İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEOSENTETİK DONATILI İSTİNAT YAPILARININ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Onur ÖZKOL

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Mete İNCECİK

HAZİRAN 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEOSENTETİK DONATILI İSTİNAT YAPILARININ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Onur ÖZKOL
(501021259)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Haziran 2006

Tez Danışmanı :	**Prof.Dr. Mete İNCECİK**
Diğer Jüri Üyeleri	**Doç.Dr. İsmail H. AKSOY (İ.T.Ü.)**
	Yrd.Doç.Dr. Mehmet BERİLGEN (Y.T.Ü.)

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, geosentetik donatılı istinat yapılarının tasarımı ile statik ve dinamik yükler etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Statik basınçlar Rankine ve Coulomb teorisi ile, dinamik basınçlar ise Mononobe-Okabe yaklaşımı, iki parça kamalı göçme düzlemi ve Steedman-Zeng yöntemi ile açıklanmıştır.

Bu çalışmanın kapsamı içerisinde 30 m yüksekliğinde ve 70 m uzunluğunda doğal şev yüzeyinde OASYS Slope programı ile analizler yapılmış, ankraj, zemin çivisi ve geosentetik donatılı ön dolgu ile şevin stabilizasyonu araştırılmıştır.

Yüksek lisans eğitimimde ve tez çalışmalarım boyunca göstermiş olduğu yardım, destek ve sabırdan dolayı danışman hocam Prof. Dr. Mete İNCECİK'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimimde özellikle tez aşamasında emeğini ve yardımını hiçbir zaman benden esirgemeyen değerli hocam Araştırma Görevlisi Müge BALKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Arup Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti.'ne ve çalışanlarına yüksek lisans çalışmam boyunca yardımları ve gösterdikleri anlayıştan dolayı teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca sevgileri, destekleri ve güvenleri ile herzaman yanımda olan aileme sonsuz kez teşekkür ederim.

Mayıs, 2005 Onur ÖZKOL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **vii**
SEMBOL LİSTESİ **viii**
ÖZET **ix**
SUMMARY **x**

1. GİRİŞ **1**

2. GEOSENTETİKLER **2**
2.1. Geosentetiklerin Tanımlanması ve Sınıflandırılması 2
2.1.2 Geotekstiller 2
2.1.1.1 Örgülü (woven) geotekstiller 3
2.1.1.1 Örgüsüz (nonwoven) geotekstiller 4
2.1.2 Geogridler 7
2.1.3 Geomembranlar 7
2.1.4 Geokompozitler 9
2.2. Geosentetiklerin hammaddeleri 9
2.3. Geosentetiklerin fonksiyonları ve kullanım alanları 11

3. GEOSENTETİK DONATILI ZEMİNLER **14**
3.1 Donatılı Zemin Kavramı 14
3.2 Donatılı Zemin Yapılarının Uygulama Alanları 15
3.3 Donatılı Zemin Yapılarının Üstünlükleri 19
3.4 Geosentetik Donatılı İstinat Yapıları 20
3.4.1 Donatı malzemeleri 20
3.4.2 Dolgu malzemesi 21
3.4.3 Yüzey elemanları 22

4. GEOSENTETİK DONATILI İSTİNAT YAPILARININ TASARIMI **25**
4.1 Geosentetik Donatılı İstinat Yapılarının Göçme Durumları 25
4.1.1 Dış stabilite göçmeleri 25
4.1.2 İç stabilite göçmeleri 26
4.1.3 Yüzey elemanı göçmeleri 26
4.2 Geosentetik Donatılı İstinat Yapılarına Etkiyen Basınçlar ve Göçme Düzlemleri 26
4.2.1 İstinat duvarlarına etki eden statik basınçlar 27
4.2.1.1 Rankine teorisi 27

4.2.1.2 Coulomb teorisi 30
4.2.2 İstinat duvarına etki eden dinamik (sismik) basınçlar 32
4.2.2.1 Psödo-statik yöntemler 32
4.2.2.1.1 Mononobe-Okabe yöntemi 33
4.2.2.1.2 İki parçalı kama göçme mekanizması yöntemi 35
4.2.2.1.3 Psödo-statik yöntem ile iç ve dış stabilite tahkikleri (Steven L. Kramer) 36
4.2.2.2 Psödo-dinamik yöntemler 39
4.2.2.2.1 Steedman-Zeng yöntemi 39
4.2.3 İstinat duvarının sismik yerdeğiştirmesi 40
4.2.3.1 Newmark kayan blok analizi 40
4.2.3.2 Richard-Elms metodu 41
4.2.3.2 Whitman-Liao metodu 42

5. OASYS SLOPE PROGRAMI İLE ANALİZ 43
5.1 Oasys Slope programı 43
5.1.1 Genel tanımlama 43
5.1.2 Program özellikleri 43
5.1.3 Analiz yöntemi (dairesel kayma analizi) 46
5.2 Problemin tanımı ve ulaşılmak istenen hedefler 48
5.3 Problemde yapılan kabuller ve kullanılan çözüm yöntemleri 48
5.4 Şev stabilizasyonu analizleri 49
5.4.1 Analiz 1 - Mevcut zemin koşulları 49
5.4.2 Analiz 2 - Ankraj uygulaması 54
5.4.3 Analiz 3 - Zemin çivisi uygulaması 59
5.4.4 Analiz 4 - Dolgu uygulaması 62
5.4.5 Analiz 5 - Geosentetik donatılı dolgu uygulaması 67

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER 76

KAYNAKLAR 79

EKLER 82

ÖZGEÇMİŞ 136

KISALTMALAR

AASHTO	: American Associaton of State Highway and Transportation Officials
CFG	: Fransız Geoteksil Komitesi
FHWA	: Federal Highway Administration
NCMA	: National Concrete Masonry Administration
M-O	: Mononobe-Okabe
TS	: Türk Standartları
HDPE	: High Density Polyethylene
MSE	: Mechanically Stabilized Earth
PGA	: Pick Ground Acceleration

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1.	Fransa Geotekstil Komitesi'nin geotekstil sınıflandırması	6
Tablo 2.2.	Geosentetik üretiminde kullanılan hammaddeler ….....	10
Tablo 2.3.	Polimer gruplarının özellikleri	11
Tablo 3.1.	Dolgu malzemesi standartları.....	21
Tablo 5.1.	Mevcut zeminin kayma mukavemeti parametreleri.....	50
Tablo 5.2.	Mevcut zeminin analizinin sonuçları	50
Tablo 5.3.	Ankraj özellikleri	54
Tablo 5.4.	Ankraj analizinin sonuçları	54
Tablo 5.5.	Zemin çivisi özellikleri	59
Tablo 5.6.	Zemin çivisi analizinin sonuçları	59
Tablo 5.7.	Dolgu malzemesinin kayma mukavemeti parametreleri	62
Tablo 5.8.	Dolgu uygulaması analizinin sonuçları	62
Tablo 5.9.	Geosentetik malzemelerin özellikleri	67
Tablo 5.10.	Dolguda geosentetik donatı uygulaması analizinin sonuçları	68
Tablo 5.11.	Geosenteik donatılı dolguda toptan göçme analizleri ve kritik PGA	68
Tablo 6.1.	Sonuçlar	76

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Örgülü geotekstil 4
Şekil 2.2 : Örgüsüz geotekstil 5
Şekil 2.3 : Örgüsüz geotekstil detay fotoğrafı..... 5
Şekil 2.4 : Geogrid..... 7
Şekil 2.5 : Tek ve çift çalışma yönlü geogridler 7
Şekil 2.6 : Geniş yüzeye geomembran serilmesi 8
Şekil 2.7 : Geomembranların (a) ısıl işlem, (b) yapıştırma ile birleştirilmesi 8
Şekil 2.8 : Geokompozit 9
Şekil 2.9 : Geosentetiklerin kullanım alanları (a) yol inşaatları (b) su yapıları (c) drenaj işleri 13
Şekil 3.1a : Çeşitli zemin problemlerine donatılı zemin yapıları ile geliştirilmiş çözümler 16
Şekil 3.1b : Çeşitli zemin problemlerine donatılı zemin yapıları ile geliştirilmiş çözümler 17
Şekil 3.2 : Özel donatılı zemin uygulamaları 18
Şekil 3.3 : Donatılı zemin ile teşkil edilmiş dolgu uygulaması 19
Şekil 3.4 : Geosentetiklerin katlanması ile, gabion ile ve prekast beton elemanlar ile oluşturulan yüzey elemanları..... 22
Şekil 3.5 : Moduler Blok Ön Yüzey Elemanları 23
Şekil 3.6 : Geosentetik donatılı istinat duvarı inşası 24
Şekil 4.1 : Donatılı zemini istinat yapılarında oluşması muhtemel dış stabilite göçme durumları 25
Şekil 4.2 : Donatılı zemini istinat yapılarında oluşması muhtemel iç stabilite göçme durumları 26
Şekil 4.3 : Donatılı zemini istinat yapılarında oluşması muhtemel yüzey elemanı göçme durumları..... 26
Şekil 4.4 : Rankine aktif basınç dağılımları: (a) sürtünme direnci, kohezyon sıfır; (b) kohezyonlu zemin, sürtünme direnci sıfır; (c) sürtünme direnci ve kohezyon birarada..... 28
Şekil 4.5 : Rankine pasif basınç dağılımları: (a) sürtünme direnci, kohezyon sıfır; (b) kohezyonlu zemin, sürtünme direnci sıfır; (c) sürtünme direnci ve kohezyon birarada 29
Şekil 4.6 : Düzlemsel arka dolgu yüzeyi, göçme yüzeyi ve duvar ile sınırlanmış üçgen aktif kama; (b) Aktif Coulomb kaması için kuvvet poligonu 30
Şekil 4.7 : Düzlemsel arka dolgu yüzeyi, göçme yüzeyi ve duvar ile sınırlanmış üçgen pasif kama; (b) Pasif Coulomb kaması için kuvvet poligonu..... 31
Şekil 4.8 : M-O yönteminde kullanılan kuvvetler ve duvar geometrisi..... 33
Şekil 4.9 : Toplam aktif itkinin hesabı (a) statik bileşen (b) dinamik bileşen

(c) toplam basınç dağılımı..... 34
Şekil 4.10 : İki parçalı kayma düzlemi analizi (a) kuvvet diagramı (b) donatı kuvvetleri 35
Şekil 4.11 : (a) Donatılı zemin duvarı geometrisi ve notasyon; (b) Donatılı bölgeye etkiyen statik ve psödo-statik kuvvetler..... 36
Şekil 4.12 : Dinamik iç stabilite tahkikleri için kayma düzlemlerinin tanımlanması (a) Uzayamaz donatı (b) Uzayabilen donatı (geosentetik)..... 38
Şekil 4.13 : Steedman-Zeng metodu için duvar geometrisi ve tanımlamalar.. 39
Şekil 5.1 : Oasys Slope genel parametrelerinin girilmesi..... 43
Şekil 5.2 : Oasys Slope analiz yöntemleri..... 44
Şekil 5.3 : Kayma düzlemlerinin girilmesi..... 44
Şekil 5.4 : Tabaka koordinatlarının girilmesi ve su basıncı dağılımı..... 45
Şekil 5.5 : Kayma mukavemeti parametrelerinin girilmesi..... 45
Şekil 5.6 : Donatı bilgilerinin girilmesi..... 46
Şekil 5.7 : Sürşarj yüklerinin girilmesi..... 46
Şekil 5.8 : Dairesel kayma analizinin prensibinin açıklanması..... 47
Şekil 5.9 : Analizi yapılan şevin geometrisi..... 51
Şekil 5.10 : Analiz 1.1 – Yüzeysel akmalar..... 52
Şekil 5.11 : Analiz 1.2 – Toptan göçme..... 53
Şekil 5.12 : Ankraj uygulaması..... 55
Şekil 5.13 : Analiz 2.1 – Ankraj uygulaması stabilite tahkiki..... 56
Şekil 5.14 : Analiz 2.2 – Ankraj uygulamasında ankraj boylarının uzatılarak stabilite tahkikinin yenilenmesi..... 57
Şekil 5.15 : Analiz 2.3 – Ankraj uygulamasında ankraj boylarının uzatılarak stabilite tahkikinin yenilenmesi..... 58
Şekil 5.16 : Analiz 3.1 – Zemin çivisi uygulamasında stabilite tahkiki..... 60
Şekil 5.17 : Analiz 3.2 – Zemin çivisi uygulamasında zemin çivisi boylarının uzatılarak stabilite tahkikinin yenilenmesi..... 61
Şekil 5.18 : Dolgu yapılması durumunda şev geometrisi..... 63
Şekil 5.19 : Analiz 4.1 – Dolgu uygulamasında toptan göçme tahkiki..... 64
Şekil 5.20 : Analiz 4 .2 – Dolgu uygulamasında 1. dolgu kademesinde stabilite tahkiki..... 65
Şekil 5.21 : Analiz 4.3 – Dolgu uygulamasında 2. dolgu kademesinde stabilite tahkiki..... 66
Şekil 5.22 : Geosentetik donatılı dolgunun geometrisi..... 69
Şekil 5.23 : Analiz 5.1 – Geosentetik donatılı dolgu ile Analiz 4.2'deki kayma düzlemi için stabilite tahkikinin yenilenmesi..... 70
Şekil 5.24 : Analiz 5.2 – Geosentetik donatılı dolgu ile Analiz 4.3'deki kayma düzlemi için stabilite tahkikinin yenilenmesi..... 71
Şekil 5.25 : Analiz 5.3 – Geosentetik donatılı dolgu ile 2. şev kademesinde stabilite tahkiki..... 72
Şekil 5.26 : Analiz 5.4 – Geosentetik donatılı dolgu ile 1. şev kademesinde stabilite tahkiki..... 73
Şekil 5.27 : Analiz 5.5 – Geosentetik donatılı dolgu uygulamasında toptan göçme tahkiki..... 74
Şekil 5.28 : Analiz 5.6 – Geosentetik donatılı dolgu uygulamasında kritik PGA..... 75

SEMBOL LİSTESİ

$\mathbf{a_c}$	: Donatı bölgesi ağırlık merkezindeki maksimum ivme
$\mathbf{a_h}$	: Harmonik hareket genliği
$\mathbf{a_{max}}$	: Pik yatay yer ivmesi (PGA)
$\mathbf{a_y}$	: Yenilme ivmesi
c	: Kohezyon
d	: Korezyon dikkate alınarak belirlenmiş olan donatı kalınlığı
d_{perm}	: Ortalama kalıcı deplasman
F	: Filtrasyon
$\mathbf{F_h}$	: Psödo-statik yatay atalet kuvveti
$\mathbf{F_v}$	: Psödo-statik düşey atalet kuvveti
g	: Yerçekimi ivmesi
GS	: Güvenlik sayısı
H	: Donatılı zemin istinat duvarı yüksekliği
İ	: İzolasyon
K	: Koruma
$\mathbf{K_0}$	: Sukunetteki toprak basıncı katsayısı
$\mathbf{K_A}$	: Rankine aktif toprak basıncı katsayısı
$\mathbf{k_h}$	: Yatay yer ivmesi
$\mathbf{K_P}$	: Rankine pasif toprak basıncı katsayısı
$\mathbf{k_y}$	: Yenilme katsayısı
L	: Dilim taban uzunluğu
L	: Donatılı zemin kütlesi genişliği
$\mathbf{M_D}$	: Deviren (döndüren) kuvvetlerin kayma dairesi merkezine göre toplam momenti
$\mathbf{M_R}$	: Direnen kuvvetlerin kayma dairesi merkezine göre toplam momenti
$\mathbf{P_0}$	: Sukunetteki toprak basıncı
$\mathbf{P_A}$	: Bileşke aktif yanal kuvvet
$\mathbf{P_{AE}}$	: Dinamik yatay itki
$\mathbf{P_{IA}}$	: Psödo- statik atalet kuvveti
$\mathbf{P_{IR}}$	: Yatay atalet kuvveti
$\mathbf{P_P}$	: Bileşke pasif yanal kuvvet
R	: Kayma dairesi yarıçapı
S	: Ayırma (seperasyon)
T	: Donatı çekme kuvveti
$\mathbf{V_{max}}$	: Pik taban hızı
W	: Kayma dairesinin ağırlığı
$\mathbf{W_A}$	: Kayma düzleminin (aktif kamanın) ağırlığı
$\mathbf{w_{opt}}$	: Optimum su muhtevası
y	: Dilim ağırlık merkezinin kayma dairesi merkezine düşey uzaklığı
z	: Duvarın üst yüzeyinden derinlik

α	: Dilim tabanının teğetinin yatayla yaptığı açı
α	: İstinat duvarının arka yüzünün yatayla yaptığı açı
β	: Şev yüzeyinin yatayla yaptığı açı
γ	: Birim hacim ağırlık
$\gamma^{(b)}$	: Arka dolgu zemininin birim hacim ağırlığı
$\gamma^{(r)}$	: Donatı bölgesindekii zeminin (seçilmiş dolgu) birim hacim ağırlığı
δ	: Duvar ile zemin arasındaki sürtünme açısı
ΔM_R	: Donatılatın çekme mukavemeti ile sağlanan ilave moment
θ	: Duvar yüzeyinin düşeyle yaptığı açı
σ'_v	: Düşey efektif gerilme

DONATILI ZEMİN İSTİNAT DUVARLARININ STATİK VE

DİNAMİK YÜKLERE GÖRE TASARIMI

ÖZET

Geosentetiklerin inşaat mühendisliği uygulamalarında kullanımı giderek artmaktadır. Günümüzde geosentetikler, yol inşaatlarından, su yapılarına, katı atık depolarına kadar çok geniş bir uygulama sahasına sahiptir. Bu çalışmada, geosentetik donatılı istinat yapılarının tasarımı incelenmiş, Oasys Slope programı kullanılarak, temsili bir şevin stabilizasyonu ankraj, zemin çivisi ve geosentetik donatılı ön dolgu uygulaması durumlarında araştırılmıştır. Geosentetik donatılı şevlerin statik, psödo-statik ve dinamik yükler altında davranışları geleneksel yöntemlerle kıyaslanmış, olumlu neticeleri ve bu neticelerin sebepleri üzerinde durulmuştur.

Tez altı bölümden oluşmaktadır.

Tezin ilk bölümünde geosentetik donatılı istinat yapılarına giriş yapılmaktadır.

İkinci bölümünde, geosentetiklerin tanımı ve sınıflandırılması yer almaktadır.

Üçüncü bölümde, donatılı zemin kavramı ve donatılı zemin sisteminin getirdiği üstünlüklerden bahsedilmektedir, ayrıca geosentetik donatılı istinat yapılarını oluşturan elemanlara değinilmiştir.

Dördüncü bölüm geosentetik donatılı istinat yapılarına etki eden statik ve dinamik kuvvetlerin hesap yöntemlerini kapsamaktadır.

Beşinci bölümde, temsili bir şevin stabilitesi ankraj, zemin çivisi ve geosentetik donatılı dolgu uygulaması durumları için incelenmiştir.

Altıncı ve son bölüm analiz sonuçlarını ve değerlendirmeleri içermektedir.

DESIGN OF GEOSYNTHETICLY REINFORCED RETAINING STRUCTURES

SUMMARY

Use of geosynthetics in civil engineering projects is increasing gradually. Recently geosynthetics are being used in a wide range of application including highway constructions and marine works. In this study, design of geosyntheticly reinforced soil structures is examined. Oasys Slope programme is used to analyse stability of a representitive slope which is reinforced with ground anchorages, soil nails and filling reinforced with geotextile. Comments made on behaviour of reinforced soil structures under static, pseudo-static and dynamic forces and finally conventional retaining walls are compared with geosyntheticly reinforced soils by means of cost analysis.

This study comprises six sections.

In the first section geosyntheticly reinforced retaining structures are introduced.

In the second section, geosynthetics are defined and classified.

In the third section, concept of reinforced soil and advantages are presented. Also components of reinforced soil system are mentioned.

Fourth section comprises, estimation of static and dynamic forces acting on reinforced soil retaining structures.

In the fifth section, stability of a of a representitive slope is analysed which is reinforced with ground anchorages, soil nails and filling reinforced with geotextile using Oasys Slope programme.

Sixth and the last section, comprises results and evaluations of analysis.

1. GİRİŞ

Geosentetiklerin geoteknik problemlerin çözümünde kullanılmaya başlanması çok eskilere gitmemesine rağmen, geosentetikler günümüzde hızla artan bir oranda çok çeşitli projelerde uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Bunun sebebi birçok probleme ekonomik, hızlı ve estetik çözümler getirmekte oluşudur.

Geosentetik malzemeler yol inşaatları, su yapıları, donatılı zemin istinat duvarları, katı atık depolama sahaları gibi değişik işlerde, ayırma, donatı, filtrasyon, drenaj ve koruma gibi birçok farklı fonksiyonu yerine getirir. Donatılı zeminlerde yüzey elemanları ve dolgu malzemesi ile beraber kullanılmaktadır. Malzeme özellikleri sebebiyle dik şev yüzeylerine olanak sağlamakta ve sismik yükler altında yüksek deformasyon seviyelerinde dahi işlevselliğini korumaktadır.

Donatılı zemin kavramı 1966 yılında H. Vidal tarafından ortaya atılmış ve uygulama süresinin kısa oluşu, uygulama kolaylığı, çok yönlü uygulanabilmesi ve ekonomik oluşu nedeniyle kendini kabul ettirmiş bir yöntem olmuştur.

Geosentetik malzemelerin donatı olarak kullanılması geleneksel yöntemlere kıyasla çok olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Bu tez kapsamında geosentetik donatılı istinat yapılarının tasarımı incelenmiş, geosentetik kullanımının sağladığı avantajlar, sonuçları ve nedenleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bu sebeple öncelikle malzeme özelliklerinden bahsedilmiş, donatılı zemin yapısını oluşturan elemanlara ve çalışma prensibine değinilmiş, daha sonra bu yapılara etkiyen statik ve dinamik yüklerin hesap yöntemleri araştırılmış, son olarak da bu yükler altında bilgisayar destekli analizler yapılmıştır.

Geosentetik donatılı istinat duvarları esneyen duvarlar sınıfına dahildir. Esneyen duvarlar için genellikle sismik şev stabilitesi analizinde psödo-statik yöntemler kullanılmaktadır. Tez kapsamında Oasys Slope programı kullanılarak temsili bir şevde bu yöntemle analiz yapılmıştır.

2. GEOSENTETİKLER

2.1 Geosentetiklerin Tanımlanması ve Sınıflandırılması

Geosentetikler, inşaat mühendisliği uygulamalarında, zemin içerisinde ve gerekirse başka yapı malzemeleriyle kullanılan sentetik yüzey elemanlarının genel adıdır. Bu tanım altında, neredeyse tamamen polimer bazlı geniş bir ürün çeşidi vardır. Bu ürünlerden, günümüzün geniş üretim ve tasarım olanakları sayesinde, geoteknik, çevre, hidrolik ve ulaştırma mühendisliği alanlarında yararlanılmaktadır [1]. Zaten bu yapı malzemesinin uygulama alanlarının bu çerçevede olmasından dolayı isimlendirmede geosentetik terimi uygun görülmüştür. ***Geo***, zemini, ***sentetik*** ise geosentetik üretimi için gerekli olan, başta polimerler olmak üzere, fiberglas, lastik, kauçuk gibi plastik endüstrisi ürünlerini ifade etmektedir [2].

Geosentetiklerin yaygın olarak kullanılmaya başlanması 1970li yıllara dayanır. Genellikle Asya'nın güneydoğusundaki kıyı ve liman yapılarında filtre ve yalıtım özelliklerinden faydalanılmıştır [1]. Takip eden yıllarda malzemenin kullanımı ile ilgili akademik çalışmalar, üretim sektöründeki hızlı gelişmeler saha uygulamalarının çeşitliliğini de arttırmıştır. Günümüzde farklı fonksiyonları, kullanım sahaları olan farklı isim ve markalarda çok geniş bir ürün yelpazesi bulunmaktadır. Bu sebeple geosentetikleri malzeme özellikleri ve kullanım amacına göre sınıflandırmak daha doğru olmaktadır. En temel sınıflandırma malzemenin geriçirimli yada geçirimsiz oluşuna göre yapılmaktadır. Geçirimli geosentetikleri geotekstiller ve geotekstil benzeri ürünler, geçirimsiz olanları ise geomembranlar ve geomembran benzeri ürünler olarak tanımlayabiliriz. Bununla birlikte malzemelerin farklı fiziksel özellikleri sebebiyle sektörün en sık kullandığı geosentetikleri; geotekstiller, geogridler, geonetler, geomembranlar ve geokompozitler olarak sınıflandırmak mümkündür.

2.1.1 Geotekstiller

Geotekstiller, insan yapısı bir proje, yapı veya sistemin bir parçası olarak temel elemanı, zemin, kaya ve toprakla veya geoteknik mühendisliği ile ilgili herhangi bir malzeme ile beraber kullanılan geçirimli tekstil ürünleri olarak tanımlanmaktadır [3].

Geotekstillerin üretiminde fiber, filament veya iplikler kullanılır. Fiber, kesilmiş film şeritlerini de içeren, bükülebilirliğe, inceliğe sahip, yüksek boy/kalınlık oranı ile karakterize edilen malzemelerdir. Filament ise belirli uzunluğa sahip fiberlerdir. İplik (yarn) terimi ise yine belli bir uzunluğa sahip, nispeten küçük kesit alanlı, bükülmüş veya bükülmemiş fiber veya filamentlerin montajlanmış, geotekstil üretimine hazır hale getirilmiş hali için kullanılır [4].

Geotekstiller çeşitli özelliklerine göre alt sınıflara ayrılmaktadır. Bu özelliklerin başlıcaları; yapım tekniği, polimer bileşeni, ağırlığı ve mühendislik fonksiyonudur. Yapım tekniğine göre sınıflandırmada genel olarak iki ana sınıf vardır: örgülü (woven) ve örgüsüz (nonwoven) ürünler. Bu gruplar da kendi aralarında yapıldıkları ipliğin ve fiberin türüne göre alt gruplara ayrılırlar.

2.1.1.1 Örgülü (woven) geotekstiller

Örgülü geotekstiller, iplikçiklerin biri üretim yönünde, diğeri buna dik doğrultuda uzanması ve değişik şekillerde örülmesi ile imal edilir.

Örgülü geosentetikleri belirli bir geometrik yaklaşımla tek filamentli, çok filamentli, şerit esaslı, kesikli film gibi sınıflandırmak mümkündür.

Tek filamentli (monofilament) iplikler, tek, kalın, genellikle çapları 0.1 mm den birkaç mm ye kadar değişen, yuvarlak kesitli, beraberce haddelenmiş, soğutulmuş, ısıl çekim yapılmış ve ısıl son işleme tabi tutulmuş ipliklerdir. Suyun içinden geçişine az direnç gösteren tül veya elek tipi geotekstil yapımında kullanılırlar. Bu tip geotekstiller geleneksel örgü teknikleriyle elde edilir. Çok filamentli iplikler çok ince ve belirli uzunluğa sahip iplikler yığınıdır. Bu tip geosentetikler eğrilmemiş ipliklerden örülür. Şerit ürünler, eğrilmemiş, yassı, çok uzun filmlerden çekilmiş şeritlerden yapılır. 5 mm den daha az genişliğe sahip şeritlerden örülü geosentetiklerin su geçirgenliği düşük olur. Kesikli film tipi ürünler ise liflendirilmiş film ipliklerden yapılır.



Şekil 2.1 Örgülü geotekstil [16]

2.1.1.2 Örgüsüz (nonwoven) geotekstiller

Sentetik kıssa elyafların iğneleme yöntemiyle mekanik olarak keçe haline getirilmesiyle oluşan ürünlere örgüsüz geotekstiller denir. Örgüsüz geotekstillerde atkı ve çözgü yoktur. Buna karşılık mukavemeti elyafların birbirine karışmasıyla ve ısıl işlemle oluşur.

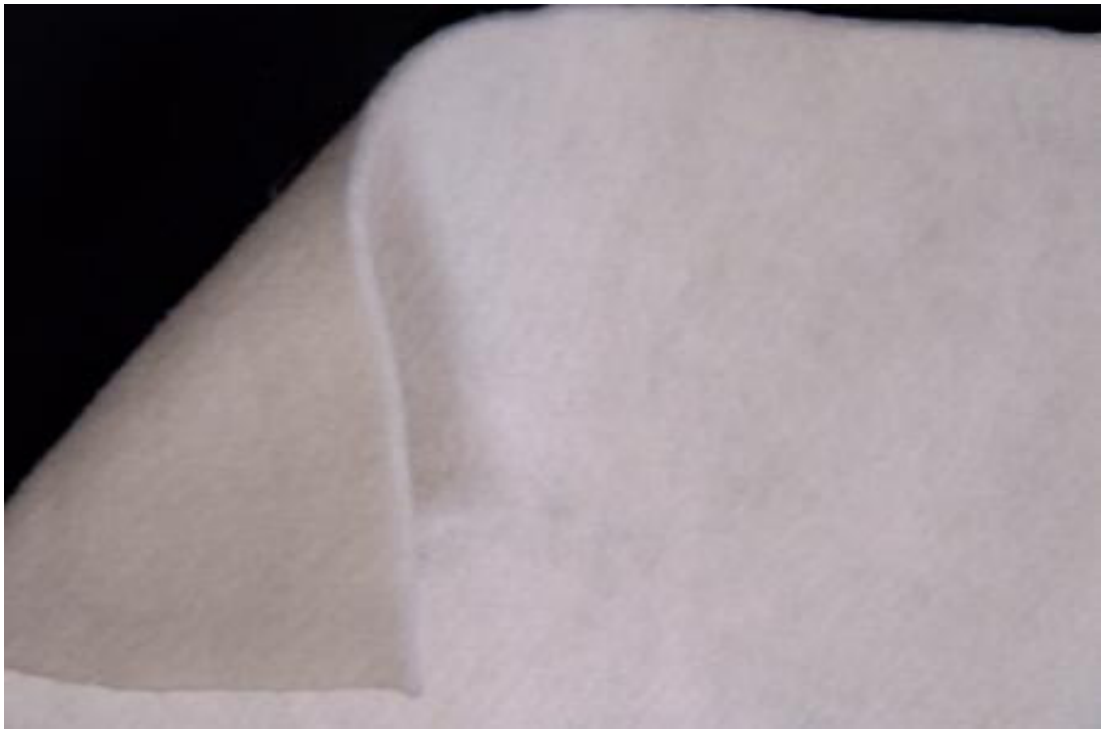
Örgüsüz geotekstilleri sınıflandırırken fiberin bağlanma doğaları esas alınarak, ısıl, kimyasal ya da mekanik birleştirmeli olarak sınıflandırmak mümkündür.

Mekanik bağlamada, gevşek bir ağ durumundaki lifler konveyörün üzerine serilir ve bu ağ karşılıklı kancalı iğnelerle donatılmış bir panonun altından geçirilir. Bu kancalı iğneler, ağın tüm kalınlığı boyunca iner ve çıkar. Yukarı çıkma sırasında ağdaki bir kısım lif iğnelere takılır ve aşağı indiğinde tekrar bu liflerin yer değiştirip birbirlerine iyice karışması sağlanır. Her bir iğne tablasında binlerce iğne bulunur. Bu iğnelerin dağılım yoğunluğunu ayarlayarak, geotekstilin sıkılığını ve yoğunluğunu ayarlamak mümkündür. Bu tip ürünler iğne delgili olarak adlandırılır [5].

