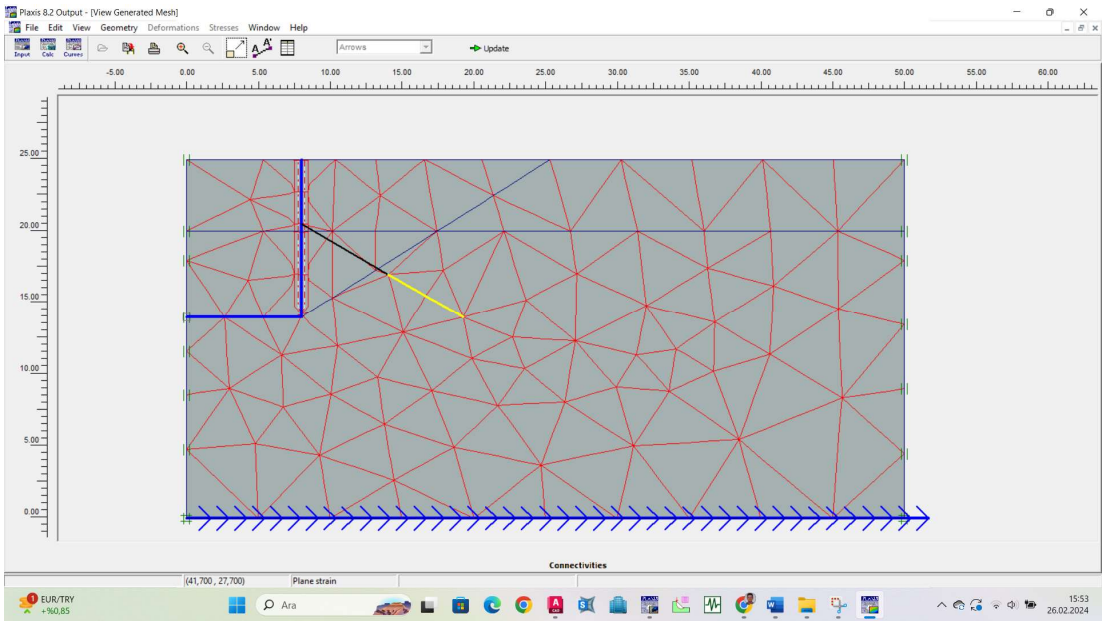
Şekil 7.242: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



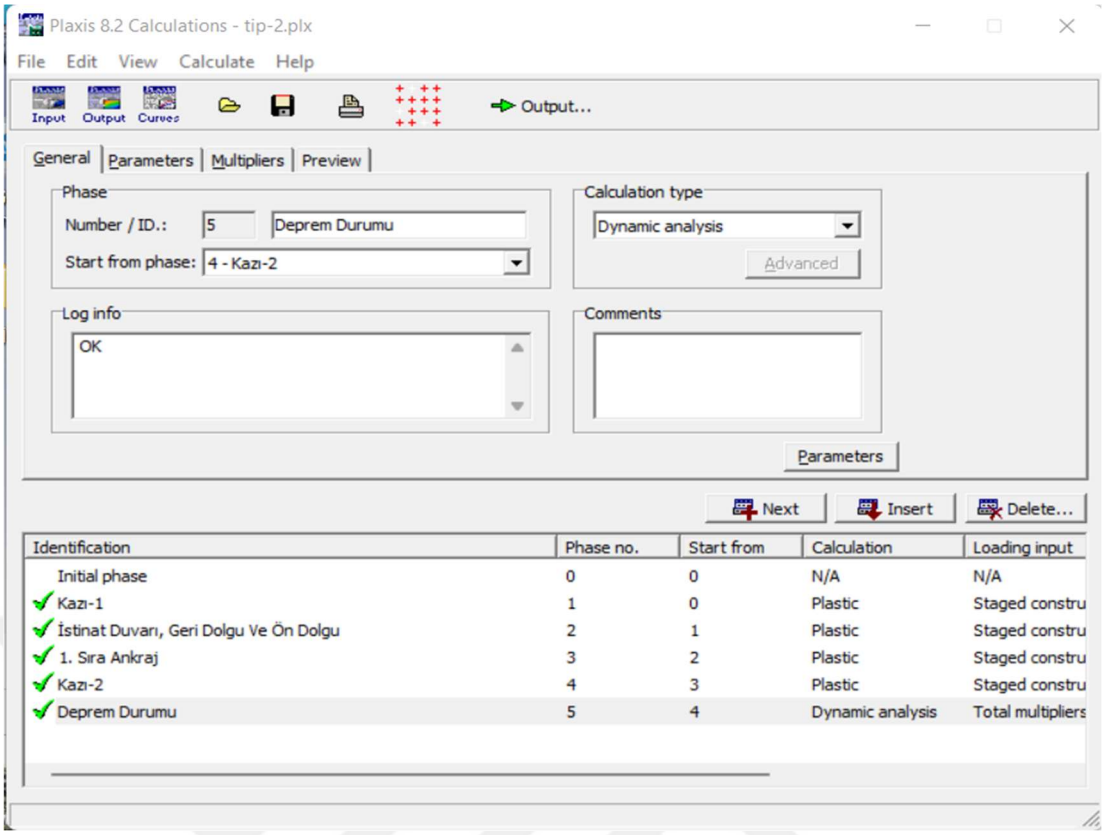
Şekil 7.243: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

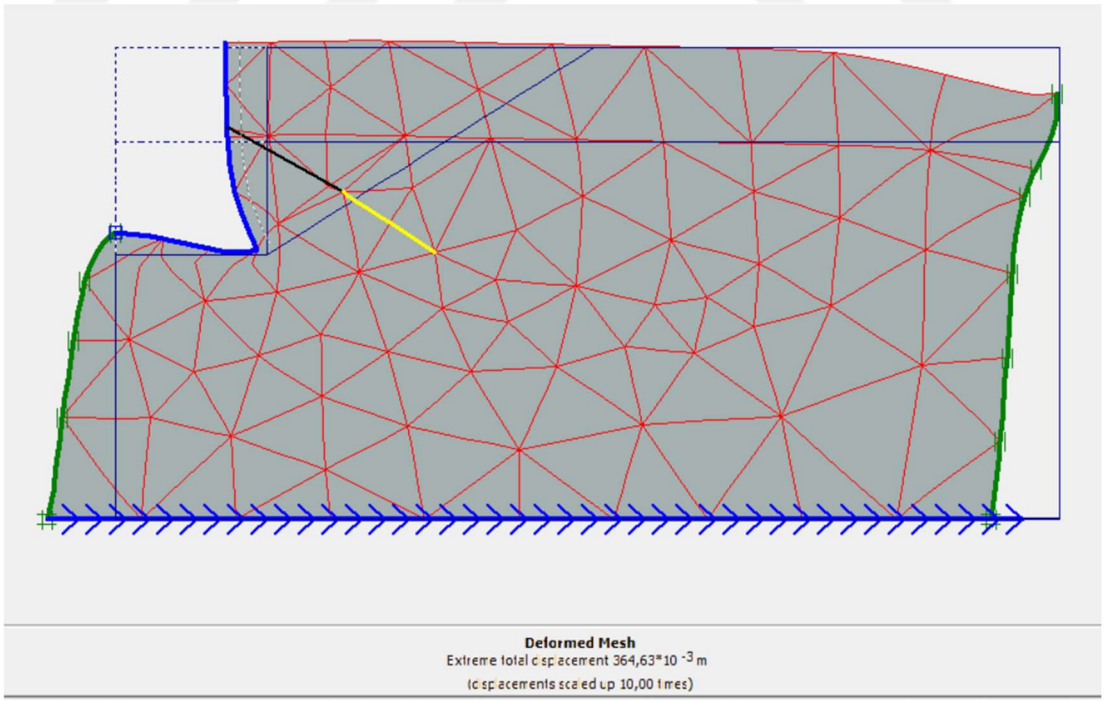
- Basit ankraj durumunda;



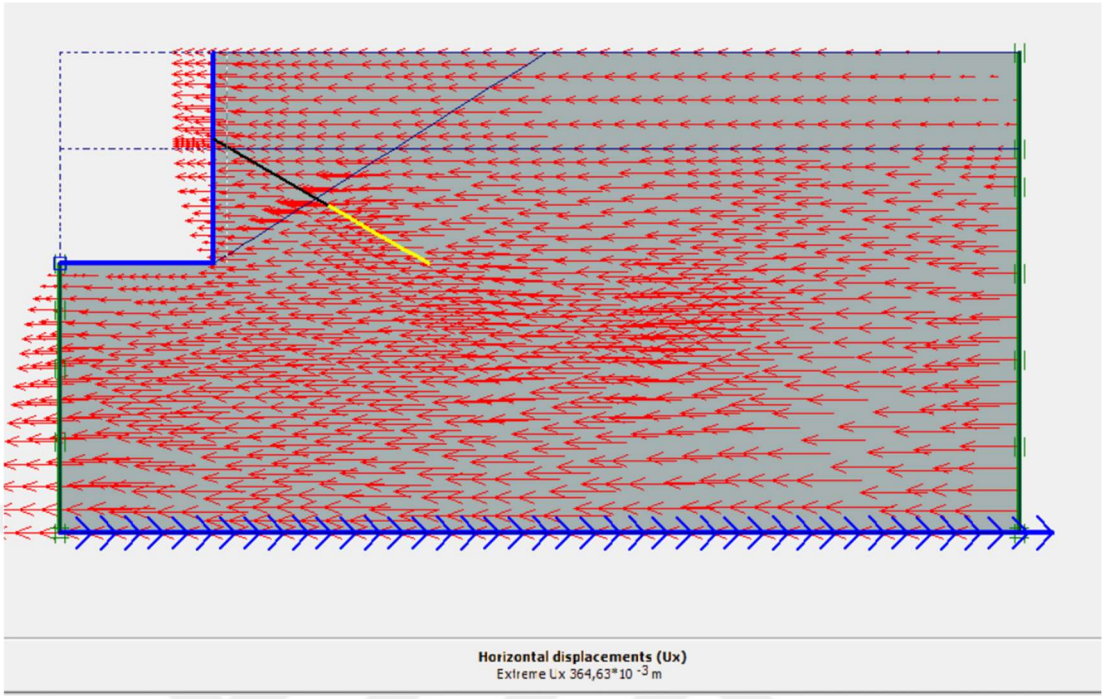
Şekil 7.244: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



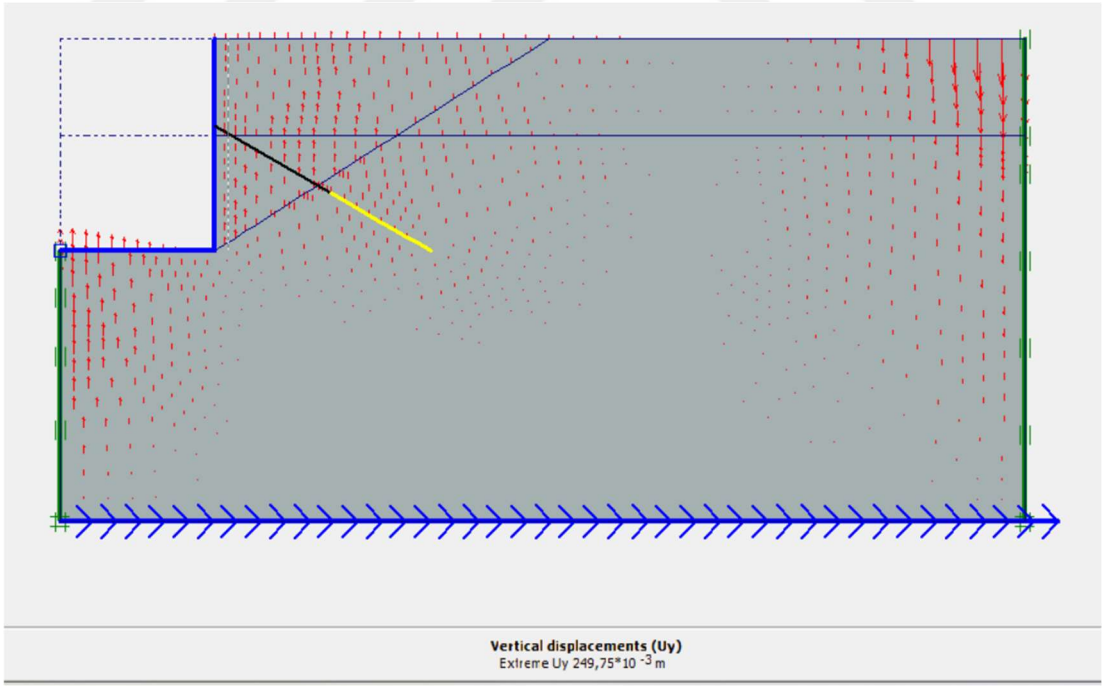
Şekil 7.245: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



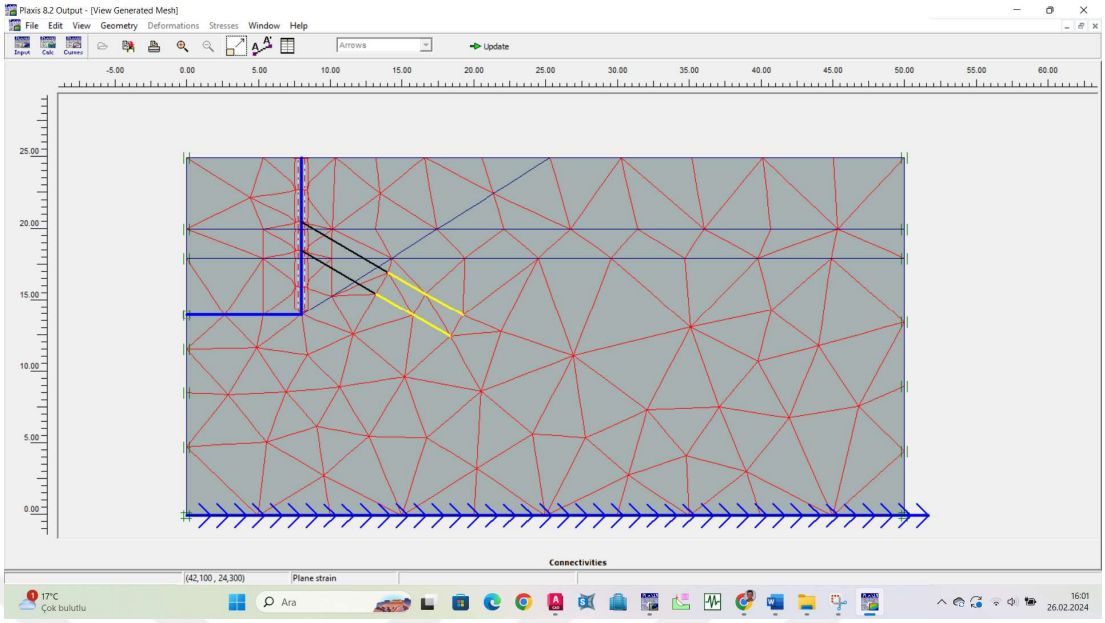
Şekil 7.246: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



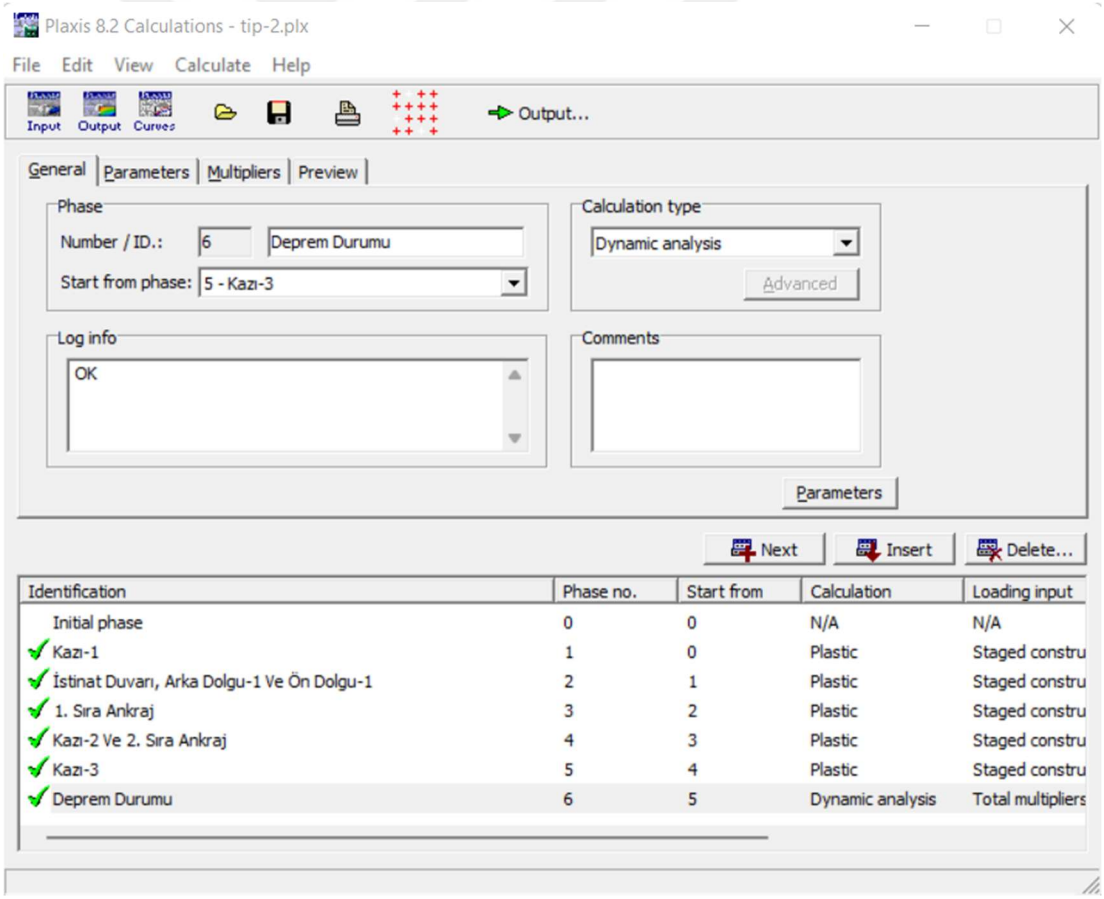
Şekil 7.247: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



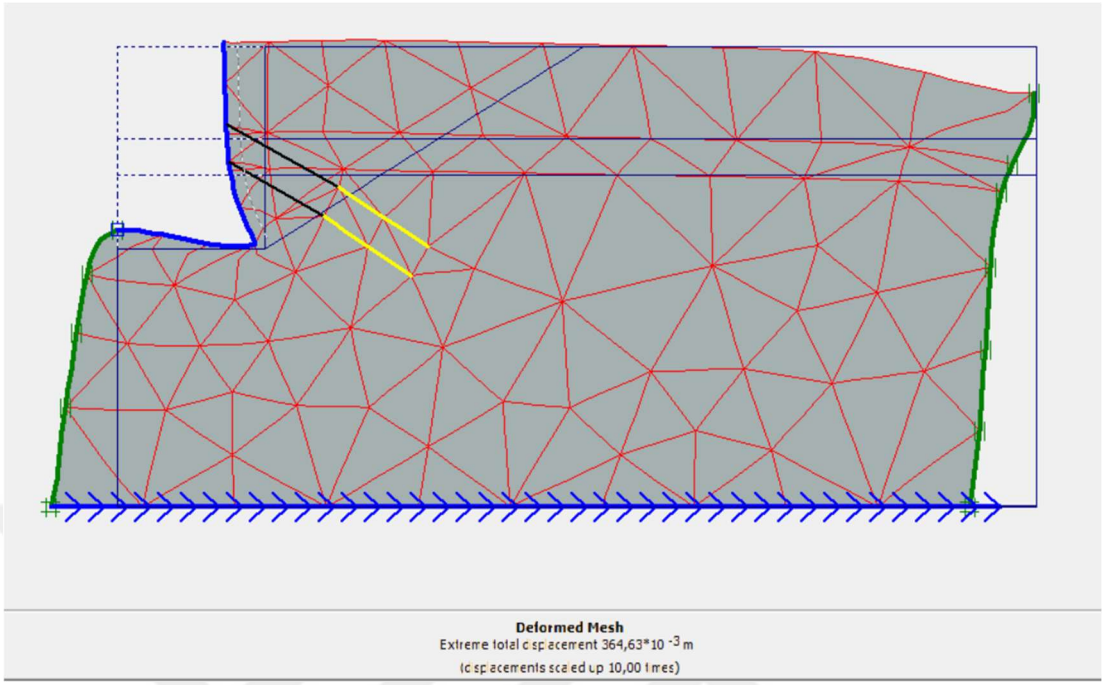
Şekil 7.248: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



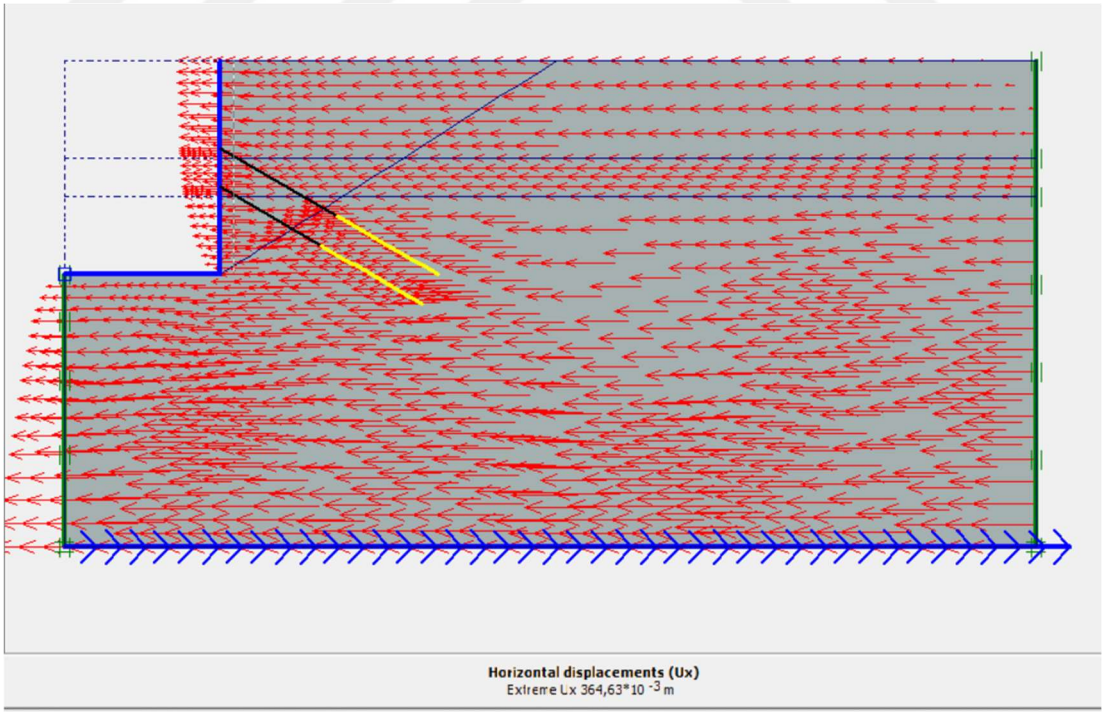
Şekil 7.249: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



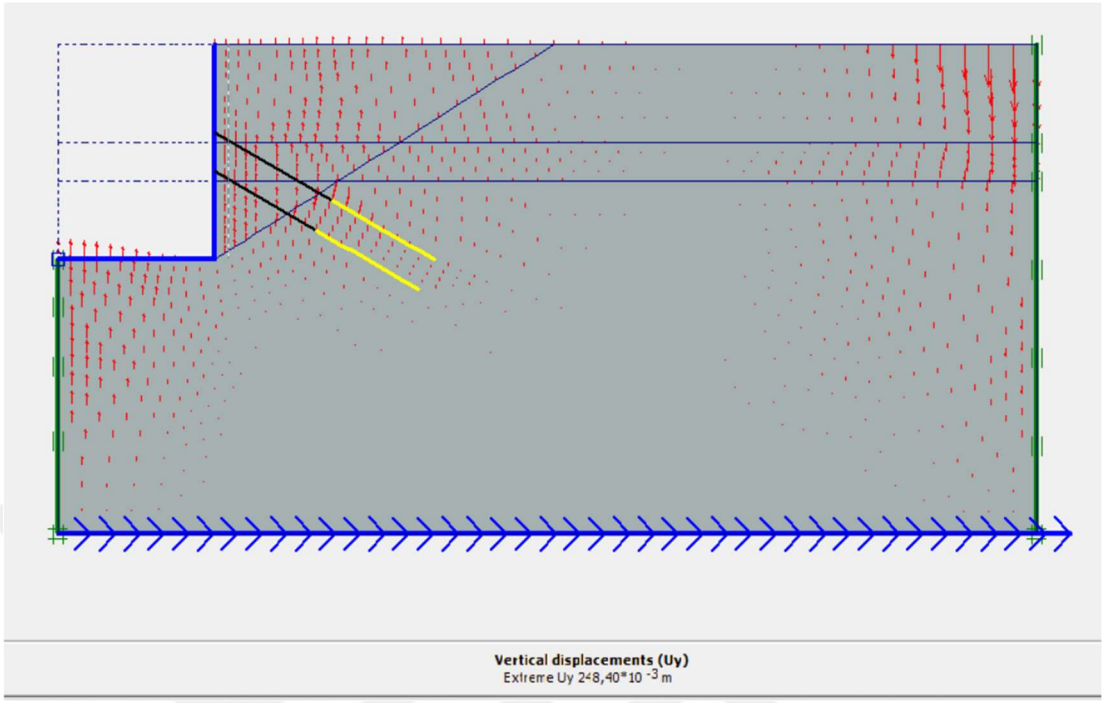
Şekil 7.250: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.251: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

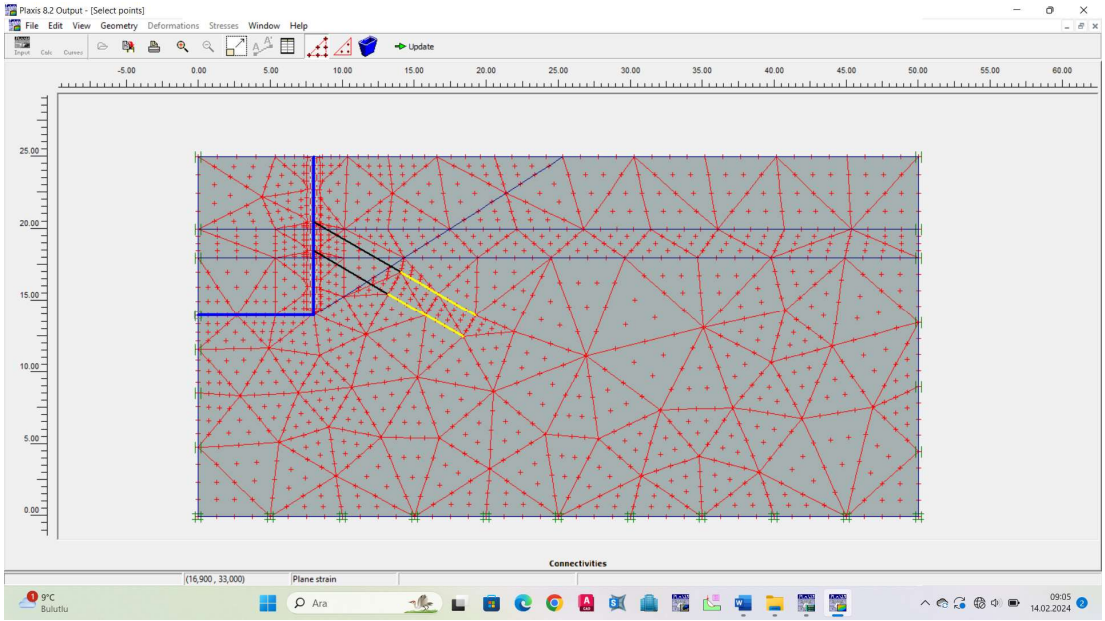


Şekil 7.252: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

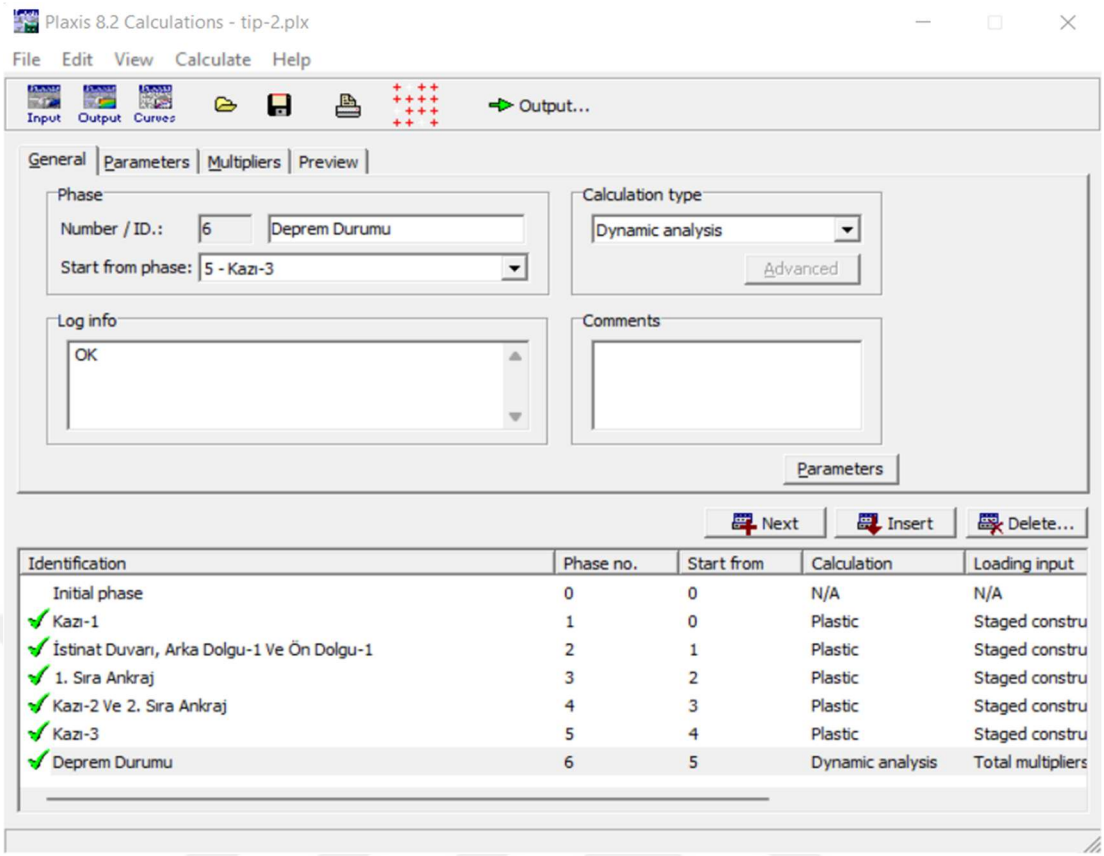


Şekil 7.253: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

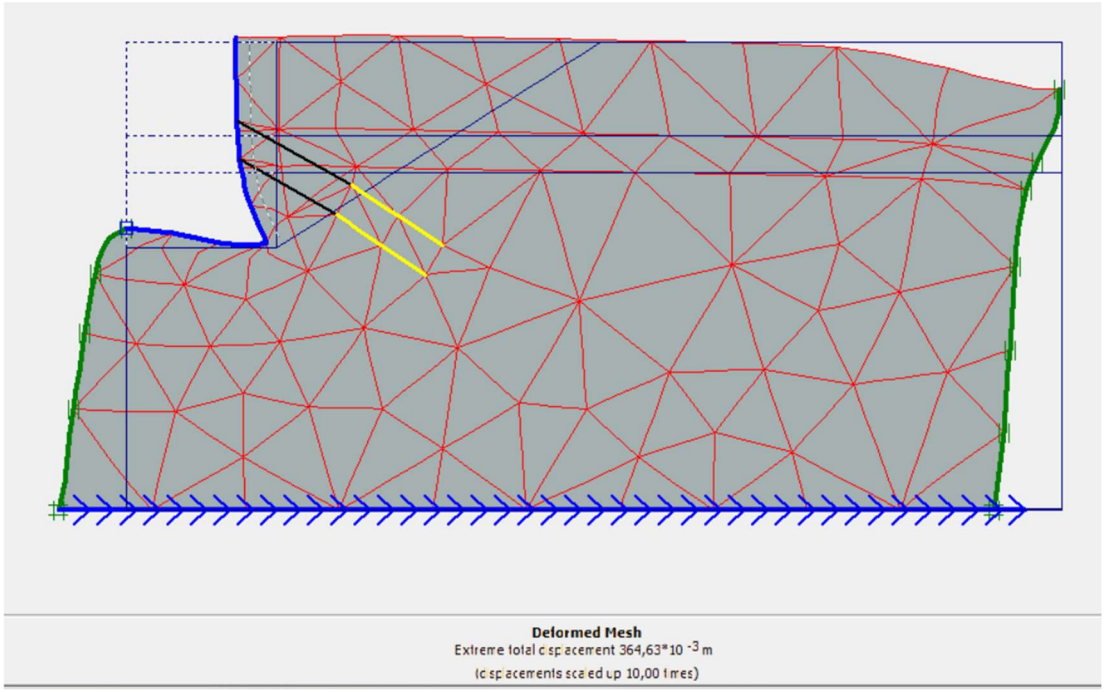
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



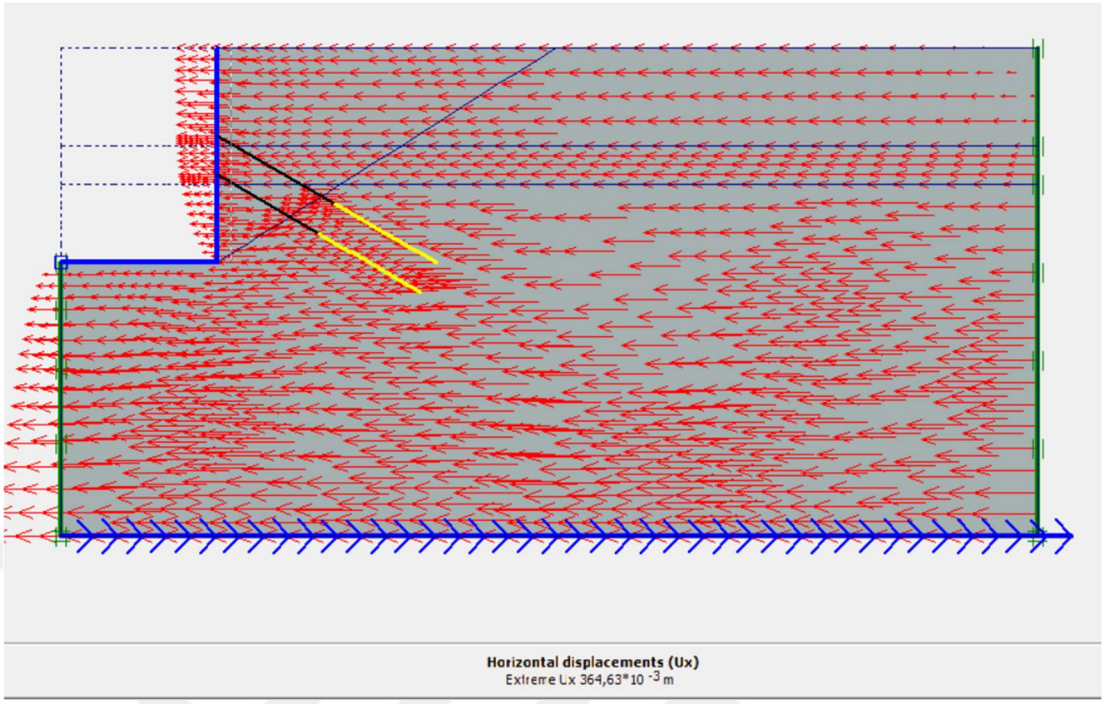
Şekil 7.254: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



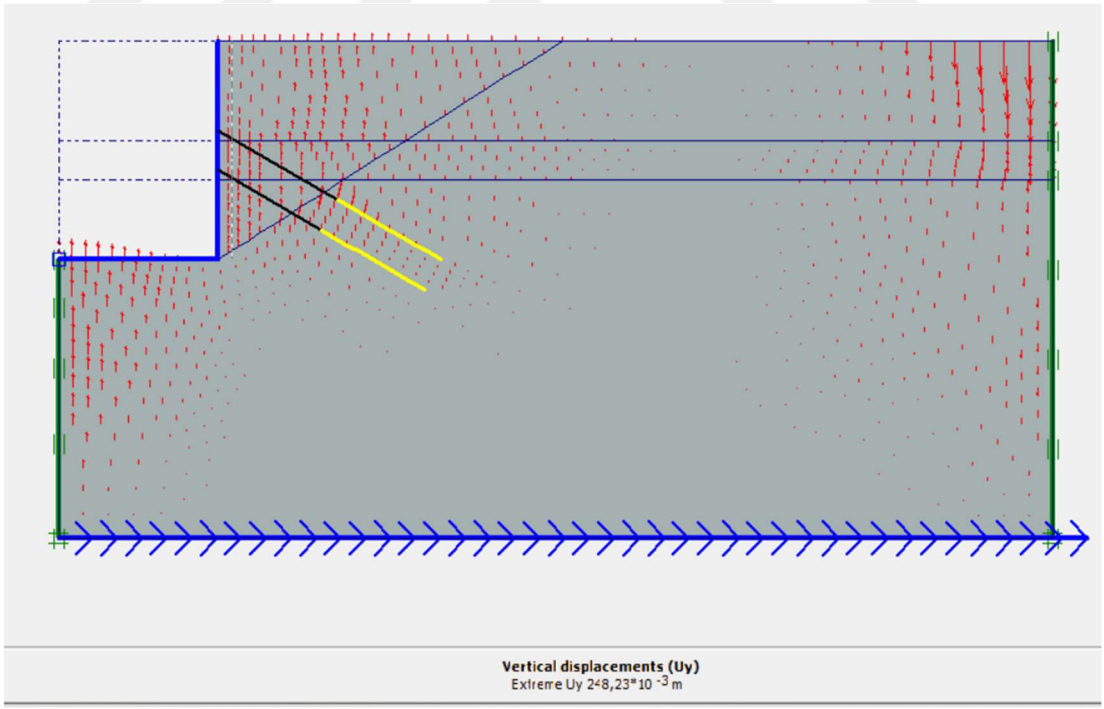
Şekil 7.255: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.256: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

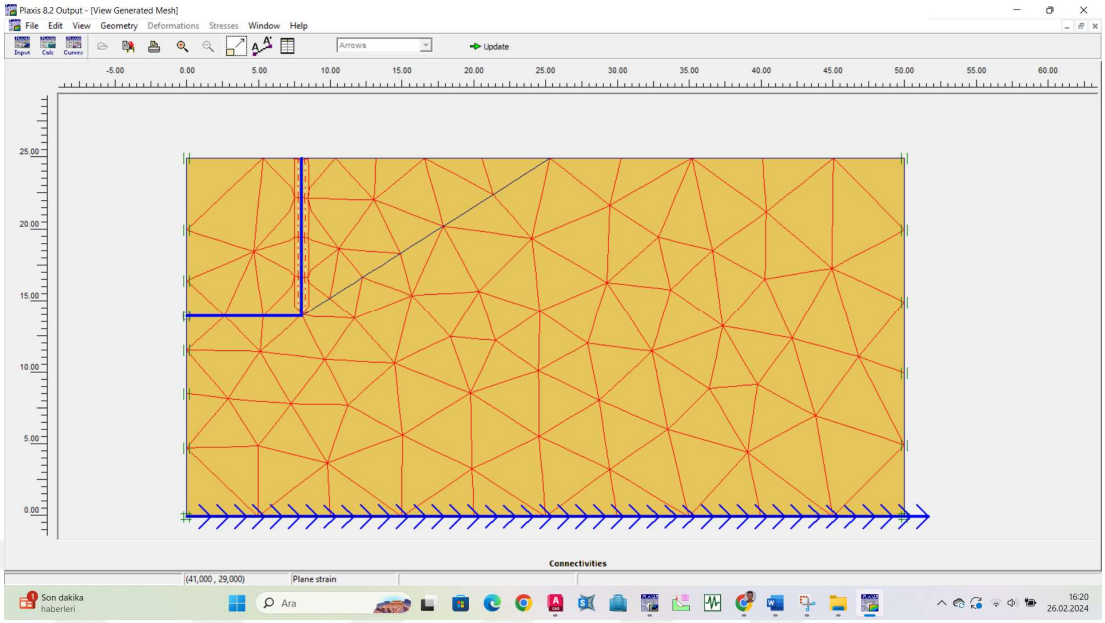


Şekil 7.257: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

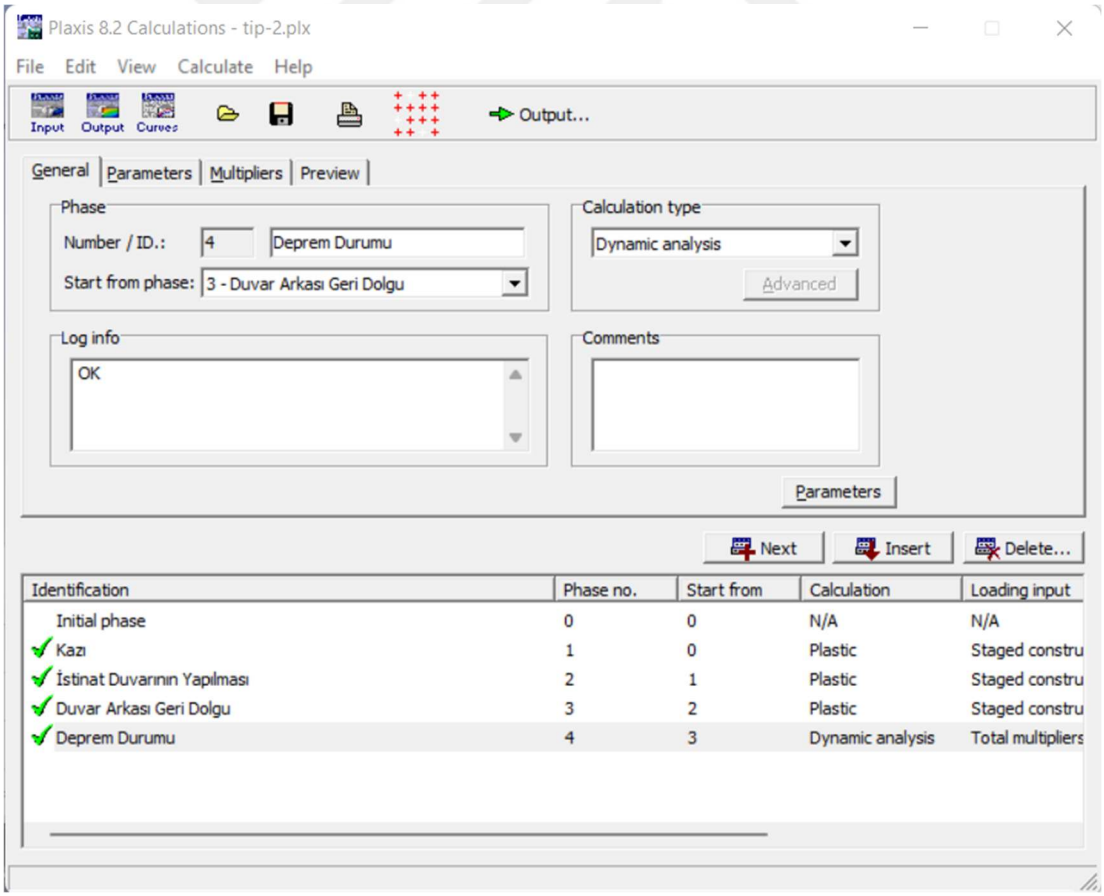


Şekil 7.258: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

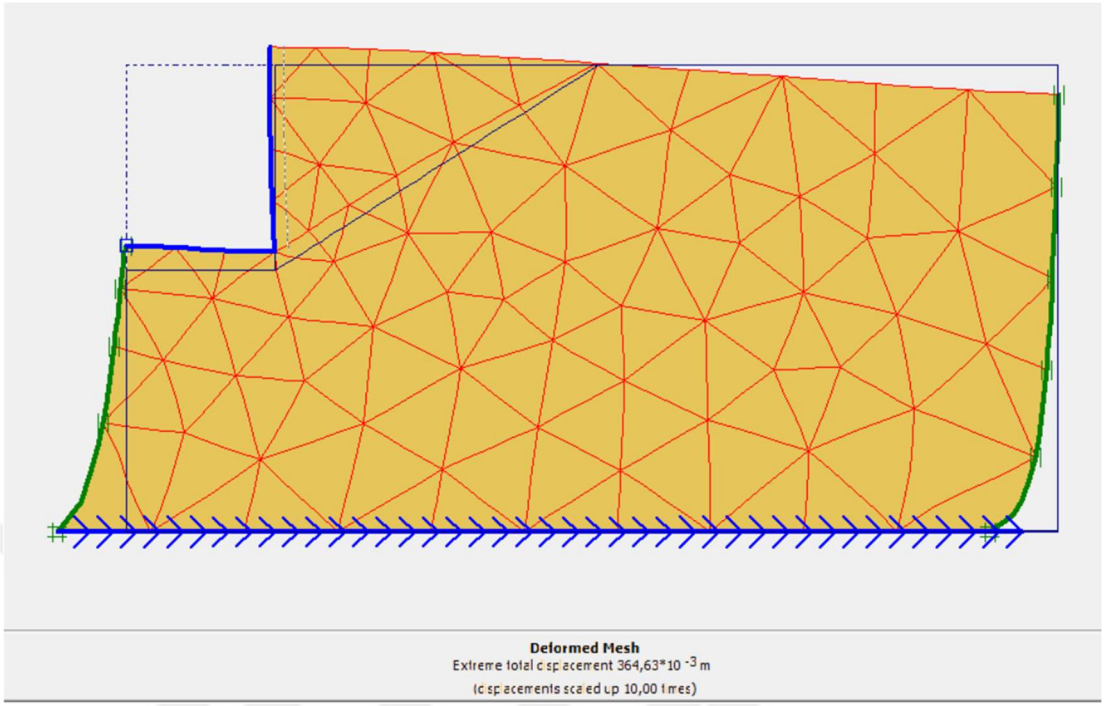
Ankrajsız killi zemin durumunda;



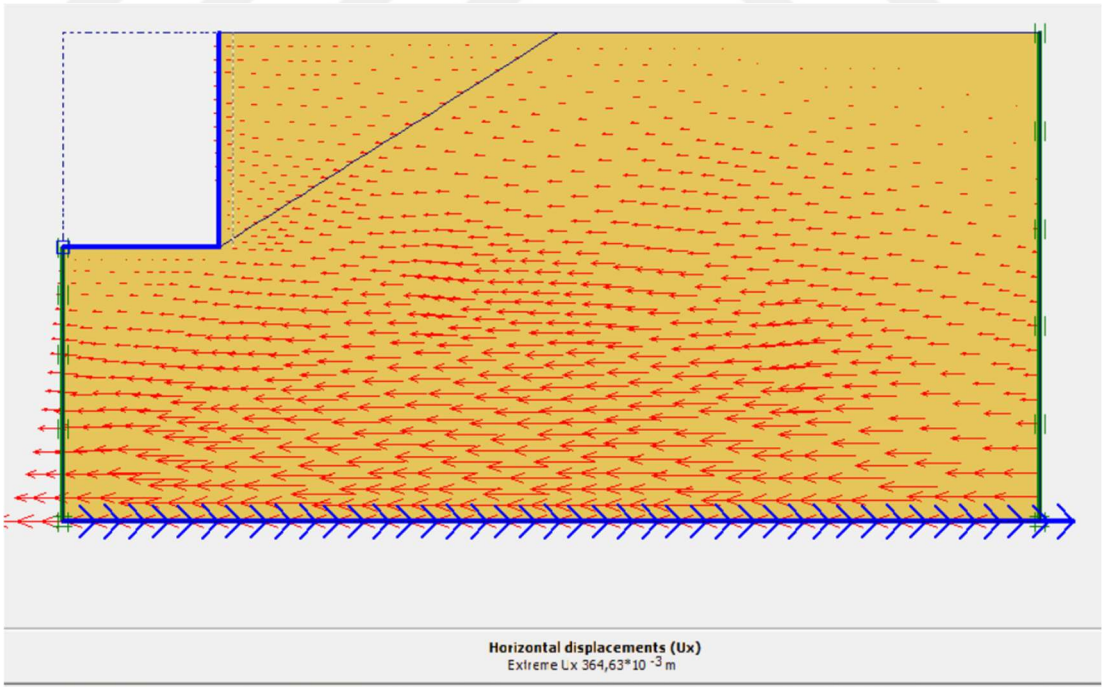
Şekil 7.259: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



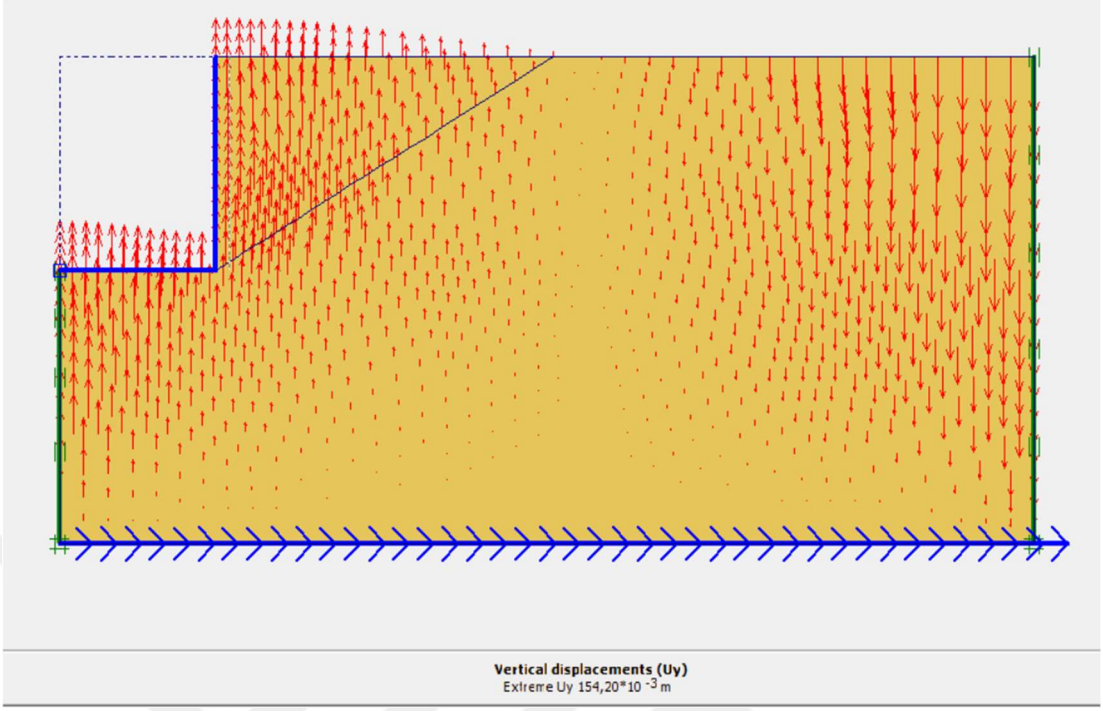
Şekil 7.260: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.261: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



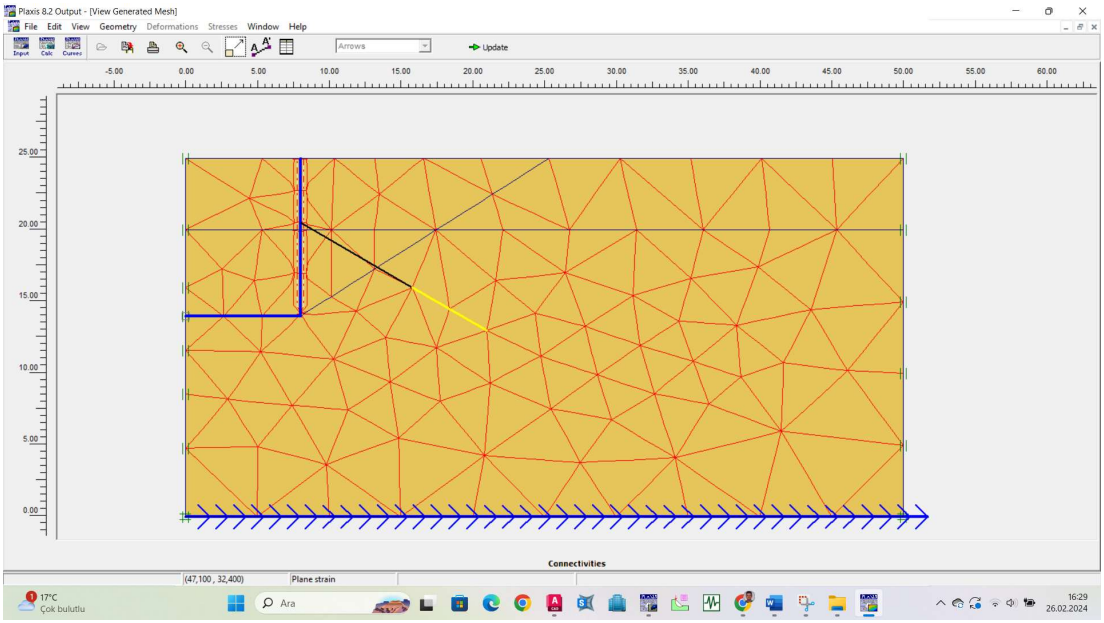
Şekil 7.262: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



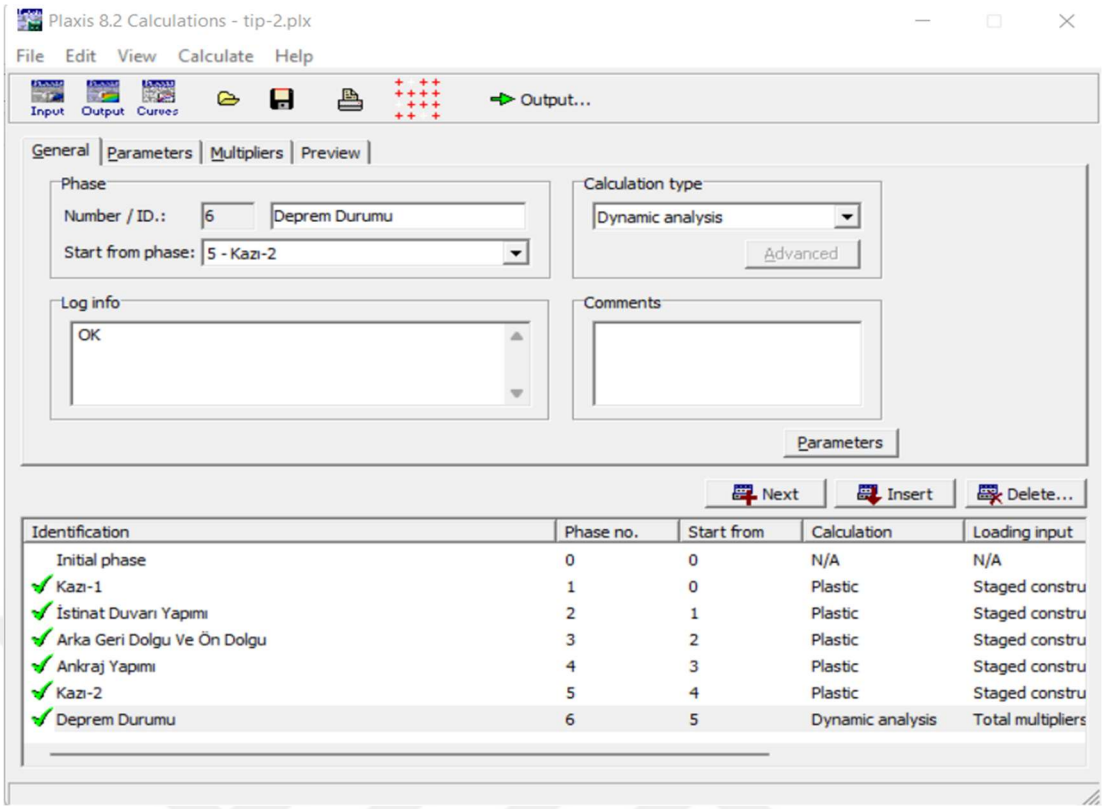
Şekil 7.263: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

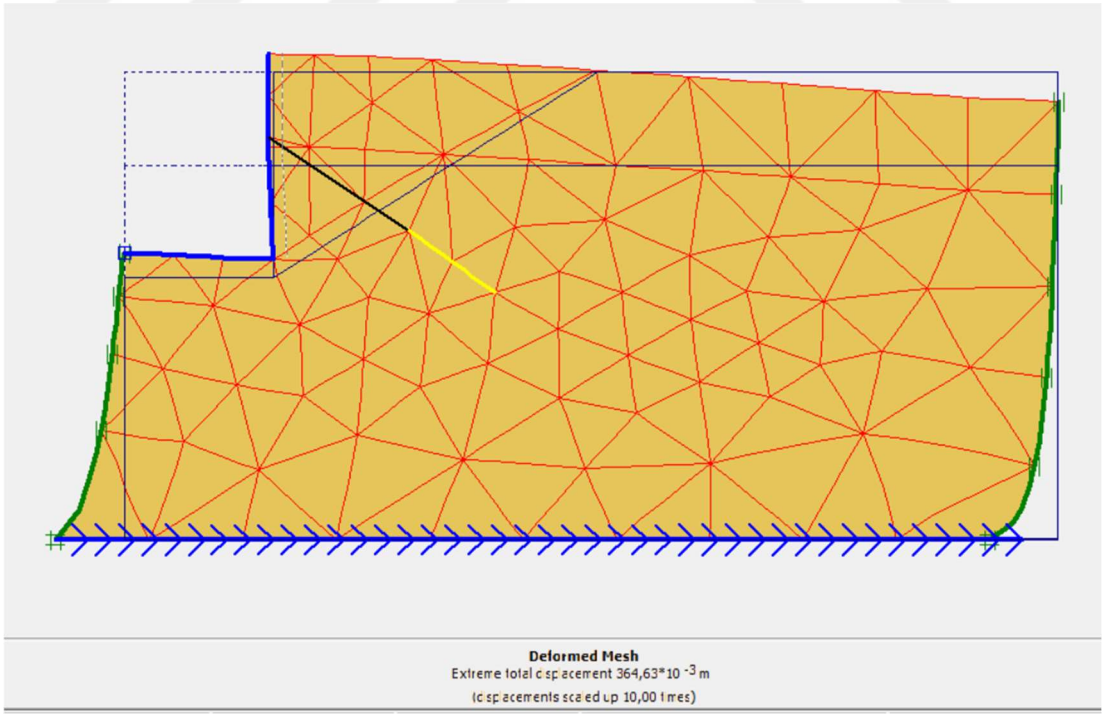
- Basit ankraj durumunda;



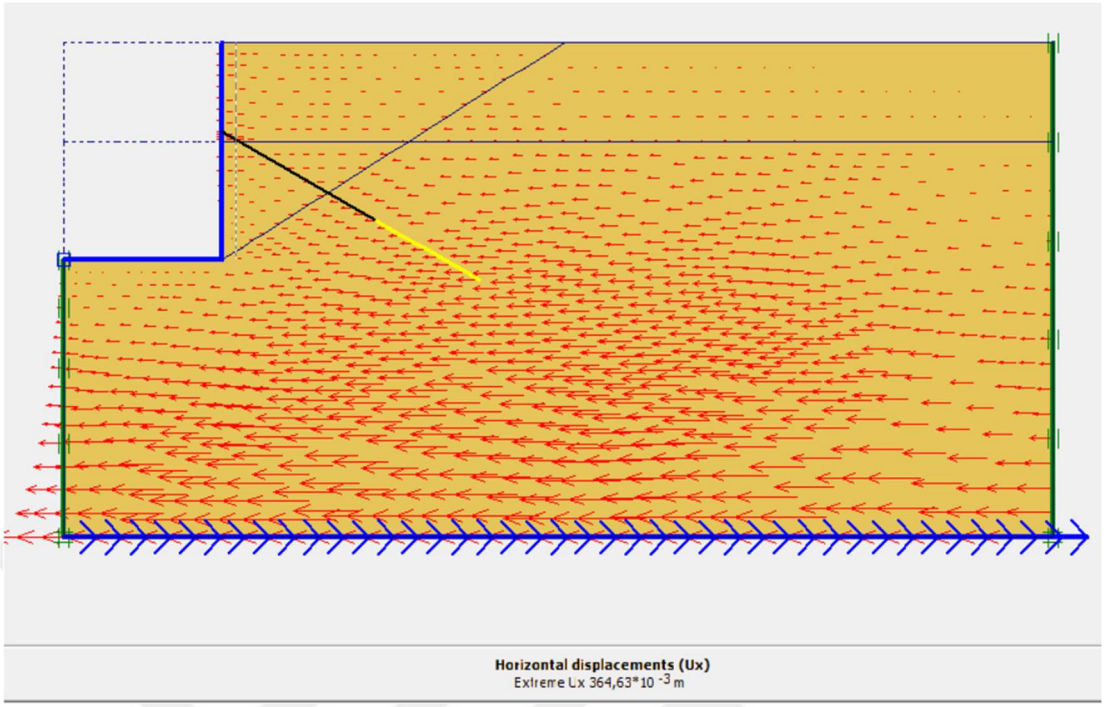
Şekil 7.264: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



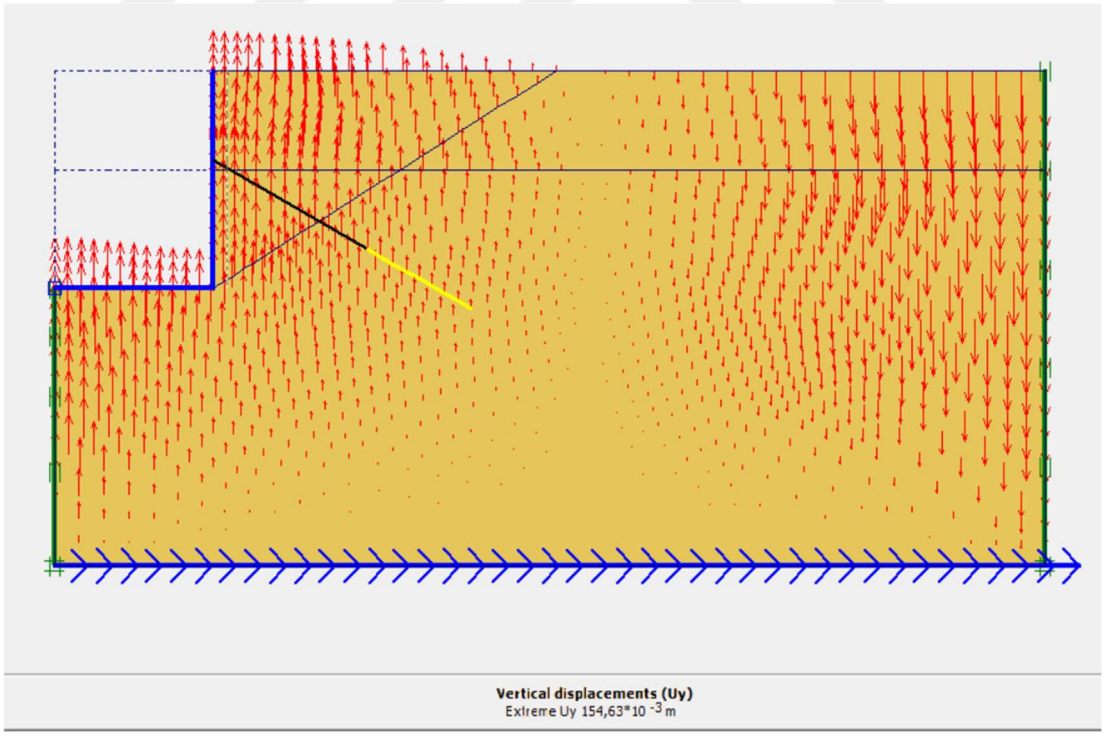
Şekil 7.265: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



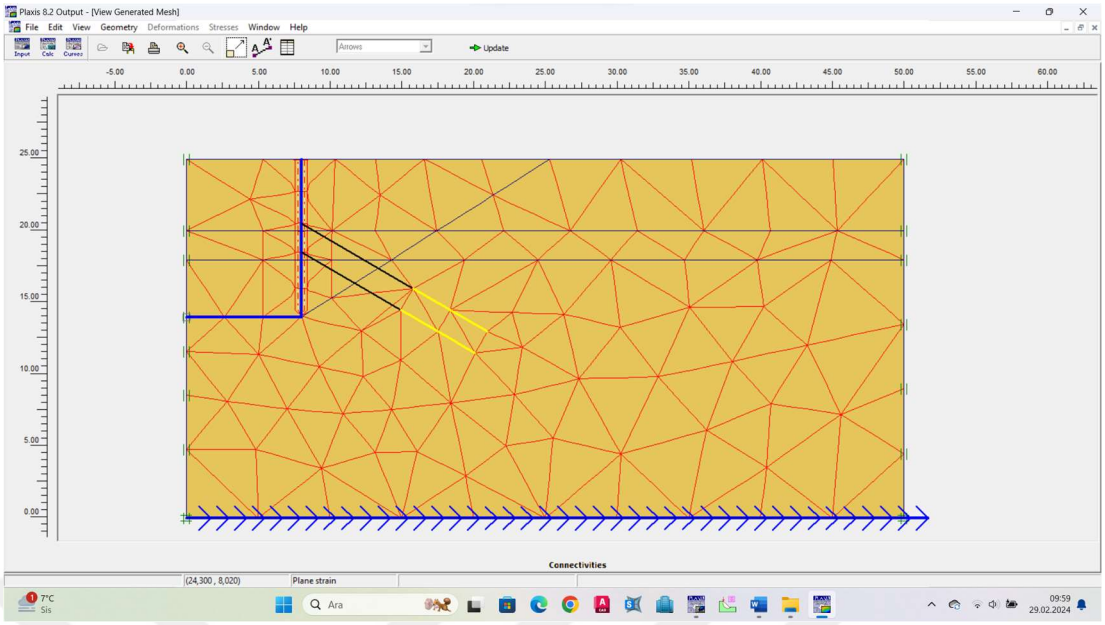
Şekil 7.266: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



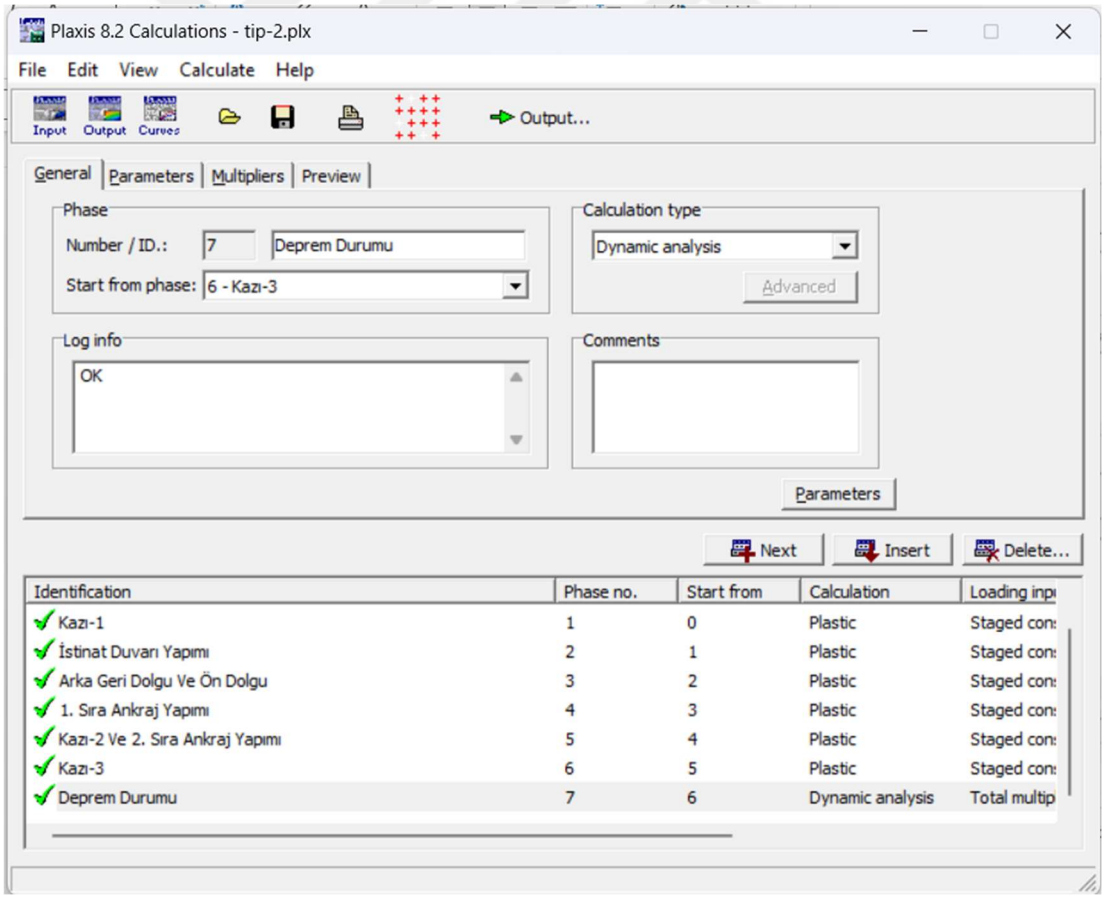
Şekil 7.267: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



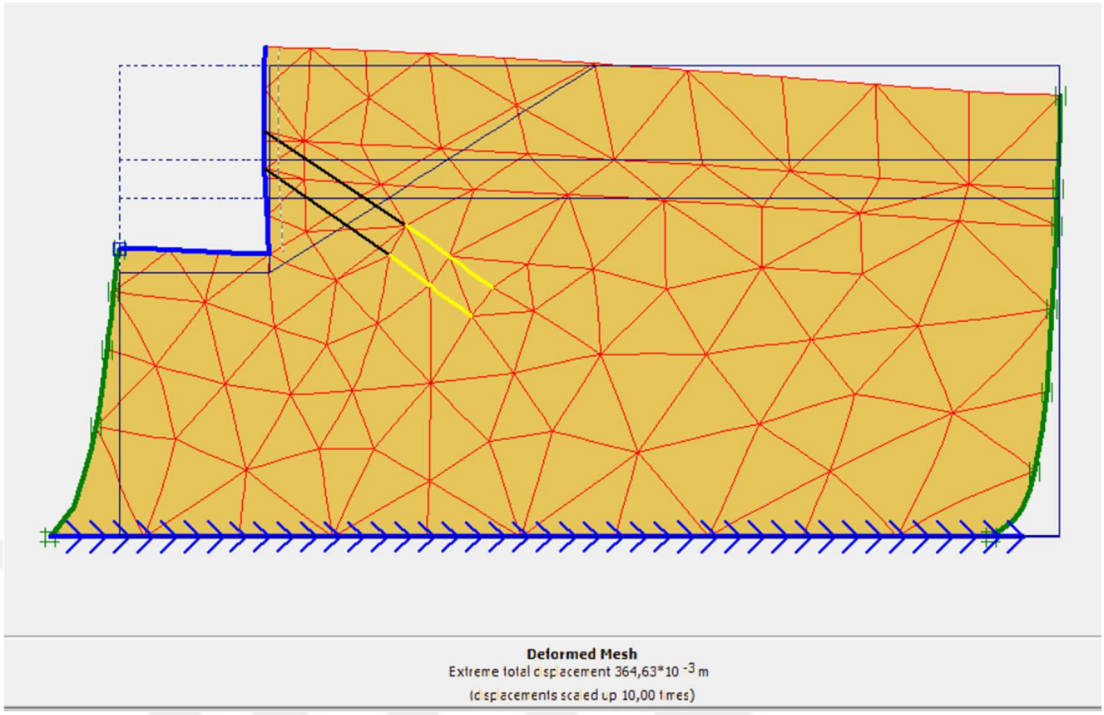
Şekil 7.268: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



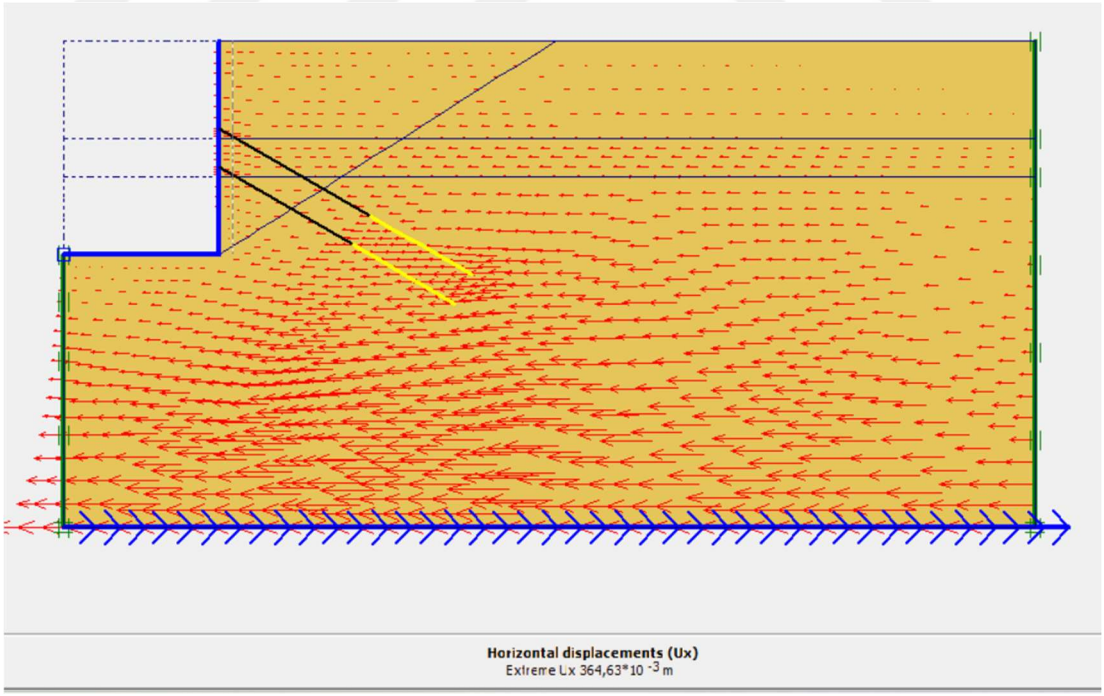
Şekil 7.269: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



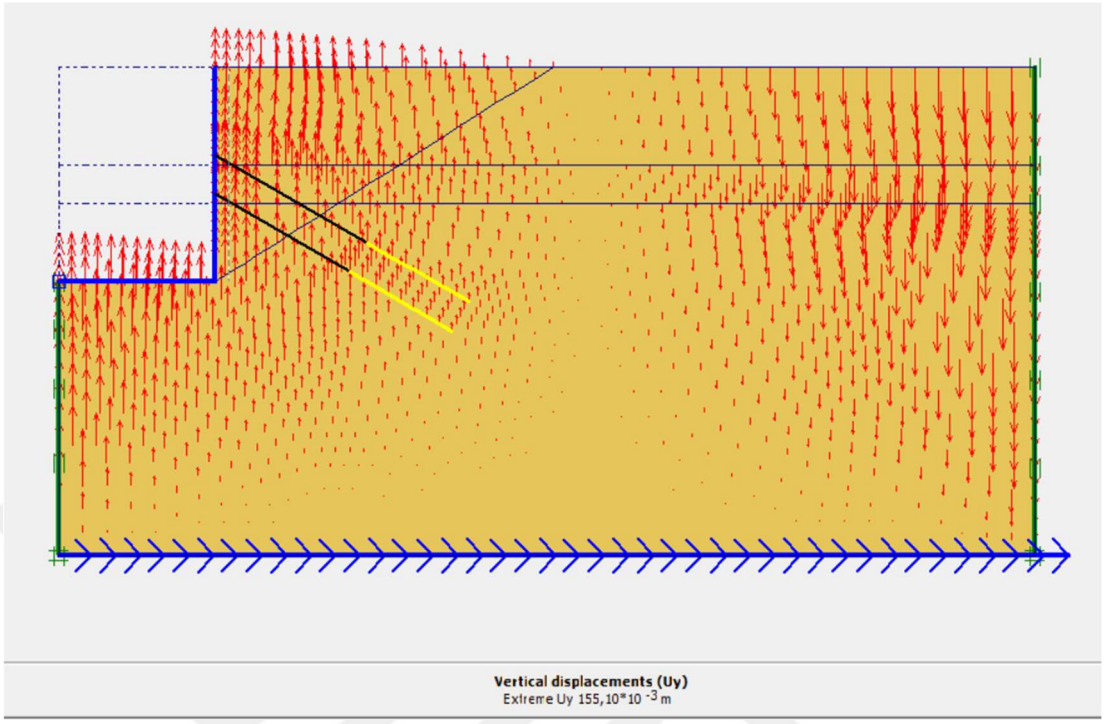
Şekil 7.270: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.271: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

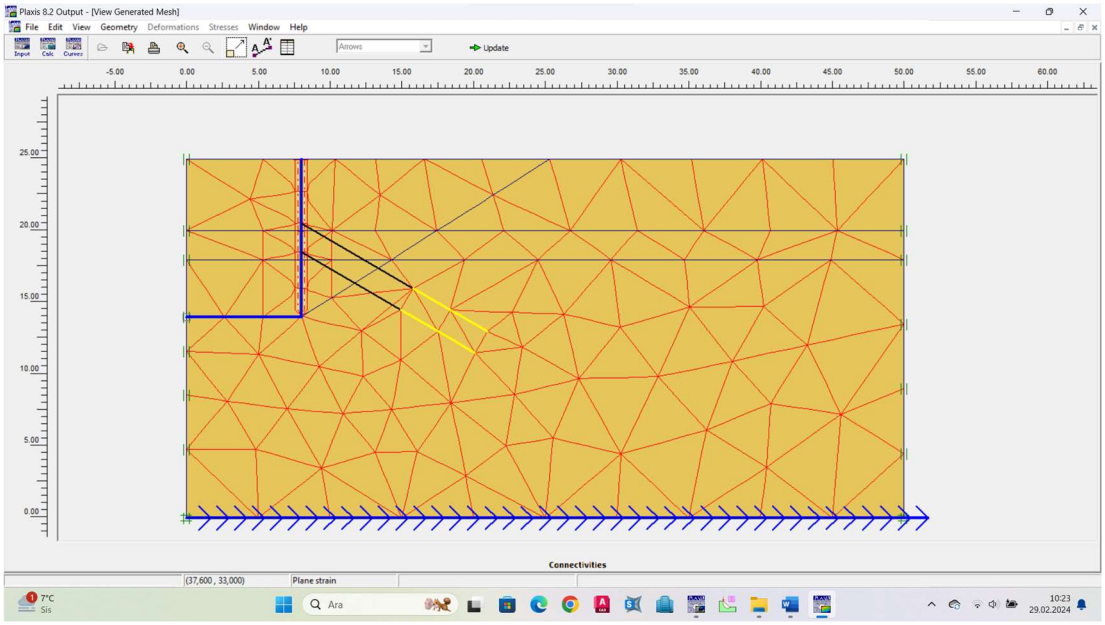


Şekil 7.272: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

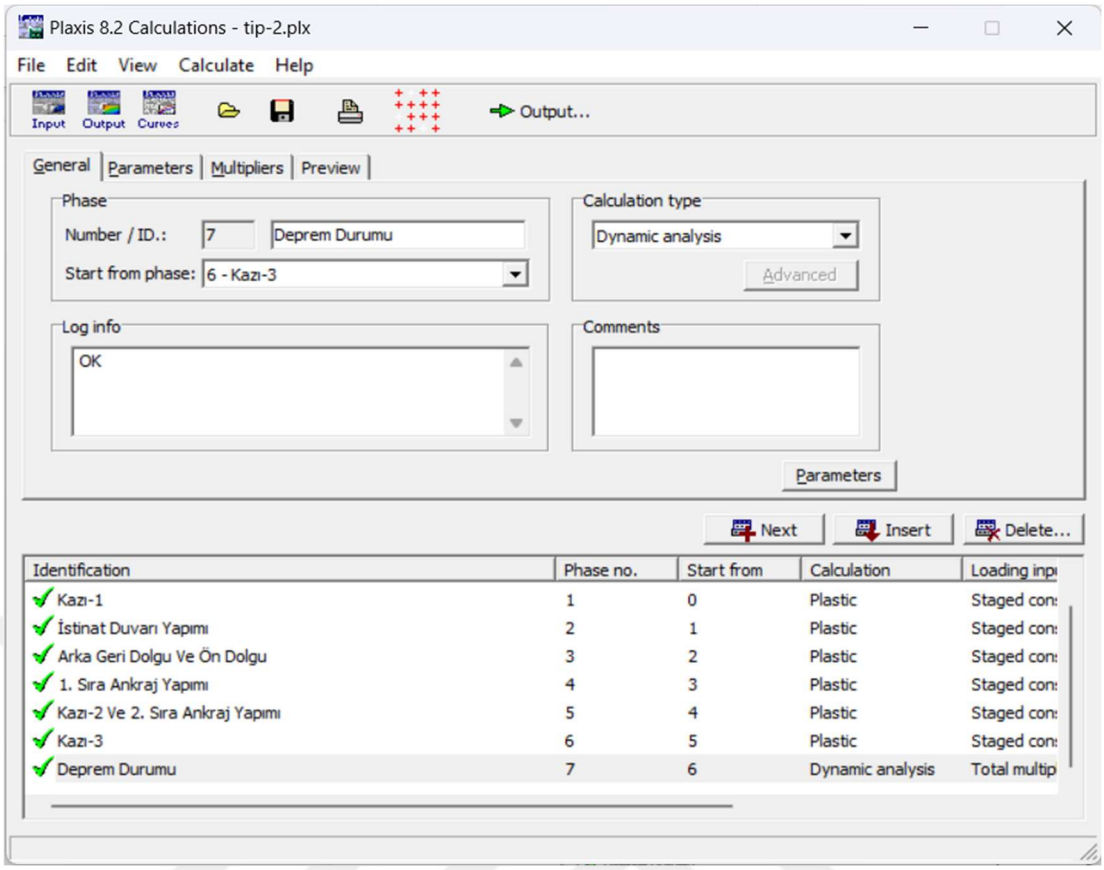


Şekil 7.273: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

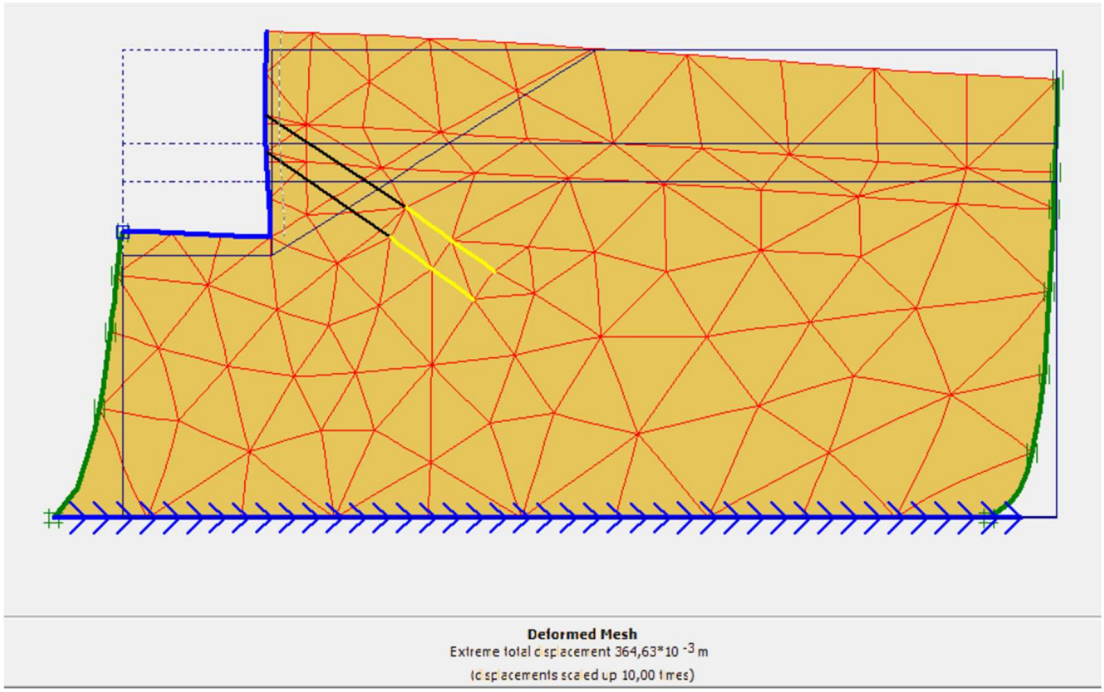
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



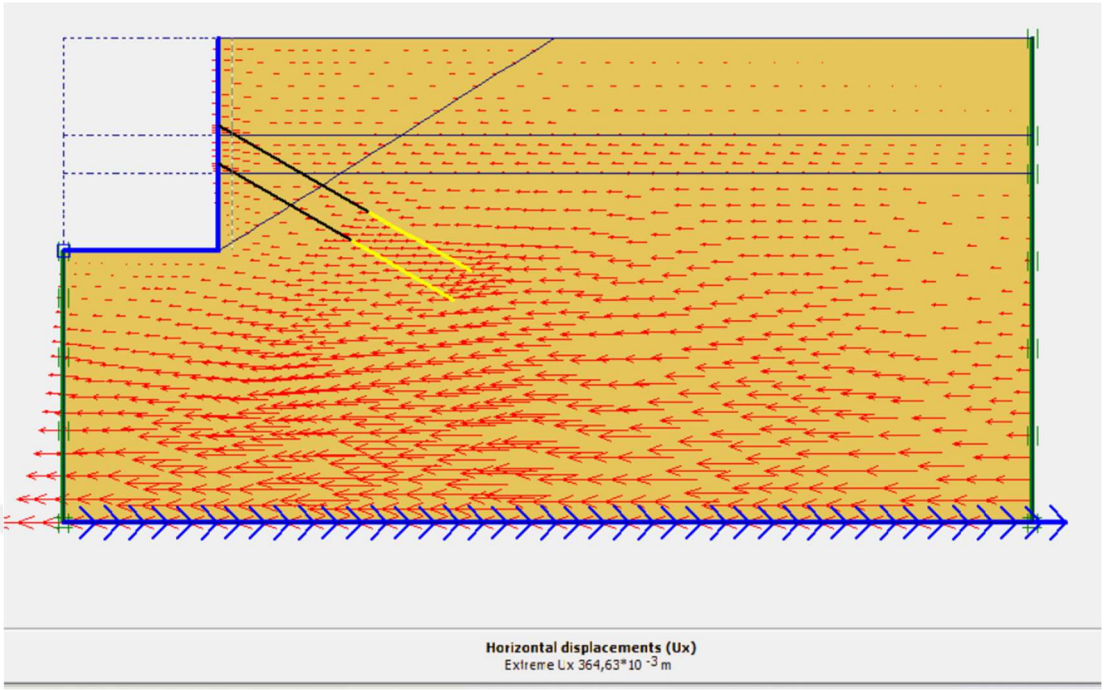
Şekil 7.274: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



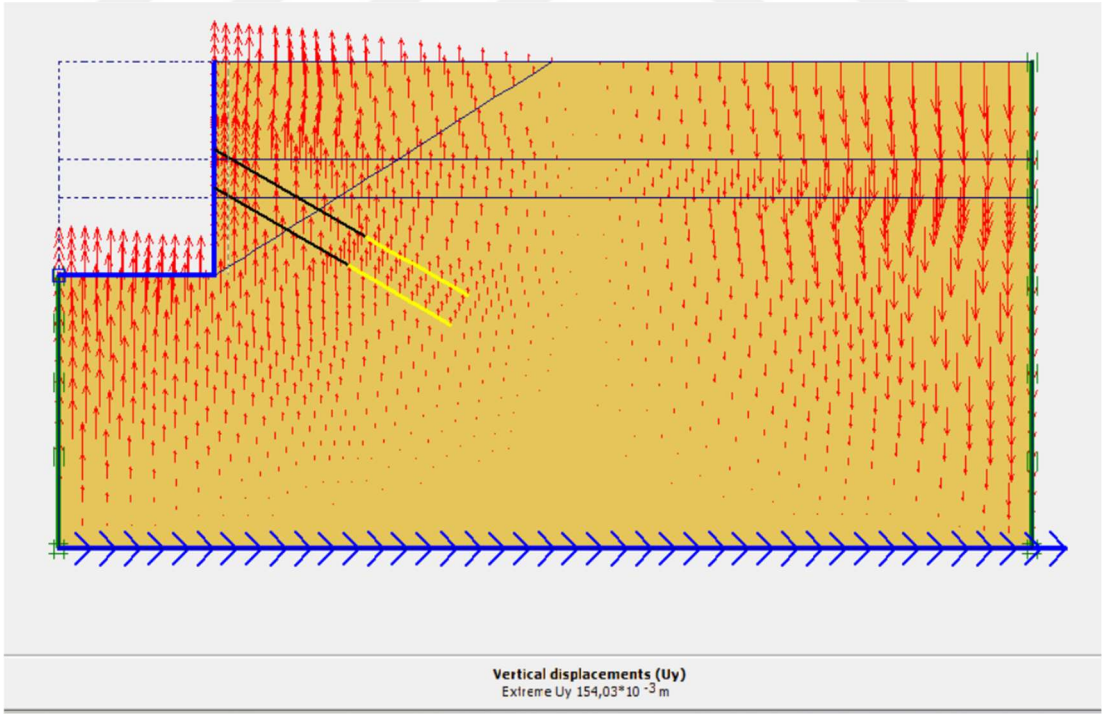
Şekil 7.275: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.276: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.277: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

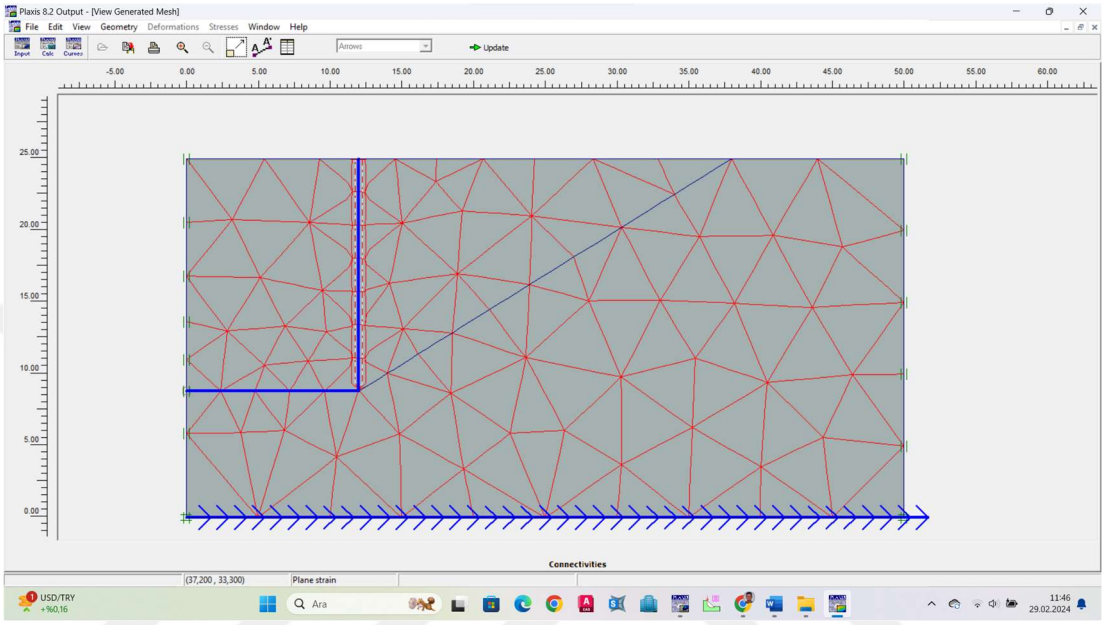


Şekil 7.278: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 2 sıra ankrajlı TİP-2 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

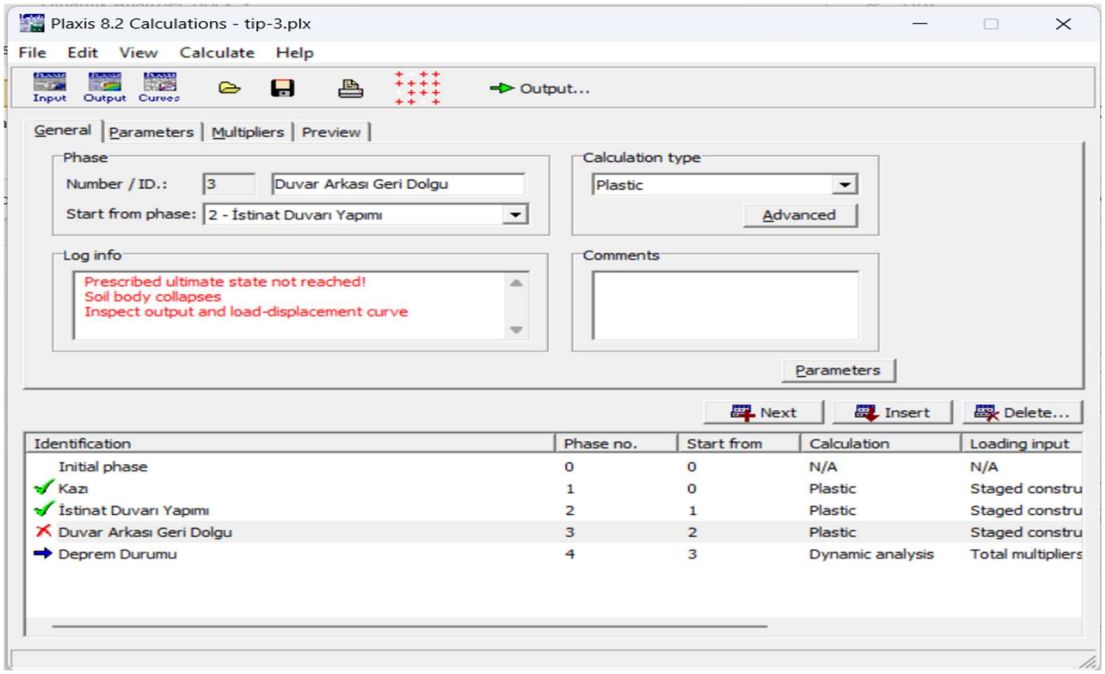
7.1.2.3 TİP-3 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

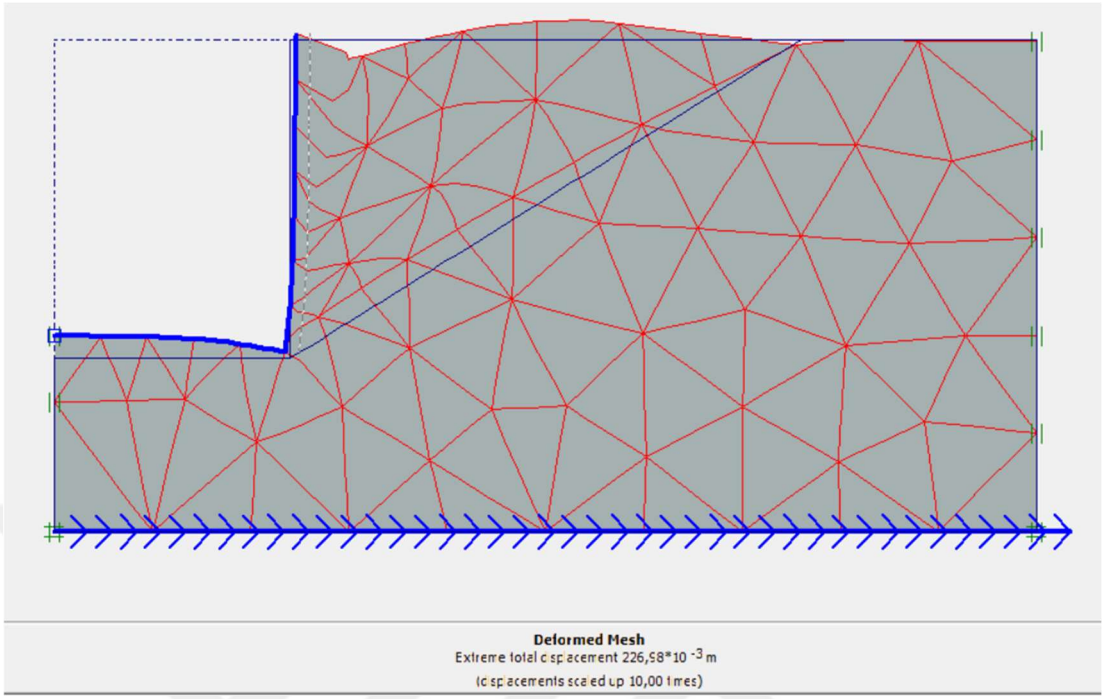
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



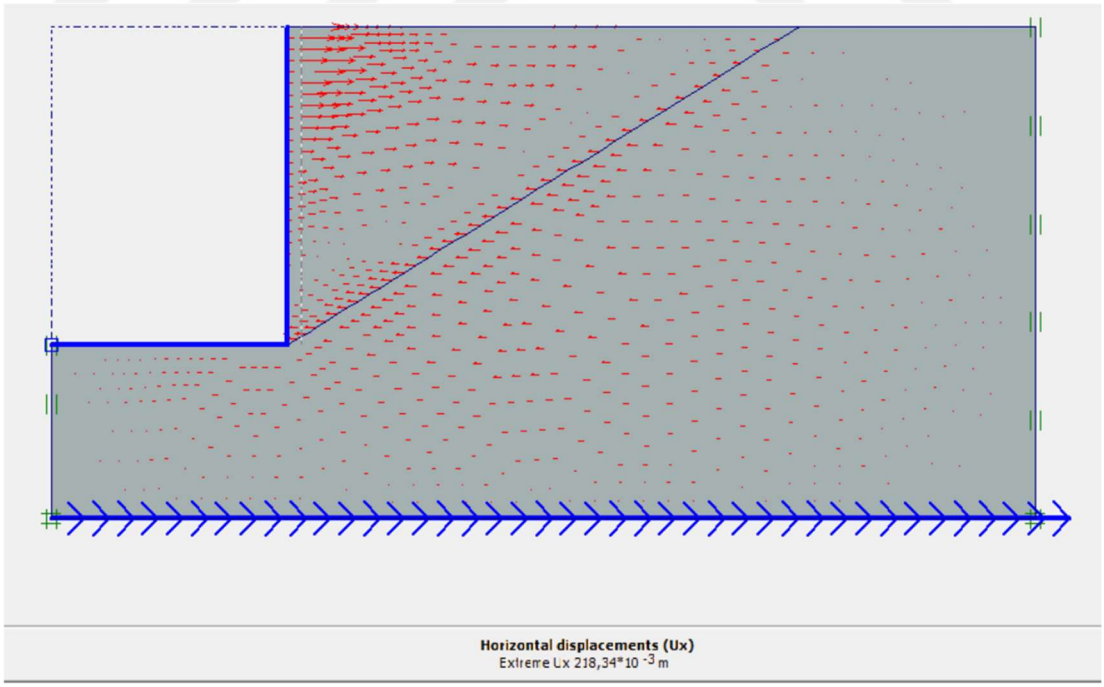
Şekil 7.279: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



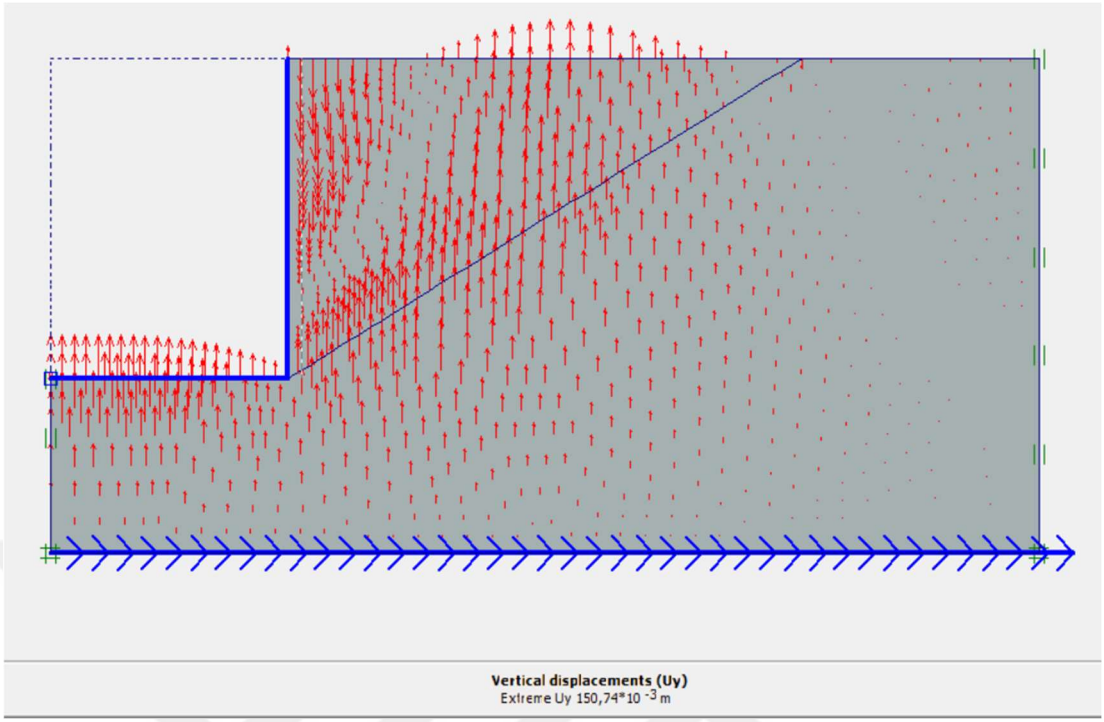
Şekil 7.280: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.281: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



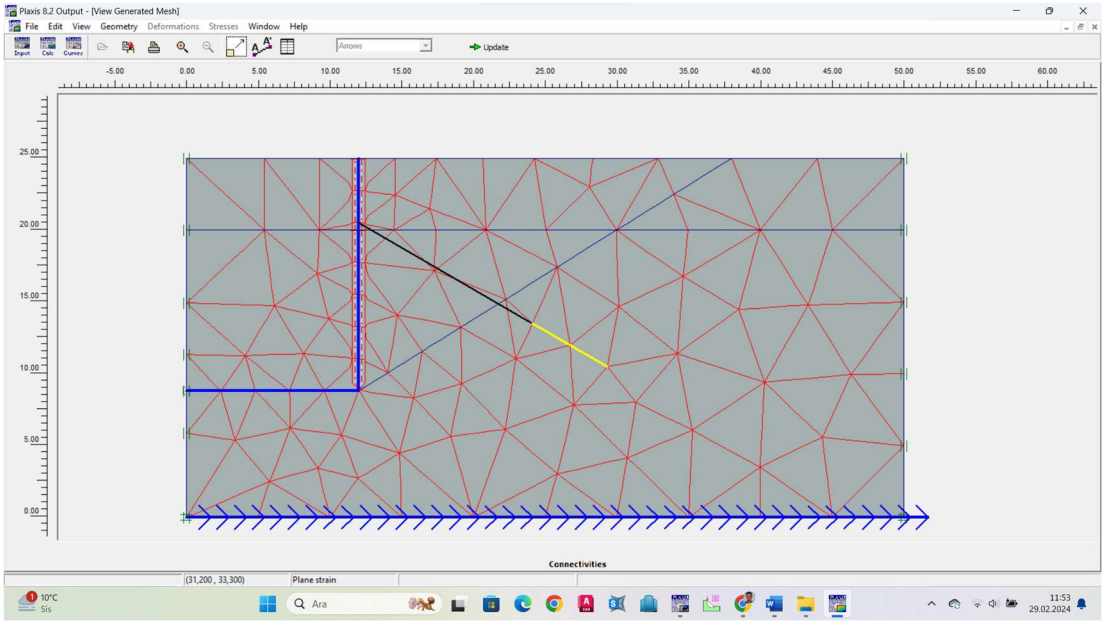
Şekil 7.282: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



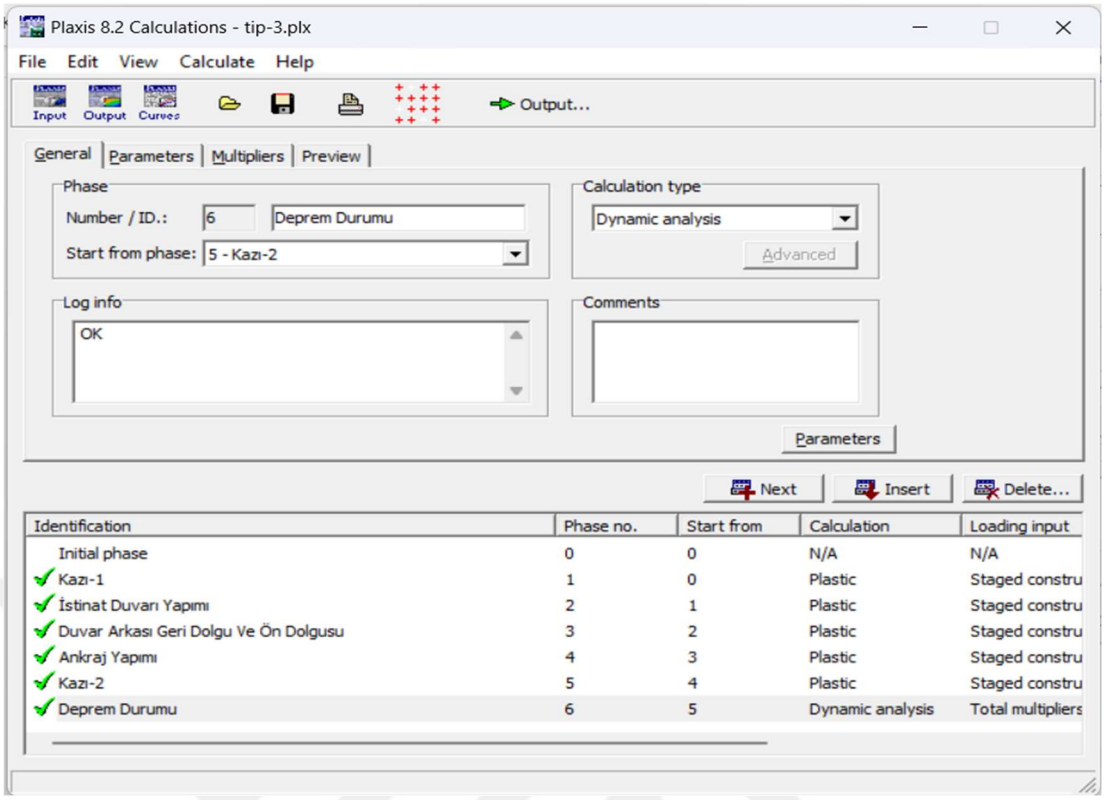
Şekil 7.283: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

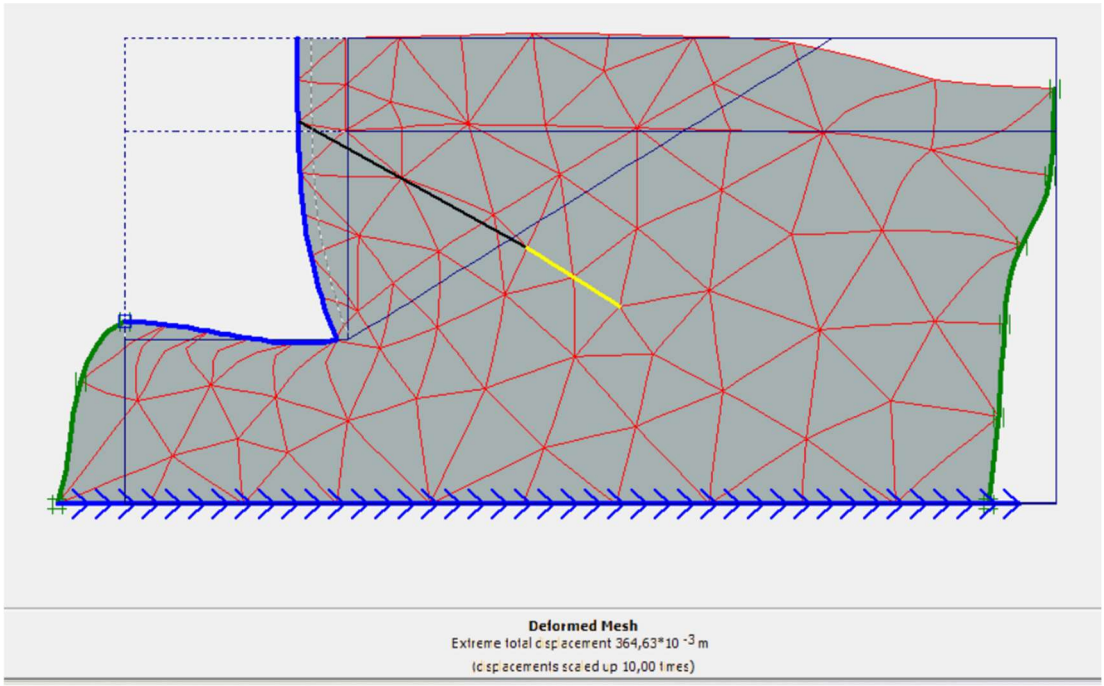
- Basit ankraj durumunda;



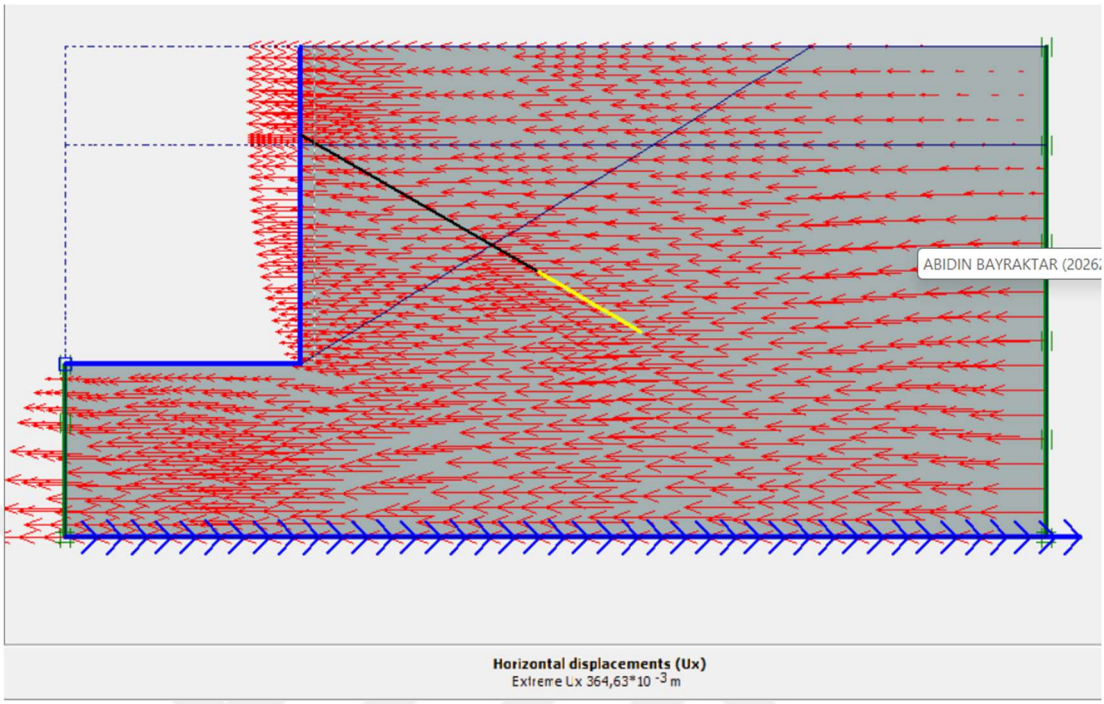
Şekil 7.284: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



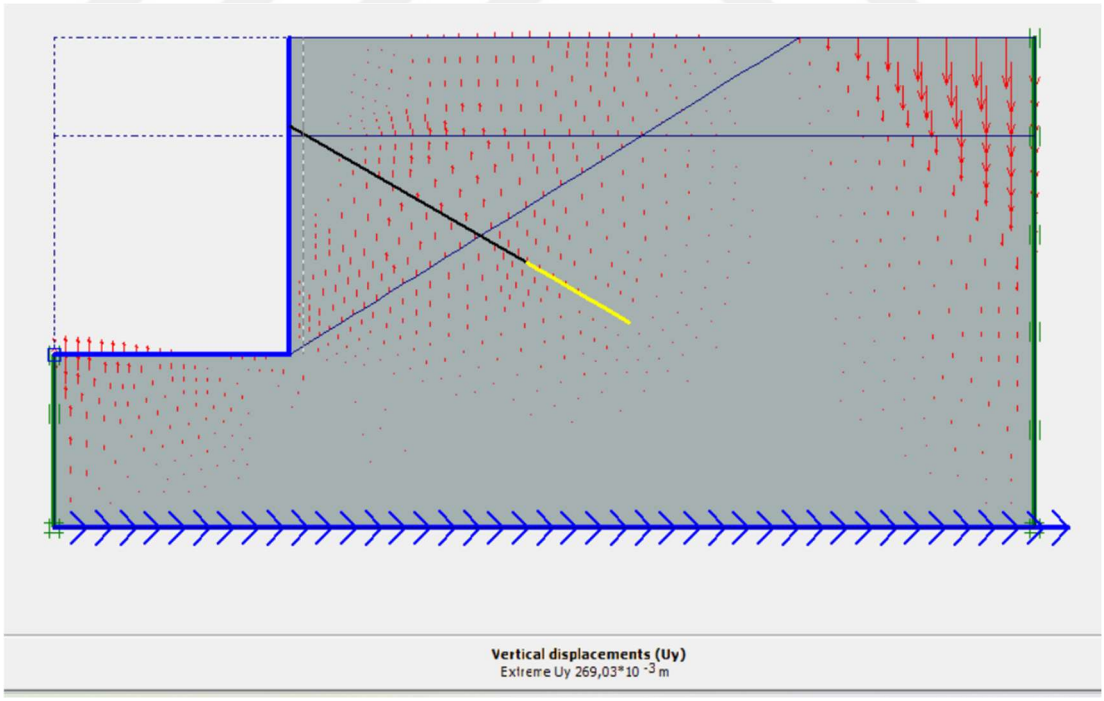
Şekil 7.285: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



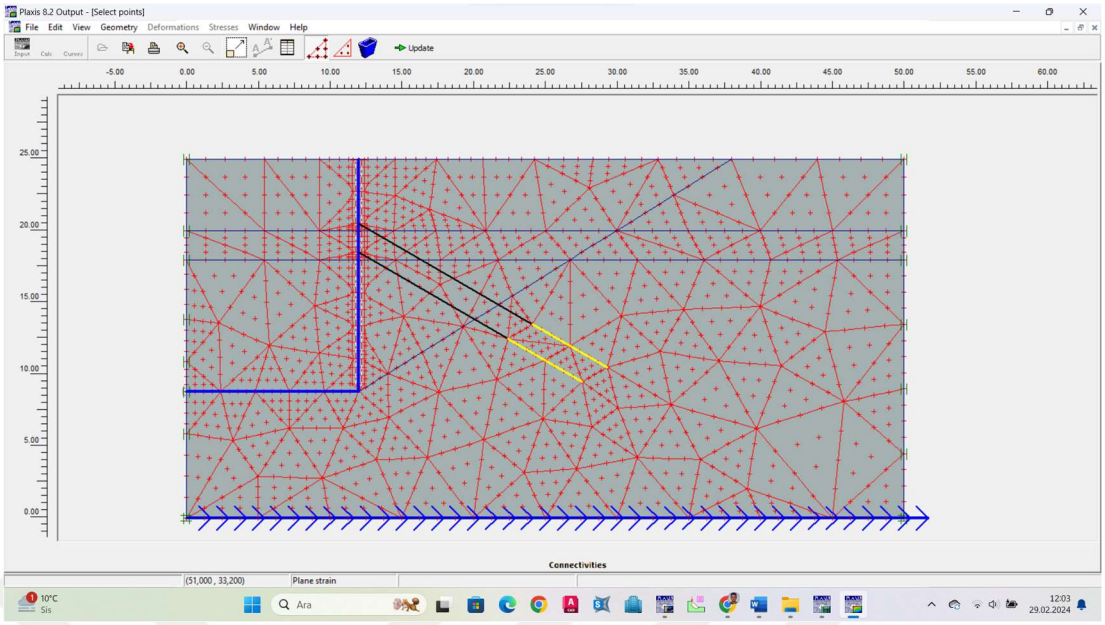
Şekil 7.286: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



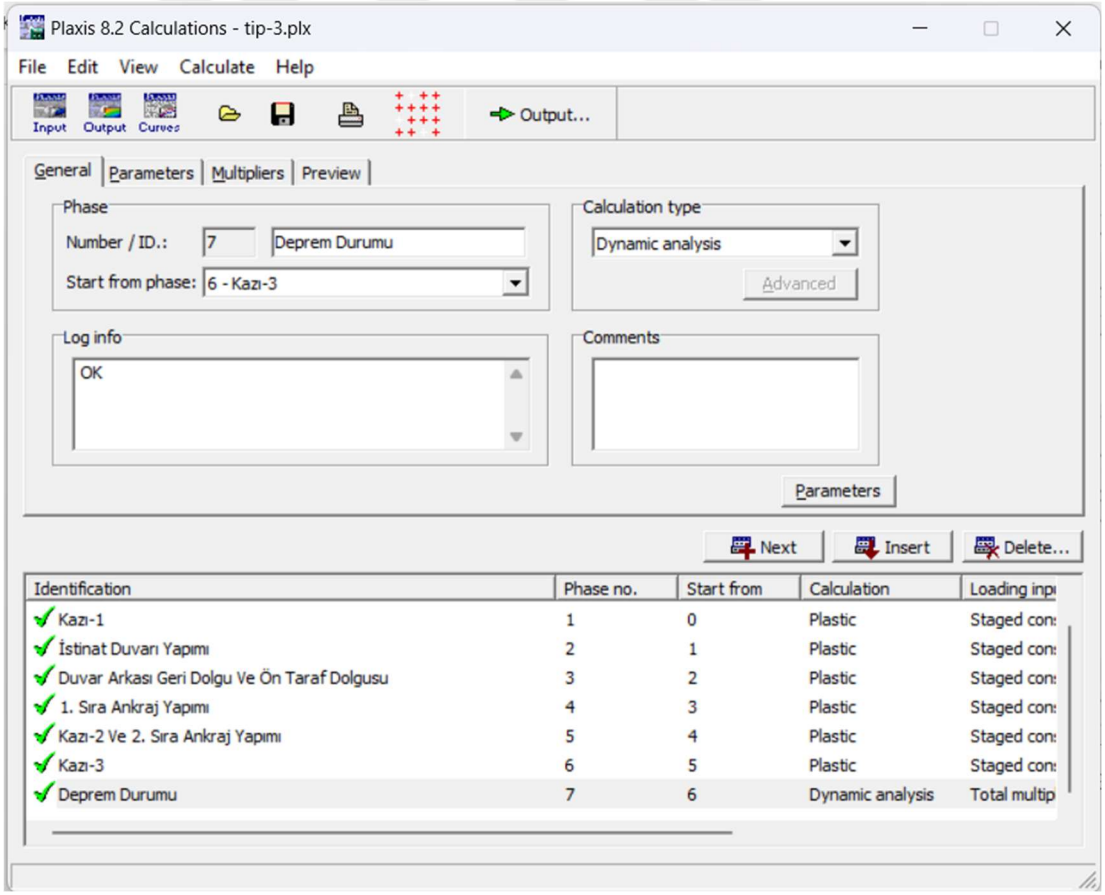
Şekil 7.287: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



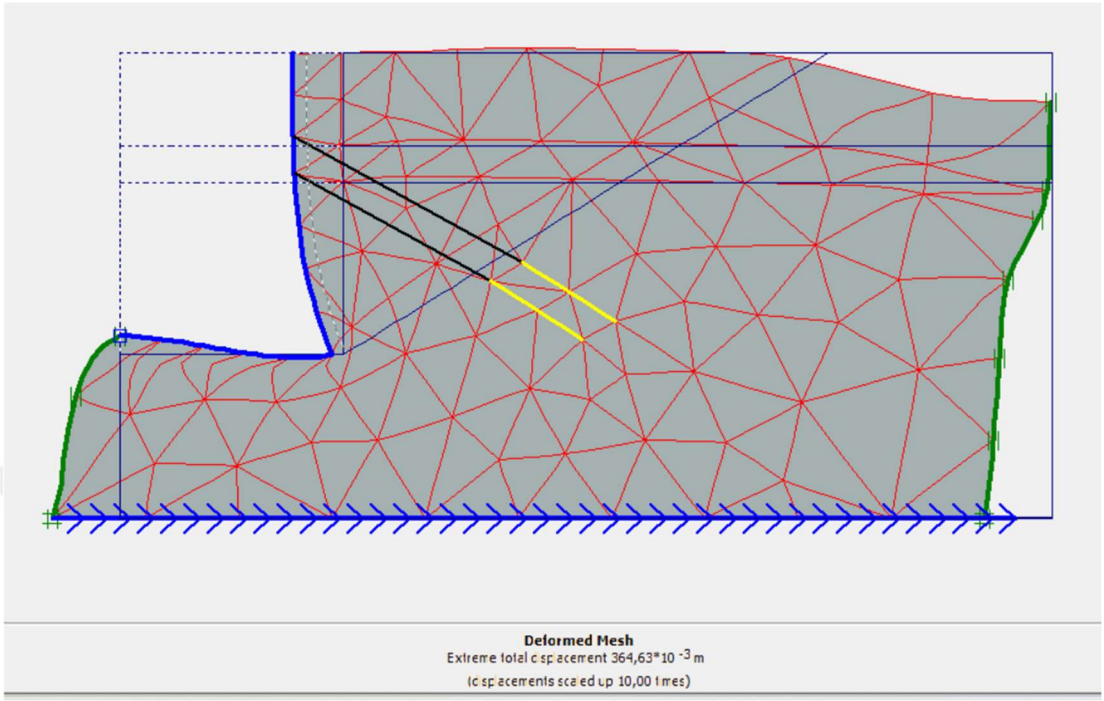
Şekil 7.288: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



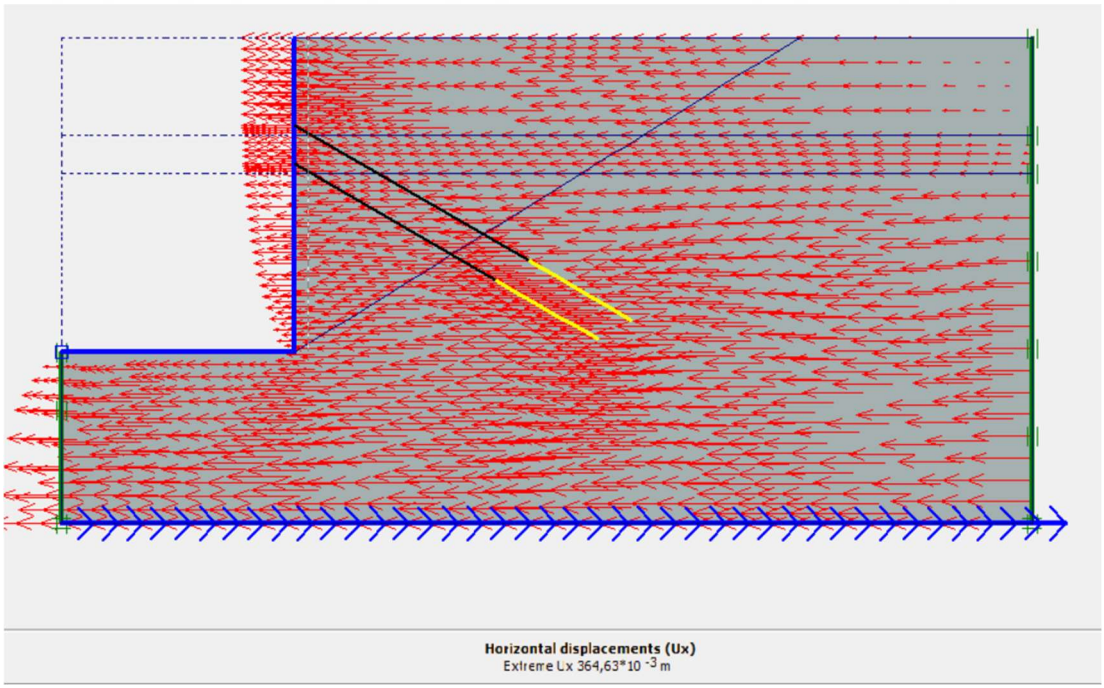
Şekil 7.289: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



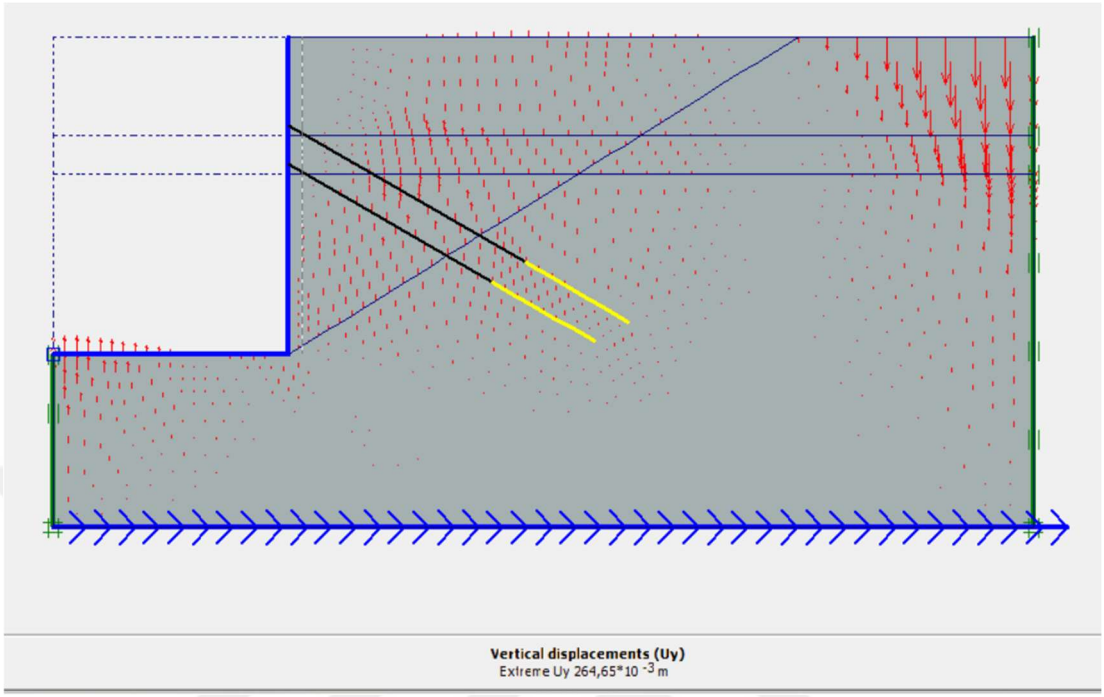
Şekil 7.290: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



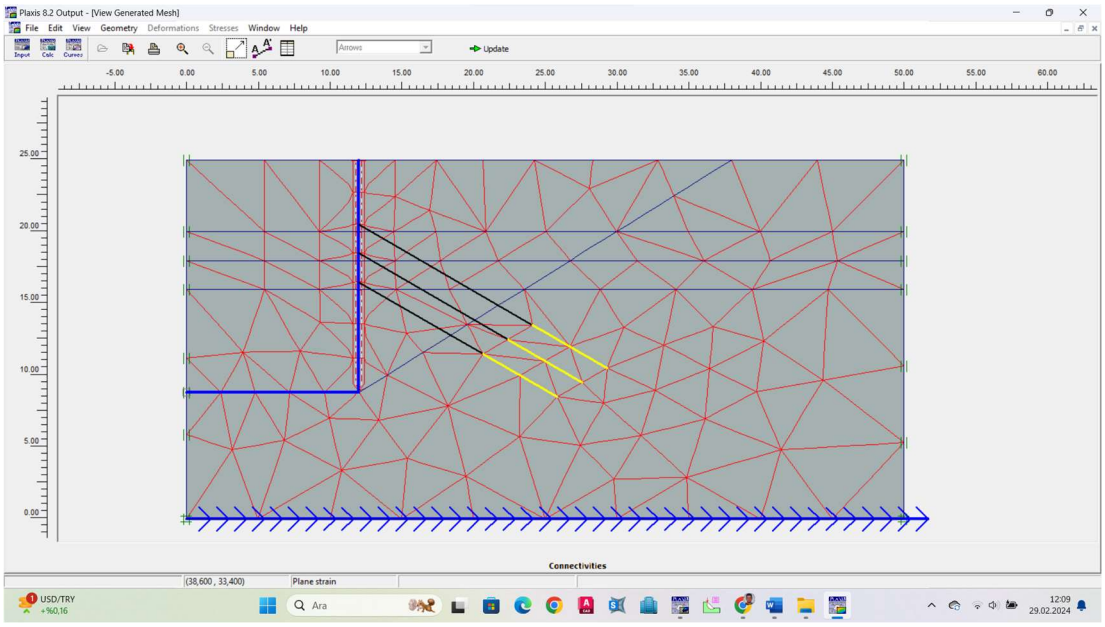
Şekil 7.291: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



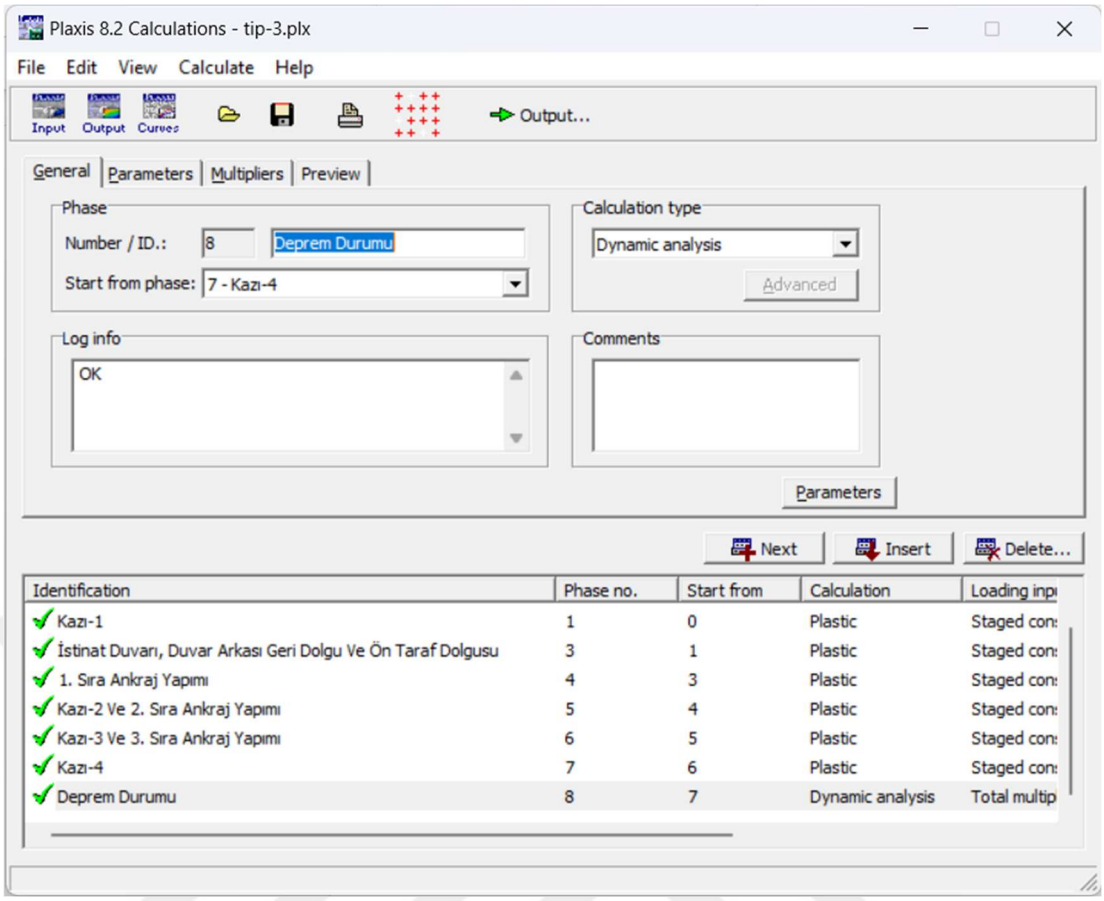
Şekil 7.292: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



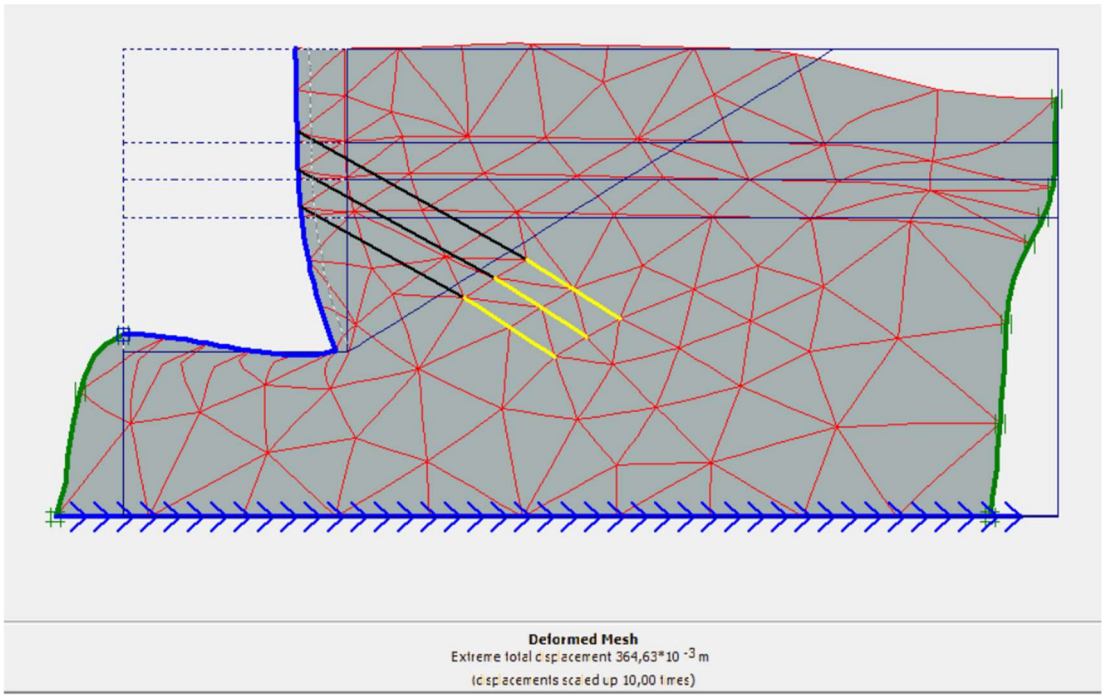
Şekil 7.293: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



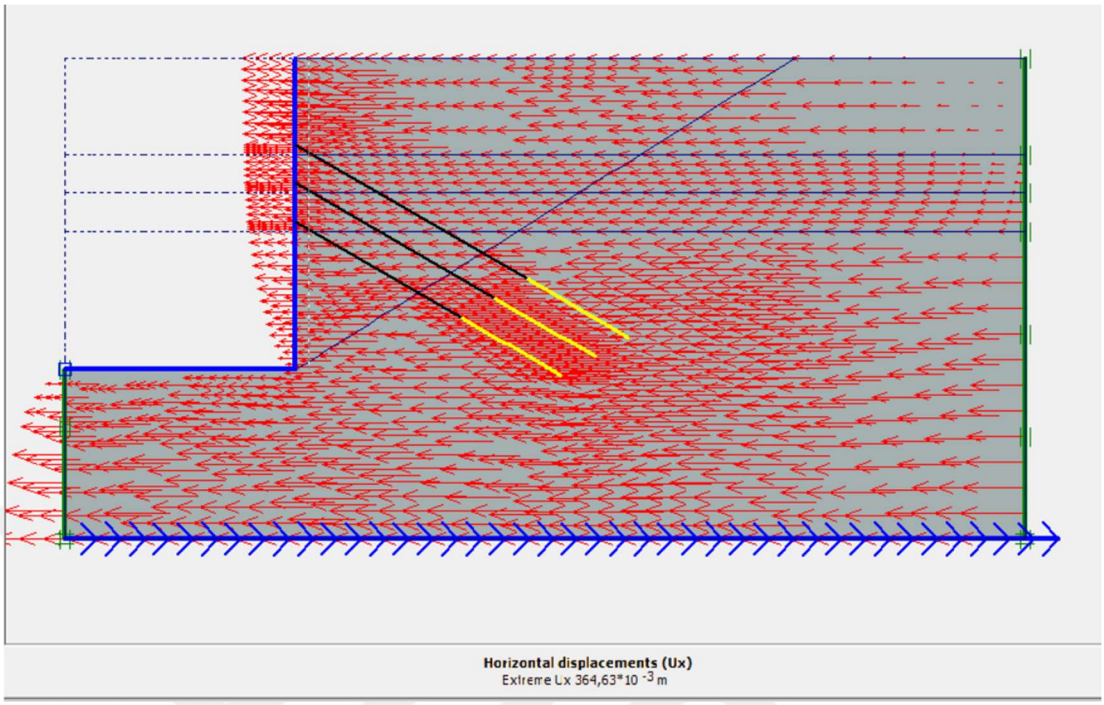
Şekil 7.294: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



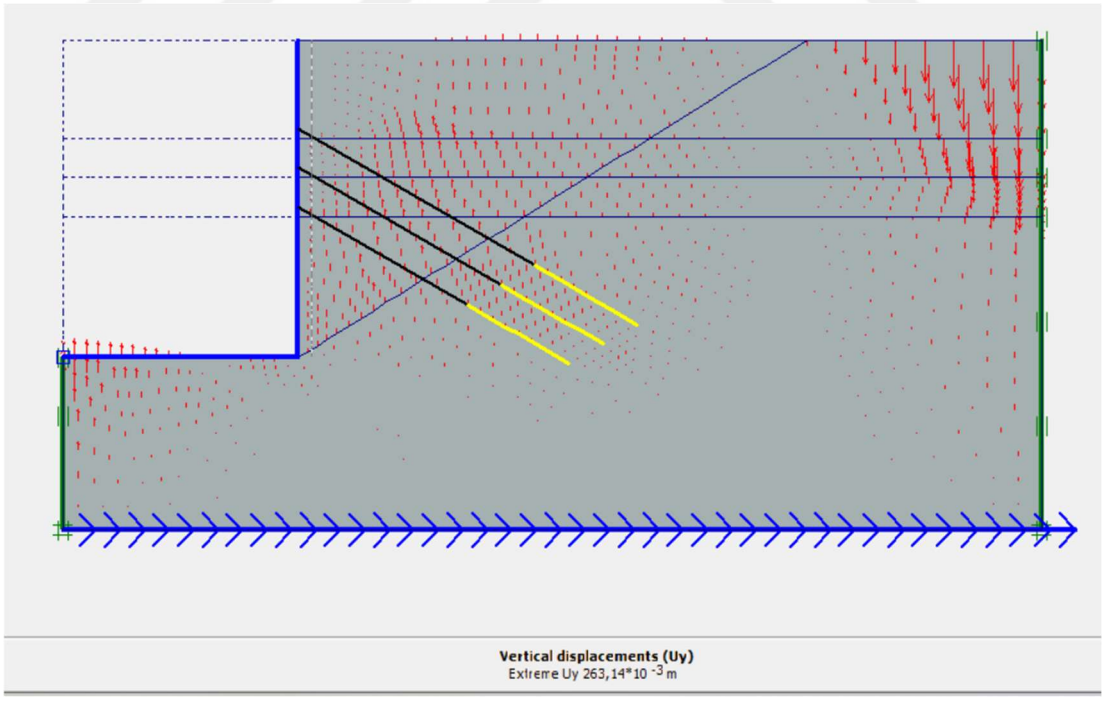
Şekil 7.295: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.296: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

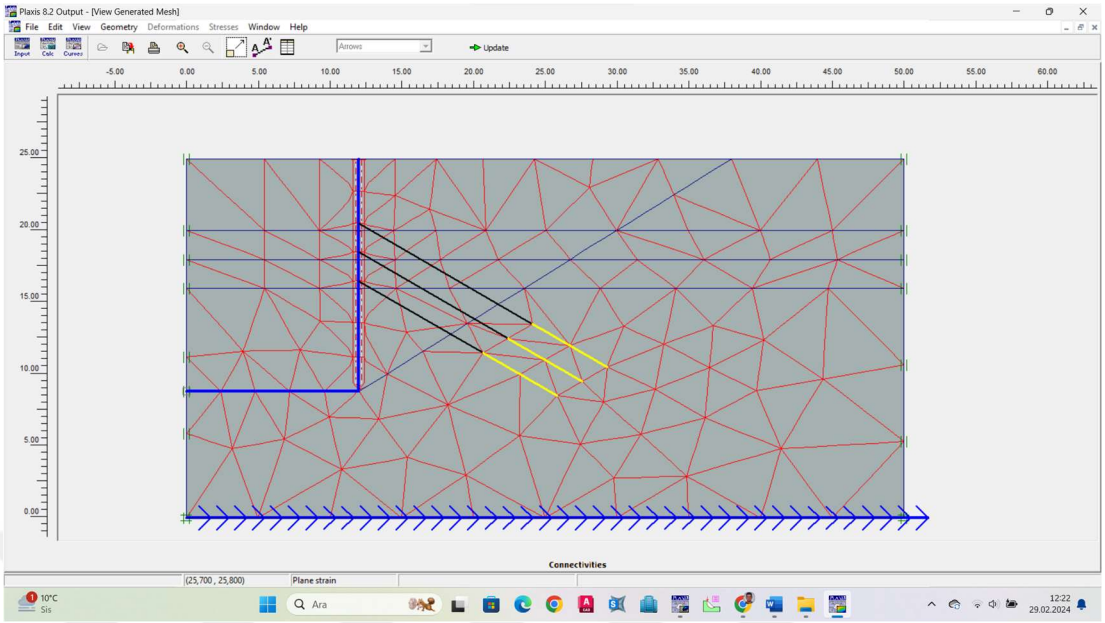


Şekil 7.297: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

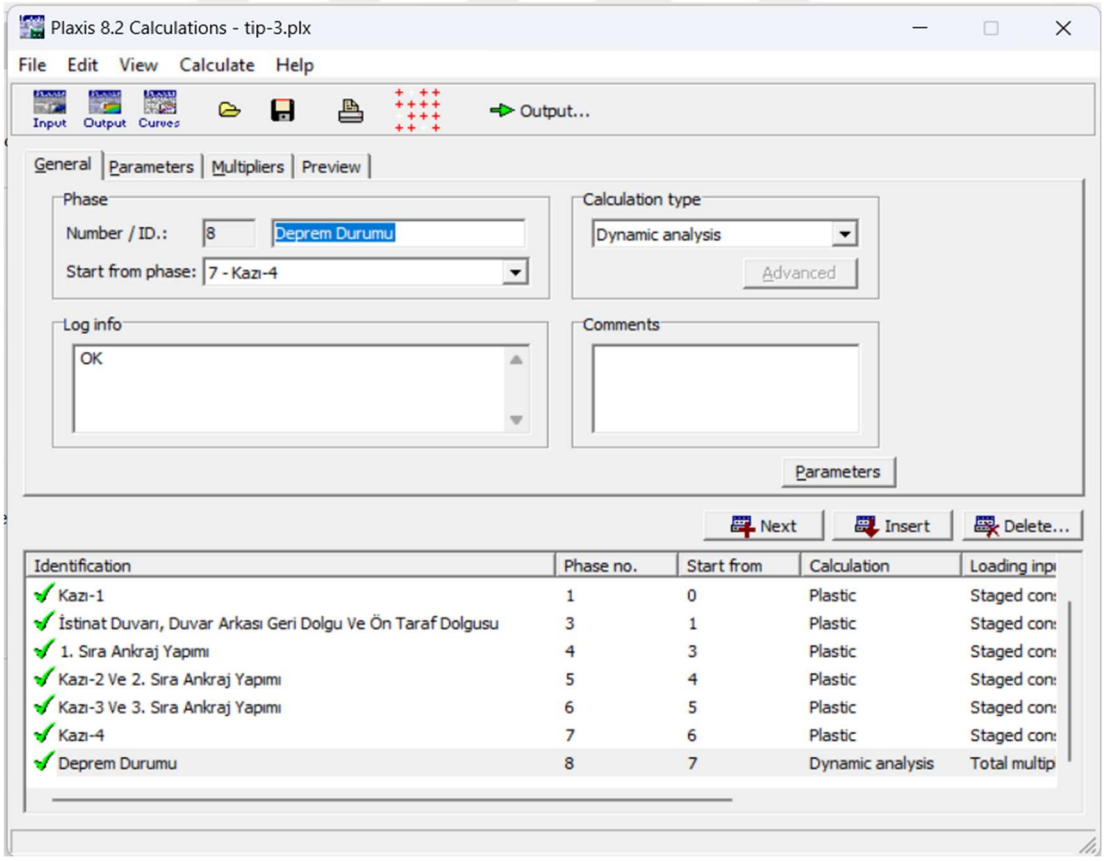


Şekil 7.298: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

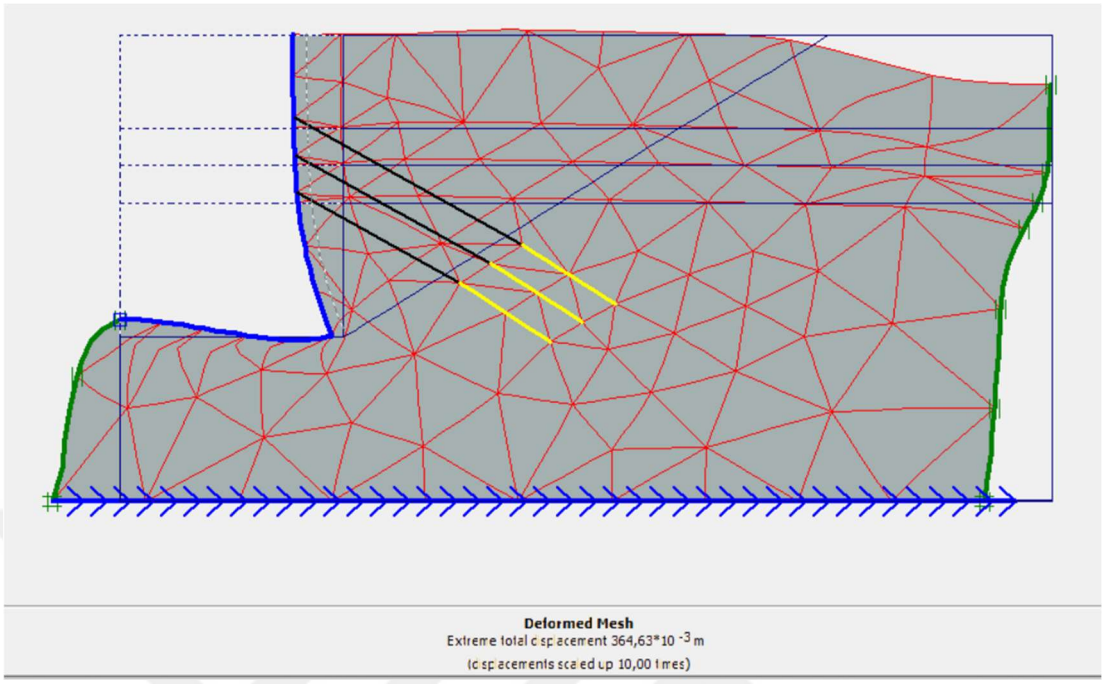
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



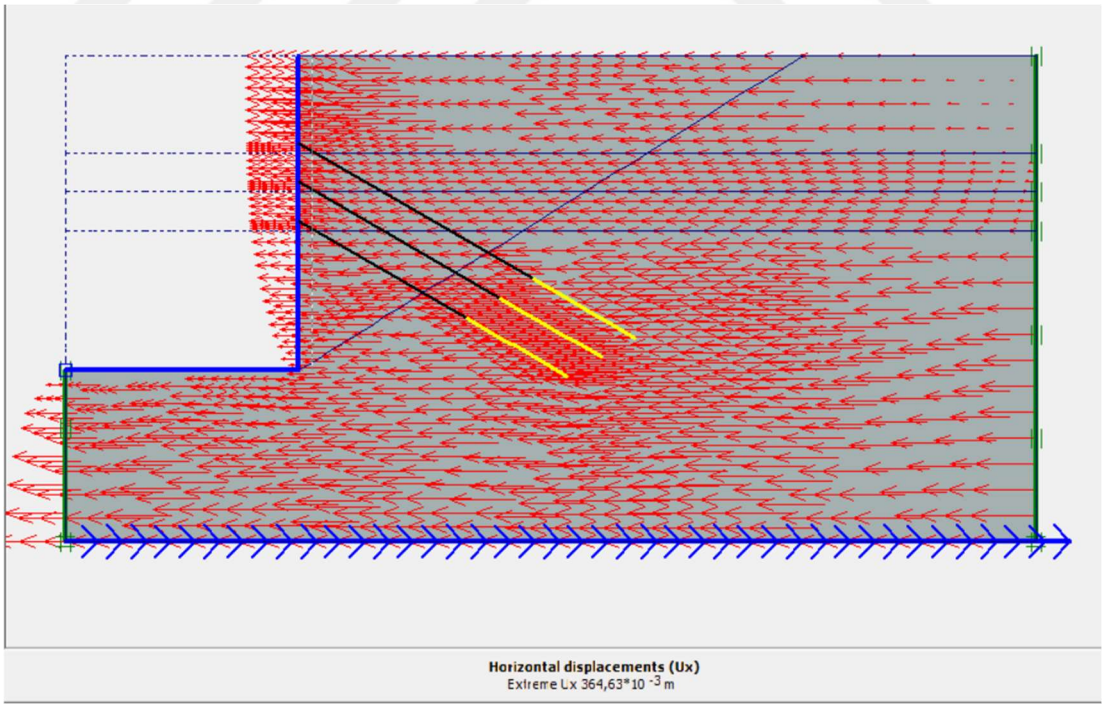
Şekil 7.299: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



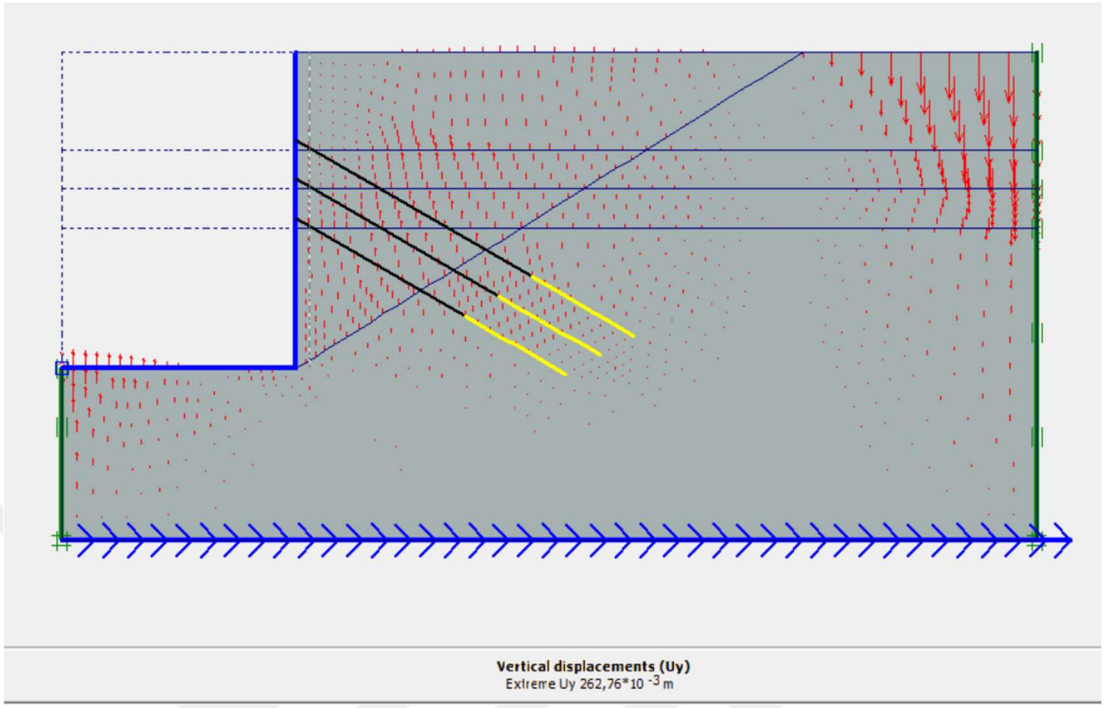
Şekil 7.300: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.301: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