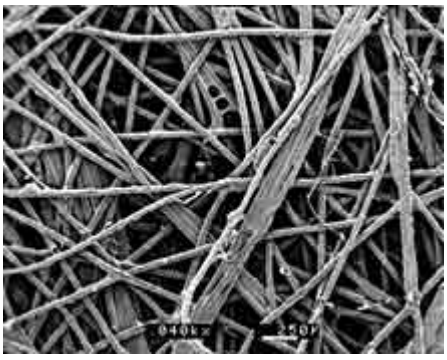
Termik (ısı yoluyla) bağlama yönteminde ağın üstü eritilerek yapışkanlık verilir ve liflerin birbirine bağlanması sağlanır. Termik bağlama liflerden oluşan ağı ya sıcak rulolar arasından ya da bir fırından geçirilerek gerçekleştirilir [5].

Kimyasal bağlamada ise akrilik yapıştırıcılar kullanılır. Lifler üzerine genellikle akrilik püskürtülür vaya lifler akrilik banyosuna batırılır. Daha sonra fırından geçirilerek kür yapılır. En az kullanılan metoddur [5].

Bu parametreleri içeren bir sınıflandırma örneği olarak CFG'nin (Fransız Geoteksil Komitesi) sınıflandırmasını geotekstilleri sınıflandırmada kullanılabilir.



Şekil 2.2 Örgüsüz geotekstil [17]



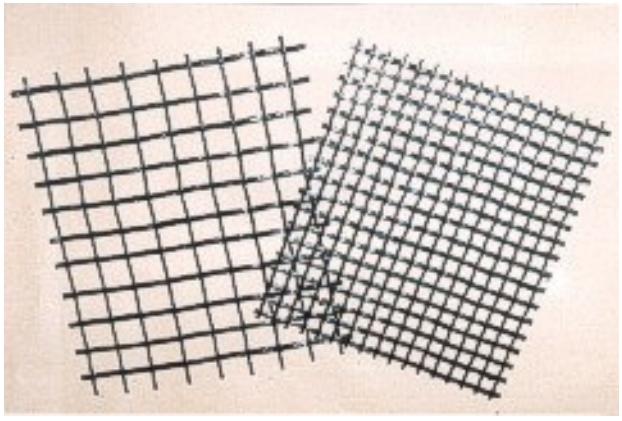
Şekil 2.3 Örgüsüz geotekstil detay fotoğrafı [17]

Tablo 2.1 Fransa Geotekstil Komitesi'nin geotekstil sınıflandırması

KATEGORİ	ÖRGÜLÜ (WOVEN)	ÜRÜNÜN YAPILIŞ TARZI
A1	Yuvarlak tek filamentler, D=100-1000 mikron	Çeşitli üniform düzenlemelerle iki grup ipliğin kesiştirilmesi
A2	Yuvarlak kesiksiz çok filamentli, D=10-25 mikron	
A3	Kesikli film bantları	
A4	Çok filamentli, liflendirilmiş bükümlü şeritler	
A5	A1 ve A4 ün bileşimi (boyuna ve enine ipliklerde)	
	ÖRGÜSÜZ (NONWOVEN)	
	Isı (Termal) Bağlı	Ergime yoluyla birarada tutulmuş fiber veya filamentlerin rastgele dizilişleriyle oluşturulan keçe türü ürün
B1	Tek bileşenli düşük ergime noktalı fiberlerin bağlanması ile oluşturulmuş	
B2	İki bileşenli düşük ergime noktalı fiberlerin eritilerek birleştirilmesi ile oluşturulmuş	
C1	Kimyasal bağlı (resin bonded)	Karıştırma ve/veya yapıştırma işlemiyle
D1	İğne delekli (needle-punched)	Karıştırılıp birbirine dolaştırılarak birarada tutturulmuş keçemsi malzeme
D2	Daha yoğun yapı için ısıtılarak D1'in sıkıştırılması ile elde edilmiş ürün	
D3	D1 benzeri ürünün modüllerini arttırmak amacıyla çift eksende çekip gerdirilmiş şekli	
	DİKİŞLİ-DÜĞÜM BAĞLI (STITCH-BONDED)	
E1	Yalnızca gelişigüzel elyaftan yapılmış	Belirli durumlar için taranmış elyaf formasyonu ile beraber örme ve dikmenin kombinasyonu olarak oluşturulmuş
E2	Gelişigüzel elyaf ve boyuna iplikten yapılmış	
E3	Elyaf ve boyuna-enine iplikten yapılmış	
	DÜĞÜMLÜ ÖRGÜ (KNITTED)	
F1	Bibiri sıra, ürünün enine istikametinde ilmekli örgü yapılarak tek iplikten üretilen atkı örgülü malzeme	ipliklerin birarada ilmik yapılarak elde edildiği ürün
F2	İlmik eksenine paralel olarak sıralanan örgü ile çoklu ipliklerden elde edilmiş zincirli malzeme	
	BİRLEŞİK MALZEMELER (KOMPOZİT)	
G1	Örgülü veya örgüsüz alt tabaka üzerinde keçemsi iğne delikli ürün	Yukarıdaki yöntemlerin karışımı ile ilave teknikler kullanılarak yapılan ürün
G2	Yapıştırıcı laminasyon (haddeleme) yoluyla örgülü veya örgüsüz plastik elek tipi ürünün bileşimi	
G3	Enine, boyuna veya her iki yönde kıvrımsız filamentli örgüsüz ürünün güçlendirilmesi	
G4	Haddedenmiş plastik gömlekle kaplanmış paralel flamentlerden oluşan kaba örgülü formasyon	

2.1.2 Geogridler

Geogridler yüksek çekme mukavametine sahip iplikçiklerin dikdörtgen oluşturacak şekilde birleştirilmesi ile veya delikler açılmış geosentetik malzemenin iki doğrultuda çekilmesi ile meydana gelmektedir. Geogridler, zeminle kilitlenerek veya sürtünme ile büyük kuvvetleri zemine aktarabilmetir. Böylece kompozit bir malzeme (zemin+geogrid) çalışarak üzerine gelen büyük yüklere karşı koyabilir ve bir ankraj gibi çalışarak çekme kuvvetlerini daha kuvvetli zemine aktarabilir. Geogridler, bu özellikleri sebebiyle yol inşaatlarında, şev stabilizasyonunda ve temel altı zemininin iyileştirilmesinde kullanılabilmektedir.



Şekil 2.4 Geogrid [18]

Geogridler imalat şekline bağlı olarak tek yönlü veya iki yönlü çalışabilir. Hangi geogridin kullanılacağı uygulamadaki kuvvet aktarımı şekline göre şeçilir. Örneğin, yol inşaatlarında tek yönlü geogridler kullanılabilrken, geosentetik donatılı istinat duvarlarında her iki yönde çalışan geogridler uygulanabilmektedir.



Şekil 2.5 Tek ve çift çalışma yönlü geogridler [19]

2.1.3 Geomembranlar

Geomembranlar her iki yönde de sürekli, geniş yüzey alanına sahip, yalıtım amacıyla kullanılan geosentetiklerdir. Geomembranlar geçirimsiz yüzey örtüleridir. Genellikle bu özelliği sebebiyle su tutma yapılarında ve katı atık depolama sahalarında

kullanılmaktadırlar. Bu yalıtım malzemeleri uzun süreli olarak belirli bir projenin yalıtımını sağlayacakları için her türlü zorlanma altında özelliklerini devam ettirmek durumundadırlar. Bu sebepten genellikle yüksek yoğunluklu polietilen hammaddesinden üretilirler.



Şekil 2.6 Geniş yüzeye geomembran serilmesi [20]

Geomembranlar ek yerlerinde dikiş de denen kaynak işlemleri ile birleştirilirler. Geomembranın monomer yapıtaşına ve imalat şekline bağlı olarak kaynak işlemi ısıl işlem veya yapıştırma şeklinde yapılabilmektedir.



(a) **(b)**

Şekil 2.7 Geomembranların (a) ısıl işlem, (b) yapıştırma ile birleştirilmesi [20]

2.1.4 Geokompozitler

Geokompozitler birden fazla geosentetik ürünün beraber kullanılması ile oluşur. Geokompozitler birden fazla fonksiyonu yerine getirirerek, geosentetik malzemenin tek başına kullanımından daha etkin çözümler sunabilmektedir. Örneğin su tutma yapılarında geomembran geçirimsizliği sağlarken örgüsüz geotekstil ile sürtünme arttırılarak anroşmanın geomembran yüzeyinden kayması önlenebilir. Bazı durumlarda örgülü geotesktil koruma amacıyla başka geosentetik malzeme ile birlikte kullanılabilir.



Şekil 2.8 Geokompozit [19]

2.2 Geosentetiklerin Hammaddeleri

Geosentetiklerin üretildikleri maddelere ***polimer*** adı verilmektedir. **Poli** çok **meros** parça demektir. Yani polimer, bir temel yapı taşının kendini bir zincir içinde tekrarlamasıdır. Bu yapı taşına ise ***monomer*** adı verilmektedir. ***Polimerizasyon*** işlemi ile monomer, polimere dönüşmektedir. Polimerlerin davranış şekillerinde molekül ağırlıkları çok önemli bir rol oynar. Bir polimerin molekül ağırlığı arttıkça;

- Mukavemeti artar,
- Uzayabilme kabiliyeti artar,
- Darbe mukavemeti artar,
- Gerilme çatlağı dayanımı artar,

- Isıya dayanımı artar,
- İşlenebilme özelliği kötüleşir.

Molekül ağırlığının artması bütün malzeme özelliklerini olumlu yönde etkilemekte, yalnızca ***işlenebilme*** özelliği kötüleşmektedir [11].

Fiber üretimi için polimer hammaddesi önce eritilir, sonra pompa yardımıyla çok delikli püskürtme memesine doğru itilir. Buradan bobinlere sarılarak çıkan fiberler, germe ya da ısıl işleme tabi tutulurken, çapları düşer ve molekül yapıları daha kararlı bir hal alıp dayanımları artar. Bundan sonra da fiberler eğilerek iplik haline getirilir.

Fiber üretiminde kullanılan hammaddeler:

- Polipropilen (PP)
- Polietilen (PE)
- Polyester (PET)
- Poliamid (PA)
- Polivinilklorür (PVC)

Farklı geosentetik ürünlerin üretiminde kullanılan hammaddeler Tablo 2.1'de görülmektedir; Tablo 2.2 ise polimer gruplarının geosentetik üretimi ve seçiminde gözönünde bulundurulması gereken özelliklerini göstermektedir:

Tablo 2.2 Geosentetik üretiminde kullanılan hammaddeler [1]

Geosentetik	Hammadde
Geotekstil	PP PET PA PE
Geogrid	HDPE PET PP
Geonet	MDPE HDPE
Geomembran	PE PVC

Tablo 2.3 Polimer gruplarının özellikleri [1]

		Polipropilen	**Polyester**	**Poliamid**	**Polietilen**
Dayanım		Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
Elastisite Modülü		Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
Kopmada uzama		Yüksek	Orta	Orta	Yüksek
Sünme		Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Birim ağırlık		Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
Maliyet		Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
U.V Dayanımı	Stabilize	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek
	Stabilize edilmemiş	Orta	Yüksek	Orta	Düşük
Alkalilere dayanımı		Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek
Mikroorganizmalara dayanımı		Orta	Orta	Orta	Yüksek
Benzin vb. Dayanımı		Düşük	Orta	Orta	Düşük
Deterjan vb. Dayanımı		Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek

2.3 Geosentetiklerin fonksiyonları ve kullanım alanları

Geosentetiklerin İnşaat Mühendisliği uygulamalarında çok geniş kullanım alanı vardır, zemin veya kaya ile beraber kullanıldıklarında aşağıdaki fonksiyonlardan en az bir tanesini gerçekleştirirler:

- Ayırma
- Donatı
- Filtrasyon
- Drenaj
- İzolasyon (Su Bariyeri)
- Koruma

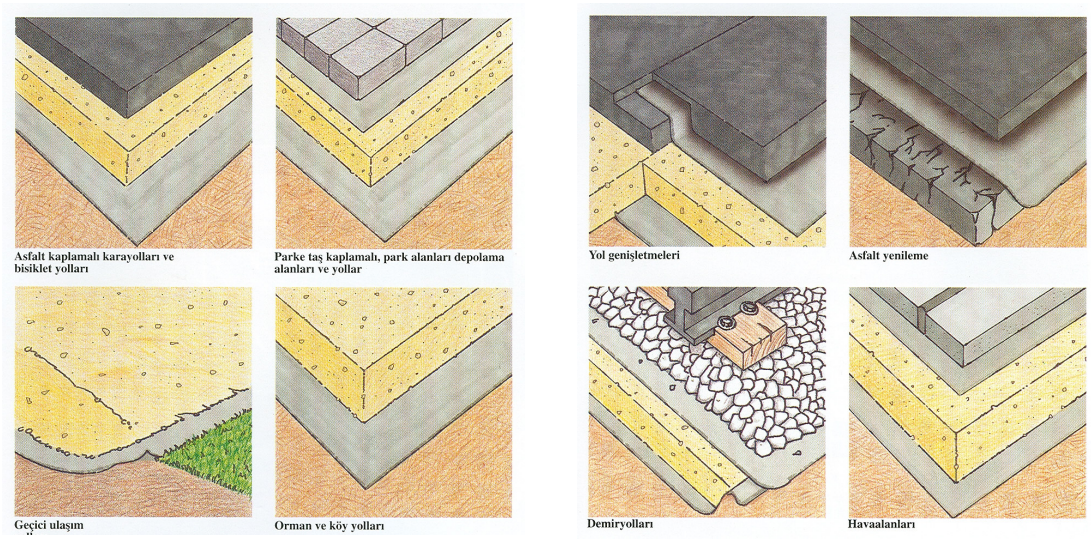
Ayırma amacı kullanımında geosentetikler, kaplamalı veya kaplamasız yollarda ve hava alanlarında temel tabakası ile taş dolgu tabakasını ayırmak için kullanılırlar. Böylece temiz taş dolgusunun arasının dolması ve elastik özelliğini kaybetmesi önlenmiş olur. Demiryollarında balast tabakasını temel

tabakasından ayırmak için geotekstil kullanılmaktadır, böylece balastın ömrü uzamaktadır [10].

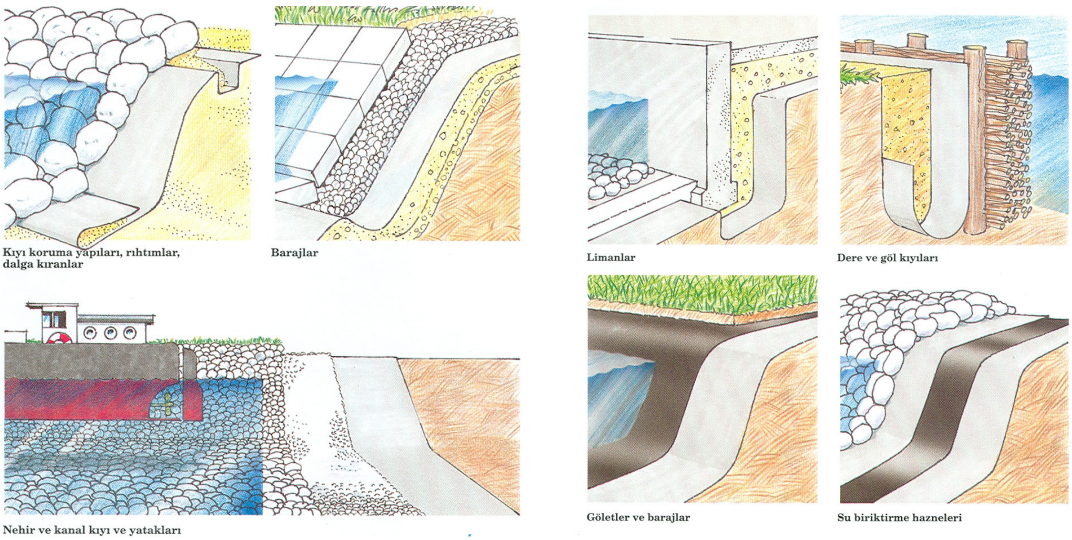
Filtre amaçlı kullanımda geosentetikler günümüzde, yaygın olarak granüler filtre yerine kullanılmaktadırlar. Böylece hem çok daha ucuz hem de çok daha sağlıklı bir filtre elde edilmektedir. Geotekstiller zemin drenajı işlerinede de çok başarılı olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra geotekstil filtreler hidrolik yapılarda da başarıyla kullanılmaktadır. Özellikle erozyon kontrolü çalışmalarında son derece başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu amaçla geosentetik malzeme, erozyondan korunacak şeve serilmekte, tohumlama yapılarak üzerine ince bir toprak örtülmektedir. Bitkilerin kökleriyle birlikte çalışan bu metot şevin daha da yeşil kalmasını sağlamaktadır. Geotekstillerin barajlardaki kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır [10].

Donatı (güçlendirme) amaçlı kullanımda geotekstiller yumuşak zeminler üzerinde inşa edilen kaplamalı veya kaplamasız yollarda, yumuşak zeminler üzerinde inşa edilen seddelerde, donatılı zemin istinat yapılarında, donatılı şevlerde, çatlaklı ve erime boşlukları ihtiva eden kayalar üzerinde yapılacak dolgularda, geomembran tabakasının korunmasında, temellerin taşıma gücünün arttırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır [10].

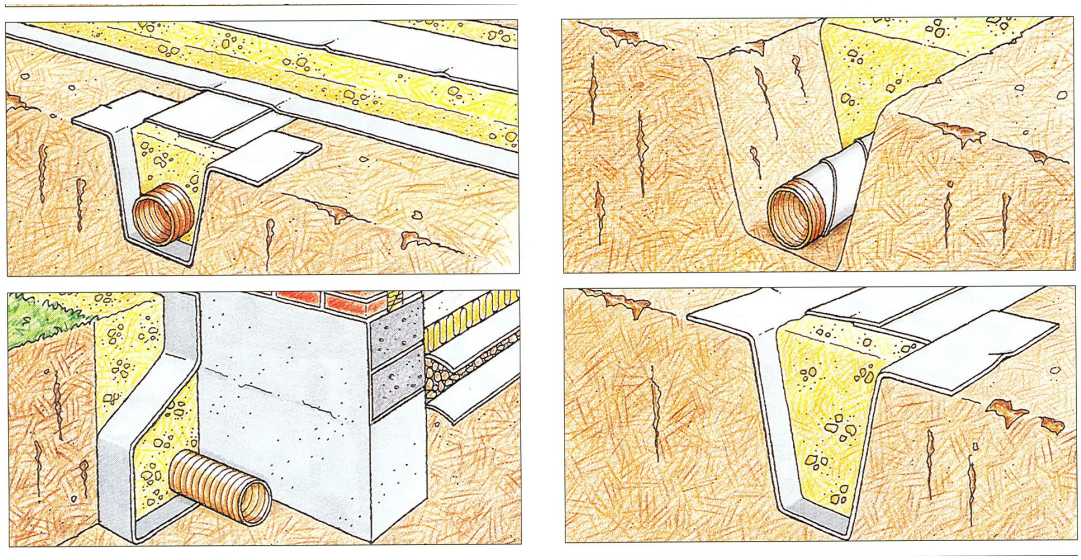
Geosentetikler yukarda anlatılan fonksiyonları sebebiyle günümüzde yol inşaatları, su yapıları, drenaj işleri ve donatılı istinat yapılarında günümüzde giderek artan bir oranda kullanılmaya başlanmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.9 Geosentetiklerin kullanım alanları (a) yol inşaatları (b) su yapıları (c) drenaj işleri [20]

3. GEOSENTETİK DONATILI ZEMİNLER

3.1 Donatılı Zemin Kavramı

Donatılı zemin, zeminin kritik yönlerdeki mukavemetini arttırmak amacı ile içerisine çekmeye dayanıklı ve zeminle arasında yeterli sürtünmeye sahip polimer malzemelerden üretilmiş geotekstiller veya metal şeritler yerleştirerek elde edilen kompozit bir yapı olarak tanımlanabilmektedir [6].

Son yıllarda istinat duvarı yapımında yeni malzemelerin üretilmesi ile yeni uygulamalar (gabyon, geosentetik malzemeler vb.) hızla yaygınlaşmış ve klasik istinad duvarlarına ciddi bir alternatif olma durumuna gelmiştir [7].

Bu sistemde klasik istinat duvarlarından farklı olarak yan yana ve üst üste kolayca monte edilebilen prefabrike panolar donatı adı verilen yüksek sürtünme kuvveti ve çekme mukavemetine sahip bantlar ile zemine ankre edilmektedirler. Donatılar, duvar arkasındaki zemin içerisine dolgu sırasında serilir, dolgu ile birlikte sıkışma sonucu zemine ankre olur, zeminde oluşan çekme ve kayma kuvvetlerini alarak sistemin kaymaya ve devrilmeye karşı stabilitesini sağlarlar. Yani panolar halinde hazırlanmış prefabrike beton elemanlar, donatı adı verilen metal veya sentetik malzemelerden bantlar ile zemine ankre edilerek istinat duvarı inşa edilebilmektedir [7].

Toprakarme sistemi çok basit bir yönteme dayanmaktadır. Toprakarme sisteminin mucidi Henri Vidal'ın ilk olarak açıkladığı üzere, toprakla donatının birlikte yerleştirilmesi, bu iki malzeme arasında temas noktasında bir sürtünme yaratmaktadır. Böylece, iki malzeme arasında kalıcı ve önceden tahmin edilebilen bir bileşim oluşmakta, bu da tek ve kompozit bir inşaat malzemesi yaratmaktadır. Toprakarme, bugün çok iyi anlaşılmış ve öngörülebilir davranışları nedeniyle yaygın kabul görmektedir [8].

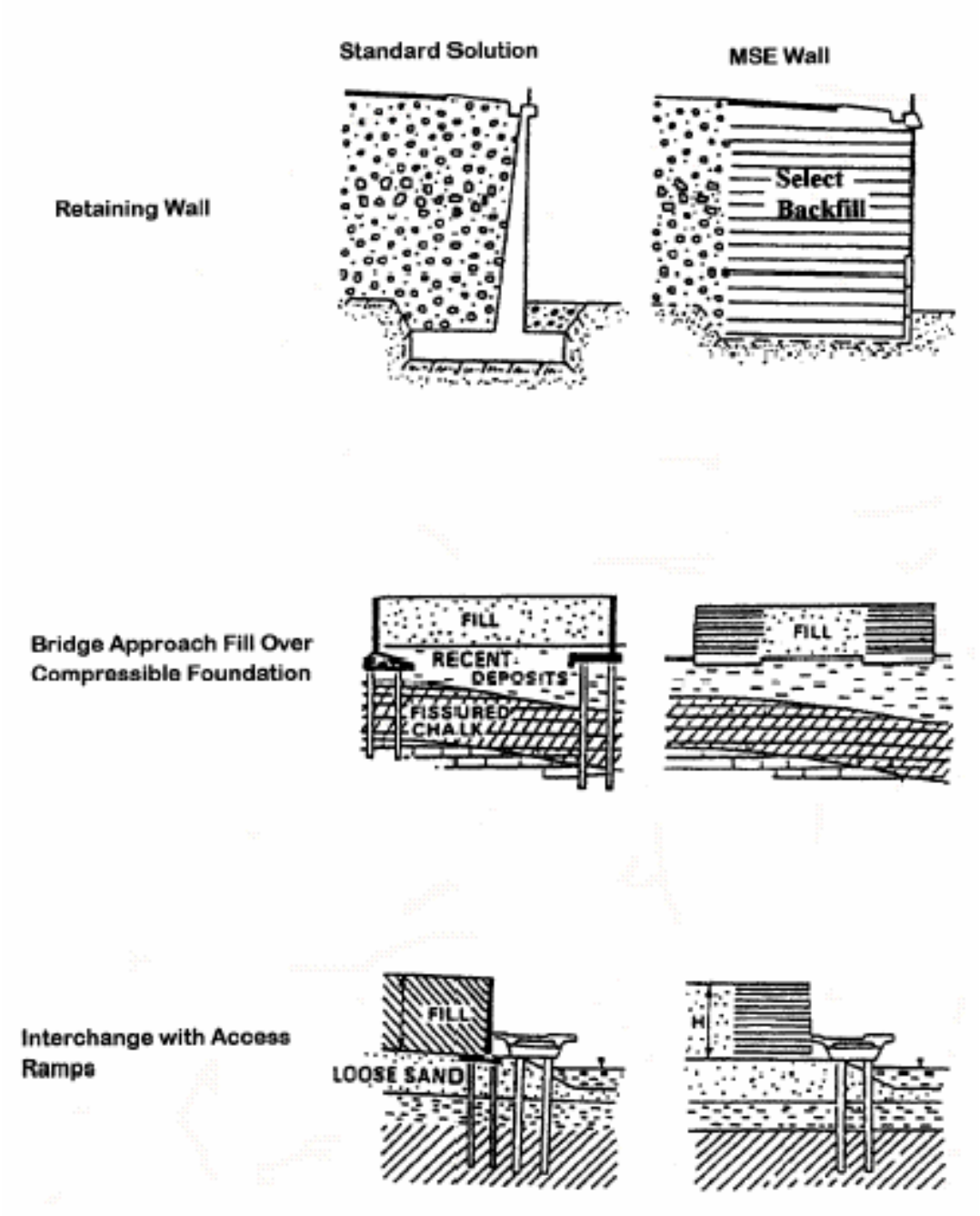
3.2 Donatılı Zemin Yapılarının Uygulama Alanları

İstinat yapıları, karayollarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Donatılı zemin yapılarının en yaygın kullanıldığı iki önemli alan karayollarındaki istinat yapıları ve köprü yan ayaklarıdır. Özellikle temel zemininin deformasyon yapmaya müsait

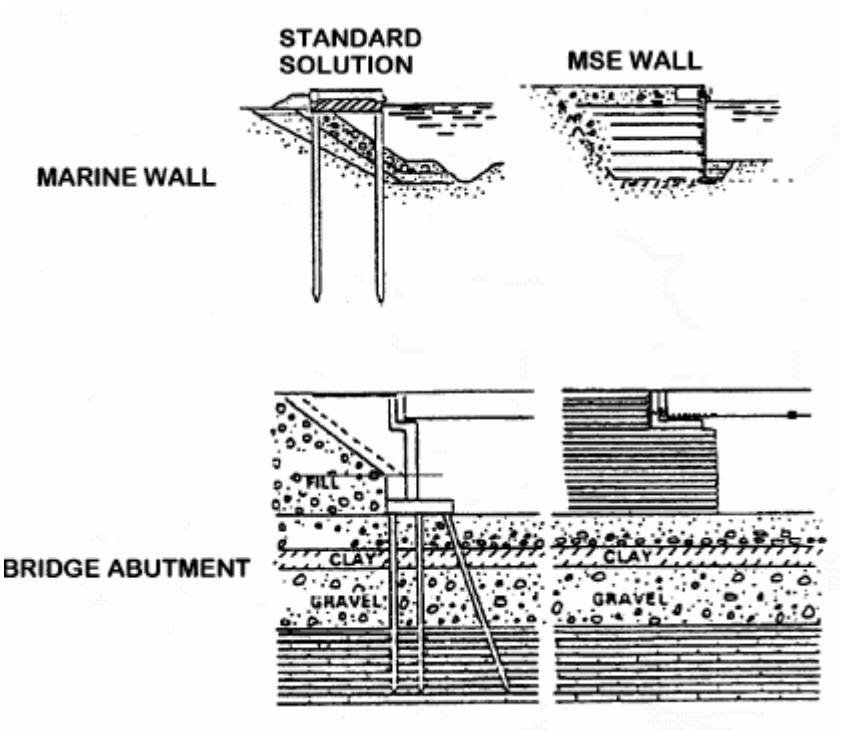
olması durumunda donatılı zemin yapıları betonarme yapılara oranla esnek olduğundan daha teknik avantajlar sunmaktadır [9].

Donatılı zemin yapı tekniği ile dik şevli yapılar da teşkil edilebilmektedir. Donatılı zemin yapıları ile teşkil edilen dik şevler karayoluna eklenecek olan yeni şeritler için gerekli inşa alanının azaltılmasını sağlayabilmektedir [9].

Donatılı zemin, yeni dolguların yapımında, kazı sahasının güvenliğinin sağlanmasında ve şev stabilizasyonunda kullanılmaktadır. Sonuç olarak farklı tiplerde donatılı zemin uygulamalarının yapılabilmesini, istinat yapıları ve şev stabizesi konularına daha efektif ve ekonomik çözümler getirilebilmesini sağlamaktadır. Çeşitli problemlere klasik çözüm yolları ile ve donatılı zemin yapıları ile teşkil edilebilen çözümler aşağıda karşılaştırmalı olarak sunulmuştur [9].



Şekil 3.1a Çeşitli zemin problemlerine donatılı zemin yapıları ile geliştirilmiş çözümler [10]

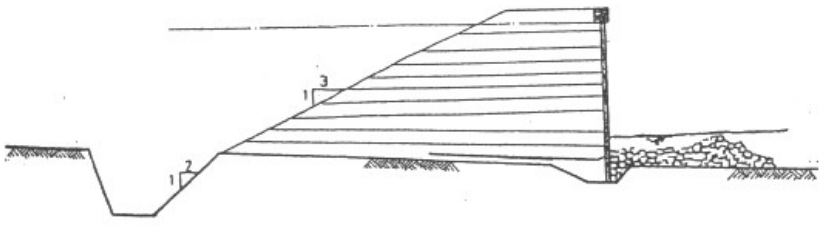


Şekil 3.1b Çeşitli zemin problemlerine donatılı zemin yapıları ile geliştirilmiş çözümler [10]

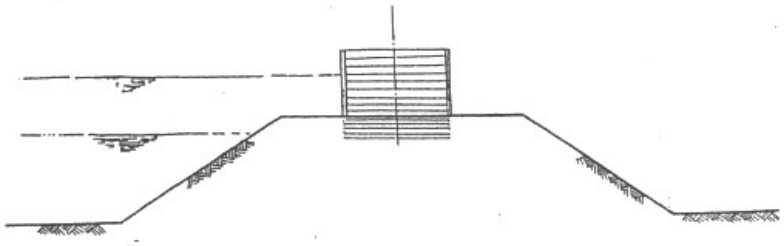
Donatılı zemin yapıları alışılagelmiş şekilde genellikle istinat duvarı ve köprü yan ayaklarında, şev kaymalarında, kazıların desteklenmesinde ve yerinde şev stabilizasyonunda kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak şüphesiz donatılı zemin tekniği çok geniş bir uygulama sahasına sahiptir. Bazı özel donatılı zemin uygulama alanları aşağıdaki gibidir [10].

- Kıyı yapıları,
- Dalga kıranlar,
- Su yapıları,
- Depolama sahaları,
- Set inşaatları,
- Konsol Duvarlar,
- Perde duvarlar,
- Set İnşaatları,

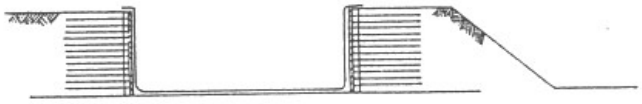
Aşağıda donatılı zemin uygulamalarıyla ilgili değişik uygulama örnekleri sunulmuştur [9].