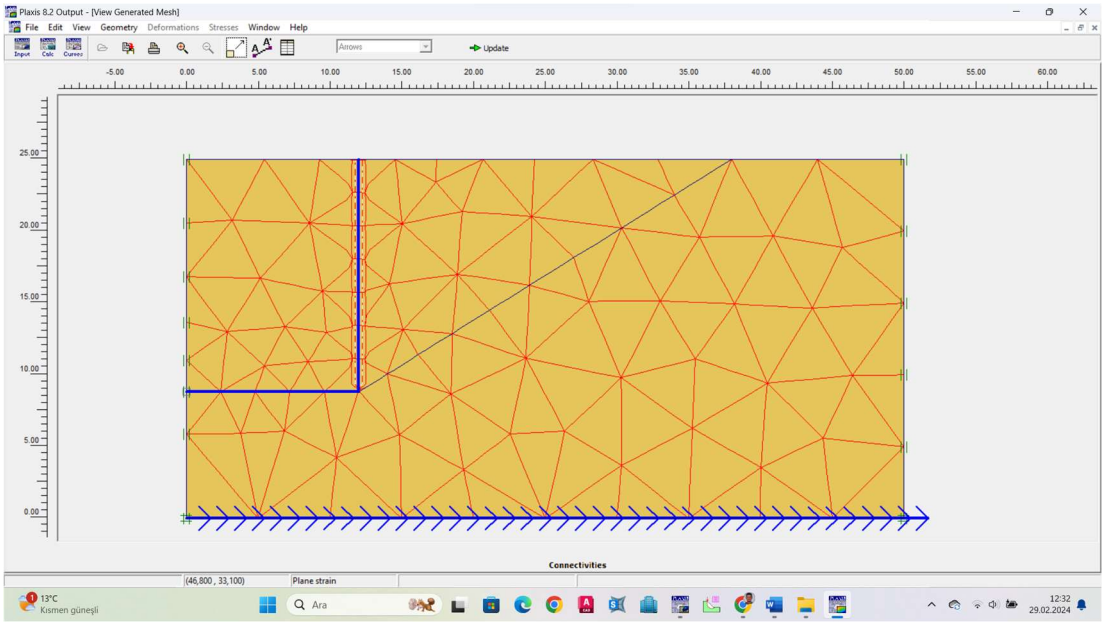


Şekil 7.302: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

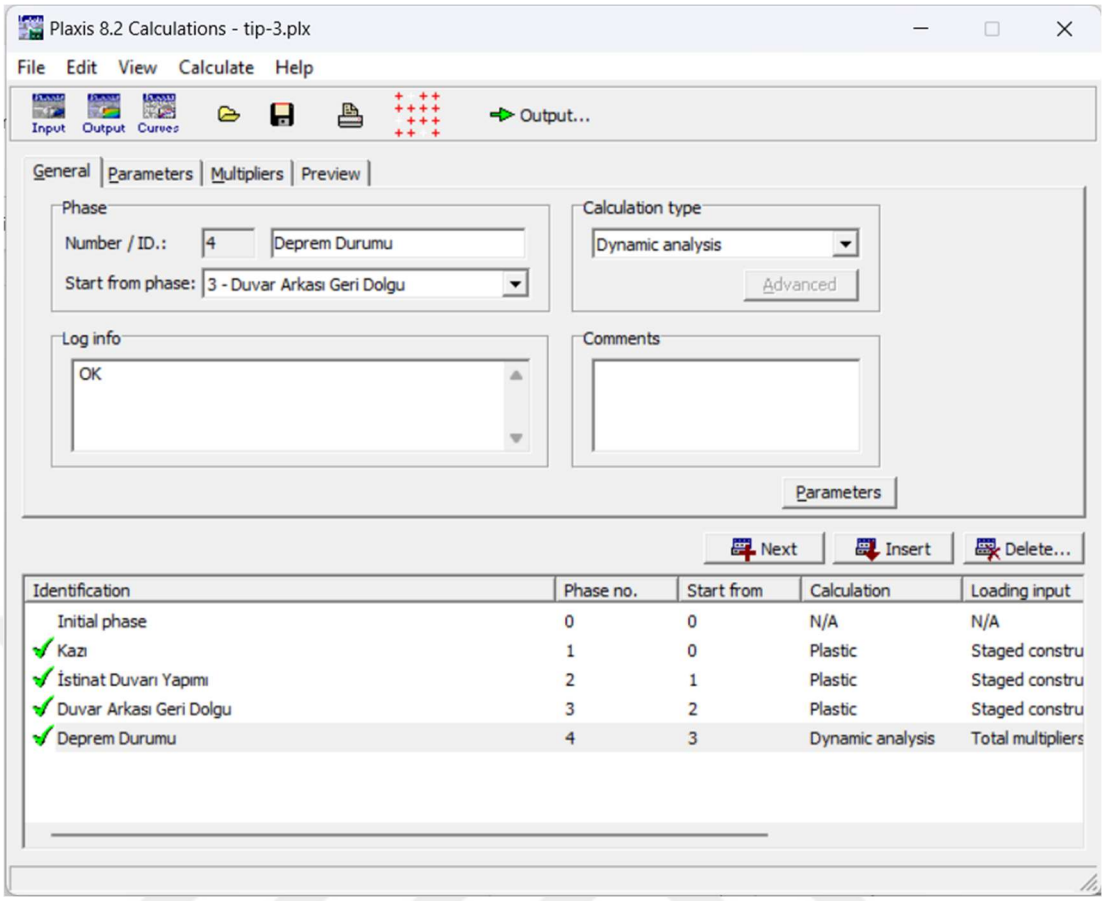


Şekil 7.303: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

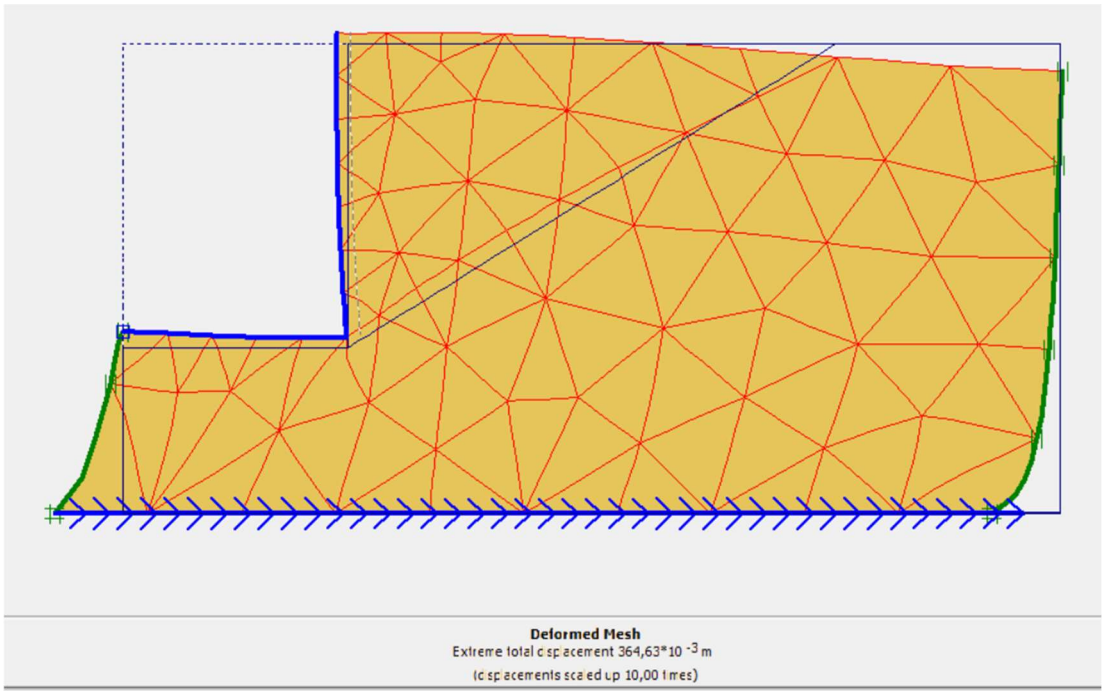
Ankrajsız killi zemin durumunda;



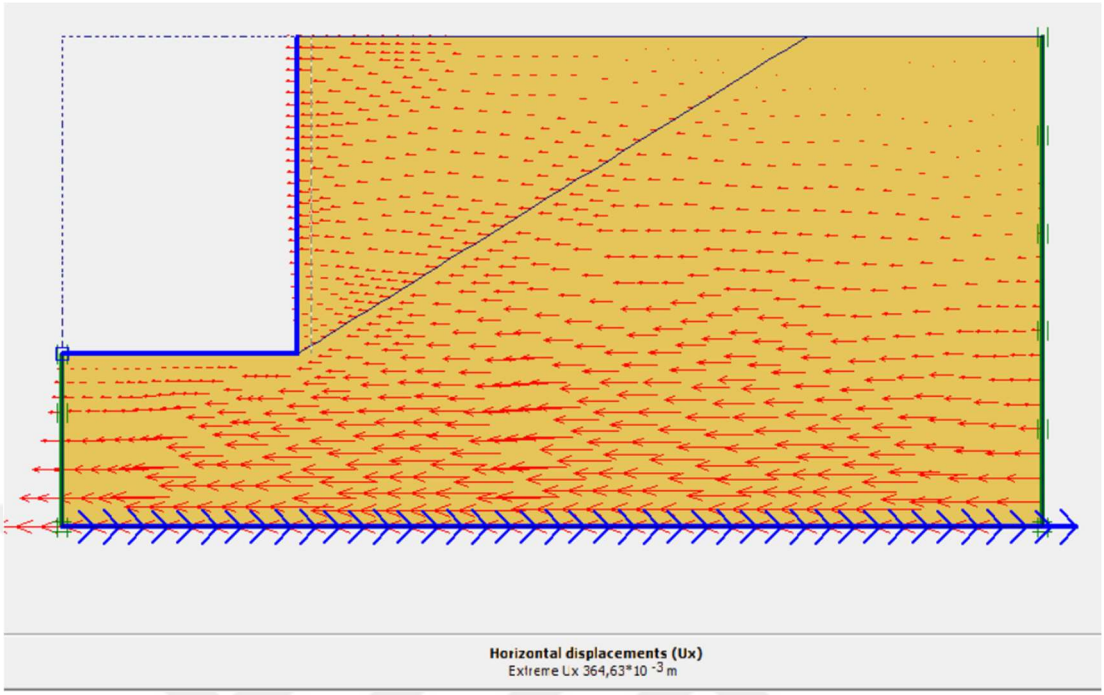
Şekil 7.304: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



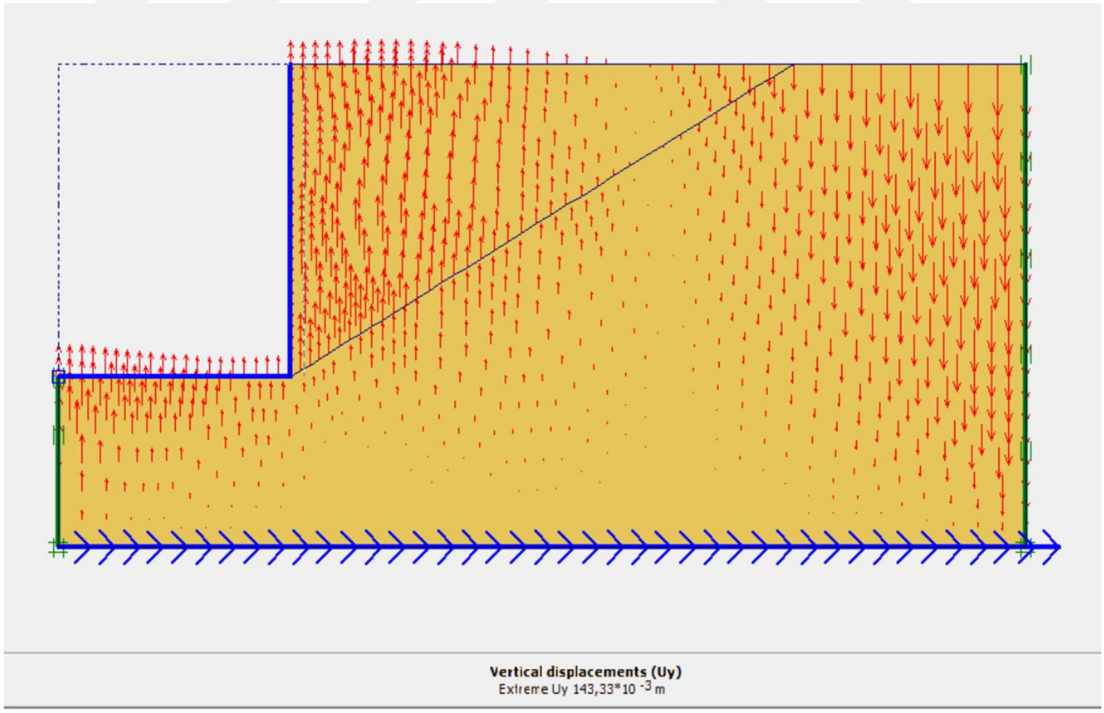
Şekil 7.305: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.306: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



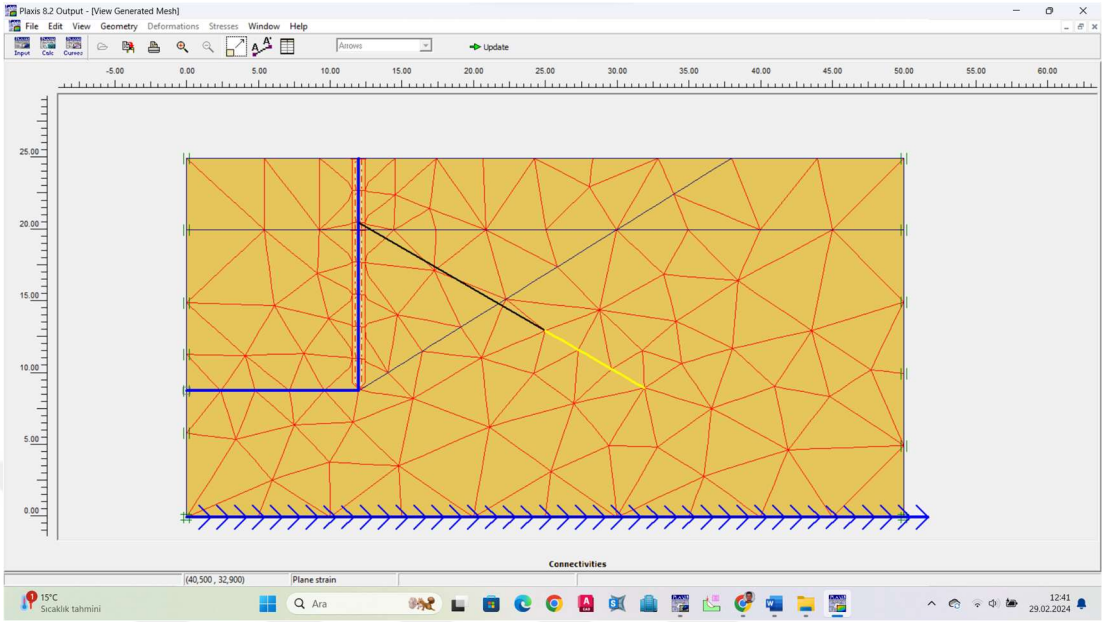
Şekil 7.307: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



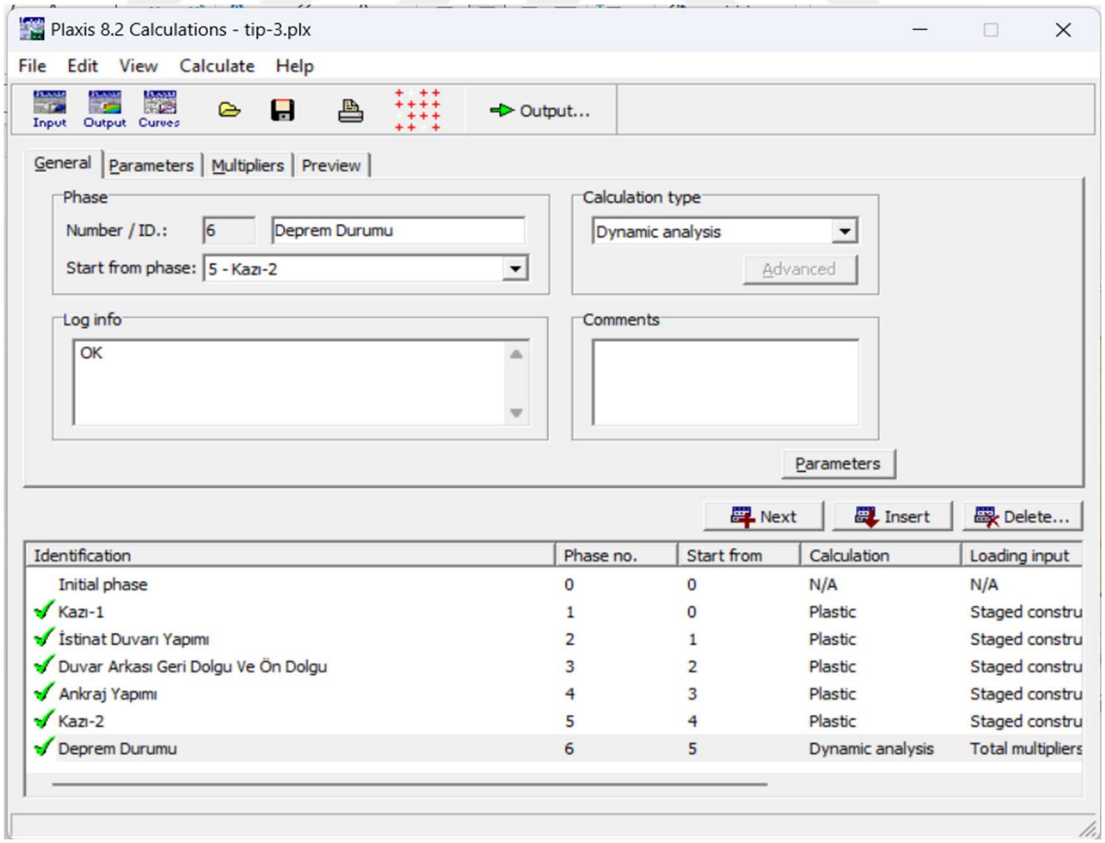
Şekil 7.308: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

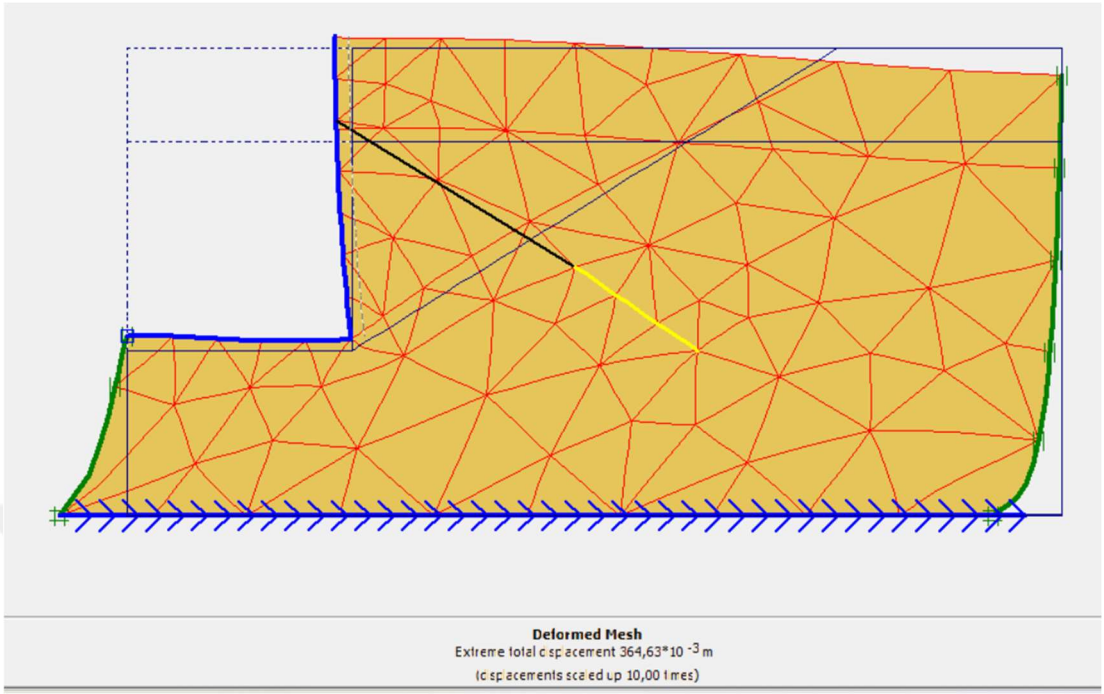
- Basit ankraj durumunda;



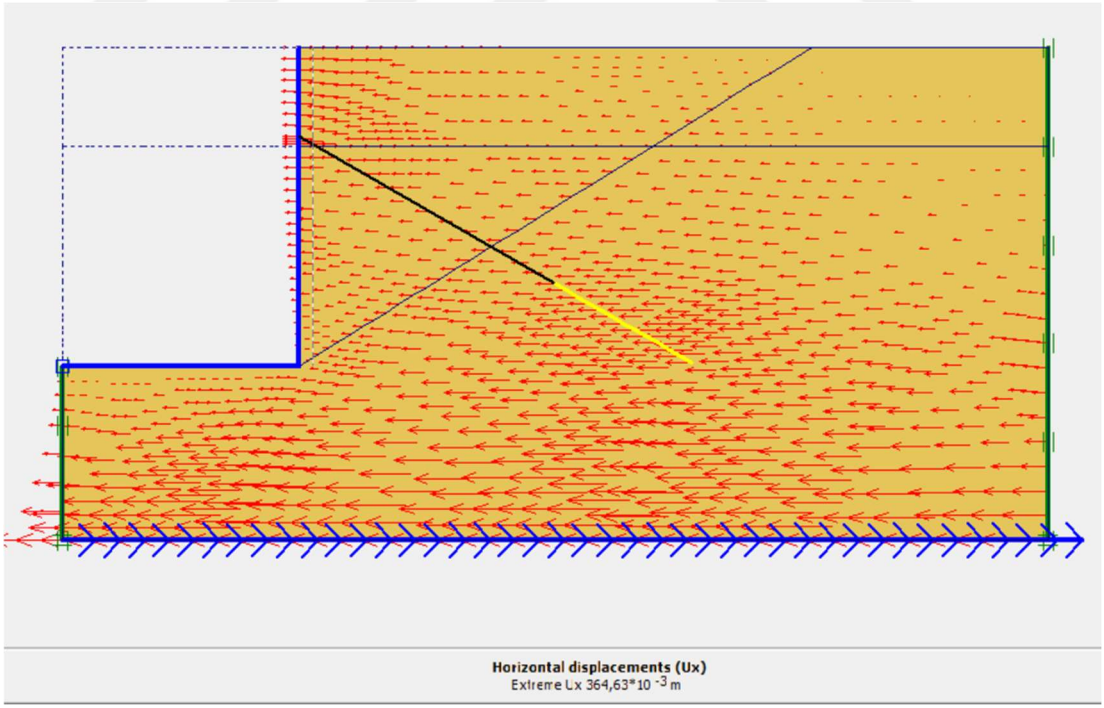
Şekil 7.309: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



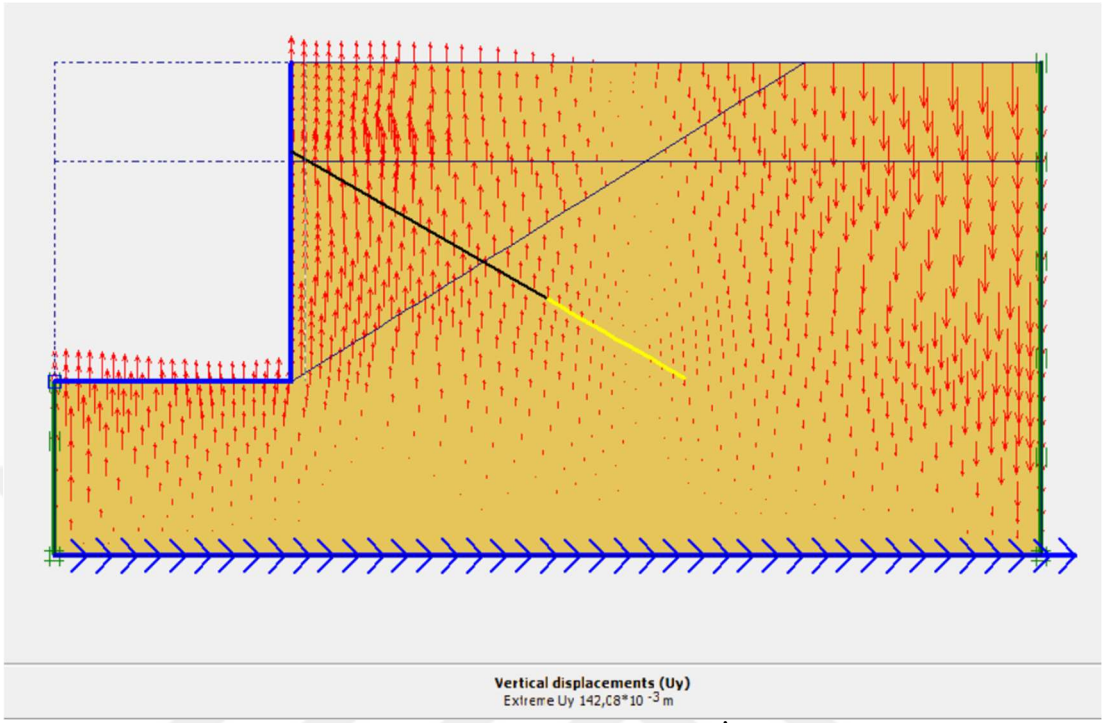
Şekil 7.310: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



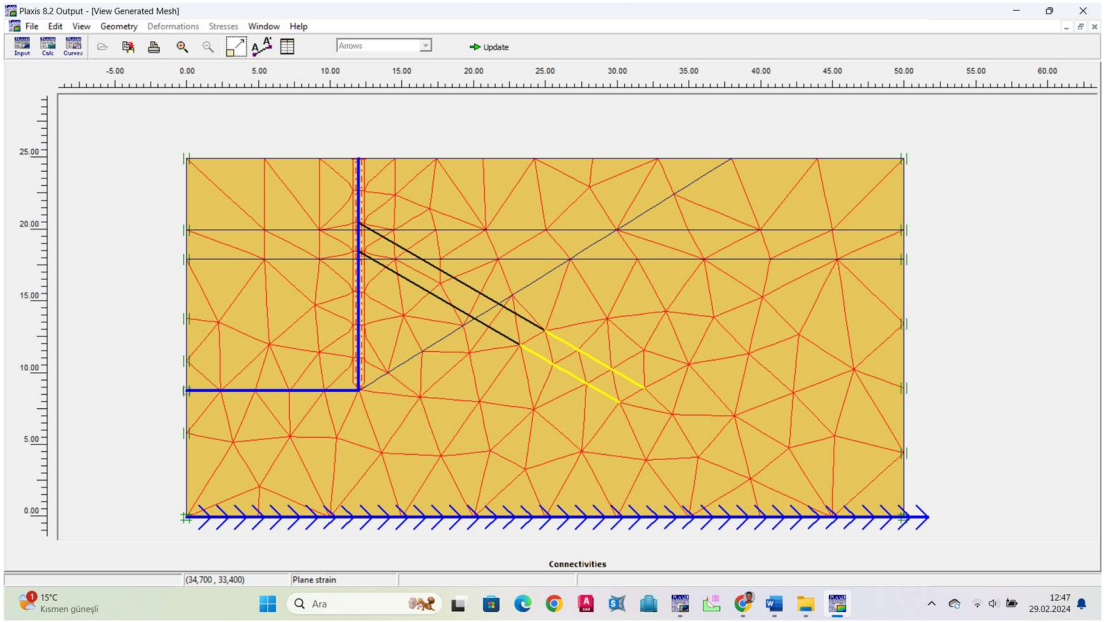
Şekil 7.311: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



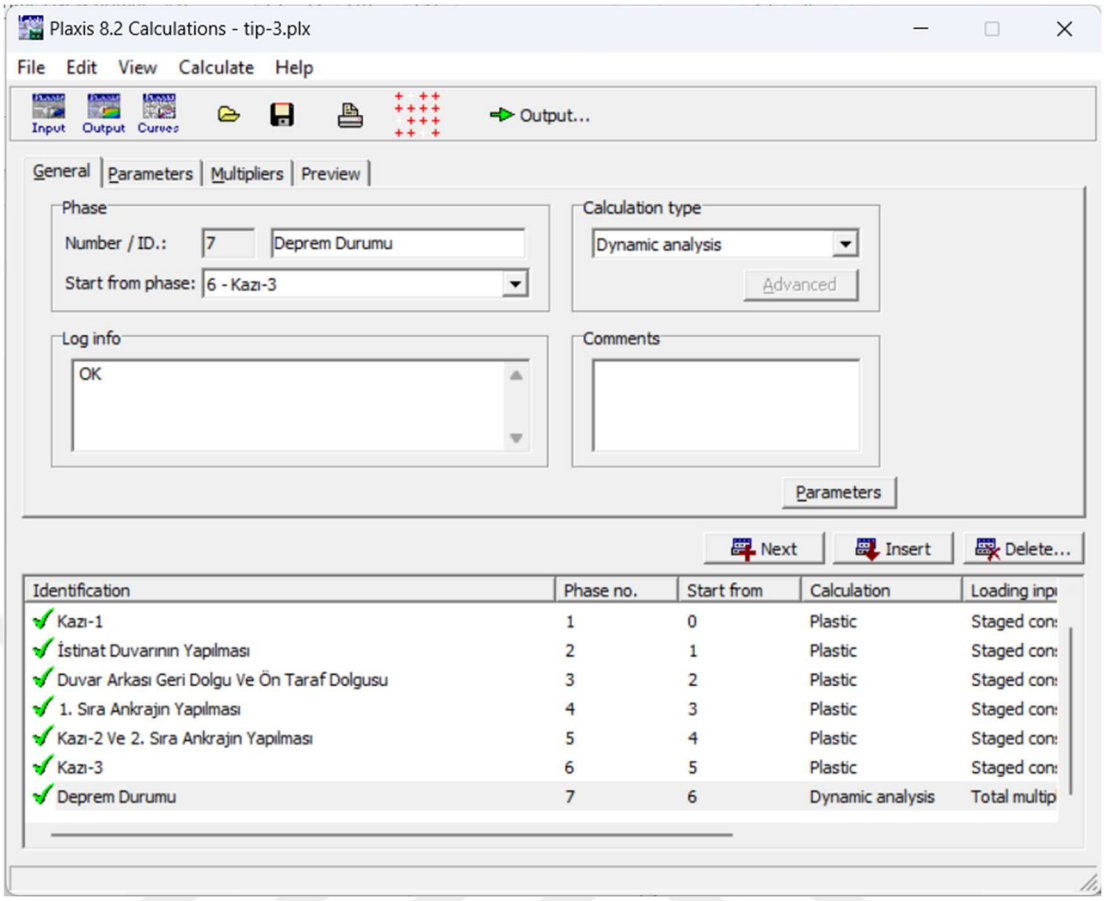
Şekil 7.312: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



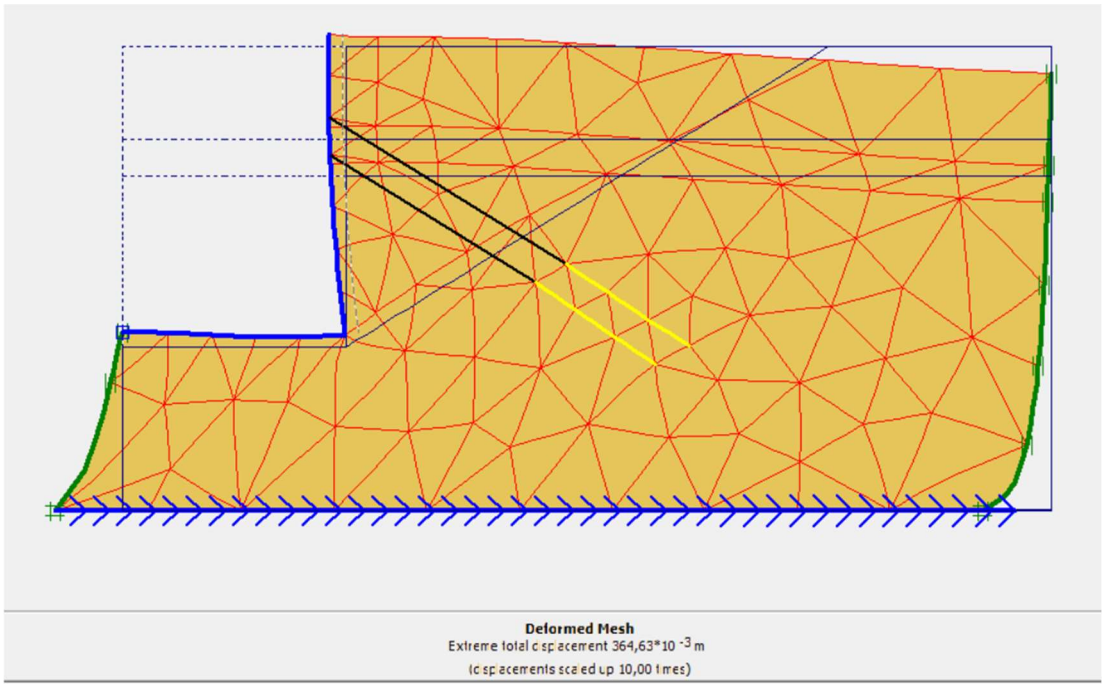
Şekil 7.313: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



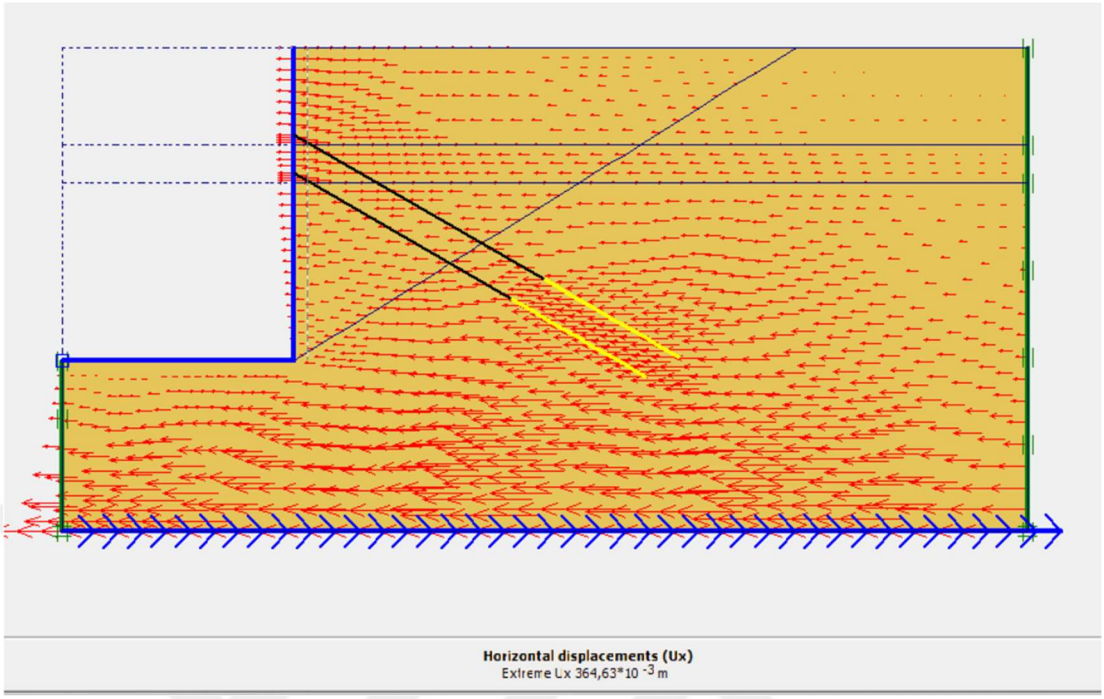
Şekil 7.314: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



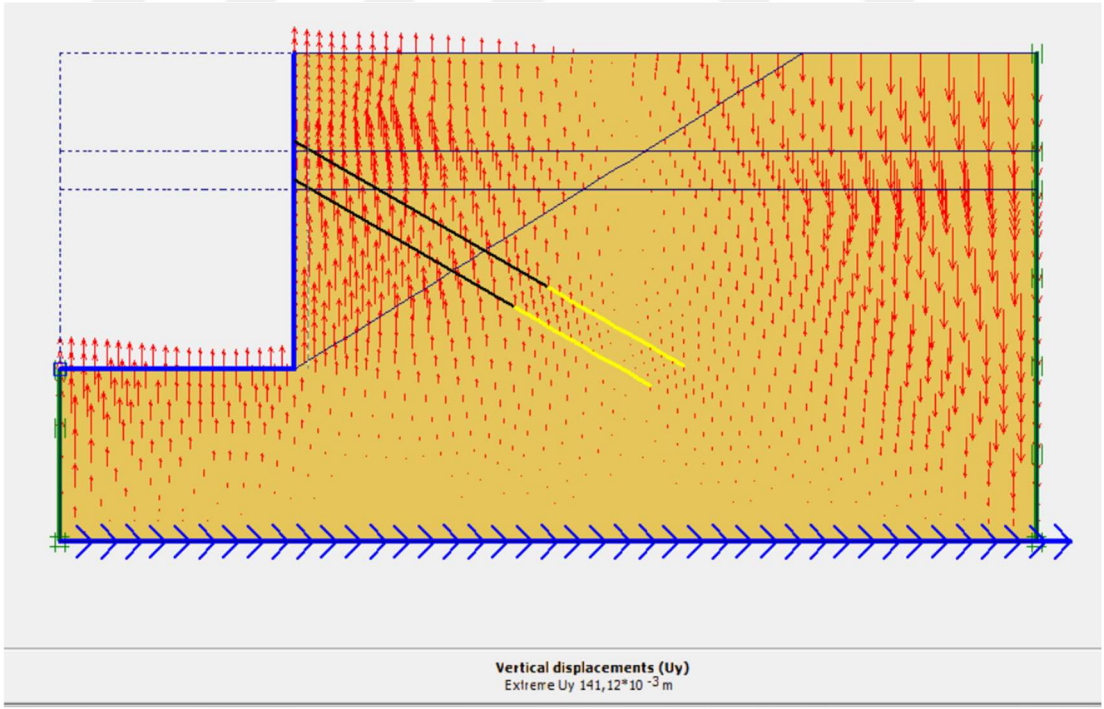
Şekil 7.315: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



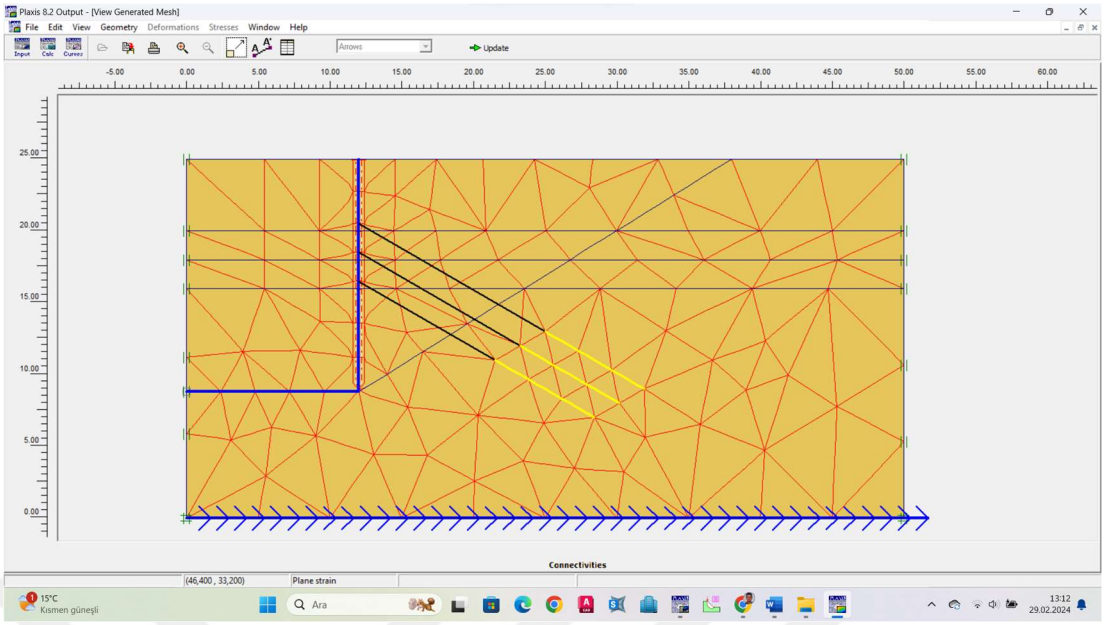
Şekil 7.316: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



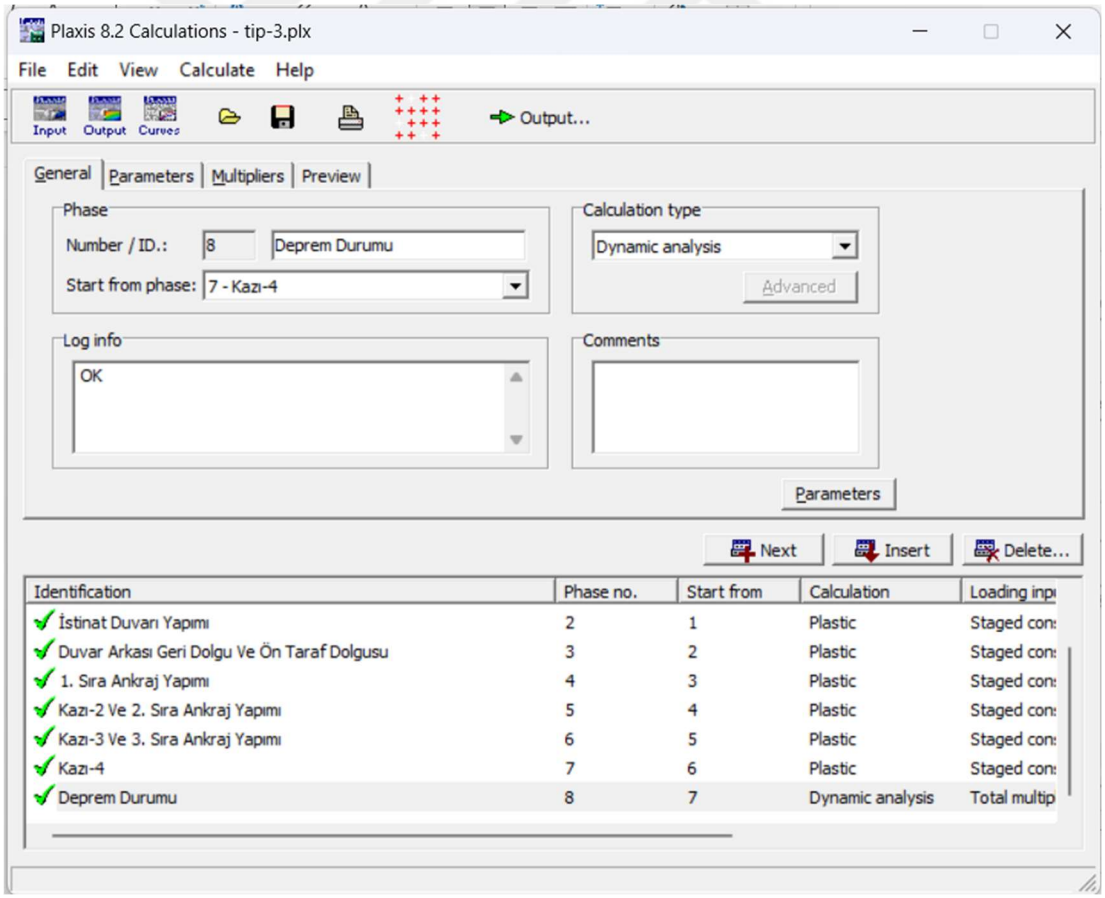
Şekil 7.317: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



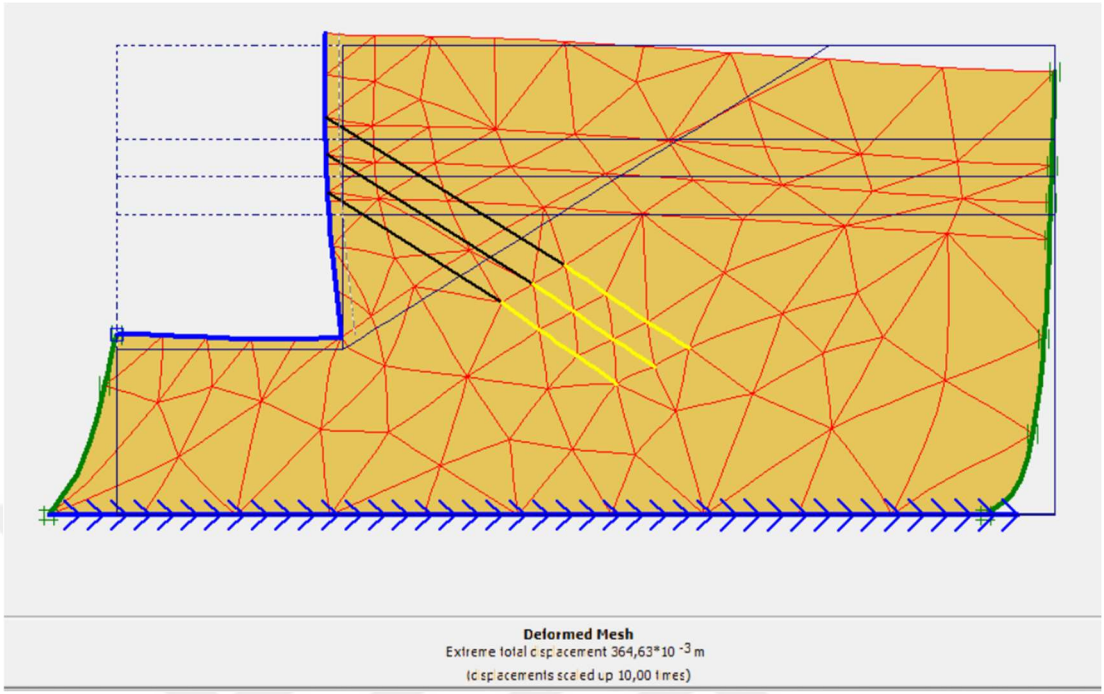
Şekil 7.318: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



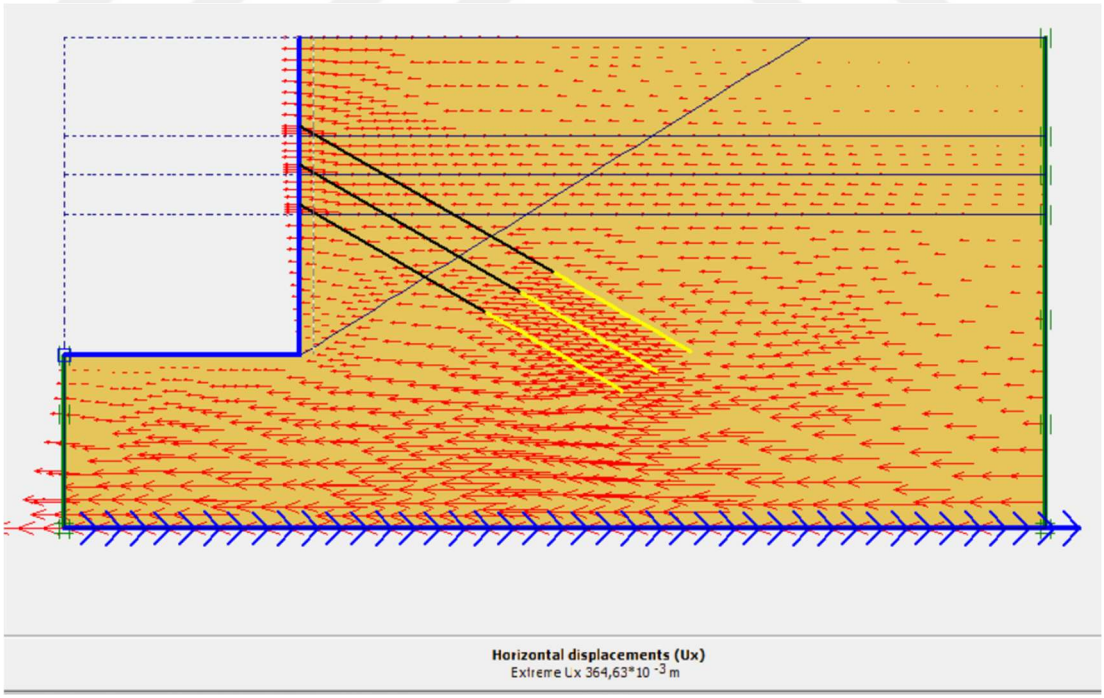
Şekil 7.319: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



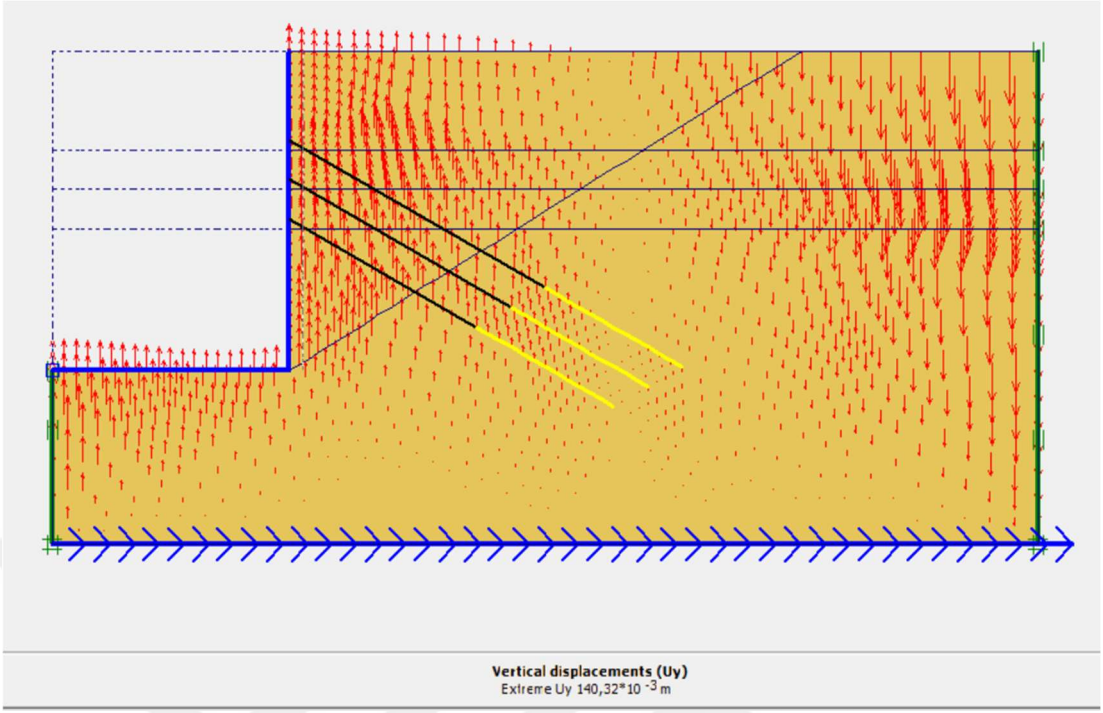
Şekil 7.320: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.321: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

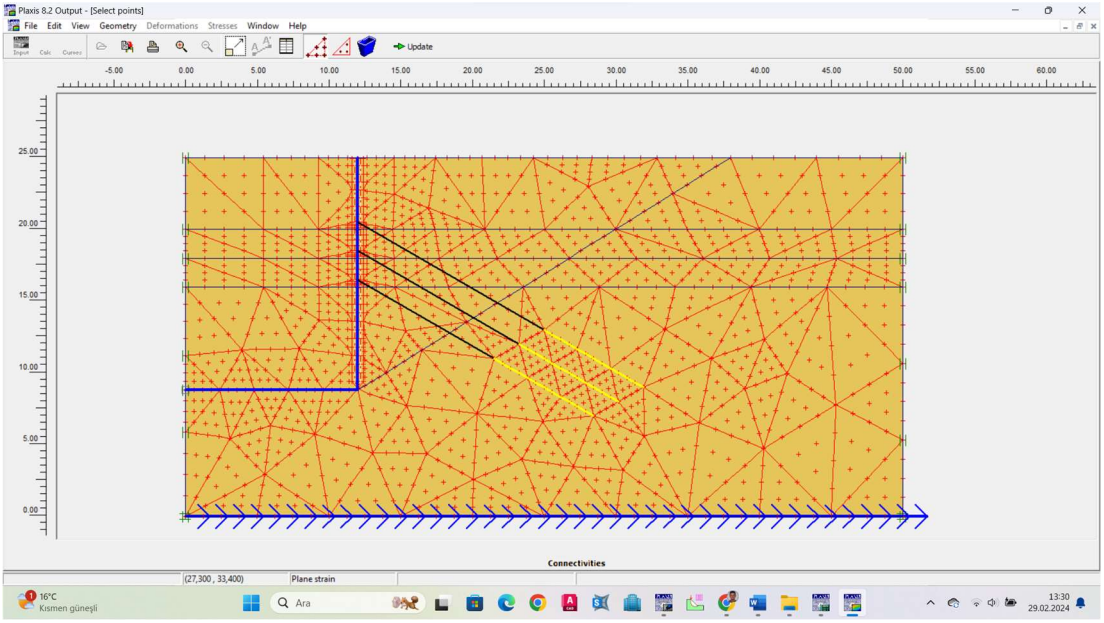


Şekil 7.322: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

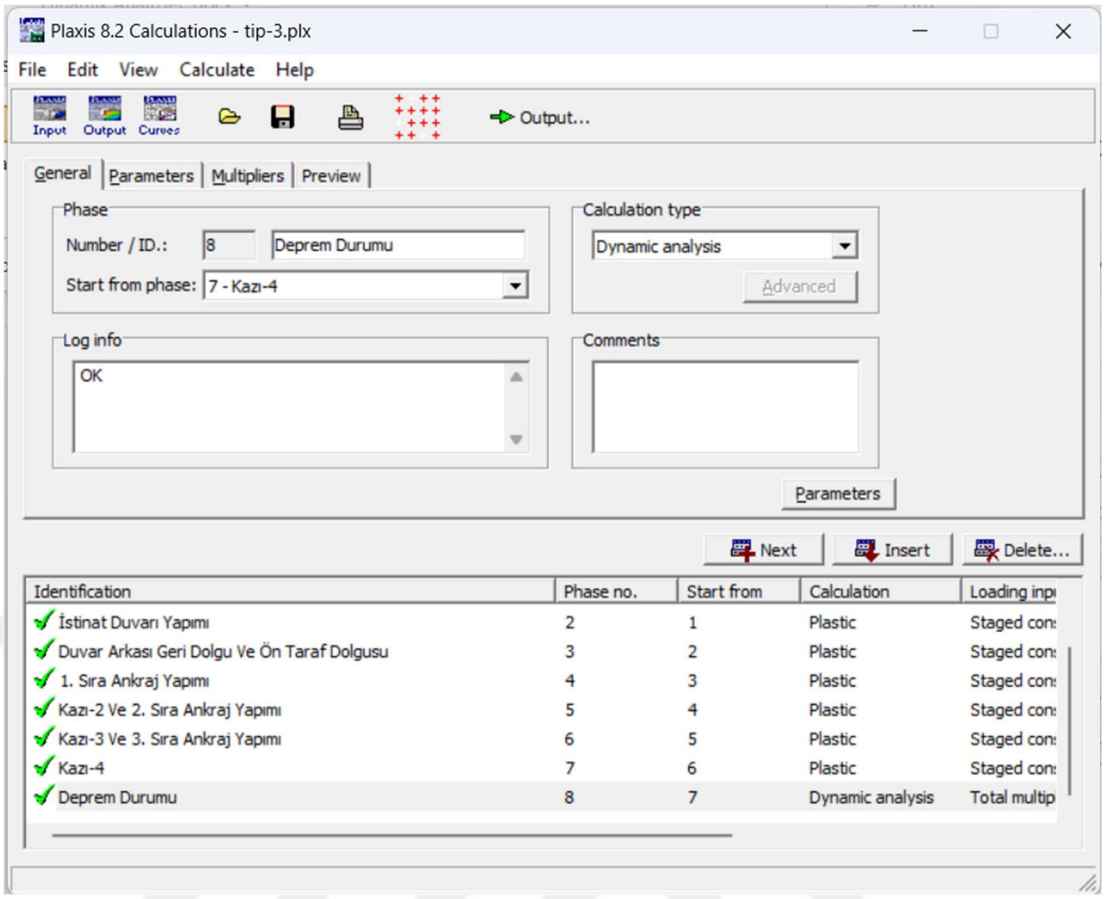


Şekil 7.323: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

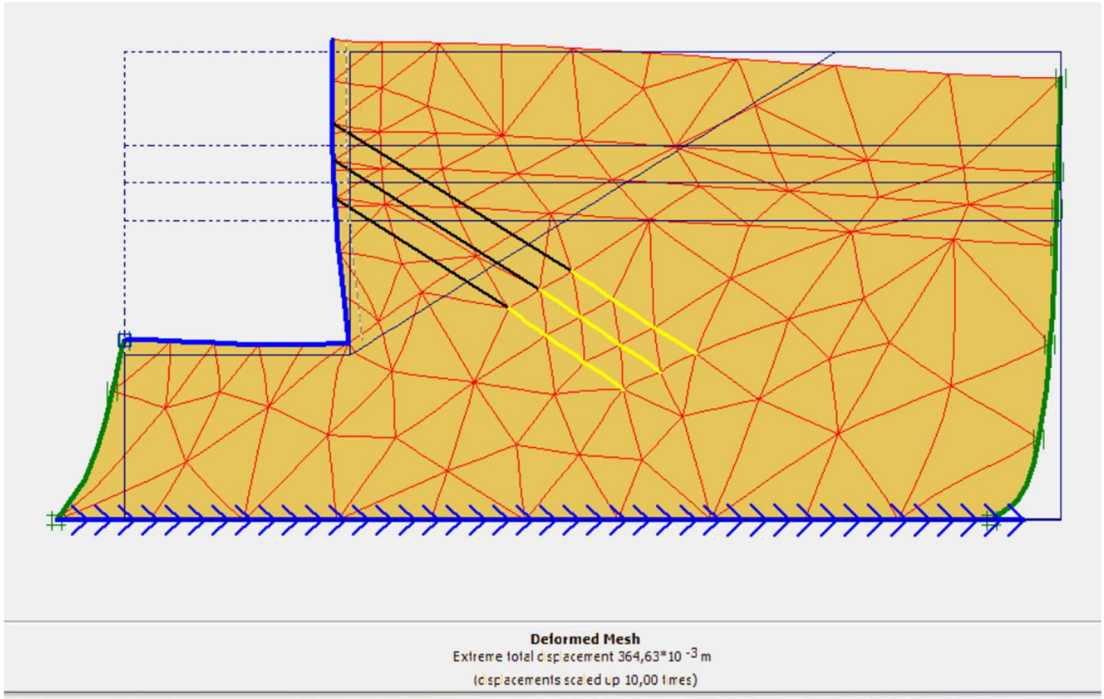
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



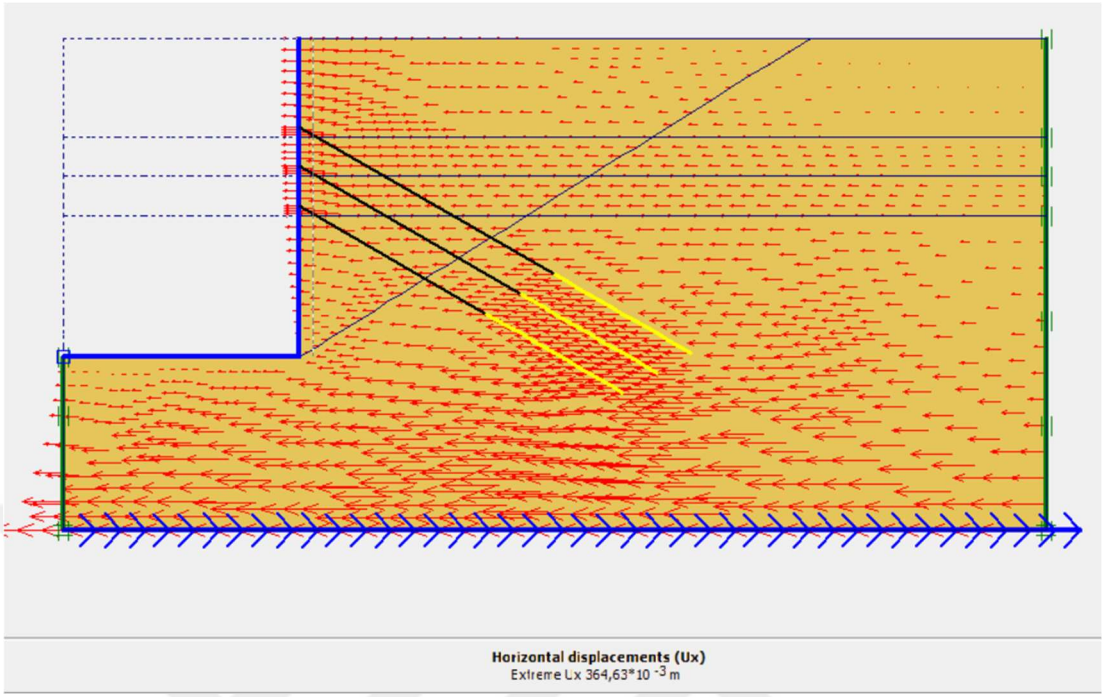
Şekil 7.324: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



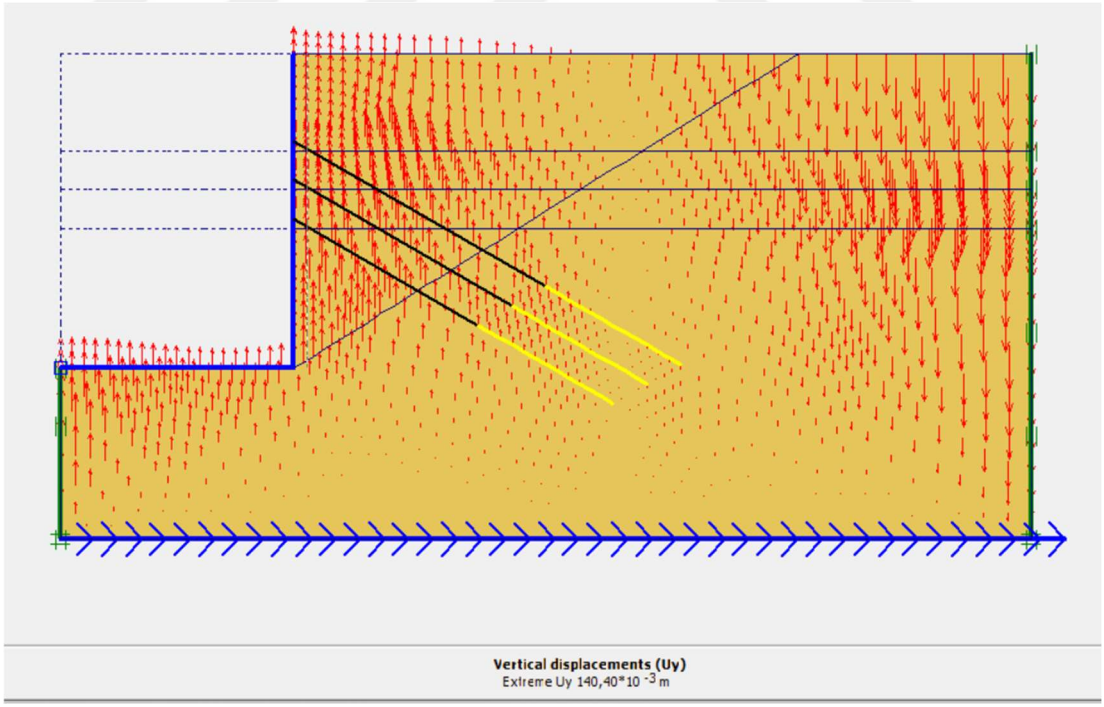
Şekil 7.325: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.326: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.327: Killi Zemin Etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

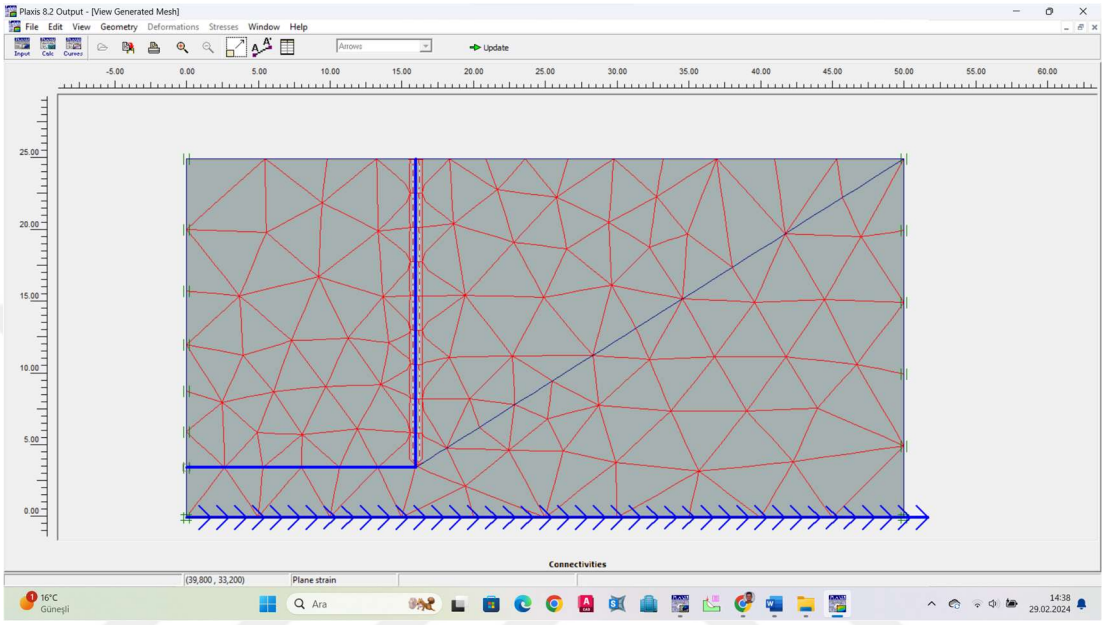


Şekil 7.328: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 3 sıra ankrajlı TİP-3 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

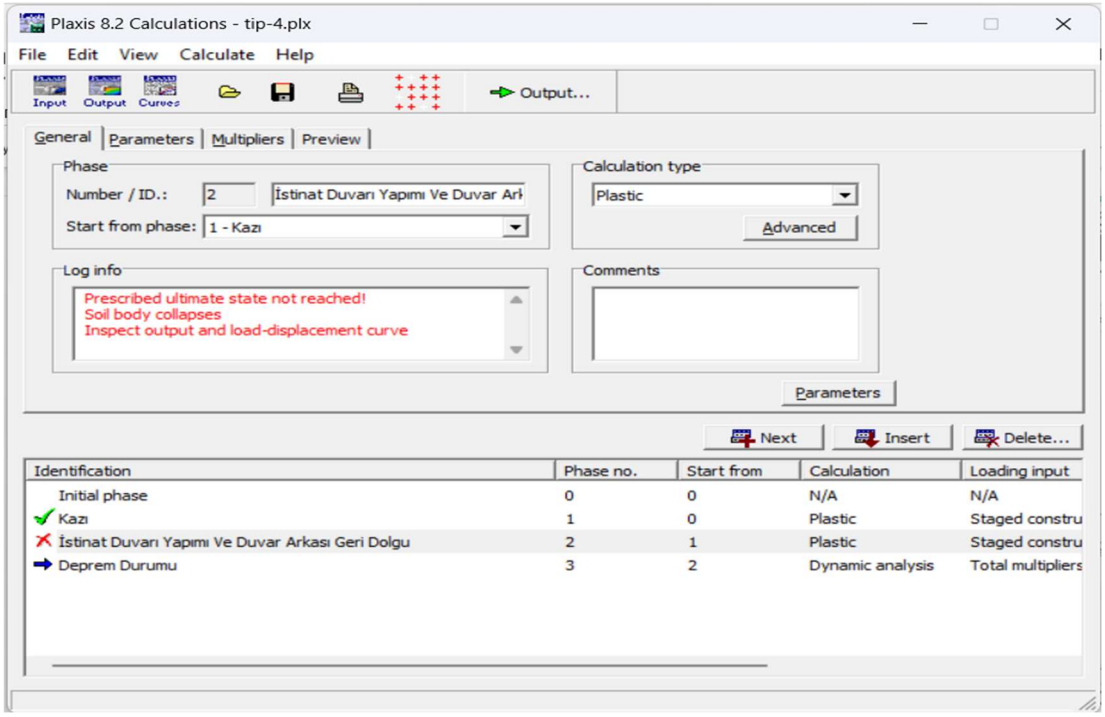
7.1.2.4 TİP-4 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

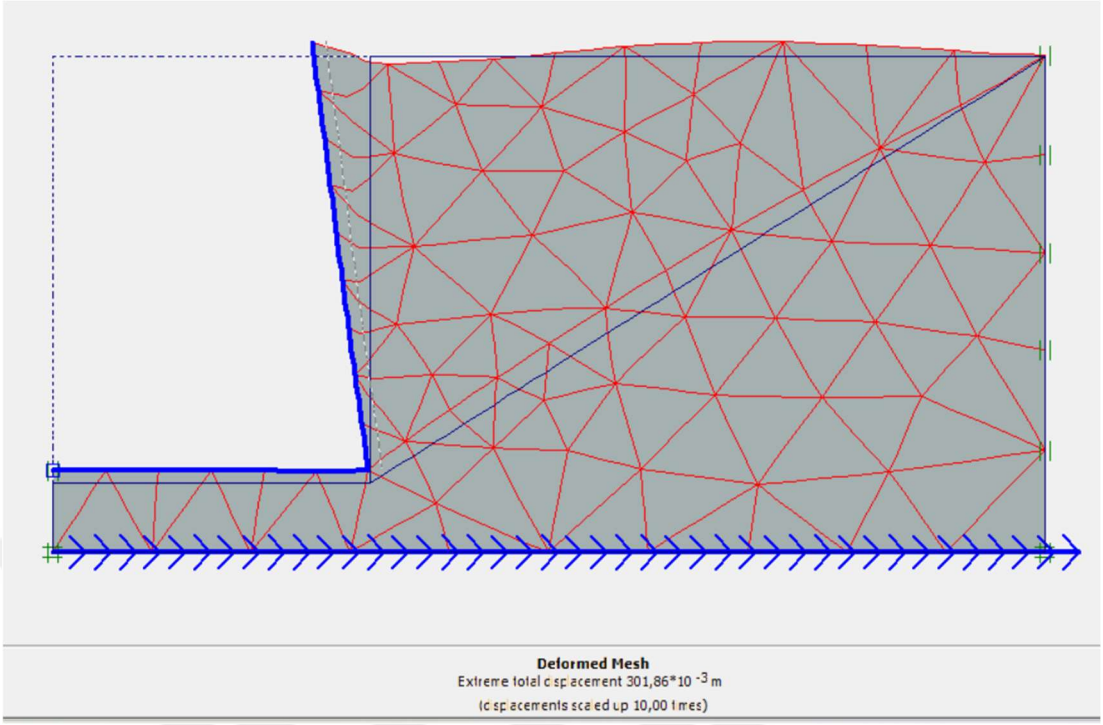
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



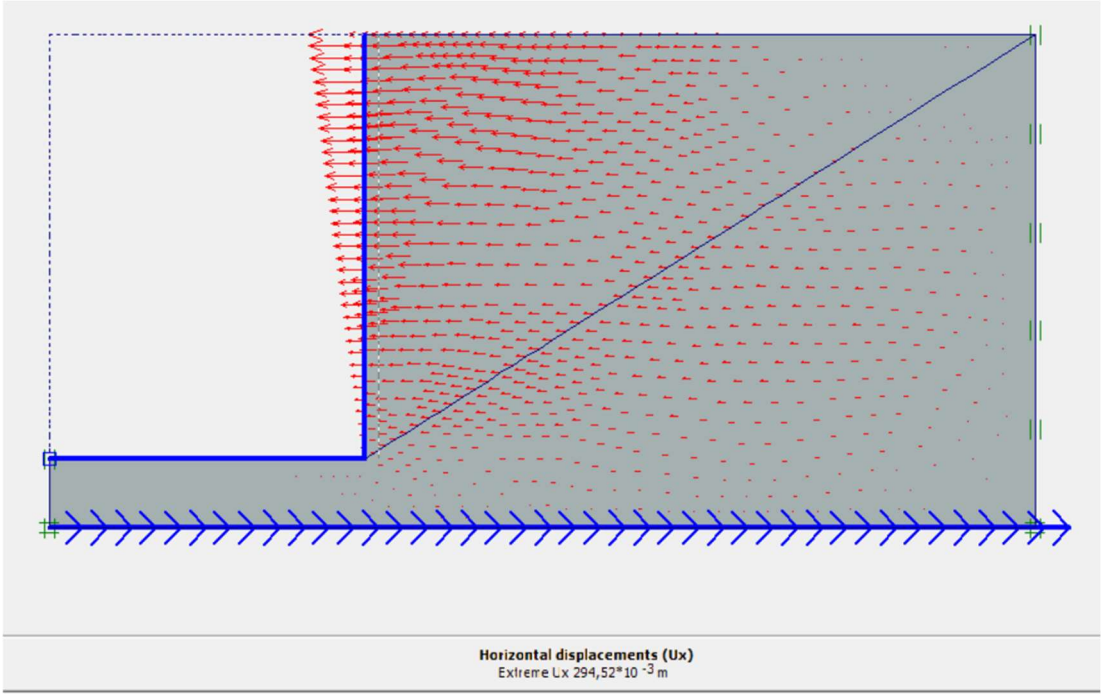
Şekil 7.329: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



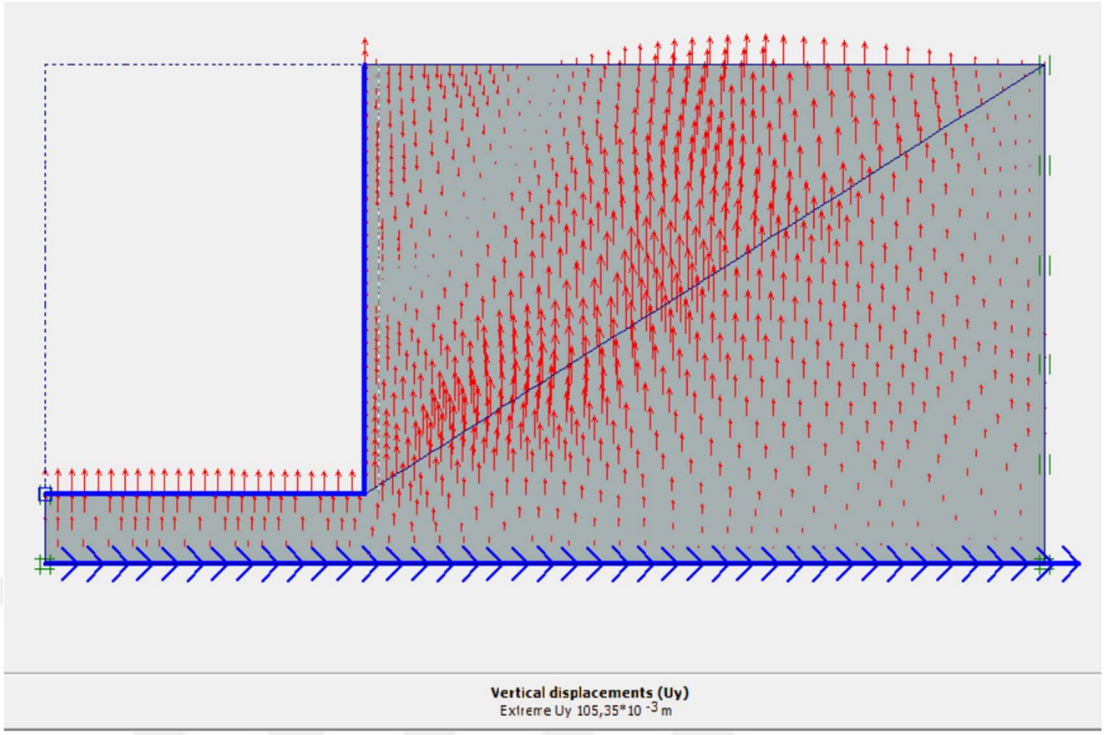
Şekil 7.330: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvensiz olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.331: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



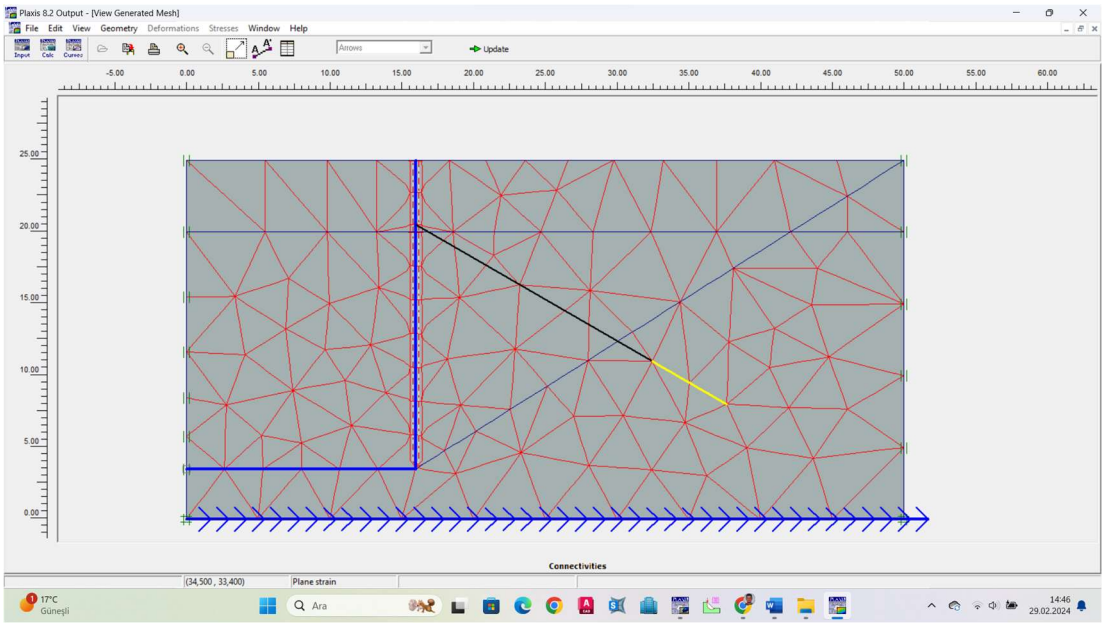
Şekil 7.332: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



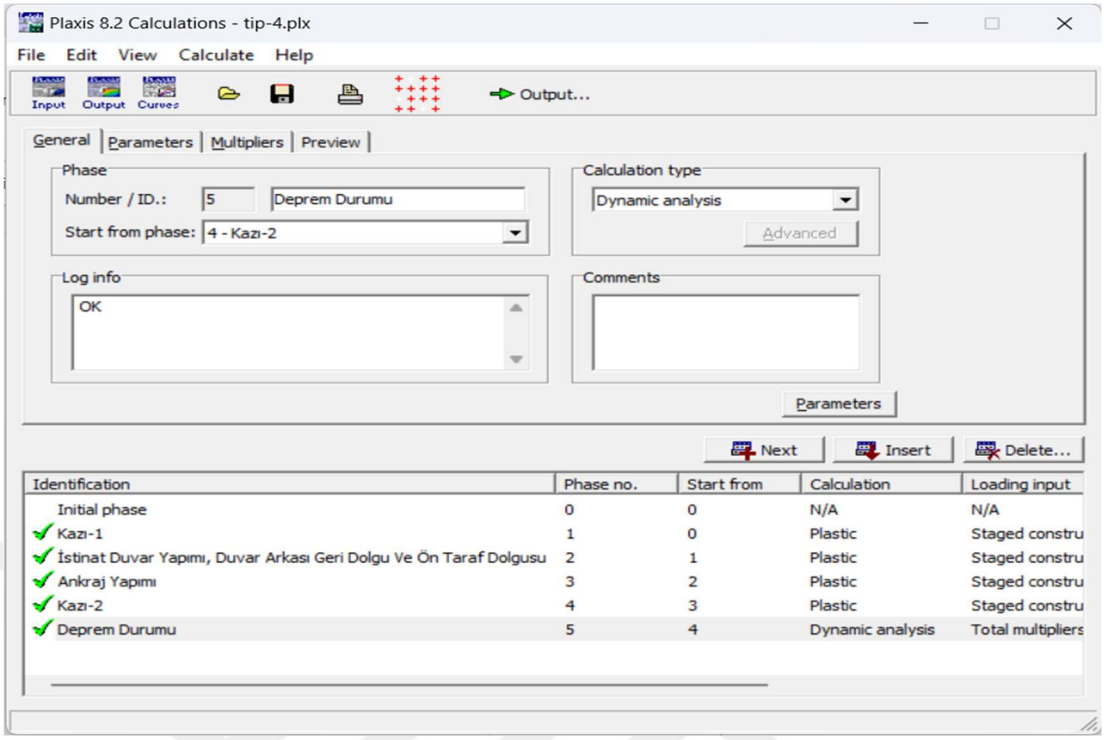
Şekil 7.333: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