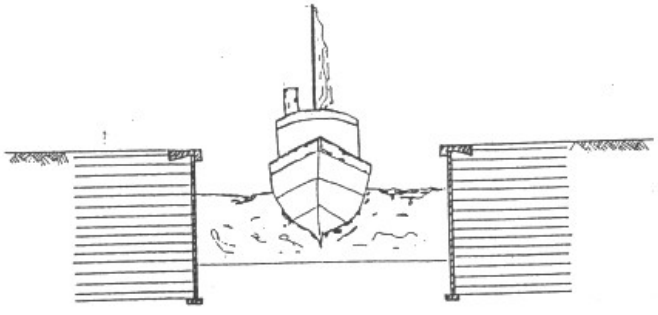
(a) Reinforced earth dam



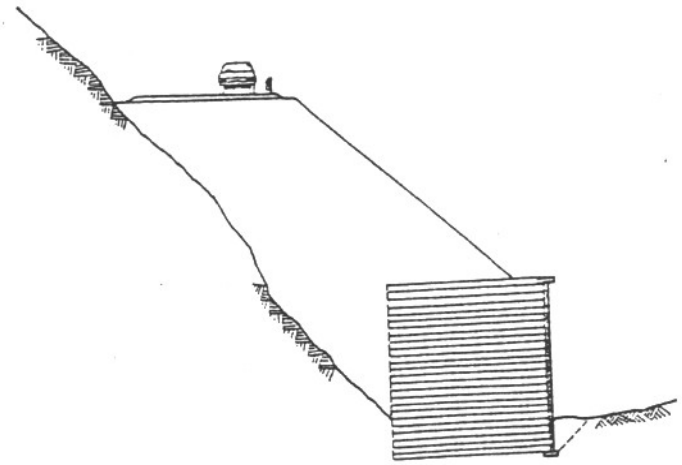
(b) Raising height of existing dam



(c) Settlement basin



Şekil 3.2 Özel donatılı zemin uygulamaları [9]



Şekil 3.3 Donatılı zemin ile teşkil edilmiş dolgu uygulaması [9]

3.3 Donatılı Zemin Yapılarının Üstünlükleri

- **Kompozitlik;** Kompozit bir yapı malzemesidir, zemin ve donatılar arasındaki gerilme aktarımı kompozit bir eleman teşkil etmektedir [10].

- **Esneklik;** Klasik istinat duvarları ile karşılaştırıldığında daha fazla yatay ve düşey deformasyona izin vermektedir. Deformasyona karşı göstermiş olduğu karakteristik özellikler zayıf temel zeminlerinde teknik açıdan etkili çözümler sağlamaktadır. Donatılı zemin yapılarının esnekliği ayrıca geleneksel daha rijit yapılara oranla daha düşük taşıma gücü katsayılarının kullanılmasına izin vermektedir [10].

- **İnşa üstünlükleri;** Dolgu yapılması için, donatıların ve yüzey elemanlarının teşkili için özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmamaktadır. Donatılı zemin yapılarının birçok elemanının prefabrike olması şekil verilebilme ve çabuk uygulama gibi kolaylıklar sağlamaktadır [10].

- **Dolgu malzemesi üstünlükleri;** Çeşitli dolgu malzemeleri donatılı zemin yapılarında kullanılabilmektedir. Gerekli olan dolgu malzemesi çoğunlukla yakın inşaat sahalarından sağlanabilmektedir. Genellikle ağırlıklı olarak temiz kum ve çakıl veya siltli zemin dolgu malzemesi olarak kullanılabilmektedir [10].

- **Dinamik yüklere karşı dayanım;** Uygun esneklikteki ağırlık yapısı olarak donatılı zemin yapılarının dinamik etkiler açısından aktif bölgelerde inşası

uygun görülmektedir. Söz konusu yapılar deprem sırasında ortaya çıkan yüksek enerjinin yutulması için gerekmektedir [10].

- **Ekonomik üstünlükler;** Donatılı zemin yapıları geçişin sınırlı olduğu yerlerde yapılan dolgularda en ekonomik çözümler sunmaktadır. Yapı hacminin büyük bir bölümünü kaplayan zemin ucuz bir malzeme olduğundan maliyeti diğer yapılara oranla daha ucuzdur. Özellikle derin temel sistemine gereksinim duyulan rijit istinat yapılarının kullanılacağı yerlerde donatılı zemin yapısının kullanılması önemli maliyet avantajı sağlamaktadır. Donatılı zemin yapılarının esnekliğinden dolayı fazla farklı oturma ve yatay deformasyonu tolere edebilmektedir. Bu nedenle toptan göçmeye karşı stabilite sağlayacak pahalı derin temel sistemleri gerekmemektedir [10].

- **Mimari üstünlükler;** Yüzey elemanlarının ikincil bir yapısal rol üstlenmesinden dolayı bu sistemin kullanımının yarattığı esneklik geleneksel istinat duvarlara oranla daha asimetrik çözümler geliştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Çok farkı yüzey elemanlarının (farklı şekillerdeki beton paneller, geosentetikler ve bitkilendirilmiş yüzeyler) kullanılabilir olması mimari avantajlar getirmektedir [10].

3.4 Geosentetik Donatılı İstinat Yapıları

Donatılı Zemin istinat duvarı sistemi temel olarak üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar dolgu malzemesi, donatı malzemesi ve yüzey elemanıdır. Donatı olarak kullanılan geosentetik malzemeler genellikle geotekstiller ve geogridlerdir.

3.4.1 Donatı Malzemeleri

Geosentetik donatılı istinat yapılarında en sık kullanılan malzeme geogriddir. Geogrid kullanımının getirdiği avantajlar şunlardır:

- Duvar yüzeyindeki prekast elemana bağlantısı daha kolaydır [9].

- Bodkin tabir edilen sopalar yardımıyla birbirlerine çok kolay ve etkin bir şekilde eklenebilirler [9].

- Geogrid rulolar kolay açılıp serilebilir ve bu nedenle şerit donatıların teker teker yerleştirilmesinden daha çabuk serilirler [9].

- Geogridler rahatlıkla istenilen boyda kesilebilirler, kesim yerlerinde özel bir işlem gerektirmez. Geogridler hafif olduklarından taşınmaları daha

kolaydır. Farklı cins ve kalite geogridler birbirlerinden kolaylıkla ayırt edilebilirler [9].

- Geogridlerin ultra-viole ışınlarına karşı mukavemetleri oldukça yüksektir. Dolayısı ile, şantiyede özel kapalı depo alanları gerektirmemektedir. Sert dolgu malzemesinin tahribatından geogridlerin satıhlarını korumak için özel kaplama gerekmemektedir [9].

3.4.2 Dolgu Malzemesi

Donatı malzemesinde aranan şartlar şunlardır:

- Malzemenin granulometresi uygun olmalıdır.
- %95 Proktor sıkılığında ve ±2 w_{opt} sıkıştırılmalıdır.
- Minimum içsel sürtünme açısı 34 olan granular malzeme kullanılmalıdır.
- Malzeme kimyasallar veya organik maddeler içermemelidir.

TS ve AASHTO'da kullanılması istenen malzemenin standardı Tablo 3.1'de görülmektedir:

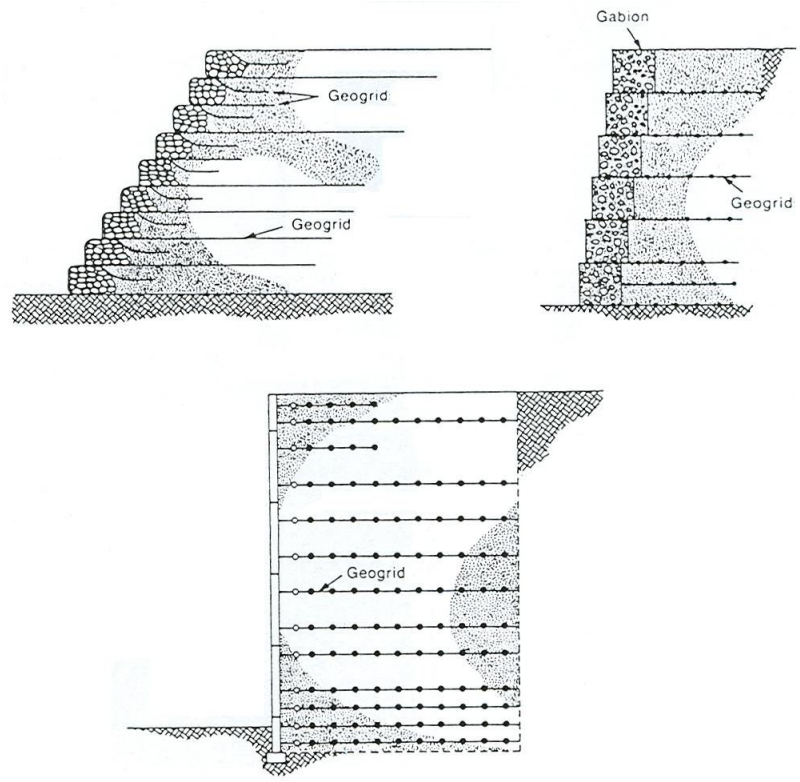
Tablo 3.1 Dolgu malzesini standartları

TS		AASHTO	
Elek	% Geçen	Elek	% Geçen
102 mm	100	250 mm	100
4.75 mm	100-20	75 mm	75
0.425 mm	0-60	10 mm	10
0.075 mm	0-15	75 μ	0-15

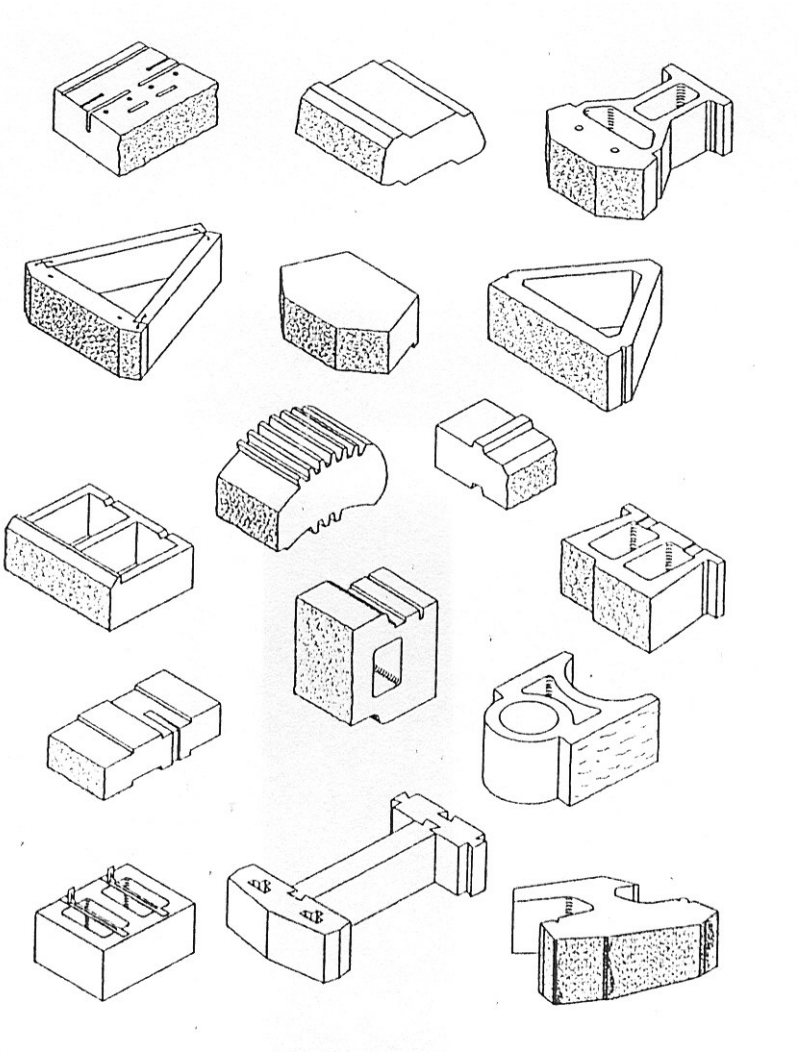
3.4.3 Yüzey Elemanları

Donatılı zemin sistemlerde kullanılan yüzey elemanının görevi donatıların yüzeye bağlanması ile dik yüzeydeki erozyonu engellemektir. Ayrıca arka dolgunun drenajı için alan sağlamaktadır.

Prefabrike beton paneller, basit modüler blok elemanlar, gabionlar ve geosentetik donatıların katlanması ile ön yüzey oluşturulabilir.

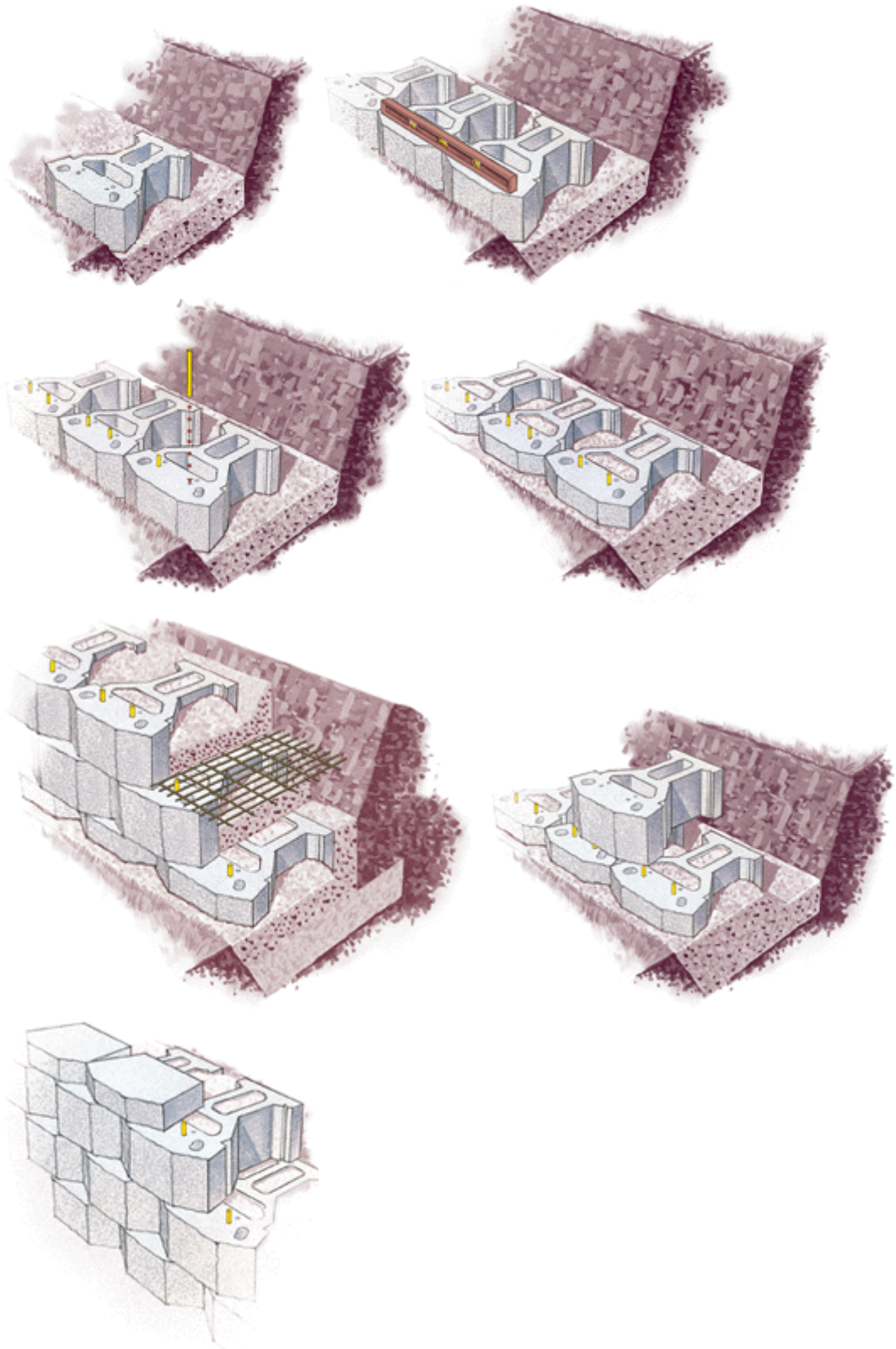


Şekil 3.4 Geosentetiklerin katlanması ile, gabion ile ve prekast beton elemanlar ile oluşturulan yüzey elemanları [1]



Şekil 3.5 Moduler Blok Ön Yüzey Elemanları [21]

Yukarıda bahsi geçen donatı elemanları, yüzey elemanları ve dolgu malzemelrinin geosentetik donatılı istinat duvarı inşasında kullanımı Şekil 3.7'de kademe kademe gösterilmiştir:



Şekil 3.6 Geosentetik donatılı istinat duvarı inşası [22]

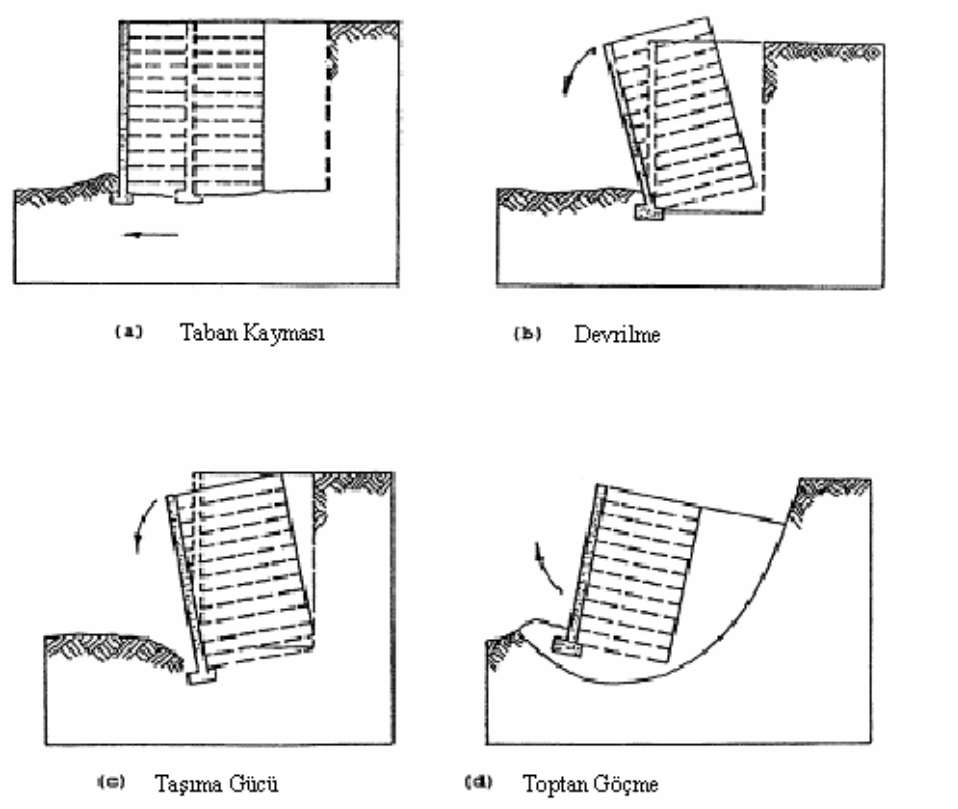
4. GEOSENTETİK DONATILI İSTİNAT YAPILARININ TASARIMI

4.1 Geosentetik Donatılı İstinat Yapılarının Göçme Durumları

Donatılı zemin istinat duvarlarında 3 farklı göçme durumundan bahsedilebilir. Bunlar dış stabilite göçmeleri, iç stabilite göçmeleri ve yüzey elemanı göçmeleridir.

4.1.1 Dış Stabilite Göçmeleri

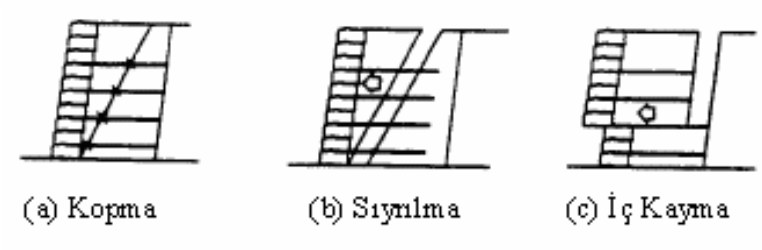
Bu tür göçmeler genellikle donatılı zemin yapısının ölçüleri ile ilişkilidir. Klasik ağırlık ve yarı ağırlık istinat duvarlarında olduğu gibi donatılı zemin istinat duvarlarında da dış stabilite sorunlarından dolayı göçme 4 farklı nedenden meydana gelebilmektedir. Bunlar; taban kayması göçmesi, devrilme göçmesi, taşıma gücü göçmesi ve toptan göçmedir. Bu göçme tipleri Şekil 4.1'de görülebilir [11].



Şekil 4.1 Donatılı zemini istinat yapılarında oluşması muhtemel dış stabilite göçme durumları [10]

4.1.2 İç Stabilite Göçmeleri

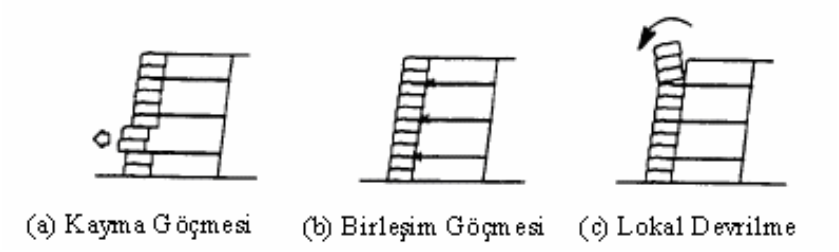
Donatılı zemin istinat duvarlarında iç stabilitenin olması; donatının, zemin tarafından aktarılan çekme, moment ve kayma kuvvetlerini kopmadan taşıyabilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bunun yanında donatılar zeminden sıyrılmayacak birleşime sahip olmalıdırlar. Diğer yandan, geotekstil donatı kullanılması durumunda donatı ile zemin arasındaki sürtüme yetersiz ise herhangi bir donatı yüzeyinde içsel kaymalar olması muhtemeldir [11].



Şekil 4.2 Donatılı zemini istinat yapılarında oluşması muhtemel iç stabilite göçme durumları [10]

4.1.3 Yüzey Elemanı Göçmeleri

Donatılı Zemin Yapılarında yüzey elemanlarının doğru dizayn edilmemesi veya donatı ile yüzey elemanı birleşiminin yetersiz olması durumunda Şekil 4.3'de görülen göçmelerin meydana gelmesi muhtemel olmaktadır [11].



Şekil 4.3 Donatılı zemini istinat yapılarında oluşması muhtemel yüzey elemanı göçme durumları

4.2 Geosentetik Donatılı İstinat Yapılarına Etkiyen Basınçlar ve Göçme Düzlemleri

İstinat duvarlarında göçmeyi tanımlamak ve nasıl göçebileceğinin öngörebilmek gerekir. Statik şartlar altında istinat duvarları üzerine etkiyen kuvvetler, duvarın kütlesinden ileri gelen cisim kuvvetleri, zemin başınçları ve dış kuvvetlerdir. Uygun şekilde tasarlanmış bir istinat duvarı, zeminin kayma dayanımına erişen kayma gerilmelerinin oluşumuna izin vermeden bu kuvvetlerin dengesini sağlar. Ancak bir deprem sırasındaki atalet kuvvetleri ve zemin dayanımındaki değişimler dengeyi bozabilir ve duvarda kalıcı deformasyona neden olabilir. Bu deformasyonlar aşırı

boyutta olduğu zaman kayma, eğilme, bükülme veya başka bir mekanizma şeklinde göçme gerçekleşir. Deformasyonun hangi düzeyinin aşırı olduğu sorusu birçok faktöre bağlıdır ve sahaya özgü şartlarla değerlendirilebilir [12].

İstinat duvarlarının sismik davranışı, deprem sarsıntısı sırasında gelişen toplam yanal zemin başınçlarına bağlıdır. Bu toplam başınçlar, depremden önce mevcut olan statik gravite basınçları ve depremin neden olduğu geçici dinamik basınçları ikisini de kapsar. Bu sebeple istinat duvarlarının tasarımı statik ve dinamik yüklerin birarada etki ettirdiği basınçlar gözönüne alınarak yapılmalıdır.

4.2.1 İstinat Duvarlarına Etki Eden Statik Basınçlar

İstinat duvarlarına etki eden statik basınçlar duvar ve zemin hareketlerinden doğmaktadır.

Aktif zemin basınçları duvarın arkasındaki zeminden uzaklaşması ile oluşur ve zeminde uzama şeklinde yanal birim deformasyonu oluşturur. Duvar hareketinin arkasındaki zeminin dayanımının tamamını mobilize etmeye yeterli düzeyde olması halinde, istinat yapısına minimum aktif basınç etkir. Pasif zemin basınçları ise istinat duvarı zemine doğru hareket ederken gelişir ve zeminde sıkışma şeklinde yanal birim deformasyona neden olur. Duvarın hareket etmemesi ile oluşan basınca Sukunetteki Toprak Basıncı adı verilir. Minimum aktif basınçın oluşumu için duvarın yapması gereken yanal deformasyon miktarı çok düşük seviyede olduğundan, serbest duruşlu istinat duvarları genellikle minimum aktif basınca göre tasarlanmaktadır [23].

İstinat yapılarına etki eden toprak basınçlarının hesaplanmasında, plastisite teorisinden hareket eden Rankine teorisi ve Coulomb teorisi kullanılmaktadır [24].

4.2.1.1 Rankine Teorisi

Rankine formülleri, düşey bir perdeye (düşey duvar arkası) gelen yanal basınçları vermektedir. Formüller, zeminin izotrop ve homojen bulunduğu ve δ=0 olduğu kabulüne göre elde olunmuştur [24].

Aktif Toprak Basıncı (Toprak İtkisi):

Rankine, minimum aktif şartlarda istinat duvarı arkasındaki bir noktadaki basıncı aşağıdaki formül ile ifade etmiştir:

$$p_A = K_A \sigma_v^{'} - 2c\sqrt{K_A} \tag{4.1}$$

K_A : Rankine aktif toprak basıncı katsayısı

σ'_v : Düşey efektif gerilme

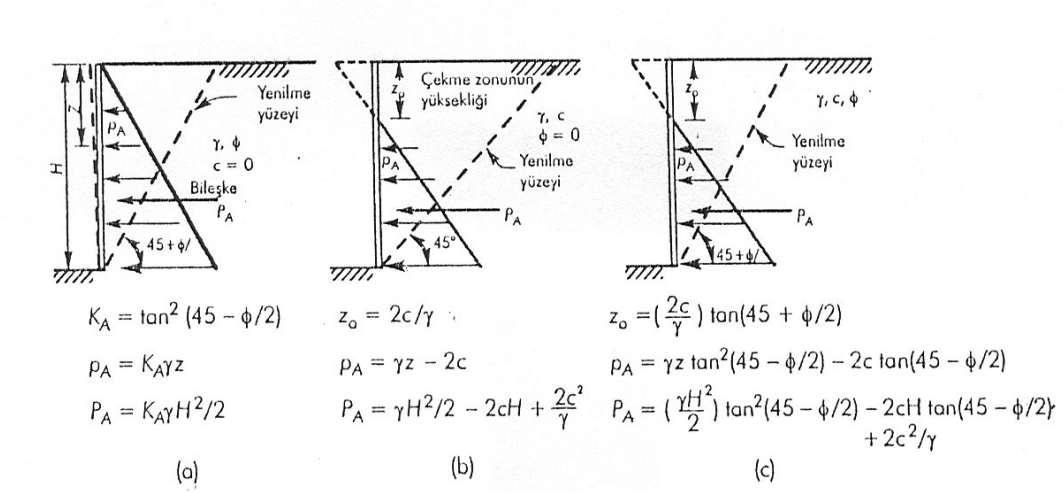
c : Kohezyon

Asal gerilme düzlemleri düşey ve yatay olduğu zaman (yatay arka dolguyu tutan düz bir düşey duvar durumunda) minimum aktif zemin başınç katsayısı:

$$K_A = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} = \tan^2\left(45-\frac{\phi}{2}\right) \tag{4.2}$$

Yatay ile β açısı yapan kohezyonsuz arka dolgu durumunda:

$$K_A = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \tag{4.3}$$



Şekil 4.4 Rankine aktif basınç dağılımları: (a) sürtünme direnci, kohezyon sıfır; (b) kohezyonlu zemin, sürtünme direnci sıfır; (c) sürtünme direnci ve kohezyon birarada [13].

Duvarın arkasındaki basınç dağılımının, arka dolgu zemininin içsel sürtünme açısı ve kohezyon gibi dayanım parametrelerine bağlı olduğu görülmektedir. Kohezyonlu duvar arkası dolgusu kullanıldığında, duvarın üst kesimi ile arka dolgu arasında çekme gerilmelerinin oluştuğu görülmektedir. Kuru, homojen ve kohezyonsuz dolgularda Rankine teorisi arka dolgu yüzeyine paralel yönelimli üçgen bir aktif basınç dağılımı vermektedir. Aktif zemin basınç bileşkesi P_A, H yüksekliğindeki duvarın tabanından H/3 kadar yukarıdan etki etmektedir.

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2 \tag{4.4}$$

Pasif Toprak Basıncı (Toprak Direnci):

$$p_P = K_P \sigma_v^{'} + 2c\sqrt{K_P} \tag{4.5}$$

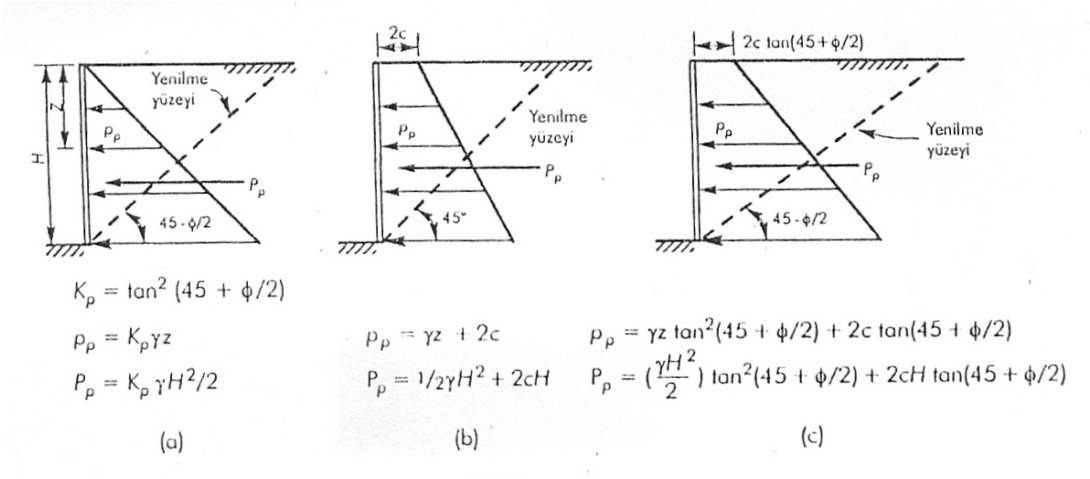
K_P : Rankine pasif toprak basıncı katsayısı

Yatay arka dolguları tutan düz yüzeyli düşey duvarlarda:

$$K_P = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \tan^2\left(45+\frac{\phi}{2}\right) \tag{4.6}$$

Yatayla β açısı yapan arka dolgular için:

$$K_P = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \tag{4.7}$$



Şekil 4.5 Rankine pasif basınç dağılımları: (a) sürtünme direnci, kohezyon sıfır; (b) kohezyonlu zemin, sürtünme direnci sıfır; (c) sürtünme direnci ve kohezyon birarada [13].

Kuru, homojen ve kohezyonsuz dolgularda Rankine teorisi arka dolgu yüzeyine paralel yönelimli üçgen bir pasif basınç dağılımı vermektedir. Pasif zemin basınç bileşkesi P_P, H yüksekliğindeki duvarın tabanından H/3 kadar yukarıdan etki etmektedir.

$$P_P = \frac{1}{2} K_P \gamma H^2 \tag{4.8}$$

Sukunetteki Toprak Basıncı:

İstinat duvarının hiç hareket etmediği kabulü halinde toprak basıncı p_0 ile gösterilir ve sukunettteki toprak basıncı adını alır. Bu durumda bir düşey duvara H derinliğinde etkiyen p_0 değeri aşağıdaki gibidir [24];

$$p_o = \gamma H K_0 \tag{4.9}$$

$$K_0 = 1 - \sin\phi \tag{4.10}$$

İstinat duvarlarının arka dolgusunda suyun varlığı efektif gerilmeleri dolayısıyla da duvar üzerine etkiyen yanal zemin basıncını etkiler. Hidrostatik basınç, duvar tasarımında yanal zemin basıncına eklenmelidir. Arka dolgusu doygun bir zemin olan istinat duvarına etkiyen yanal basınç kuru bir zemini tutan istinat duvarına etkiyen basınçtan çok daha büyük olacağından, arka dolgunun drenajının sağlanması istinat duvarı tasarımının önemli bir bölümüdür. Bu noktada geosentetik donatıların işlevselliği tekrar karşımıza çıkar. Arka dolgu drenajı geosentetik malzeme yardımı ile efektif olarak sağlanabilmektedir.