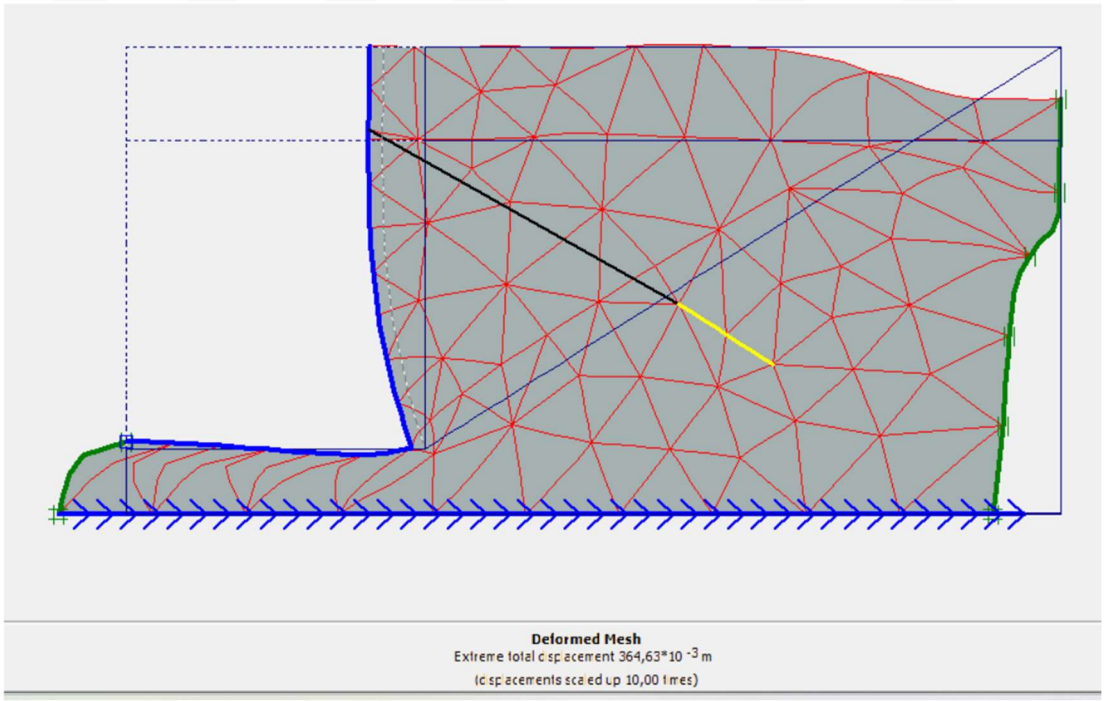
- Basit ankraj durumunda;



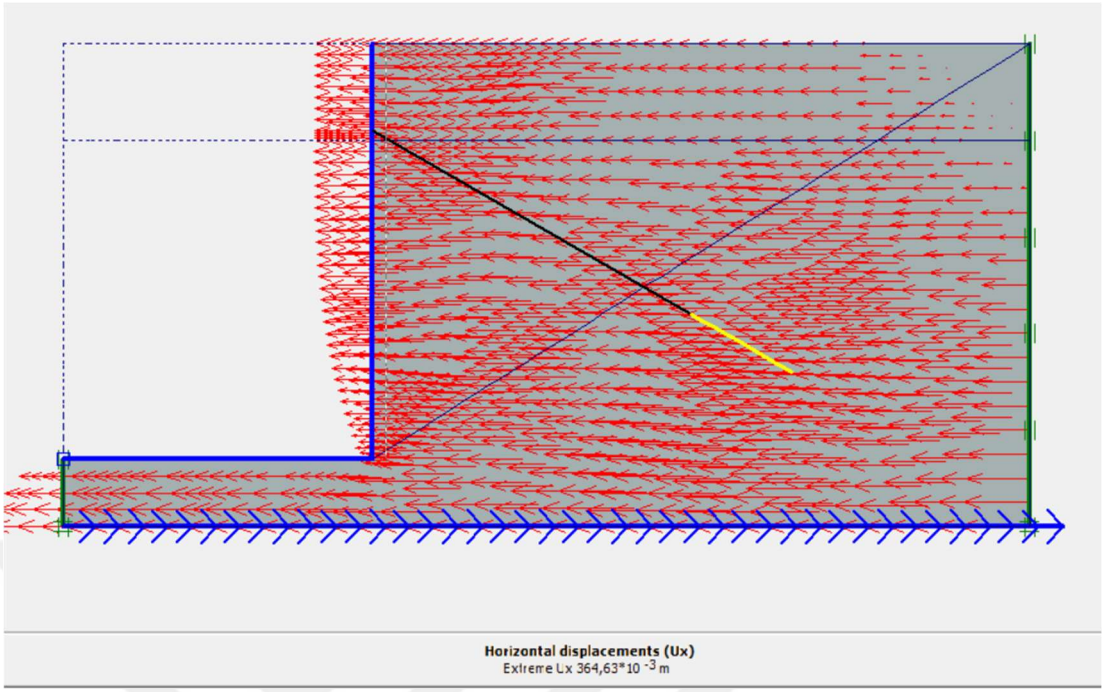
Şekil 7.334: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



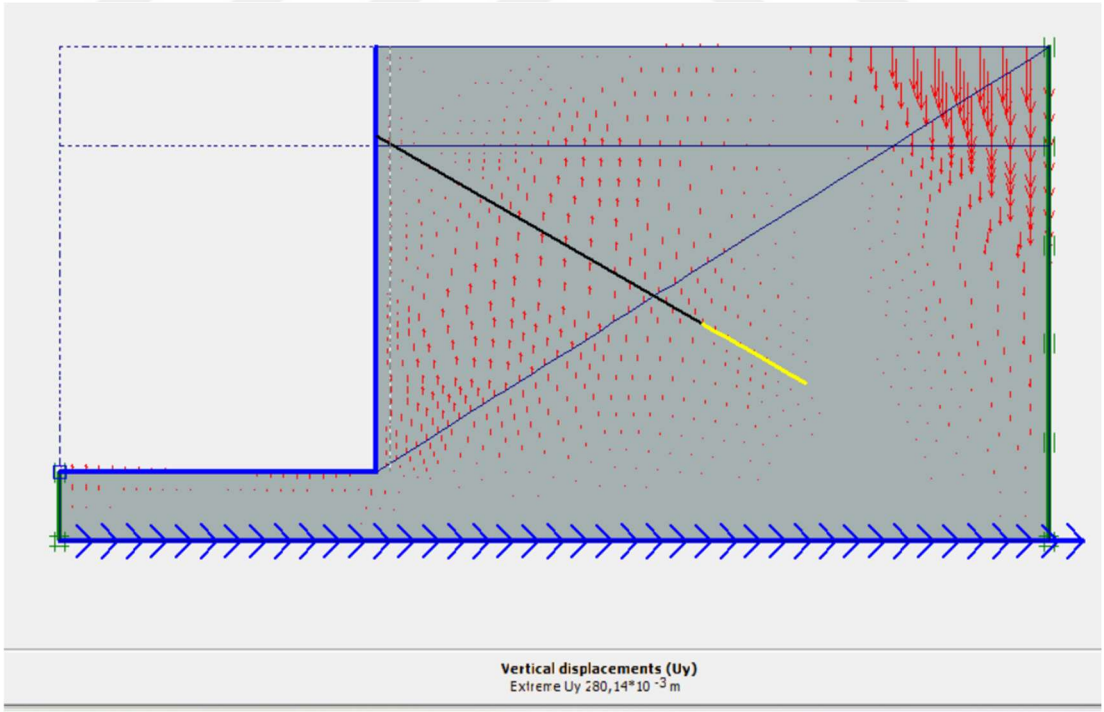
Şekil 7.335: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



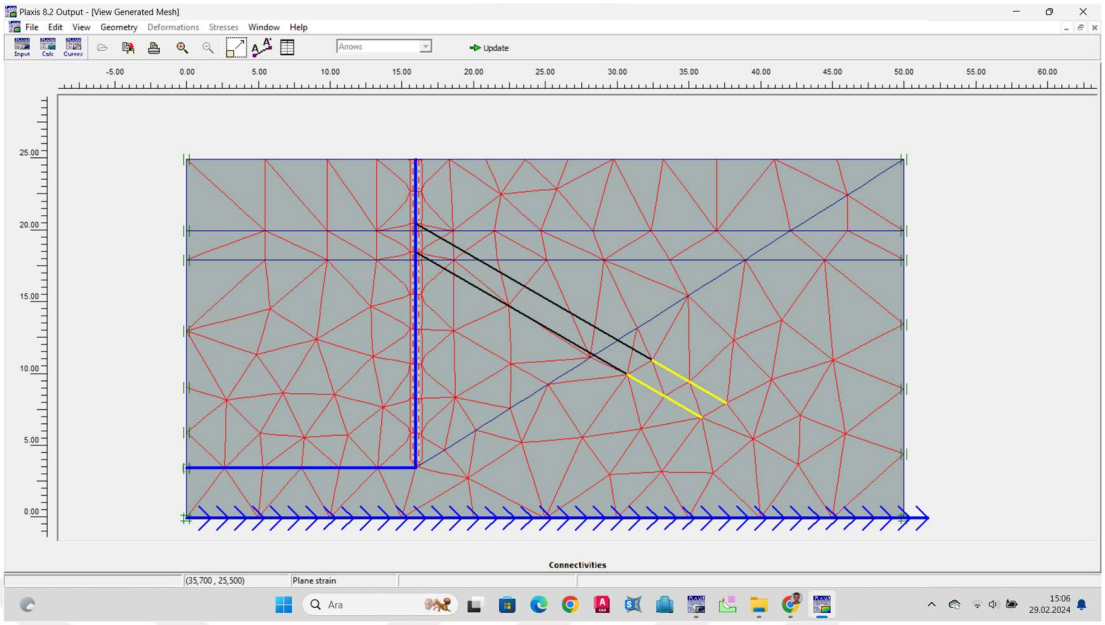
Şekil 7.336: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



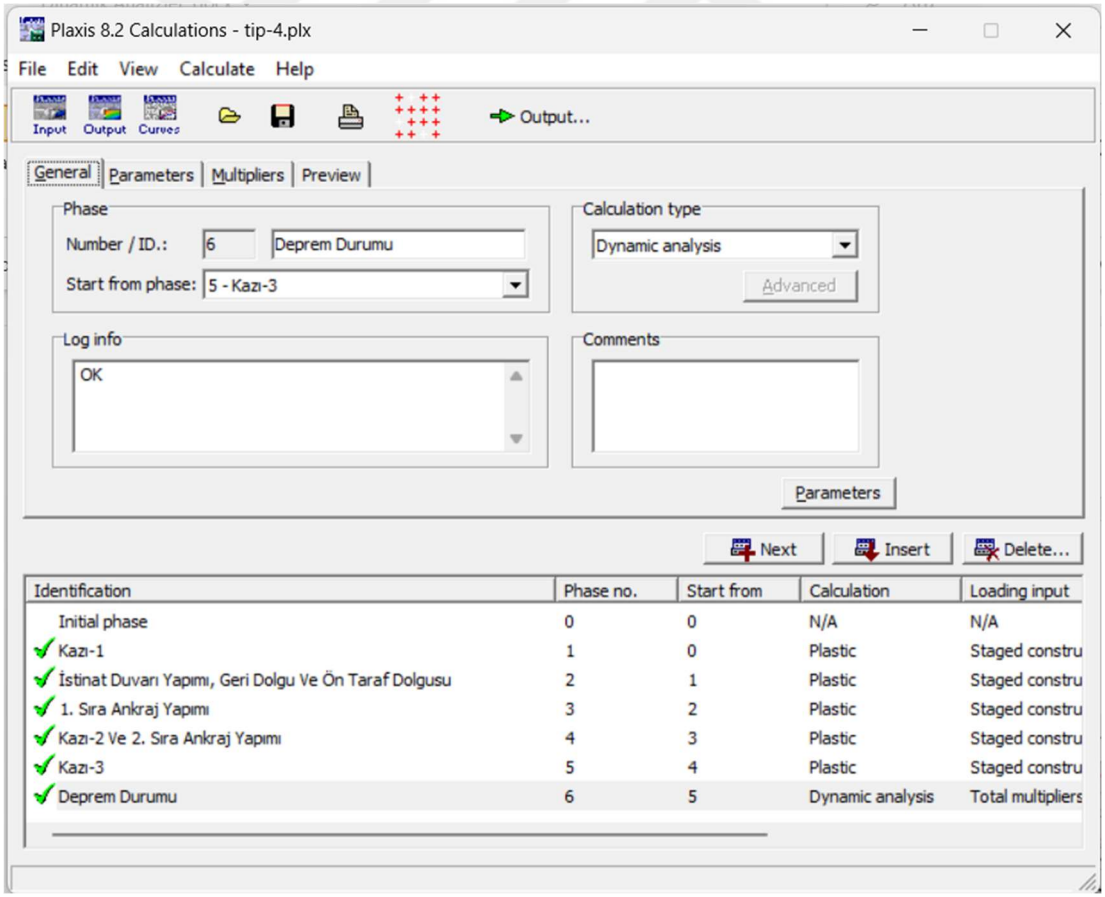
Şekil 7.337: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



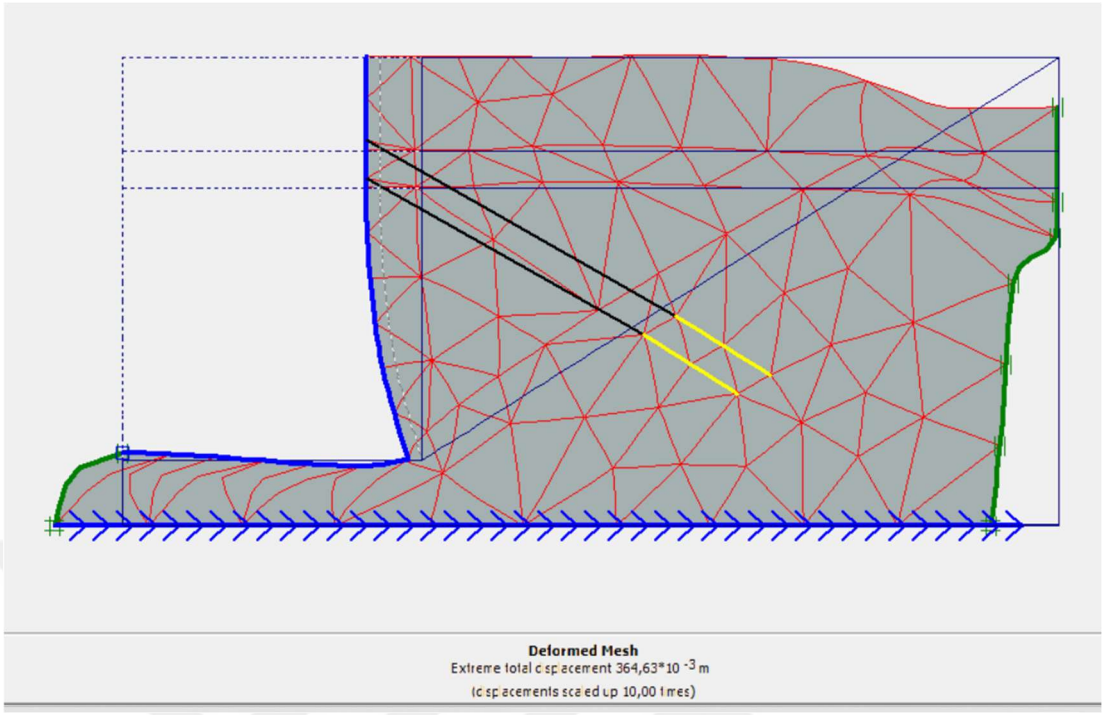
Şekil 7.338: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



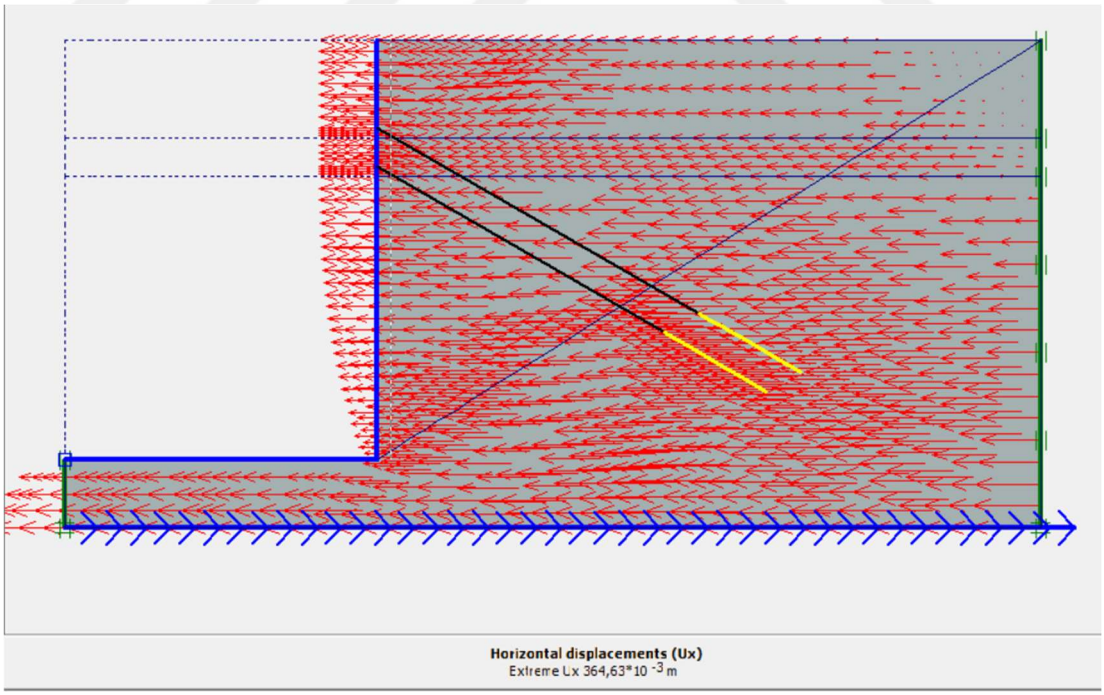
Şekil 7.339: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



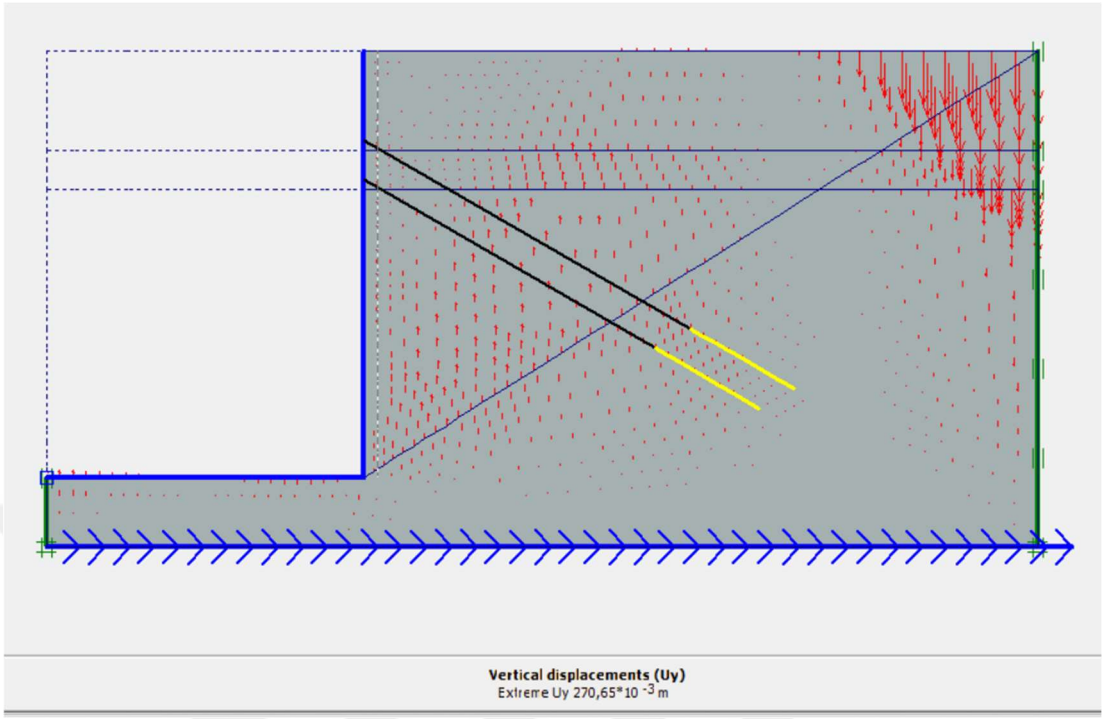
Şekil 7.340: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



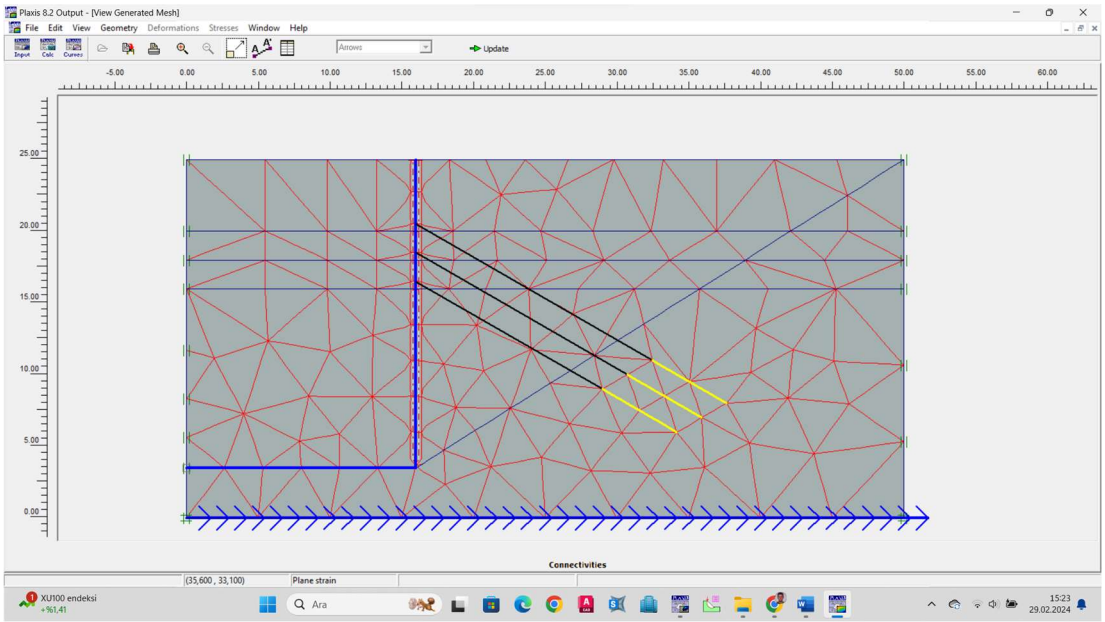
Şekil 7.341: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



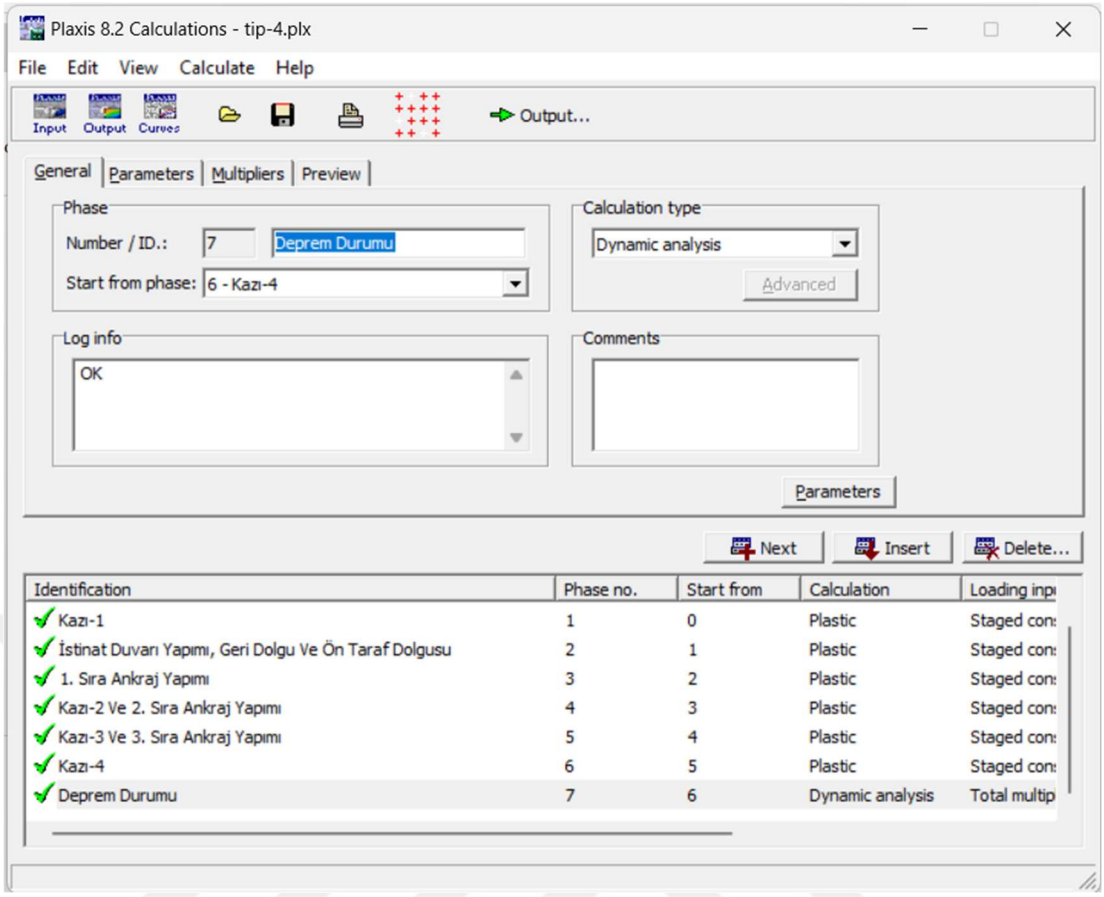
Şekil 7.342: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



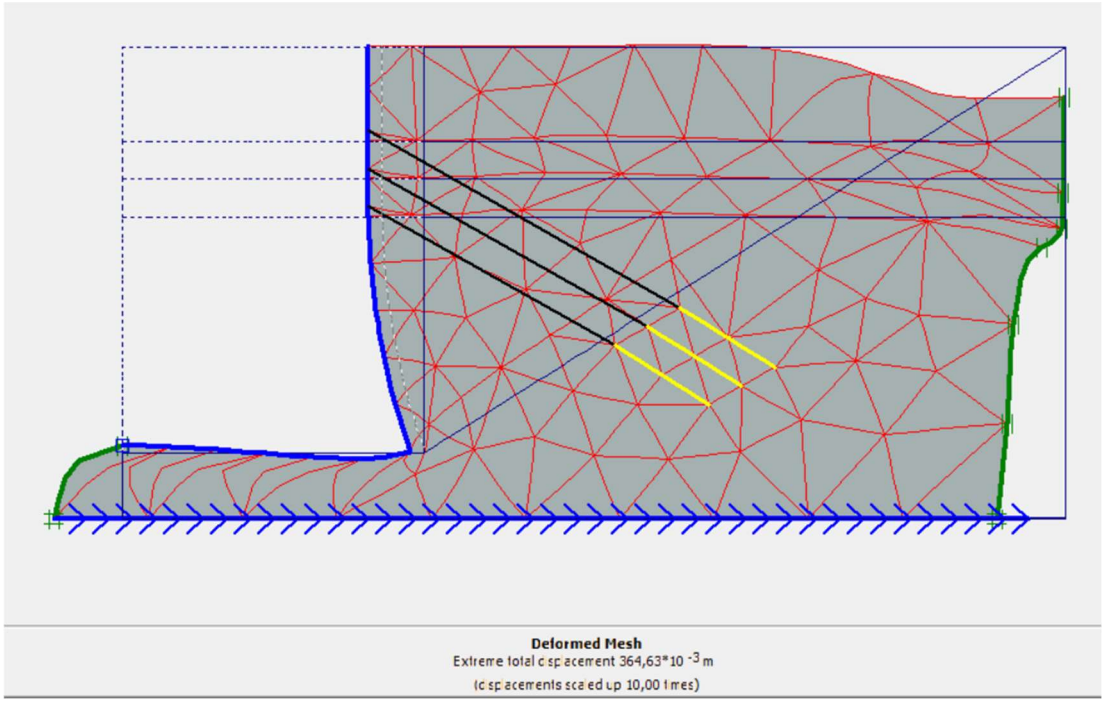
Şekil 7.343: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



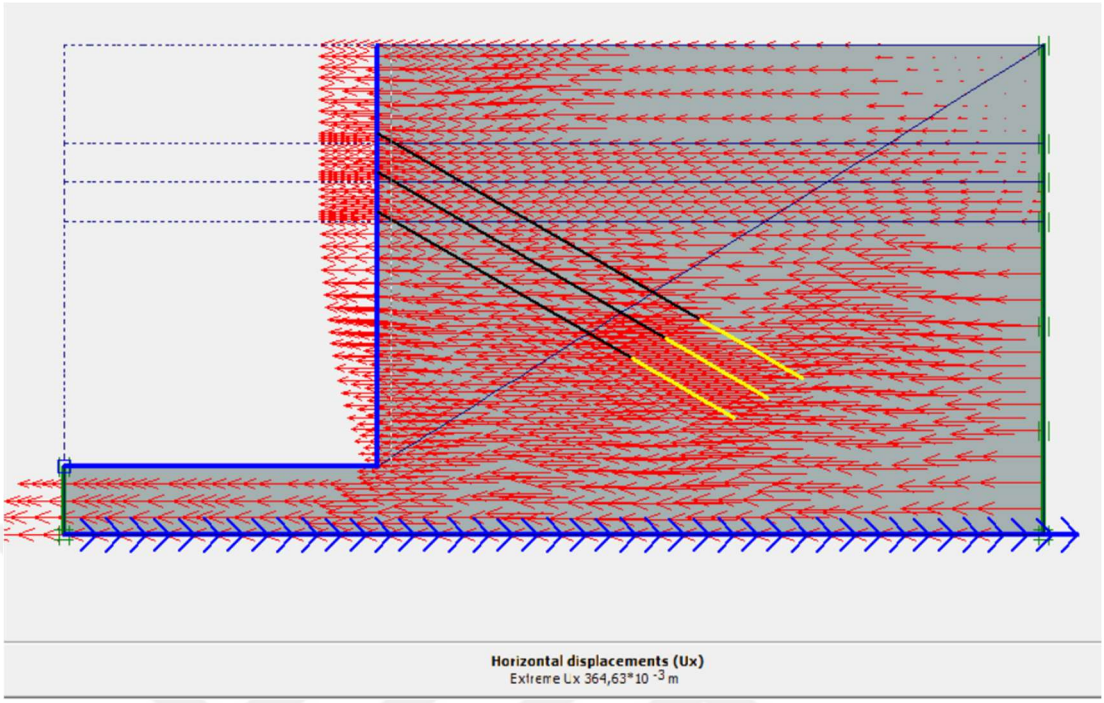
Şekil 7.344: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 İstinat duvarının plaxis analiz modeli.



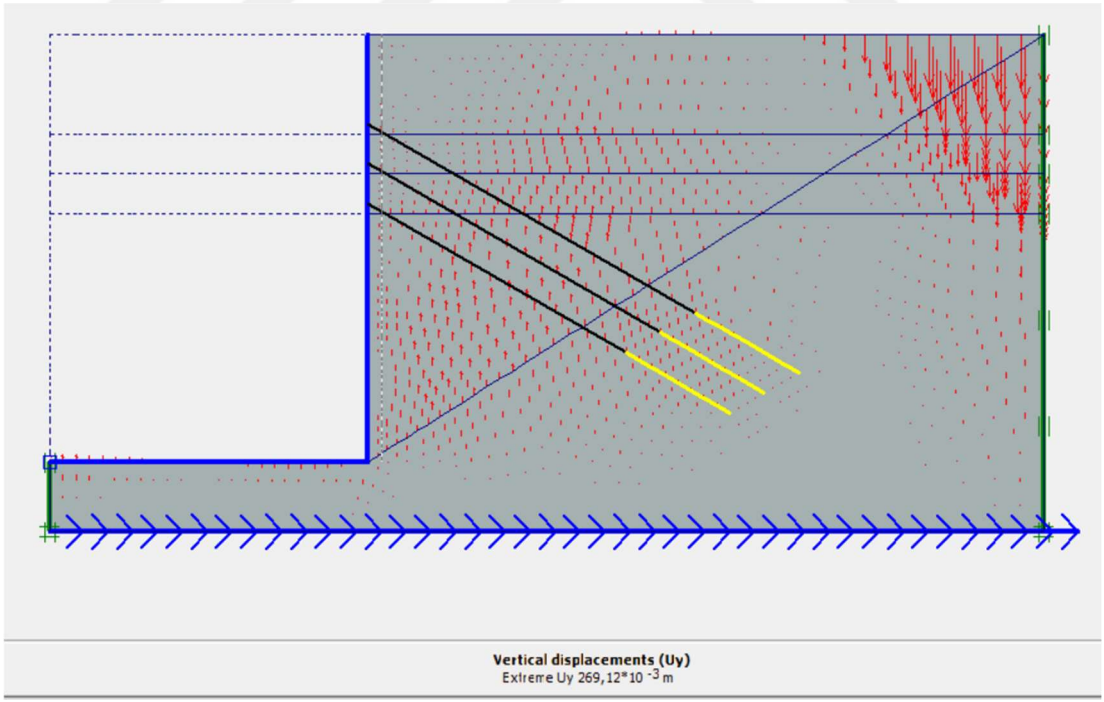
Şekil 7.345: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



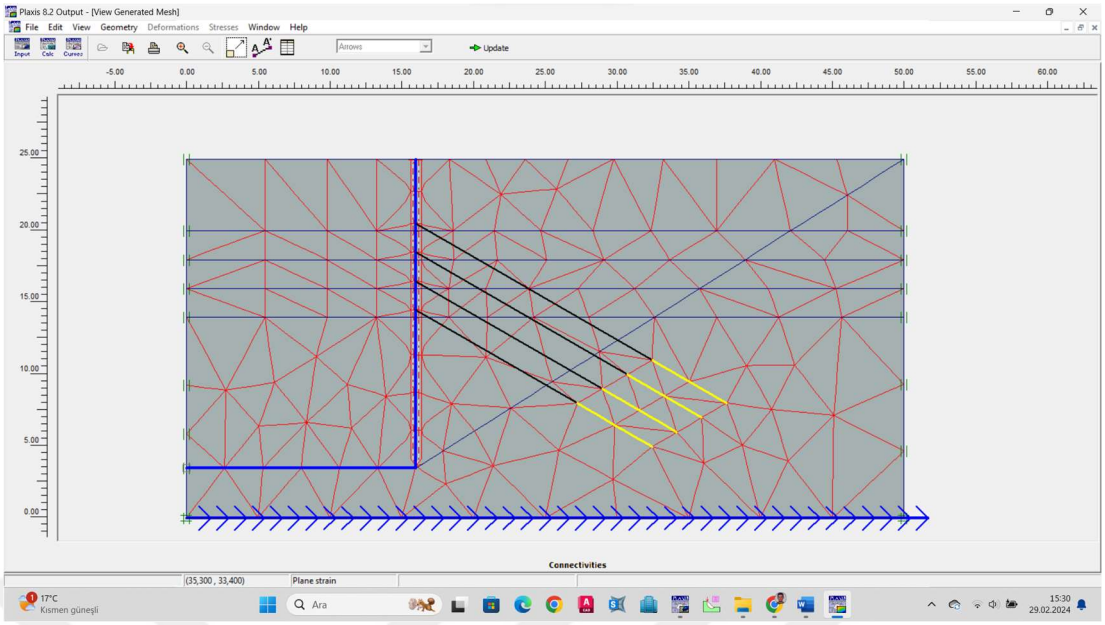
Şekil 7.346: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



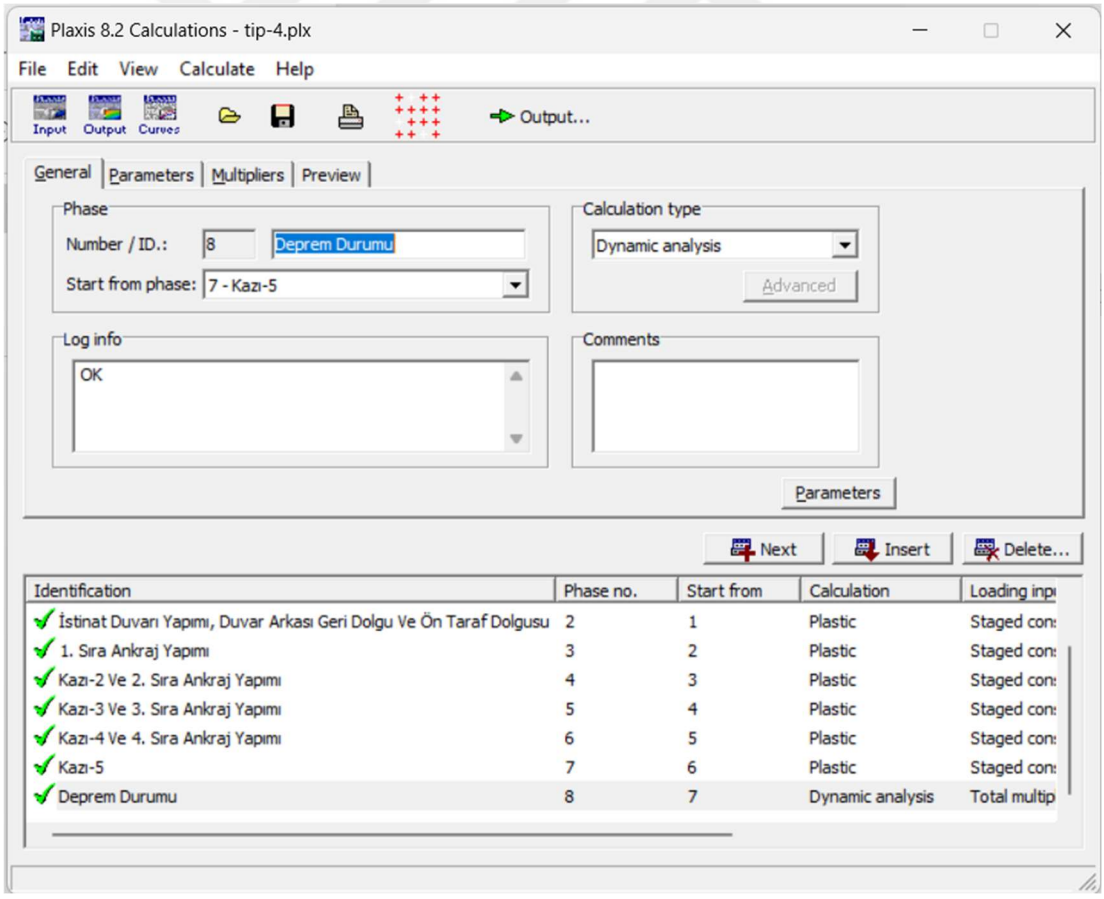
Şekil 7.347: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



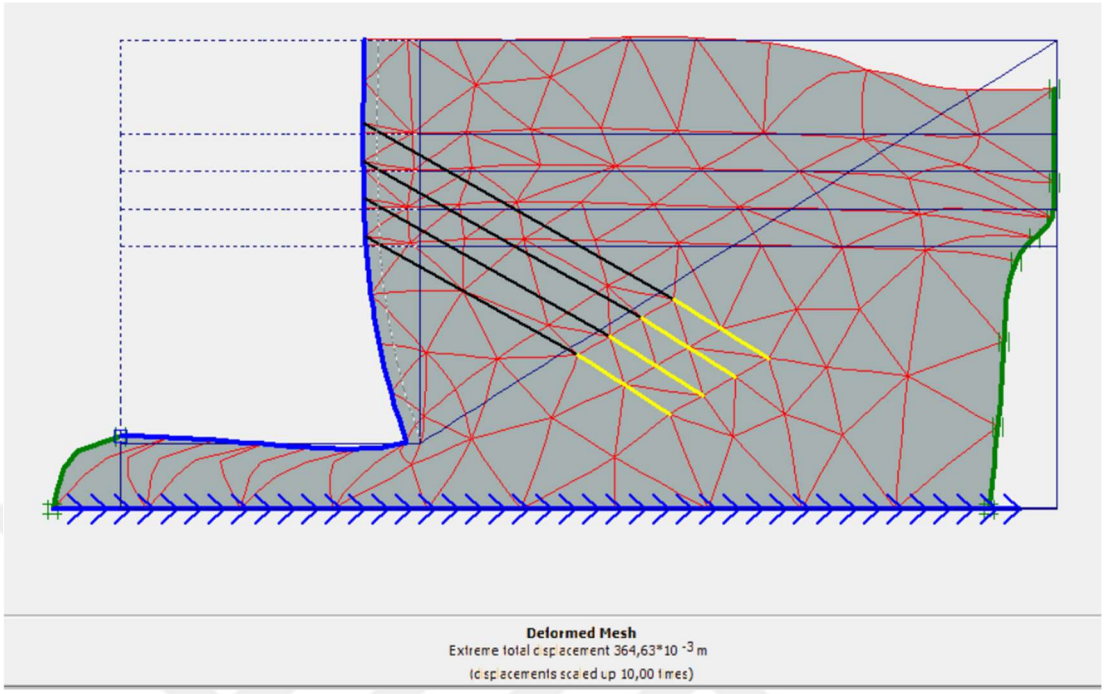
Şekil 7.348: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



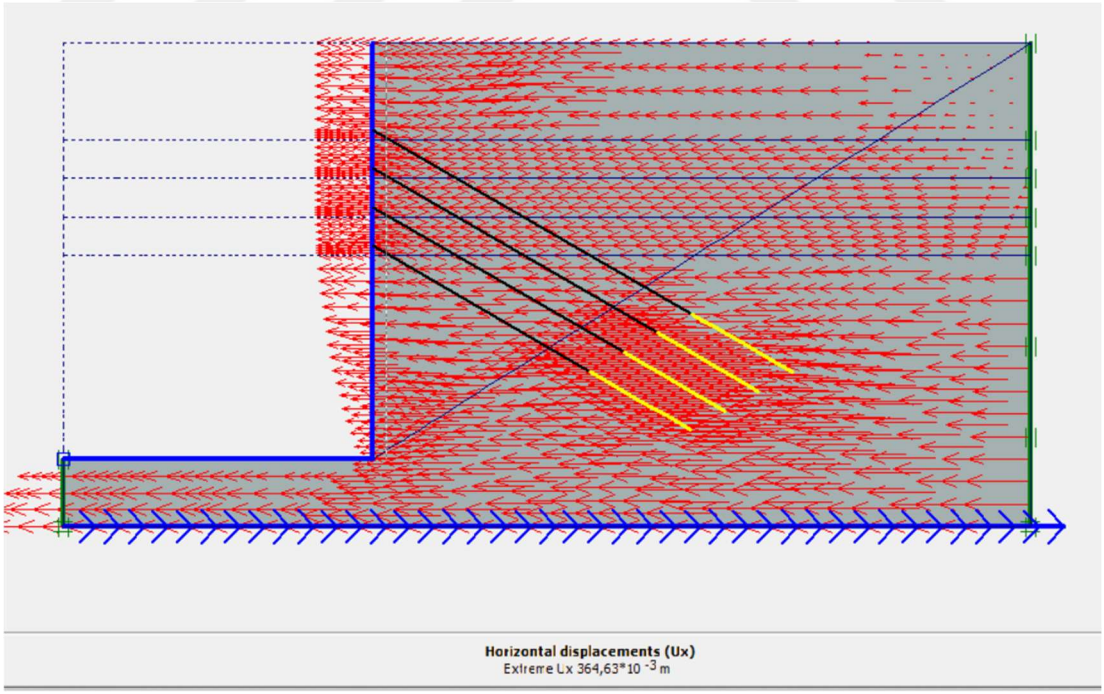
Şekil 7.349: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



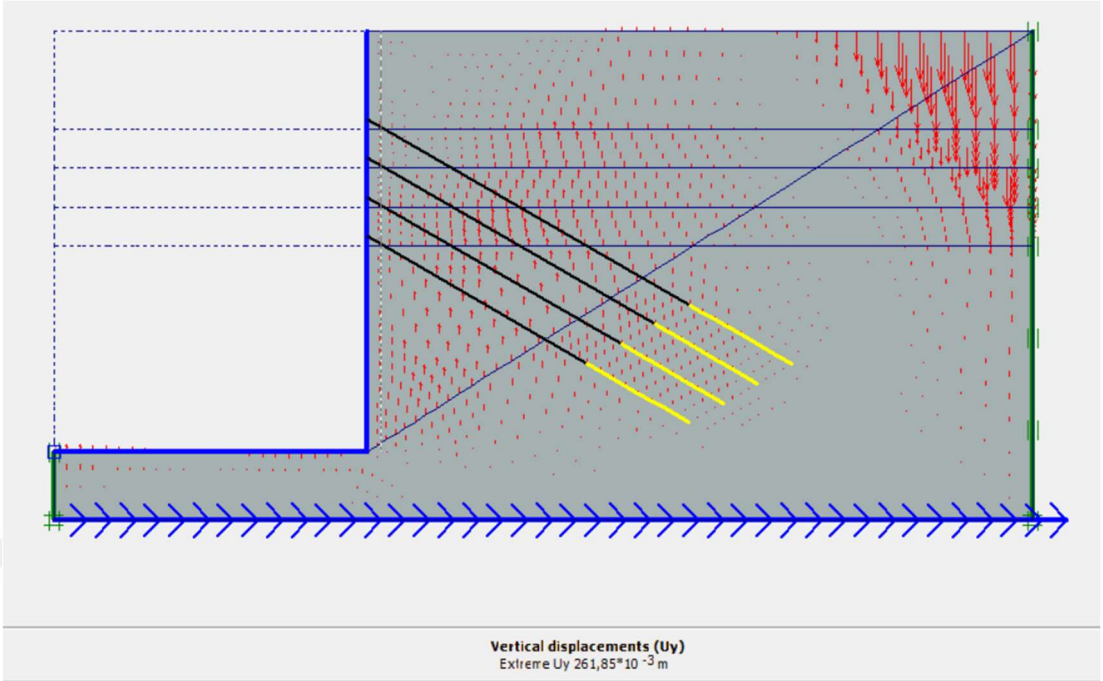
Şekil 7.350: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.351: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

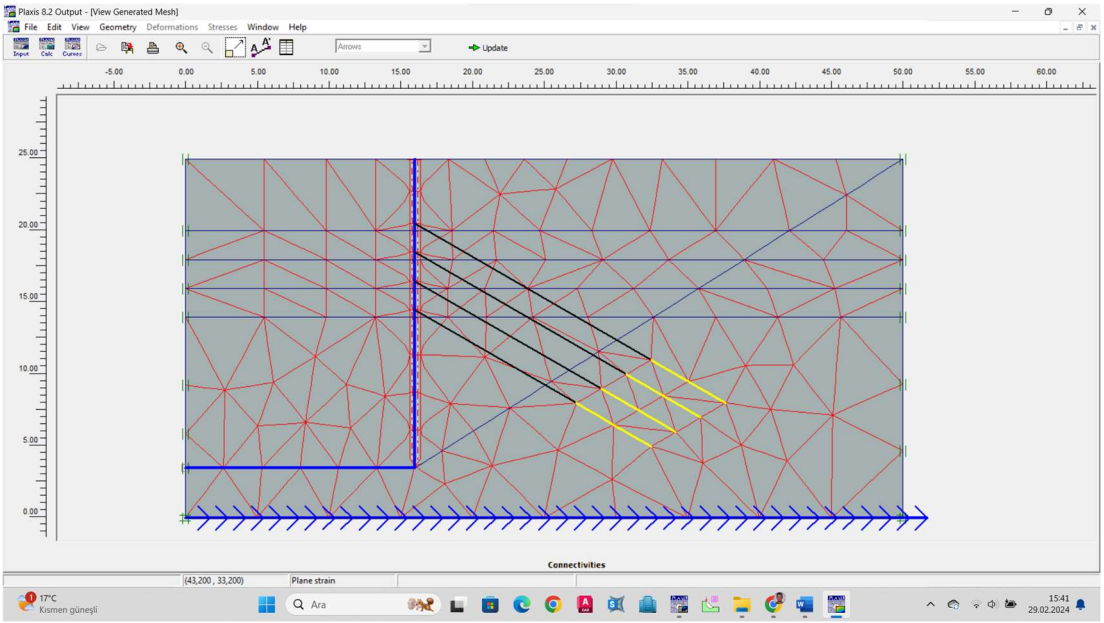


Şekil 7.352: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

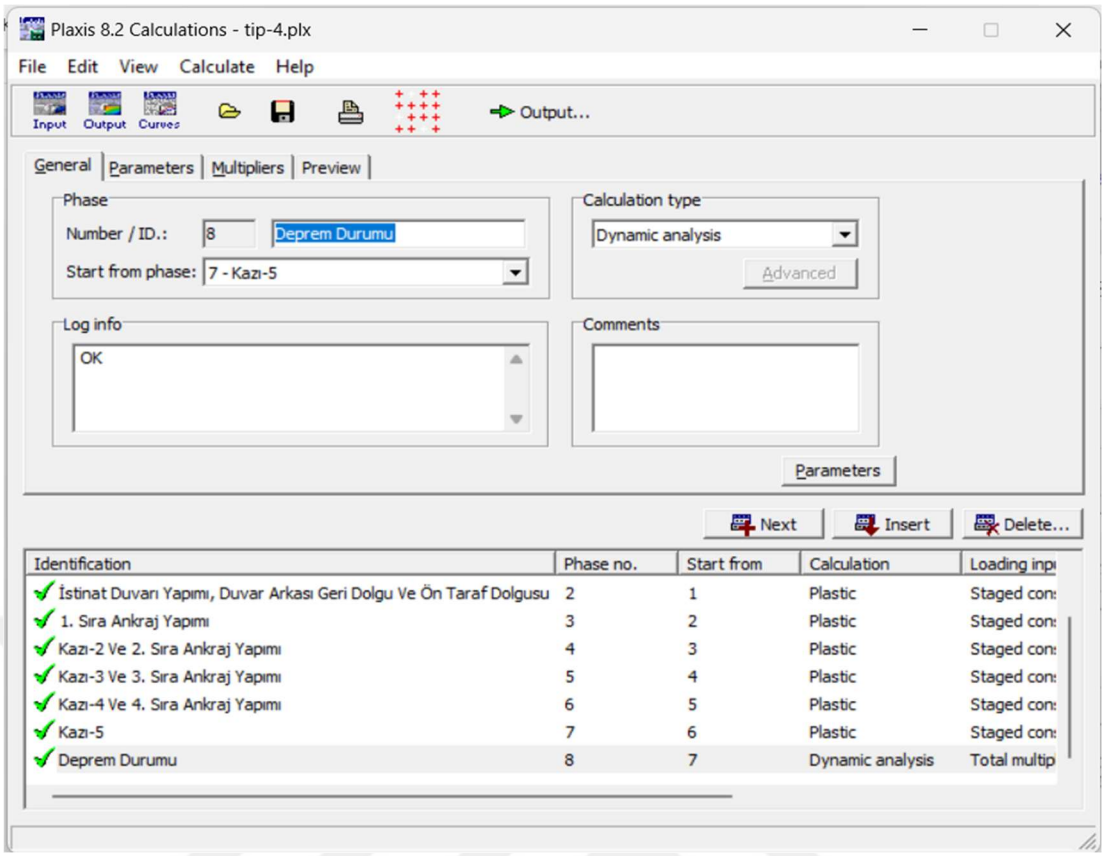


Şekil 7.353: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

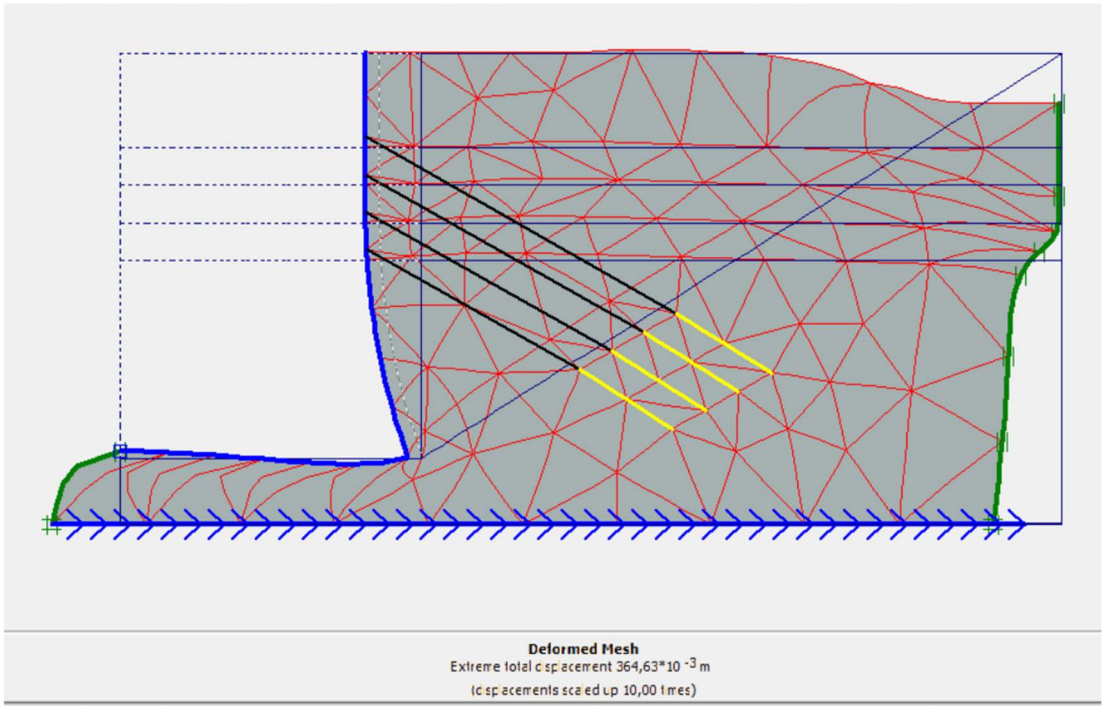
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



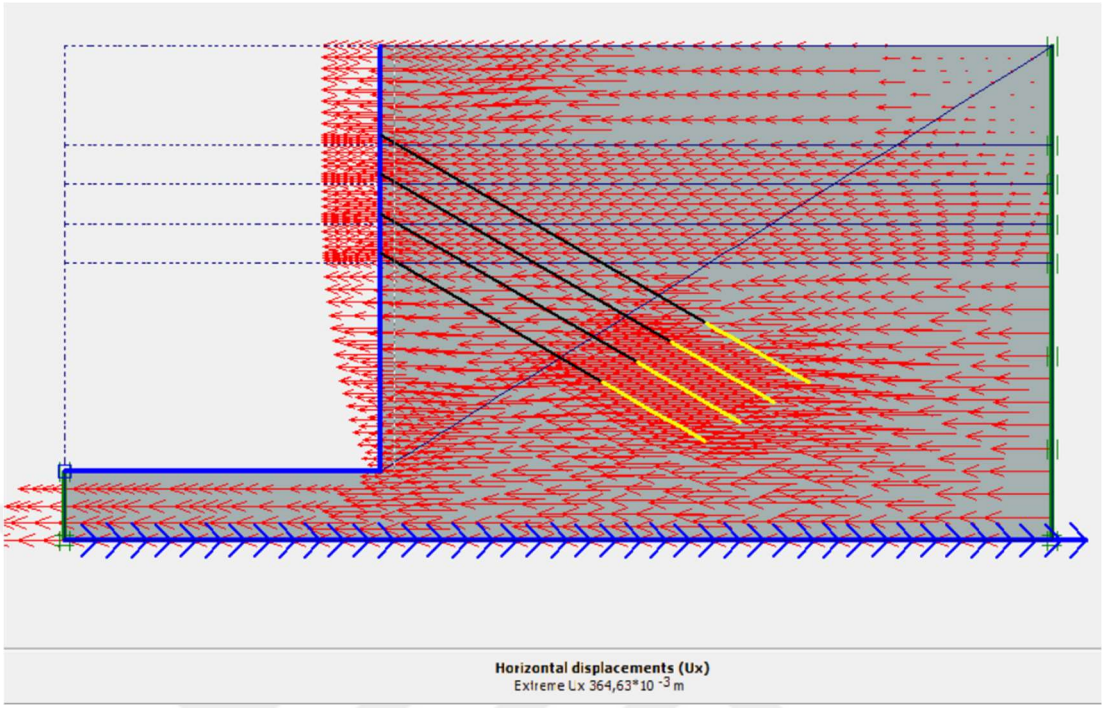
Şekil 7.354: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



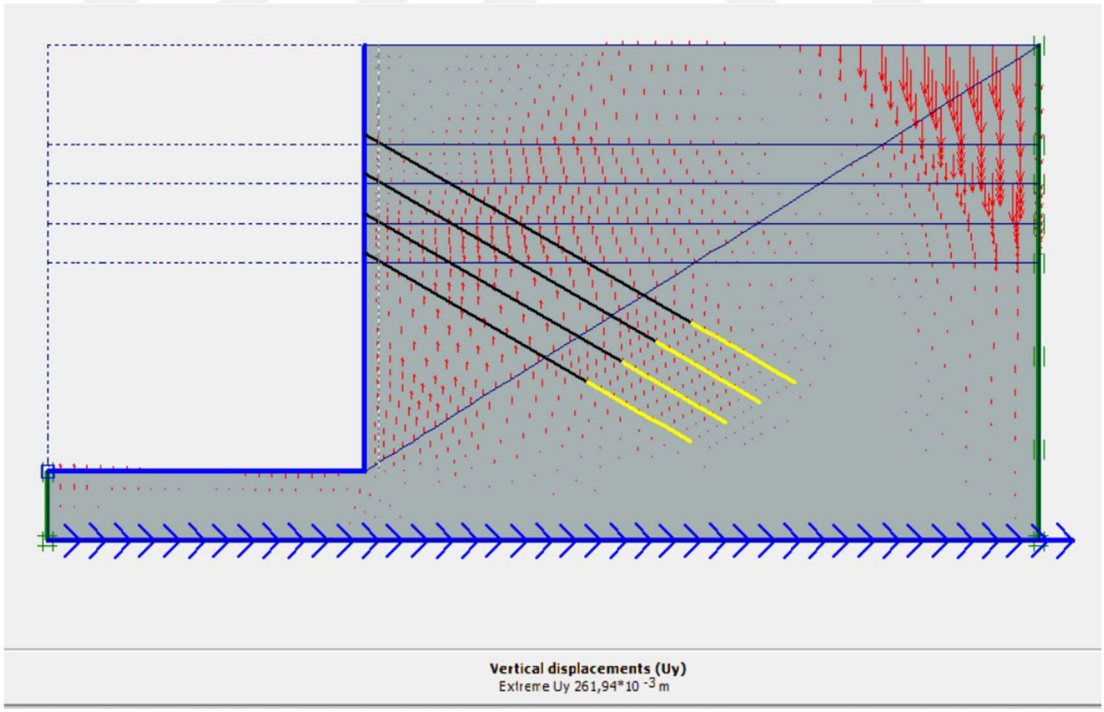
Şekil 7.355: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.356: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

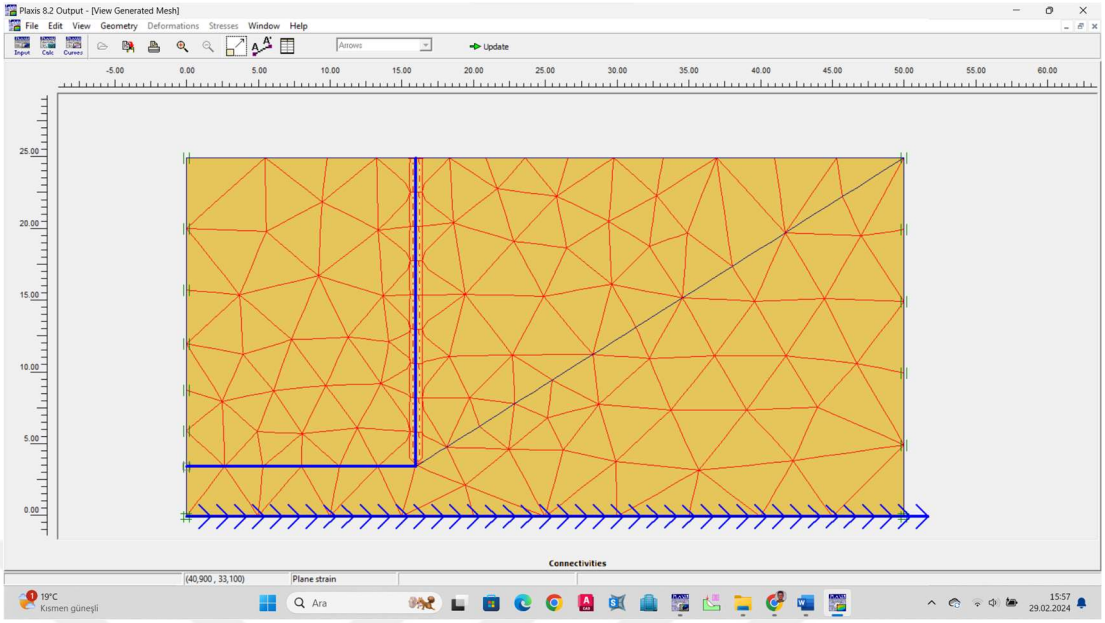


Şekil 7.357: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

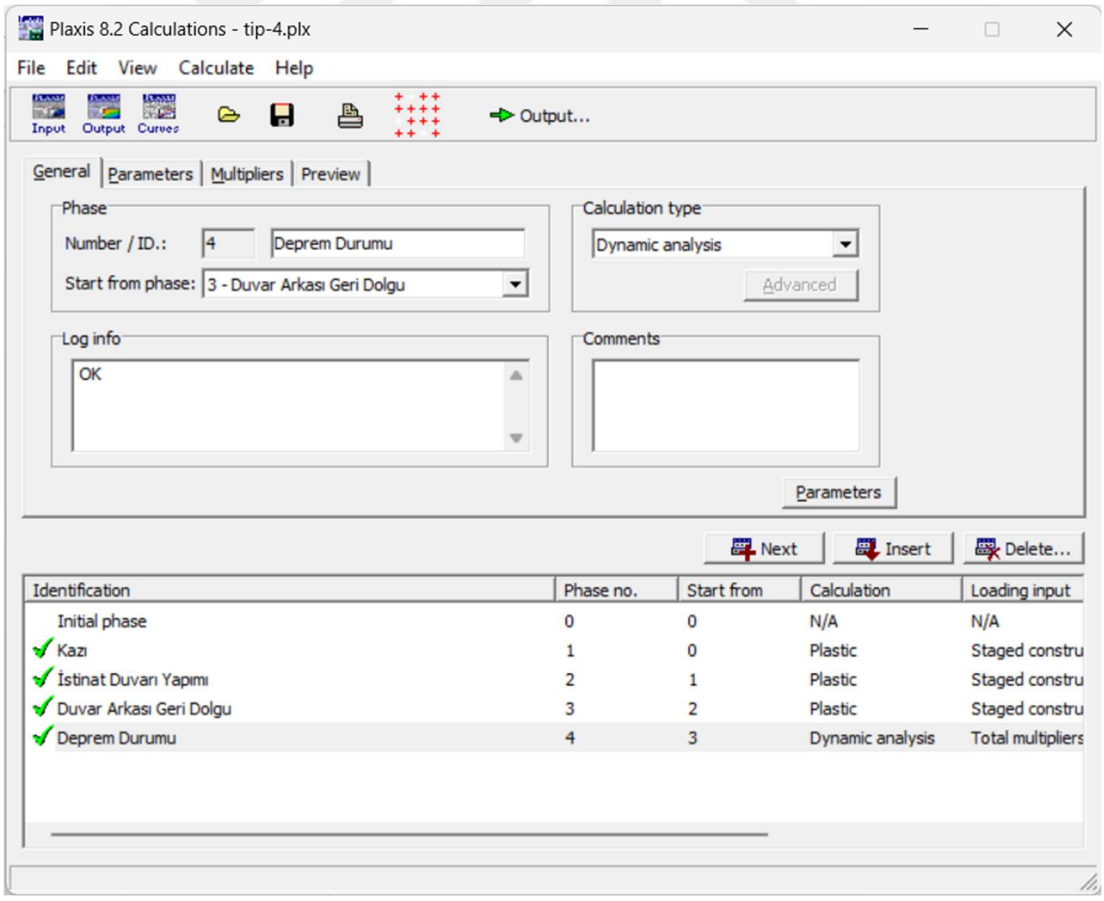


Şekil 7.358: Kumlu zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

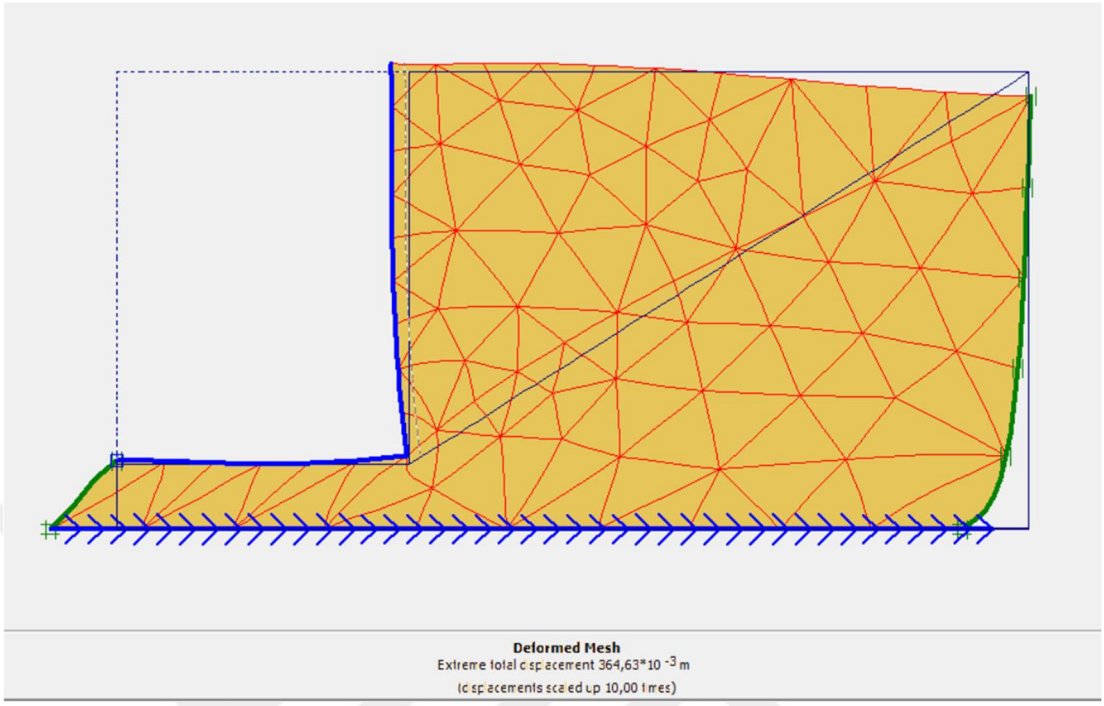
Ankrajsız killi zemin durumunda;



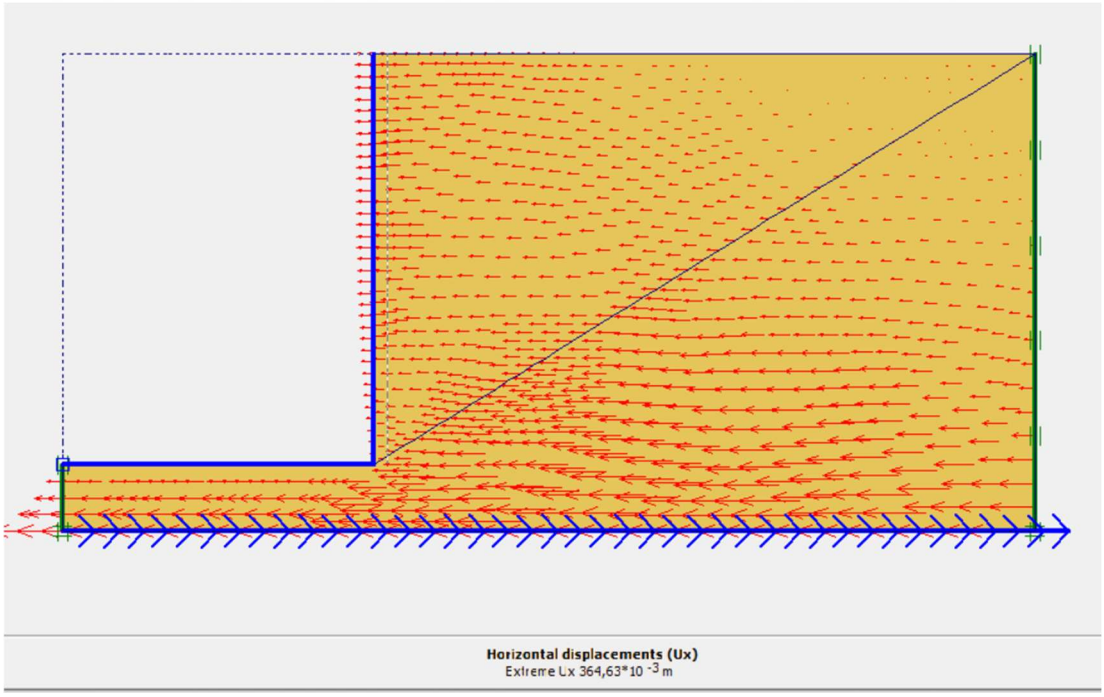
Şekil 7.359: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



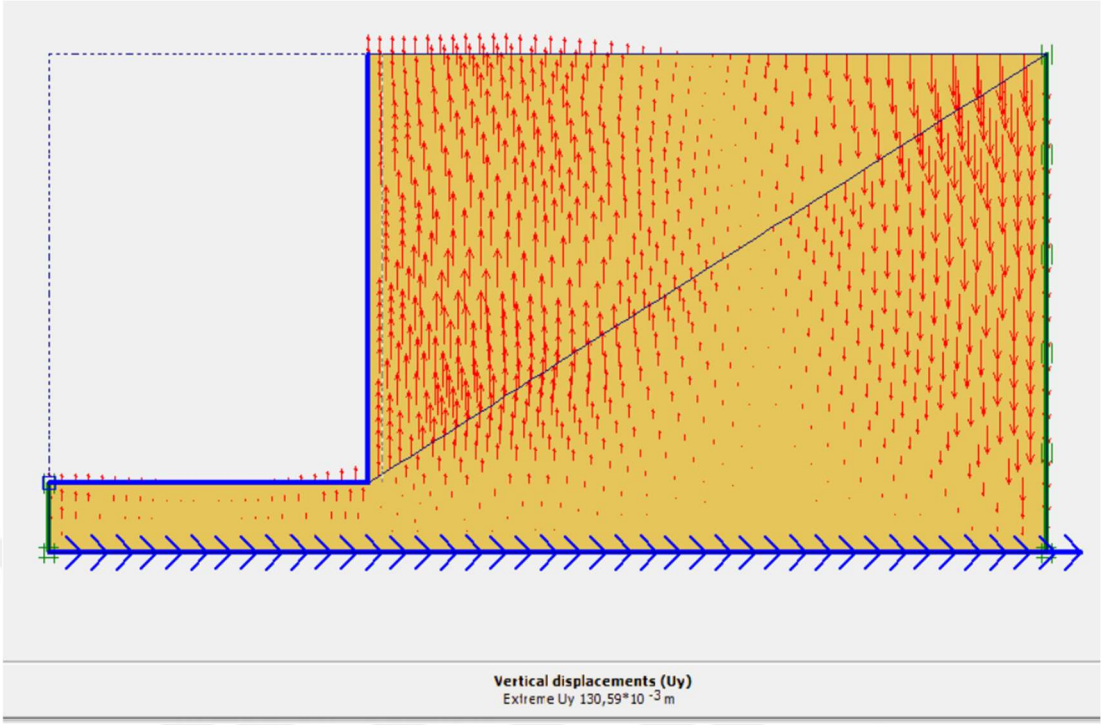
Şekil 7.360: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.361: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



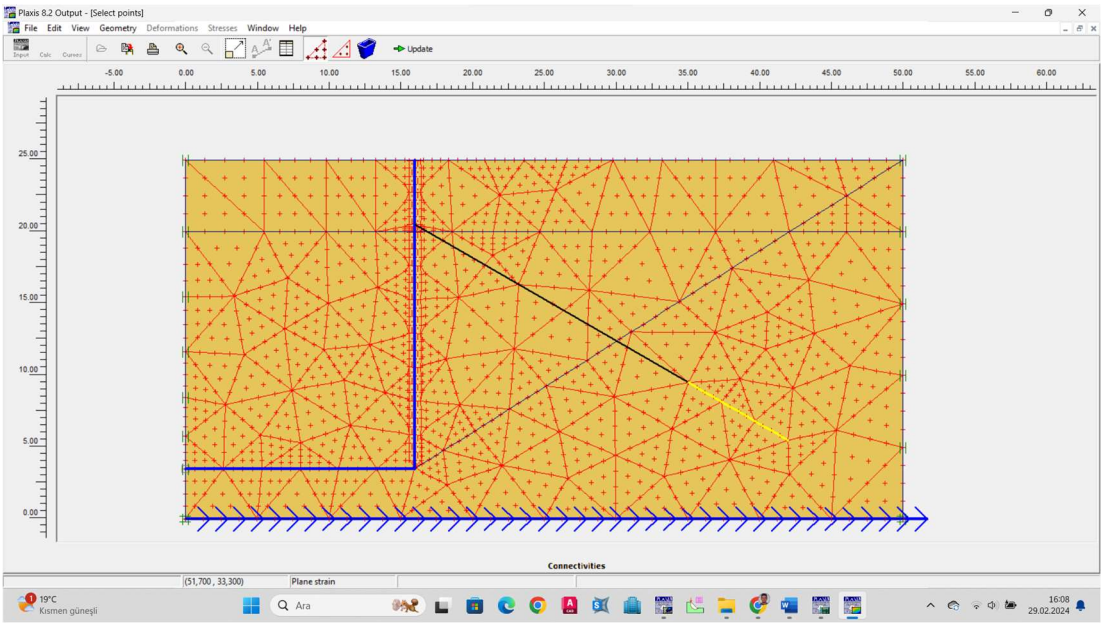
Şekil 7.362: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



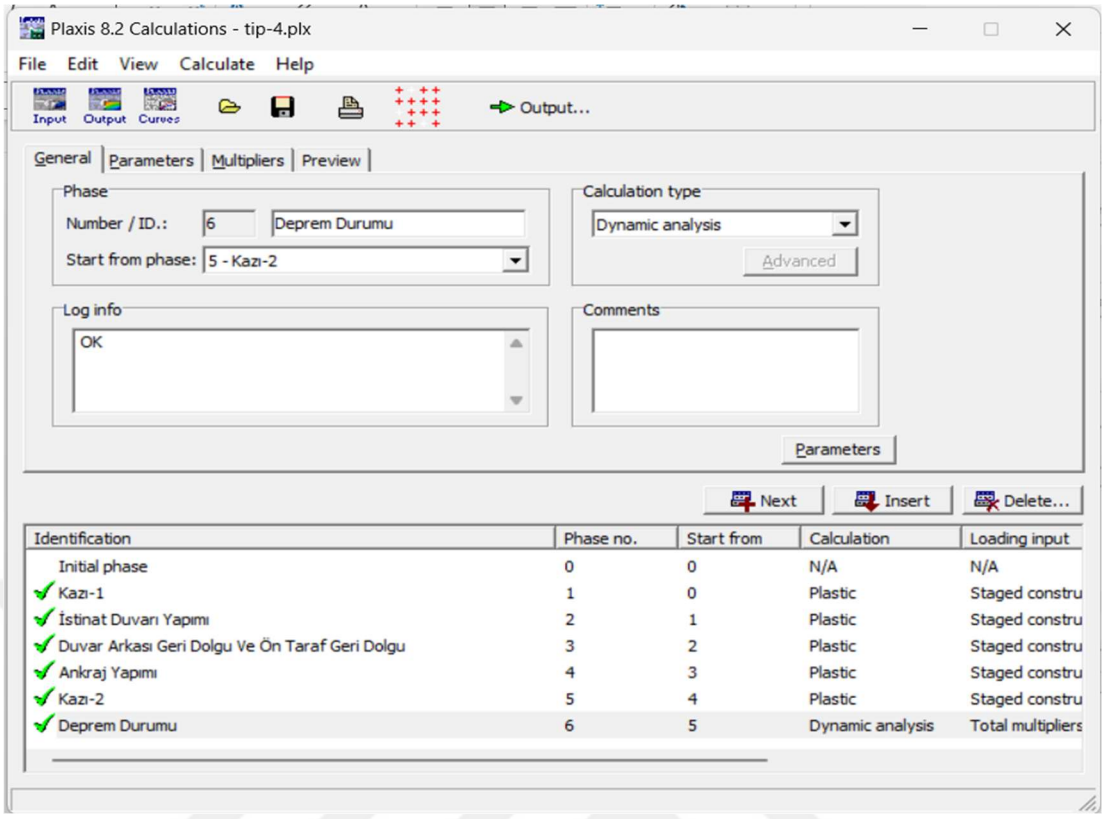
Şekil 7.363: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