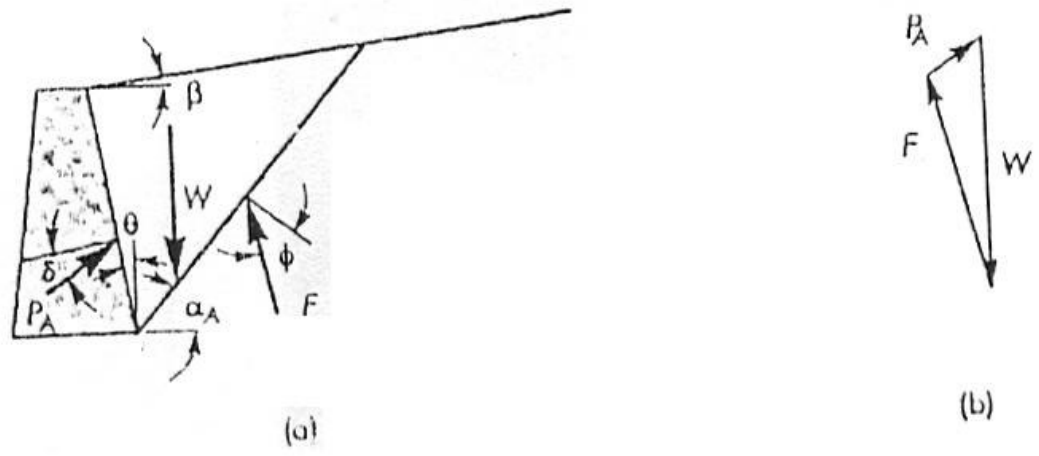
4.2.1.2 Coulomb Teorisi

Bir istinat duvarı yüzeyine etkiyen kuvvetin düzlemsel bir göçme yüzeyi üzerindeki zemin kamasından ileri geldiğini varsayan Coulomb, minimum aktif ve maksimum pasif şartlarının her ikisinde de duvara etkiyen zemin itkisinin büyüklüğünü belirlemede kuvvet dengesini kullanmıştır. Kritik kayma yüzeyini tespit etmek için çok sayıda potansiyel göçme yüzeyi analizi gerekebilmektedir.

Kritik göçme yüzeyi için bir istinat duvarı üzerine etkiyen aktif itki:

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2 \tag{4.11}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta\cos(\delta + \theta)\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\delta + \phi)\sin(\phi - \beta)}{\cos(\delta + \theta)\cos(\beta - \theta)}}\right]^2} \tag{4.12}$$



Şekil 4.6 (a) Düzlemsel arka dolgu yüzeyi, göçme yüzeyi ve duvar ile sınırlanmış üçgen aktif kama; (b) Aktif Coulomb kaması için kuvvet poligonu [14].

Kritik göçme yüzeyi P_A'nın en büyük değere ulaştığı yüzeydir.

δ : duvar ile zemin arasındaki sürtünme açısı

kritik göçme yüzeyinin yatayla yaptığı açı:

$$\alpha_A = \phi + \tan^{-1}\left[\frac{\tan(\phi-\beta)+C_1}{C_2}\right] \tag{4.13}$$

$$C_1 = \sqrt{\tan(\phi-\beta)\left[\tan(\phi-\beta)+\cot(\phi-\theta)\right]\left[1+\tan(\delta+\theta)\cot(\phi-\theta)\right]} \tag{4.14}$$

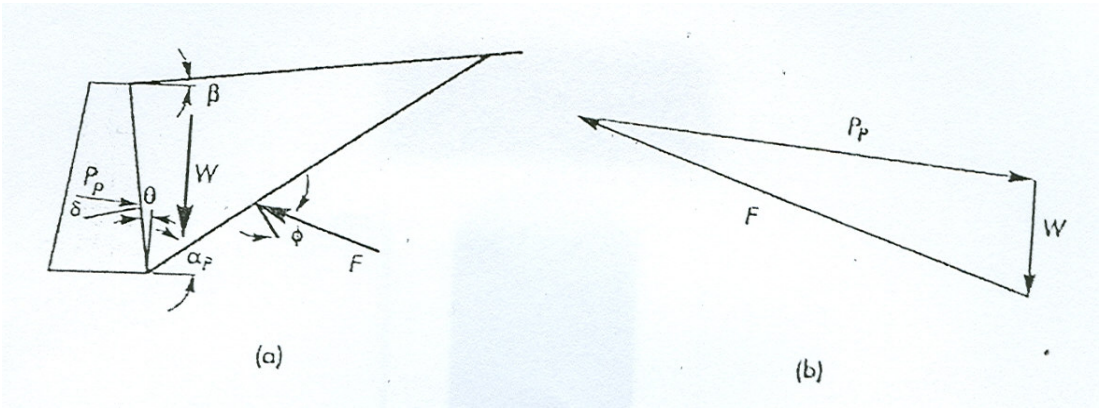
$$C_2 = 1+\left\{\tan(\delta+\theta)\left[\tan(\phi-\beta)+\cot(\phi-\theta)\right]\right\} \tag{4.15}$$

Coulomb teorisi aktik basıncın dağılımını doğrudan hesaplamamaktadır. Fakat, yüzey yükü içermeyen doğrusal arka dolgu yüzeylerinde üçgen şeklinde olduğu gösterilebilir. Böyle durumlarda P_A'nın etkidiği nokta, yüksekliği H olan duvarın tabanından H/3 kadar yukarıdadır.

Coulomb teorisine göre, kohezyonsuz arka dolgularda pasif itki:

$$P_P = \frac{1}{2}K_P\gamma H^2 \tag{4.16}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\phi+\theta)}{\cos^2\theta\cos(\delta-\theta)\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(\delta+\phi)\sin(\phi+\beta)}{\cos(\delta-\theta)\cos(\beta-\theta)}}\right]^2} \tag{4.17}$$



Şekil 4.7 (a) Düzlemsel arka dolgu yüzeyi, göçme yüzeyi ve duvar ile sınırlanmış üçgen pasif kama; (b) Pasif Coulomb kaması için kuvvet poligonu [14].

$$\alpha_P = \phi + \tan^{-1}\left[\frac{\tan(\phi+\beta)+C_3}{C_4}\right] \tag{4.18}$$

$$C_3 = \sqrt{\tan(\phi+\beta)\left[\tan(\phi+\beta)+\cot(\phi+\theta)\right]\left[1+\tan(\delta-\theta)\cot(\phi+\theta)\right]} \quad (4.19)$$

$$C_4 = 1+\left\{\tan(\delta-\theta)\left[\tan(\phi+\beta)+\cot(\phi+\theta)\right]\right\} \quad (4.20)$$

Coulomb teorisi ile arkasında yatay olmayan zemin taşıyan eğik bir sürtünmeli perdeye gelen yanal basınçlar hesaplanabilmektedir ($\alpha \neq 90^o$, $\beta \neq 0^o$, $\delta \neq 0^o$).

4.2.2 İstinat Duvarlarına Etki Eden Dinamik (Sismik) Basınçlar

İstinat duvarlarının sismik tasarımında kullanılan yaygın bir yaklaşımda önce deprem ile ortaya çıkan yükler hesaplanmakta sonrada duvarın bu yüklere karşı koyabilmesi güvence altına alınmaktadır. Depremler sırasında istinat duvarları üzerindeki gerçek yük dağılımı son derece karmaşık olduğundan, sismik basınçlar genellikle basitleştirilmiş yöntemler kullanılarak hesaplanmaktadır. Geosentetik donatılı istinat duvarları esneyen duvarlar kapsamına girer, esneyen duvarlar minimum aktif ve/veya maksimum pasif zemin basınçları geliştirecek kadar deplasman yapabilen istinat duvarlarıdır.

Donatılı şevlerin ve dolguların sismik analizi için kullanılan yaklaşımlar üç kategoriye ayrılabilir [1]:

- Psödo-statik yöntemler
- Psödo-dinamik yöntemler
- Dinamik sonlu elemanlar / sonlu farklar metotlarıdır.

4.2.2.1 Psödo-statik Yöntemler

Psödo-statik yöntemler, geleneksel limit-denge yöntemlerinden türetilmiştir. Yer ivmesinin etkisini duvar yüzeyine etkiyen yükler olarak aktarma prensibine dayanır.

Toprak dayanma yapılarının sismik stabilitesi genelde psödo-statik yöntemle hesaplanır. Bu yöntemde deprem kuvvetleri sabit yatay ve düşey ivme ile ifade edilir. Bu ivmeler oluşturacağı F_h ve F_v atalet kuvvetleri kayan kitle ağırlık merkezine etki eder. Psödo-statik kuvvetler aşağıdaki gibi hesaplanır [26]:

$$F_h = \frac{a_h}{g} \times W = k_h \times W \quad (4.21)$$

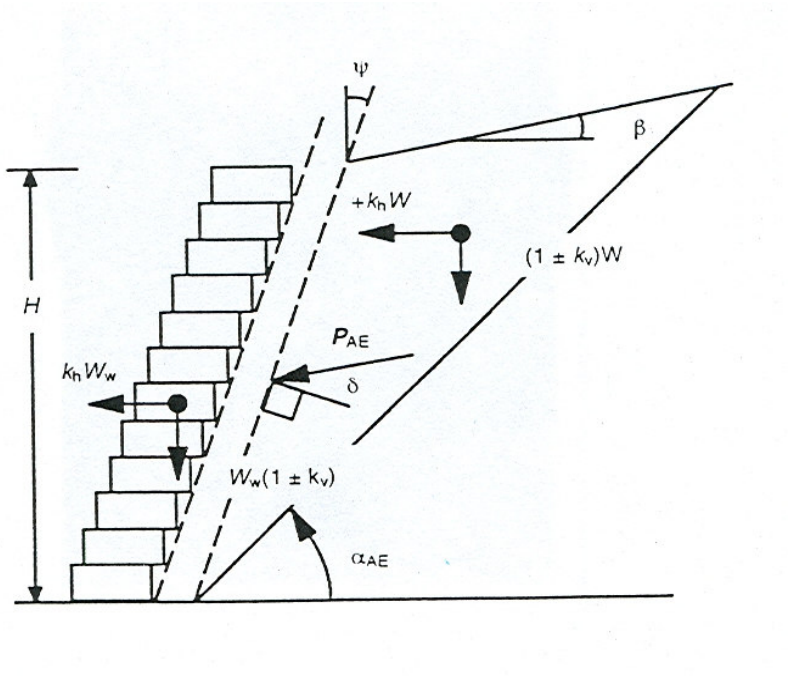
$$F_v = \frac{a_v}{g} \times W = k_v \times W \quad (4.22$$

4.2.2.1.1 Mononobe-Okabe Yöntemi

M-O yöntemi olarak bilinen yöntem Okabe (1926) ve Mononobe ve Matsuo (1929) tarafından ortaya atılmıştır. M-O yöntemi, psödo-statik şartlardaki statik Coulomb teorisinin genişletilmiş bir şeklidir. M-O analizinde Coulomb aktif kamasına psödo-statik ivmeler uygulanır, sonra da kamanın kuvvet dengesinden zemin itkisi elde edilir [23].

Statik kuvvetlere ek olarak, kama üzerinde ve büyüklükleri de kamanın kütlesi ile $a_h=k_hg$ ve $a_v=k_vg$ psödo-statik ivmeleri arasındaki ilişkiye dayalı yatay ve düşey psödo-statik kuvvetler etki etmektedir. Toplam aktif itki statik şartlar için geliştirlene benzer tarzda ifade edilebilir:

$$P_{AE}=\frac{1}{2}\left(1-k_v\right)K_{AE}\gamma H^2 \tag{4.21}$$



Şekil 4.8 M-O yönteminde kullanılan kuvvetler ve duvar geometrisi[1].

$$K_{AE}=\frac{\cos^2\left(\phi+\psi-\theta\right)}{\cos\theta\cos^2\psi\cos^2\left(\delta-\psi+\theta\right)\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin\left(\delta+\phi\right)\sin\left(\phi-\beta-\theta\right)}{\cos\left(\delta-\psi+\theta\right)\cos\left(\beta+\psi\right)}}\right]^2} \tag{4.22}$$

$$\theta=\tan^{-1}\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right) \tag{4.23}$$

Kritik göçme düzleminin yatayla yaptığı açı:

$$\alpha_{AE} = \phi - \theta + \tan^{-1}\left[\frac{-A_\alpha + D_\alpha}{E_\alpha}\right] \tag{4.24}$$

Burada:

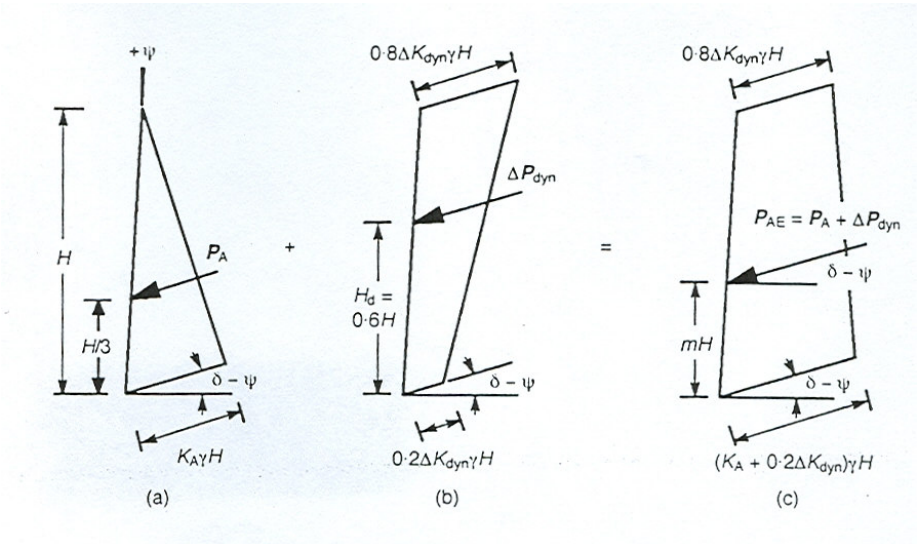
$$\begin{aligned} A_\alpha &= \tan(\phi - \theta - \beta) \\ B_\alpha &= \frac{1}{\tan(\phi - \theta + \psi)} \\ C_\alpha &= \tan(\delta + \theta - \psi) \\ D_\alpha &= \sqrt{A_\alpha\left[A_\alpha + B_\alpha\right]\left[B_\alpha C_\alpha + 1\right]} \\ E_\alpha &= 1 + \left[C_\alpha\left(A_\alpha + B_\alpha\right)\right] \end{aligned} \tag{4.25}$$

Toplam aktif itki P_{AE}, statik bileşen P_A ve dinamik bileşen ΔP_{dyn} olarak iki bileşene ayrılabilir:

$$P_{AE} = P_A + \Delta P_{dyn} \tag{4.26}$$

Statik bileşenin duvar tabanından H/3 kadar yukarıdan etki ettiği bilinmektedir. Seed ve Whitman (1970) dinamik bileşenin etkidiği nokta olarak 0.6H yüksekliği önermiştir [15]. Buna göre aktif itkinin etki noktasının duvat tabanından itibaren yüksekliği:

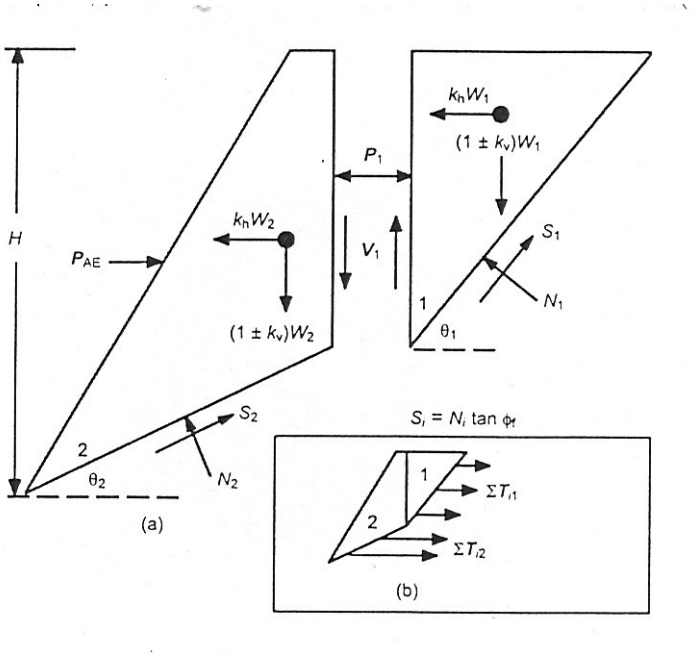
$$mH = \frac{\frac{P_A H}{3} + 0.6H\Delta P_{dyn}}{P_{AE}} \tag{4.27}$$



Şekil 4.9 Toplam aktif itkinin hesabı (a) statik bileşen (b) dinamik bileşen (c) toplam basınç dağılımı[1].

4.2.2.1.2 İki Parçalı Kama Göçme Mekanizması Yöntemi

İki parçadan oluşan bir kayma düzlemi boyunca, yatay ve düşey ivme bileşenleri tarafından oluşturulan kuvvetlerin diagramı Şekil 4.10'da gösterilmiştir:



Şekil 4.10 İki parçalı kayma düzlemi analizi (a) kuvvet diagramı (b) donatı kuvvetleri [1].

Yukarıda gösterilen kuvvetler aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P_1 = \frac{(1-k_v)W_1 + B_1 A_1 k_h W_1}{\lambda \tan\phi_f + B_1 A_1} \tag{4.28}$$

$$V_1 = \lambda P_1 \tan\phi_f \tag{4.29}$$

$$A_1 = \frac{1}{\sin\theta_1 - \tan\phi_f \cos\theta_1} \tag{4.30}$$

$$B_1 = \tan\phi_f \sin\theta_1 + \cos\theta_1 \tag{4.31}$$

Kamalar arası sürtünme (λ) 0 ile 1 arası değerler alır. ϕ_f ise ϕ'nin oranı olarak ifade edilir [1]:

$$\phi_f = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi}{FS}\right) \tag{4.32}$$

Buradan P_{AE} aşagıdaki gibi hesaplanabilir:

$$P_{AE} = P_1 + k_h W_2 - B_2 A_2 \left[(1-k_v)W_2 + V_1\right] \tag{4.33}$$

$$A_2 = \frac{1}{\tan\phi_f \sin\theta_2 + \cos\theta_2} \tag{4.34}$$

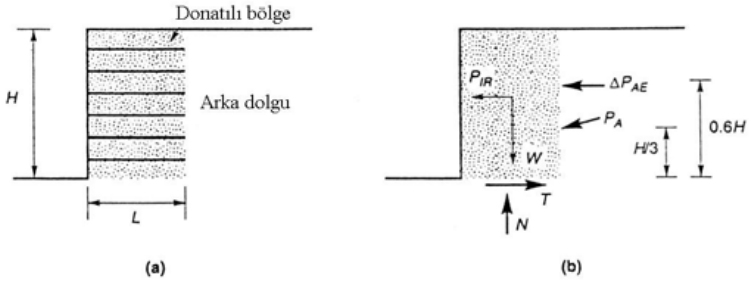
$$B_2 = \tan\phi_f \cos\theta_2 - \sin\theta_2 \tag{4.35}$$

Güvenlik sayısı (FS) 1 alınarak, en kritik yüzeydeki toplam aktif toprak basınç hesaplanabilir:

$$K_{AE} = \frac{2P_{AE}}{\gamma H^2} \tag{4.36}$$

4.2.2.1.3 Psödo-statik Yöntem ile İç ve Dış Stabilite Tahkikleri (Steven L. Kramer)

Steven L. Kramer tarafından önerilen alternatif sismik iç ve dış stabilite analiz yönteminde donatılı bölgeye etkiyen kuvvetin sadece kendi ağırlığı W ile statik zemin itkisi P_A olduğu varsayılır. Deprem yükü, dinamik zemin itkisi P_{AE} ve donatılı bölgesindeki atalet kuvveti P_{IR} olmaktadır. Belirli bir duvar tasarımının dış stabilite analizi aşağıdaki gibi yapılabilir[23]:



Şekil 4.11 (a) Donatılı zemin duvarı geometrisi ve notasyon; (b) Donatılı bölgeye etkiyen statik ve psödo-statik kuvvetler [23]

1. Pik yatay yer ivmesi (a_{max}) hesaplanır,

2. Donatılı bölgesinin ağırlık merkezindeki pik ivme aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır,

$$a_c = \left(1{,}45 - \frac{a_{\max}}{g}\right) a_{\max} \tag{4.37}$$

3. Dinamik zemin itkisi aşağıdaki formül ile hesaplanır,

$$\Delta P_{AE} = 0,375 \frac{a_c \gamma^{(b)} H^2}{9} \tag{4.38}$$

$\gamma^{(b)}$: Arka dolgu zemininin birim hacim ağırlığı

4. Donatı bölgesi üzerine etkiyen atalet kuvveti hesaplanır,

$$P_{IR} = \frac{a_c \gamma^{(r)} HL}{9} \tag{4.39}$$

$\gamma^{(r)}$: Donatı bölgesindekii zeminin (seçilmiş dolgu) birim hacim ağırlığı

5. Donatılı zemine etkiyen statik kuvvetlere P_{AE} ve P_{IR}'nin %50'sini ekleyerek kaymaya ve dönmeye karşı stabilite kontrol edilir (P_{IR}'nin azaltılmış değerinin kullanılmasının nedeni, ΔP_{AE} ve P_{IR}'nin maksimum değerlerinin aynı anda gerçekleşme ihtimalinin zayıf olmasıdır). Dinamik yüklere göre tasarımda kaymaya ve dönmeye karşı emniyet katsayıları, statik yükleme için minimum kabul edilebilir emniyet katsayılarının %75'ine eşit veya büyük olmalıdır [23].

Tablo 4.1 Statik ve dinamik durum için güvenlik sayıları [28]

Tahkik Türü	Minimum Güvenlik Sayısı	
	Statik	Dinamik
Dış Stabilite / Kayma	1,5	1,125
Dış Stabilite / Dönme	2,0	1,5
Dış Stabilite / Taşıma Gücü	2,0	1,5
İç Stabilite / Kopma	1,75	1,75
İç Stabilite / Sıyrılma	2,0	2,0

Kramer'e göre Dinamik şartlar için iç stabilite aşağıdaki adımlar takip edilerek yapılabilir [23]:

1. Potansiyel kayma yüzeyine etkiyen psödo-statik atalet kuvveti (P_{IA}) belirlenir,

$$P_{IA} = \frac{a_c W_A}{g} \tag{4.40}$$

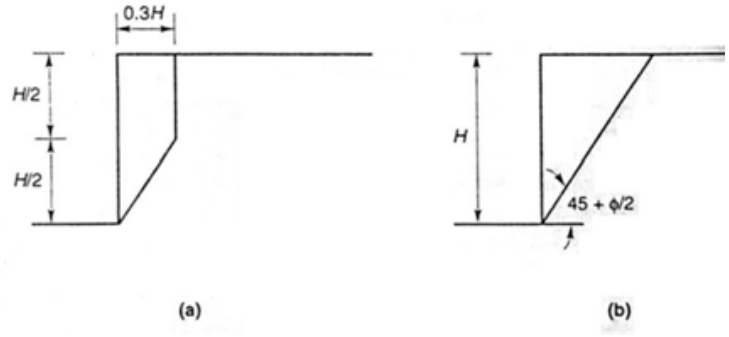
W_A : Kayma düzleminin (aktif kamanın) ağırlığı (Şekil 4.12'deki uzayabilen ve

uzayamaz donatılar için sırasıyla üçgen ve trapezoidal bölgelerdir)

P_{IA} : Psödo- statik atalet kuvveti

a_c :Donatı bölgesi ağırlık merkezindeki maksimum ivme (Denklem 4.37)

g : Yerçekimi ivmesi



Şekil 4.12 Dinamik iç stabilite tahkikleri için kayma düzlemlerinin tanımlanması (a) Uzayamaz donatı (b) Uzayabilen donatı (geosentetik) [23]

2. P_{IA} kuvveti potansiyel kayma yüzeyi dışına uzanan donatı boyları ile orantılı olarak her donatı katmanına dağıtılır. Bu işlem, her donatı katmanı için çekme kuvvetinin bir dinamik bileşenini meydana getirir,

3. Çekme kuvvetinin dinamik bileşenlerini çekme kuvvetinin statik bileşenlerine ekleyerek her donatı katmanı için toplam çekme kuvveti hesaplanır,

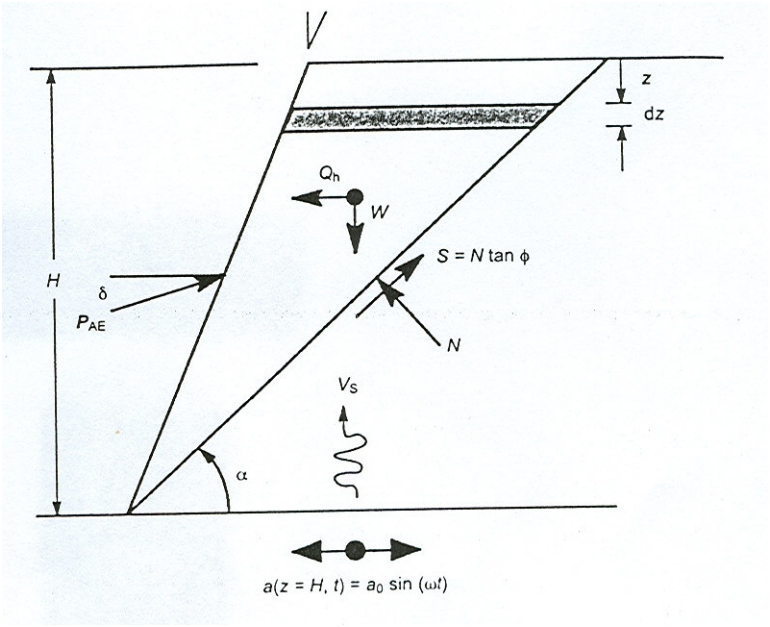
4. İzin verilebilir (müsaade edilen) donatı çekme dayanımının her donatı katmanındaki toplam çekme kuvvetinin en az %75'i kadar olduğu kontrol edilir,

5. Sıyrılma tahkiki yapılır, her donatı katmanının, potansiyel kayma yüzeyinin dışından itibaren gerekli boy kadar zemin içerisinde olduğundan emin olunmalıdır.

4.2.2.2 Psödo-dinamik Yöntemler

4.2.2.2.1 Steedman-Zeng Yöntemi

Steedman ve Zeng önerdikleri yöntemde sismik yüklerden dolayı duvar arkası dolgusunda meydana gelen ivme amplifikasyonları ve faz farklarını yaklaşık bir şekilde hesaba katmışlardır.



Şekil 4.13 Steedman-Zeng metodu için duvar geometrisi ve tanımlamalar [1]

Şekil 4.11'deki duvarın a_h genliğinde bir harmonik harekete maruz kaldığı düşünülürse, duvarın üst yüzeyinden z derinlikteki ivme (4.32) bağıntısıyla bulunur:

$$a(z,t) = a_o \sin\left[w\left(t - \frac{H-z}{V_s} \right) \right] \tag{4.41}$$

Sismik duvar basınçlarının yatayla α açısı yapan üçgen kama şeklindeki zeminden kaynaklandığı varsayılırsa, z derinliğindeki katmanın kütlesi:

$$m(z) = \frac{\gamma}{g}(H-z)(\cot\alpha - \tan\psi)\,dz \tag{4.42}$$

Buradan toplam aktif itki hesaplanabilir:

$$P_{AE}(t) = \frac{Q_h(t)\cos(\alpha-\phi)}{\cos(\delta-\alpha+\phi)} + \frac{W\sin(\alpha-\phi)}{\cos(\delta-\alpha+\phi)} \tag{4.43}$$

4.2.3 İstinat Duvarlarının Sismik Yerdeğiştirmesi

Psödo-statik analiz yöntemi diğer bütün limit denge yöntemleri gibi bir emniyet katsayısı verir, fakat şev yenilmesi ile ilgili deformasyonlar hakkında herhangi bir

bilgi vermez. Herhangi bir depremden sonra bir şevin kullanılabilirliği deformasyonlar tarafından kontrol edildiğinden, şev yerdeğiştirmelerini kestirmeye yönelik analizler, sismik şev stabilitesi hakkında daha yararlı bilgiler sağlamaktadır [23].

4.2.3.1 Newmark Kayan Blok Analizi

Depremin oluşturduğu ivmeler zaman içinde değiştiğinden, psödo-statik emniyet katsayısı da deprem süresince sürekli değişecektir. Potansiyel yenilme kütlesi üzerine etkiyen toplam kaydıran kuvvetlerin, mevcut tutan kuvvetlei aşacak kadar büyük olması halinde emniyet katsayısı 1,0'in altına düşecektir. Newmark böyle şartlar altındaki şevlerin davranışını incelemiştir. Emniyet katsayısının 1,0'den küçük olduğu durumda potansiyel yenilme kütlesi artık denge durumunda olmadığından, dengesiz bir kuvvetle ivmelenecektir. Bu durum eğimli bir düzlem üzerinde duran blok ile eşdeğerdir. Newmark bu benzerliği kullanarak, herhangi bir yer hareketine maruz kalan bir şevdeki kalıcı yerdeğiştirmeyi kestirmeye yönelik bir yöntem geliştirmiştir:

Eğimli düzlem üzerinde statik halde duraylı bir blok gözönüne alınır, bu bloğun kaymaya karşı direncinin tamamen sürtünmeden kaynaklandığı kabul edilerek;

$$G_S = \frac{W \cos\beta \tan\phi}{W \sin\beta} = \frac{\tan\phi}{\tan\beta} \tag{4.44}$$

Burada;

ϕ :İçsel sürtümne açışı (blok ve düzlem arasında)

β :Düzlemin yatayla yaptığı açı

W :Kayan bloğun kütlesi

Eğimli düzlemin $k_h g$ yatay ivmesi ile yatay yönde titreşmesi ile bloğa aktarılan atalet kuvvetleri ($k_h W$) oluşacaktır. Atalet kuvvetlerinin eğim aşağı yönde etkidiği durumda kuvvetlerin eğimli düzleme paralel ve dik yönde bileşenlerine ayrılması ile,

$$G_S = \frac{\left(\cos\beta - k_h \sin\beta\right)\tan\phi}{\sin\beta + k_h \cos\beta} \tag{4.45}$$

olur. Buradan anlaşılacağı üzere k_h artarken emniyet katsayısı azalır, k_h'ın emniyet katsayısını 1,0 olarak veren pozitif bir değeri vardır. *Yenilme katsayısı* (k_y) olarak adlandırılan bu katsayı *yenilme ivmesi*ne karşılık gelir,

$$a_y = k_y g \tag{4.46}$$

a_y :Yenilme ivmesi

k_y :Yenilme katsayısı

Yenilme ivmesi, blokta duraysızlığa neden olan minimum psödo-statik ivmedir. Depremden kaynaklanan ivmelerin yenilme ivmesini aşmaması halinde kayan blok modeli ile hesaplanan kalıcı yerdeğiştirme sıfır olacaktır. Şev yerdeğiştirmesi ile ay/amax arasındaki ilişki birçok araştırması tarafından incelenmiştir. Newmark deprem hareketlerinin oluşturduğu kalıcı yerdeğiştirmenin makul üst sınırının aşağıdaki gibi ifade edilebileceğini bulmuştur:

$$d_{perm} = \frac{v_{\max}^2}{2a_y}\frac{a_{\max}}{a_y} \tag{4.47}$$

$a_{\max}$:Pik taban ivmesi

$v_{\max}$:Pik taban hızı

4.2.3.2 Richards- Elms Metodu

İstinat yapıların önceden belirlenen bir yerdeğiştirme miktarı için tasarımı ilk olarak Richards ve Elms (1979) tarafından önerilmiştir.

Tasarım metodu aşağıda verilmiştir:

1. Duvar için bir tasarım deplasmanı, d_{perm} seçilir.

2. $$d_{perm} = 0.087\frac{v_{\max}^2 a^3}{a_y^4} \quad a_y \geq 0.3a_{\max} \tag{4.44}$$

   Bağıntısından a_y bulunur. Burada v_{max} maksimum taban hızı, a_{max} maksimum taban ivmesidir.

3. Yukarıda bulunan a_y ve aşağıda verilen bağıntı kullanılarak gerekli duvar ağırlığı W hesaplanır. Aşağıdaki formülde bulunan P_{AE}, a_y değeri kullanılarak Mononobe-Okabe metoduna göre hesaplanır. P_{AE}'nin hesaplanması için a_y kullanılacağından aşağıdaki ifade iterasyon yapılarak çözülüp gerekli duvar ağırlığı W hesaplanacaktır.

$$a_y = \left[\tan\phi_b - \frac{P_{AE}\cos(\delta+\theta) - P_{AE}\sin(\delta+\phi)}{W}\right] g \tag{4.45}$$

4.2.3.3 Whitman-Liao Metodu

Whitman ve Liao (1985) Richards-Elms modelinin duvar arkasındaki ivme amplifikasyonu, düşey ivme ve dönme hareketini göz önüne alamadığını belirtmişler ve 14 adet deprem hareketini değerlendirerek ortalama kalıcı deplasman ,d_{perm} , için aşağıda verilen bağıntıyı önermişlerdir.

$$d_{perm} = \frac{37 v_{\max}^2}{a_{\max}} \exp\left(\frac{-9.4 a_y}{a_{\max}} \right) \tag{4.46}$$

5. OASYS SLOPE PROGRAMI İLE ANALİZ

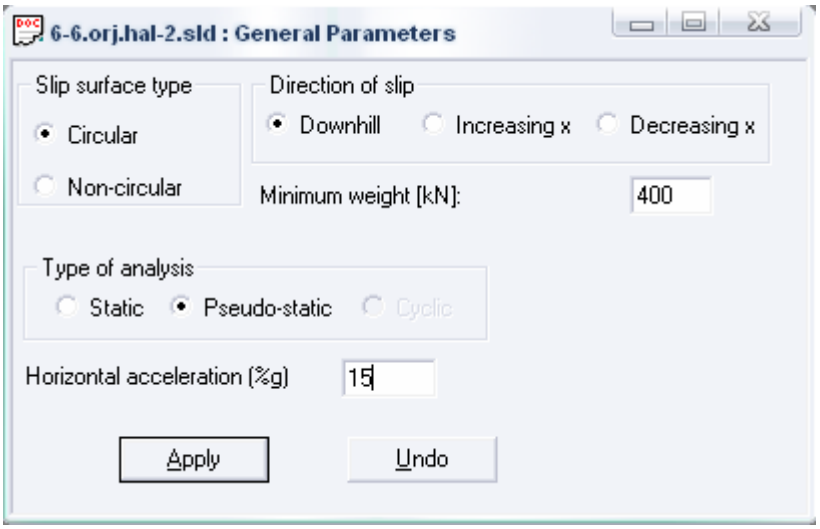
5.1 OASYS Slope Programı

5.1.1 Genel Tanımlama

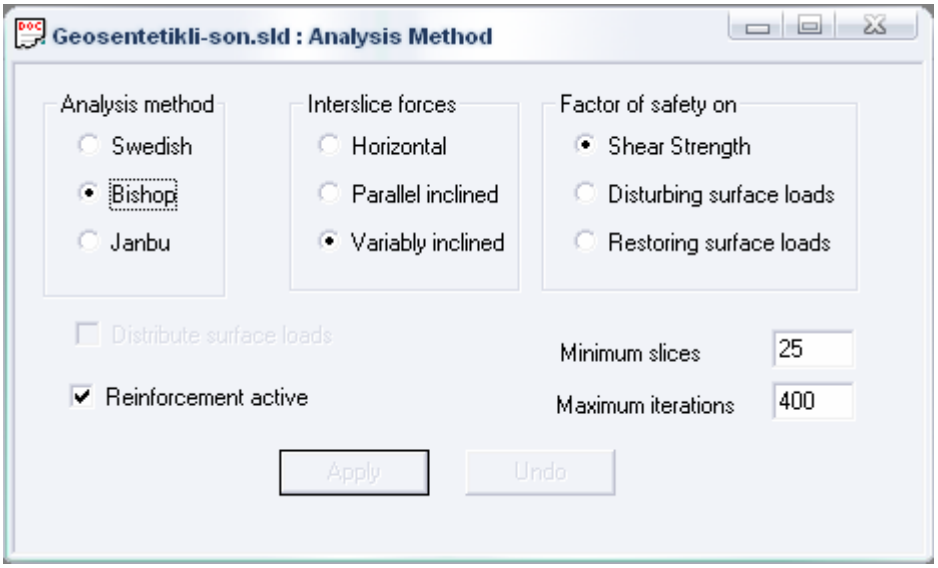
Oasys Slope, esasen donatılı şevlerin stabilite analizleri için tasarlanmıştır, ancak yanal toprak basınçı ve temel taşıma gücü analizlerinde de kullanılabilmektedir. Program dairesel ve dairesel olmayan kayma düzlemlerinde analiz yapabilmekte, böylece zemin ve kaya şevinde kullanılabilmektedir [25].

5.1.2 Program Özellikleri

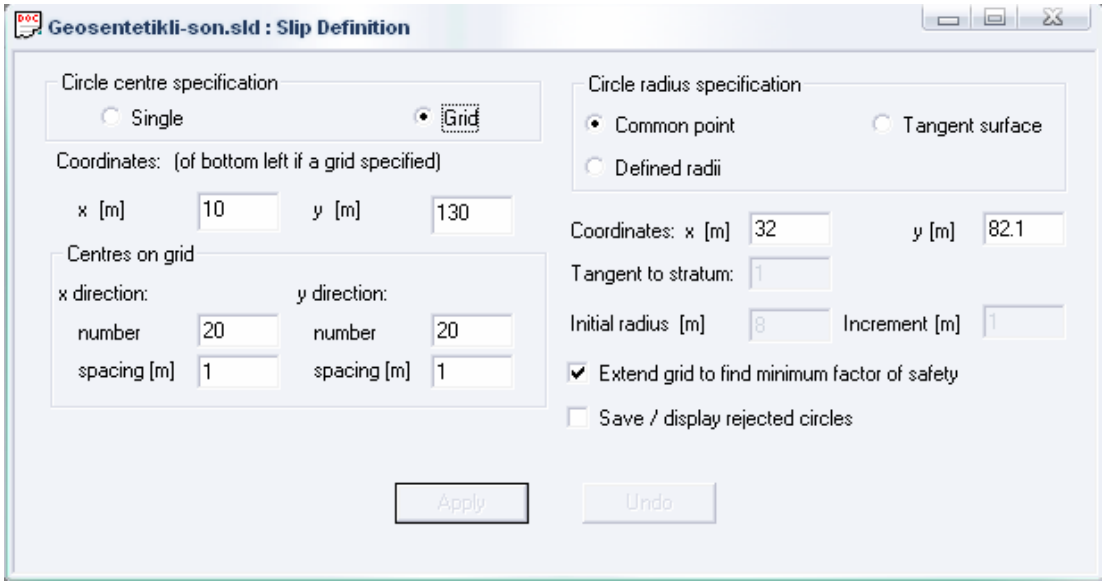
Oasys Slope programı ile şev stabilitesi analizlerinde Fellenius, Bishop ve Janbu metotları kullanılmaktadır. Dairesel kayma düzlemleri, dikdörtgen grid üzerindeki kayma dairesi merkezleri ve değişken yarıçaplar olarak tanımlanabilir. Buna ek olarak şev üzerinde tüm kayma düzlemlerinin geçeceği bir nokta da belirlenebilir. Dairesel olmayan kayma düzlemleri ise x-y koordinat serisi olarak girilebilmektedir [25].



Şekil 5.1 Oasys Slope genel parametrelerin girilmesi

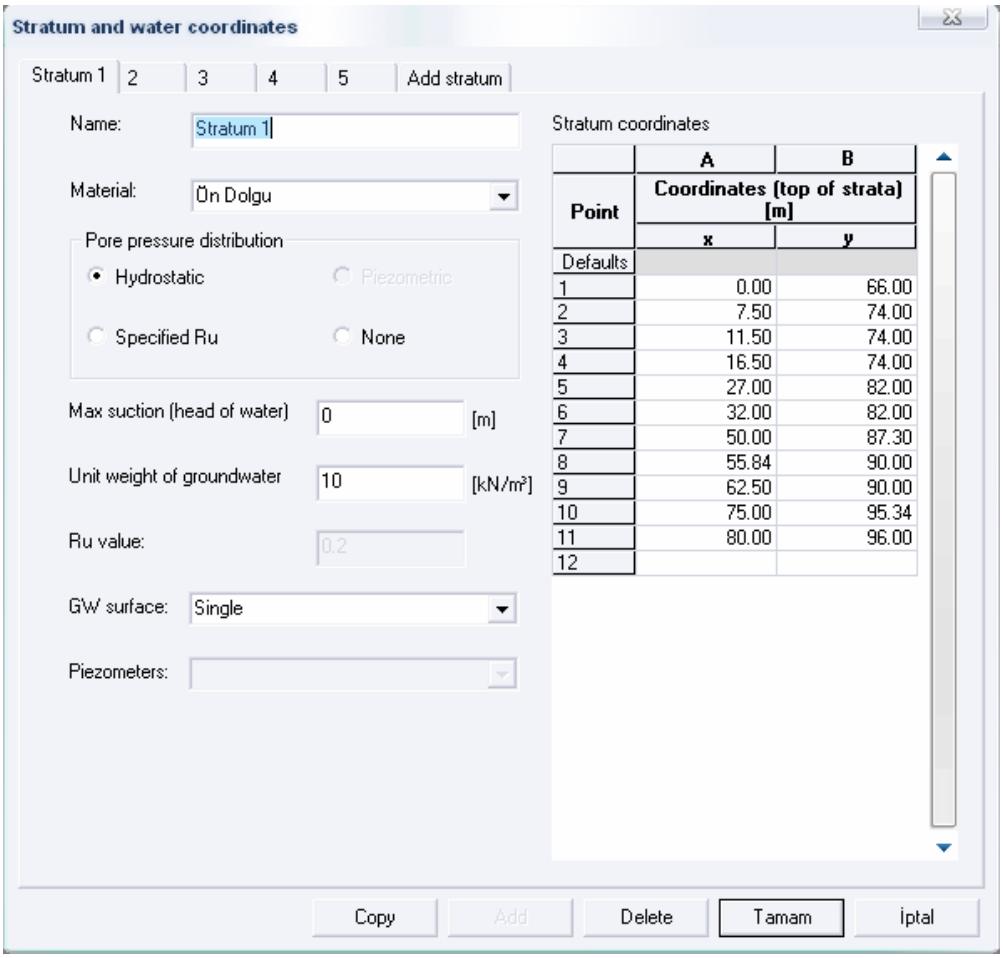


Şekil 5.2 Oasys Slope analiz yöntemleri

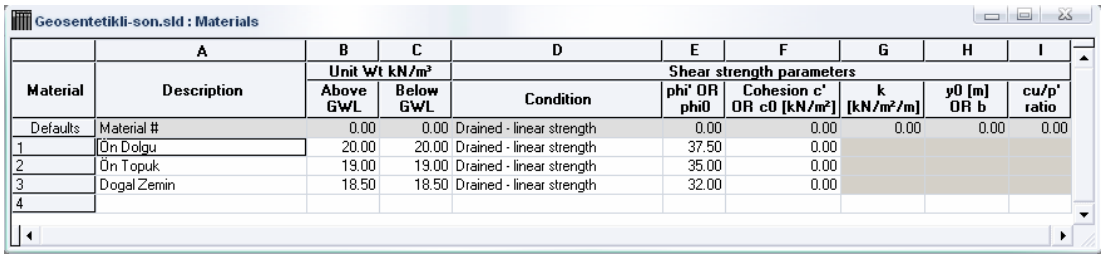


Şekil 5.3 Kayma düzlemlerinin girilmesi

Zemin tabakaları yüzeyden derine doğru x-y koordinat serisi olarak tanımlanabilir. Bu tabakaların mukavemet parametreleri kayma mukavemeti açısı ve kohezyon ile tanımlanmaktadır [25].



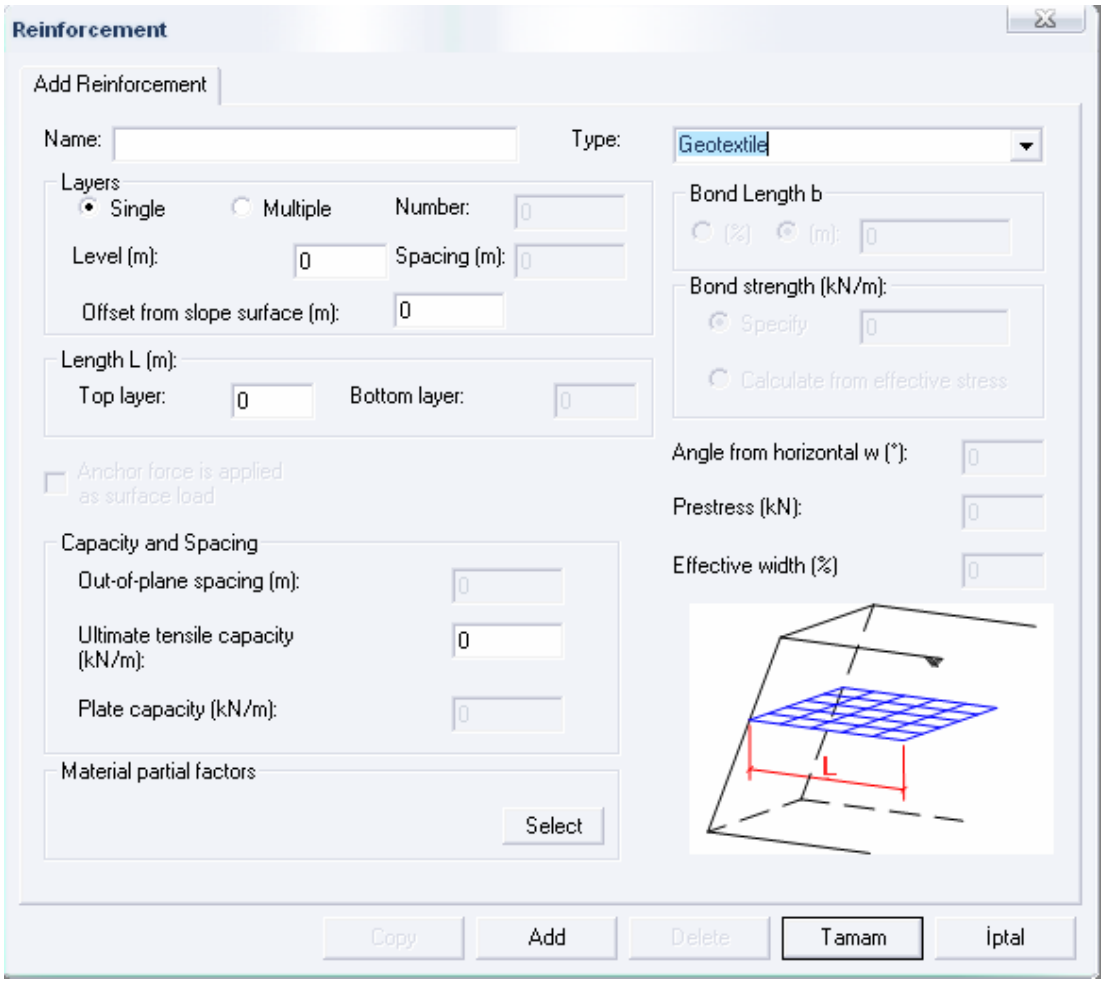
Şekil 5.4 Tabaka koordinatlarının girilmesi ve su basıncı dağılımı



Şekil 5.5 Kayma mukavemeti parametrelerinin girilmesi

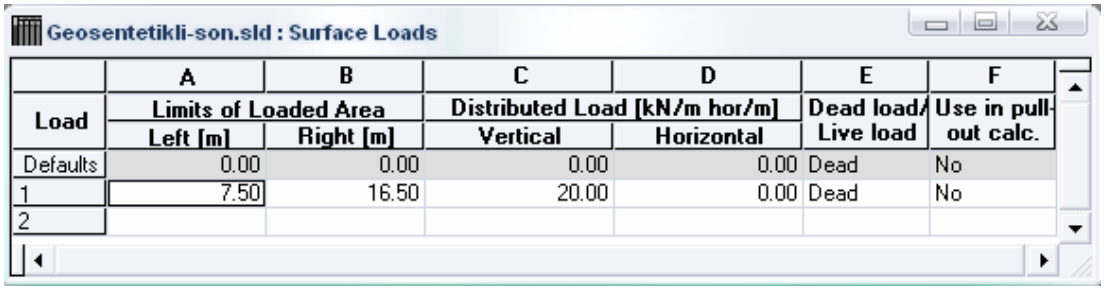
Yeraltı su tabakası ve boşluk suyu basınçları (hidrostatik veya piezometrik) tanımlanabilir. Kısmen veya tamamen su seviyesinin altındaki zeminler analiz edilebilmektedir [25].

Donatılı istinat duvarlarının analizinde donatı olarak geotekstil, zemin çivisi, ankraj ve kaya bulonları kullanılabilmektedir [25].



Şekil 5.6 Donatı bilgilerinin girilmesi

Sürşarj yükleri ve derin kazılardaki payanda kuvvetleri dış yük olarak etki ettirilebilir. Deprem kuvvetlerini modellemek için yatay ivme verisi girilebilir [25].

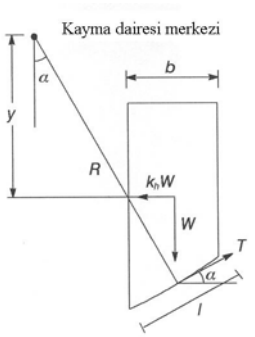


	A	B	C	D	E	F
Load	Limits of Loaded Area		Distributed Load [kN/m hor/m]		Dead load/ Live load	Use in pull-out calc.
	Left [m]	Right [m]	Vertical	Horizontal		
Defaults	0.00	0.00	0.00	0.00	Dead	No
1	7.50	16.50	20.00	0.00	Dead	No
2						

Şekil 5.7 Sürşarj yüklerinin girilmesi

5.1.3 Analiz Yöntemi (Dairesel Kayma Analizi)

Psödo-statik kuvvetlerin de etki ettiği dairesel bir kayma yüzeyinin sınır denge koşullarına göre analizi aşağıdaki gibi yapılır [1]:



Şekil 5.8 Dairesel kayma analizinin prensibinin açıklanması

$$G_S = \frac{M_R + \Delta M_R}{M_D} \tag{5.1}$$

M_R : Direnen kuvvetlerin kayma dairesi merkezine göre toplam momenti

ΔM_R : Donatılatın çekme mukavemeti ile sağlanan ilave moment

M_D : Deviren (döndüren) kuvvetlerin kayma dairesi merkezine göre toplam momenti

$$G_S = \frac{R\sum\left(W\cos\alpha - k_h W\sin\alpha\right)\tan\phi + R\sum T\left(\cos\alpha + \sin\alpha\tan\phi\right)}{\sum\left(RW\sin\alpha + k_h Wy\right)} \tag{5.2}$$

R : Kayma dairesi yarıçapı

L : Dilim taban uzunluğu

c : Zemin kohezyonu

ϕ : Zeminin içsel sürtünme (kayma mukavemeti) açısı

W : Birim genişlik için kayan kütlenin toplam ağırlığı

k_h : Yatay yer ivmesi

y : Dilim ağırlık merkezinin kayma dairesi merkezine düşey uzaklığı

α : Dilim tabanının teğetinin yatayla yaptığı açı

T : Donatı çekme kuvveti

5.2 Problemin Tanımı ve Ulaşılmak İstenen Hedefler

Çorlu bölgesinde, bir sanayi tesisini de sınırları içinde bulunduran bir arazide yüzeysel akmalar şeklinde şevde bozulmalar gözlemlenmiştir. Bu sebeple öncelikle şev OASYS Slope programı kullanarak modellenmiş ve orjinal şev düzleminde analizler yapılmıştır. Doğal şev yüzeninin ortalama eğimi yaklaşık 20º, maksimum eğim ise 33,5ºdir. Zemin profili uniform kumdur. Arazi 2. derece deprem böldesidir. Şev kretinde yaklaşık 10 m derinlikte bulunan hidrostatik yeraltı suyu seviyesi, şevin topuk bölgesinde zemin yüzeyine kadar yükselmektedir.

Arazi sınırı yapılacak iyileştirmeyi kısıtlamaktadır. Yapılacak dolgu toptan göçmeye karşı şevin güvenliğini sağlamakta ancak, dik şevli yapılması gerekeceği için dolgu şevi kritik bir hal almaktadır. Arazi sınırı sebebiyle daha yatık dolgu uygulanamaktadır. Geosentetik donatı kullanılarak dolgunun stabilizasyonu sağlanmaya çalışılmıştır.

Problemde asıl ulaşılmak istenen hedef geosentetik donatısı ile inşa edilecek dolgu ile şevin stabilizasyonu sağlamak bu arada, geosentetik donatlı dolgu çözümünü ankraj ve zemin çivisi gibi çözümlerle kıyaslamak suretiyle geosentetik donatılı dolgunun avantajlarını göstermektir.

5.3 Problemde Yapılan Kabuller ve Kullanılan Çözüm Yöntemleri

Bu çalışmada limit denge yöntemini esas alan dairesel kayma analizleri yapılmıştır. Limit denge yöntemiyle yapılan analizlerde potansiyel bir yenilme yüzeyi üzerindeki zemin kütlesinin kuvvet ve/veya moment dengesi araştırılır. Potansiyel yenilme yüzeyi üzerindeki zeminin rijit olduğu, yani kaymanın sadece potansiyel yenilme yüzeyi üzerinde oluştuğu kabul edilir. Mevcut kayma dayanımının potansiyel yenilme yüzeyi üzerindeki tüm noktalarda aynı oranda mobilize olduğu varsayılır. Sonuçta emniyet katsayısı yenilme yüzeyinin tamamı boyunca sabittir. Potansiyel yenilme yüzeyi üzerindeki zeminin rijit ve plastik olduğu kabul edildiğinden, limit denge analizleri şev deformasyonları konusunda herhangi bir bilgi vermez.

Dairesel kayma analizlerinde dilimlere etkiten statik kuvvetlere ek olarak psödo-statik atalet kuvvetleri de göz önüne alınmıştır. Psödo-statik analiz sonuçları k_h'ın değerine kritik şekille bağımlıdır. Psödo-statik stabilite analizlerinin en önemli ve en zor kısmı uygun ivme katsayısının seçimidir. Sismik katsayı, yenilme kütlesi üzerindeki psödo-statik kuvveti kontrol eder; bu nedenle sismik katsayının değeri, potansiyel olarak duraysız malzeme içinde gelişen atalet kuvvetini büyüklüğü ile ilişkili olmalıdır. Şev malzemesinin rijit olması durumunda, potansiyel kayma kütlesi

üzerindeki atalet kuvveti gerçek yatay ivme ile duraysız malzeme kütlesinin çarpımına eşit olur. Yatay ivme maksimum değerine ulaştığında bu atalet kuvveti de en yüksek değerine ulaşır. Gerçek şevlerin rijit olmadığı ve pik ivmelerinde sadece kısa bir süre içinde etkili olduğu gerçeğinden haraketle, pratikte kullanılan psödo-statik katsayılar genellikle a_{max}'ın çok altındaki değerlere karşılık gelmektedir. Hynes-Griffin ve Franklin (1984) Newmark kayan blok analizini 350'den fazla akselograma uyarlamış ve psödo-statik emniyet katsayısının 1,0'dan büyük alındığı ve 5.3 denkleminin kullanıldığı toprak barajlarda "tehlikeli ölçüde büyük" deformasyonların oluşmadığı sonucuna varmıştır [23].

$$k_h = 0,5 \frac{a_{\max}}{g} \tag{5.3}$$

Tasarım için psödo-statik katsayının seçiminde herhangi bir kesin ve pratik kural bulunmamaktadır. Ancak; psödo-statik katsayının, yenilme kütlesinde beklenen gerçek ivme düzeyine yaklaşması gerektiği ve beklenen pik ivmenin belirli bir kesirine karşılık gelmesi gerektiği ortadadır. Hemen her durumda mühendislik yargısı gerekli olsa da Hynes-Griffin ve Franklin (1984) kriteri çoğu şev için uygundur [23]. Yapılan çalışmalar, analizi yapılan şevin bulunduğu arazide 50 yıl içinde gerçekleşme olasılığı %10 olan depremlerin maksimum yer ivmesinin (PGA) 0,2-0,3g olacağına işaret etmektedir [29]. Burdan hareketle bu çalışmada kullanılan analizlerde 0,15g tasarım yer ivmesi kullanılmıştır.

5.4 Şev Stabilizasyonu Analizleri

Bölüm 5.2'de tanımlanan arazide şev stabilizasyonu analizleri Oasys Slope programı ile psödo-statik dairesel kayma analizleri yapılmıştır. İlk aşamada mevcut zemin koşulları modellenmiş, en kritik potansiyel kayma düzlemleri belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra farklı yöntemler ile şevin güvenliği sağlanmaya çalışılmış ve bu farklı yöntemler ile elde edilen güvenlik sayıları karşılaştırılmıştır.

5.4.1 Analiz 1 – Mevcut zemin koşulları

Analizi yapılan şevin geometrisi Şekil 5.9'de görülmektedir. Doğal şev yüzeninin ortalama eğimi yaklaşık 20º, maksimum eğim ise 33,5ºdir. Zemin profili uniform kumdur. Mevcut zeminin mühendislik özellikleri aşağıdaki gibidir:

Tablo 5.1 Mevcut zeminin kayma mukavemeti parametreleri

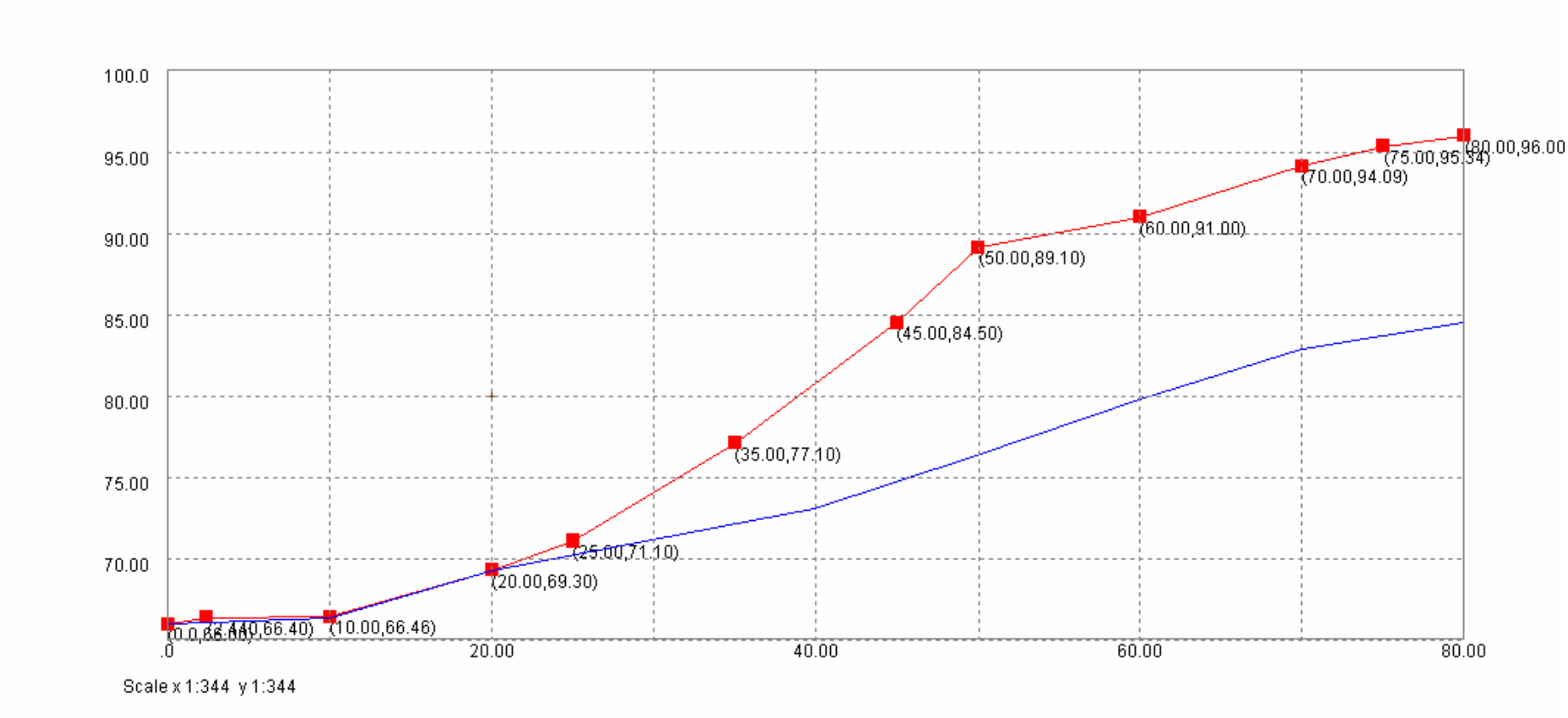
Kayma mukavemeti açısı (ϕ)	32°
Kohezyon (c)	0,0 kN/m^2
Doğal birim hacim ağırlık (γ)	18,5 kN/m^3

Zeminin kayma mukavemeti açısı şev eğiminden daha az olduğu görülmektedir. Sadece bu bilgi bile şevin güvensizliğine işaret etmektedir. Yine de analizler yapılarak en kritik potansiyel kayma düzlemleri belirlenmeye çalışılmıştır.