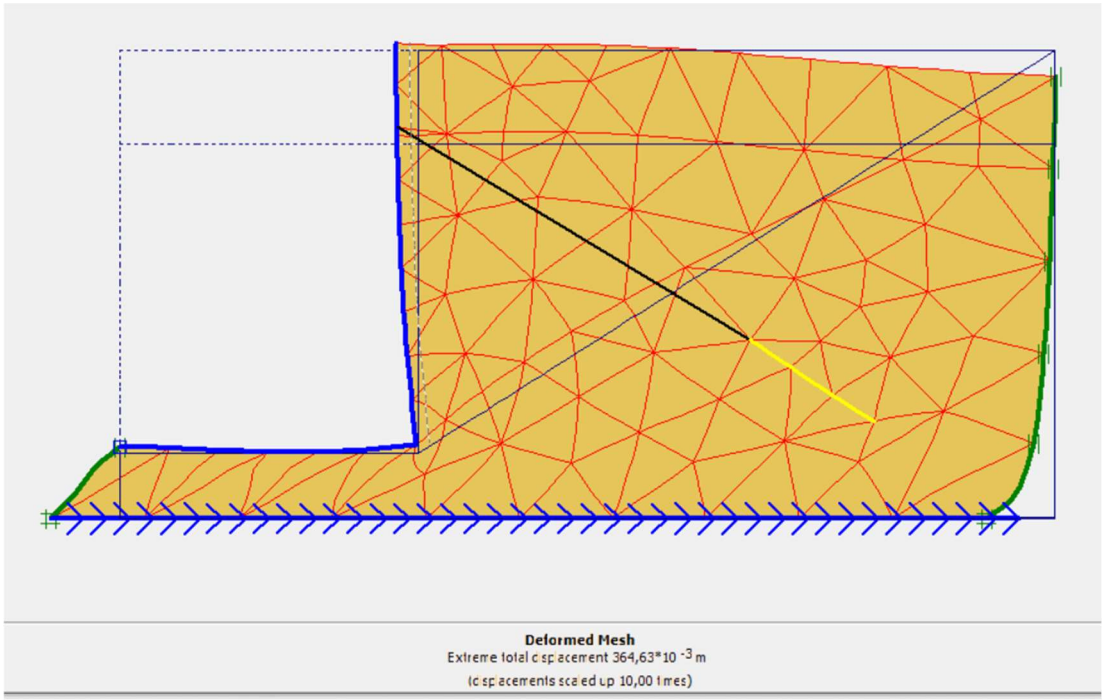
- Basit ankraj durumunda;



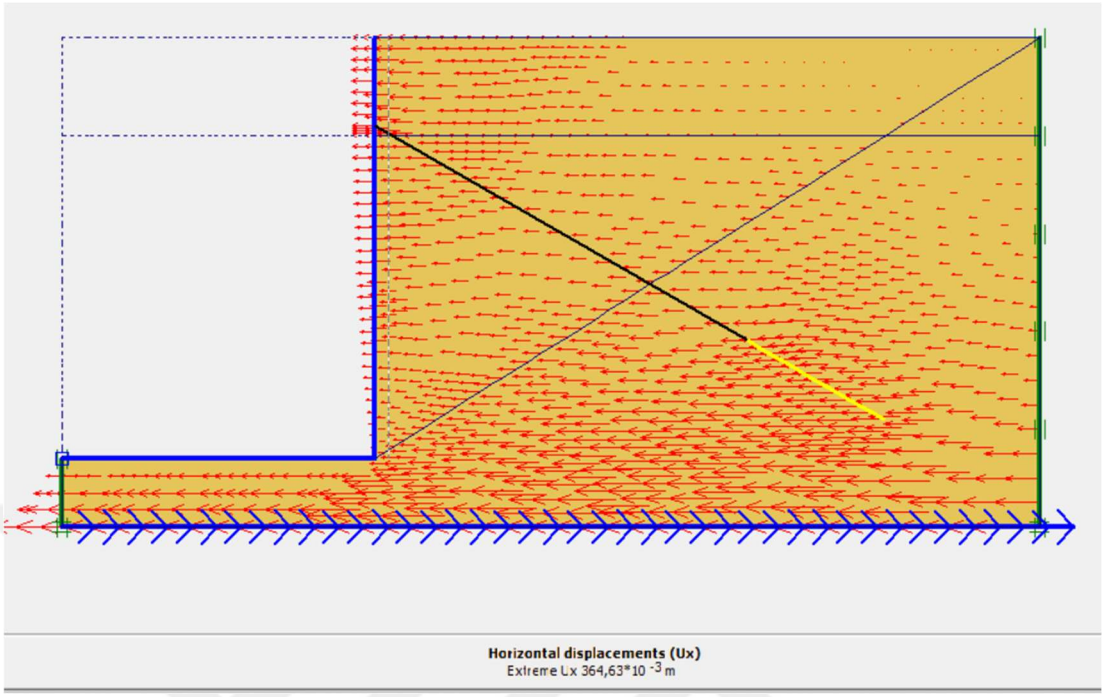
Şekil 7.364: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



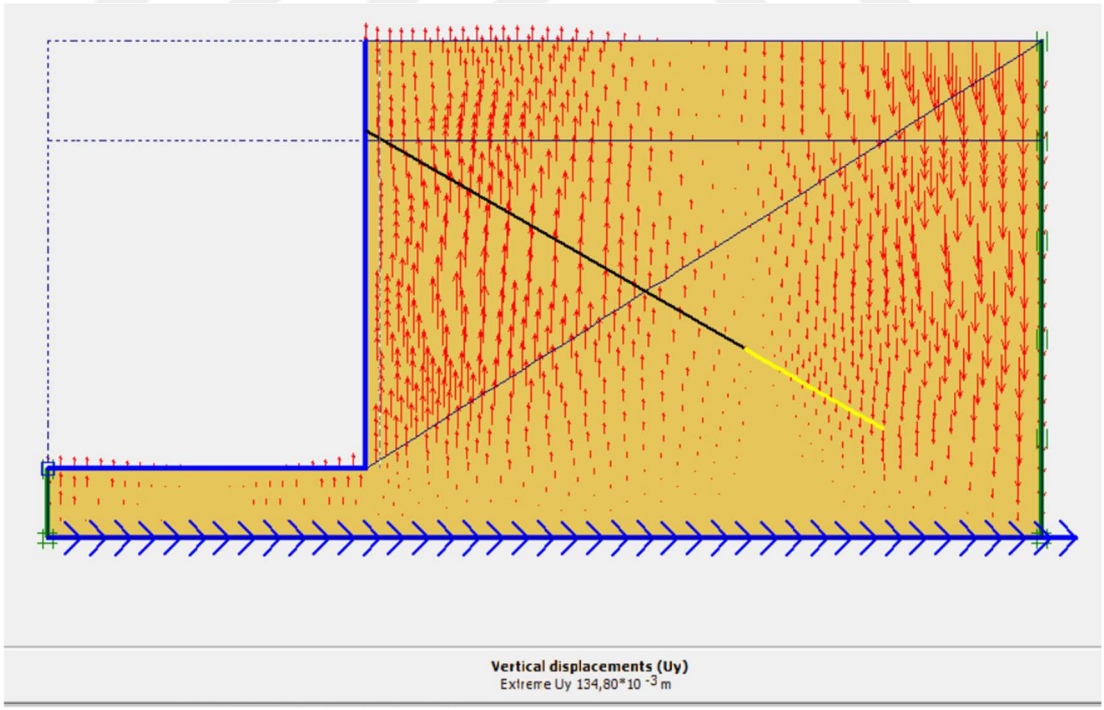
Şekil 7.365: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



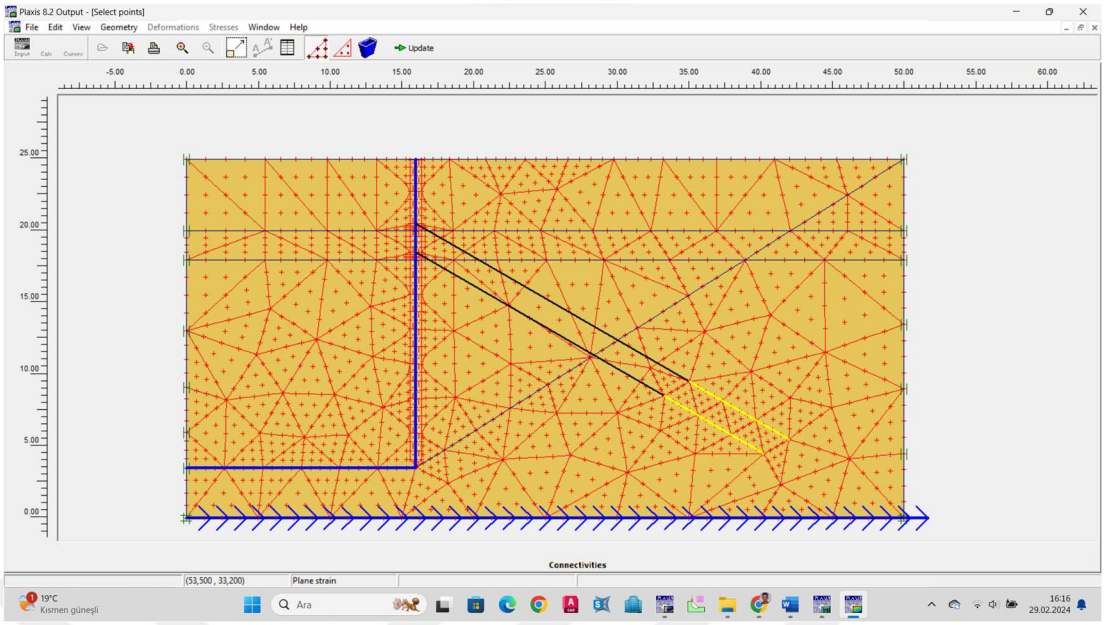
Şekil 7.366: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



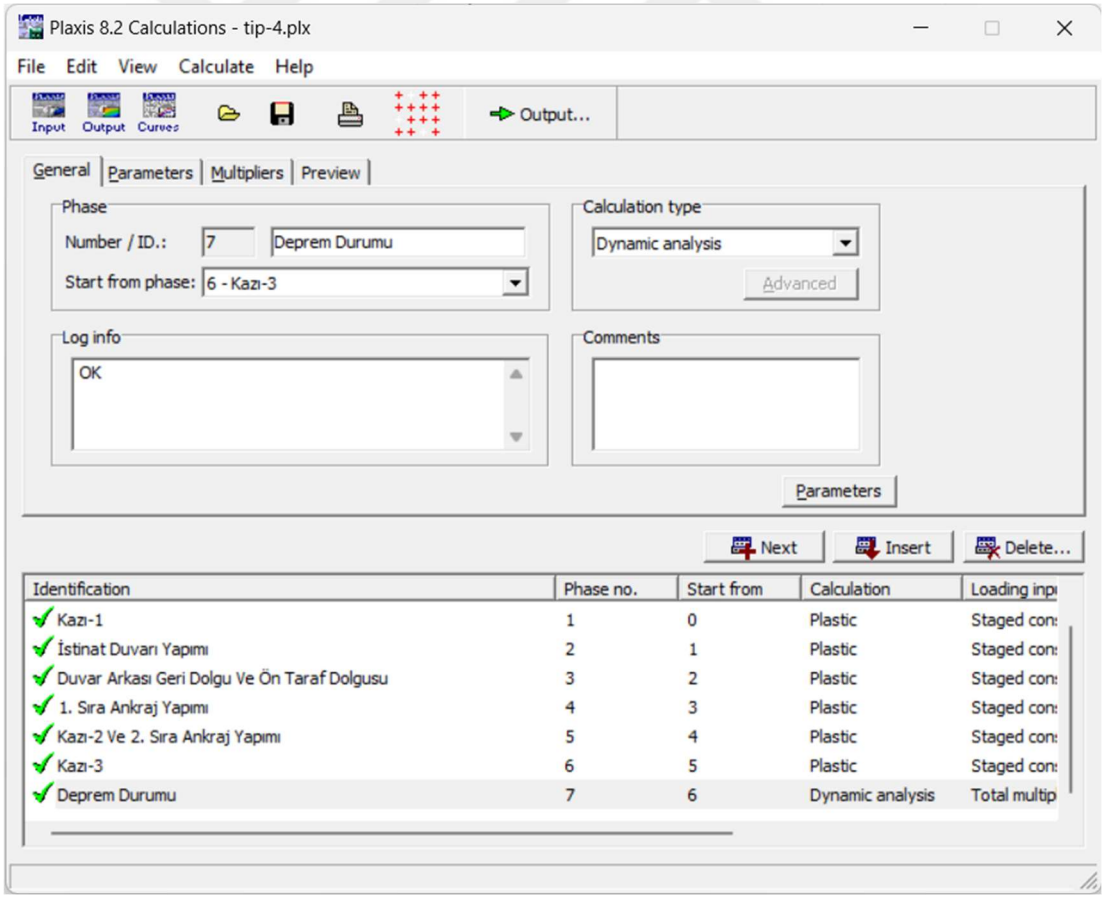
Şekil 7.367: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



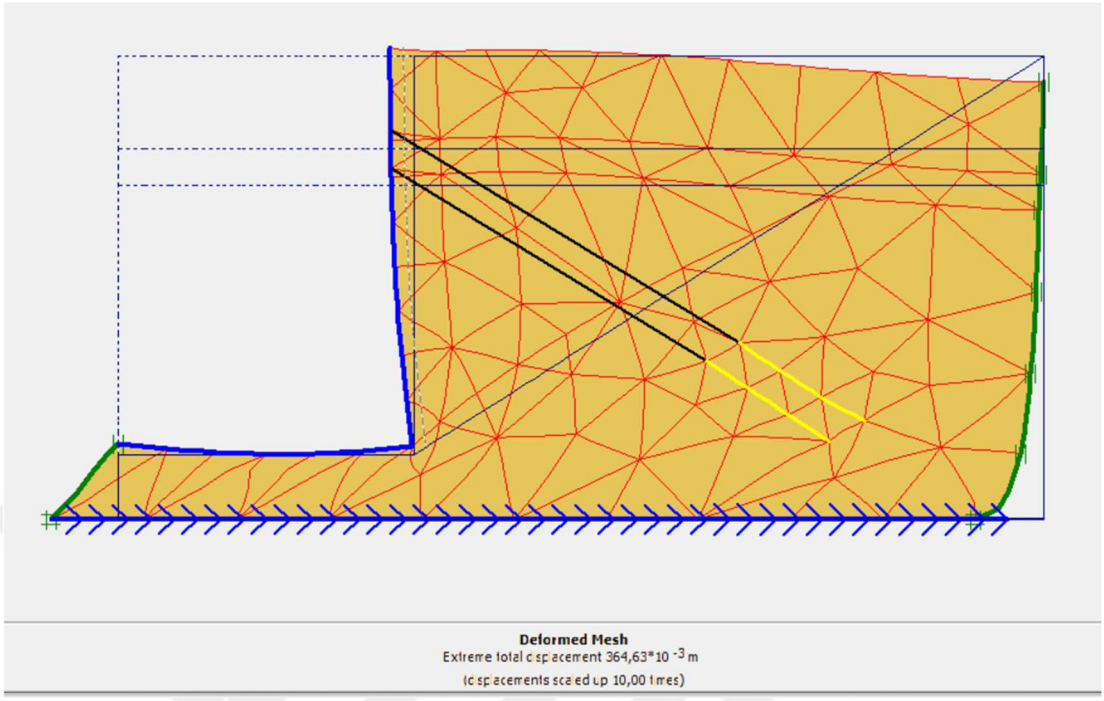
Şekil 7.368: Killi zemin etkisinde 1 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



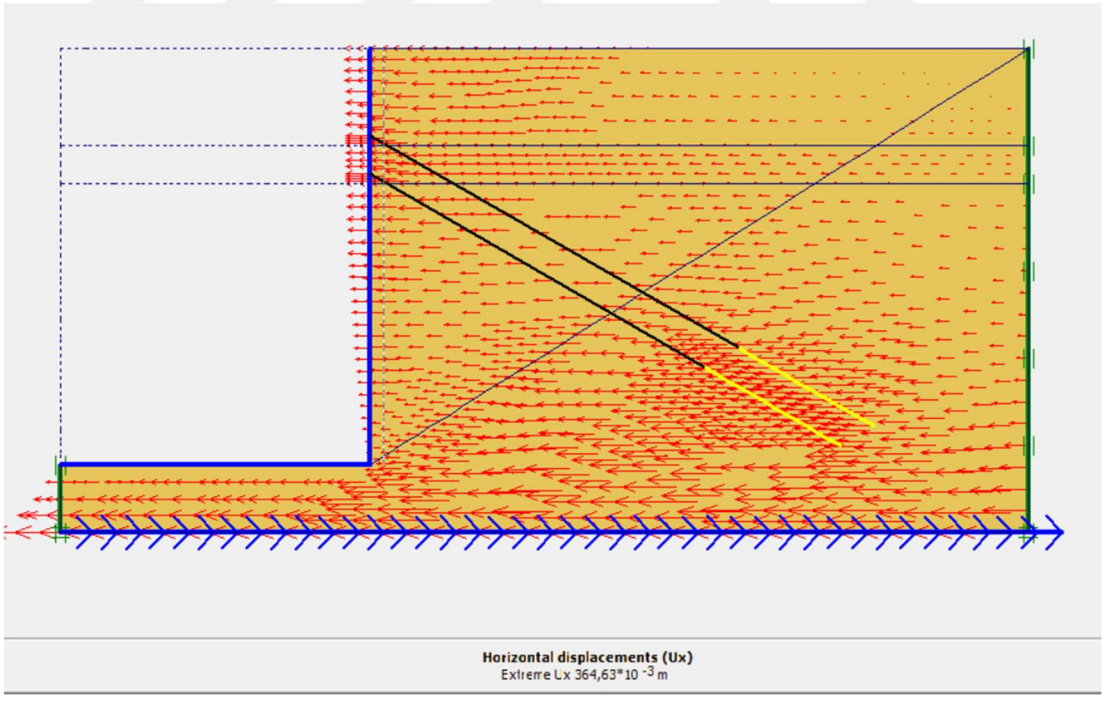
Şekil 7.369: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



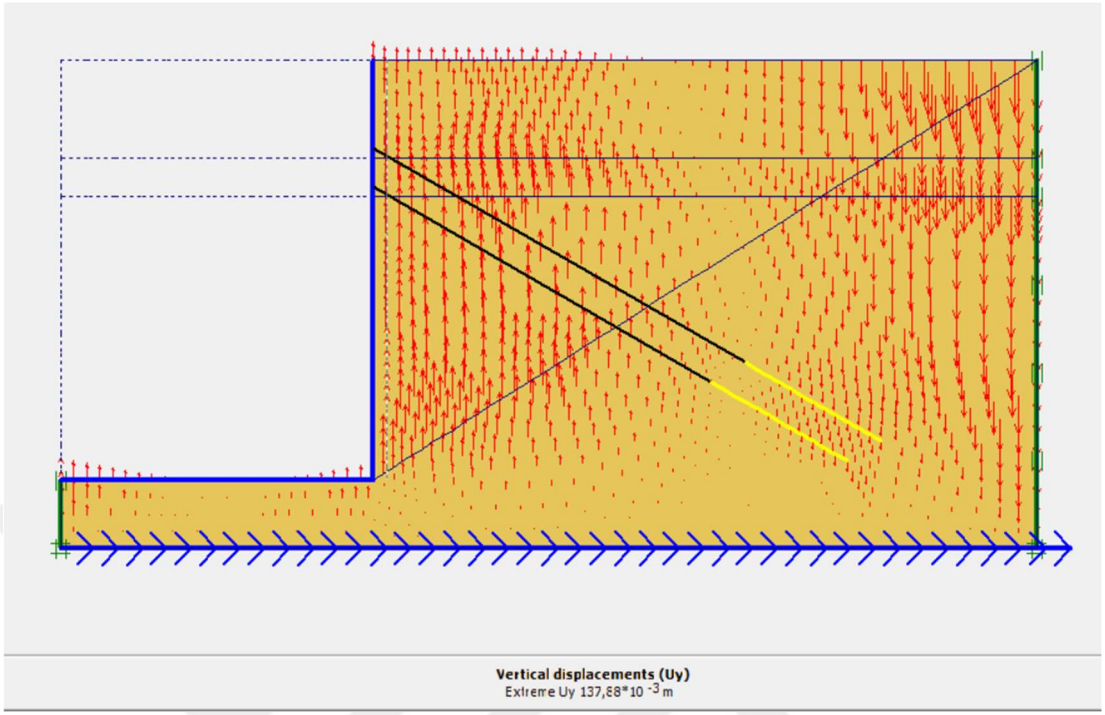
Şekil 7.370: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



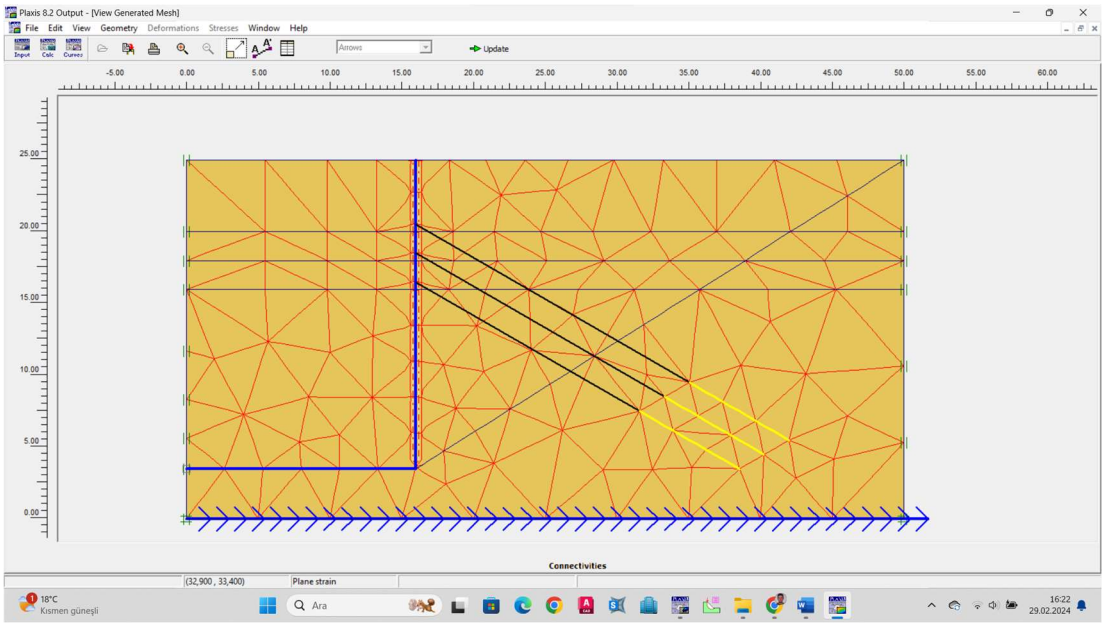
Şekil 7.371: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



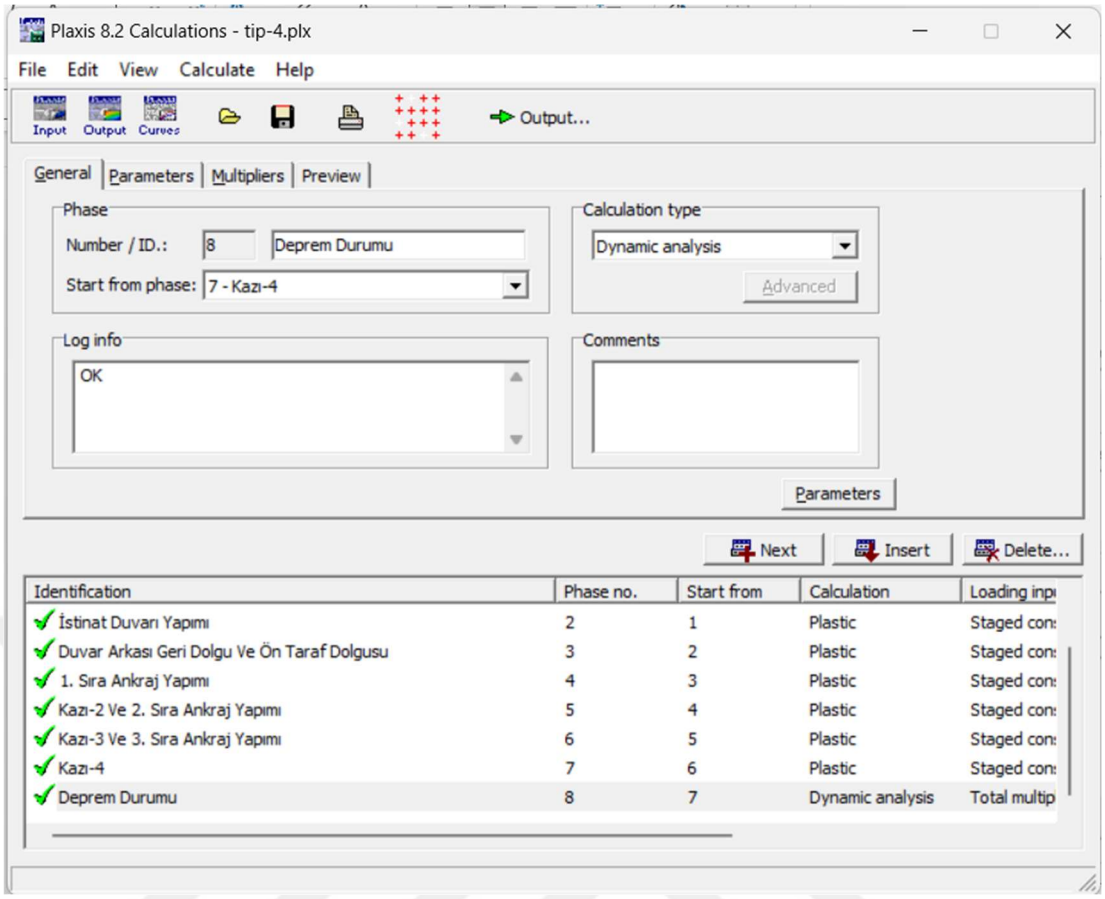
Şekil 7.372: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



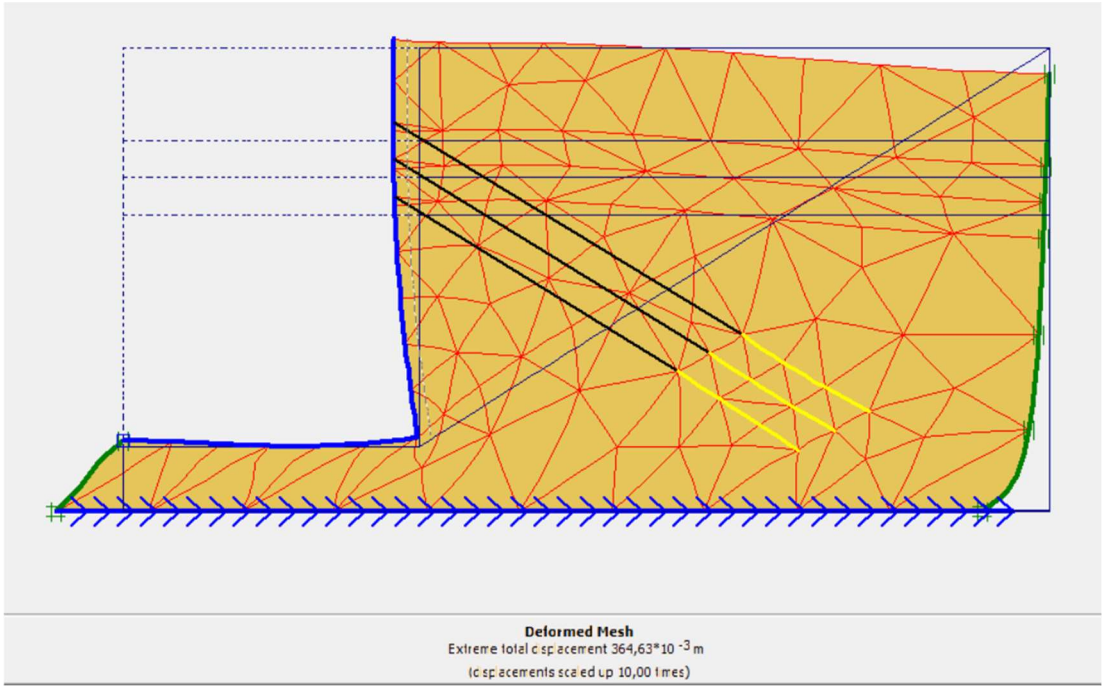
Şekil 7.373: Killi zemin etkisinde 2 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



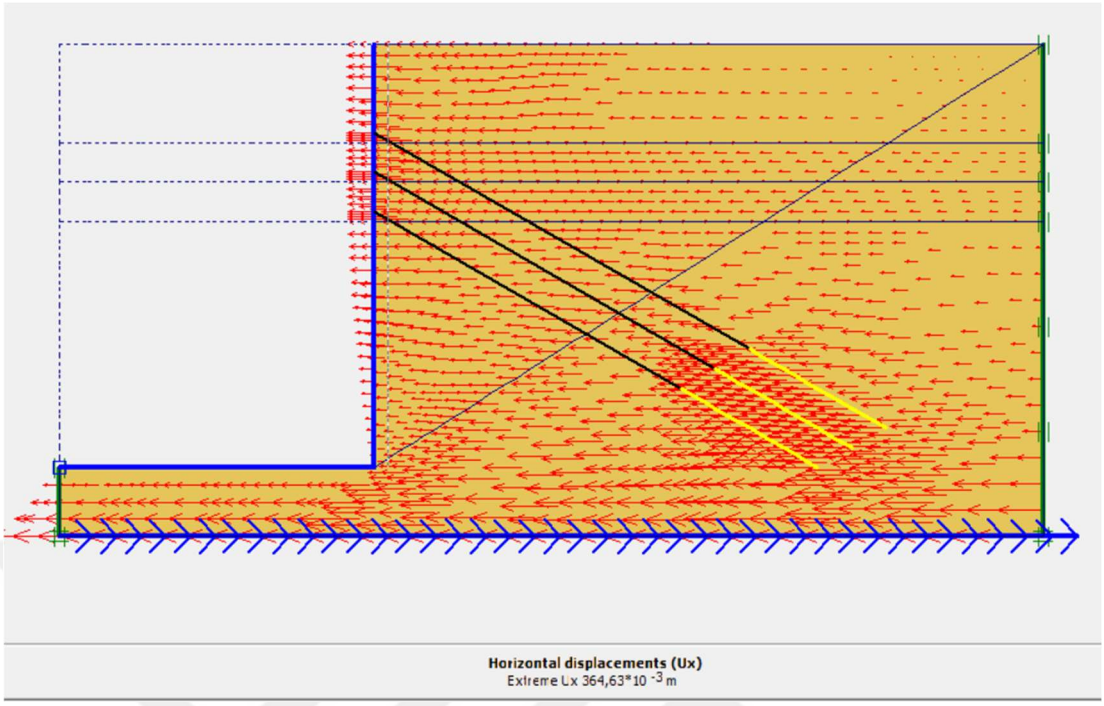
Şekil 7.374: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



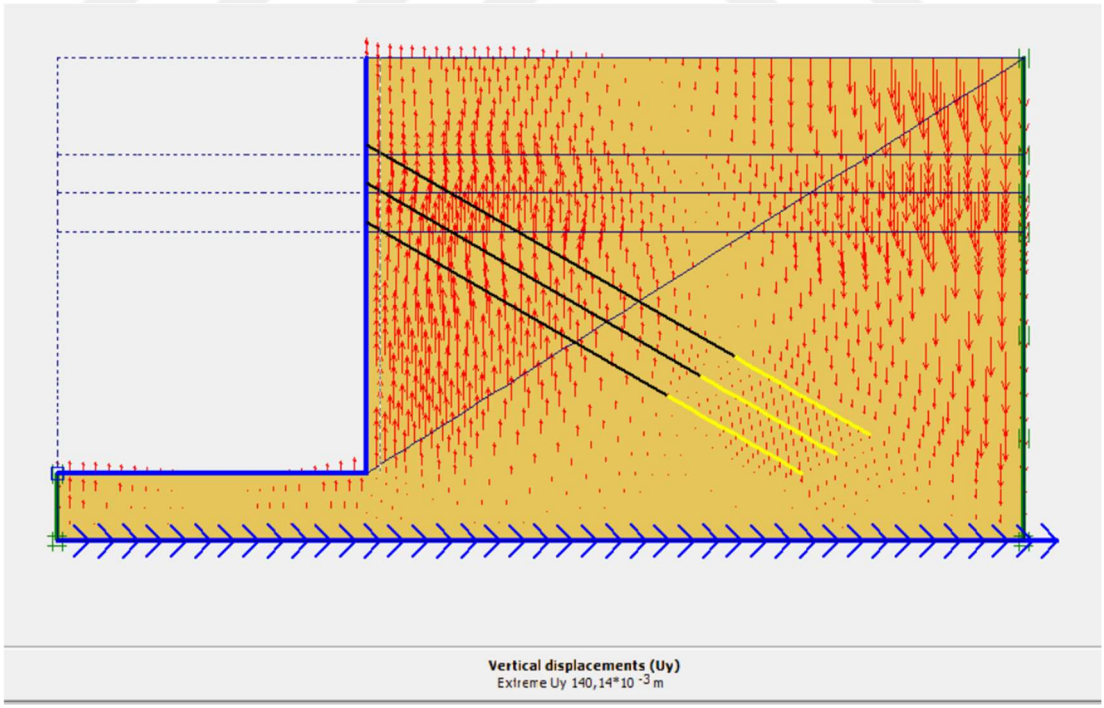
Şekil 7.375: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



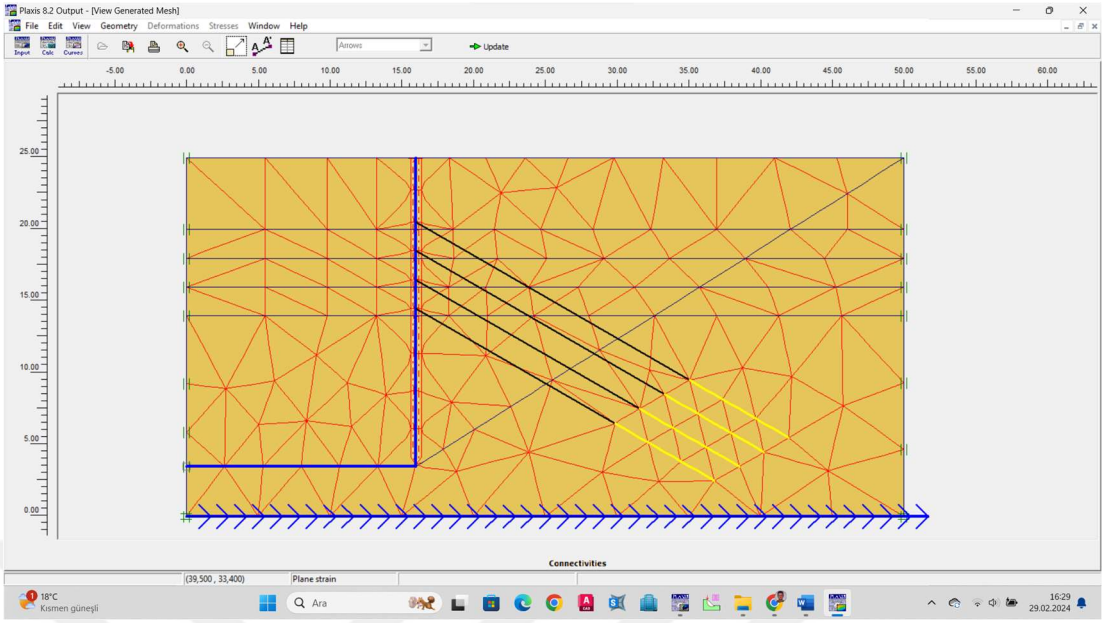
Şekil 7.376: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



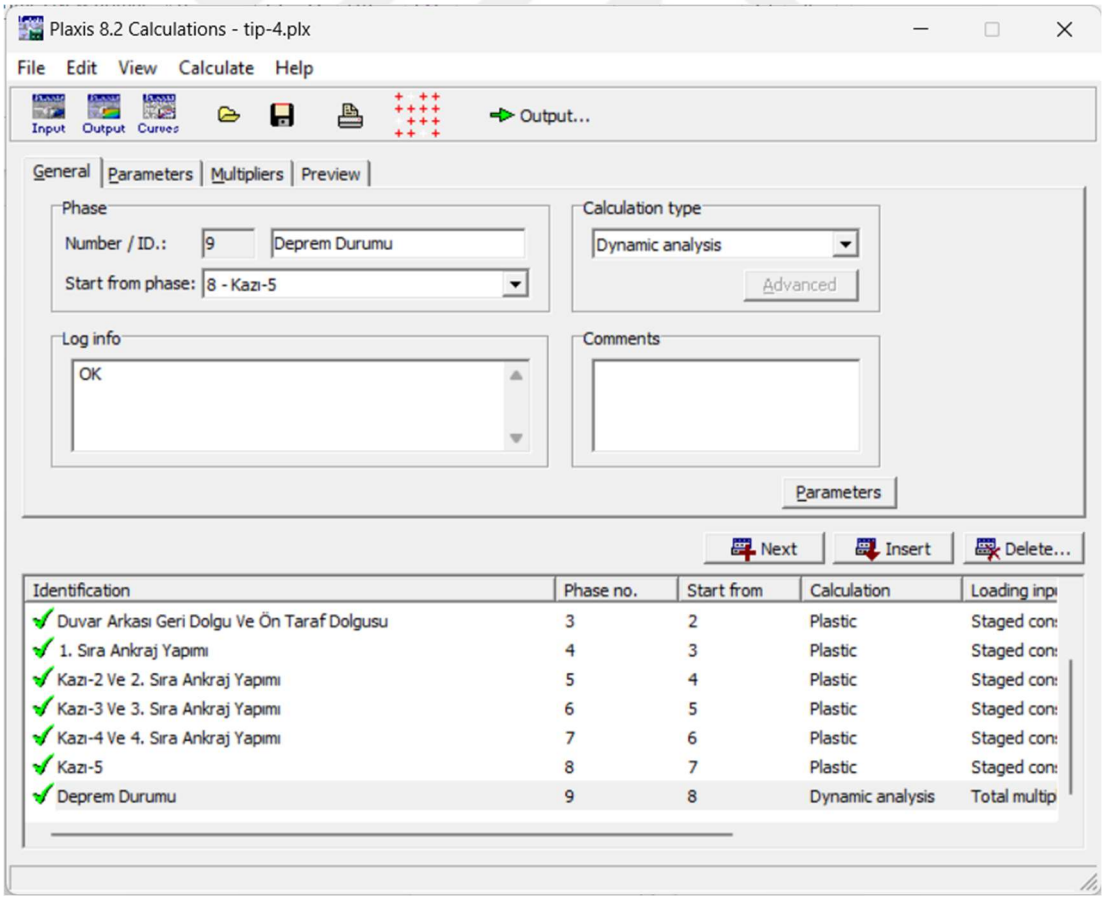
Şekil 7.377: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



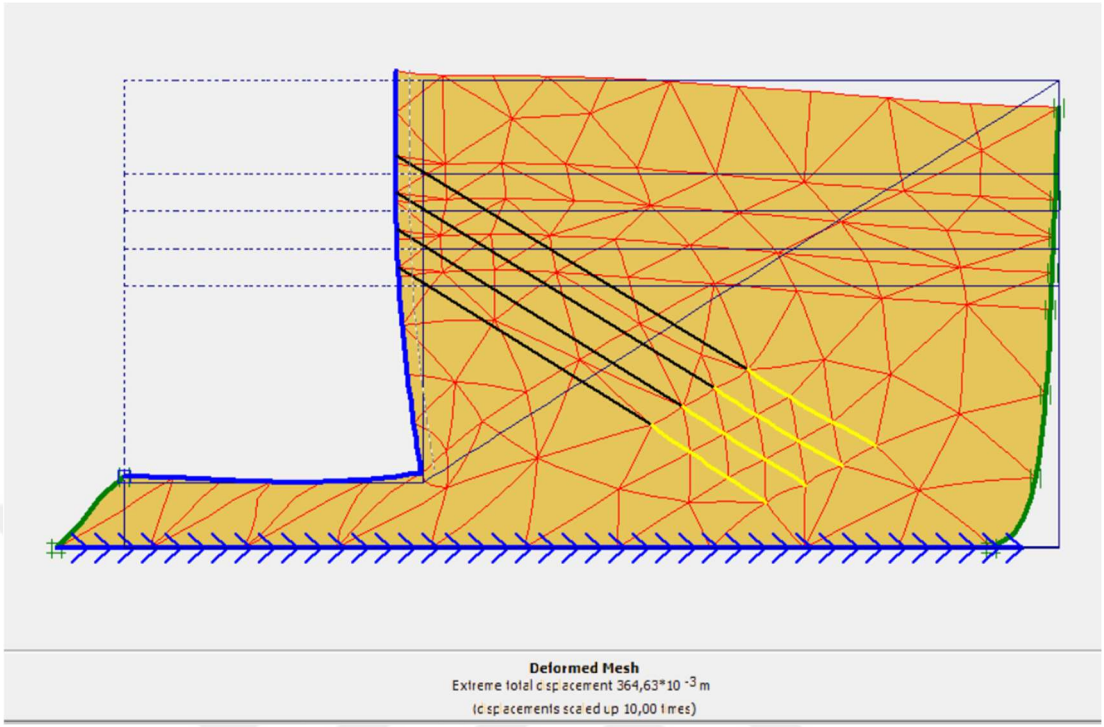
Şekil 7.378: Killi zemin etkisinde 3 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.



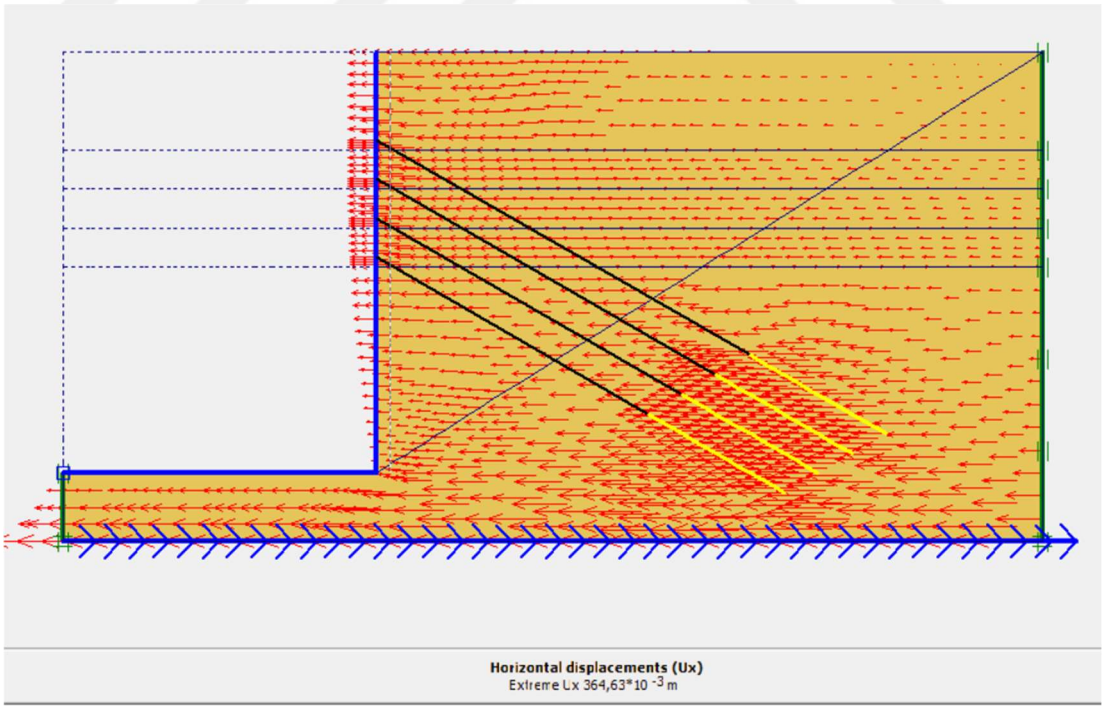
Şekil 7.379: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



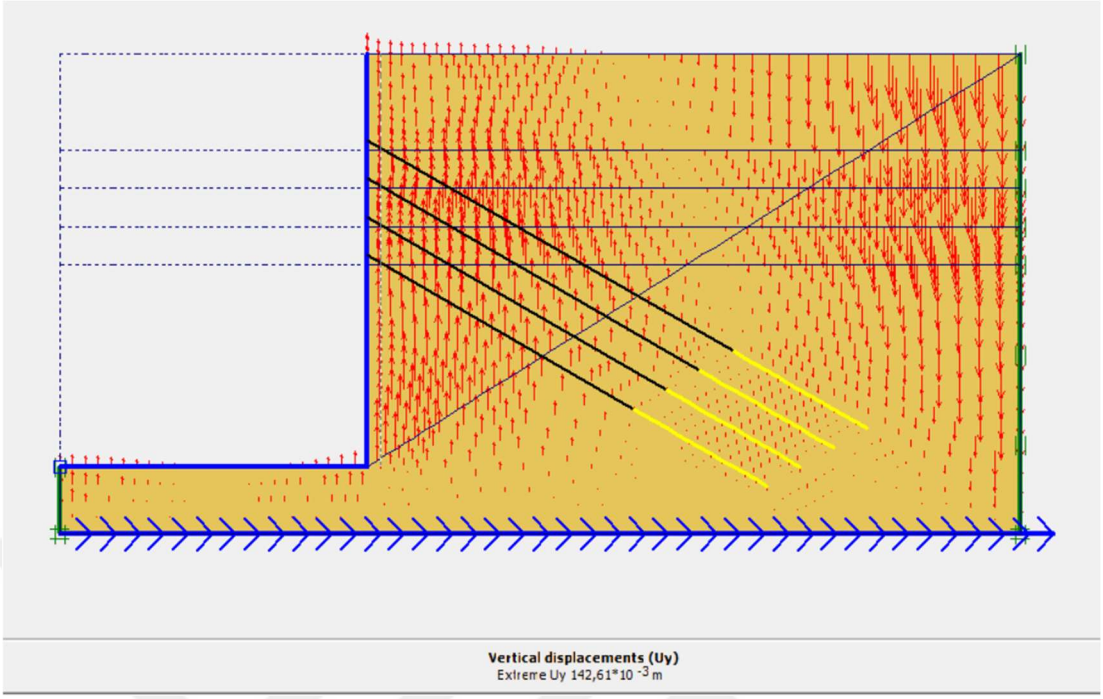
Şekil 7.380: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.381: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.

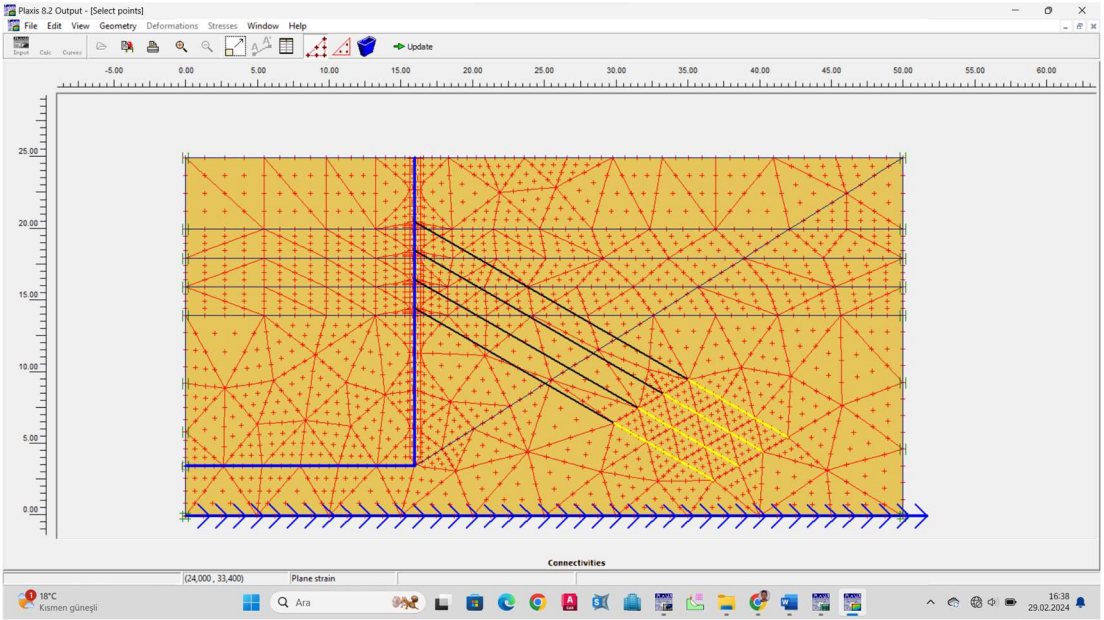


Şekil 7.382: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.

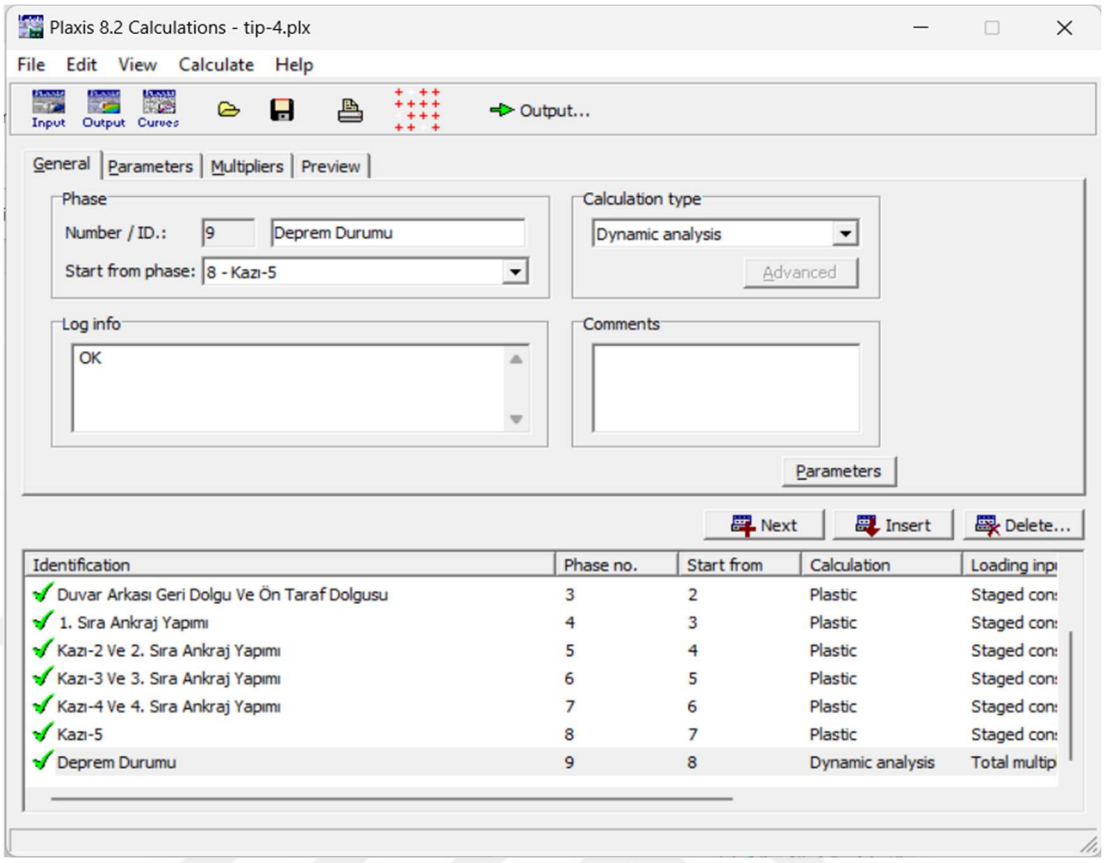


Şekil 7.383: Killi zemin etkisinde 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

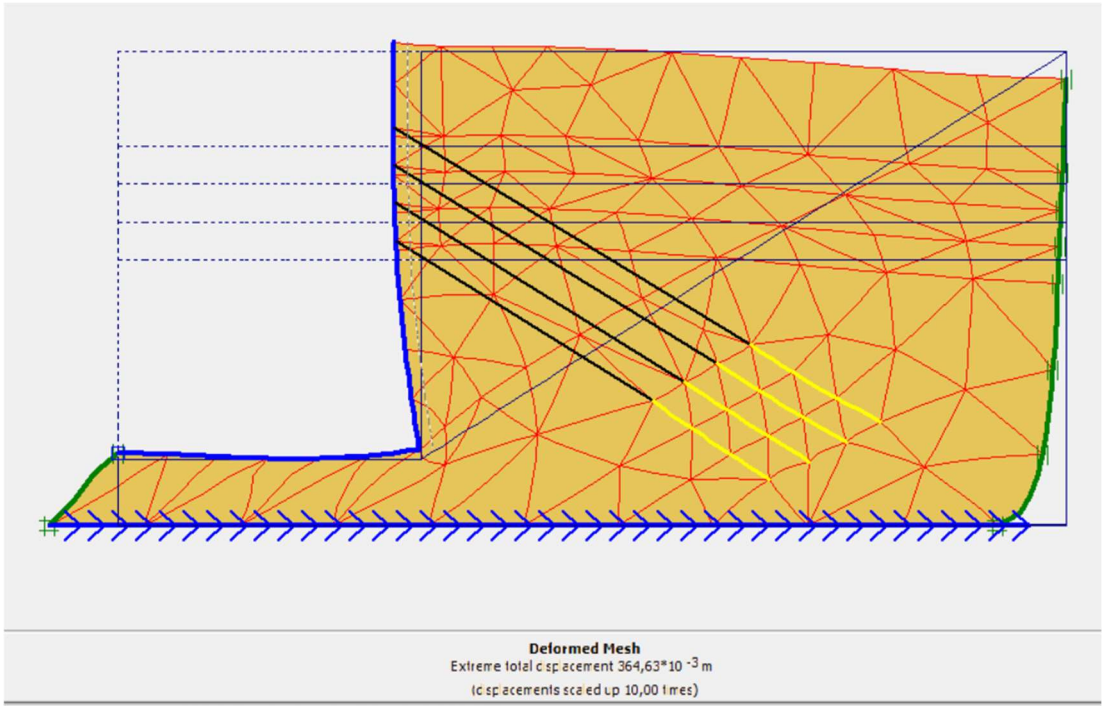
- 50 kN ön germeli ankraj durumunda;



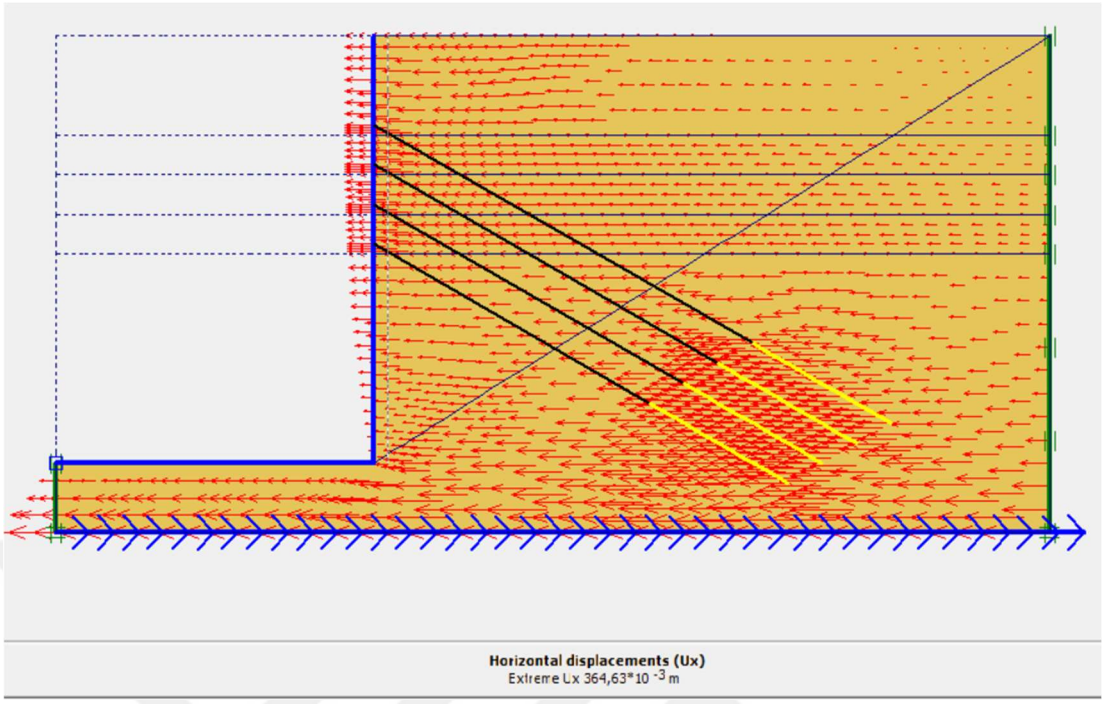
Şekil 7.384: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının plaxis analiz modeli.



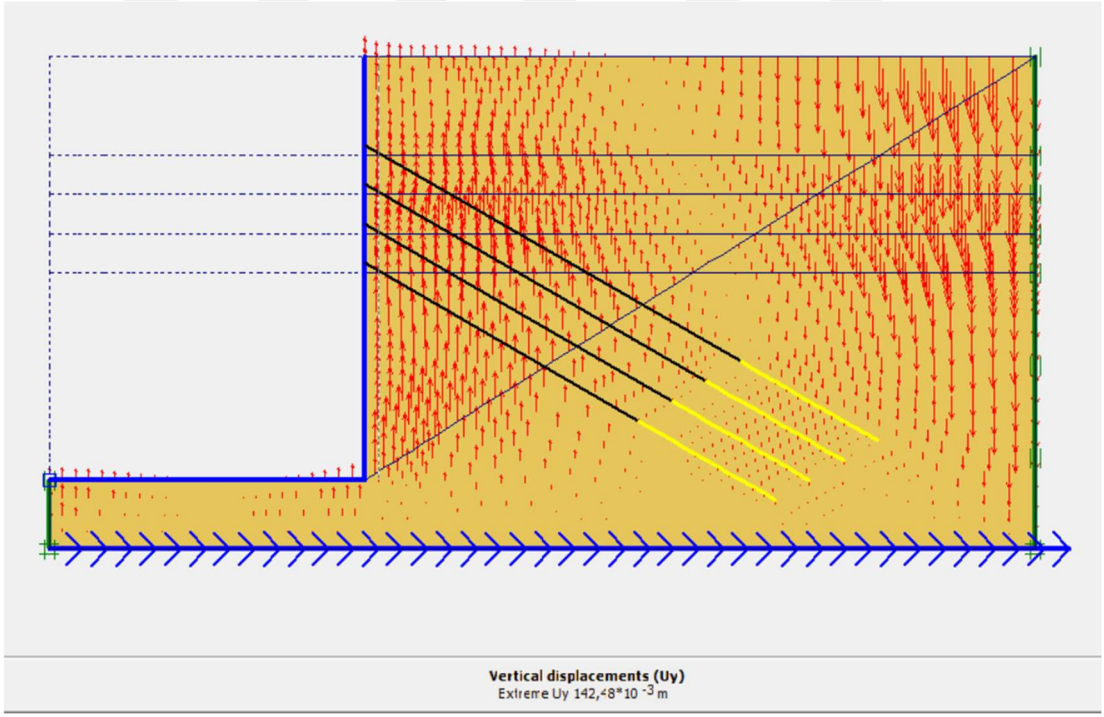
Şekil 7.385: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının analiz sonucunun güvenli olduğuna dair program görseli.



Şekil 7.386: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının toplam deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.387: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının yatay deplasmanına dair program görseli.



Şekil 7.388: Killi zemin etkisinde 50 kN ön germe 4 sıra ankrajlı TİP-4 istinat duvarının düşey deplasmanına dair program görseli.

7.2 Slide Programı Analiz Sonuçları

Şev stabilite analizi için "Slide" programı kullanılmış olup statik ve dinamik analiz olmak üzere iki başlık altında değerlendirilmiştir. Analiz sonucu çıkan güvenlik katsayıları Şekil 7.389'deki kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Kullanılan Parametre / Şartlar / Cinsi	Drenajsız Kayma Dayanım Parametreleri	Efektif Kayma Dayanım Parametreleri
Uzun dönem (statik)	-	1.3
Uzun dönem (deprem) (H>10 m. için)	-	1.1
Kısa dönem (statik)	1.3	-

Şekil 7.389: Yarma şevleri için stabilite güvenlik sayıları kriterleri [23].

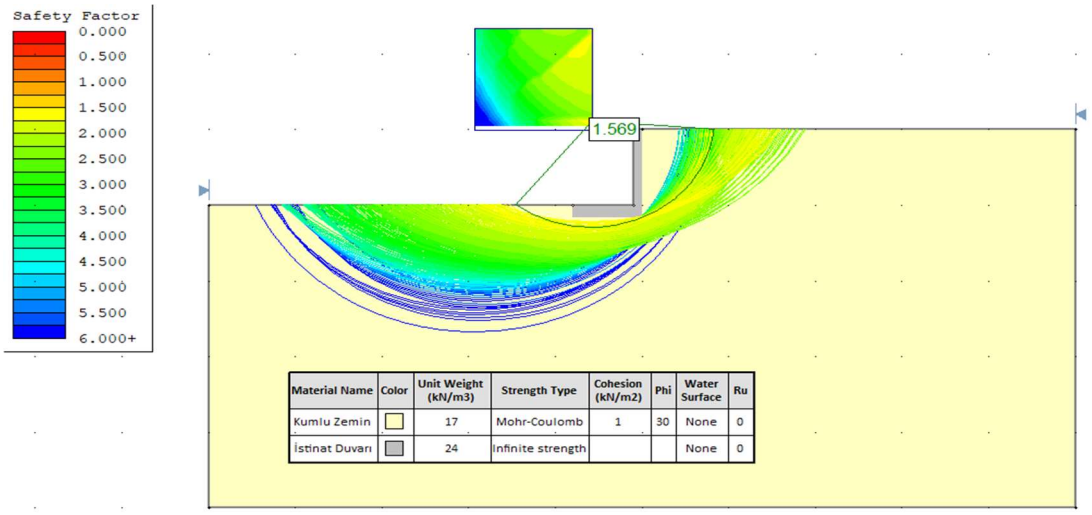
7.2.1 Statik analiz sonuçları

Sonuçlar, TİP-1, TİP-2, TİP-3 ve TİP-4 istinat duvarı olmak üzere dört başlık altında değerlendirilmiştir.

7.2.1.1 TİP-1 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

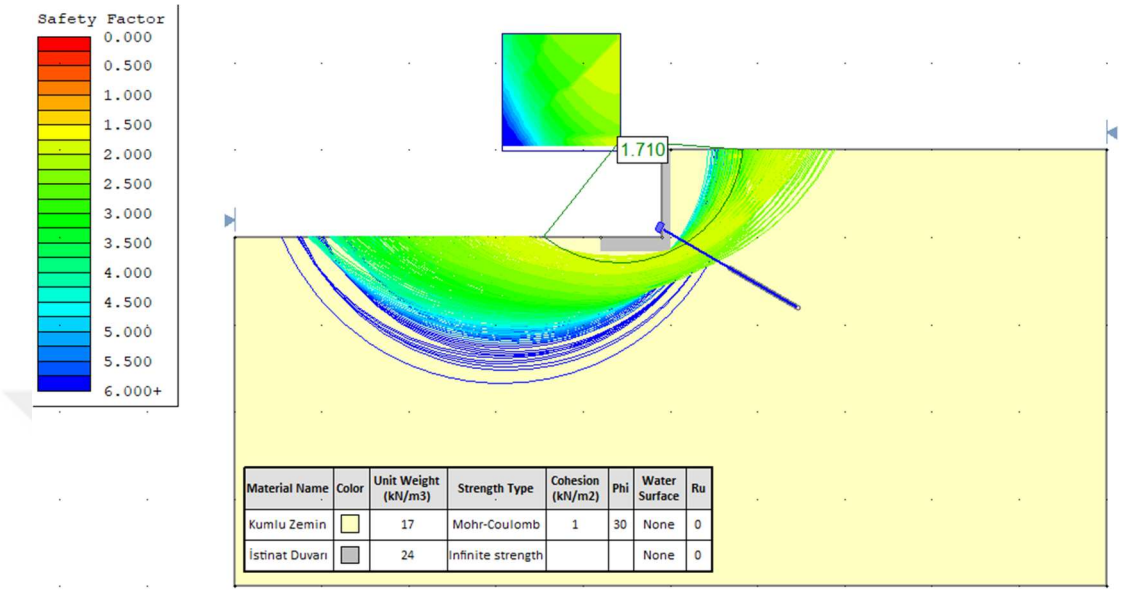
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



Şekil 7.390: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

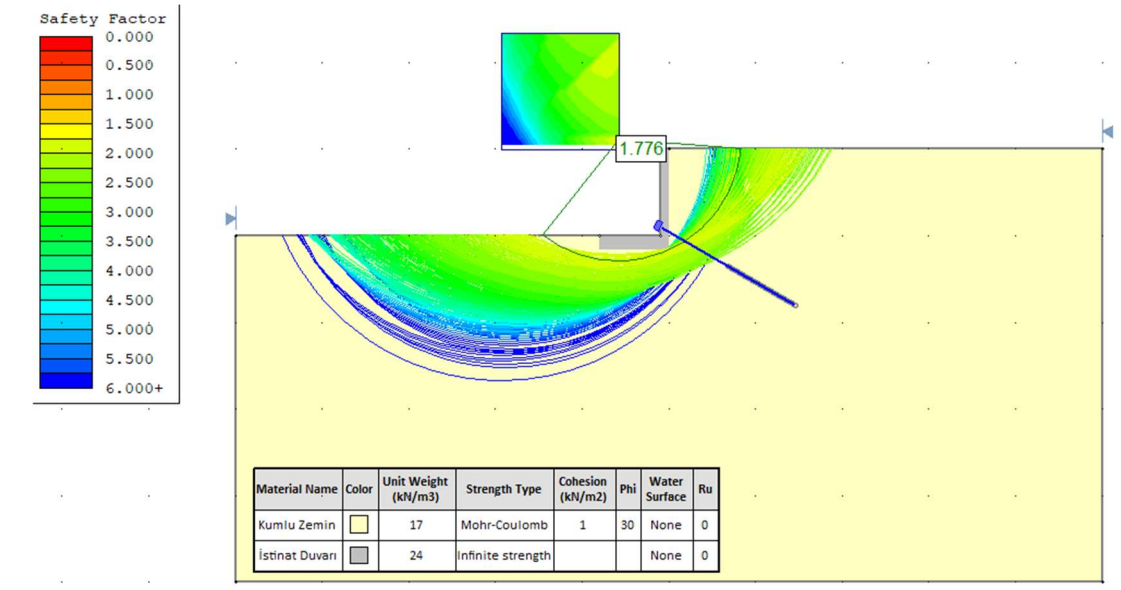
Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

- Pasif ankraj durumunda;



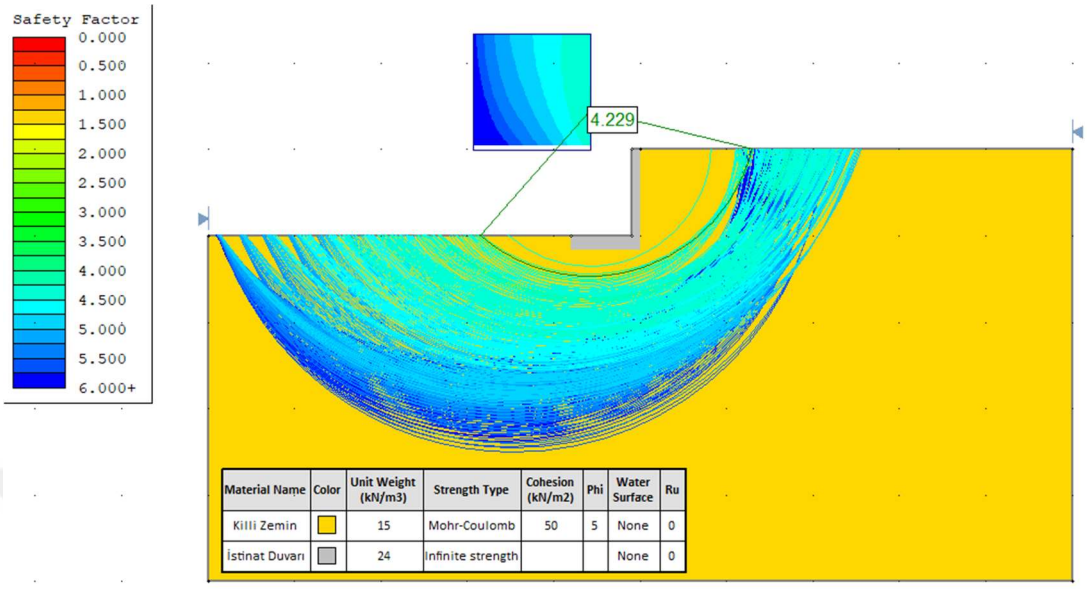
Şekil 7.391: Kumlu zemin etkisinde pasif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

- Aktif ankraj durumunda;



Şekil 7.392: Kumlu zemin etkisinde aktif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

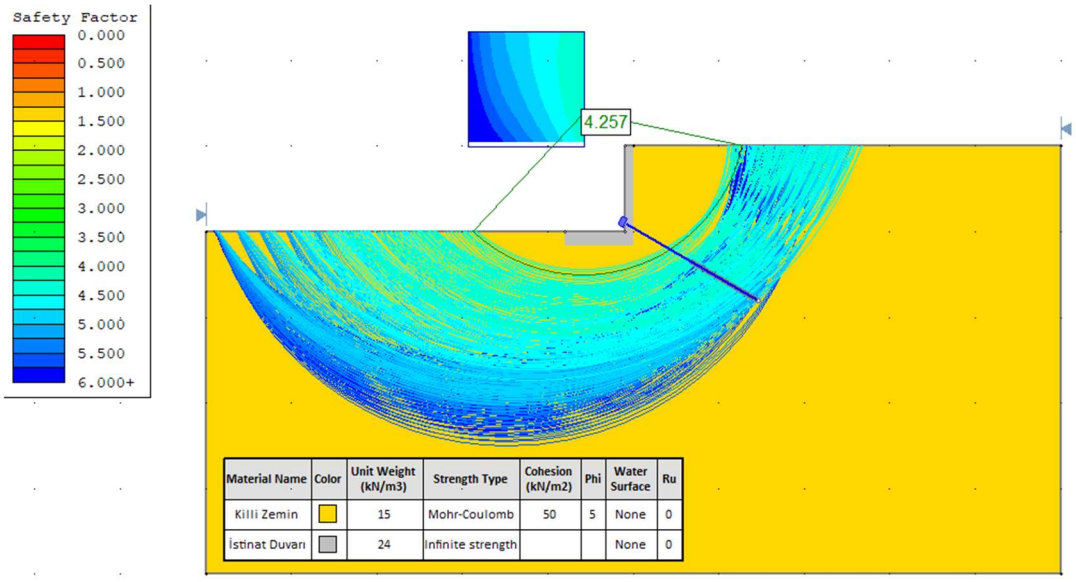
Ankrajsız killi zemin durumunda;



Şekil 7.393: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

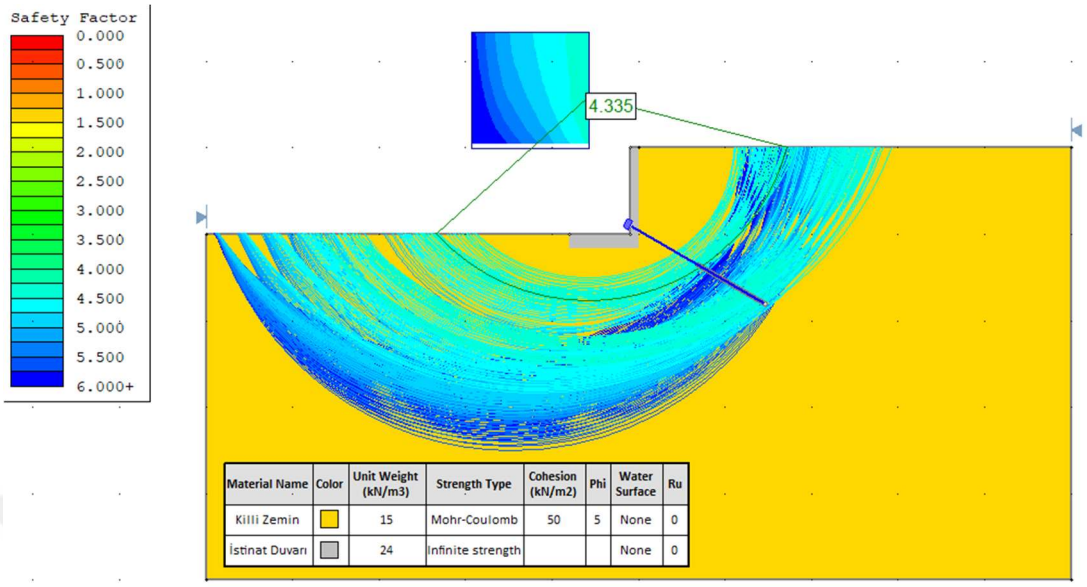
Ankrajlı killi zemin durumunda;

- Pasif Ankraj Durumunda;



Şekil 7.394: Killi zemin etkisinde pasif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

- Aktif ankraj durumunda;

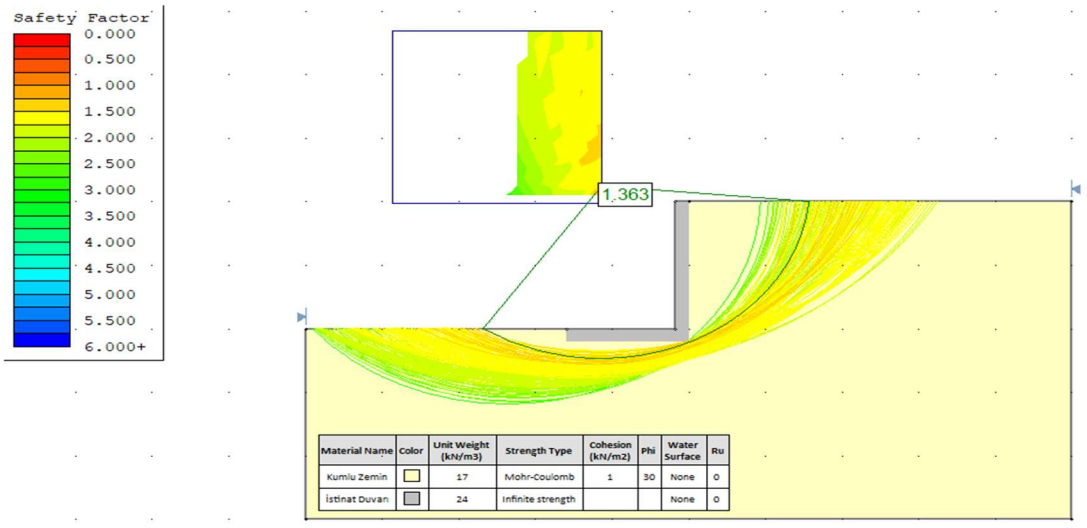


Şekil 7.395: Killi zemin etkisinde aktif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

7.2.1.2 TİP-2 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

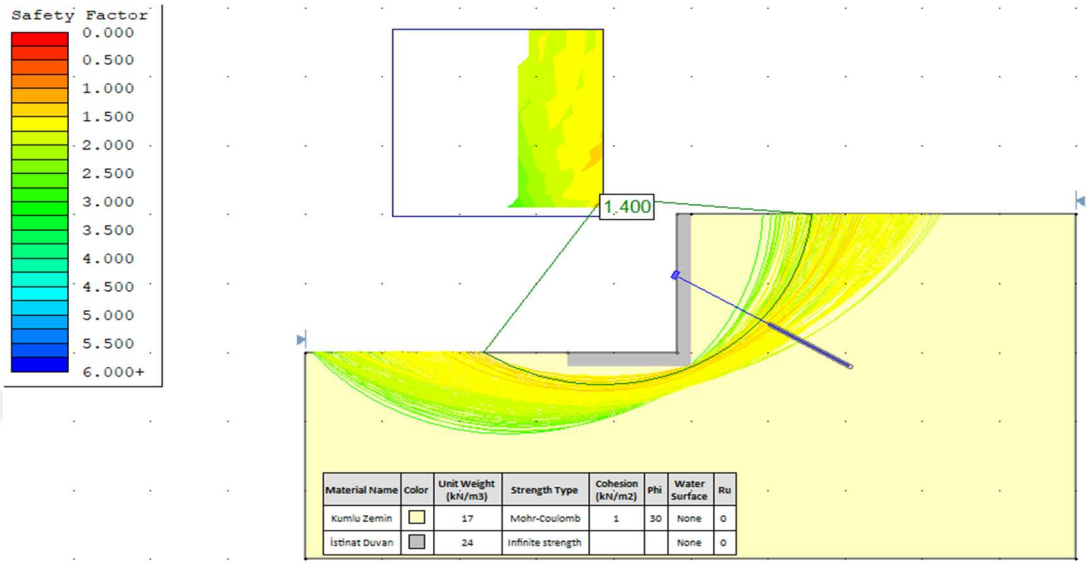
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



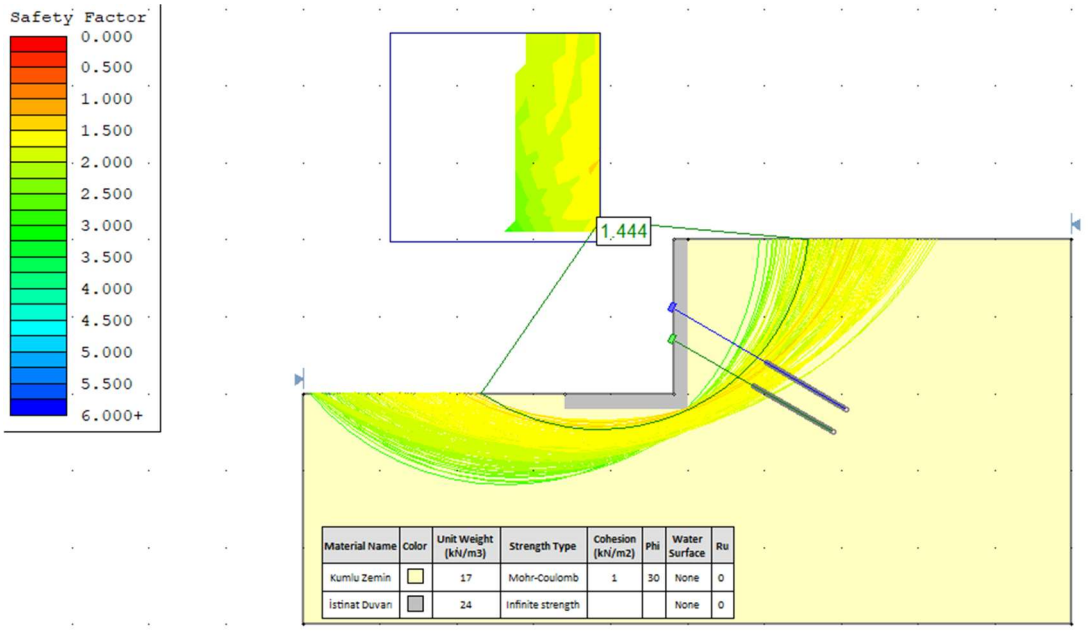
Şekil 7.396: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