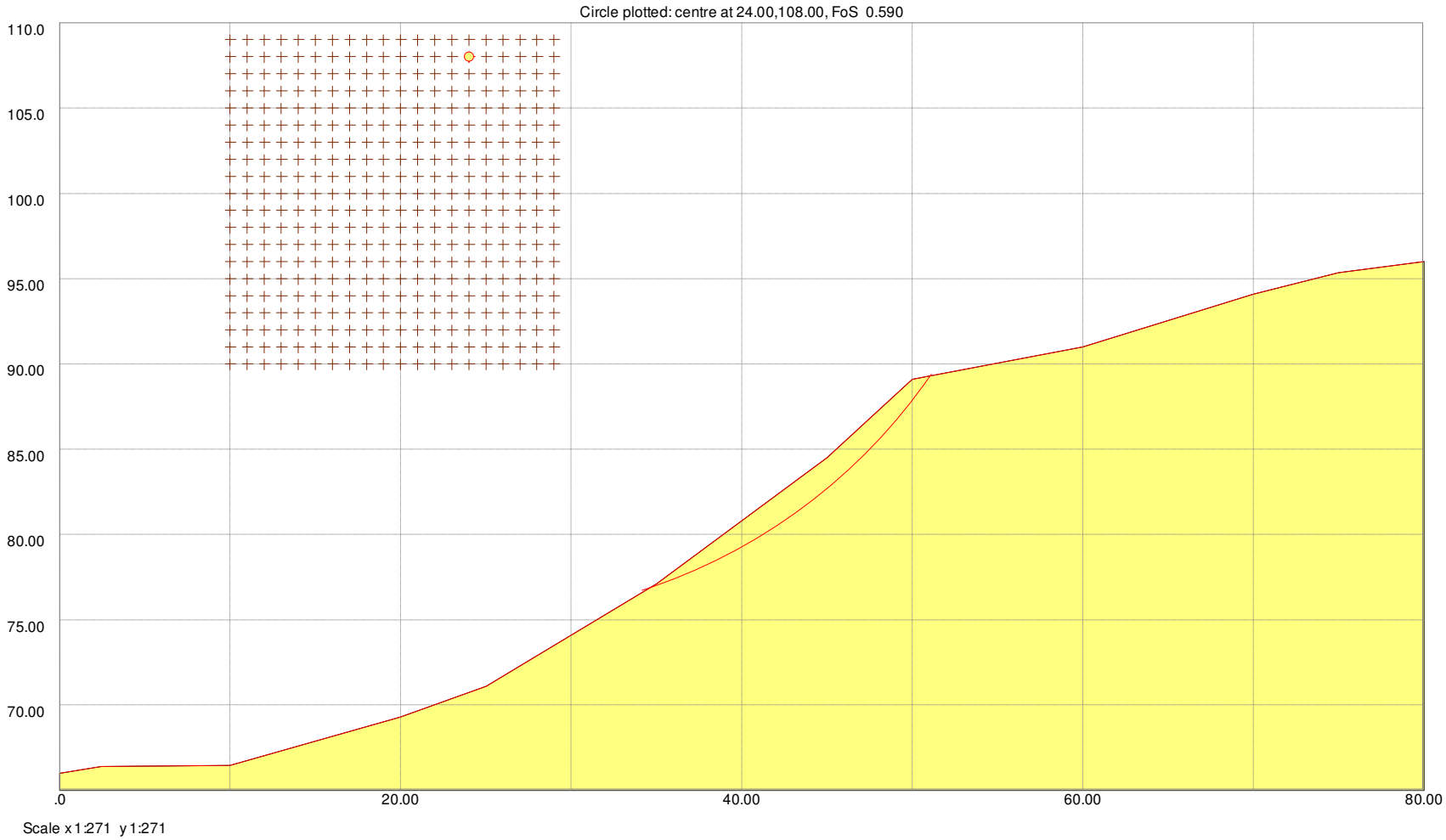
Analiz sonuçları şevin mevcut haliyle güvenli olmadığını göstermektedir. Analiz 1.1 (Şekil 5.10) sahada da gözlenmiş olan yüzeysel akmaları işaret etmekte, Analiz 1.2 (Şekil 5.11) ise şevin toptan göçme analizinde gerekli güvenlik sayısını sağlayamadığını göstermektedir. Sonuçlar Tablo 5.2'de özetlenmektedir:

Tablo 5.2 Mevcut zeminin analizinin sonuçları

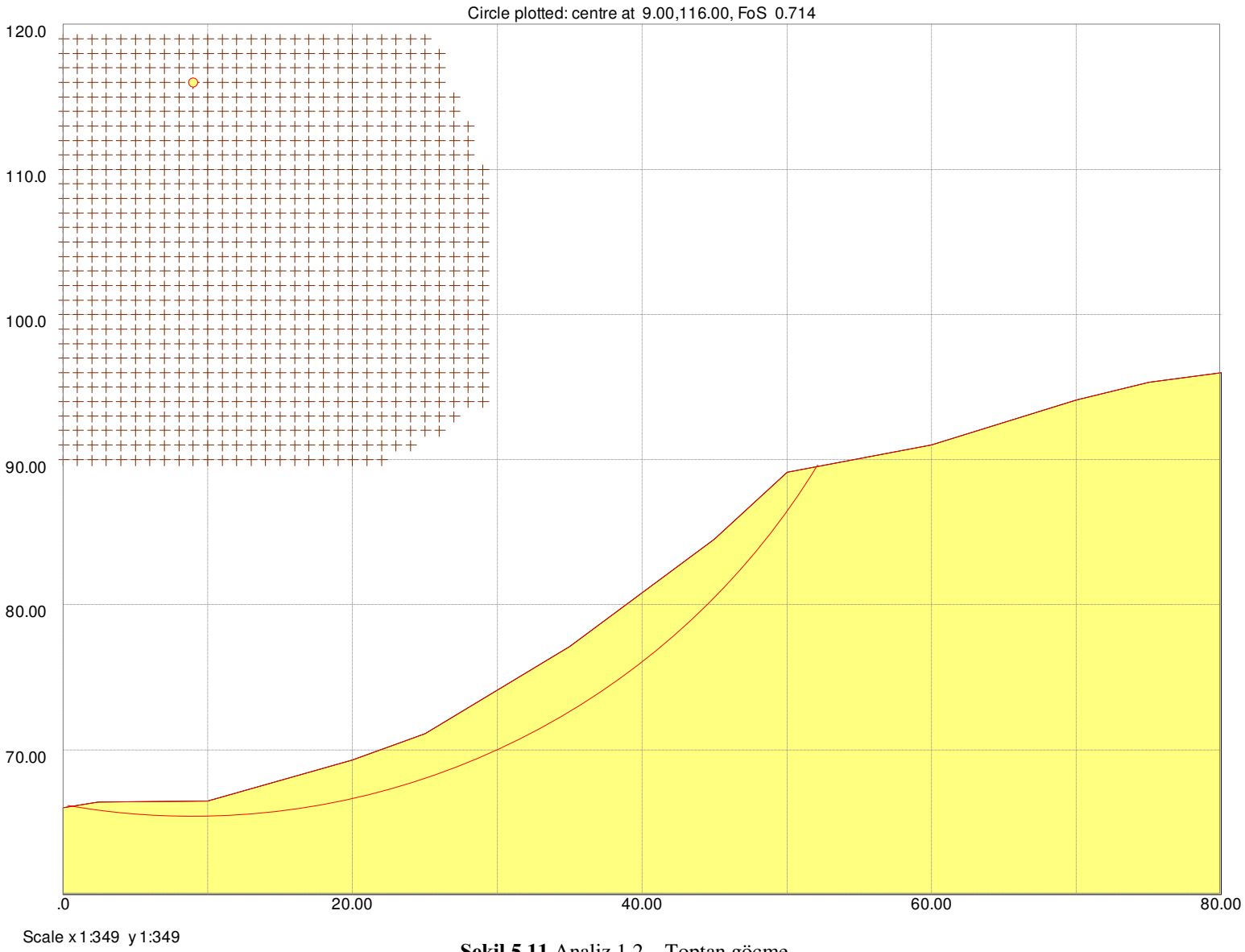
Analiz	Minimum G_S	Açıklamalar
1.1	0.590	Mevcut zeminin en dik yüzeylerinde göçmeler oluşuyor.
1.2	0.714	Mevcut zeminin toptan göçmeye karşı güvenli olmadığı görülüyor.



Şekil 5.9 Analizi yapılan şevin geometrisi



Şekil 5.10 Analiz 1.1 – Yüzeysel akmalar



Şekil 5.11 Analiz 1.2 – Toptan göçme

5.4.2 Analiz 2 - Ankraj Uygulaması

Şevin stabilizasyonunun sağlanması amacıyla potansiyel kayma yüzeyinin arkasındaki zemine ankraj yapılması düşünülmüştür. Eğimin en yüksek değerde olduğu 89-71m arasındaki şev yüzeylerine ikişer metre arayla aşağıda özellikleri verilen donatılar uygulanmıştır:

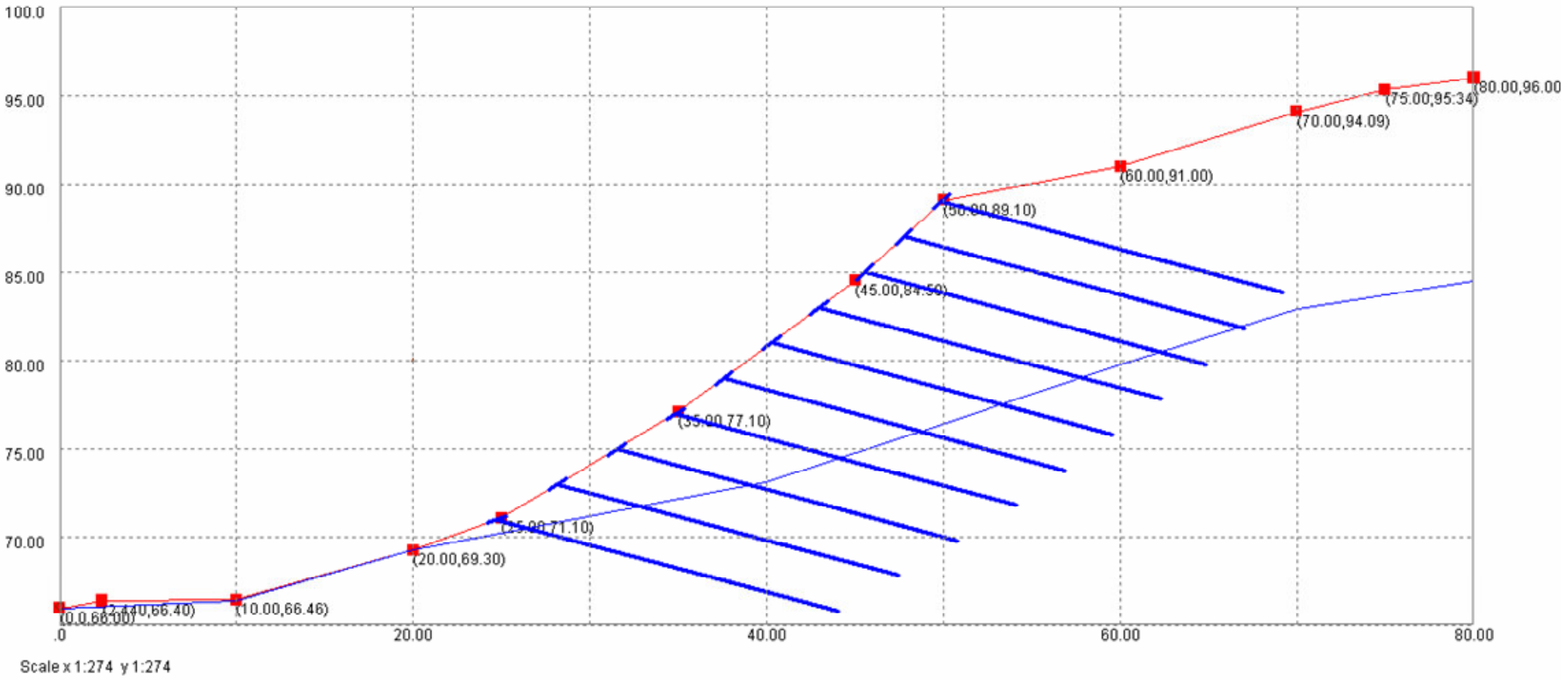
Tablo 5.3 Ankraj özellikleri

Ankraj Özellikleri	2.1 Analizi	2.2 Analizi	2.3 Analizi
Toplam ankraj boyu	20m	25m	30m
Serbest ankraj boyu	13m	18m	20m
Ankraj kök boyu	7m	7m	10m
Kök bölgesi çapı	30cm	30cm	30cm
Ankraj çekme kapasitesi	400 kN	400 kN	400 kN
Ankraj eğimi	15º	15º	15º
Ankrajlar arası yatay mesafe	1m	1m	1m
Ankrajlar arası düşey mesafe	2m	2m	2m

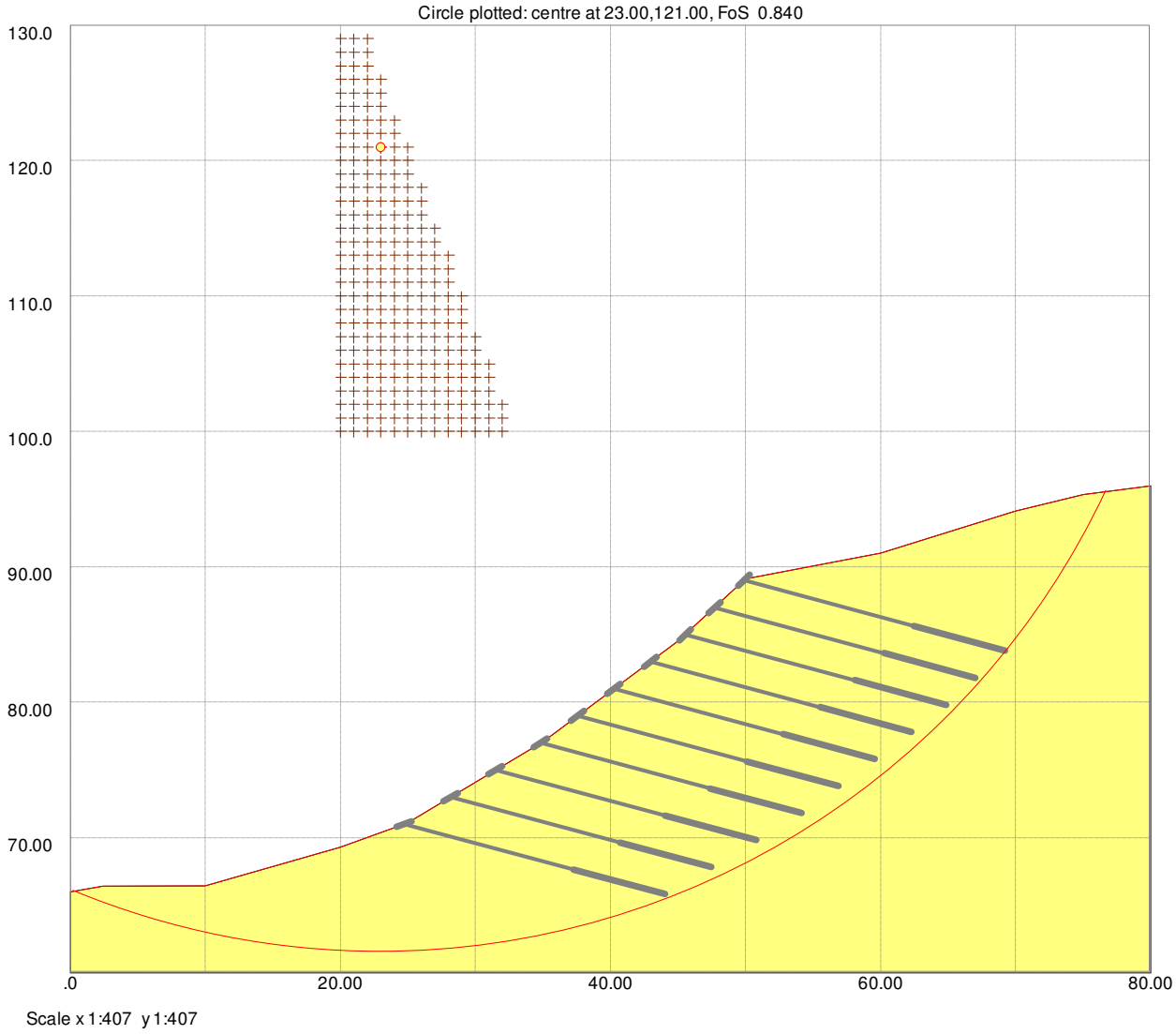
Yapılan 3 analiz, ankraj uygulamasının şevin stabilizasyonu sağlamak için uygun yöntem olmadığını göstermektedir. Ankrajlar kayma düzlemlerini zeminin içine ötelemekte ancak yeterli güvenlik sayısına ulaşılamaktadır. Ankraj boyları uzatıldığında bile daha derinde ama yine güvensiz kayma düzlemleri oluşmaktadır. Bu yöntemle şevin stabilizasyonun sağlanması için çok uzun ankrajlar imal edilmesi gerekmekte, bu da çözümü ekonomik olmaktan çıkarmaktadır.

Tablo 5.4 Ankraj analizinin sonuçları

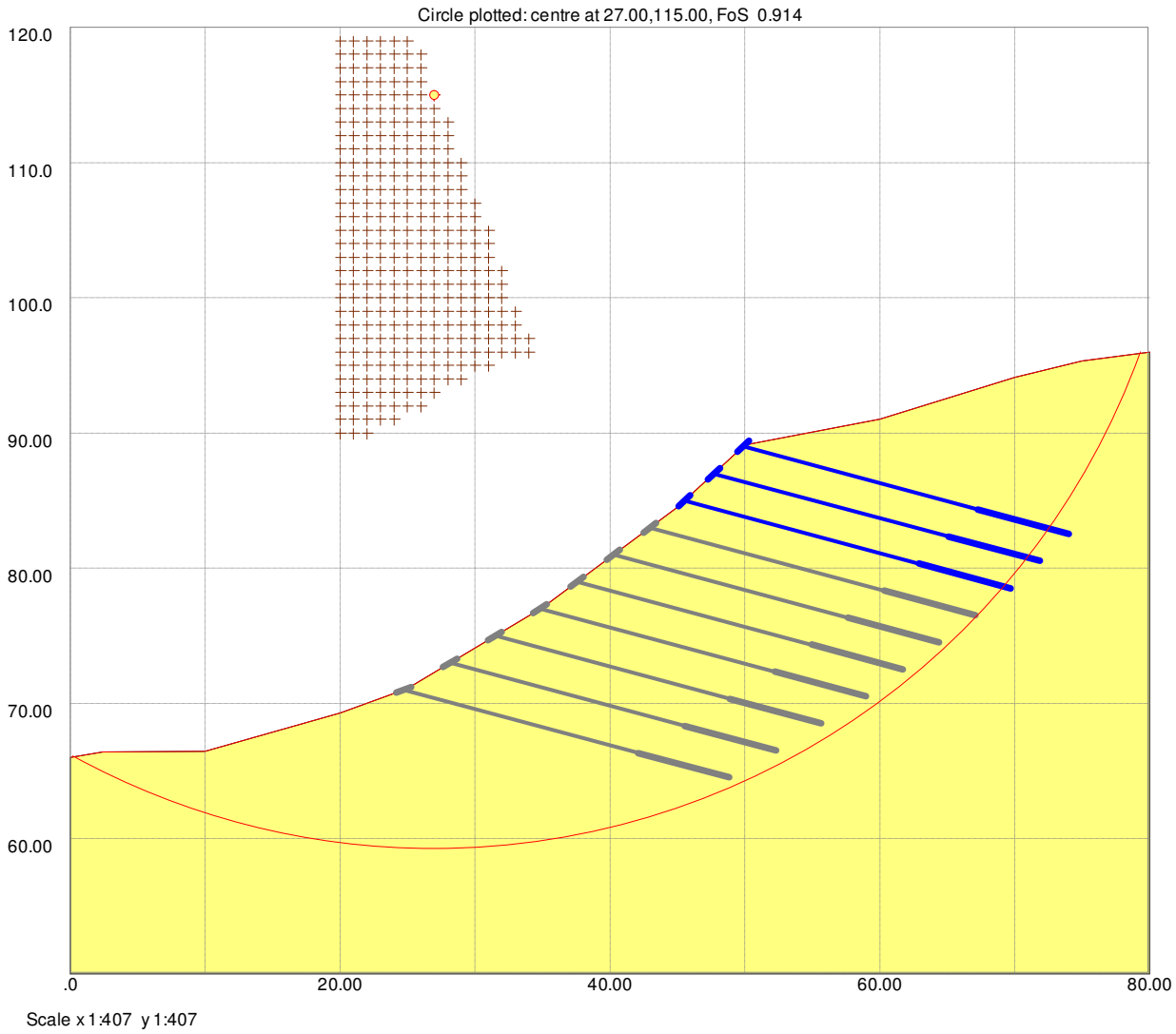
Analiz	Ankraj boyu	Minimum G_S	Açıklamalar
2.1	20m	0,840	Ankraj uygulaması (20m), şev güvenli değil, kayma düzlemleri ankrajların arkasında oluşuyor.
2.2	25m	0,914	Ankraj uygulaması (25m), kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve ankrajlar kayma düzlemleri içinde kalıyor.
2.3	30m	1,054	Ankraj uygulaması (30m), kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve ankrajlar kayma düzlemleri içinde kalıyor.



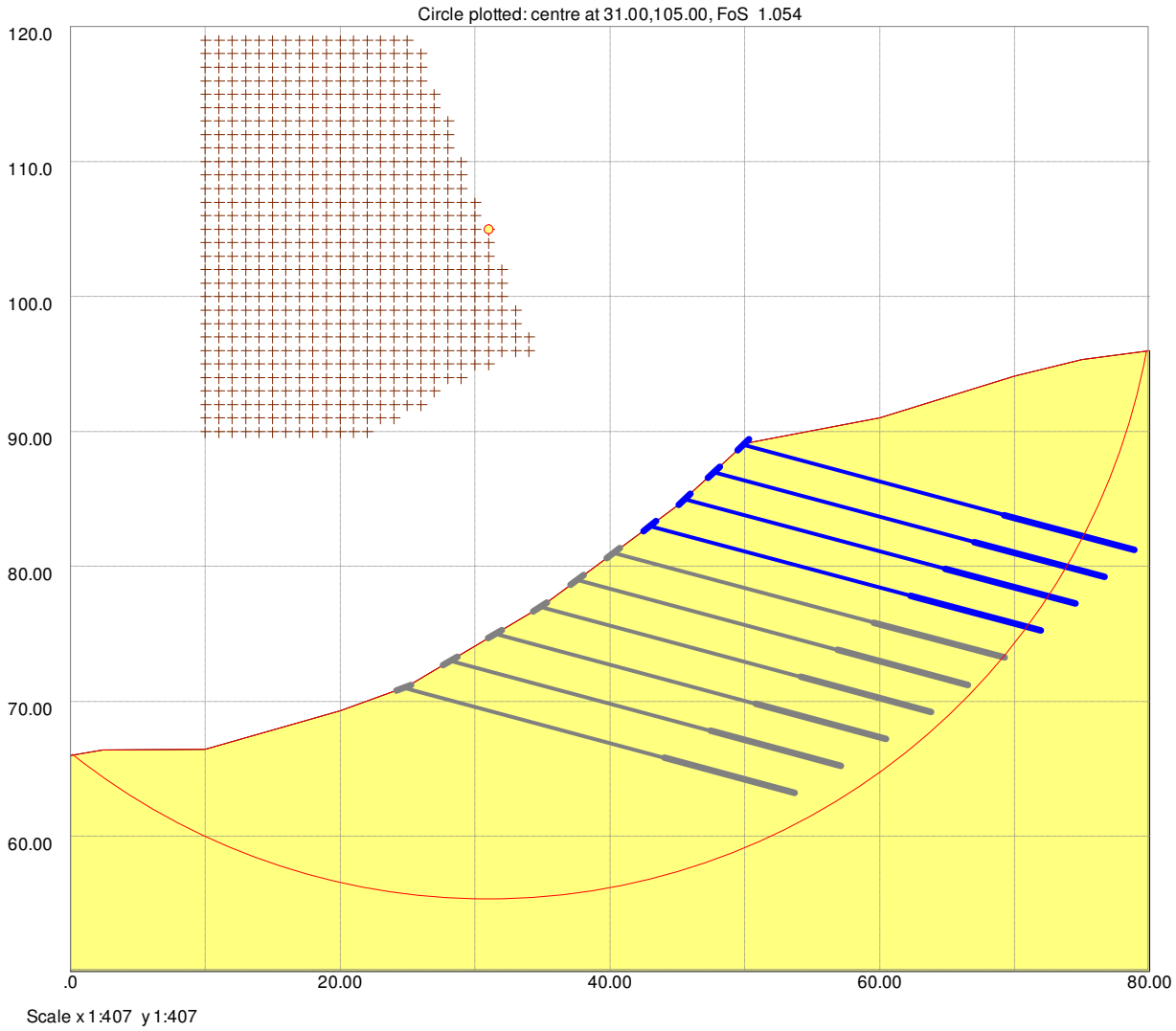
Şekil 5.12 Ankraj uygulaması



Şekil 5.13 Analiz 2.1 – Ankraj uygulaması stabilite tahkiki



Şekil 5.14 Analiz 2.2 - Ankraj uygulamasında ankraj boylarının uzatılarak stabilite tahkikinin yenilenmesi



Şekil 5.15 Analiz 2.3 - Ankraj uygulamasında ankraj boylarının uzatılarak stabilite tahkikinin yenilenmesi

5.4.3 Analiz 3 – Zemin Çivisi Uygulaması

Önceki analizler ankrajların kök bölümlerinin kayma düzlemleri dışında kalması için boylarının çok uzatılması gerektiğini göstermekteydi. Bu tip bir çözüm uygulama zorlukları sebebiyle pek mümkün olmamaktadır. Bu sebepten, zemin çivisi uygulaması yapılaması düşünülmüş, çivilerin tüm boyları boyunca enjeksiyon yapılacağı için kayma düzlemlerinde daha büyük güvenlik sayıları elde edileceği öngörülmüştür. Bu beple Analiz 2'deki ankrajlar yerine aynı geometride zemin çivisi uygulanmıştır.

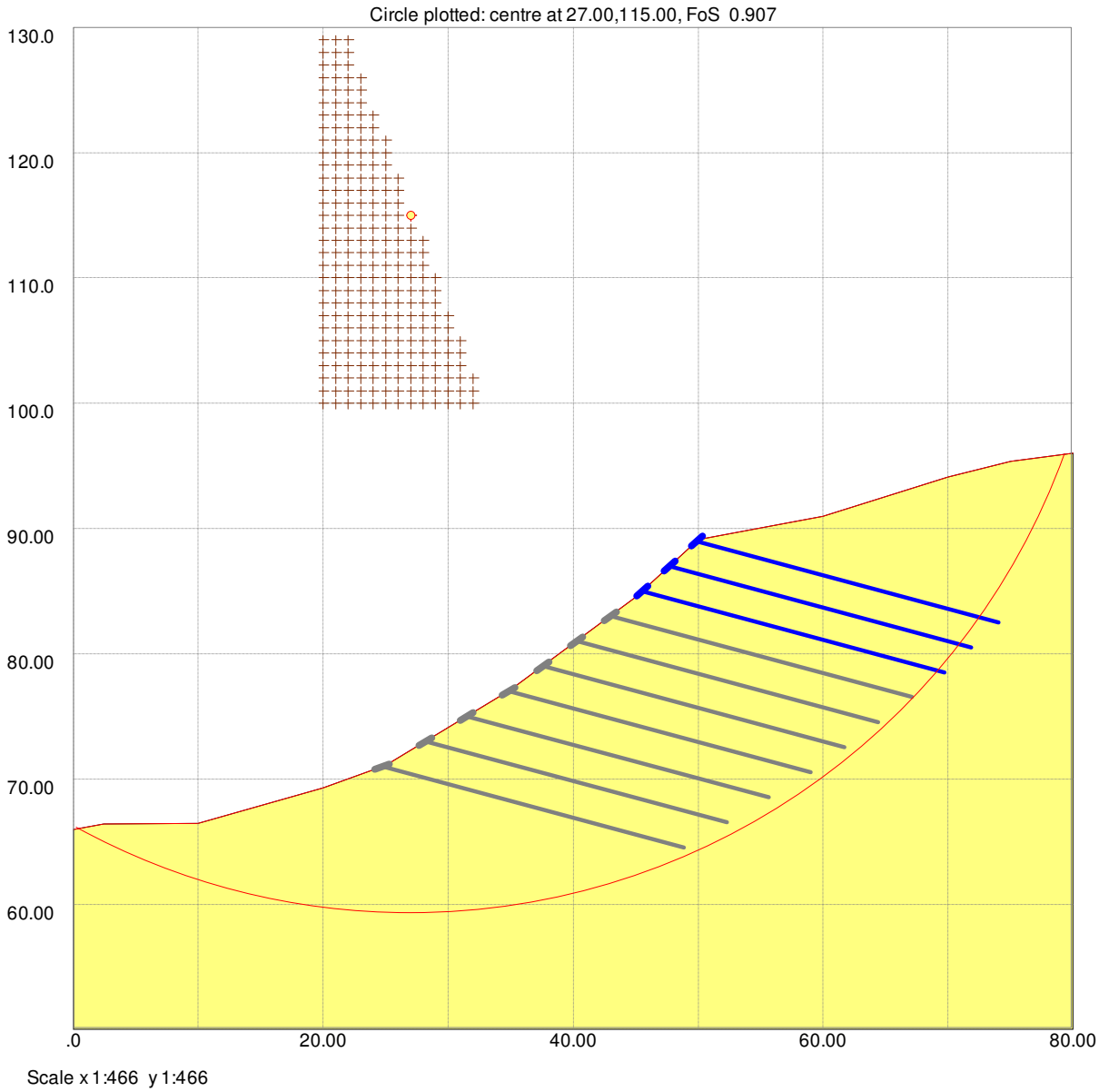
Tablo 5.5 Zemin çivisi özellikleri

Zemin çivisi Özellikleri	3.1 Analizi	3.2 Analizi
Toplam zemin çivisi boyu	25m	30m
Zemin çivisi çapı	30cm	30cm
Zemin çivisi çekme kapasitesi	300 kN	300 kN
Zemin çivisi eğimi	15º	15º
Zemin çivileri arası yatay mesafe	1m	1m
Zemin çivileri arası düşey mesafe	2m	2m

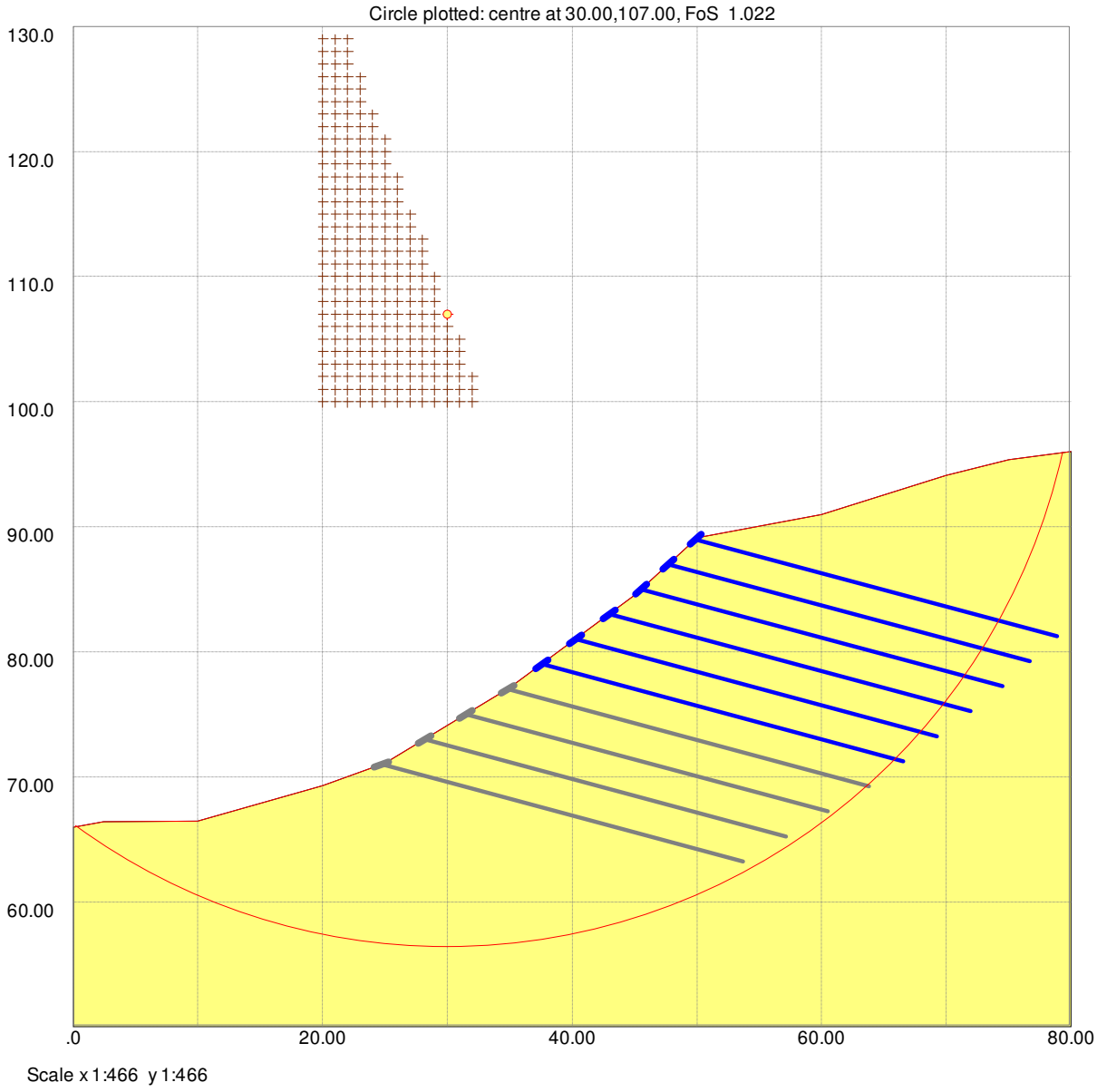
Analiz sonuçları ankrajlara benzemektedir. Yine çiviler kayma düzlemlerini zeminin içine ötelemekte ancak bu kayma düzlemlerinde yine güvensiz olmaktadır. Zemin çivilerinin hepsi yada büyük bölümü kayma zarfının içinde kalmakta, bu sebepten zemine kayma mukavemeti aktaramamakta, kısaca "çalışmamaktadır".

Tablo 5.6 Zemin çivisi analizinin sonuçları

Analiz	Ankraj boyu	Minimum G_S	Açıklamalar
3.1	25m	0,907	Zemin çivisi uygulaması (25m), kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve zemin çivileri kayma düzlemleri içinde kalıyor.
3.2	30m	1.022	Zemin çivisi uygulaması (30m), kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve zemin çivileri kayma düzlemleri içinde kalıyor.



Şekil 5.16 Analiz 3.1 – Zemin çivisi uygulamasında stabilite tahkiki



Şekil 5.17 Analiz 3.2 - Zemin çivisi uygulamasında zemin çivisi boylarının uzatılarak stabilite tahkikinin yenilenmesi

5.4.4 Analiz 4 - Dolgu Uygulaması

Zemin çivisi ve ankraj uygulaması şevin stabilizasyonunu sağlayamamakta, ancak stabilizasyonun sağlanması için önemli ipuçları vermektedir. Analizler şevin stabilizasyonunun sağlanmasında asıl sorunun toptan göçme olduğunu göstermektedir. Bu sonuçtan hareketle, şev önüne ve topuk bölgesine dolgu yapılmasının daha geçerli ve ekonomik bir çözüm olacağı düşünülmüştür. Seçilen dolgu malzemelerinin özellikleri aşağıdaki gibidir:

Tablo 5.7 Dolgu malzemesinin kayma mukavemeti parametreleri

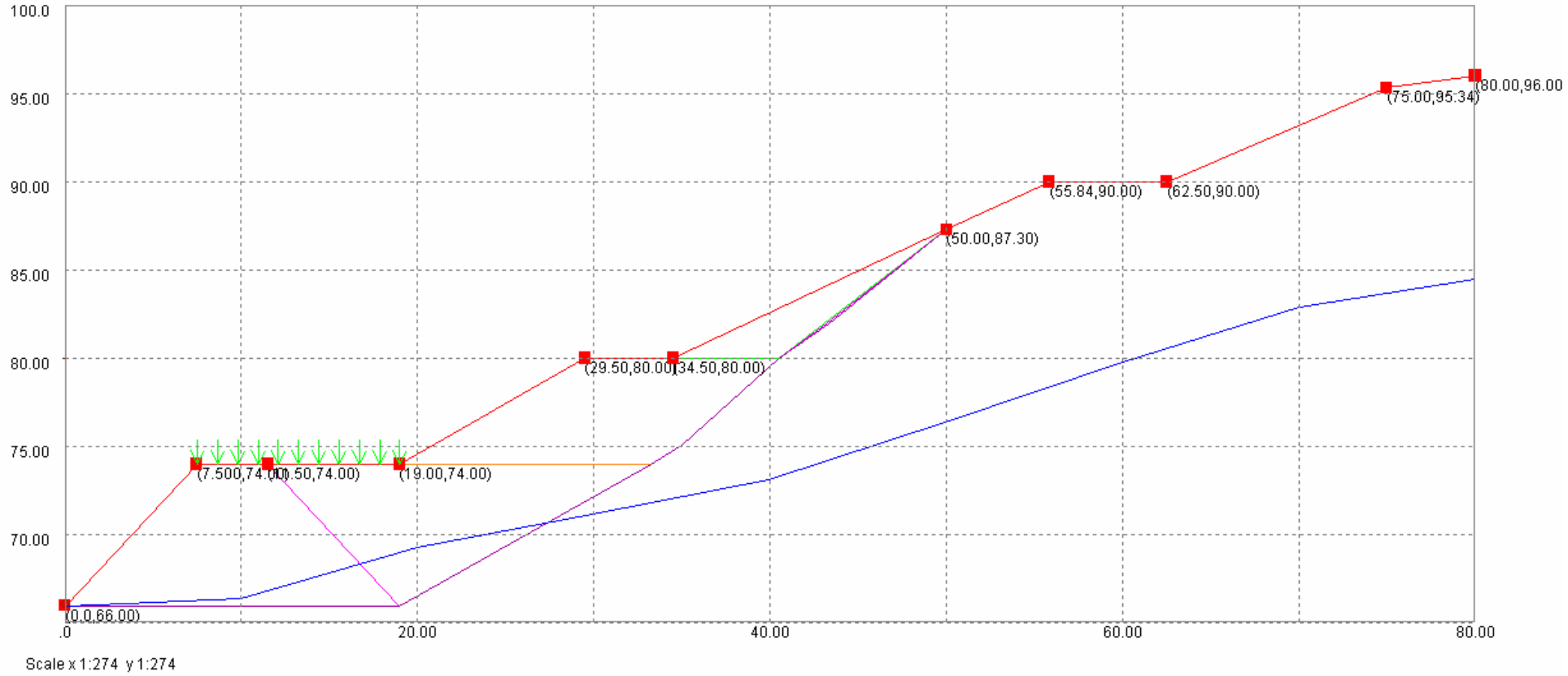
Malzeme	Kayma mukavemeti açısı (ϕ)	Kohezyon (c)	Doğal birim hacim ağırlık (γ)
Ön Topuk	37,5º	0,0 kN/m^2	20,0 kN/m^3
Ön Dolgu	35,0º	0,0 kN/m^2	19,0 kN/m^3

Dolgu kademeli olarak inşa edilecektir. Öncelikle topuk bölgesi dolgusu yapılacak daha sonra kademeli olarak ön dolgu yapılacaktır. Malzeme serimi, sıkıştırma vs gibi işlemler söz konusu olacağından, topuk bölgesi üzerine iş makinalarından kaynaklanabilecek 20 kN/m^2'lik yayılı yük geleceği varsayılmıştır Dolgu yapılmasının amacı kayan kütlenin ağırlığını arttırarak kaymaya karşı direenen kuvvetleri ve dolayısıyla momentleri büyütmektir.

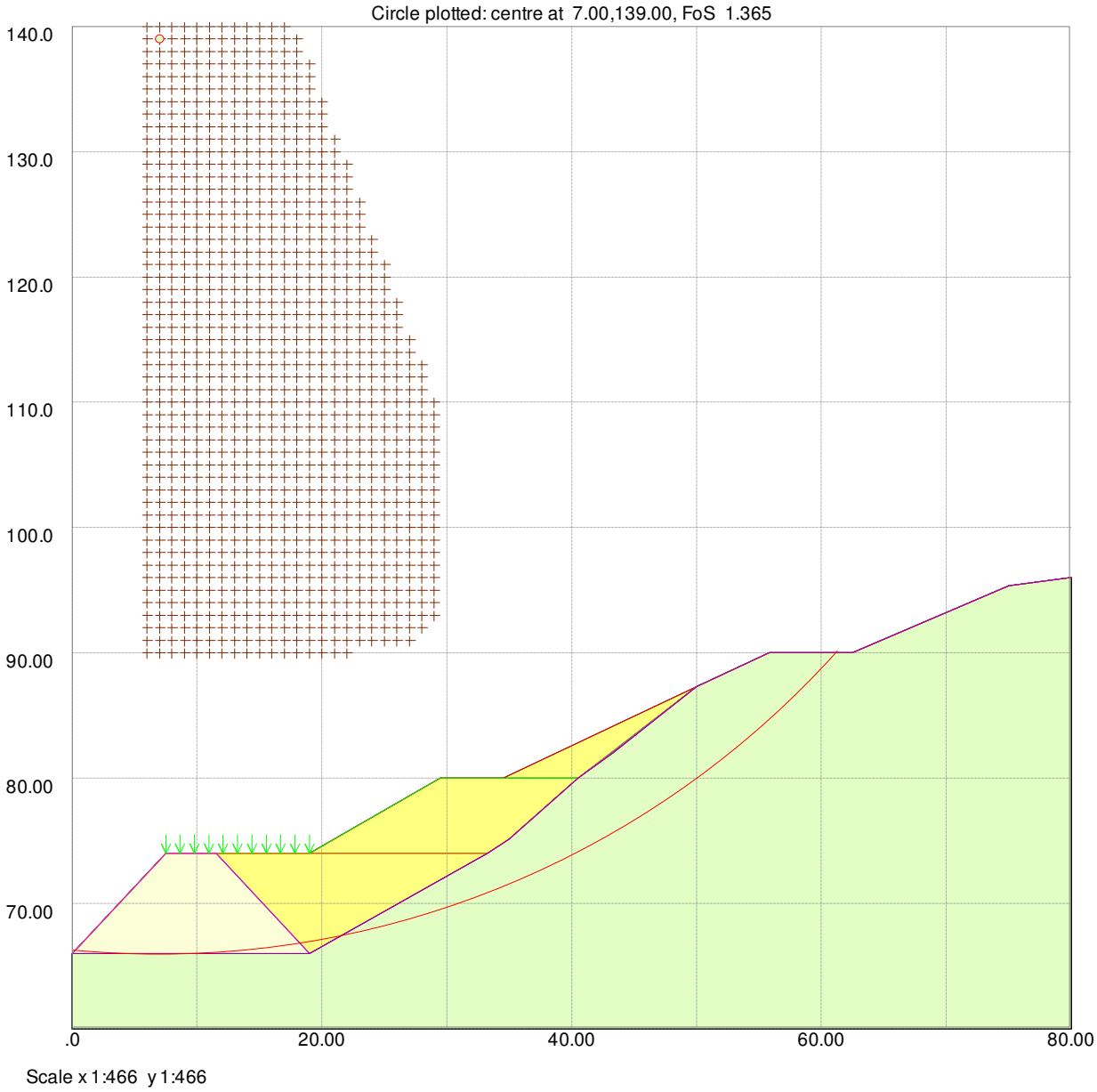
Şev önüne dolgu yapılarak şevin toptan göçmeye karşı güvenliği sağlanmıştır (Şekil 5.19) ancak bu sefer de dolgu kademelerinde stabilizasyon problemleri ortaya çıkmıştır (Şekil 5.20 ve Şekil 5.21).

Tablo 5.8 Dolgu uygulaması analizinin sonuçları

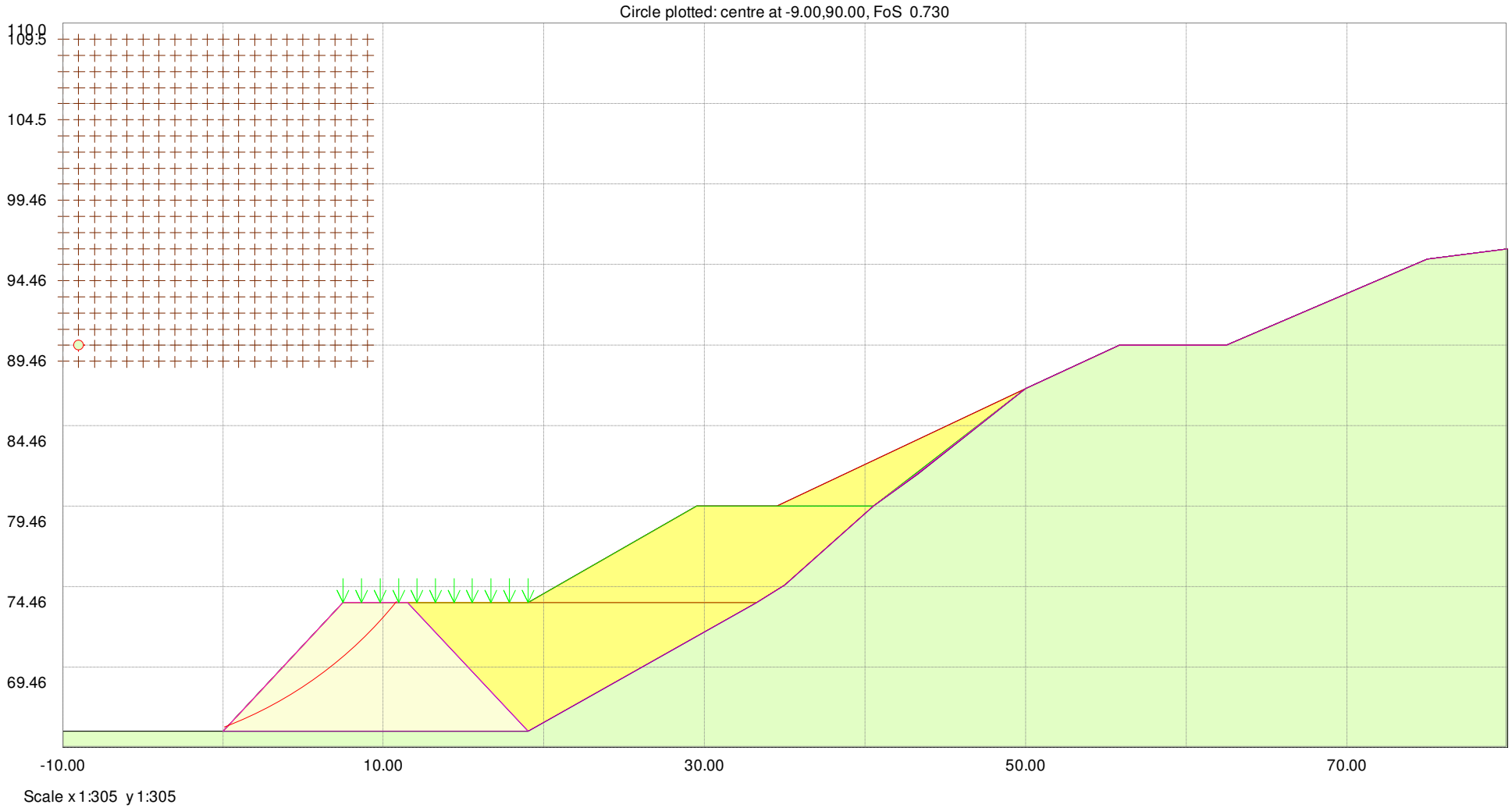
Analiz	Minimum G_S	Açıklamalar
4.1 – Toptan göçme	1,365	Şev önüne ve topuk bölgesine dolgu yapılması, toptan göçmeye karşı stabilite sağlanmış.
4.2 – 1. kademe	0,730	1. dolgu kademesi stabil değil.
4.3 – 2.kademe	1,065	2. dolgu kademesi stabil değil.



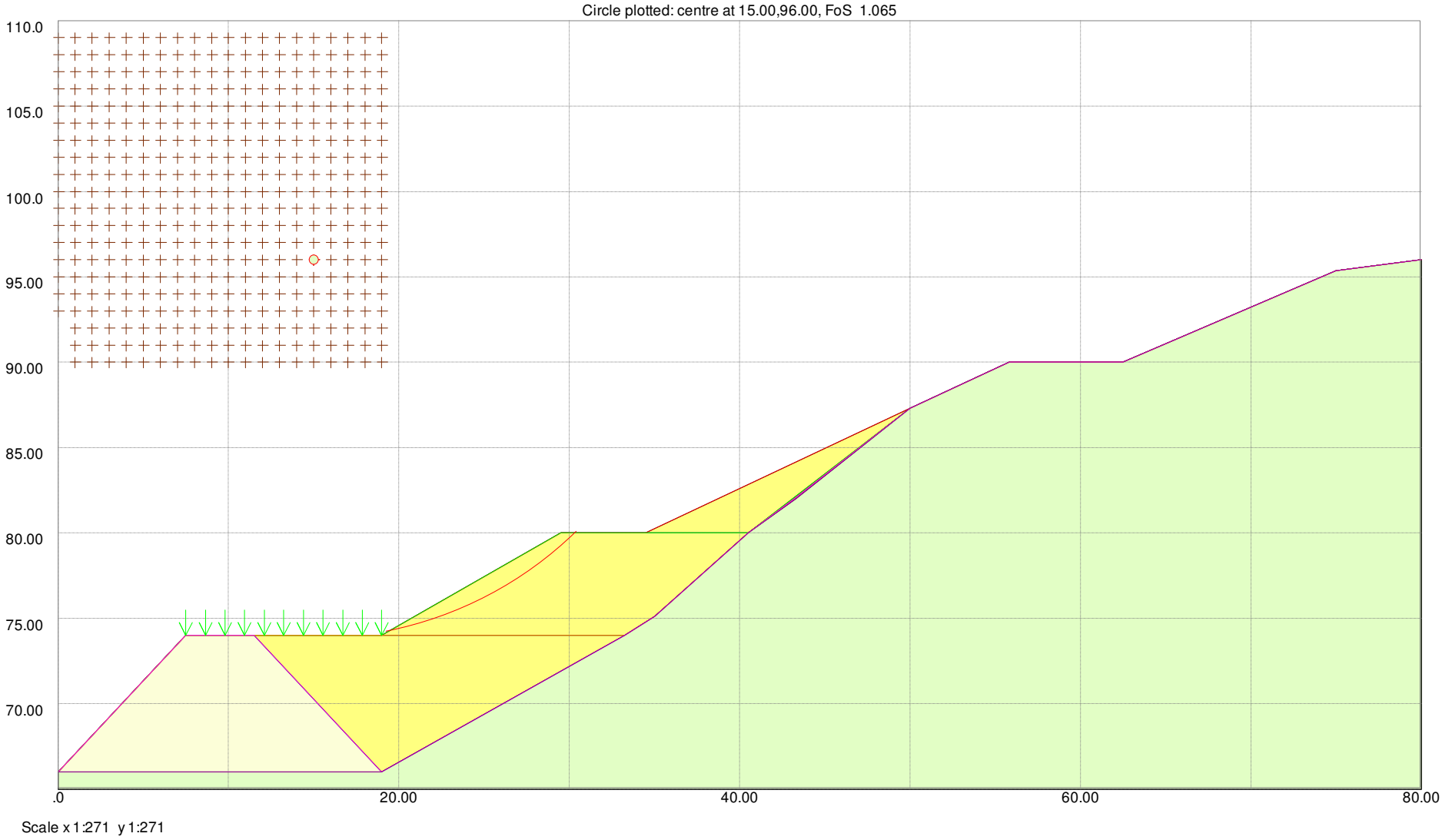
Şekil 5.18 Dolgu yapılması durumunda şev geometrisi



Şekil 5.19 Analiz 4.1 – Dolgu uygulamasında toptan göçme tahkiki



Şekil 5.20 Analiz 4 .2 - Dolgu uygulamasında 1. dolgu kademesinde stabilite tahkiki



Şekil 5.21 Analiz 4.3 - Dolgu uygulamasında 2. dolgu kademesinde stabilite tahkiki

5.4.5 Analiz 5 - Geosentetik Donatılı Dolgu Uygulaması

Şevin önüne yapılan topuk ve ön dolgunun şevin toptan göçmeye karşı stabilitesini sağladığı bir önceki analizlerle ispatlanmıştır. Ancak, kademeli olarak yapılan dolguların arazi sınırının yakınlığı sebebiyle dik şevli yapılması gerektiğinden dolgu kademelerindeki kayma düzlemlerinde stabilite sağlanamamıştır. Dolgunun stabilitesi şevin de stabilitesi demek olduğundan, bu dolgu kademelerininin donatılı olarak imal edilmesi gerekmektedir. Önceki bölümlerde detaylı olarak anlatılan avantajlarından dolayı geosentetik donatılar, dolgunun, dolayısıyla şevin stabilizasyonu için en geçerli çözüm olacaktır. Seçilen geosentetiklerin özellikleri aşağıdadır:

Tablo 5.9 Geosentetik malzemelerin özellikleri

Geosentetik	Geolon PP 100	Geolon PP 80
Toplam donatı boyu	19m	10m
Donatı çekme kapasitesi	100 kN/m	80 kN
En üst donatı kotu	73,5m	79,5m
Donatılar arası düşey mesafe	0,5m	1m
Donatı katmanı adedi	15	5

Geosentetik donatılarla oluşturulan dolgunun geometrisi Şekil 5.22'de görülmektedir.

Analizler bir önceki analizlerde dolgu kademelerinin güvensiz olduğu kritik kayma düzlemlerinde yapılmıştır. Analizler daha önc duraysız olan düzlemlerin geosentetik donatı uygulandığında büyük güvenlik katsayılarına ulaştığına işaret etmektedir. Daha sonraki analizler, donatıların tıpkı ankraj ve zemin çivisi uygulamalarında olduğu gibi potansiyel kayma düzlemlerini zeminin içine doğru ötelemektedir. Ancak diğer uygulamalardan farklı olarak bu seferki analizler şevin bu kayma düzlemlerinde de stabil olduğunu göstermektedir. Sonuçlar Tablo 5.10'da görülmektedir:

Tablo 5.10 Dolguda geosentetik donatı uygulaması analizinin sonuçları

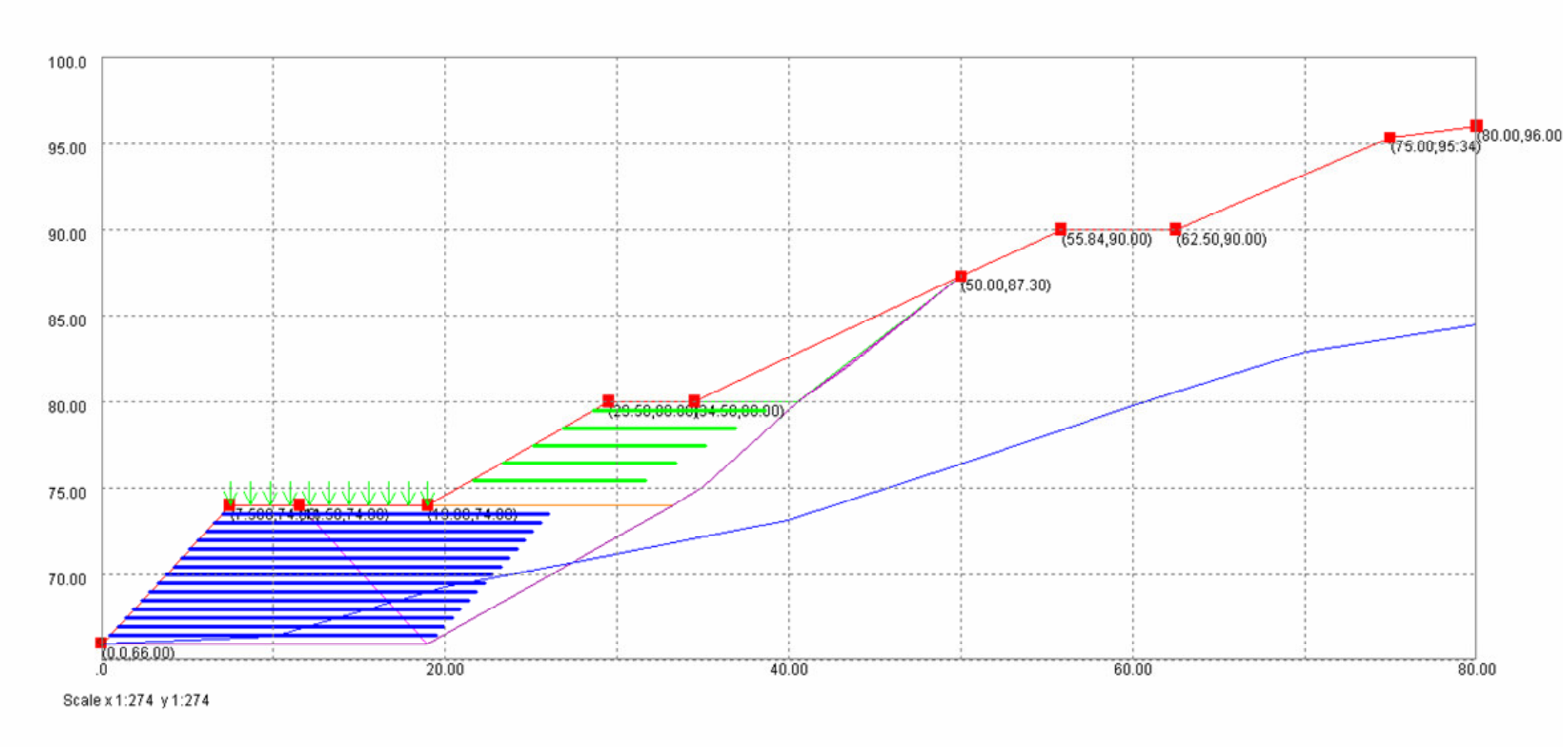
Analiz	Minimum G_S	Açıklamalar
5.1 1.kademe	3,391	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında 1. kademe dolgusunda Analiz 4.2'deki kayma düzleminde stabilite sağlanmış.
5.2 2.kademe	2,932	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında 2. kademe dolgusunda Analiz 4.3'deki kayma düzleminde stabilite sağlanmış.
5.3 1.kademe	1,456	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında 1. kademede kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve şev bu düzlemlerde yine stabil oluyor.
5.4 2.kademe	1,428	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında 2. kademede kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve şev bu düzlemlerde yine stabil oluyor.

Son olarak geosentetik donatılı dolgunun toptan göçme analizi yapılmıştır. Aslında sonuçların sadece dolgulu çözümden farklı olmayacağı açıktır, ama 0.15g yatay yer ivmesi ile yapılan psödo-statik analizlerinin neticesinde bulunan kesitin güvenlik katsayısını 1,0 yapan kritik yatay yer ivmesi araştırılmak istenmektedir. Şekil 5.27 ve Şekil 5.28'de bu kesitler görülmektedir. Sonuçlar ise Tablo 5.11'de özetlenmektedir:

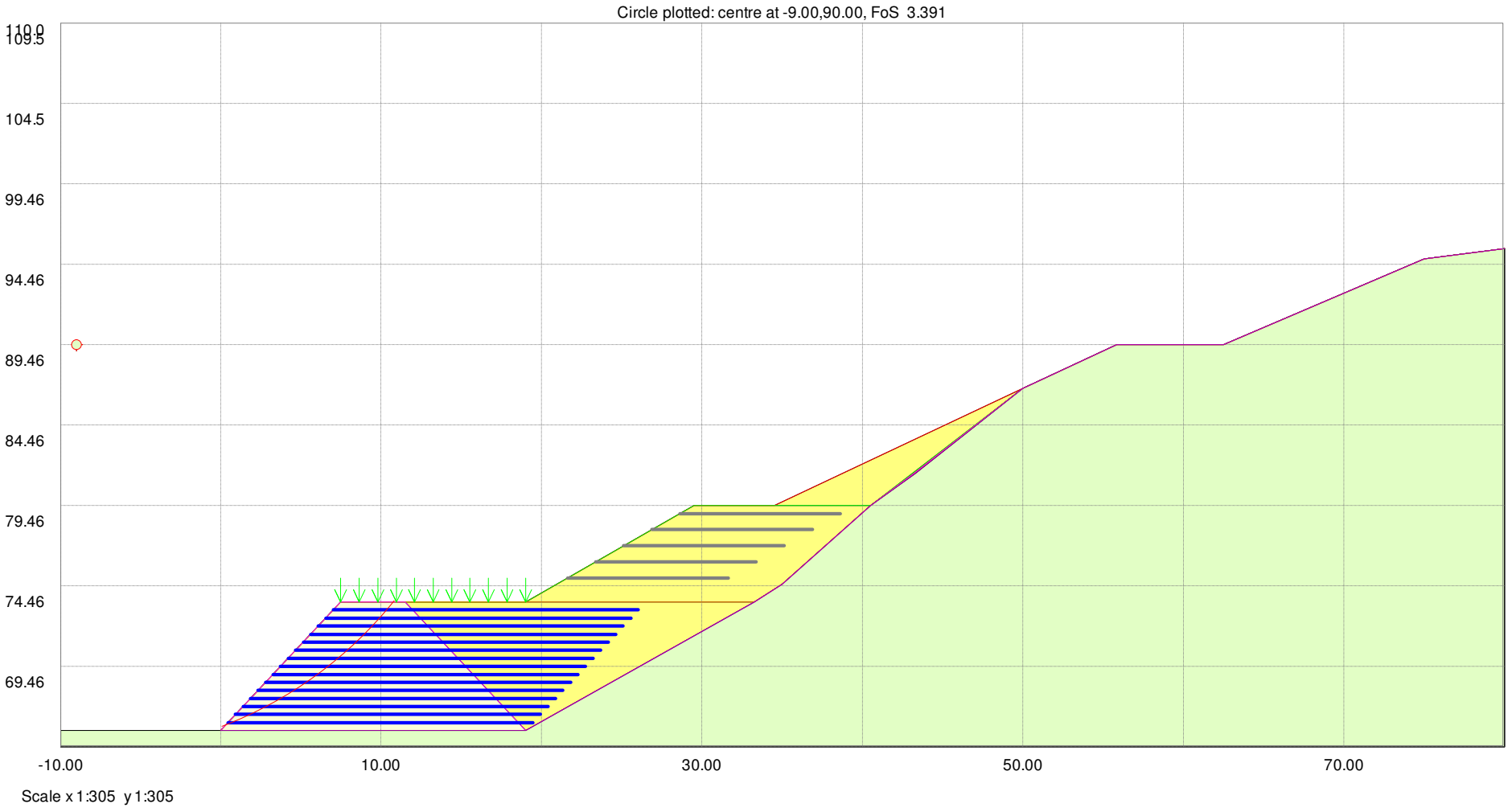
Tablo 5.11 Geosenteik donatılı dolguda toptan göçme analizleri ve kritik PGA

Analiz	G_S	k_h	Açıklamalar
5.5 – Toptan göçme	1,368	0,150g	Toptan göçmeye karşı stabilite sağlanmış.
5.6 – Toptan göçme (kritik PGA)	1,000	0,305g	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında şevi kritik hale getiren yatay zemin ivmesini bulmak için yapıldı

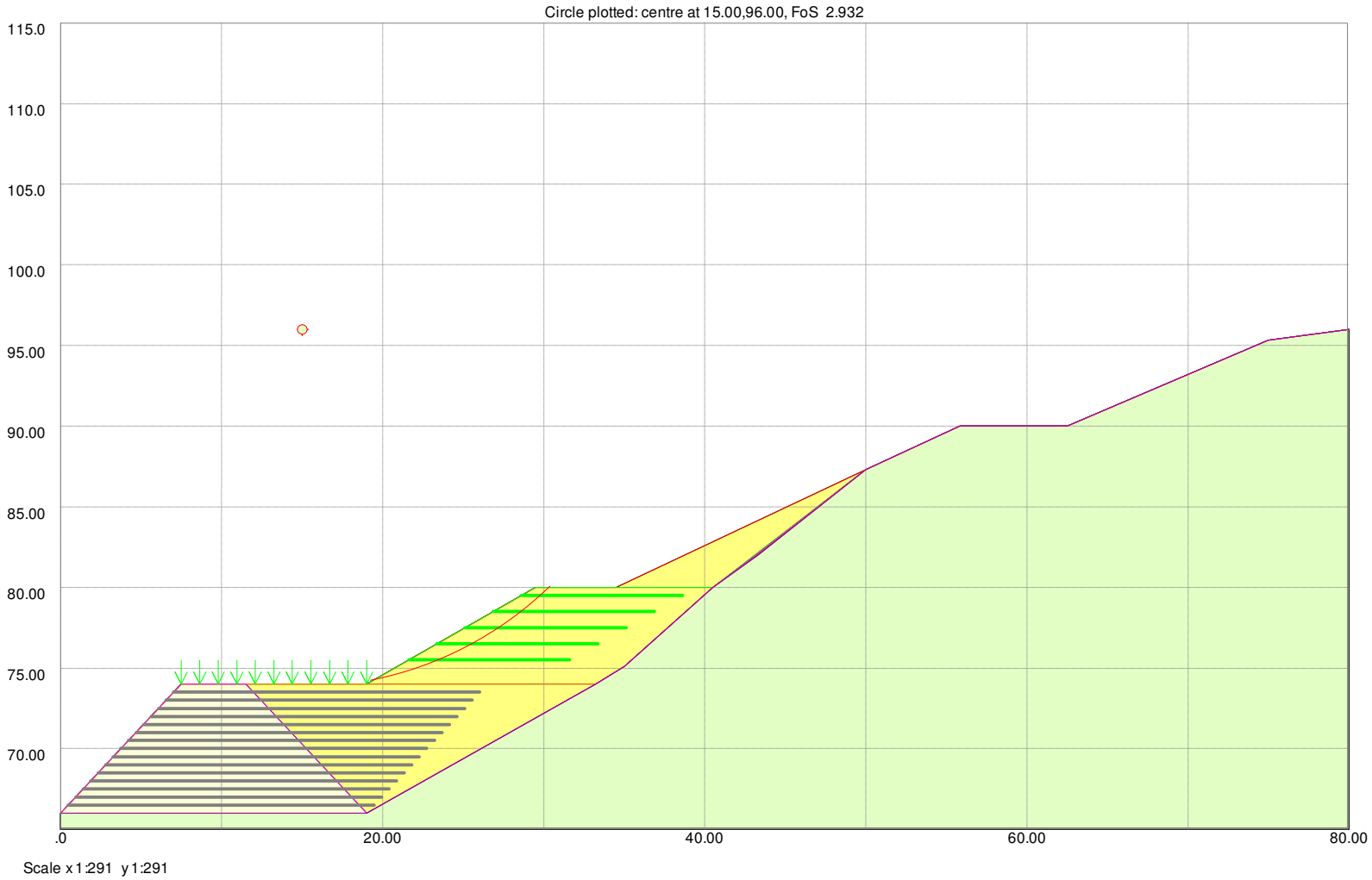
Analizi yapılan şevin güvenlik katsayısını 1,0 yapan kritik yatay yer ivmesi 0,305g olamktadır. 2.derece deprem bölgesinde bulunan şevde maksimum yer ivmesinin 0,2-0,3g arasında olacağı konuyla ilgili kurumlar tarafından açıklanmıştır. Tasarım son haliyle bölgede oluşacak yer hareketlerinde kısa süreli de olsa maksimum yer ivmesine ulaşılan zaman dilimlerinde dahi stabilitesi koruyacaktır.