- Pasif ankraj durumunda;

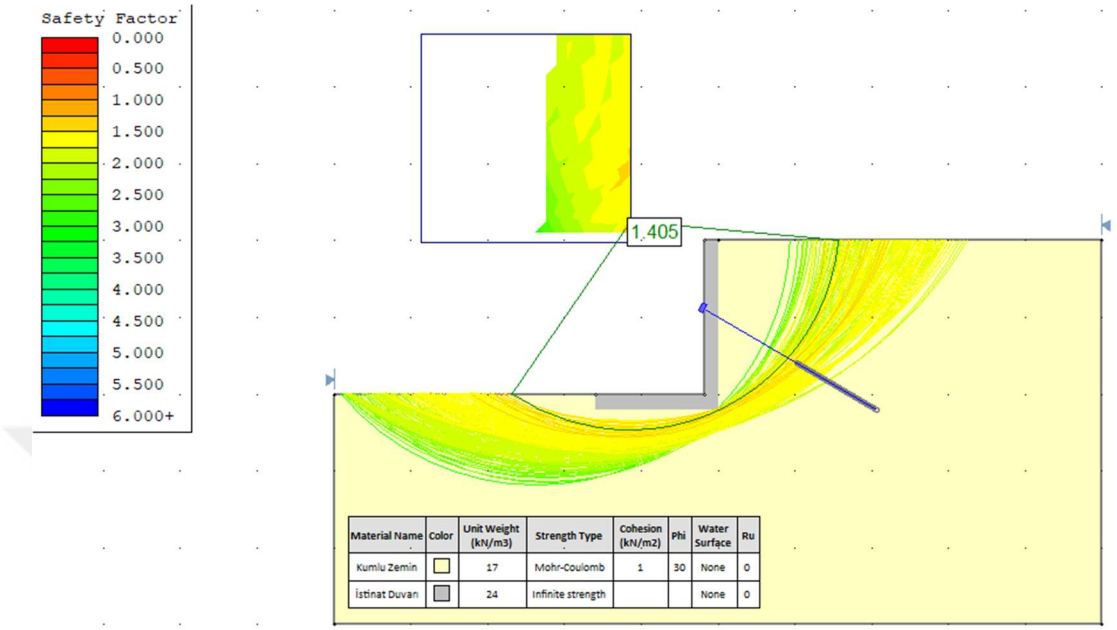


Şekil 7.397: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

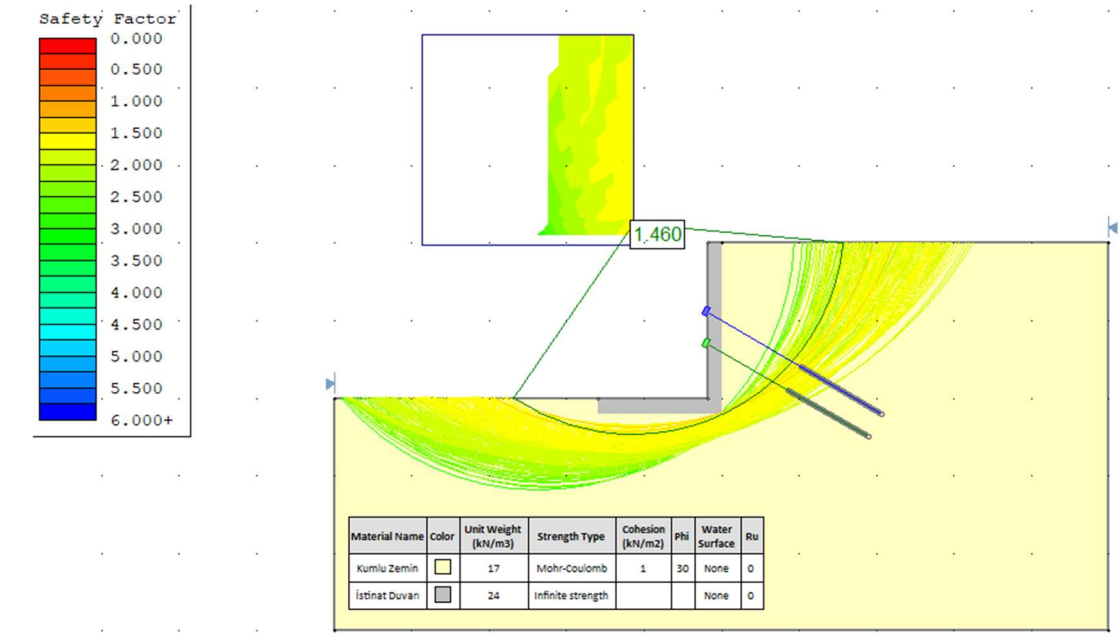


Şekil 7.398: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

- Aktif ankraj durumunda;

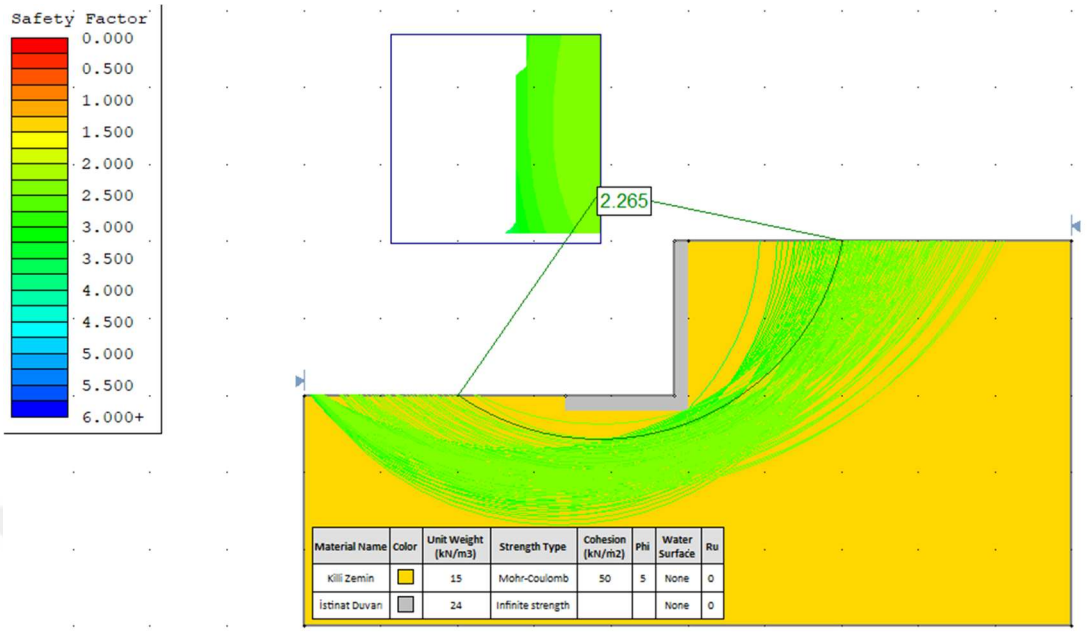


Şekil 7.399: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.400: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

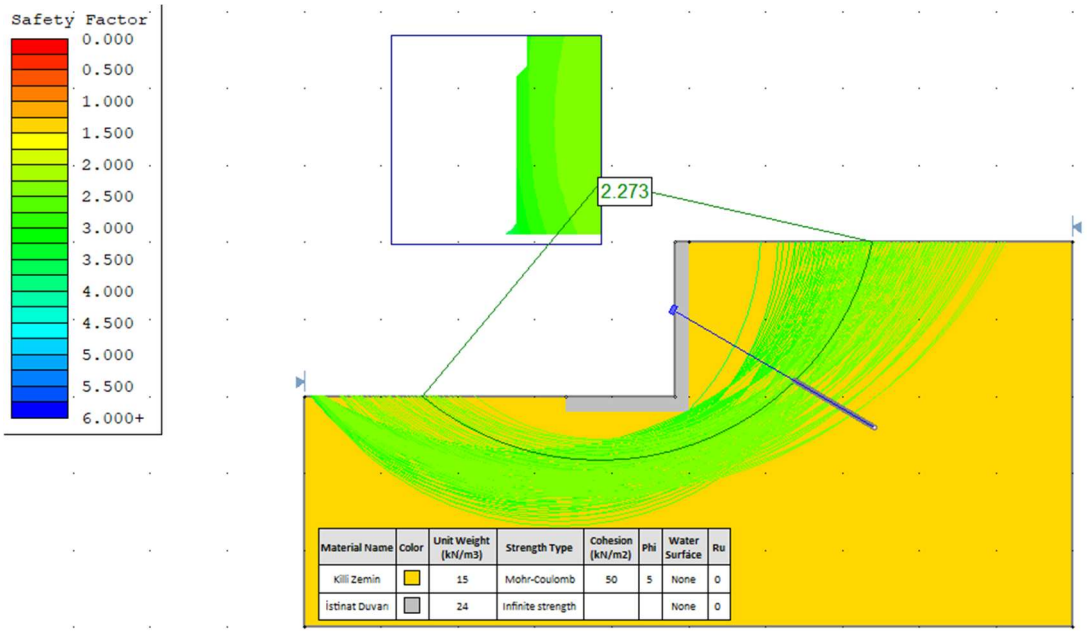
Ankrajsız killi zemin durumunda;



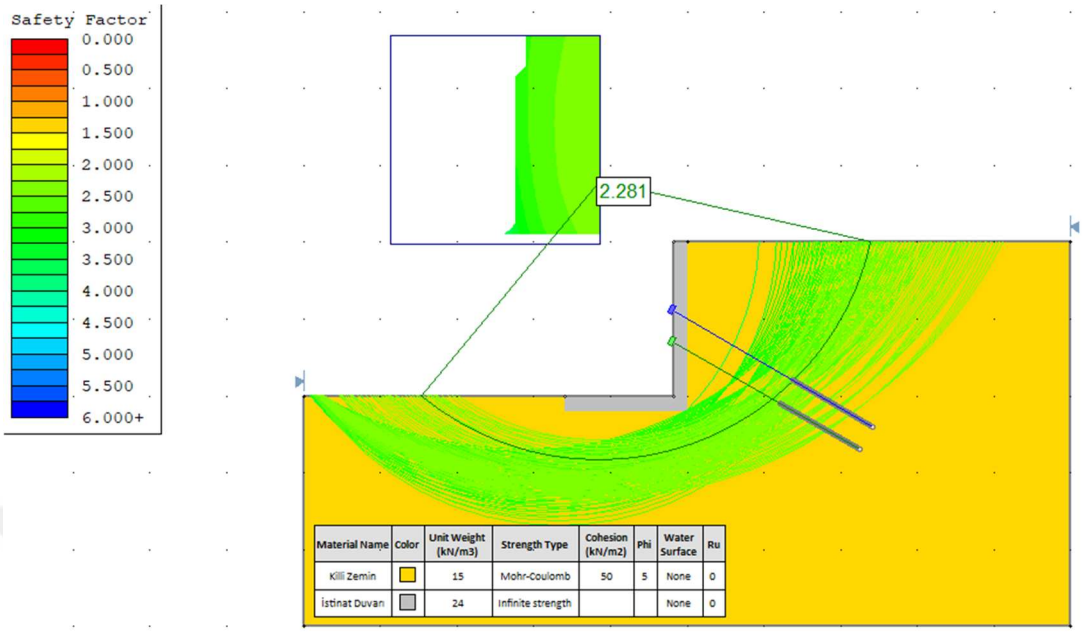
Şekil 7.401: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

- Pasif ankraj durumunda;

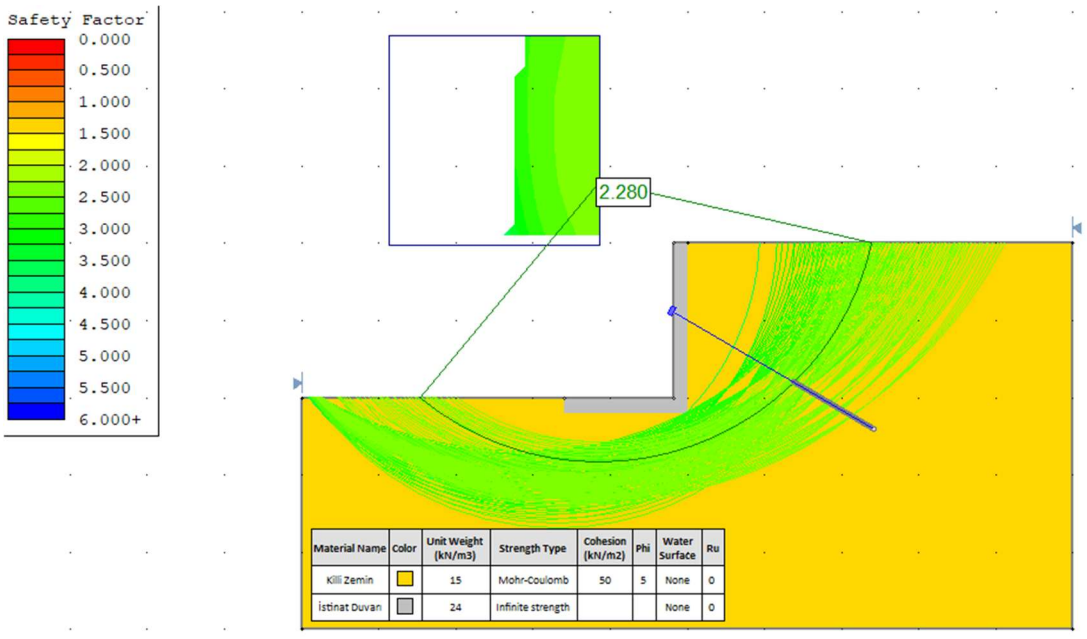


Şekil 7.402: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

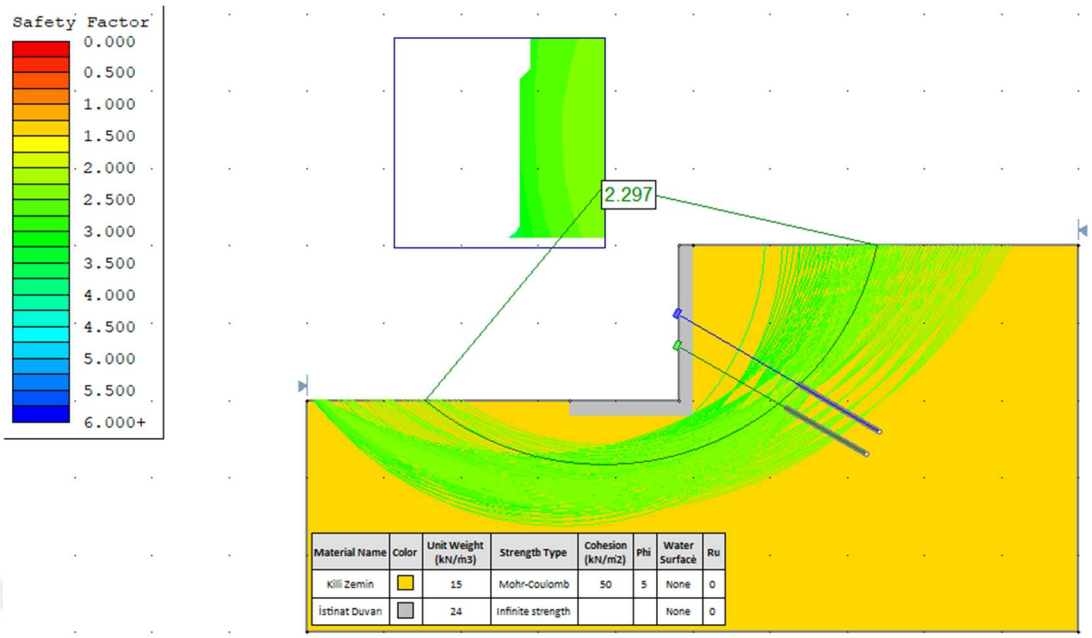


Şekil 7.403: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

- Aktif Ankraj Durumunda;



Şekil 7.404: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

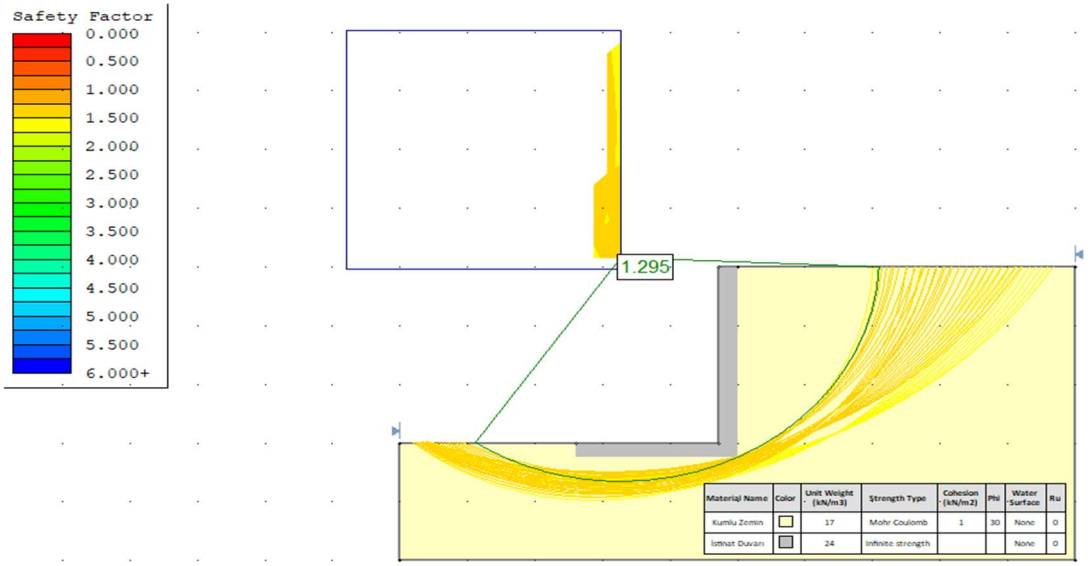


Şekil 7.405: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

7.2.1.3 TİP-3 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

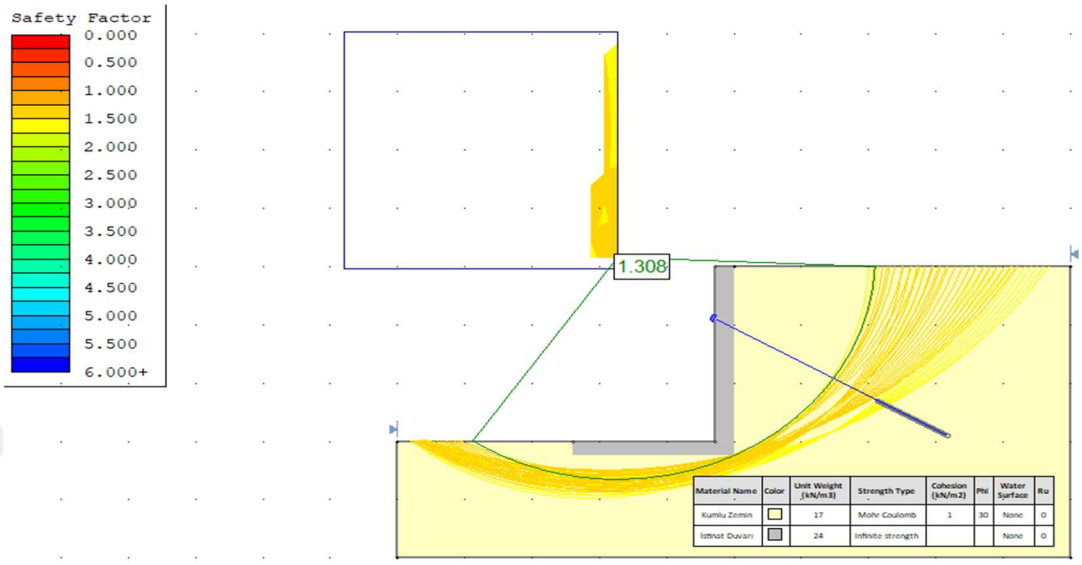
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



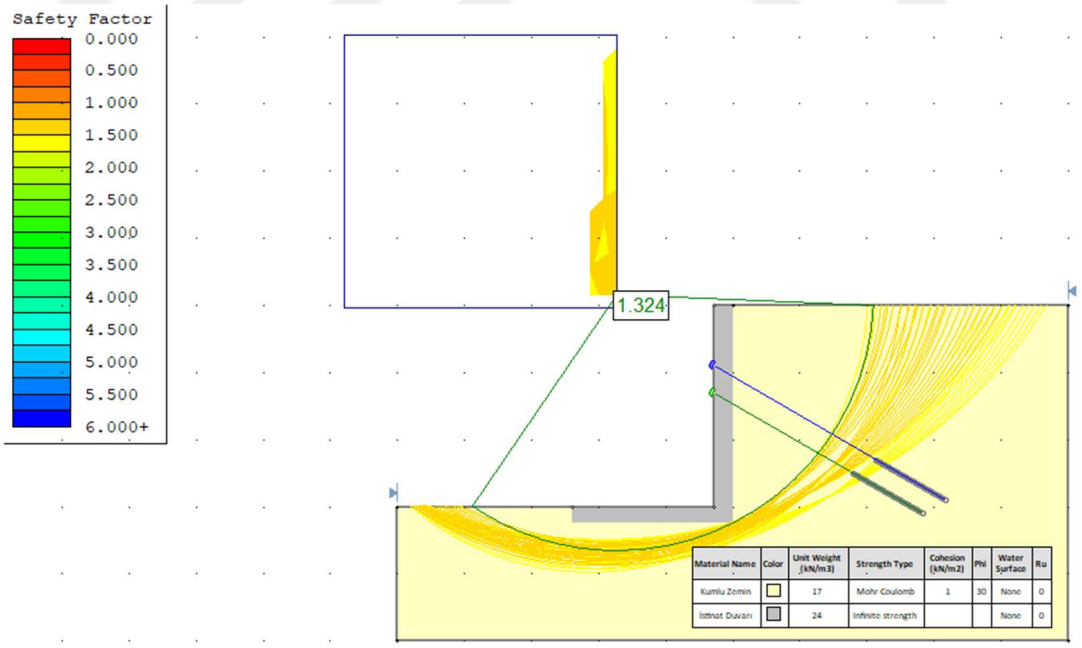
Şekil 7.406: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

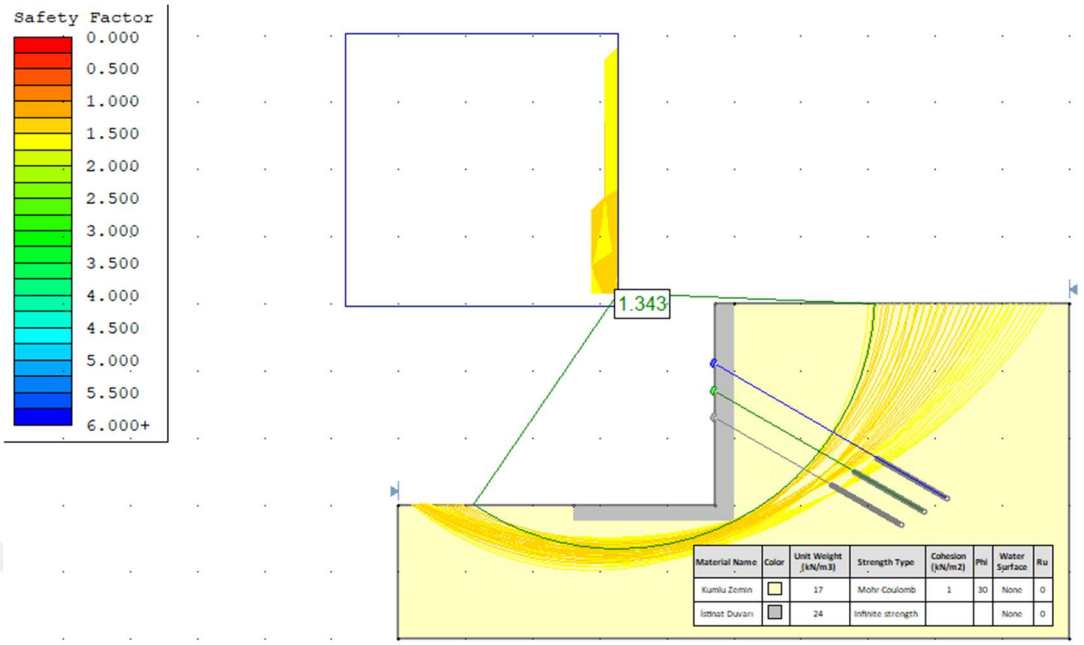
- Pasif ankraj durumunda;



Şekil 7.407: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

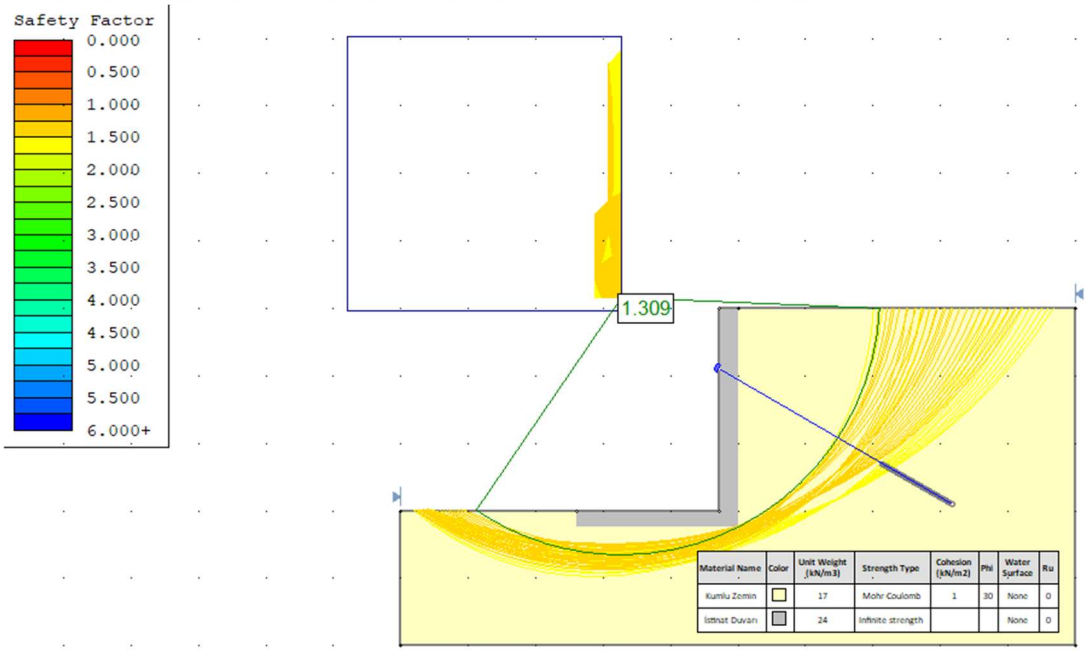


Şekil 7.408: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

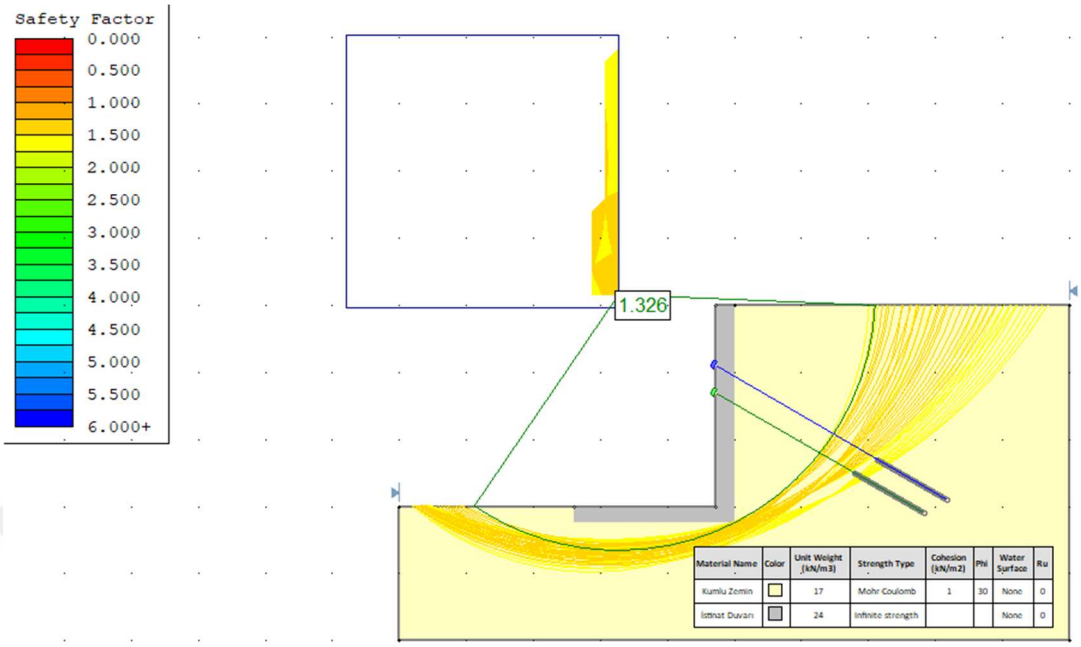


Şekil 7.409: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

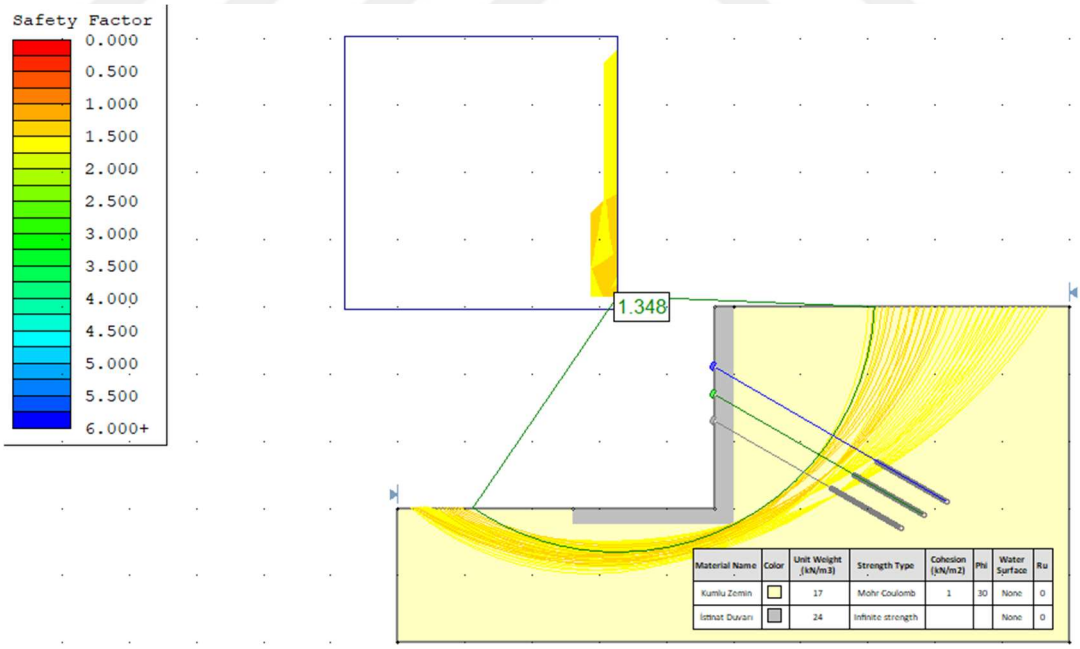
- Aktif ankraj durumunda;



Şekil 7.410: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

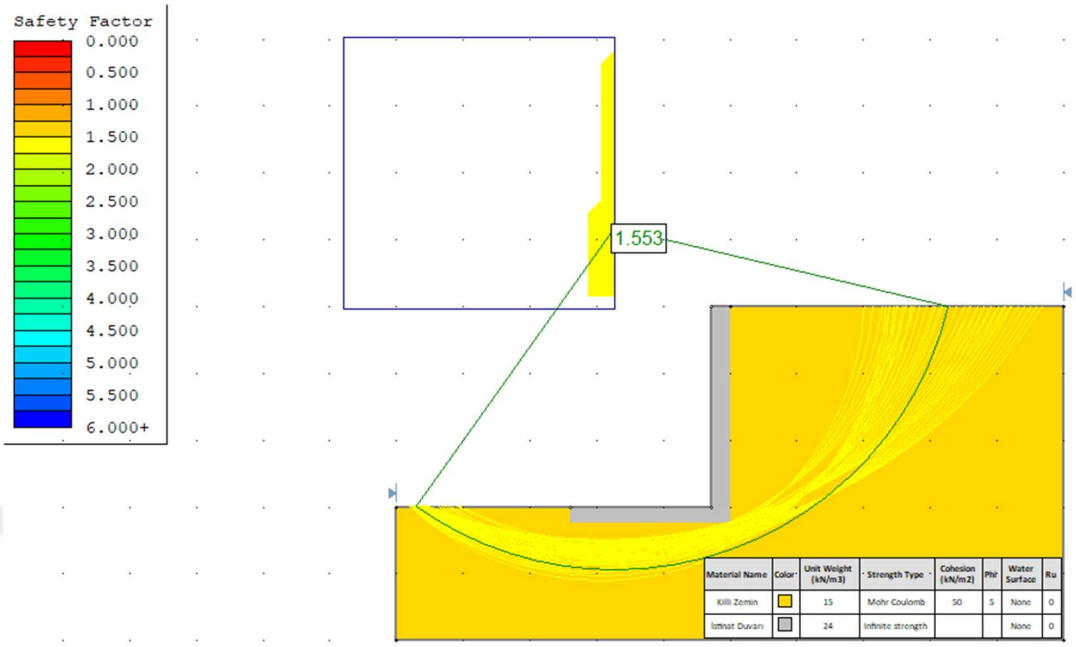


Şekil 7.411: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.412: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

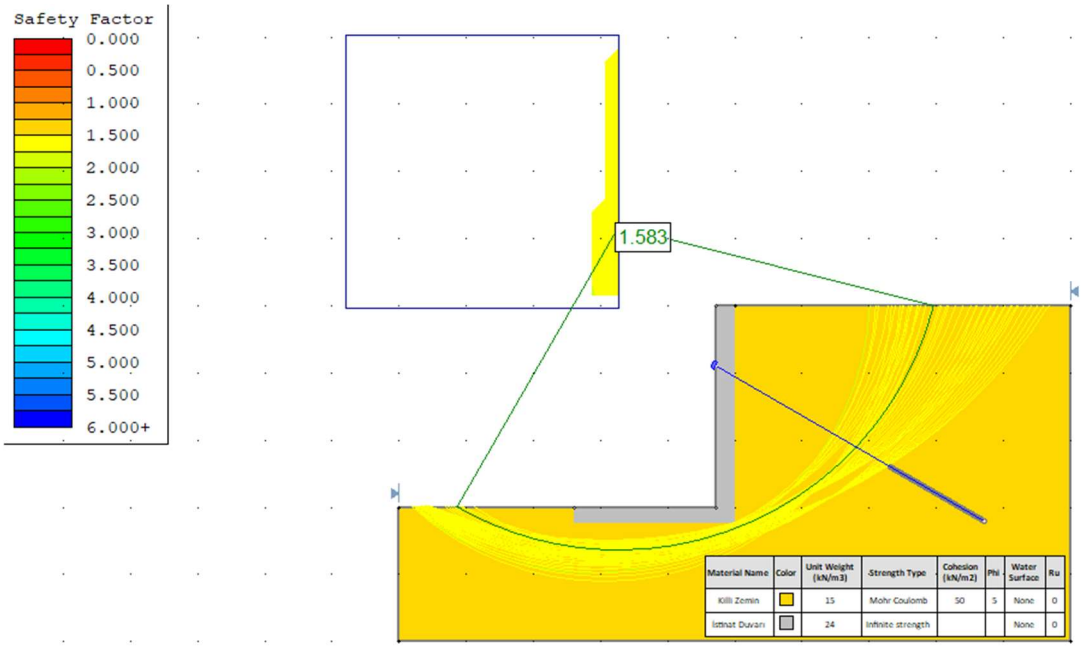
Ankrajsız killi zemin durumunda;



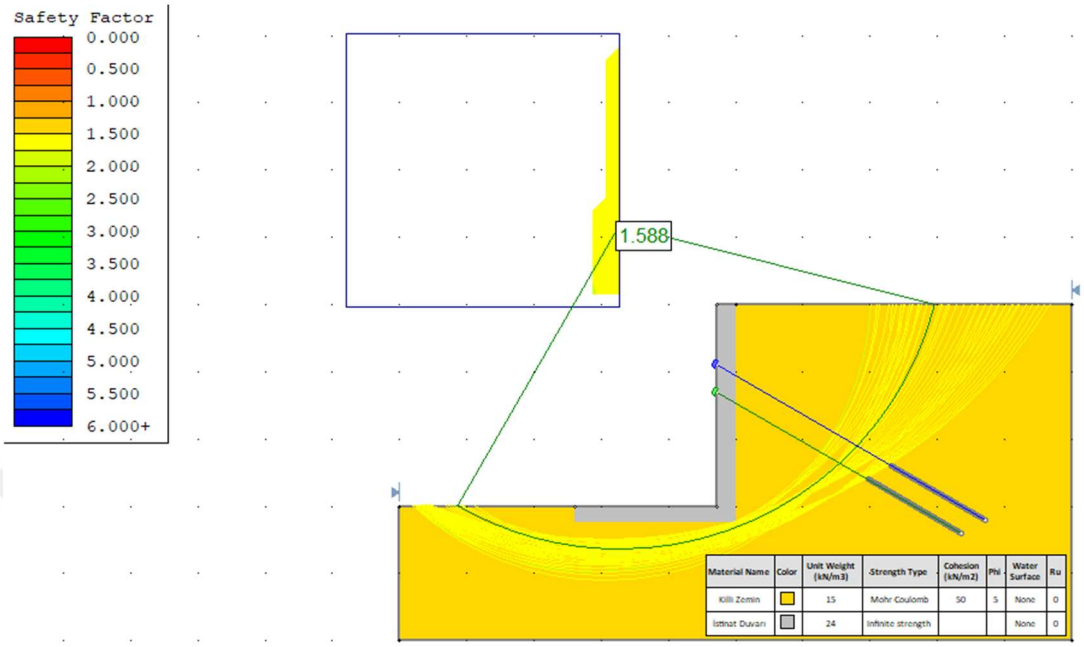
Şekil 7.413: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

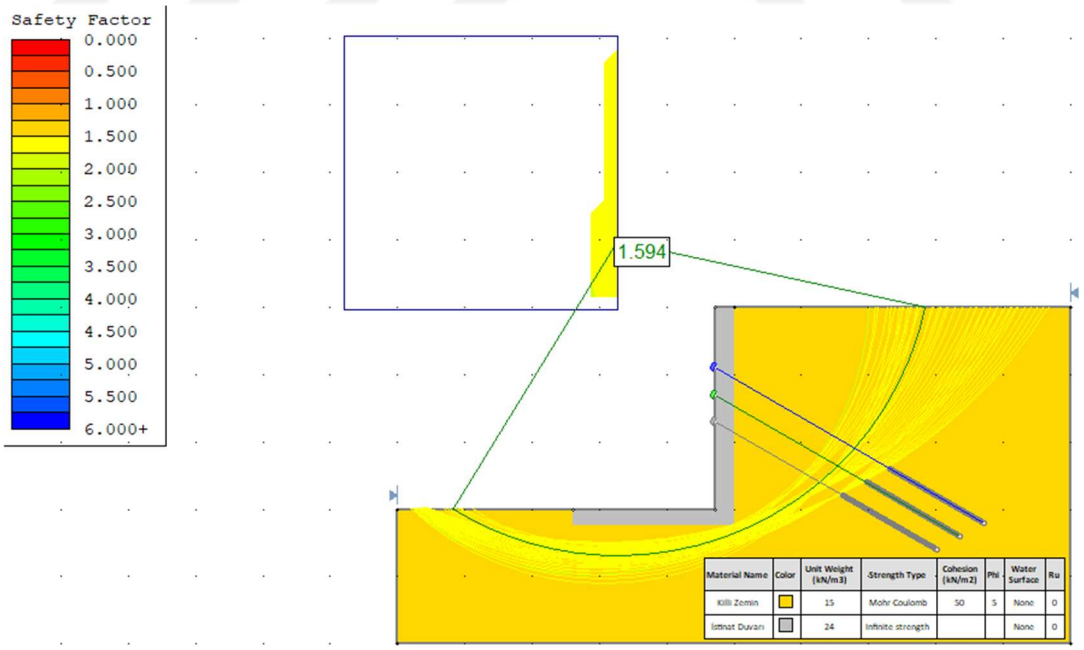
- Pasif ankraj durumunda;



Şekil 7.414: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

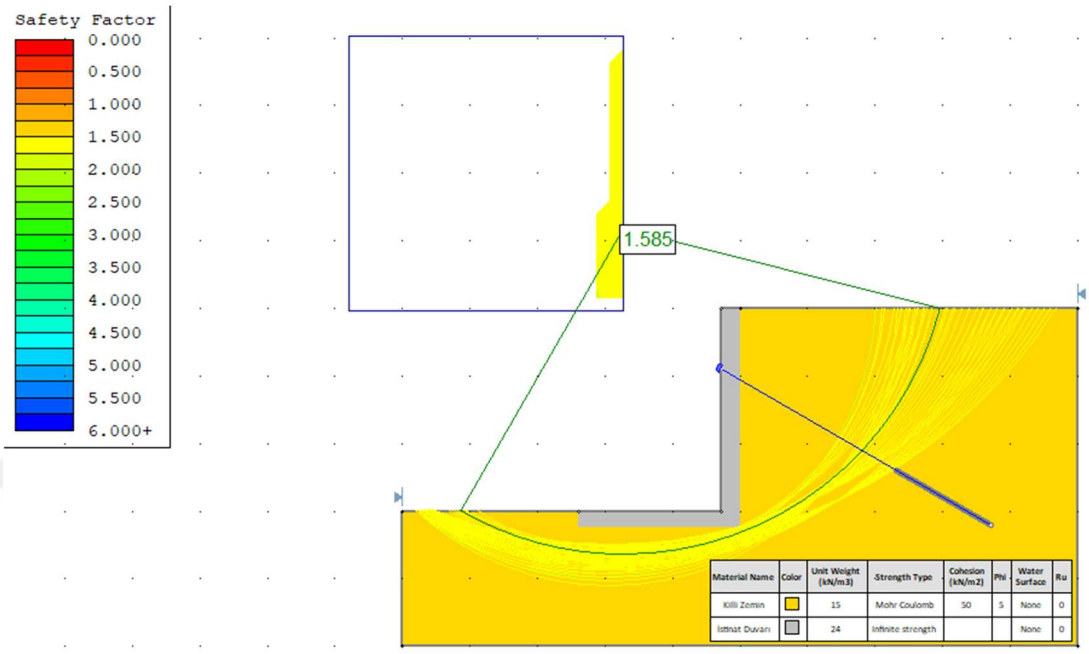


Şekil 7.415: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

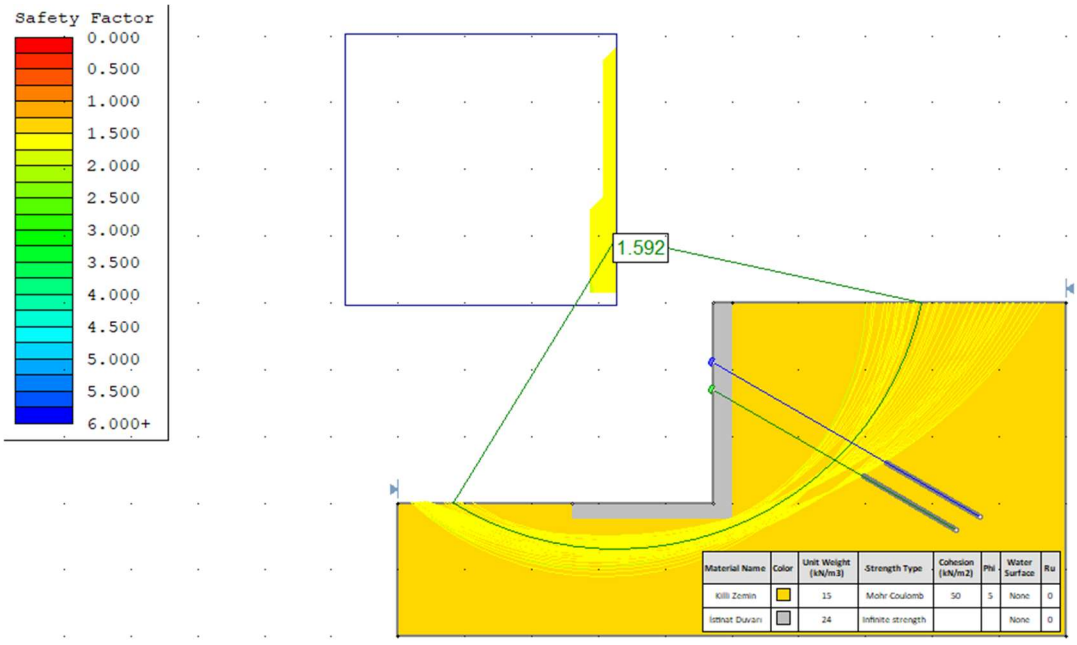


Şekil 7.416: Killi zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

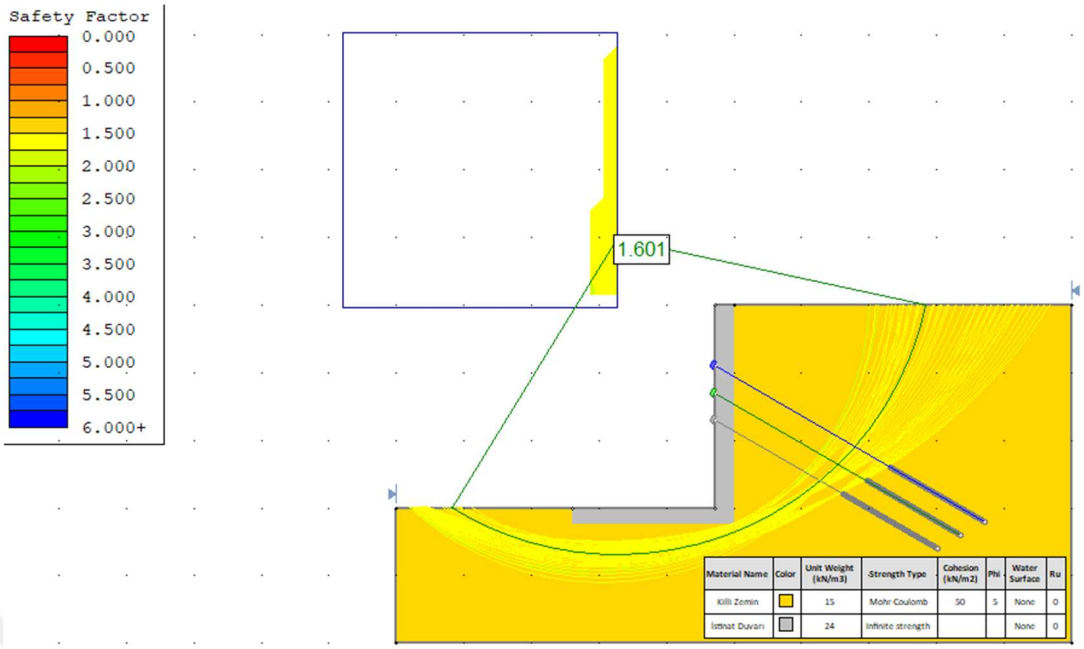
- Aktif ankraj durumunda;



Şekil 7.417: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.418: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

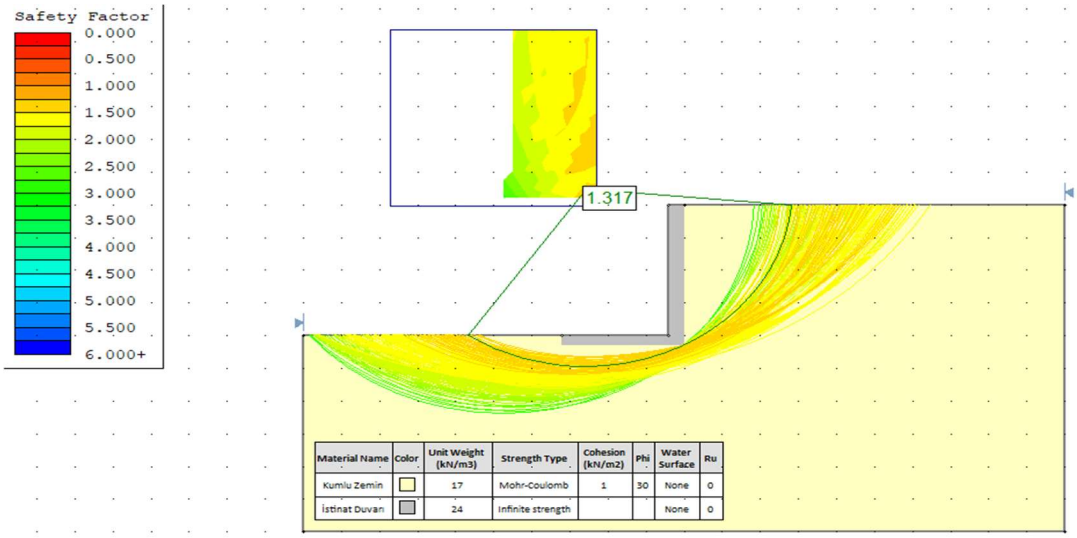


Şekil 7.419: Killi zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

7.2.1.4 TİP-4 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

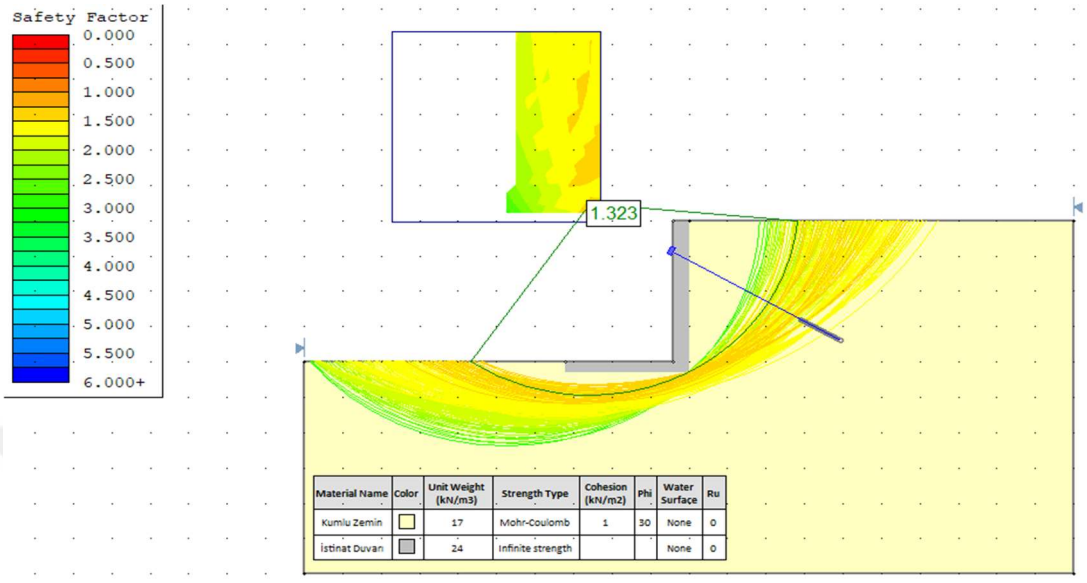
Ankrajsız Kumlu Zemin Durumunda;



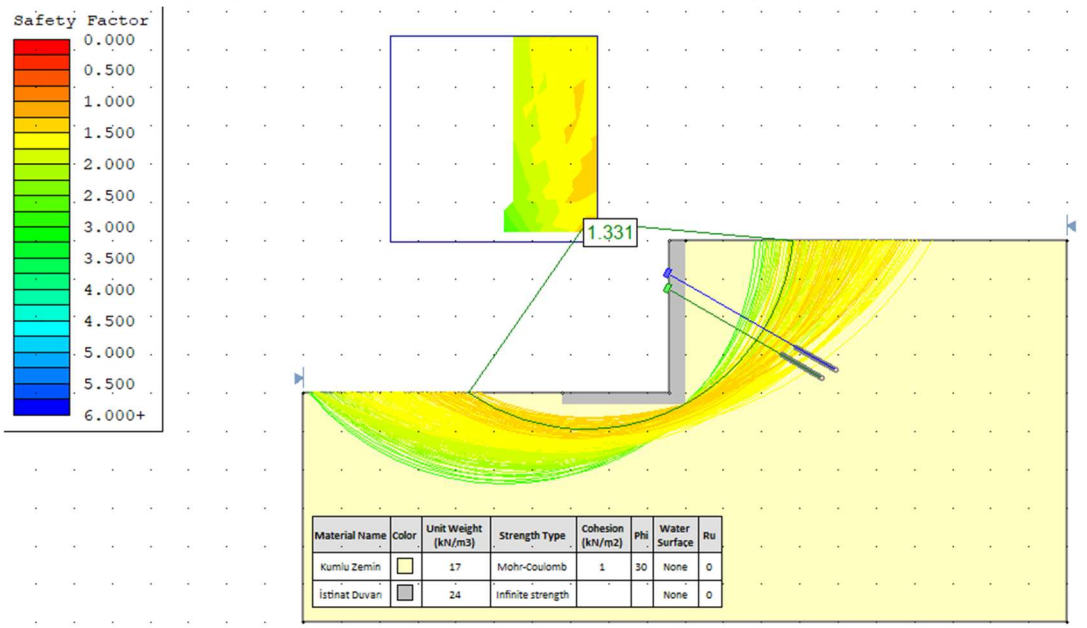
Şekil 7.420: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

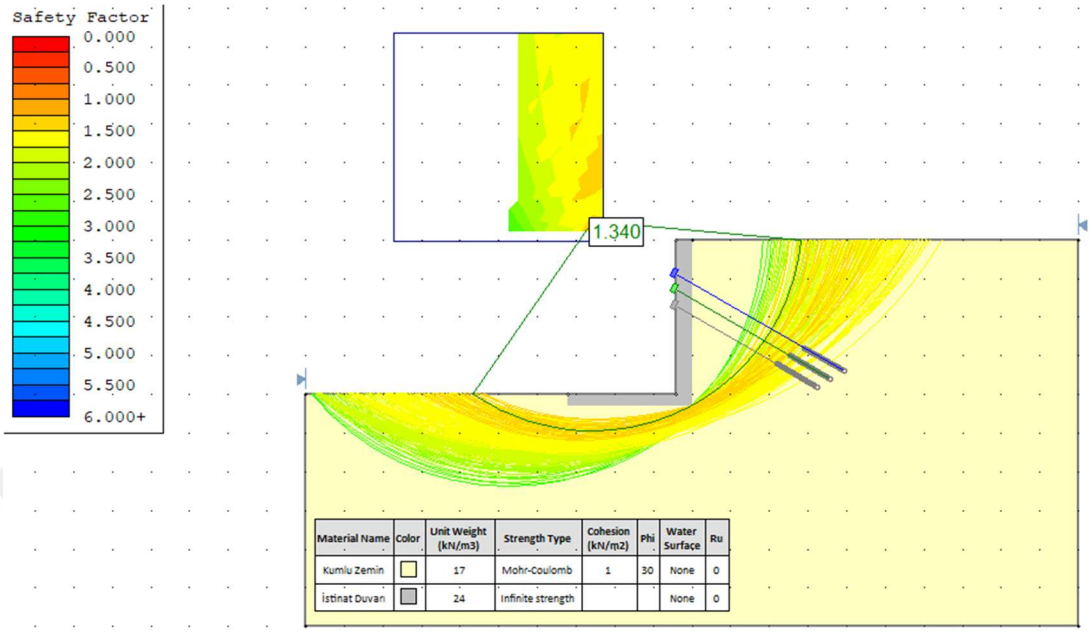
- Pasif ankraj durumunda;



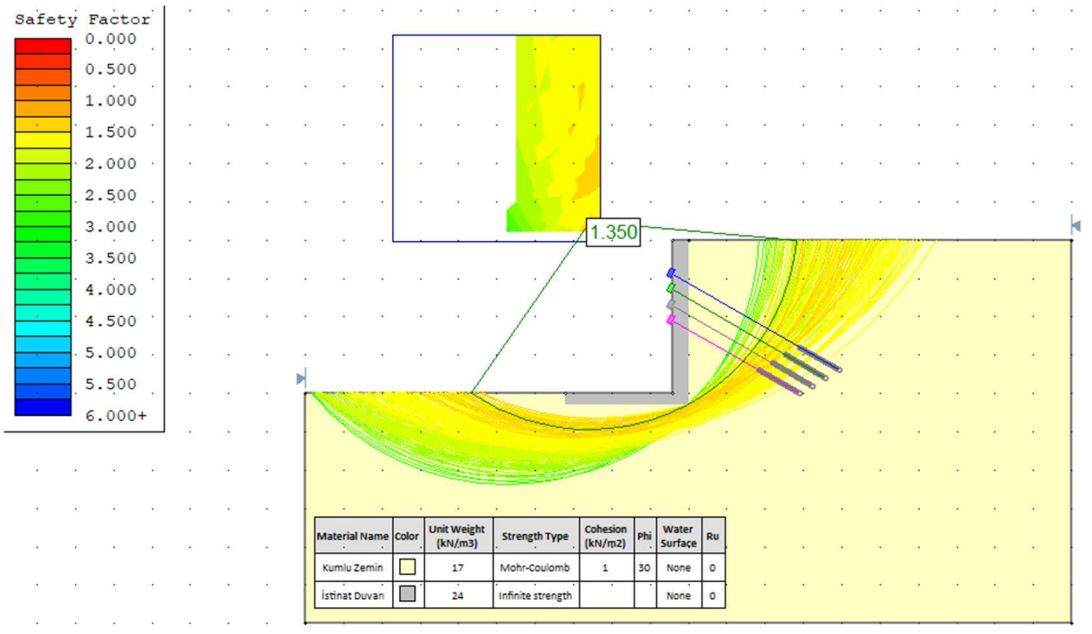
Şekil 7.421: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.422: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

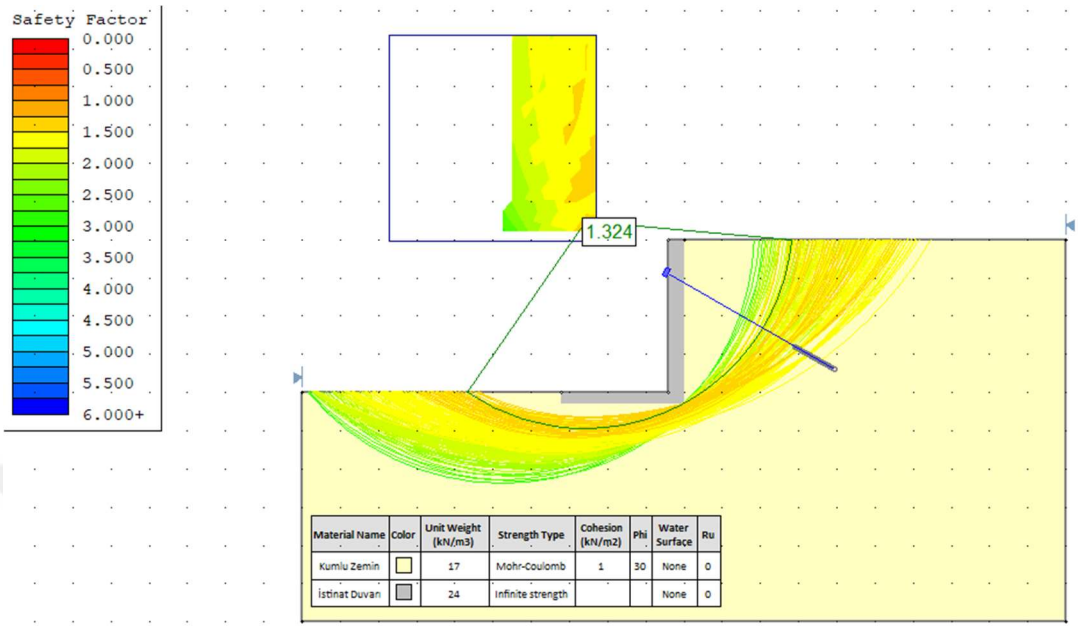


Şekil 7.423: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

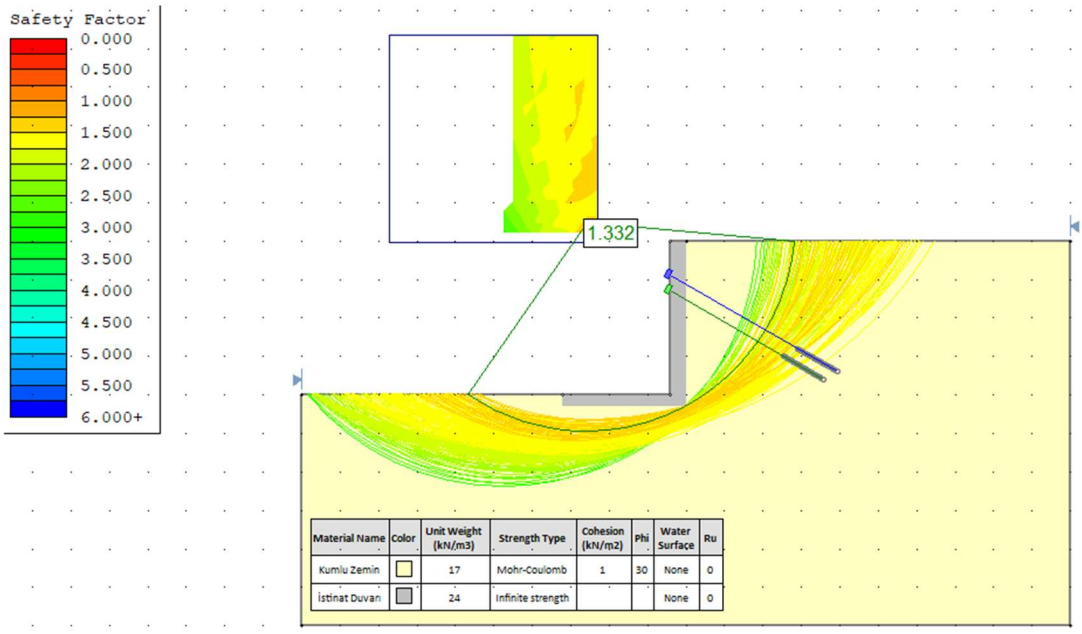


Şekil 7.424: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

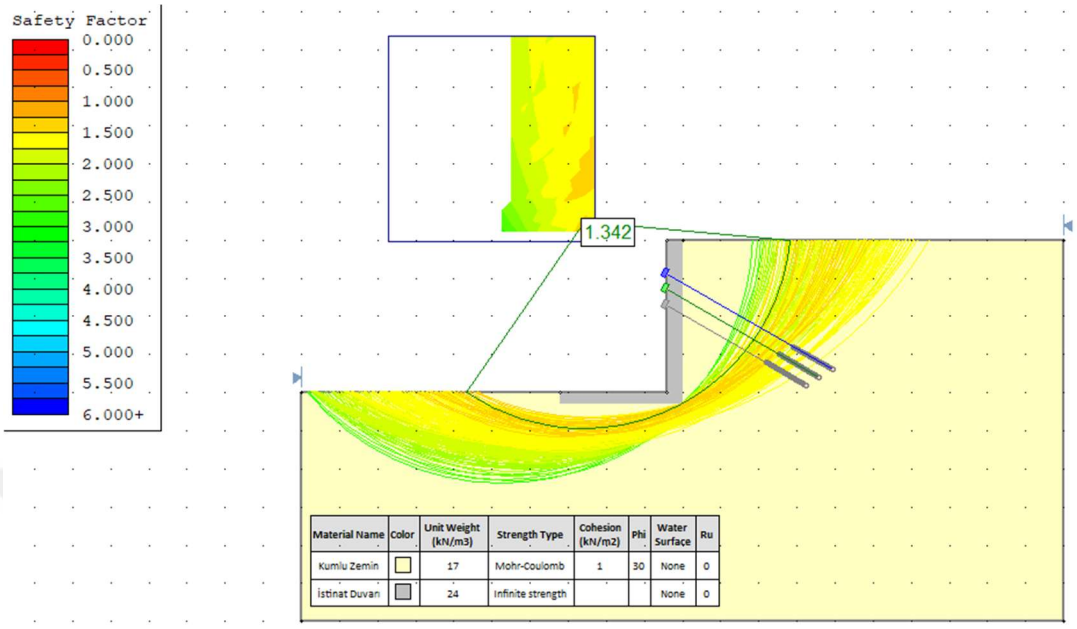
- Aktif ankraj durumunda;



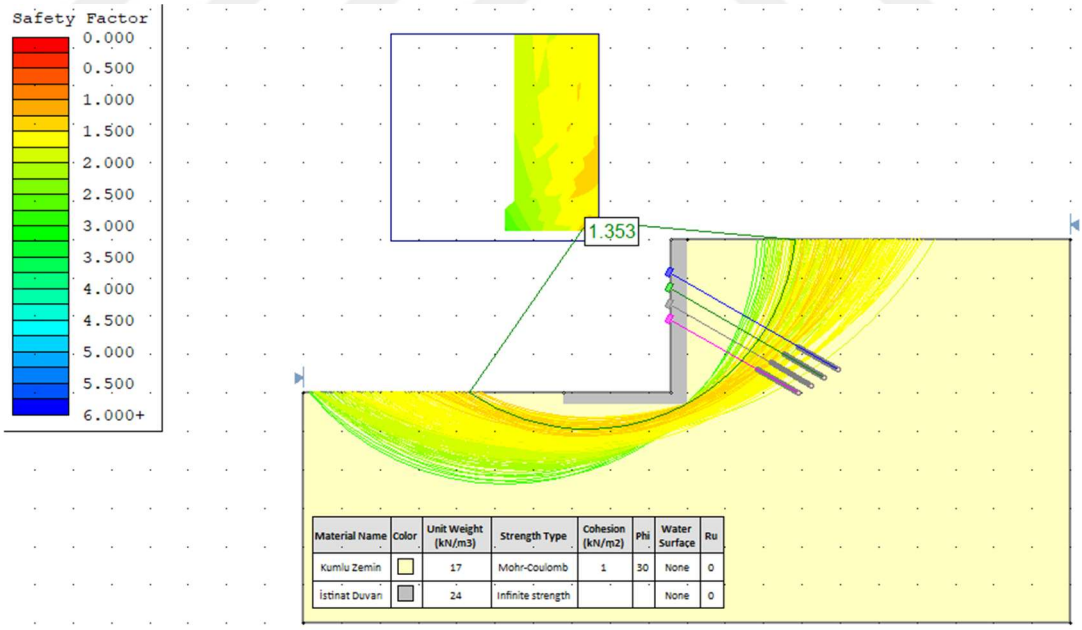
Şekil 7.425: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.426: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

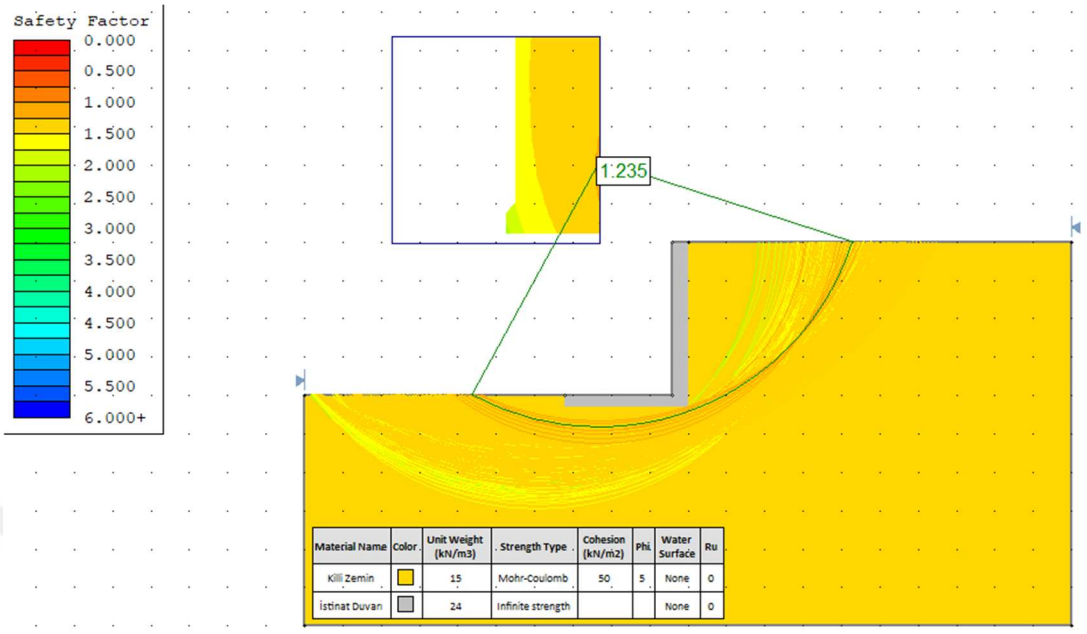


Şekil 7.427: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.428: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

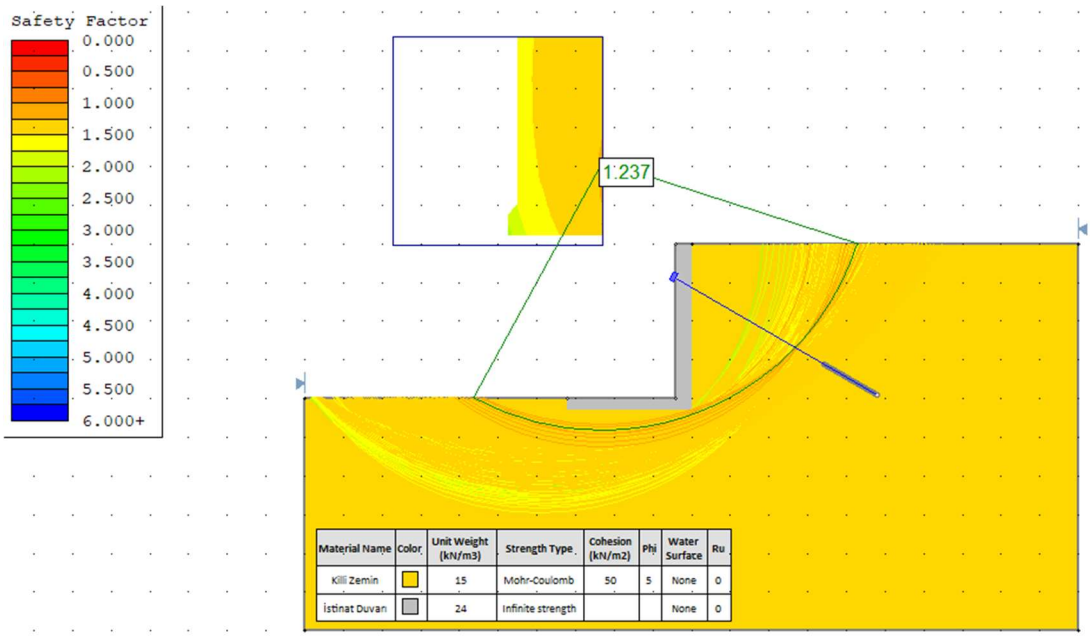
Ankrajsız killi zemin durumunda;



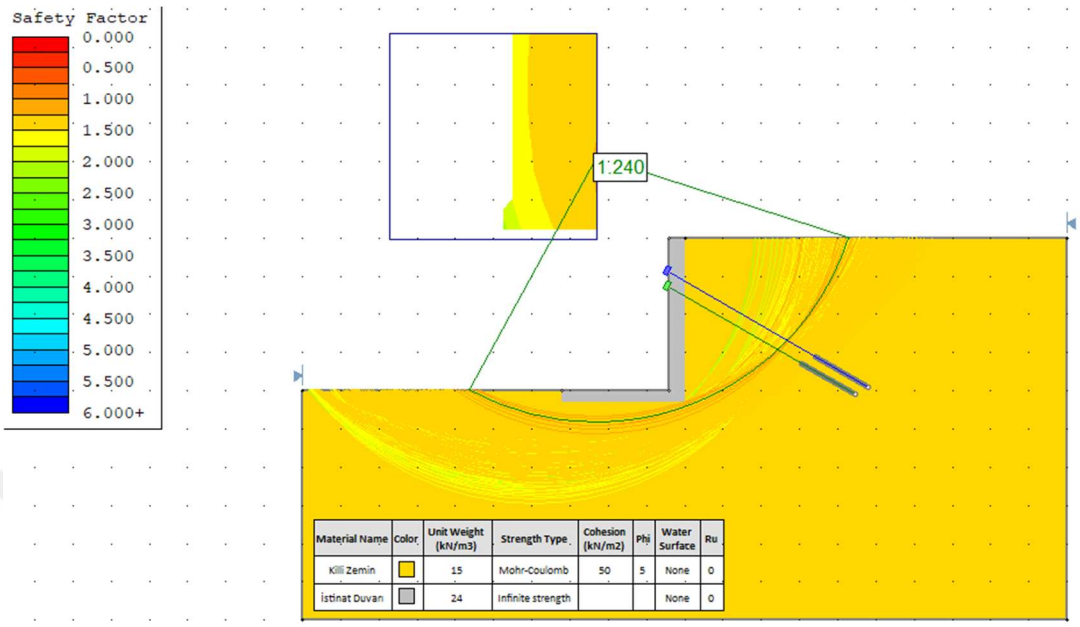
Şekil 7.429: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

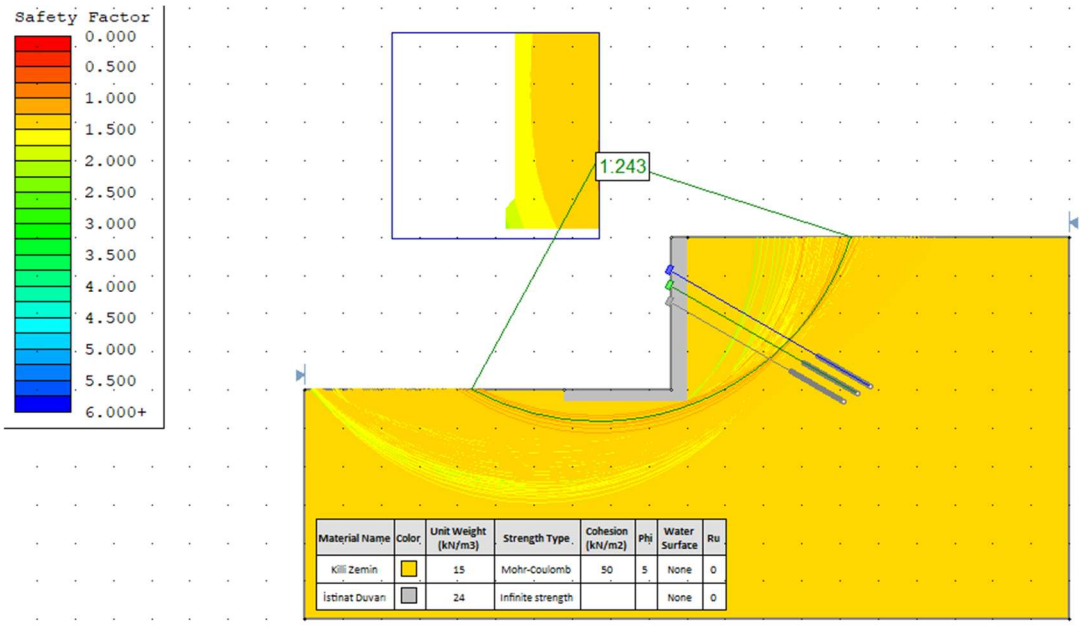
- Pasif ankraj durumunda;



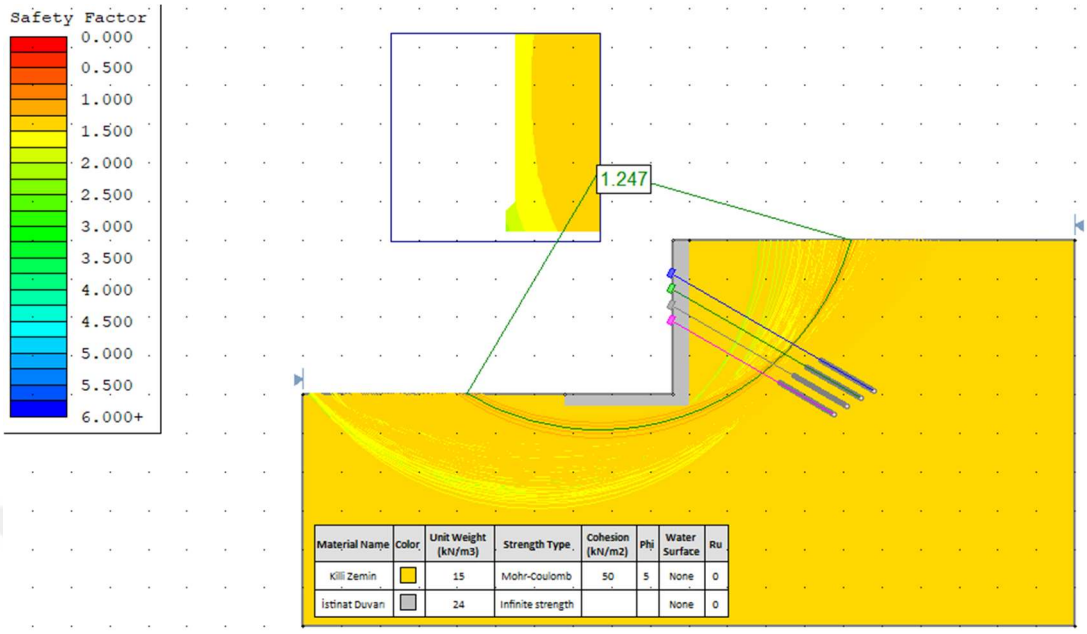
Şekil 7.430: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.431: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

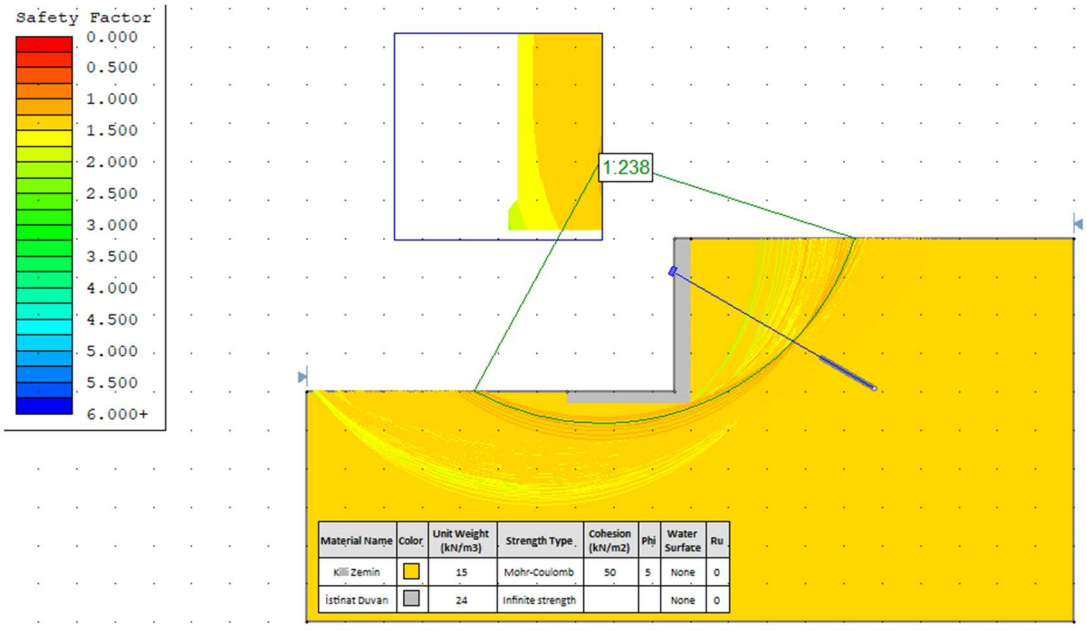


Şekil 7.432: Killi zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

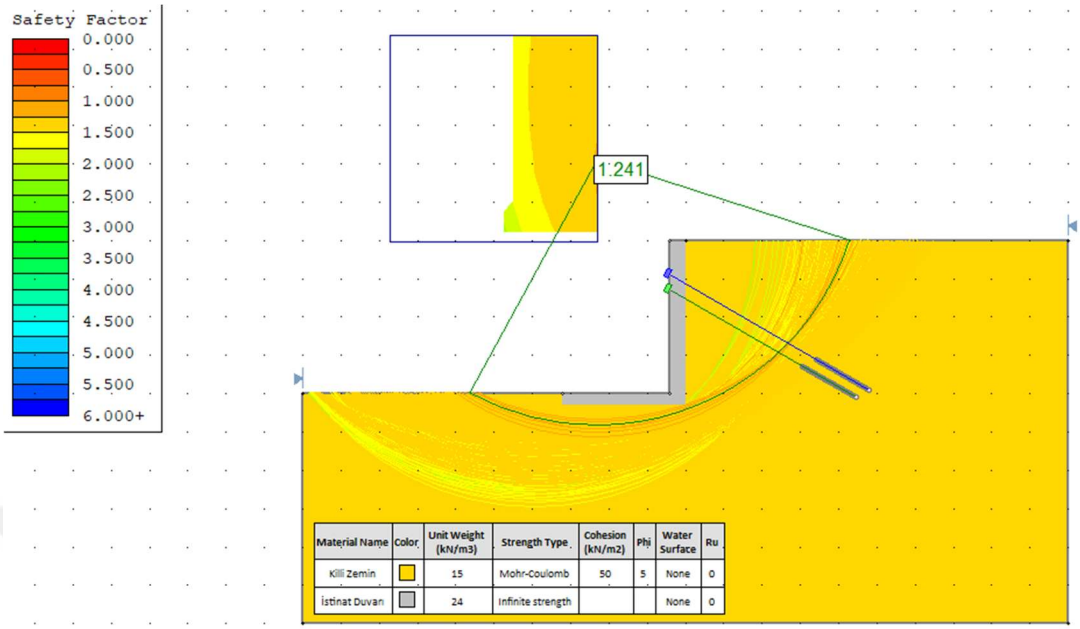


Şekil 7.433: Killi zemin etkisinde 4 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

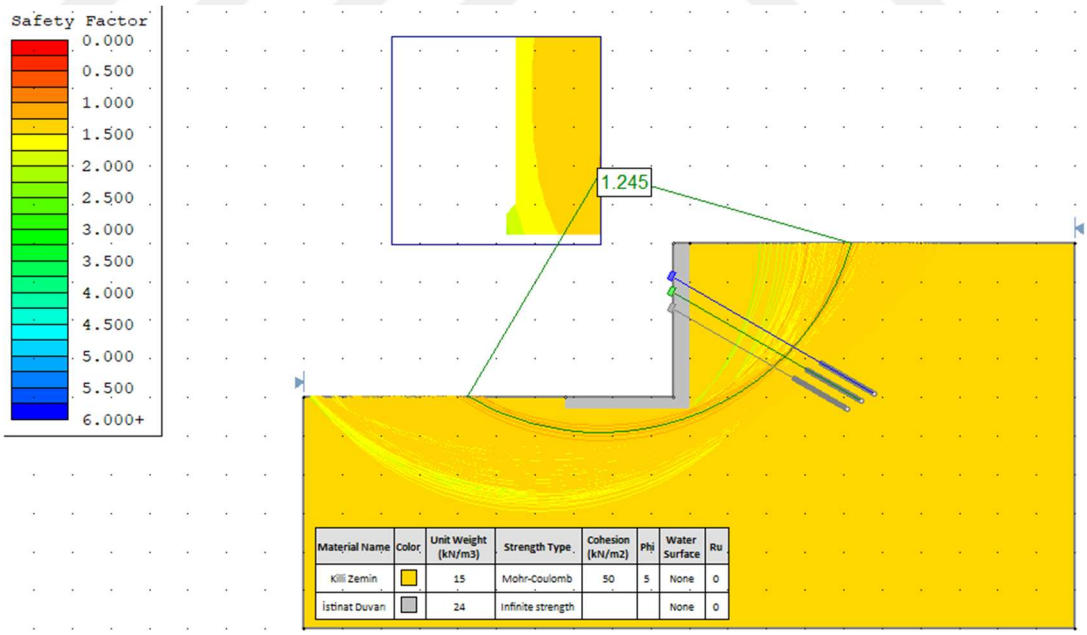
- Aktif ankraj durumunda;



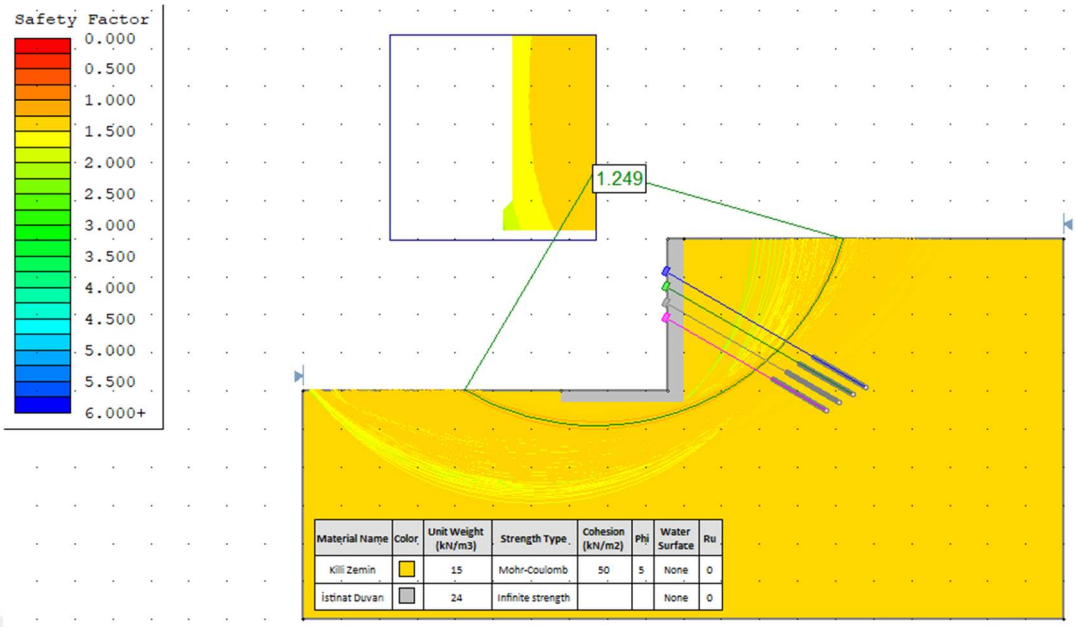
Şekil 7.434: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.435: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.436: Killi zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.437: Killi zemin etkisinde 4 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

7.2.2 Dinamik analiz sonuçları

"Plaxis" programında dinamik analiz için Van İlinin 2011'deki deprem verileri kullanılmıştır [22]. Dinamik yükler etkisinde toptan göçme analizi için yine Van İli seçilmiştir. "Slide" programına yatay ve düşey eşdeğer deprem yükü tanımlanabilmesi için AFAD'ın "Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması "ndan yararlanılmıştır. Sonuçlar Şekil 7.438'de verilmiştir [24].

Çıktılar

$S_S = 0.597$ $S_1 = 0.156$ $S_{DS} = 0.789$ $S_{D1} = 0.357$

$PGA = 0.253$ $PGV = 14.192$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 7.438: Van İli için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması'ndan çıkan sonuçlar [24].

$$\gamma_{Rk} = \frac{1}{\sum W_s(1-k_v)\sin\alpha + k_h W_s(\cos\alpha - \frac{H_c}{R_d})} \sum c'b + \left[\frac{1}{m_\alpha}\left(W_s(1-k_v) - \frac{c'b\sin\alpha}{\gamma_{Rk}} - ub\right)\right]\tan\phi' \quad \textbf{(16.31)}$$

Burada, b dilim genişliğini, W_s dilim ağırlığını, α dilim tabanının yatayla yaptığı açıyı, u dilim tabanında etkiyen su basıncını, $k_h = 0.2S_{DS}$ ve $k_v = \pm 0.5k_h$ sırası ile yatay ve düşey eşdeğer deprem katsayısını, H_c dilim tabanının orta noktasından dilim merkezine olan düşey uzaklığı, R_d ise dairesel göçme yüzeyinin yarıçapını ifade etmektedir. **Denk.(16.30)** ve **Denk. (16.31)**'de yer alan m_α **Denk.(16.32)**'de verilmiştir:

$$m_\alpha = \cos\alpha\left(1 + \frac{\tan\alpha\tan\phi'}{\gamma_{Rk}}\right) \quad \textbf{(16.32)}$$

(c) Kaymaya karşı güvenlik sayısı (γ_{Rk}) ardışık yaklaşımla elde edilmektedir. Özel riskler içeren durumlar hariç $\gamma_{Rk} \geq 1.10$ toptan kaymaya karşı yeterli güvenlik düzeyi olarak kabul edilebilir.

Şekil 7.439: 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre yatay ve düşey eşdeğer deprem katsayısının belirlenmesi [23].

$k_h = 0.2S_{DS} = 0.2x0.789 = 0.1578$

S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

k_h = Yatay Eşdeğer Deprem Katsayısı

$k_v = 0.5k_h = 0.5x0.1578 = 0.0789$

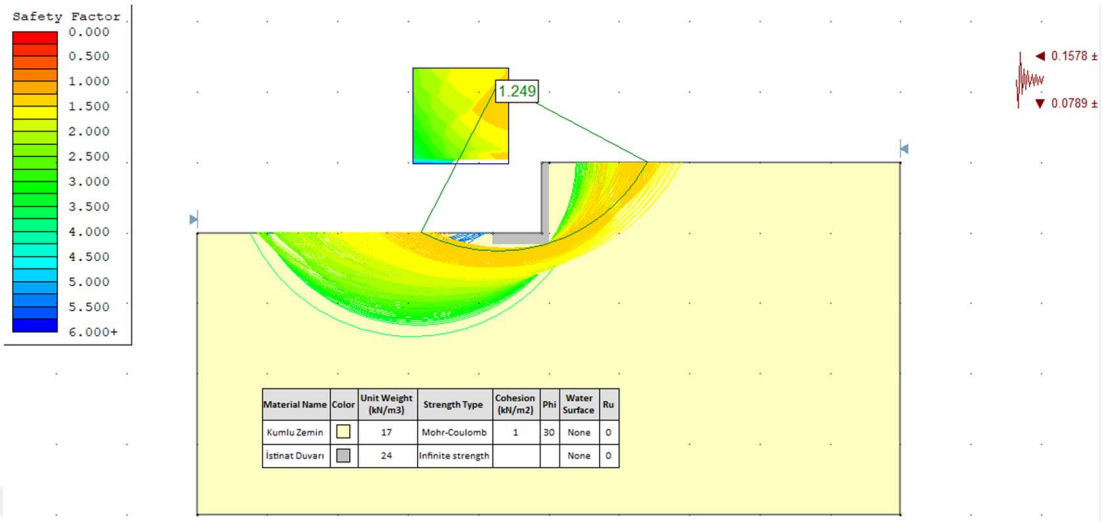
k_v = Düşey Eşdeğer Deprem Katsayısı

Sonuçlar, TİP-1, TİP-2, TİP-3 ve TİP-4 istinat duvarı olmak üzere dört başlık altında değerlendirilmiştir.

7.2.2.1 TİP-1 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

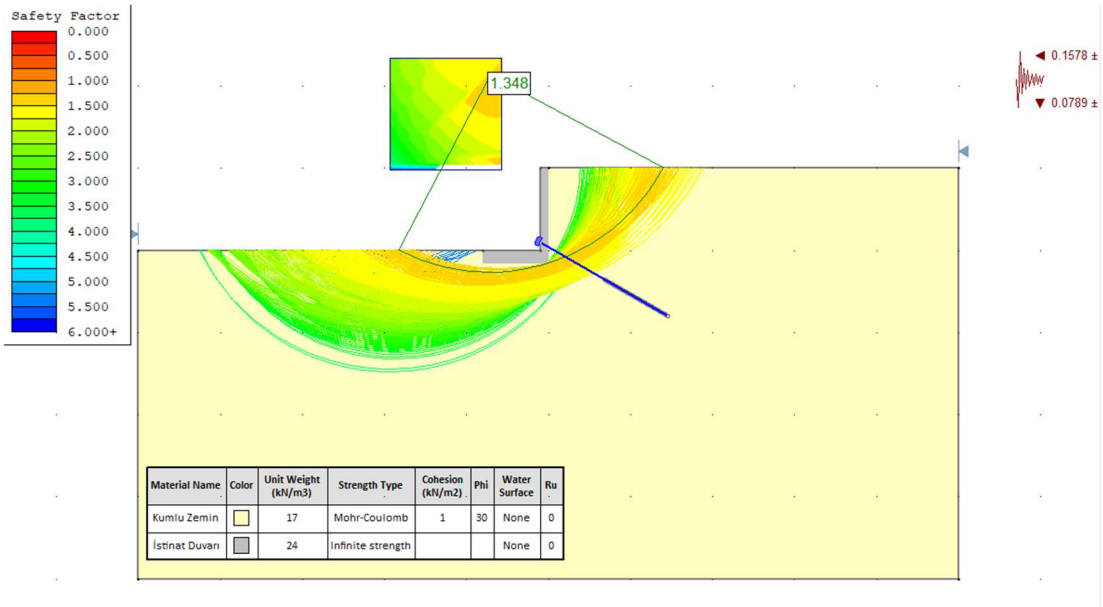
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



Şekil 7.440: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

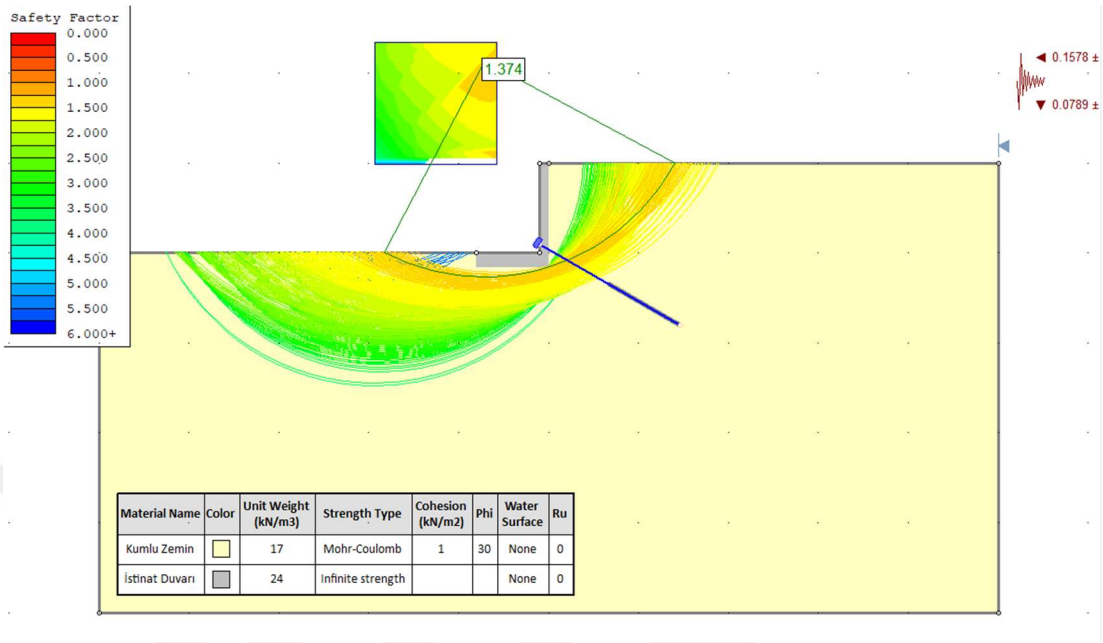
Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

- Pasif Ankraj durumunda



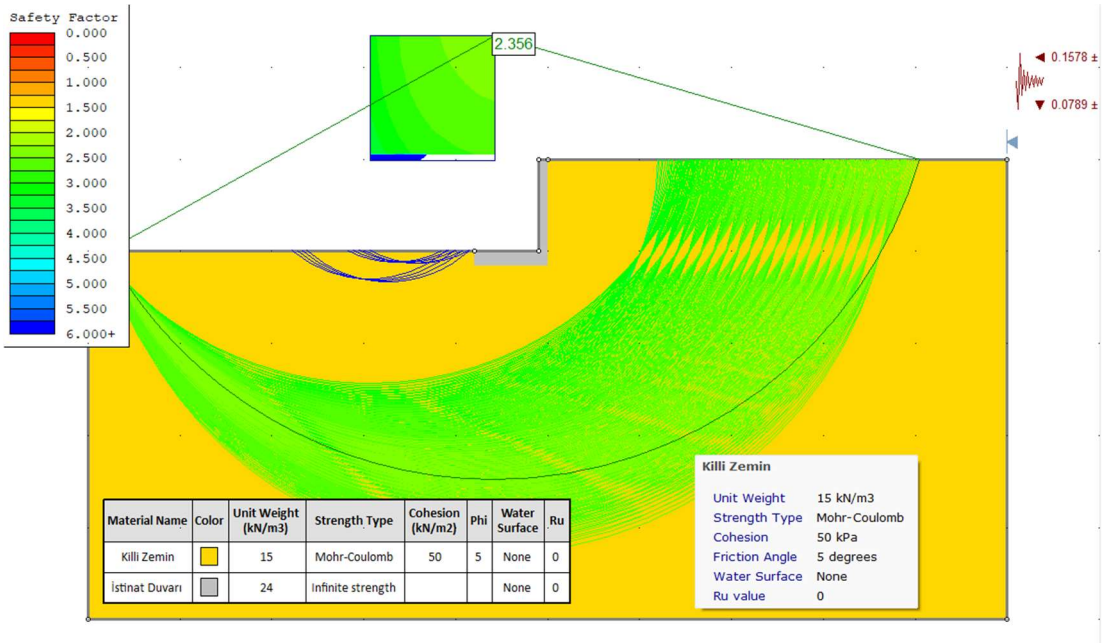
Şekil 7.441: Kumlu zemin etkisinde pasif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

- Aktif Ankraj Durumunda;



Şekil 7.442: Kumlu zemin etkisinde aktif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

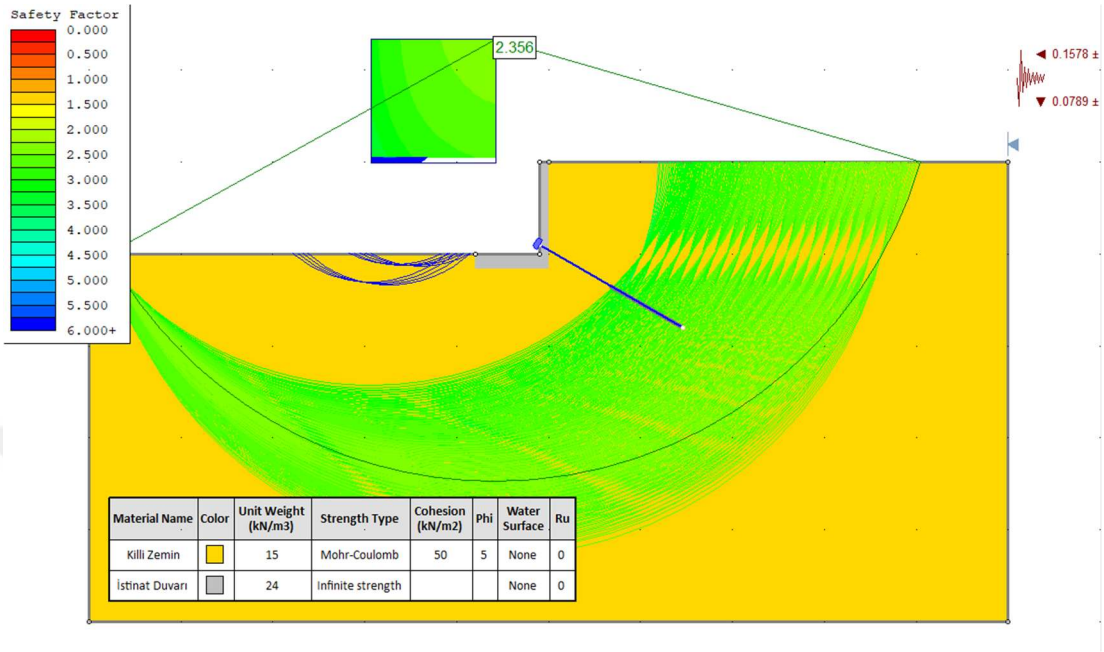
Ankrajsız killi zemin durumunda;



Şekil 7.443: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

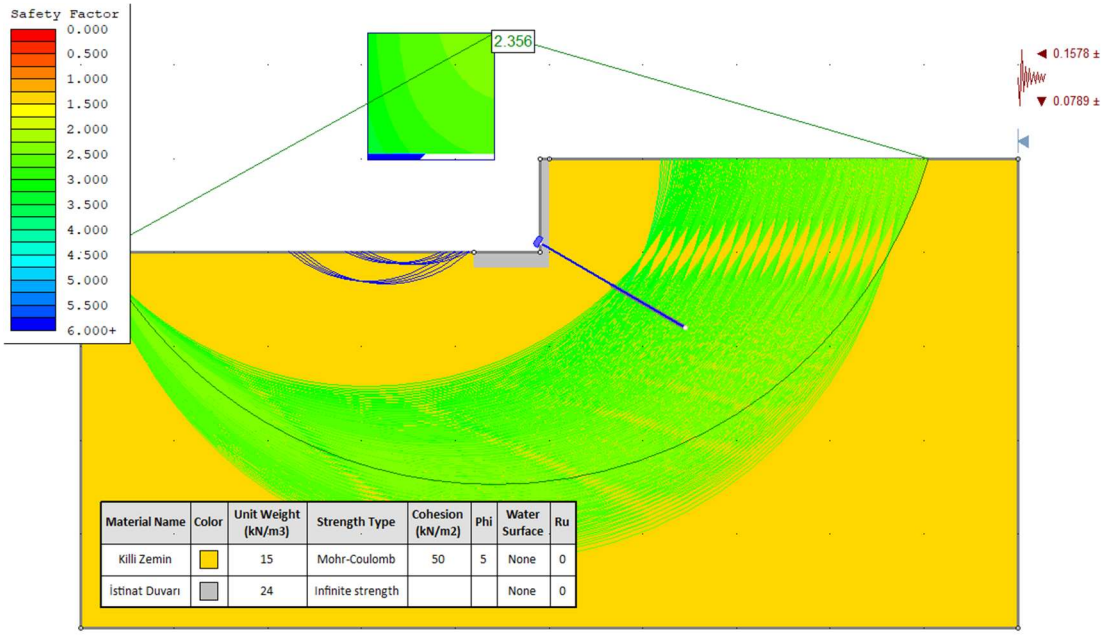
Ankrajlı killi zemin durumunda;

- Pasif ankraj durumunda;



Şekil 7.444: Killi zemin etkisinde pasif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

- Aktif ankraj durumunda;

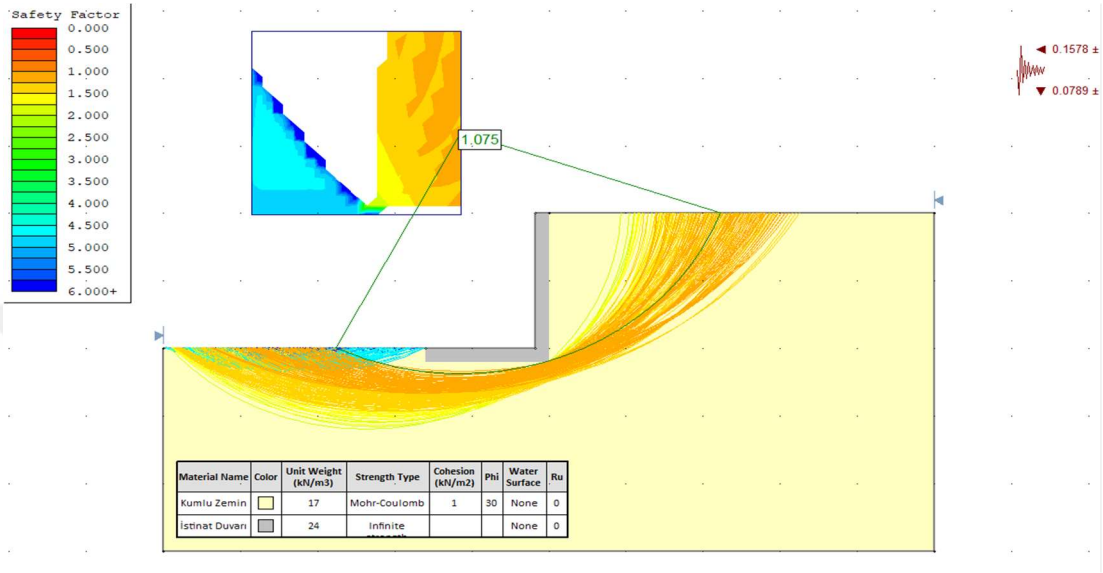


Şekil 7.445: Killi zemin etkisinde aktif ankrajlı TİP-1 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

7.2.2.2 TİP-2 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

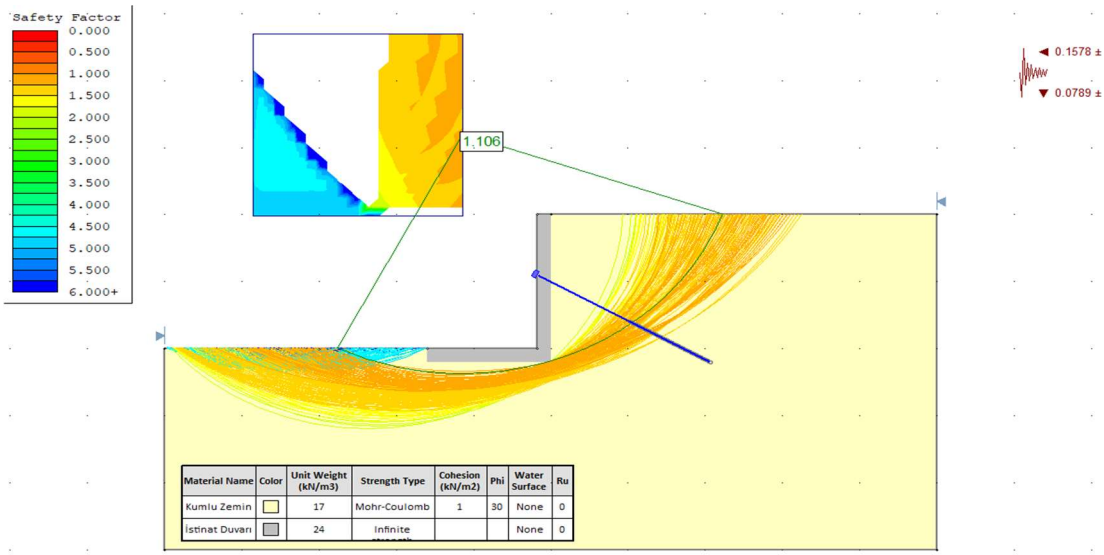
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



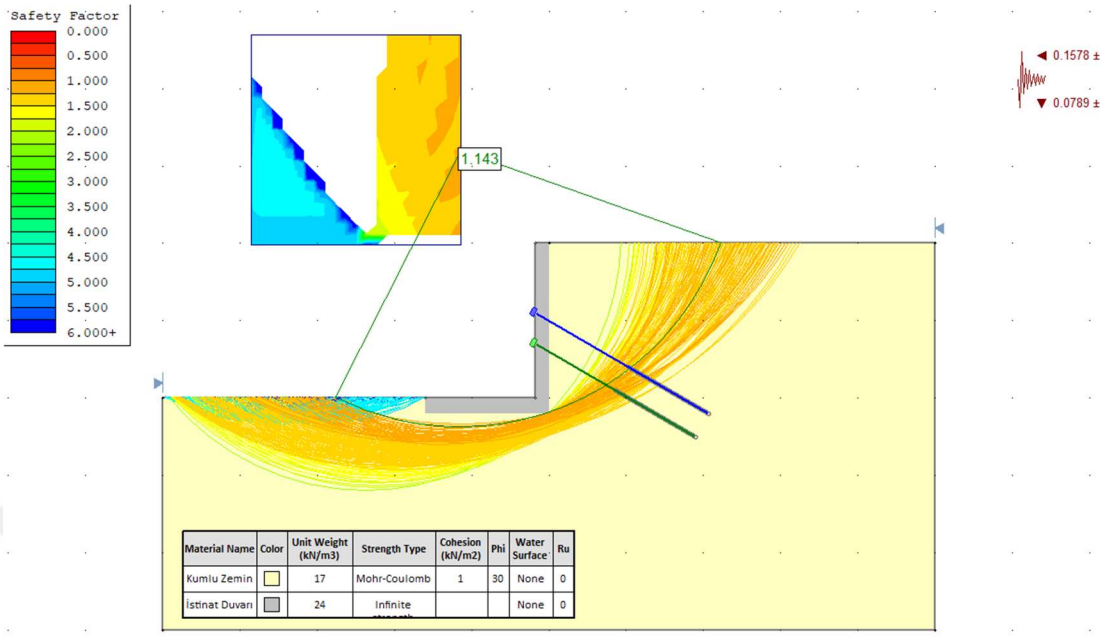
Şekil 7.446: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

- Pasif ankraj durumunda;

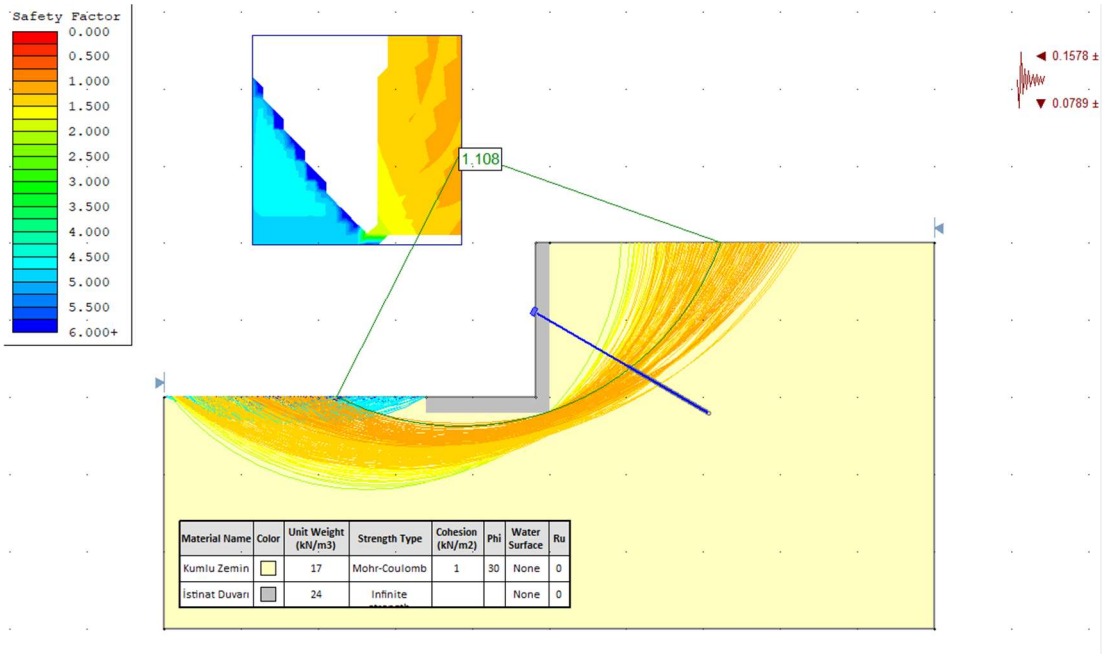


Şekil 7.447: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

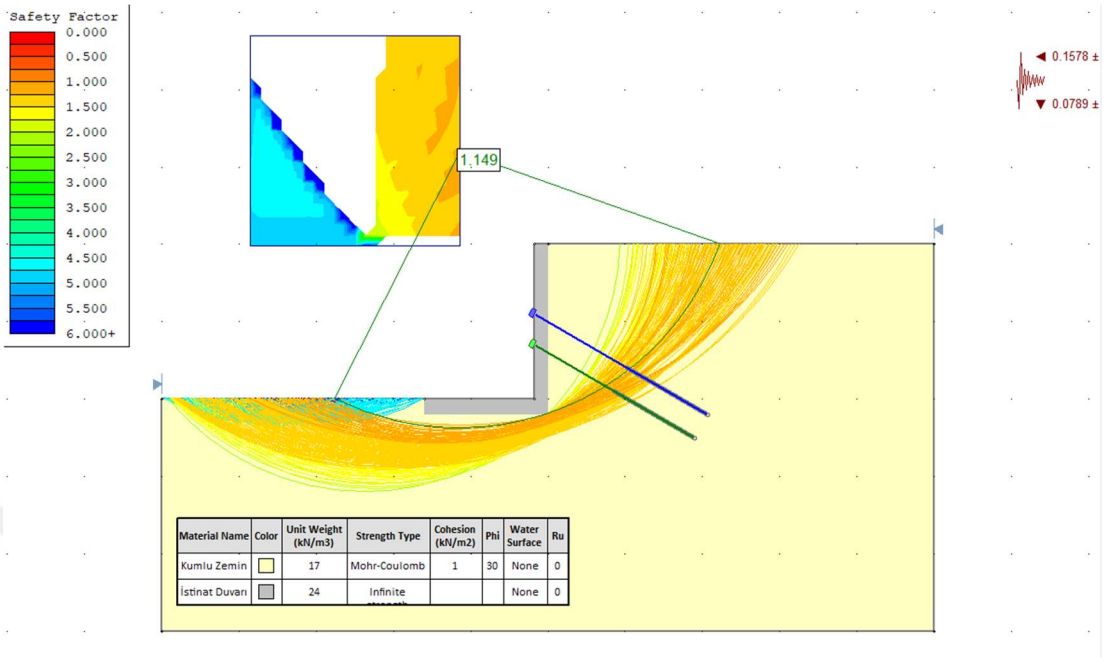


Şekil7.448: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

- Aktif Ankraj Durumunda;

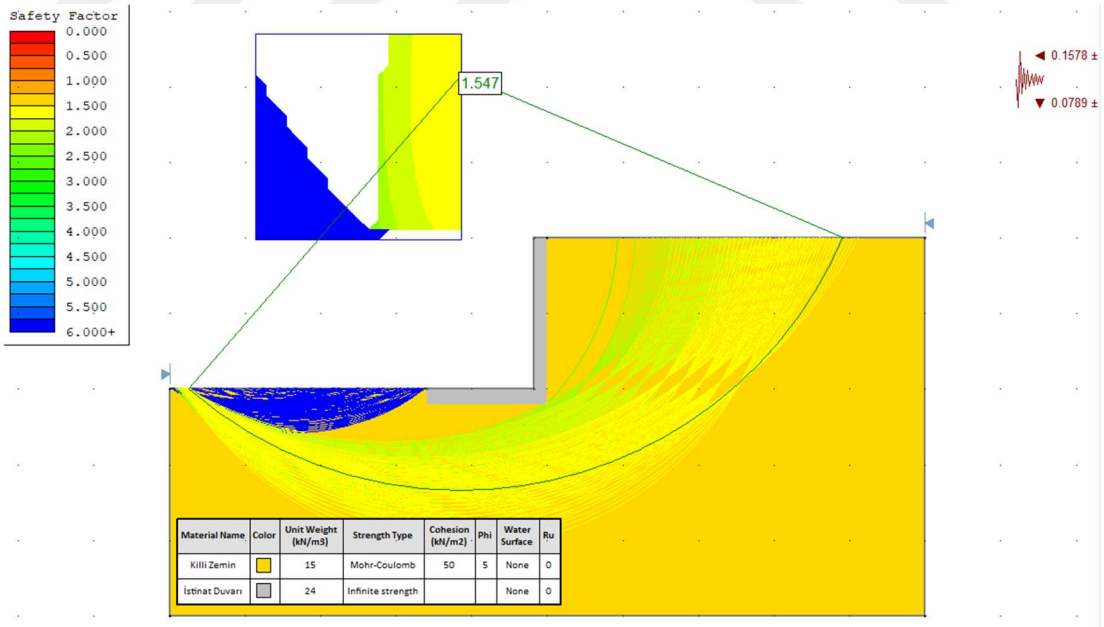


Şekil 7.449: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.450: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

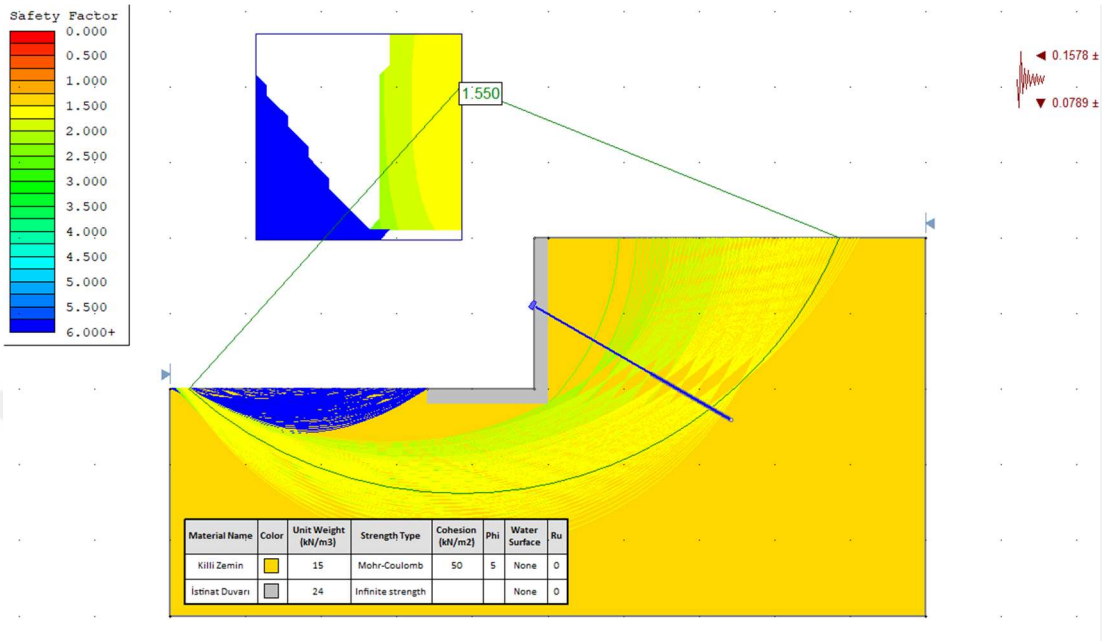
Ankrajsız killi zemin durumunda;



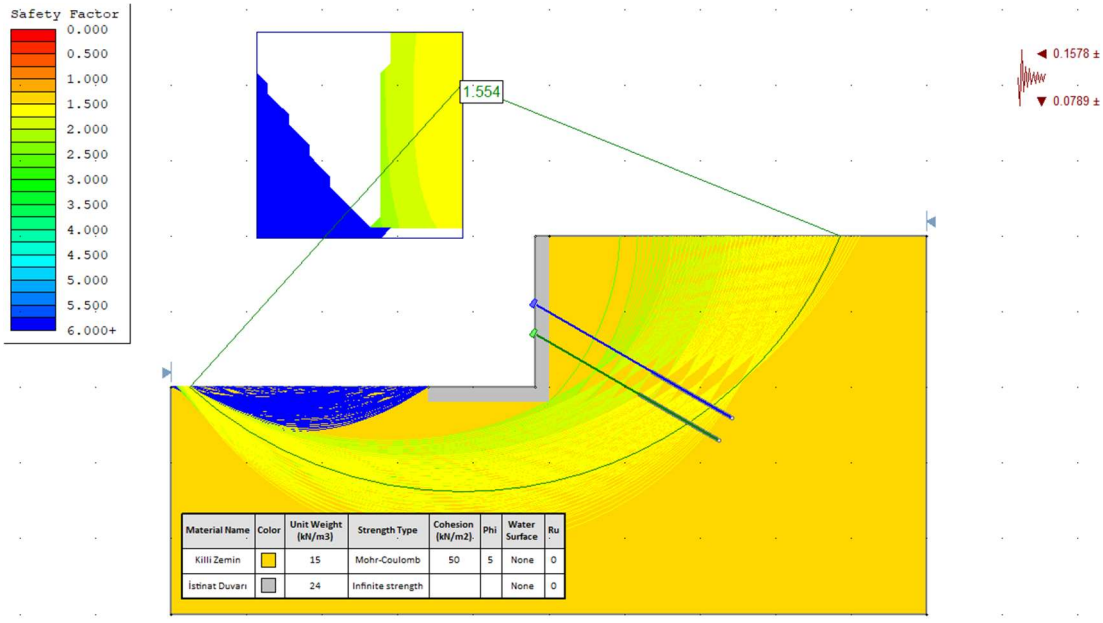
Şekil 7.451: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

- Pasif ankraj durumunda;

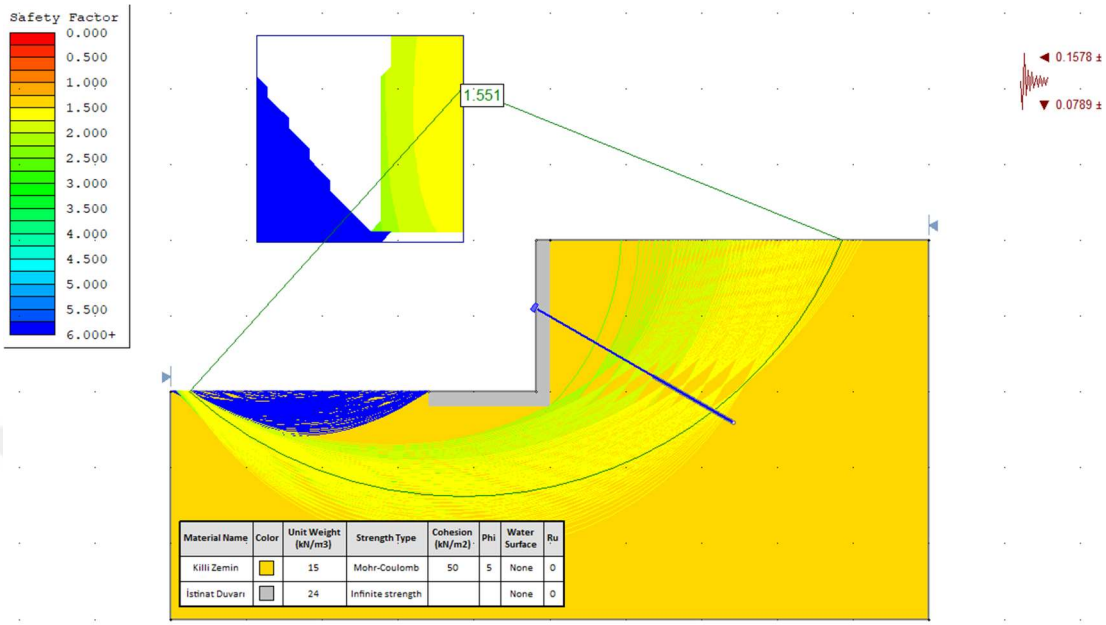


Şekil 7.452: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

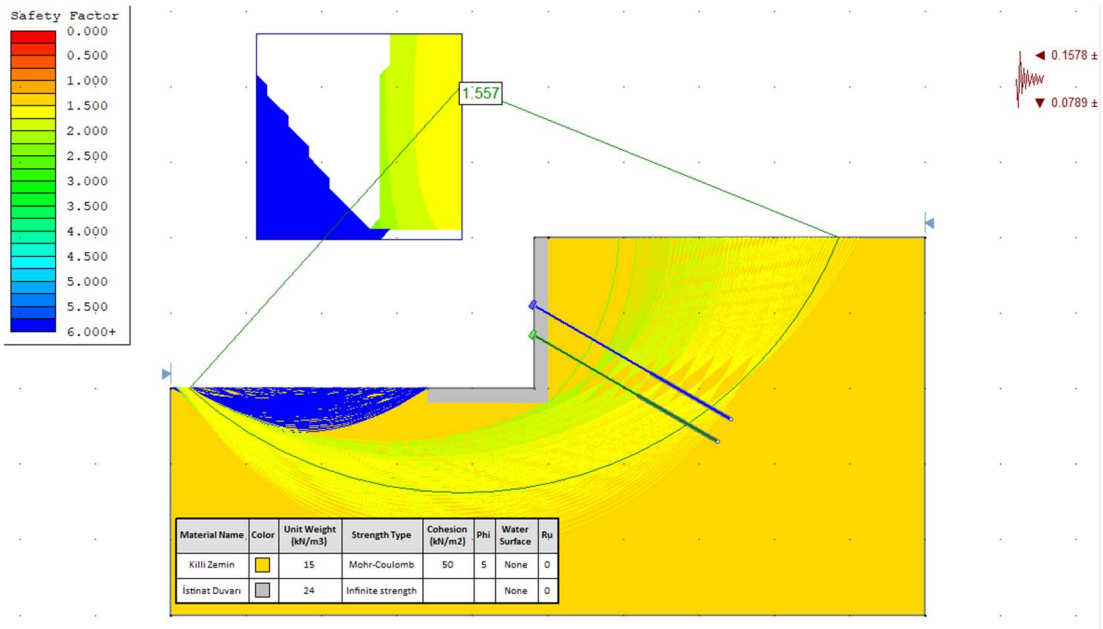


Şekil 7.453: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

- Aktif ankraj durumunda;



Şekil 7.454: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

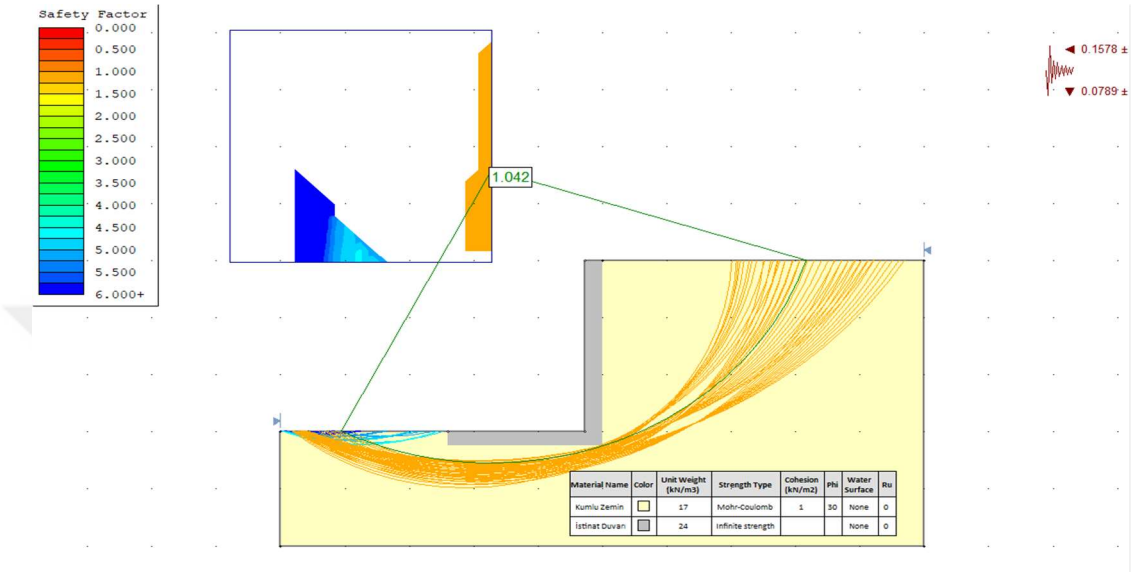


Şekil 7.455: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-2 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

7.2.2.3 TİP-3 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

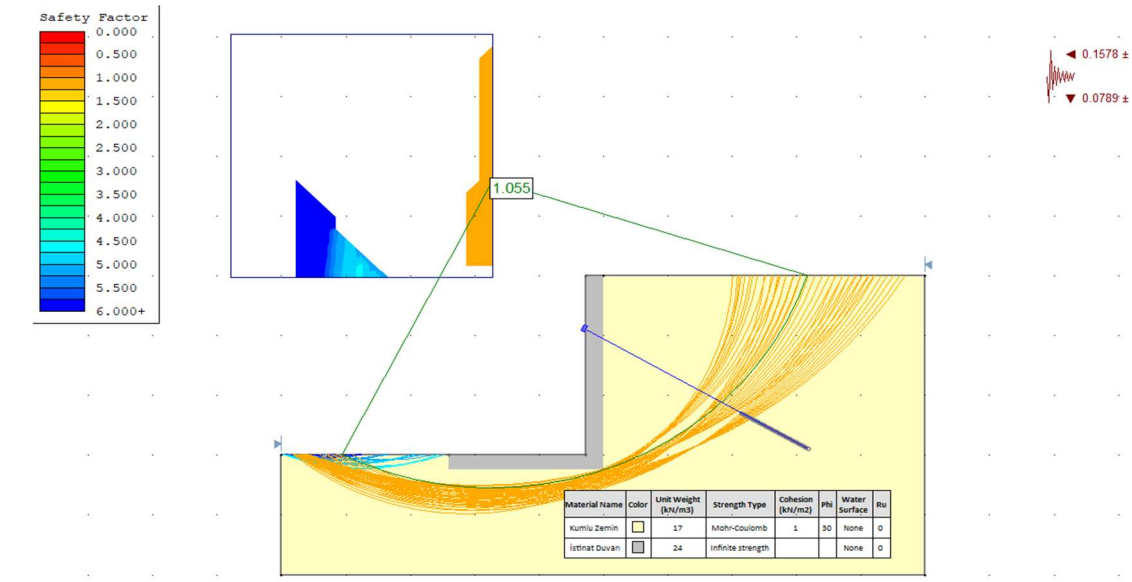
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



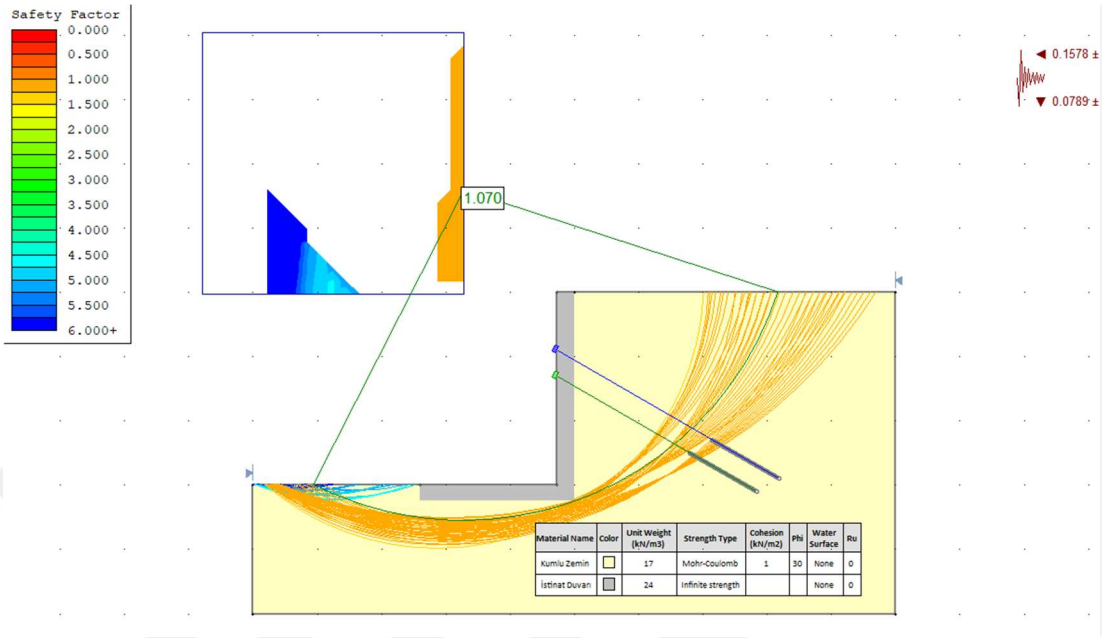
Şekil 7.456: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

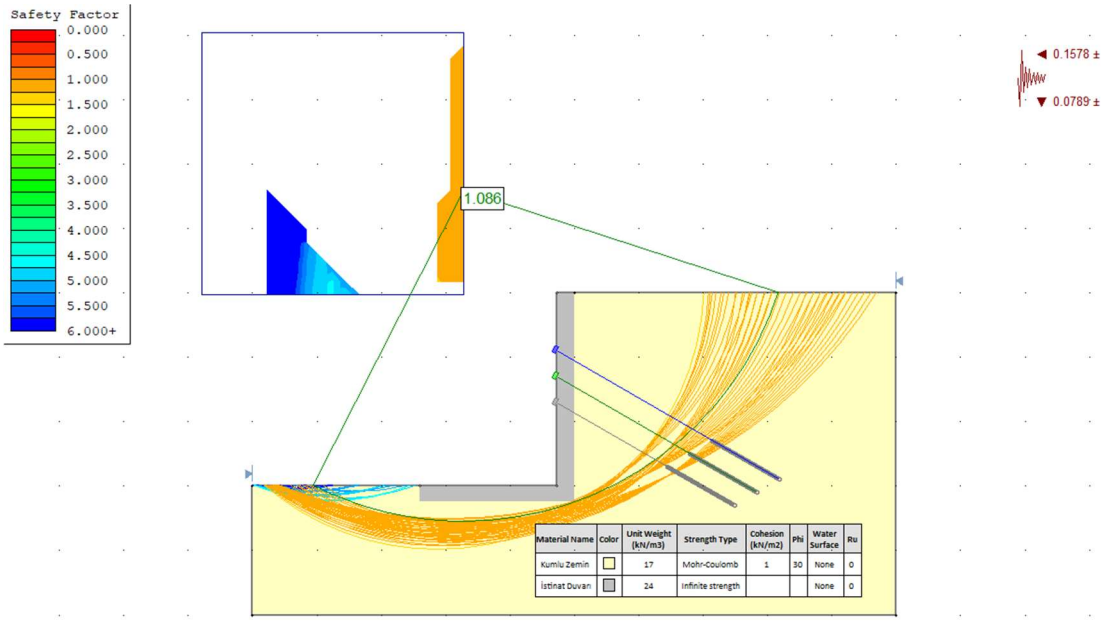
- Pasif ankraj durumunda;



Şekil 7.457: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

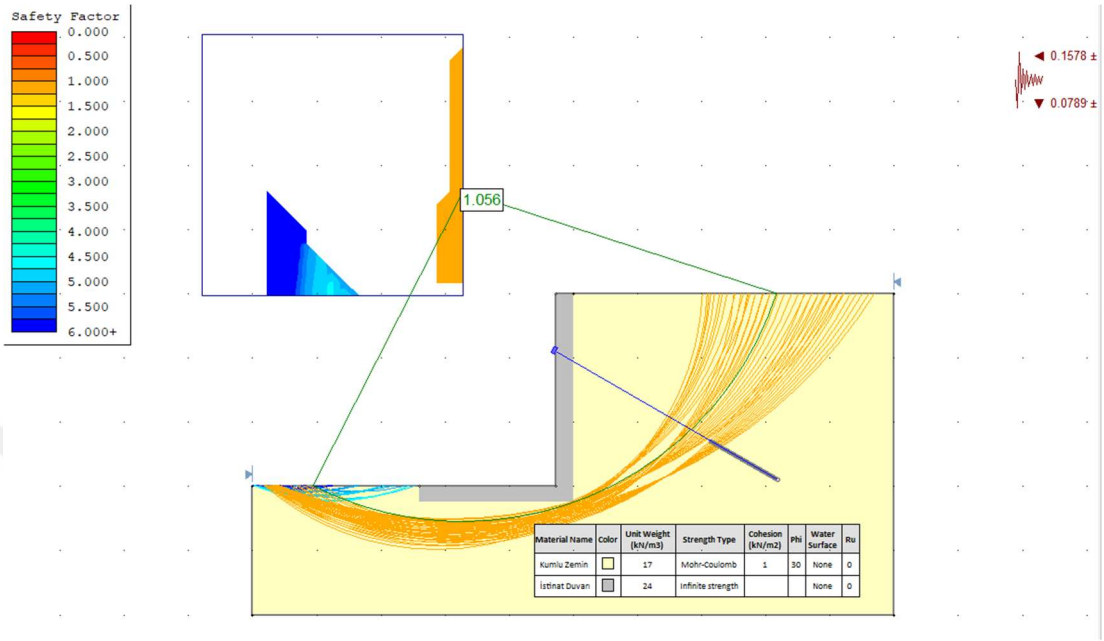


Şekil 7.458: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

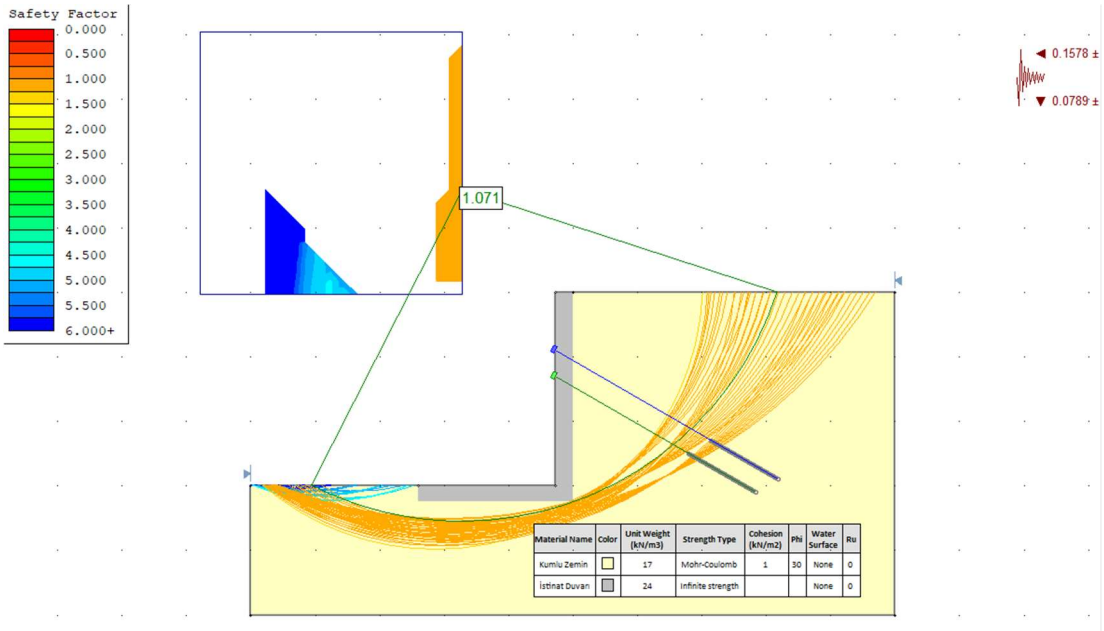


Şekil 7.459: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

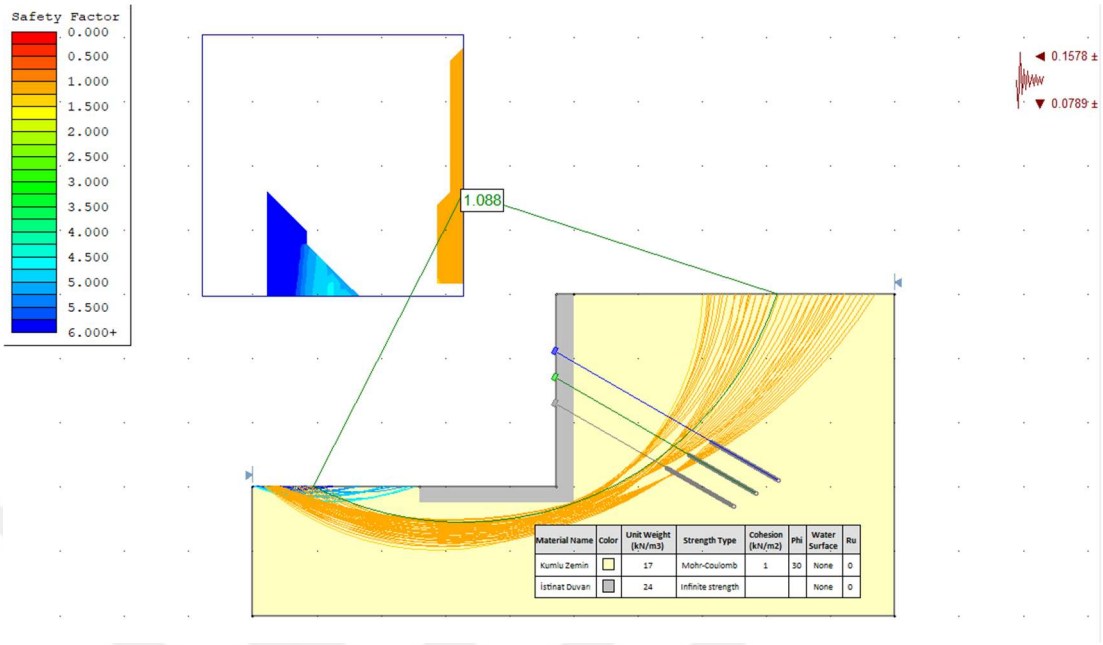
- Aktif ankraj durumunda;



Şekil 7.460: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

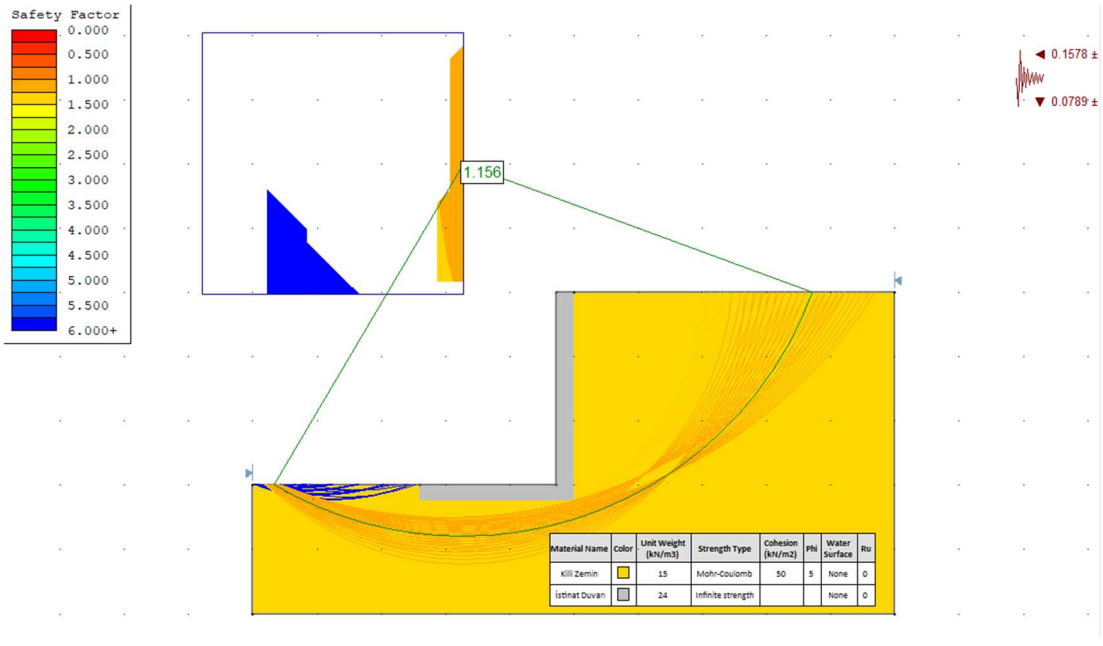


Şekil 7.461: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.462: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

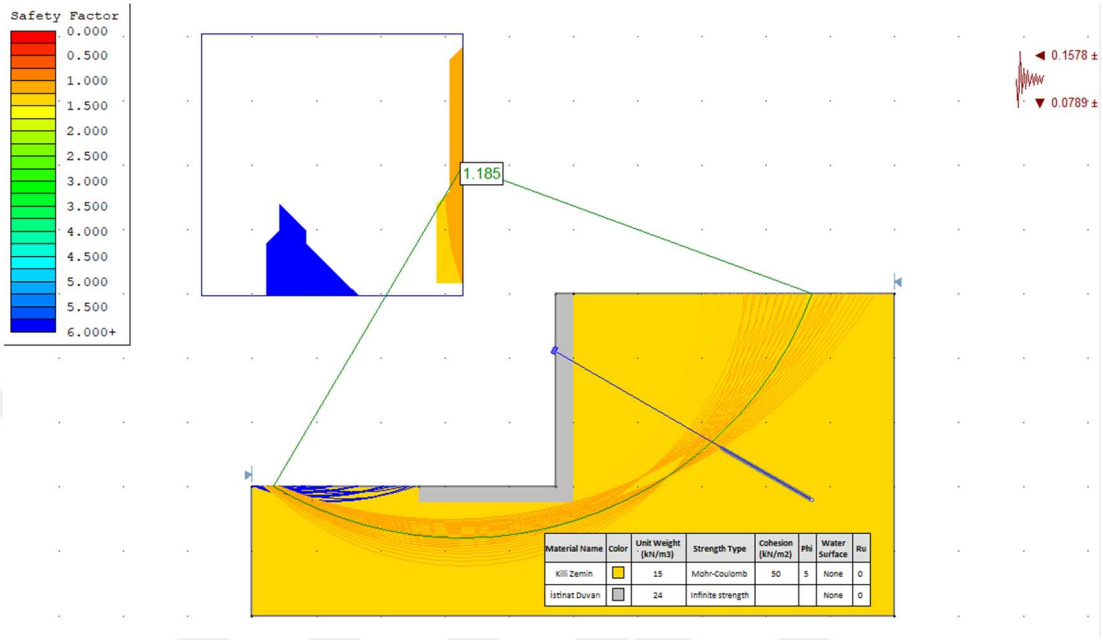
Ankrajsız killi zemin durumunda;



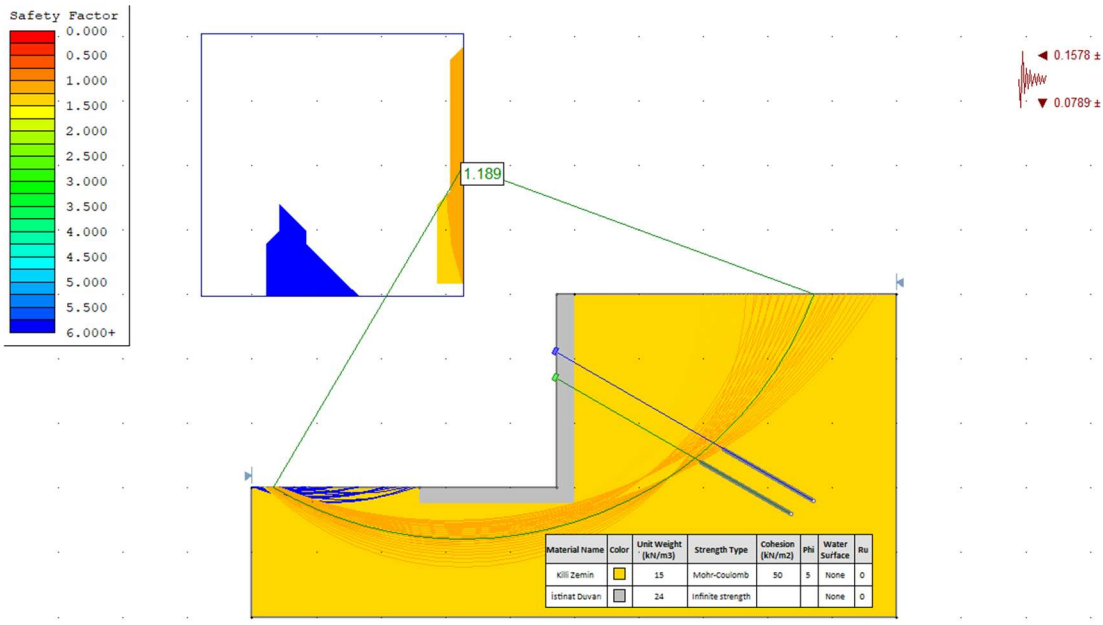
Şekil 7.463: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

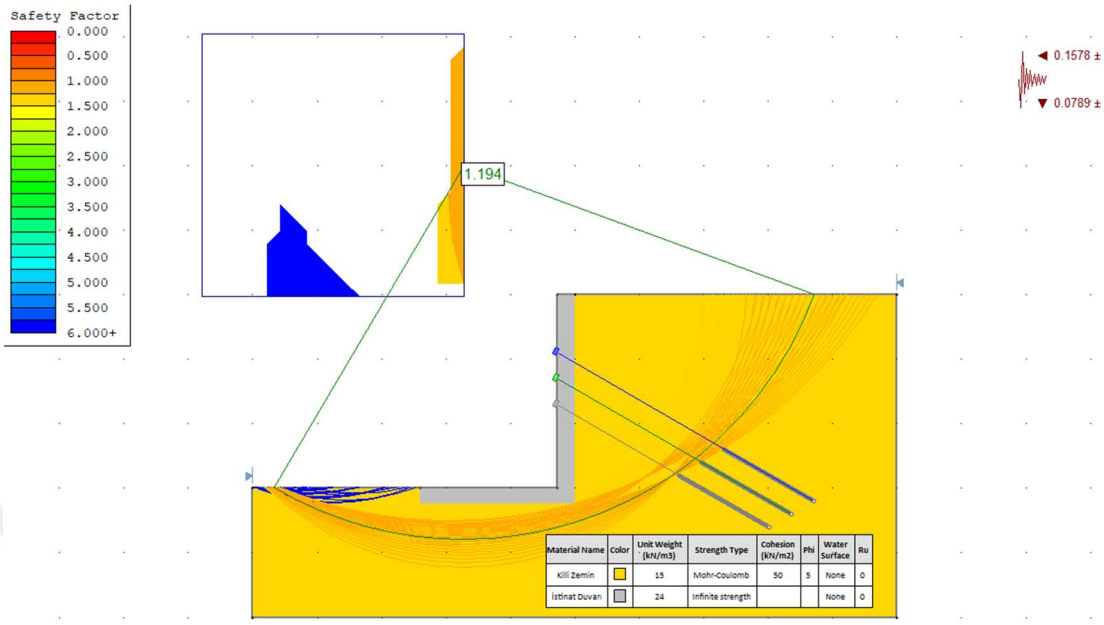
- Pasif ankraj durumunda;



Şekil 7.464: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

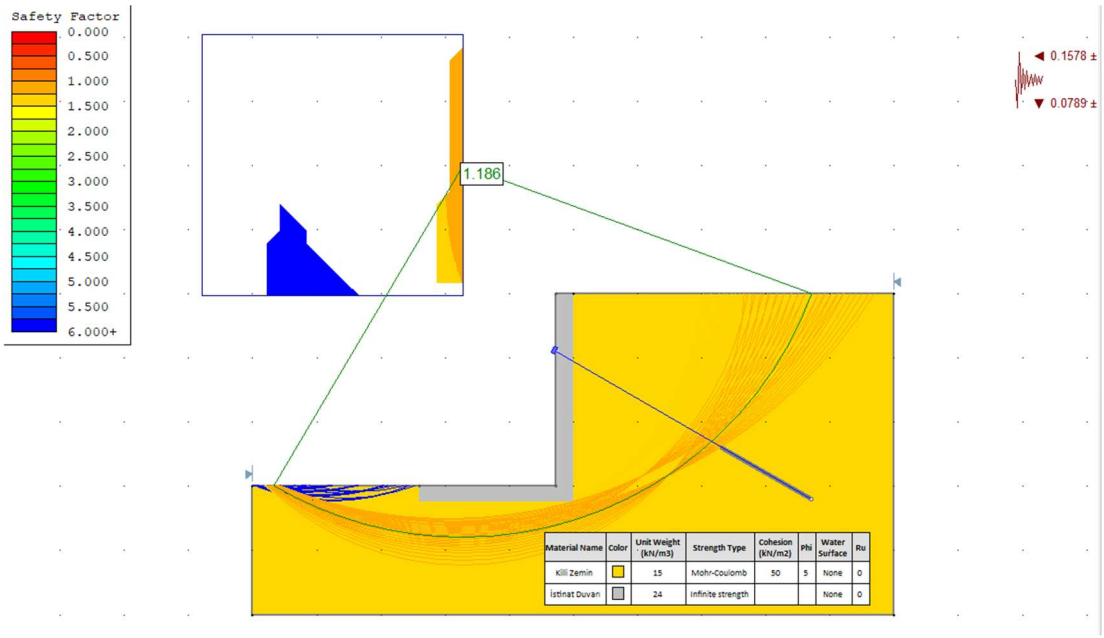


Şekil 7.465: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

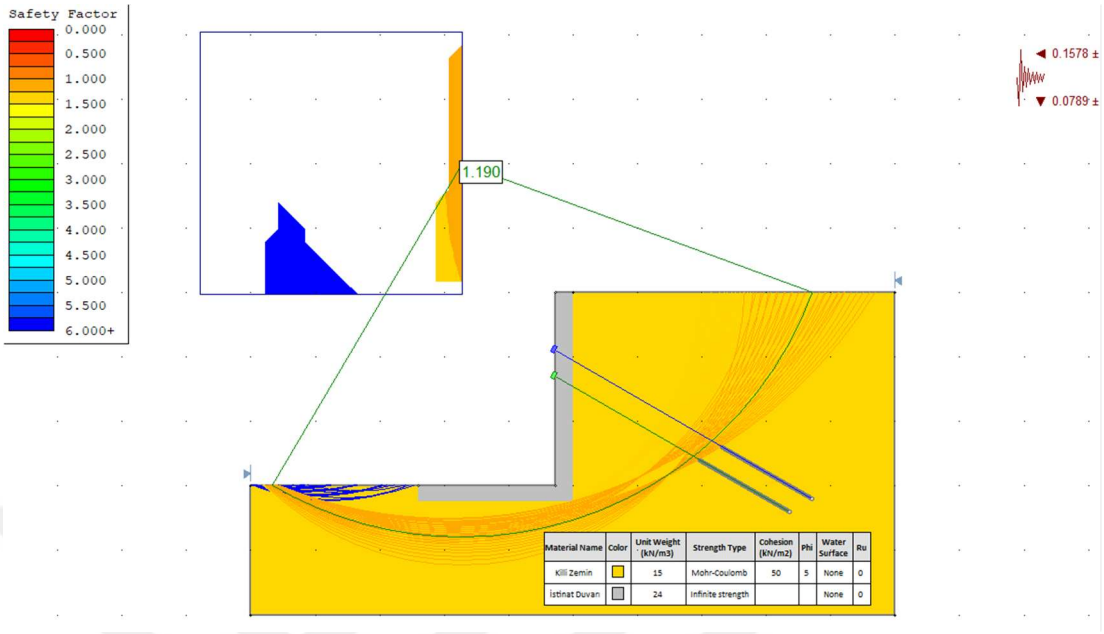


Şekil 7.466: Killi zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

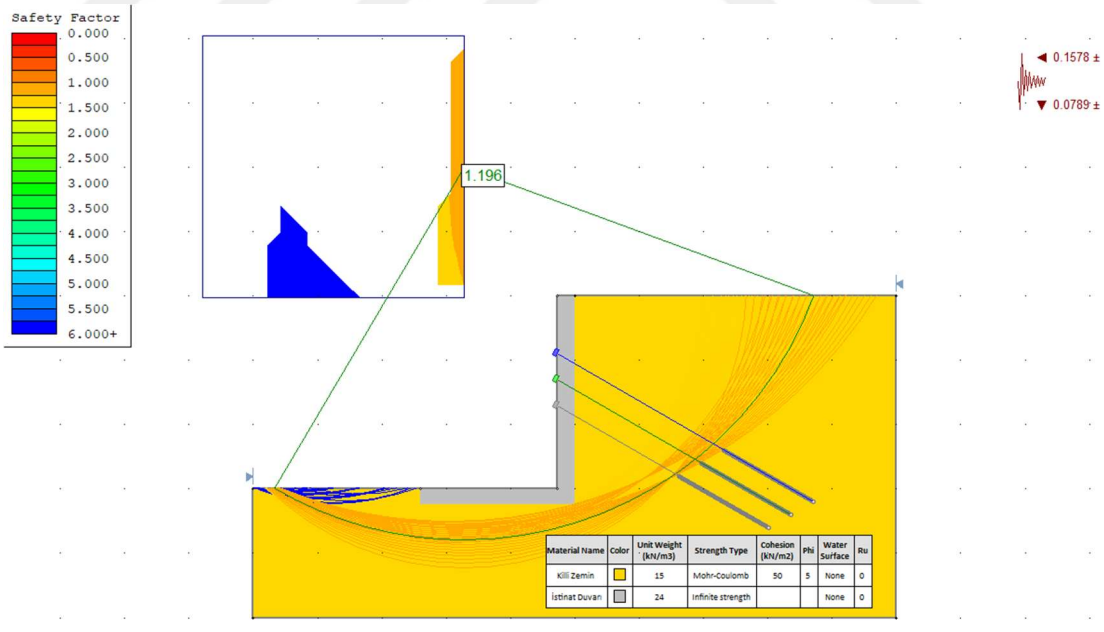
- Aktif ankraj durumunda;



Şekil 7.467: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.468: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

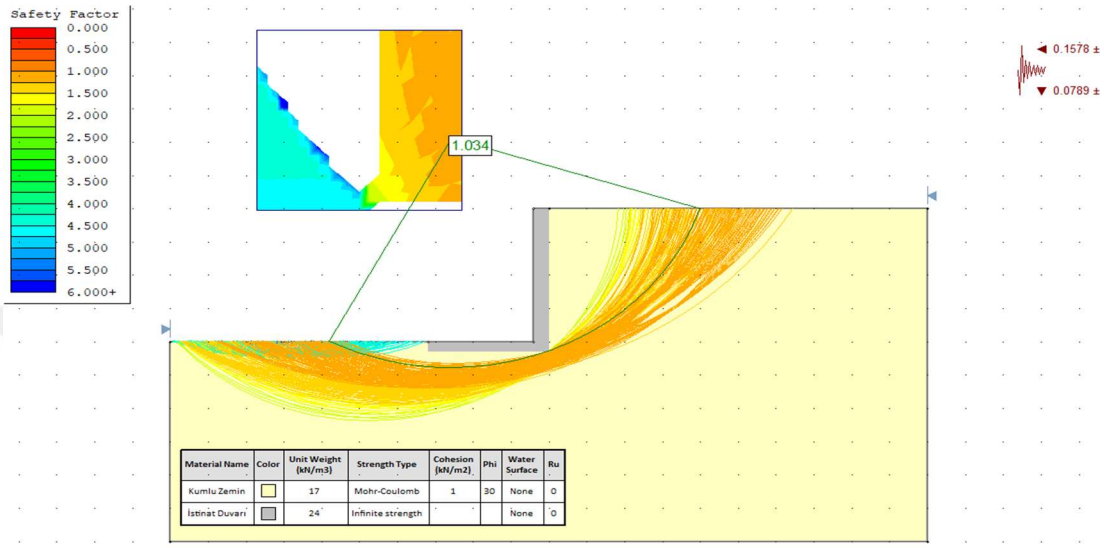


Şekil 7.469: Killi zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-3 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

7.2.2.4 TİP-4 istinat duvarı

Ankrajsız kumlu zemin durumu, ankrajlı kumlu zemin durumu, ankrajsız killi zemin durumu ve ankrajlı killi zemin durumu olmak üzere dört başlık altında analiz sonuçları verilmiştir.

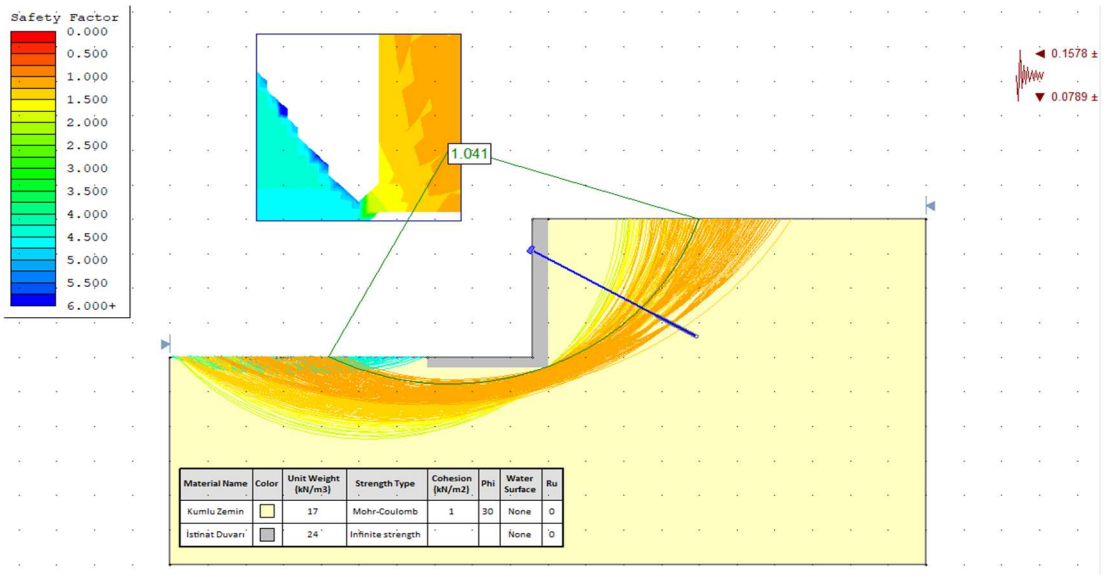
Ankrajsız kumlu zemin durumunda;



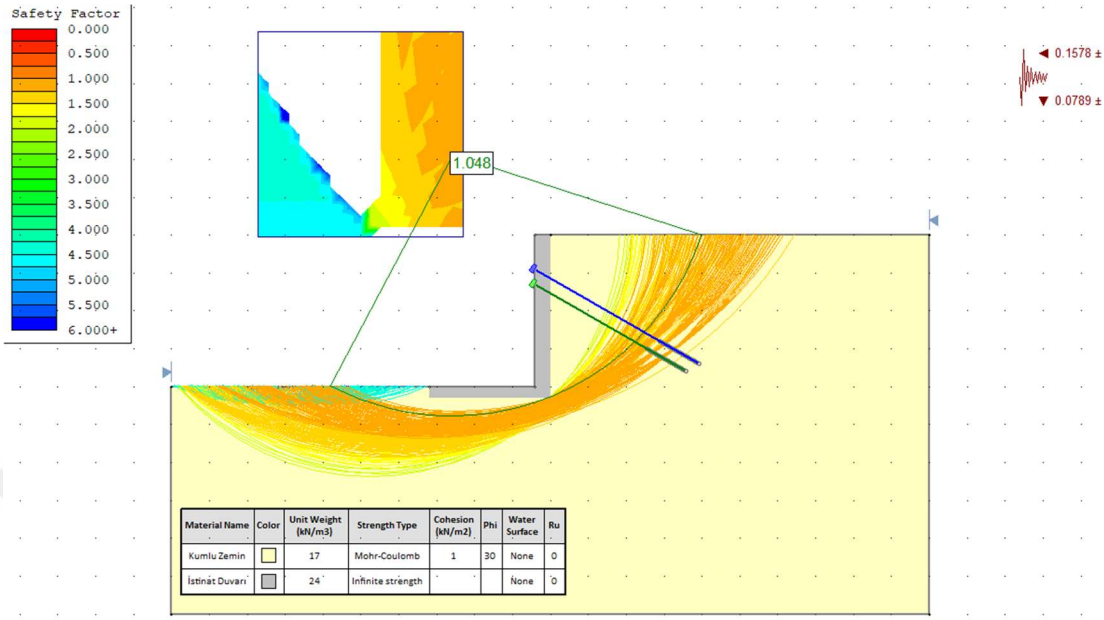
Şekil 7.470: Kumlu zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı kumlu zemin durumunda;

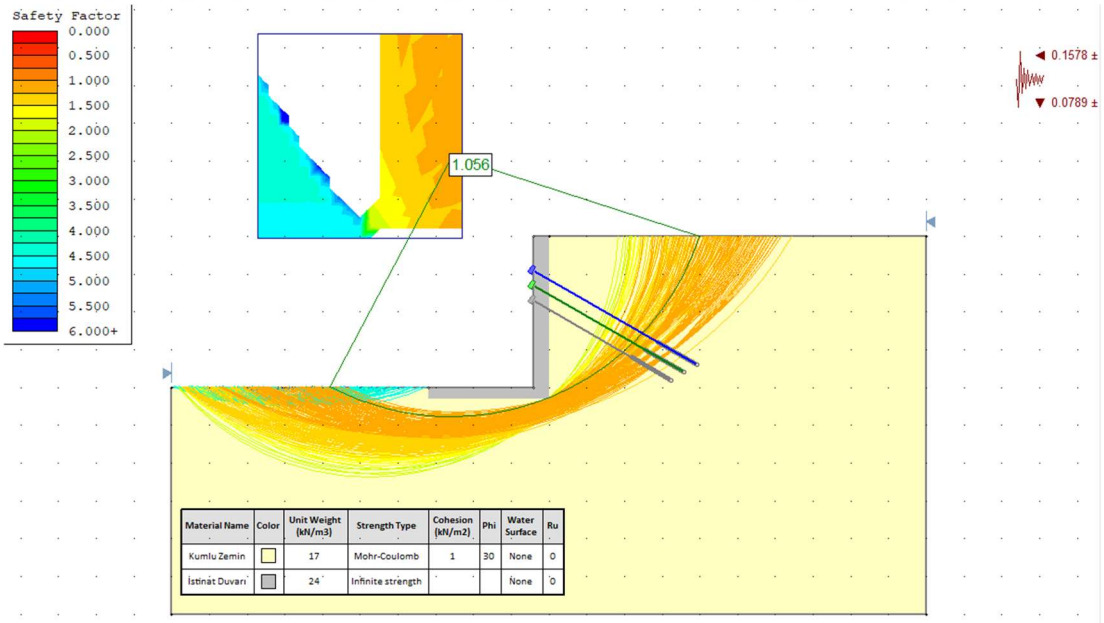
- Pasif ankraj durumunda;



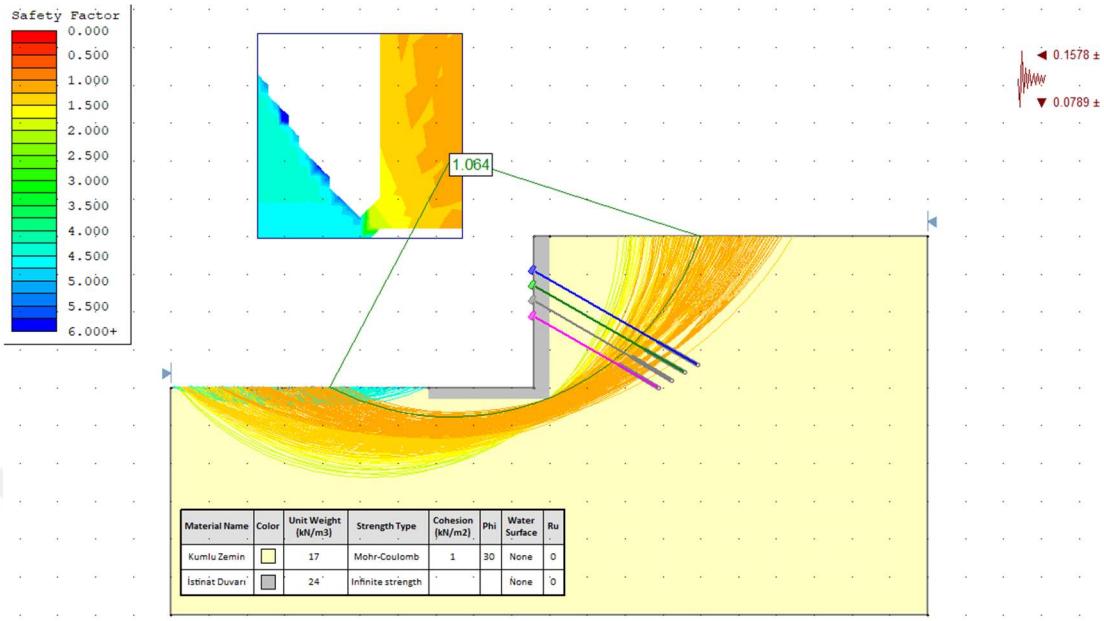
Şekil 7.471: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.472: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

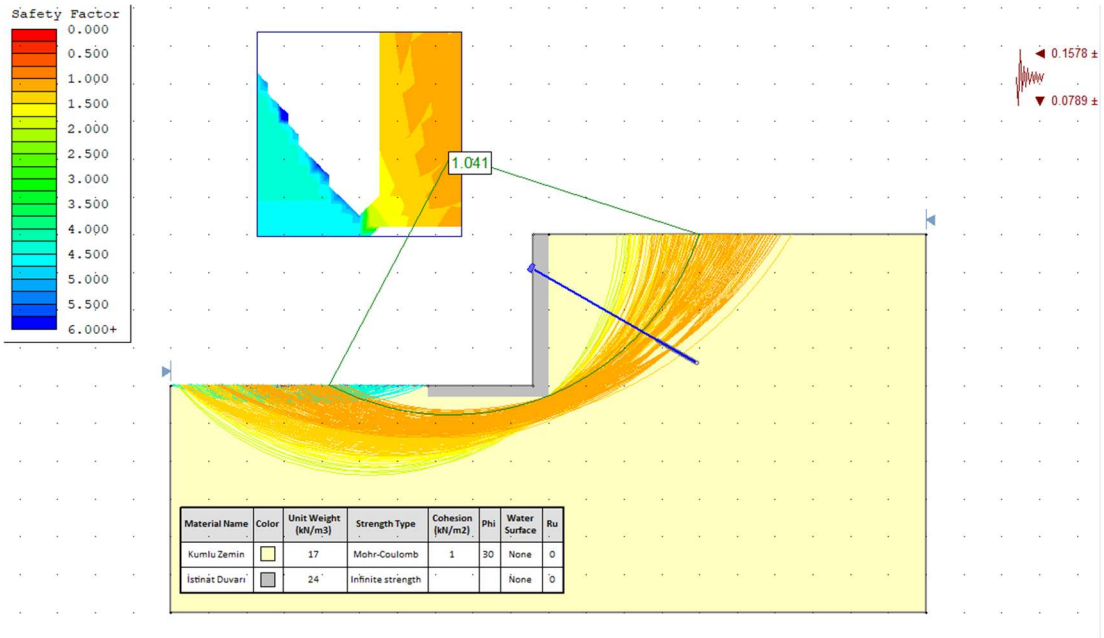


Şekil 7.473: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

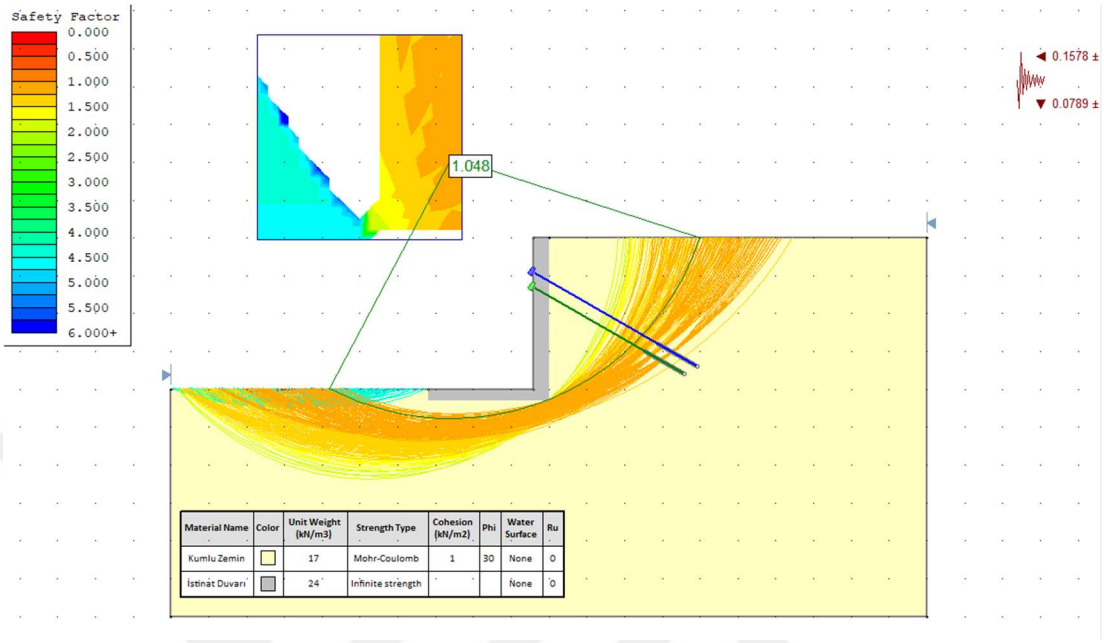


Şekil 7.474: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

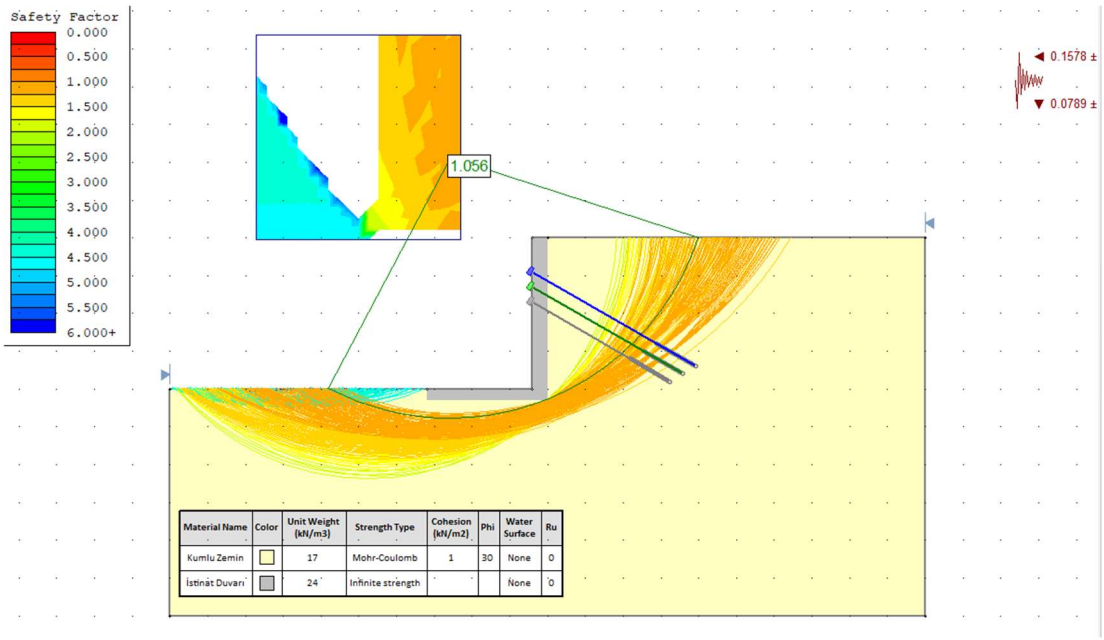
- Aktif Ankraj Durumunda;



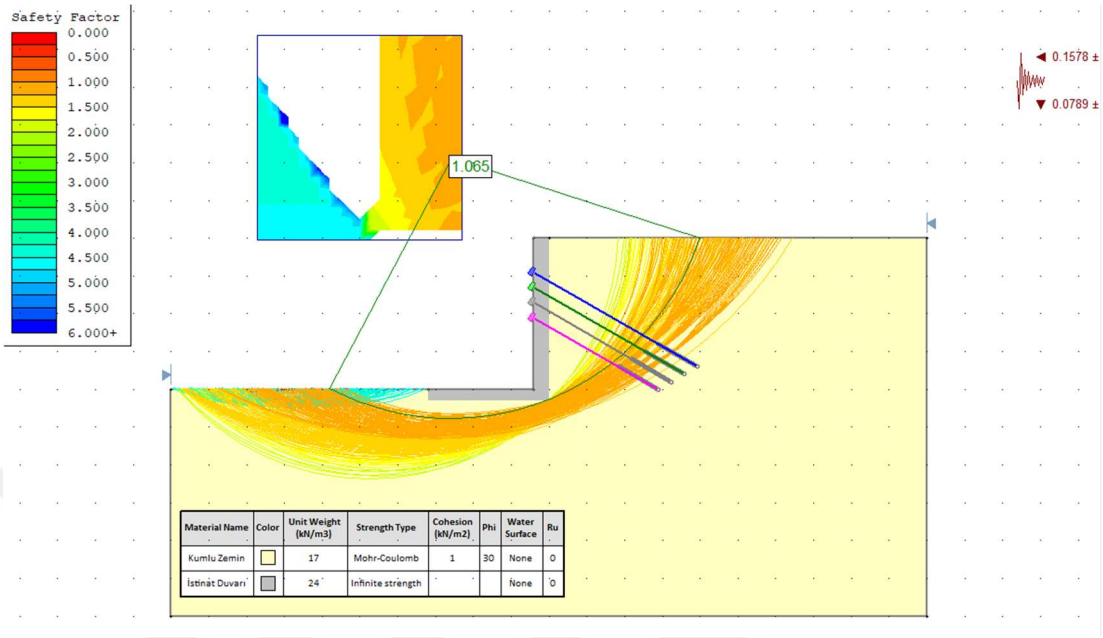
Şekil 7.475: Kumlu zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.476: Kumlu zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

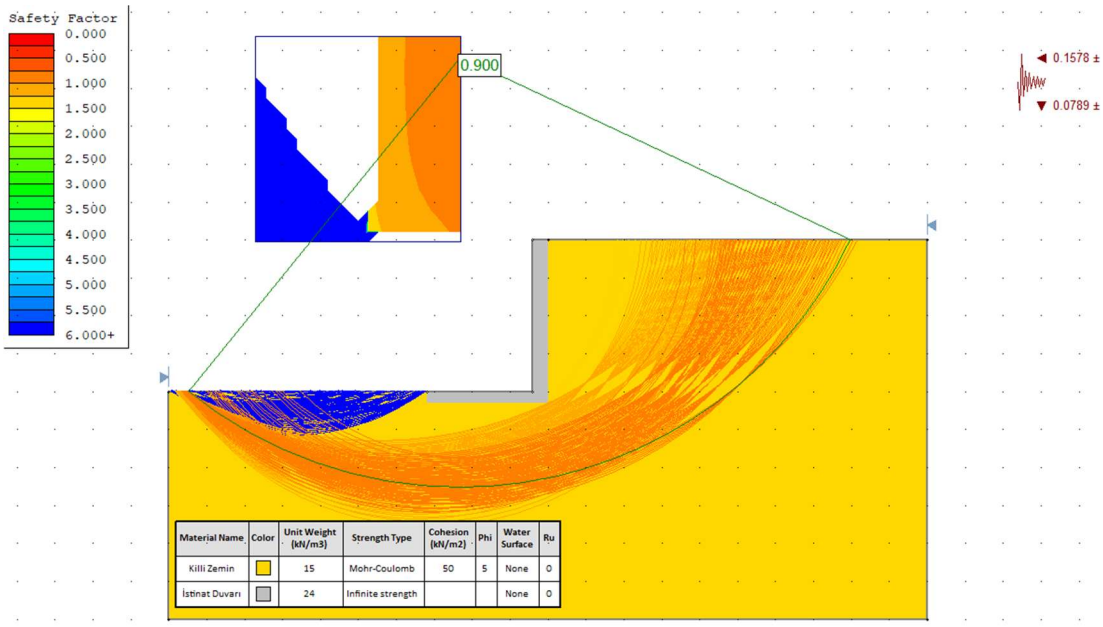


Şekil 7.477: Kumlu zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.478: Kumlu zemin etkisinde 4 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

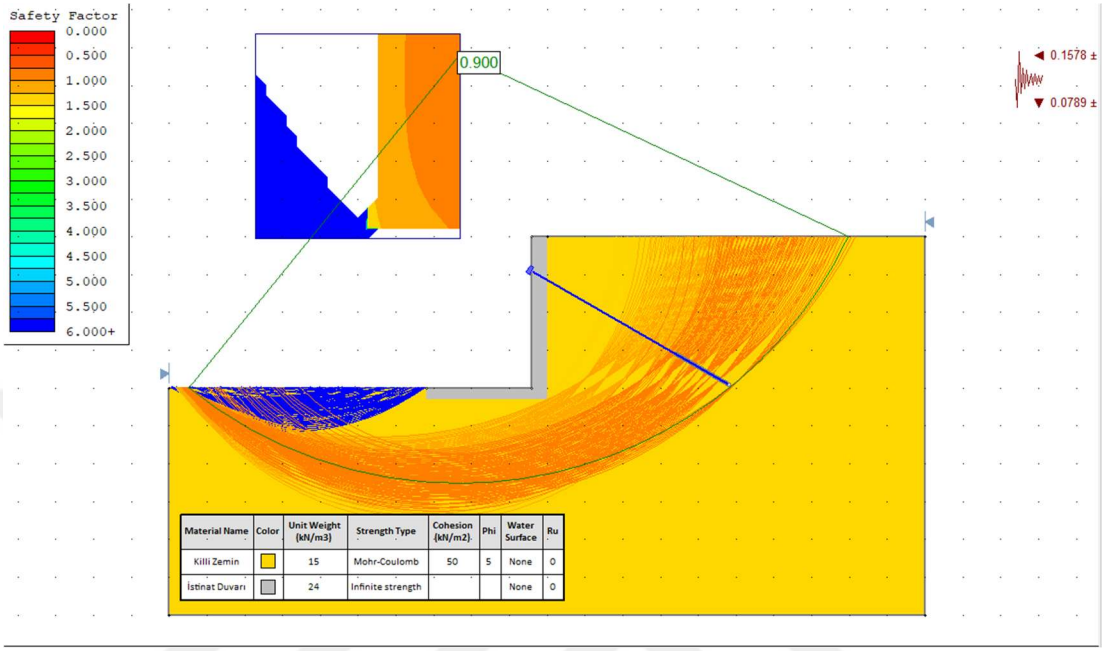
Ankrajsız killi zemin durumunda;



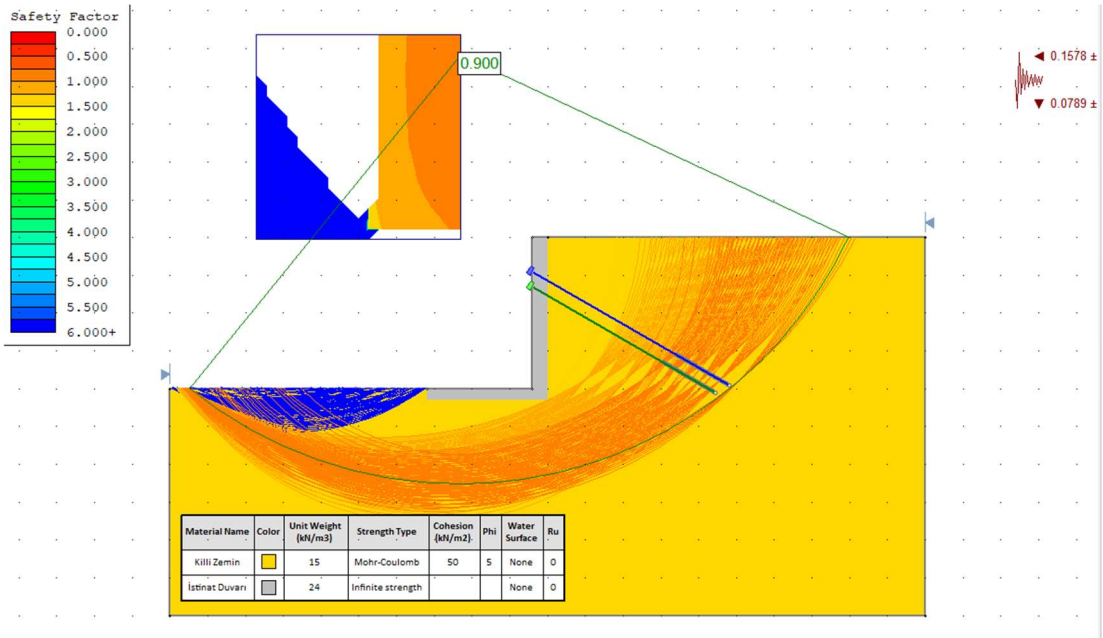
Şekil 7.479: Killi zemin etkisinde ankrajsız TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

Ankrajlı killi zemin durumunda;

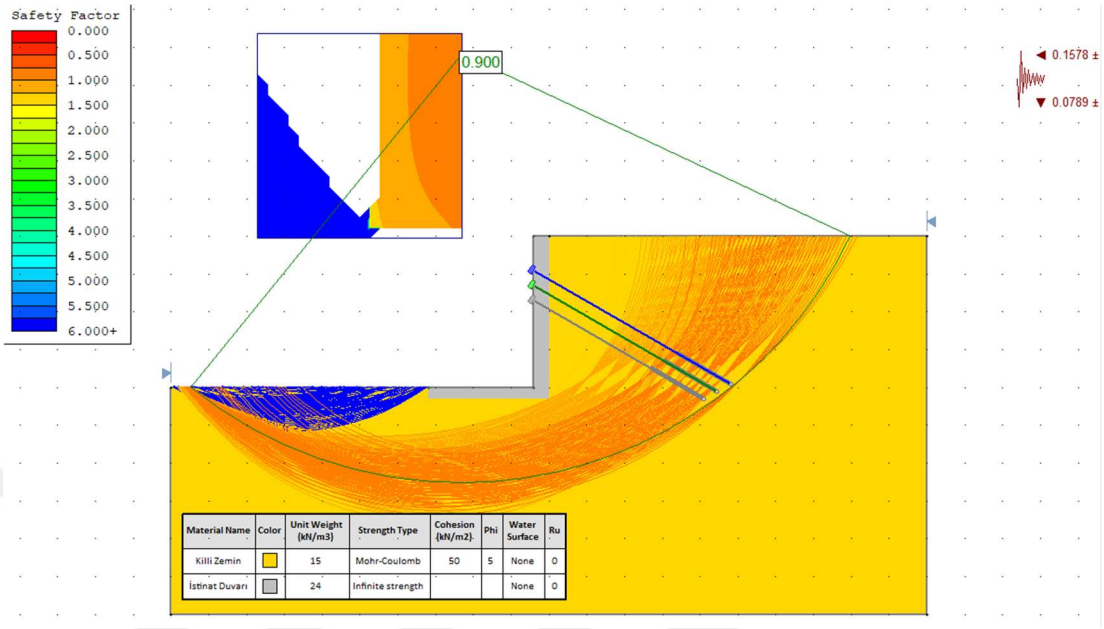
- Pasif ankraj durumunda;



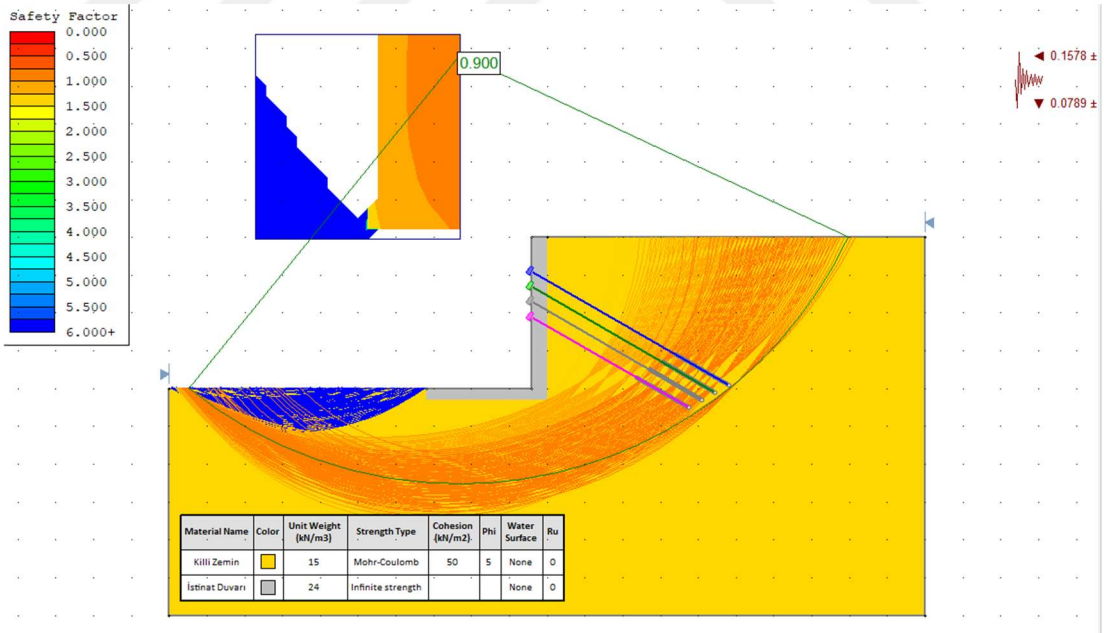
Şekil 7.480: Killi zemin etkisinde 1 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.481: Killi zemin etkisinde 2 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

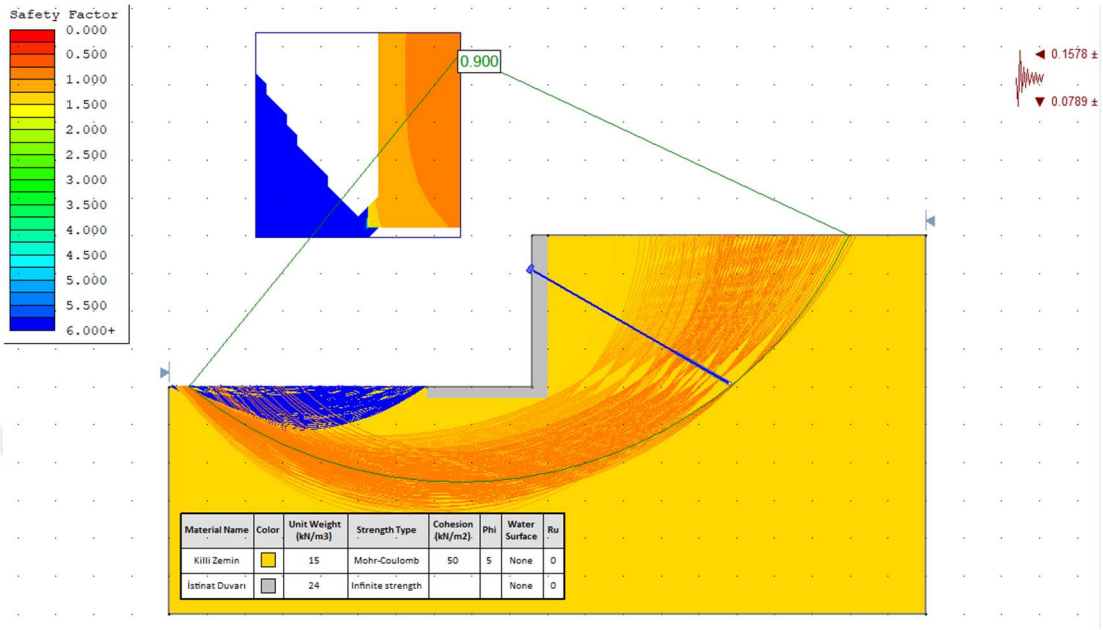


Şekil 7.482: Killi zemin etkisinde 3 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

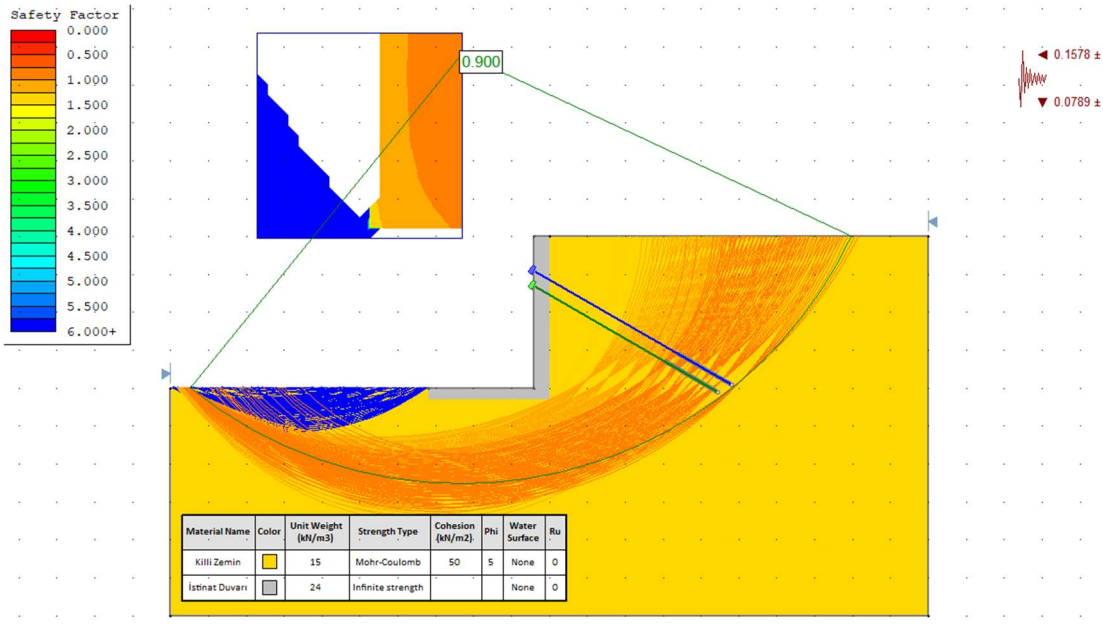


Şekil 7.483: Killi zemin etkisinde 4 sıra pasif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

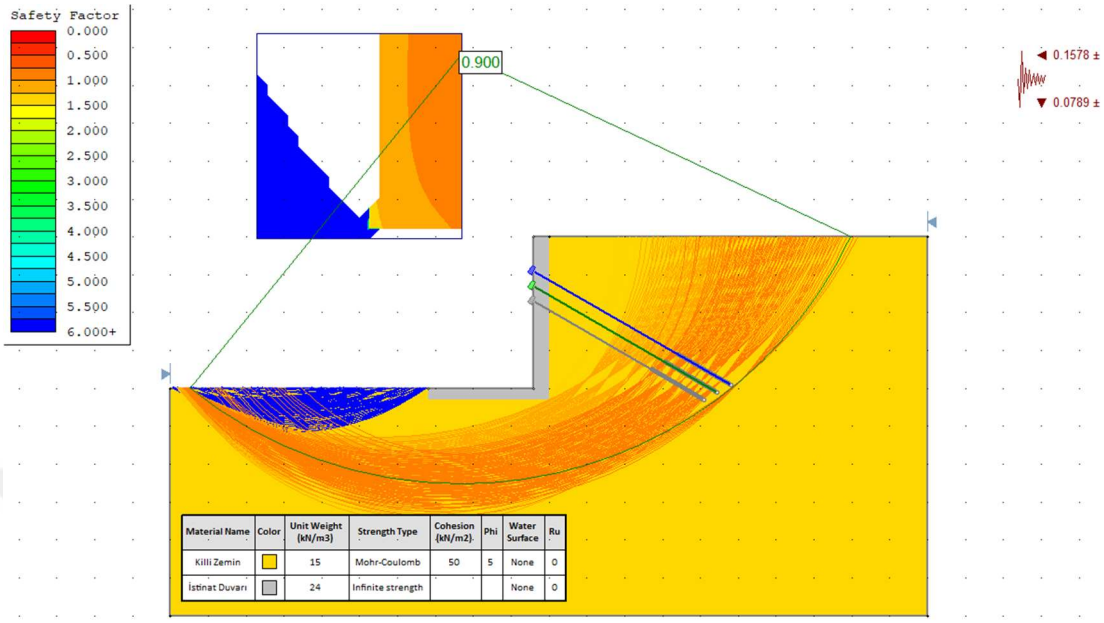
- Aktif ankraj durumunda



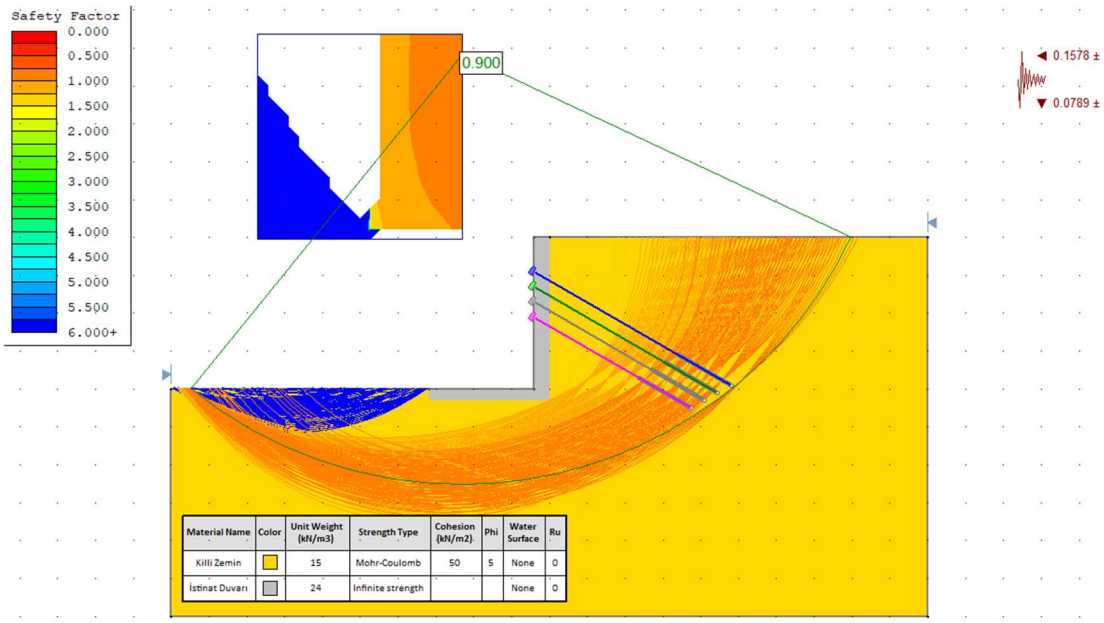
Şekil 7.484: Killi zemin etkisinde 1 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.485: Killi zemin etkisinde 2 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.486: Killi zemin etkisinde 3 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.



Şekil 7.487: Killi zemin etkisinde 4 sıra aktif ankrajlı TİP-4 istinat duvarının slide analiz sonuç görseli.

ANALİZ SONUÇ TABLOSU

		PLAXİS ANALİZ SONUÇLARI																						SLİDE ANALİZ SONUÇLARI											
		STATİK ANALİZ												DİNAMİK ANALİZ										STATİK ANALİZ						DİNAMİK ANALİZ					
		KUM ZEMİN						KİL ZEMİN						KUM ZEMİN						KİL ZEMİN						KUM ZEMİN			KİL ZEMİN			KUM ZEMİN			KİL ZEMİN		
		ANKRAJSIZ	1 SIRA ANKRAJLI	2 SIRA ANKRAJLI	3 SIRA ANKRAJLI	4 SIRA ANKRAJLI	50 kN ÖN GERMELİ	ANKRAJSIZ	1 SIRA ANKRAJLI	2 SIRA ANKRAJLI	3 SIRA ANKRAJLI	4 SIRA ANKRAJLI	50 kN ÖN GERMELİ	ANKRAJSIZ	1 SIRA ANKRAJLI	2 SIRA ANKRAJLI	3 SIRA ANKRAJLI	4 SIRA ANKRAJLI	50 kN ÖN GERMELİ	ANKRAJSIZ	1 SIRA ANKRAJLI	2 SIRA ANKRAJLI	3 SIRA ANKRAJLI	4 SIRA ANKRAJLI	50 kN ÖN GERMELİ	ANKRAJSIZ	PASİF ANKRAJLI	AKTİF ANKRAJLI	ANKRAJSIZ	PASİF ANKRAJLI	AKTİF ANKRAJLI	ANKRAJSIZ	PASİF ANKRAJLI	AKTİF ANKRAJLI	ANKRAJSIZ	PASİF ANKRAJLI	AKTİF ANKRAJLI
TİP-1	ANALİZ SONUCU:	✗	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✗	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	YATAY DEPLASMAN VE DURUMU:	-	Dışa doğru: 596,92*10⁻³ m	-	-	-	Dışa doğru: 599,19*10⁻³ m	İçe doğru: 221,28*10⁻³ m	Dışa doğru: 237,37*10⁻³ m	-	-	-	Dışa doğru: 246,27*10⁻³ m	-	Dışa doğru: 622,66*10⁻³ m	-	-	-	Dışa doğru: 583,85*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	-	-	-	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m											
	DÜŞEY DEPLASMAN VE DURUMU:	-	Yukarı doğru: 377,54*10⁻³ m	-	-	-	Yukarı doğru: 378,24*10⁻³ m	Yukarı doğru: 293,85*10⁻³ m	Yukarı doğru: 298,90*10⁻³ m	-	-	-	Yukarı doğru: 300,82*10⁻³ m	-	Yukarı doğru: 304,47*10⁻³ m	-	-	-	Yukarı doğru: 262,91*10⁻³ m	Yukarı doğru: 157,54*10⁻³ m	Yukarı doğru: 156,86*10⁻³ m	-	-	-	Yukarı doğru: 156,49*10⁻³ m											
TİP-2	ANALİZ SONUCU:	✗	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✗	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
	YATAY DEPLASMAN VE DURUMU:	-	Dışa doğru: 172,55*10⁻³ m	Dışa doğru: 172,49*10⁻³ m	-	-	Dışa doğru: 167,84*10⁻³ m	İçe doğru: 695,01*10⁻³ m	İçe doğru: 683,29*10⁻³ m	İçe doğru: 687,60*10⁻³ m	-	-	İçe doğru: 681,06*10⁻³ m	-	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	-	-	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	-	-	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m											
	DÜŞEY DEPLASMAN VE DURUMU:	-	Yukarı doğru: 120,00*10⁻³ m	Yukarı doğru: 113,75*10⁻³ m	-	-	Yukarı doğru: 110,14*10⁻³ m	Yukarı doğru: 690,69*10⁻³ m	Yukarı doğru: 692,06*10⁻³ m	Yukarı doğru: 692,90*10⁻³ m	-	-	Yukarı doğru: 697,33*10⁻³ m	-	Yukarı doğru: 249,75*10⁻³ m	Yukarı doğru: 248,40*10⁻³ m	-	-	Yukarı doğru: 248,23*10⁻³ m	Yukarı doğru: 154,20*10⁻³ m	Yukarı doğru: 154,63*10⁻³ m	Yukarı doğru: 155,10*10⁻³ m	-	-	Yukarı doğru: 154,03*10⁻³ m											
TİP-3	ANALİZ SONUCU:	✗	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✗	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
	YATAY DEPLASMAN VE DURUMU:	-	İçe doğru: 289,74*10⁻³ m	İçe doğru: 338,31*10⁻³ m	Dışa doğru: 112,60*10⁻³ m	-	Dışa doğru: 106,90*10⁻³ m	İçe doğru: 1,04 m	İçe doğru: 1,15 m	İçe doğru: 1,18 m	İçe doğru: 1,22 m	-	İçe doğru: 1,25 m	-	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	-	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	-	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m											
	DÜŞEY DEPLASMAN VE DURUMU:	-	Yukarı doğru: 207,85*10⁻³ m	Yukarı doğru: 206,68*10⁻³ m	Yukarı doğru: 116,90*10⁻³ m	-	Yukarı doğru: 116,90*10⁻³ m	Yukarı doğru: 768,36*10⁻³ m	Yukarı doğru: 639,67*10⁻³ m	Yukarı doğru: 642,78*10⁻³ m	Yukarı doğru: 645,26*10⁻³ m	-	Yukarı doğru: 643,65*10⁻³ m	-	Yukarı doğru: 269,03*10⁻³ m	Yukarı doğru: 264,65*10⁻³ m	Yukarı doğru: 263,14*10⁻³ m	-	Yukarı doğru: 262,76*10⁻³ m	Yukarı doğru: 143,33*10⁻³ m	Yukarı doğru: 142,08*10⁻³ m	Yukarı doğru: 141,12*10⁻³ m	Yukarı doğru: 140,32*10⁻³ m	-	Yukarı doğru: 140,40*10⁻³ m											
TİP-4	ANALİZ SONUCU:	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	YATAY DEPLASMAN VE DURUMU:	-	Dışa doğru: 153,21*10⁻³ m	Dışa doğru: 144,66*10⁻³ m	Dışa doğru: 144,89*10⁻³ m	Dışa doğru: 146,45*10⁻³ m	Dışa doğru: 141,22*10⁻³ m	Dışa doğru: 1,53 m	İçe doğru: 1,42 m	İçe doğru: 1,43 m	İçe doğru: 1,44 m	İçe doğru: 1,38 m	İçe doğru: 1,41 m	-	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m	Dışa doğru: 364,63*10⁻³ m											
	DÜŞEY DEPLASMAN VE DURUMU:	-	Yukarı doğru: 230,01*10⁻³ m	Yukarı doğru: 204,85*10⁻³ m	Yukarı doğru: 195,82*10⁻³ m	Yukarı doğru: 192,92*10⁻³ m	Yukarı doğru: 188,58*10⁻³ m	Yukarı doğru: 1,32 m	Yukarı doğru: 968,21*10⁻³ m	Yukarı doğru: 955,21*10⁻³ m	Yukarı doğru: 948,17*10⁻³ m	Yukarı doğru: 946,67*10⁻³ m	Yukarı doğru: 942,34*10⁻³ m	-	Yukarı doğru: 280,14*10⁻³ m	Yukarı doğru: 270,65*10⁻³ m	Yukarı doğru: 269,12*10⁻³ m	Yukarı doğru: 261,85*10⁻³ m	Yukarı doğru: 261,94*10⁻³ m	Yukarı doğru: 130,59*10⁻³ m	Yukarı doğru: 134,80*10⁻³ m	Yukarı doğru: 137,88*10⁻³ m	Yukarı doğru: 140,14*10⁻³ m	Yukarı doğru: 142,61*10⁻³ m	Yukarı doğru: 142,48*10⁻³ m											

Şekil 7.488: “Plaxis” ve “Slide” program analiz sonuç tablo görseli.

ANALİZ SONUCUNDA OLUŞAN NORMAL KUVVET, KESME KUVVETİ VE MOMENT DEĞERLERİ

		STATİK ANALİZ												DİNAMİK ANALİZ											
		KUM ZEMİN						KİL ZEMİN						KUM ZEMİN						KİL ZEMİN					
		ANKRAJSIZ DURUMDA	ANKRAJLI DURUMDA	1.SIRA ANKRAJ	2.SIRA ANKRAJ	3.SIRA ANKRAJ	4.SIRA ANKRAJ	ANKRAJSIZ DURUMDA	ANKRAJLI DURUMDA	1.SIRA ANKRAJ	2.SIRA ANKRAJ	3.SIRA ANKRAJ	4.SIRA ANKRAJ	ANKRAJSIZ DURUMDA	ANKRAJLI DURUMDA	1.SIRA ANKRAJ	2.SIRA ANKRAJ	3.SIRA ANKRAJ	4.SIRA ANKRAJ	ANKRAJSIZ DURUMDA	ANKRAJLI DURUMDA	1.SIRA ANKRAJ	2.SIRA ANKRAJ	3.SIRA ANKRAJ	4.SIRA ANKRAJ
TİP-1	NORMAL KUVVET: (kN/m)	Temel: -11,08 Perde: -79,63	Temel: -64,58 Perde: -130,62	Ankraj Yükü: 4,171 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 4,88	-	-	-	Temel: 22,62 Perde: -162,29	Temel: -12,90 Perde: -130,45	Ankraj Yükü: 0,398 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: $677,96*10^{-3}$	-	-	-	Temel: -11,08 Perde: -79,63	Temel: -711,36 Perde: -141,24	Ankraj Yükü: -28,150 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 0,00	-	-	-	Temel: -39,65 Perde: -163,09	Temel: -37,76 Perde: -130,69	Ankraj Yükü: -7,098 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 0,00	-	-	-
	KESME KUVVETİ: (kN/m)	Temel: -44,09 Perde: 5,25	Temel: -138,05 Perde: 69,48	-	-	-	-	Temel: -122,51 Perde: 43,88	Temel: -107,67 Perde: 47,38	-	-	-	-	Temel: -44,09 Perde: 5,25	Temel: -135,01 Perde: 405,45	-	-	-	-	Temel: -128,20 Perde: 59,73	Temel: -112,77 Perde: 65,25	-	-	-	-
	MOMENT: (kNm/m)	Temel: -10,22 Perde: 5,52	Temel: 129,31 Perde: 129,31	-	-	-	-	Temel: -77,28 Perde: 63,89	Temel: 74,08 Perde: 74,08	-	-	-	-	Temel: -10,22 Perde: 5,52	Temel: 335,34 Perde: 335,34	-	-	-	-	Temel: -89,32 Perde: 74,79	Temel: 86,01 Perde: 86,01	-	-	-	-
TİP-2	NORMAL KUVVET: (kN/m)	Temel: 25,60 Perde: -246,93	Temel: -203,49 Perde: -461,60	Ankraj Yükü: 68,730 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 51,76	Ankraj Yükü: 123,90 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 92,92	-	-	Temel: -155,37 Perde: -569,80	Temel: -163,44 Perde: -568,44	Ankraj Yükü: 24,440 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 2,52	Ankraj Yükü: 8,480 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 0,00	-	-	Temel: 25,60 Perde: -246,93	Temel: $-1,75*10^{3}$ Perde: -585,57	Ankraj Yükü: 128,300 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 39,47	Ankraj Yükü: 96,74 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 1,52	-	-	Temel: -227,32 Perde: -566,75	Temel: -231,91 Perde: -566,29	Ankraj Yükü: 46,060 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 7,05	Ankraj Yükü: 18,810 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 0,00	-	-
	KESME KUVVETİ: (kN/m)	Temel: -148,06 Perde: 5,59	Temel: -384,98 Perde: 212,31	-	-	-	-	Temel: -459,50 Perde: 197,02	Temel: -505,72 Perde: 211,38	-	-	-	-	Temel: -148,06 Perde: 5,59	Temel: $-577,22$ Perde: $1,19*10^{3}$	-	-	-	-	Temel: -471,98 Perde: 254,29	Temel: -517,09 Perde: 265,78	-	-	-	-
	MOMENT: (kNm/m)	Temel: -68,30 Perde: 7,67	Temel: 295,76 Perde: 295,76	-	-	-	-	Temel: 580,69 Perde: 580,69	Temel: 553,24 Perde: 553,24	-	-	-	-	Temel: -68,30 Perde: 7,67	Temel: 896,53 Perde: 896,53	-	-	-	-	Temel: 650,64 Perde: 650,64	Temel: 612,28 Perde: 612,28	-	-	-	-
TİP-3	NORMAL KUVVET: (kN/m)	Temel: -61,20 Perde: -613,31	Temel: -455,81 Perde: -980,26	Ankraj Yükü: 78,690 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 68,55	Ankraj Yükü: 116,800 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 94,20	Ankraj Yükü: 159,100 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 122,51	-	Temel: -618,61 Perde: $-1,18*10^{3}$	Temel: -658,84 Perde: $-1,19*10^{3}$	Ankraj Yükü: 81,930 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 55,32	Ankraj Yükü: 47,240 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 35,18	Ankraj Yükü: 35,050 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 18,46	-	Temel: -61,20 Perde: -613,31	Temel: $-2,77*10^{3}$ Perde: $-1,03*10^{3}$	Ankraj Yükü: 130,000 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 66,95	Ankraj Yükü: 133,800 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 60,11	Ankraj Yükü: 96,470 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 18,58	-	Temel: -896,17 Perde: $-1,13*10^{3}$	Temel: -941,63 Perde: $-1,15*10^{3}$	Ankraj Yükü: 40,670 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 12,53	Ankraj Yükü: 24,490 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 6,76	Ankraj Yükü: -3,262 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 0,00	-
	KESME KUVVETİ: (kN/m)	Temel: -543,48 Perde: 76,05	Temel: -880,90 Perde: 450,86	-	-	-	-	Temel: $-1,06*10^{3}$ Perde: 501,22	Temel: $-1,10*10^{3}$ Perde: 527,88	-	-	-	-	Temel: -543,48 Perde: 76,05	Temel: $-1,03*10^{3}$ Perde: $1,83*10^{3}$	-	-	-	-	Temel: $-1,04*10^{3}$ Perde: 624,53	Temel: $-1,09*10^{3}$ Perde: 653,84	-	-	-	-
	MOMENT: (kNm/m)	Temel: 389,18 Perde: 389,18	Temel: 991,42 Perde: 991,42	-	-	-	-	Temel: $1,94*10^{3}$ Perde: $1,94*10^{3}$	Temel: $1,63*10^{3}$ Perde: $1,63*10^{3}$	-	-	-	-	Temel: 389,18 Perde: 389,18	Temel: $1,99*10^{3}$ Perde: $1,99*10^{3}$	-	-	-	-	Temel: $2,06*10^{3}$ Perde: $2,06*10^{3}$	Temel: $1,80*10^{3}$ Perde: $1,80*10^{3}$	-	-	-	-
TİP-4	NORMAL KUVVET: (kN/m)	Temel: -78,97 Perde: -173,38	Temel: -738,49 Perde: $-1,77*10^{3}$	Ankraj Yükü: 116,500 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 104,11	Ankraj Yükü: 120,600 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 107,05	Ankraj Yükü: 136,200 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 114,91	Ankraj Yükü: 178,300 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 142,58	Temel: $-1,45*10^{3}$ Perde: $-2,02*10^{3}$	Temel: $-1,54*10^{3}$ Perde: $-2,12*10^{3}$	Ankraj Yükü: 101,500 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 96,83	Ankraj Yükü: 125,800 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 117,09	Ankraj Yükü: 89,460 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 84,14	Ankraj Yükü: 73,640 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 65,48	Temel: -78,97 Perde: -173,38	Temel: $-4,16*10^{3}$ Perde: $-1,65*10^{3}$	Ankraj Yükü: 159,300 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 108,91	Ankraj Yükü: 151,100 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 102,19	Ankraj Yükü: 150,700 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 88,95	Ankraj Yükü: 148,400 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 66,59	Temel: $-2,29*10^{3}$ Perde: $-1,89*10^{3}$	Temel: $-2,38*10^{3}$ Perde: $-1,98*10^{3}$	Ankraj Yükü: 158,600 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 136,85	Ankraj Yükü: 105,000 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 86,73	Ankraj Yükü: 23,700 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 12,86	Ankraj Yükü: -6,828 Ankraj Kökü Normal Kuvveti: 0,00
	KESME KUVVETİ: (kN/m)	Temel: -180,74 Perde: 77,01	Temel: $-1,66*10^{3}$ Perde: 729,11	-	-	-	-	Temel: $-1,93*10^{3}$ Perde: 999,07	Temel: $-2,04*10^{3}$ Perde: 999,09	-	-	-	-	Temel: -180,74 Perde: 77,01	Temel: $-1,64*10^{3}$ Perde: $2,75*10^{3}$	-	-	-	-	Temel: $-1,84*10^{3}$ Perde: $1,23*10^{3}$	Temel: $-1,93*10^{3}$ Perde: $1,23*10^{3}$	-	-	-	-
	MOMENT: (kNm/m)	Temel: 510,76 Perde: 510,76	Temel: $2,55*10^{3}$ Perde: $2,25*10^{3}$	-	-	-	-	Temel: $4,90*10^{3}$ Perde: $4,90*10^{3}$	Temel: $3,24*10^{3}$ Perde: $3,24*10^{3}$	-	-	-	-	Temel: 510,76 Perde: 510,76	Temel: $3,78*10^{3}$ Perde: $3,78*10^{3}$	-	-	-	-	Temel: $4,93*10^{3}$ Perde: $4,93*10^{3}$	Temel: $3,41*10^{3}$ Perde: $3,41*10^{3}$	-	-	-	-

Şekil 7.489: Analiz sonucunda kesitlerde oluşan normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment değerlene dair görsel.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada; TİP1, TİP2, TİP3 ve TİP4 olmak üzere dört farklı istinat tipi seçildi. Seçilen bu istinat tipleri ankrajlı ve ankrajsız olacak şekilde killi ve kumlu zeminde statik ve dinamik analizi "Plaxis 8.2 Input" ve "Slide" programları kullanılarak yapıldı. Yapılan bu analizler sonucundan değerlendirmeler şu şekildedir:
TİP1 istinat duvarı için;

- Statik analizde ankrajsız kumlu zemin durumuna bakıldığında kesitin güvensiz olduğu görülmektedir. Lakin 1 sıra pasif ankraj, ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde kesitin güvenli hale geldiği görülmektedir. Pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanda ufak da olsa artış görülmektedir. Ankraja ön germe yükü verildiğinde yani aktif ankraj durumunda da deplasmanın arttığı görülmektedir.
- Statik analizde ankrajsız killi zemin durumuna bakıldığında ise kesitin güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj, ikişer metre aralıklar ile atıldığı durumda düşey ve yatay deplasmanın arttığı görülmektedir. Pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde toplam deplasmanda değişme olmadığı görülmektedir. Ankraja ön germe yükü verildiğinde yani aktif ankraj durumunda düşey ve yatay deplasmanda artış görülmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız kumlu zemin durumuna bakıldığında, statik analizde kesit güvenli olmadığı için dinamik analiz yapılamadı. Fakat 1 sıra pasif ankraj ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde analiz sonucunun güvenli olduğu görülmektedir. Statik analize göre yatay deplasman artmış olup düşey deplasman ise azalmıştır. Ankraja ön germe yükü verildiğinde ise yatay ve düşey deplasmanlar statik duruma göre azalmıştır.
- Dinamik analizde ankrajsız killi zemin durumuna bakıldığında ise kesit güvenlidir. Statik analize göre yatay deplasmanın arttığı, düşey deplasmanın ise azaldığı görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj durumuna bakıldığında da yatay deplasmanın arttığı, düşey deplasmanın ise azaldığı görülmektedir. Aynı durum ankraja ön germe yükü verildiğinde de görülmektedir.

- Statik analizde ankrajsız kumlu zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj atıldığında ise güvenlik katsayısının arttığı görülmektedir. Bu ankraja ön germe yükü verildiğinde de güvenlik katsayısında artış görülmektedir.
- Statik analizde ankrajsız killi zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısı 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. Kumlu zemine göre çok daha fazla güvenli tarafta kalmaktadır. 1 sıra pasif ankraj durumunda güvenlik katsayısı daha da artmaktadır. Bu ankraja ön germe yükü verildiğinde de güvenlik katsayısında artma meydana gelmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız kumlu zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. Pasif ankraj ve aktif ankraj durumunda da güvenlik katsayılarının arttığı görülmüş olup statik duruma göre ise güvenlik katsayılarında azalma meydana gelmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız killi zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. Kumlu zemine göre güvenlik katsayısı daha yüksek çıkmaktadır. Pasif ve aktif ankraj durumunda da güvenlik katsayılarının arttığı görülmüş olup statik duruma göre ise güvenlik katsayılarında azalma meydana gelmektedir.

TİP2 istinat duvarı için;

- Statik analizde ankrajsız kumlu zemin durumuna bakıldığında kesitin güvensiz olduğu görülmektedir. Fakat 1 sıra pasif ankraj, ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde analiz sonucunun güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde toplam deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlar, 2 sıralı ikişer metre aralıklarla tasarlandığında deplasmanda ufak da olsa azalma meydana gelmektedir. 2 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde toplam deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlara ön germe yükü verildiğinde deplasmanlarda azalışın olduğu görülmektedir.
- Statik analizde ankrajsız killi zemin durumuna bakıldığında ise kesitin güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj, ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde yatay deplasmanda azalış, düşey deplasmanda ise artış görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde toplam deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlar, 2 sıralı ikişer metre aralıklarla tasarlandığında

deplasmanda azalma meydana gelmektedir. 2 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanlarda ufak da olsa artış görülmektedir. Ankraja ön germe yükü verildiğinde yani aktif ankraj durumunda yatay deplasmanda azalış, düşey deplasmanda ise artış görülmektedir.

- Dinamik analizde ankrajsız kumlu zemin durumuna bakıldığında statik analizde kesit güvensiz olduğundan dinamik analiz yapılamadı. Fakat 1 sıra pasif ankraj ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde analiz sonucunun güvenli olduğu görülmektedir. Statik analize göre hem yatay hem de düşey deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlara ön germe yükü verildiğinde de hem yatay hem de düşey deplasmanda artış görülmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız killi zemin durumuna bakıldığında ise kesit güvenlidir. Statik analize göre yatay ve düşey deplasmanlarda azalmalar görülmektedir. 1 ve 2 sıra pasif ankraj durumunda da deplasmanlarda azalma görülmektedir. Aynı durum ankraja ön germe yükü verildiğinde de görülmektedir.
- Statik analizde ankrajsız kumlu zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj atıldığında ise güvenlik katsayısının arttığı görülmektedir. Ankrajlar, 2 sıra olarak tasarlandığında güvenlik katsayısının daha da arttığı görülmektedir. Bu ankrajlara ön germe yükü verildiğinde de güvenlik katsayısında artış görülmektedir.
- Statik analizde ankrajsız killi zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısı 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. Kumlu zemine göre daha fazla güvenli tarafta kalmaktadır. 1 ve 2 sıra pasif ankraj durumlarında güvenlik katsayıları daha da artmaktadır. Bu ankraja ön germe yükü verildiğinde de güvenlik katsayısında artma meydana gelmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız kumlu zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. 1 ve 2 sıra pasif ankraj durumlarında ise güvenlik katsayılarının güvenli tarafta olduğu görülmektedir. Aktif ankraj durumunda ise güvenlik katsayılarının arttığı görülmüş olup statik duruma göre ise güvenlik katsayılarında azalma meydana gelmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız killi zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. Kumlu zemine göre güvenlik katsayıları daha yüksek çıkmaktadır. 1 ve 2 sıra pasif ankraj

durumunda da aktif ankraj durumunda da güvenlik katsayılarının arttığı görülmüş olup statik duruma göre ise güvenlik katsayılarında azalma meydana gelmektedir.

TİP3 istinat duvarı için;

- Statik analizde ankrajsız kumlu zemin durumuna bakıldığında kesitin güvensiz olduğu görülmektedir. Fakat 1 sıra pasif ankraj, ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde analiz sonucunun güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde toplam deplasmanda azalış görülmektedir. Ankrajlar, 2 sıra ikişer metre aralıklar ile tasarlandığında deplasmanda artış görülmektedir. 2 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanda ufak da olsa bir azalış görülmektedir. Ankrajlar, 3 sıra ikişer metre aralıklar ile tasarlandığında deplasmanda 1 sıra ve 2 sıra ankrajlara göre tersi yönünde oluşmakta olup ve onlara göre azalış meydana gelmektedir. 3 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlara ön germe yükü verildiğinde ise deplasmanlarda azalışın olduğu görülmektedir.
- Statik analizde ankrajsız killi zemin durumuna bakıldığında ise kesitin güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj, ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde deplasmanda artış görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı durumda toplam deplasmanda azalış görülmektedir. Ankrajlar, 2 sıralı ikişer metre aralıklarla tasarlandığında deplasmanda artış görülmektedir. 2 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanlarda değişme olmadığı görülmektedir. Ankrajlar, 3 sıralı ikişer metre aralıklarla tasarlandığında deplasmanda artış görülmektedir. 3 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanlarda değişme olmadığı görülmektedir. Ankrajlara ön germe yükü verildiğinde yani aktif ankraj durumunda deplasmanda artış görülmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız kumlu zemin durumuna bakıldığında statik analizde kesit güvensiz olduğundan dinamik analiz yapılamadı. Fakat 1 sıra pasif ankraj ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde analiz sonucunun güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıralı ve 3 sıralı pasif ankraj durumunda statik analize göre deplasmanda artış görülürken 2 sıralı pasif ankraj durumunda ise deplasmanda azalış görülmektedir. Ankrajlara ön germe yükü verildiğinde ise deplasmanda herhangi bir değişme olmadığı görülmektedir.

- Dinamik analizde ankrajsız killi zemin durumuna bakıldığında ise kesit güvenlidir. Statik analize göre toplam deplasmanda azalma görülmektedir. Pasif ve aktif ankraj kullanılması durumunda deplasmanda herhangi bir değişme olmamıştır.
- Statik analizde ankrajsız kumlu zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj atıldığında ise güvenlik katsayısının güvenli olduğu görülmektedir. Ankrajlar, 2 sıra ve 3 sıra olarak tasarlandığında güvenlik katsayısında artış olduğu görülmektedir. Bu ankrajlara ön germe yükü etkittirildiğinde de güvenlik katsayısında artış görülmektedir.
- Statik analizde ankrajsız killi zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısı 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. Kumlu zeminde güvenlik katsayısı güvensiz taraftaydı. Pasif ve aktif ankraj kullanıldığı taktirde güvenlik katsayısında sürekli artış görülmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız kumlu zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. Pasif ankraj durumlarında da ankraj sırası artışına göre güvenlik katsayısı sürekli artmış fakat 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. Aktif ankraj durumunda da aynı durum görülmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız killi zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. Kumlu zeminde güvensizdi. Pasif ve aktif ankraj kullanıldığı taktirde güvenlik katsayısında sürekli artış görülmektedir.

TİP4 istinat duvarı için;

- Statik analizde ankrajsız kumlu zemin durumuna bakıldığında kesitin güvensiz olduğu görülmektedir. Fakat 1 sıra pasif ankraj, ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde analiz sonucunun güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde toplam deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlar, 2 sıra ikişer metre aralıklar ile tasarlandığında deplasmanda azalış görülmektedir. 2 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlar, 3 sıra ikişer metre aralıklar ile tasarlandığında deplasmanda azalış meydana gelmektedir. 3 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlar, 4 sıra ikişer metre aralıklar ile tasarlandığında deplasmanda daha da

azalış görülmektedir. 4 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanda artış görülmektedir. Ankrajlara ön germe yükü verildiğinde ise deplasmanlarda azalışın olduğu görülmektedir.

- Statik analizde ankrajsız killi zemin durumuna bakıldığında ise kesitin güvenli olduğu görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj, ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde deplasmanda azalış görülmektedir. 1 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı durumda toplam deplasmanda azalış görülmektedir. Ankrajlar, 2 sıralı ikişer metre aralıklarla tasarlandığında deplasmanda artış görülmektedir. 2 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde toplam deplasmanda azalış görülmektedir. Ankrajlar, 3 sıralı ikişer metre aralıklarla tasarlandığında toplam deplasmanda herhangi bir değişme görülmemektedir. 3 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde deplasmanlarda değişme olmadığı görülmektedir. Ankrajlar, 4 sıralı ikişer metre aralıklarla tasarlandığında toplam deplasmanda azalış görülmektedir. 4 sıra pasif ankraj aralığı 2 metreden 10 metreye çıkarıldığı taktirde toplam deplasmanda azalış görülmektedir. Ankrajlara ön germe yükü verildiğinde yani aktif ankraj durumunda deplasmanda artış meydana geldiği görülmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız kumlu zemin durumuna bakıldığında statik analizde kesit güvensiz olduğundan dinamik analiz yapılamadı. Fakat 1 sıra pasif ankraj ikişer metre aralıklar ile atıldığı taktirde analiz sonucunun güvenli olduğu görülmektedir. 2, 3 ve 4 sıralı pasif ankrajların atılması durumunda ve ankrajlara ön germe yükü verilmesi durumunda da toplam deplasmanda herhangi bir değişim olmadığı görülmektedir.
- Dinamik analizde ankrajsız killi zemin durumuna bakıldığında ise kesitin güvenli olduğu görülmektedir. 2, 3 ve 4 sıralı pasif ankrajların atılması durumunda ve ankrajlara ön germe yükü verilmesi durumunda da toplam deplasmanda herhangi bir değişim olmadığı görülmektedir.
- Statik analizde ankrajsız kumlu zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvenli olduğu görülmektedir. 1, 2, 3 ve 4 sıra ankraj atılması durumunda güvenlik katsayılarında artış görülmektedir. Bu ankrajlara ön germe yükü etkittirildiğinde güvenlik katsayısında daha da artış görülmektedir.

- Statik analizde ankrajsız killi zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısı 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. 1, 2, 3 ve 4 sıra pasif ankraj atılması durumunda da güvenlik katsayılarında artma olup fakat 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. Aktif ankraj durumunda da aynı durum görülmektedir. Kumlu zeminde güvenlik katsayısı güvenli taraftaydı.
- Dinamik analizde ankrajsız kumlu zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. Statik durumda güvenli taraftaydı. 1, 2, 3 ve 4 sıra pasif ankraj atılması durumunda da güvenlik katsayılarında artma olup fakat 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. Aktif ankraj durumunda da aynı durum söz konusudur.
- Dinamik analizde ankrajsız killi zemin durumundaki toptan göçmeye bakıldığında güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu görülmektedir. Atılan 4 sıra ankrajın kayma yüzeyinin içinde kalması nedeniyle güvenlik katsayısının 2018 TBDY'ye göre güvensiz olduğu ve güvenlik katsayısında herhangi bir değişme olmadığı görülmektedir.

Sonuç olarak;

4 farklı tipte istinat duvarının analizine bakıldığında güvensiz olan kesitlere ankraj atılarak güvenli hale geldiği görülmektedir. Zemin sınıfına bağlı olarak deplasman yönleri de farklılık göstermektedir. Atılan ankrajlar; dışa doğru olan deplasmanları azaltıcı yönde, içe doğru olan deplasmanları ise arttırıcı yönde etkilemektedir. Ankraj sıra sayısının arttırılması ve ankrajlar arasındaki mesafenin azaltılması ile dışa doğru deplasman yapan istinat duvarlarında azaltıcı etki, içe doğru deplasman yapan istinat duvarlarında ise arttırıcı etki yapmaktadır.

Öneri olarak;

Toptan göçme analizi güvensiz olan istinat duvarlarının ankraj boyları uzatılarak, ankraj sayısı arttırılarak , ankrajlar arasındaki mesafeler azaltılarak yeniden analiz yapılabilir. Aynı tip istinat duvarlarına belirli seviyelerde yer altı suyu etkitilerek etkisi gözlemlenebilir. Zemin sınıfı heterojen ya da tabakalı zemin olarak analiz yapılabilir. Literatürde ve uygulamada ankrajlı istinat duvarlarına pek rastlanılmamış olup böyle bir çalışma uygulamaya geçirilebilir.

KAYNAKLAR

[1] **Gülden, N.** (2014). *İstinat duvarlarının farklı yükleme ve koşullar altında analizi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2] **Yenidoğan, H. C.** (2006). *İstinat duvarlarının deprem sırasında davranışı.* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[3] **Yaşargün, A.** (2023). *Çöp sızıntı suyunun kumların davranışları üzerindeki etkisi.* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

[4] **Muse, N. M.** (2023). *Kohezyonsuz zemin özelliklerinin iyileştirilmesinde geopolimerlerin kullanılması.* (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

[5] **Erkan İyigönül, İ.** (2022). *Kil zeminlerde ön konsolidasyon basıncının zeminin kayma mukavemeti parametrelerine etkisi.* (Yüksek lisans tezi). Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.

[6] **Ünver, E.** (2015). *Problemli kil zeminlerin uçucu kül ile iyileştirilmesi.* (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

[7] **Gülden, N.** (2014). *İstinat duvarlarının farklı yükleme ve koşullar altında analizi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[8] **Bilgin, H.** (2006). *İstinat duvarlarının dinamik ve statik yükler altındaki davranışları.* (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

[9] **Yıldız, M.C.** (2015). *İstinat duvarına etkiyen dinamik toprak basınçları.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[10] **Köktan, U.** (2018). *İstinat duvarlarına deprem etkisinin incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi). Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

[11] **Akbulut, M.** (2019). *Betonarme istinat duvarlarının 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılması.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[12] **Tuğrul, A.T.** (2019). *İstinat yapılarının depreme dayanıklı tasarımı.* (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

[13] **Sarı, S.** (2019). *Derin kazılarda çok sıra ankrajlı destekleme sistemlerinin tasarımı.* (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

[14] **Yalçın, G.** (2019). *Derin kazılarda ankraj parametrelerinin sayısal analizi.* (Yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

[15] **Zahın, B.B.** (2020). *Ankrajlı ve fore kazıklı iksa duvarlarının deprem davranışının şartnameler ve sonlu elemanlar yaklaşımına dayalı yöntemler ile incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi). Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

[16] **Altun, G.** (2013). *Ankrajlı ve ankrajsız derin kazı iksa sistemlerinin sayısal yöntemler ile analizi.* (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

[17] **Erzenoğlu, Ö.B.** (2015). A*nkrajlı iksa sistemlerinde öngerme kuvvetinin kazı davranışı üzerindeki etkisi.* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[18]**Demirkoç, A.** (2007). *Derin kazılarda zemin çivisi ile ankrajlı destek sistemlerinin karşılaştırmalı analizi.* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[19] **Helvacıoğlu, A.** (2015). *Zemin ankrajlarının taşıma gücü ve imal yöntemlerinin taşıma gücüne etkisi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[20] **Kazı Destek Yapıları Hakkında Yönetmelik. (2022). T. C. Resmi Gazete, 32047, 18 Aralık 2022.**

[21] **TS500: Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları. (2000). T. C. Resmi Gazete, Şubat 2000.**

[22] **Url-22** <*https://escweb.wr.usgs.gov/nsmp-data/nsmn_eqdata.html*>, date retrieved 15.02.2024.

[23] **Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. (2018). T. C. Resmi Gazete, 30364, 18 Mart 2018.**

[24] **Url-24** <*https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml*>, date retrieved 16.03.2024.