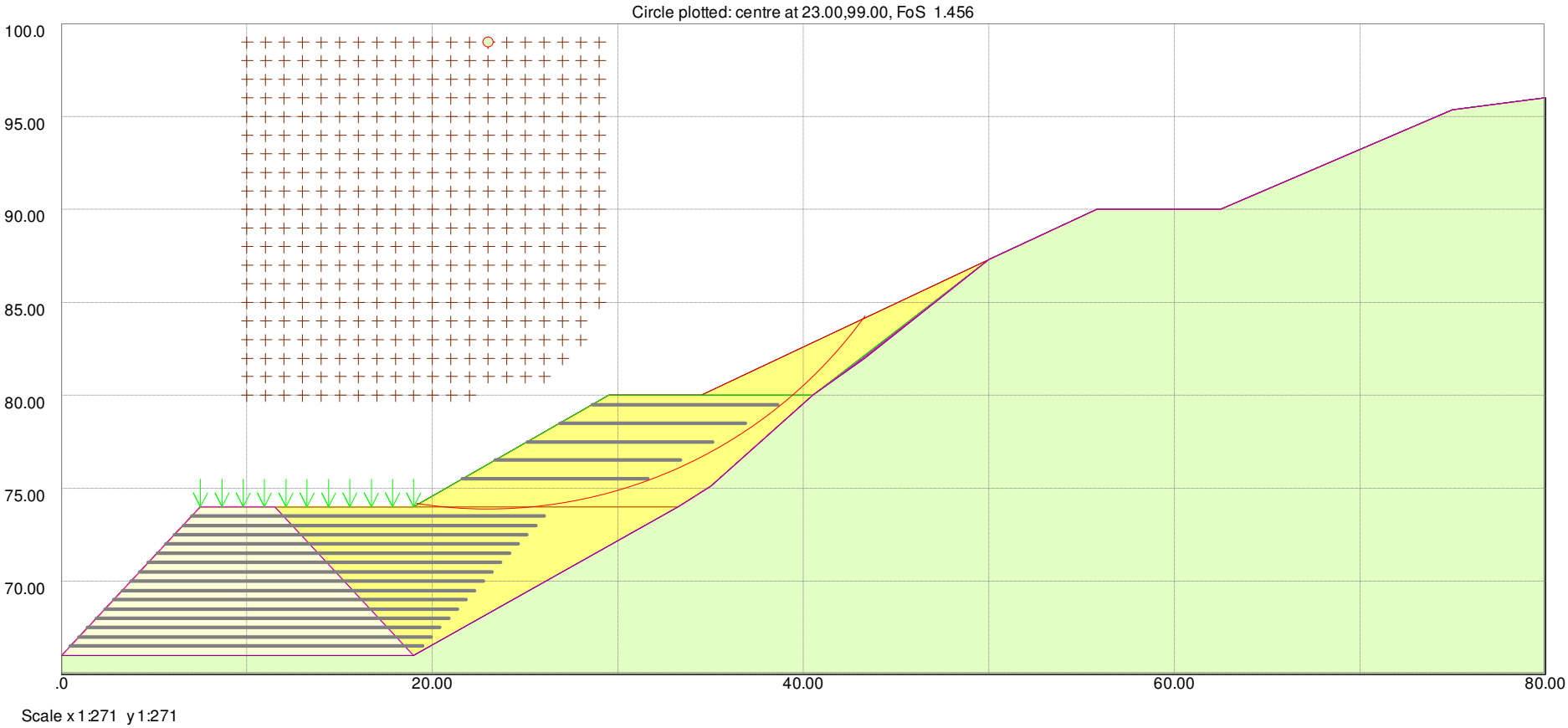
Şekil 5.22 Geosentetik donatılı dolgunun geometrisi



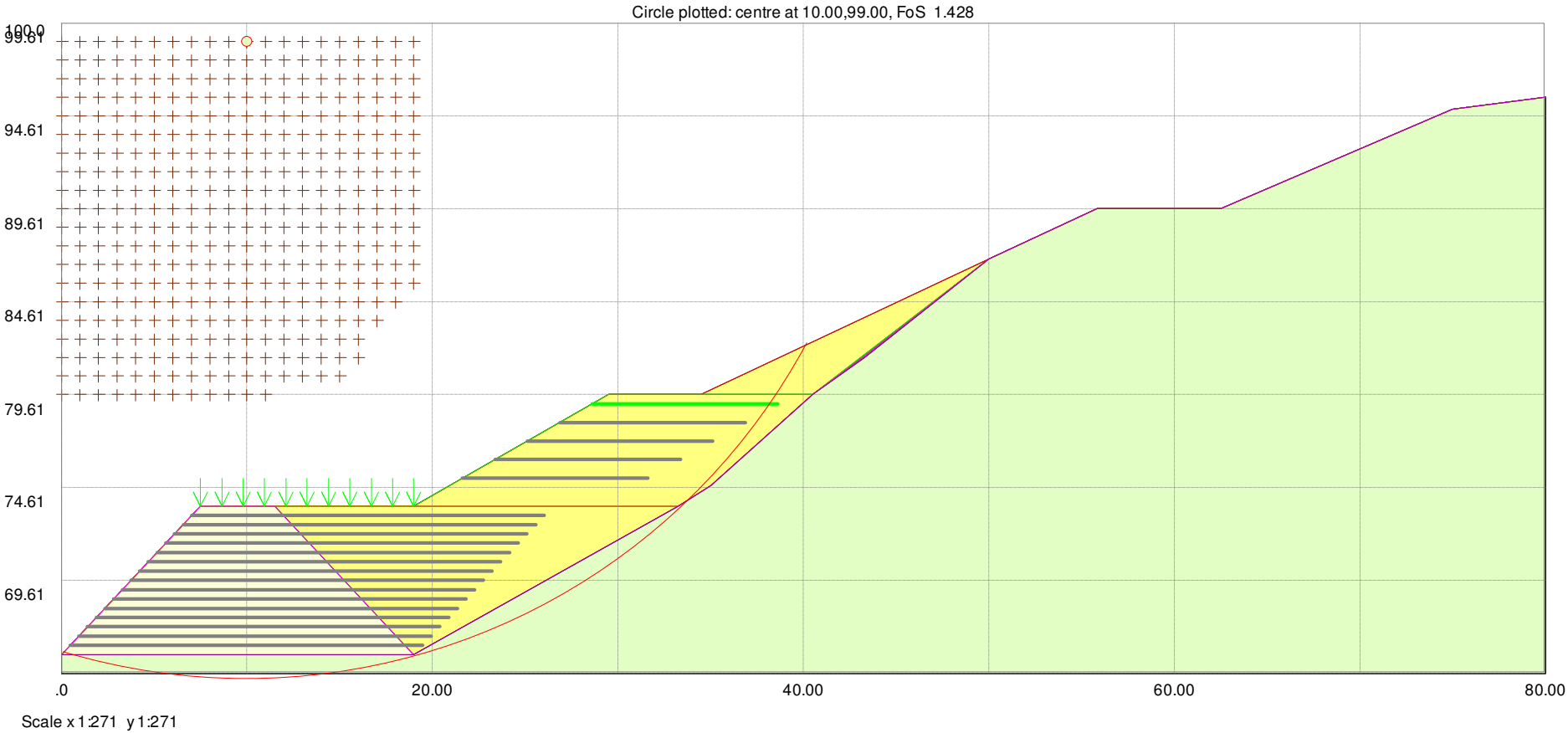
Şekil 5.23 Analiz 5.1 – Geosentetik donatılı dolgu ile Analiz 4.2'deki kayma düzlemi için stabilite tahkikinin yenilenmesi



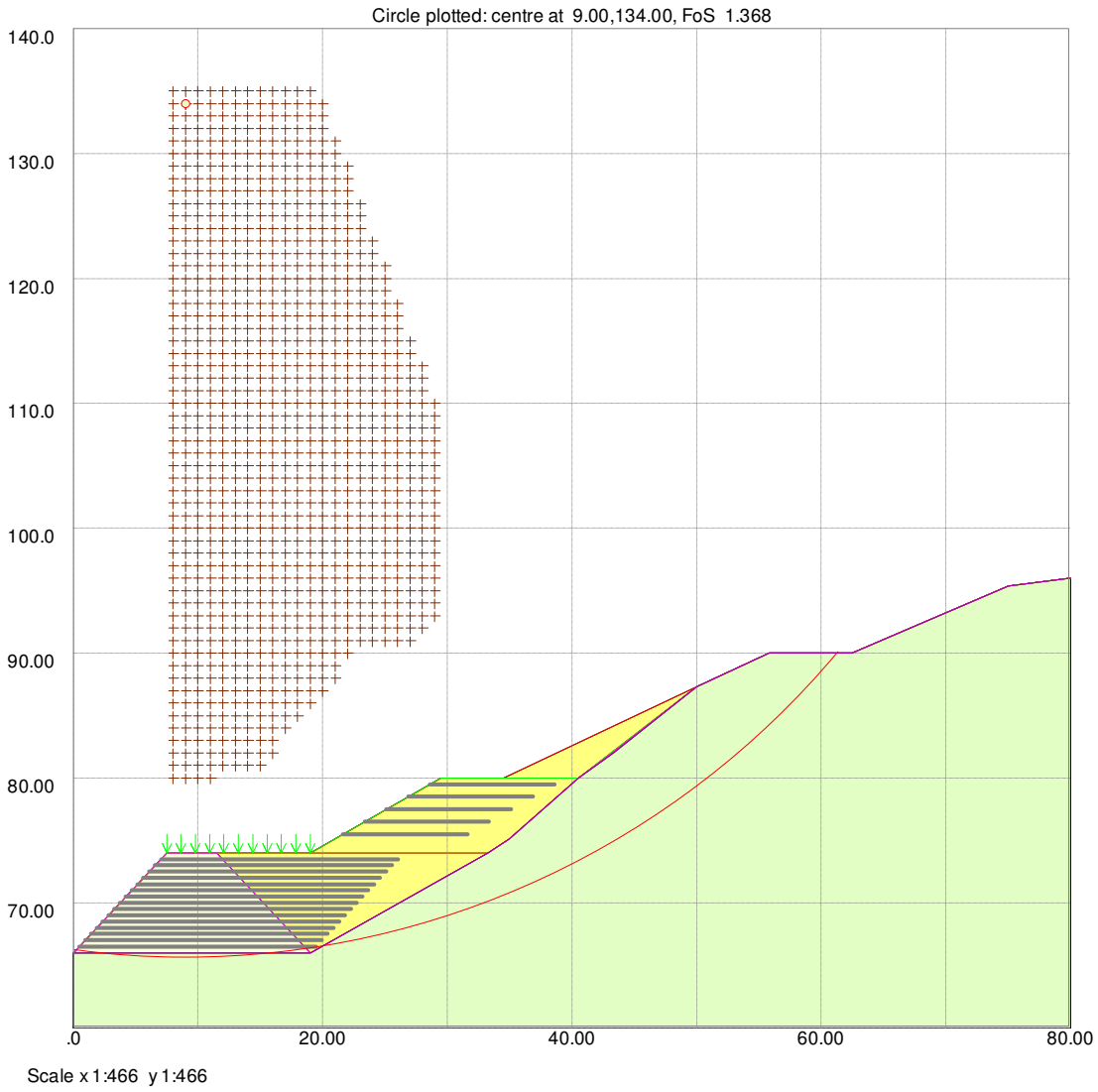
Şekil 5.24 Analiz 5.2 - Geosentetik donatılı dolgu ile Analiz 4.3'deki kayma düzlemi için stabilite tahkikinin yenilenmesi



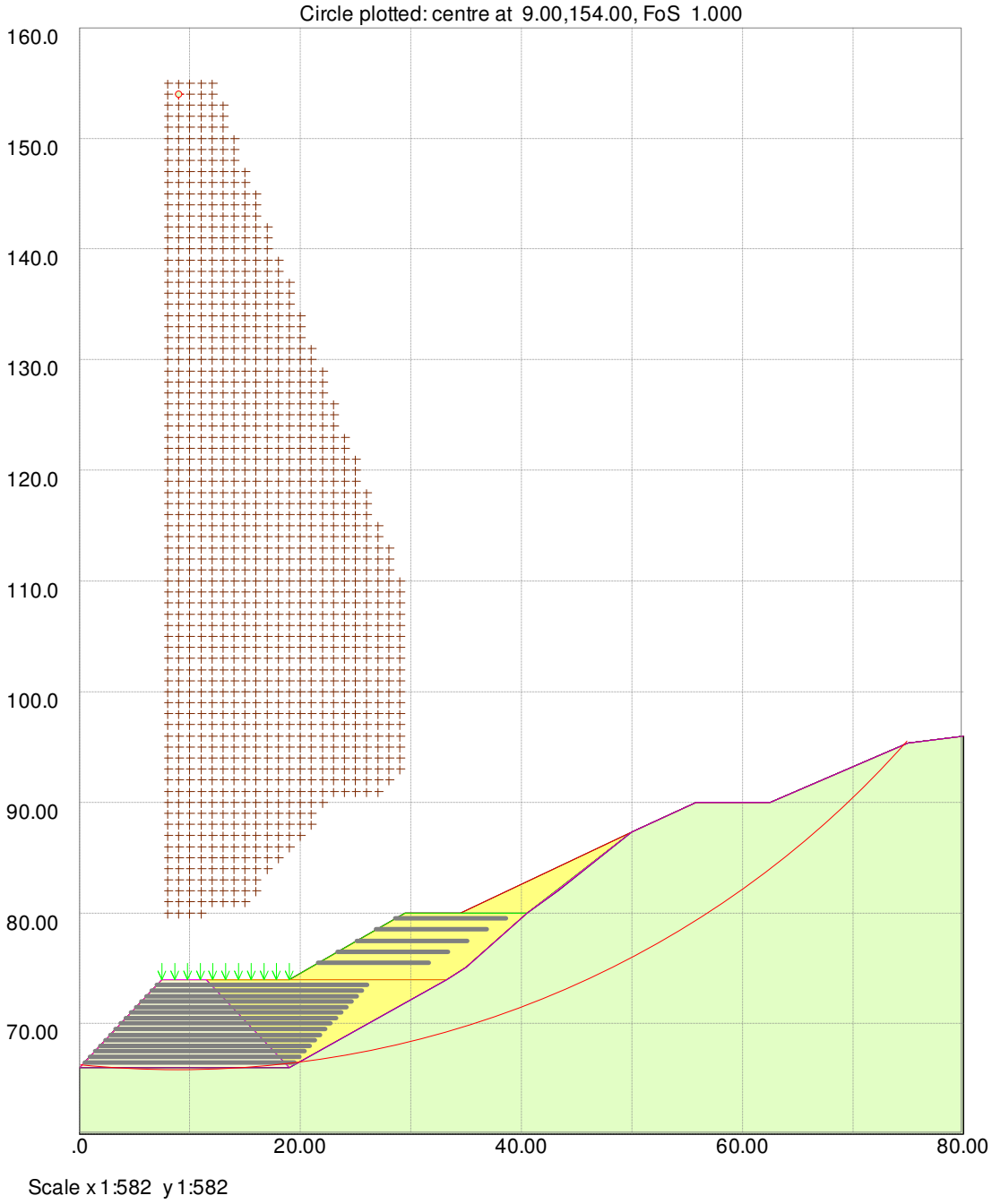
Şekil 5.25 Analiz 5.3 - Geosentetik donatılı dolgu ile 2. şev kademesinde stabilite tahkiki



Şekil 5.26 Analiz 5.4 - Geosentetik donatılı dolgu ile 1. şev kademesinde stabilite tahkiki



Şekil 5.27 Analiz 5.5 – Geosentetik donatılı dolgu uygulamasında toptan göçme tahkiki



Şekil 5.28 Analiz 5.6 – Geosentetik donatılı dolgu uygulamasında kritik PGA

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Geosentetik donatılı istinat duvarları uygulamaları hızla artmaktadır. Mevcut birçok çalışma ve gözlem bu tip istinat yapılarının geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha olumlu sonuçlar verdiği ifade etmektedir. Bu çalışmada geosentetik donatılı yapıların statik ve dinamik yükler etkisinde tasarım aşamaları incelenmiş ve geosentetik donatıların olumlu etkileri ve bu etkilerin nedenleri araştırılmıştır. Bu sebeple temsili bir şev yüzeyinde OASYS Slope programı kullanılarak psödo-statik şev analizi yapılmış, şevin güvenliğini sağlamak amacıyla yapılan, ankraj, zemin çivisi, ön dolgu ve geosentetik donatılı ön dolgu uygulamaları analiz edilmiştir.

Bu çalışmada yapılan tüm analizlerin sonuçları Tablo 6.1'de özetlenmektedir:

Tablo 6.1 Sonuçlar

Analiz	G_S	k_h	Açıklamalar
Analiz 1.1	0,590	0,15g	Mevcut zeminin en dik yüzeylerinde göçmeler oluşuyor.
Analiz 1.2	0,714	0,15g	Mevcut zeminin toptan göçmeye karşı güvenli olmadığı görülüyor.
Analiz 2.1	0,840	0,15g	Ankraj uygulaması (20m), şev güvenli değil, kayma düzlemleri ankrajların arkasında oluşuyor.
Analiz 2.2	0,914	0,15g	Ankraj uygulaması (25m), kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve ankrajlar kayma düzlemleri içinde kalıyor.
Analiz 2.3	1,054	0,15g	Ankraj uygulaması (30m), kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve ankrajlar kayma düzlemleri içinde kalıyor.
Analiz 3.1	0,907	0,15g	Zemin çivisi uygulaması (25m), kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve zemin çivileri kayma düzlemleri içinde kalıyor.
Analiz 3.2	1,022	0,15g	Zemin çivisi uygulaması (30m), kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve zemin çivileri kayma düzlemleri içinde kalıyor.
Analiz 4.1	1,365	0,15g	Şev önüne ve topuk bölgesine dolgu yapılması, toptan göçmeye karşı stabilite sağlanmış.
Analiz 4.2	0,730	0,15g	1. dolgu kademesi stabil değil.

Analiz 4.3	1,065	0,15g	2. dolgu kademesi stabil değil.
Analiz 5.1	3,391	0,15g	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında 1. kademe dolgusunda Analiz 4.2'deki kayma düzleminde stabilite sağlanmış.
Analiz 5.2	2,932	0,15g	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında 2. kademe dolgusunda Analiz 4.3'deki kayma düzleminde stabilite sağlanmış.
Analiz 5.3	1,456	0,15g	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında 1. kademede kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve şev bu düzlemlerde yine stabil oluyor.
Analiz 5.4	1,428	0,15g	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında 2. kademede kayma düzlemleri daha geride oluşuyor ve şev bu düzlemlerde yine stabil oluyor.
Analiz 5.5	1,368	0,15g	Toptan göçmeye karşı stabilite sağlanmış.
Analiz 5.6	1,000	0,305g	Geosentetik donatılı dolgu kullanıldığında şevi kritik hale getiren yatay zemin ivmesini bulmak için yapıldı

Ankraj ve zemin çivisi uygulamaları sonucunda şevde yeterli güvenlik sağlanamamıştır. Ankrajları ve çivileri kesen kayma düzlemlerinde güvenlik sayılarına artış gözlenmesine rağmen, toptan göçme analizlerinde yine gerekli güvenlik sayısı değerlerine ulaşılamamıştır. Ankraj ve çivilerinin kayma düzlemlerini zeminin içine ötelemesine rağmen bu düzlemlerde şev yine güvensiz olmaktadır. Bu durumu çözmek için ankraj veya zemin çivileri uzatılmalı ve taşıma kapasiteleri arttırılmalıdır. Ancak bu çözümün ekonomik olmaktan çıkacağı açıktır. Bu sebeple asıl sorunun toptan göçme olduğundan hareketle, şev önüne ve topuk bölgesine dolgu yapılmasının daha geçerli bir çözüm olacağı düşünülmüştür. Böylece kayan kütlenin ağırlığı arttırılmış ve toptan göçmeye karşı güvenlik sağlanmıştır. Ancak dolgu yapılması durumunda da topuk ve ön dolgu kademelerinde kayma düzlemleri oluşmuştur. Topuk ve ön dolgu kademelerine geosentetik katmanlar serilerek bu kayma düzlemlerinde de gerekli güvenlik sağlanmıştır. Analizi yapılan şevin güvenlik katsayısını 1,0 yapan kritik yatay yer ivmesi 0,305g olamktadır. 2.derece deprem bölgesinde bulunan şevde maksimum yer ivmesinin 0,2-0,3g arasında olacağı konuyla ilgili kurumlar tarafından açıklanmıştır. Tasarım son haliyle bölgede oluşacak yer hareketlerinde kısa süreli de olsa maksimum yer ivmesine ulaşılan zaman dilimlerinde dahi şev muhtemelen stabilitesini koruyacaktır.

Geosentetik donatı kullanılarak granüler dolgu malzemesiyle teknik şartnamelere uygun olarak inşa edilen istinat duvarlarını deprem yükleri altında iyi bir performans sergilemektedir. Söz konusu istinat duvarları dinamik yükler altında ağır hasara uğramadan monolitik olarak yanal deplasman yapmaktadır. Bu davranış yapının

deprem sonrası işlevselliğini sürdürmesi bakımından önemlidir. Bu sonuç gerekli analizler yapılarak desteklenmelidir. Çünkü depremden kaynaklanan şev yerdeğiştirmeleri yenilme ivmesine karşı son derece duyarlıdır. Yenilme ivmesindeki küçük değişimler hesaplanan şev yerdeğiştirmelerinde büyük değişimlere neden olur. Ancak diğer tüm limit denge yöntemlerinde olduğu gibi psödo-statik analiz yöntemi de bir emniyet katsayısı verir fakat şev yenilmesi ile ilgili deformasyonlar hakkında herhangi bir bilgi vermez.

Psödo-statik yaklaşımın çok sayıda çekici özelliği vardır. Analiz nispeten basit ve uygulaması da kolaydır. Geoteknik mühendisleri tarafından rutin bir şekilde yapılan statik limit denge analizleri ile benzerliği gerçekten de bu yöntemdeki hesaplamaları anlamayı ve icra etmeyi son derece kolaylaştırmaktadır. Statik stabilite anlizleriyle elde edilene benzer, skaler bir emniyet katsayısı verir. Ancak; psödo-statik yaklaşımın doğruluk derecesinin, basit psödo-statik atalet kuvvetlerinin deprem sırasında ortaya çıkan gerçek dinamik atalet kuvvetlerini temsil etmedeki doğruluk derecesine bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Geosentetik donatılı istinat duvarlarının kullanımı hız ve estetik gibi unsurlar açısından da klasik yöntemlere göre elverişlidir. Her ne kadar bu avantajları maliyet analizlerinde değerlendirmek kolay olmasa da, birim fiyat analizleri sonucu geosentetik donatılı istinat duvarlarının klasik yapılara kıyasla çok daha ekonomik olduğu bilinmektedir. Yine bu durum maliyet analizi ile çalışma kapsamına alınmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] **Shukla, S. K.** 2002. Geosynthetics and Their Applications, Thomas Telford Publishing, London.

[2] **Koerner R. M.,** 1998. Designing with Geosynthetics, Prentice-Hall Inc, New Jersey.

[3] **Ingold , T.S. and Miller, K.S.**, 1998. Geotextiles Handbook, Thomas Telford Publishing, London.

[4] **Giroud, J.P.**, 1986. From Geotextiles To Geosynthetics: A Revolution in Geotechnical Engineering – 3rd International Conference on Geotextiles, Vienna.

[5] **Töremiş, E.İ.**, 2003. Geotekstiller ve Plaxis Sonlu elemanlar Programı, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] **Kesim, R.S.**, 1996. Donatılı Zemin Yapılarının Sistem Davranış Özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] **Tunç, A.,** 2002.Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, Ankara.

[8] **Arı, S**., 1998. Toprakarme Sistemi ve Türkiye'deki Uygulamaları, *İnşaat Mühendisliği Odası Teknik Dergi*, İstanbul.

[9] **Tezcan, S. S., Buket Z. S.**, 1999, Design of Reinforced Soil Retaining Wall Including Seismic Performance Principals, Türk Deprem Vakfı, İstanbul.

[10] **U.S. Department of Transportation**, 1998. Geosynthetic Desing and Construction Guidelines Participant Notebook, *Publication No: FHWA HI-95-038 National Highway Institute Course No:13213,* FHWA, Washington.

[11] **Emir A. S**., 2005. Donatılı Zemin İstinat Duvarlarının Statik ve Dinamik Yüklere Göre Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstiüsü, İstanbul.

[12] **Demirezen B**., 2005.Geosentetik Donatılı İstinat Duvarlarının Sismik Tasarımı Hakkında Bir İnceleme, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstiüsü, İstanbul.

[13] **NAVFAC,** 1982. Soil Mechanics, Design Manual 7.1, Naval Facilities Engineering Command of the Navy, Virginia

[14] **NAVFAC,** 1982. Foundations and Earth Structures, Design Manual 7.2, Naval Facilities Engineering Command of the Navy, Virginia

[15] **Steedman R, S, and Zeng, X**., 1990. The Seismic Response of Waterfront Retaining Walls, *ASCE specialty Conference on Design and Performance of Earth Retaining Structures*, Special Technical Publication 25, Cornell University, Ithaca, New York.

[16] http://www.co.sheboygan.wi.us/images/lc/Geotextile%20Fabric.jpg

[17] http://cerig.efpg.inpg.fr/tutoriel/non-tisse/images/geotextile-surface_5.jpg

[18] http://www.pioneer-fiberglass.com/images/Pic-Geogrid.jpg

[19] http://www.geoterra.ru/images/geotextiles/geogrid_1.jpg

[20] **Polyfelt**, 2004. Ürün Katoloğu

[21] **NCMA**, 1998. Design Manual for Segmental Walls.

[22] www_bestblock_com-media-new_media-KS_install_4_gif

[23] **Kramer, S.L.**, 1996. Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice-Hall Inc., New Jersey.

[24] **Kumbasar V., and Kip F.**, 1999. Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

[25] **OASYS Ltd.**, 2006. Oasys Slope Version:18.1 Manual, Londra

[26] **Choudhury, D.**, **Sitharam, T. G., and Subba Rao, K. S.** 2004. Seismic Design of Earth Retaining Structures and Foundations, Geotechnics and Earthquake Hazards, Vol. 87, No. 10, p.1417-1424.

[27] **Sakaguchi M.**, 1996. A Study of The Seismic Behavior of The Geosynthetic Walls in Japan, Geosynthetics International.

[28] **Yang G., Wang X., Peng L. V.,** 2000. Dynamic Stability Analysis of Geosyntheticly Reinforced Soil Retaining Wall Under Earthquake Loading Shijiazhuang Railway Institute, China

[29] **Erdik M. ,Alpay Biro Y., Onur T., Sesetyan K., Birgören G.,** 2000. *Assessment of Earthquake Hazard in Turkey and Neighboring Regions*, Kandilli Observatory and Eartquake Research Institute, İstanbul.

EKLER

EK A – OASYS SLOPE PROGRAM ÇIKTILARI

EK A.1 – Mevcut Durum

Analiz 1.1

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 400
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 300
Reinforcement: NOT ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight		Shear Strength Parameters		
		Above GWL	Below GWL	Condition	Phi or Phi0	c or c0'
		[kN/m3]	[kN/m3]		[°]	[kN/m²]
1	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	2.440	10.00	20.00	25.00	29.90	35.00
1	66.00	66.40	66.46	69.30	71.10	.	77.10
GWL 1	66.00	.	66.40	69.30	.	71.20	.

Stratum	X -->						
	39.90	45.00	49.90	50.00	60.00	70.00	75.00
1	.	84.50	.	89.10	91.00	94.09	95.34
GWL 1	73.10	.	76.40	.	79.80	82.90	.

Stratum	X -->	
	80.00	
1	96.00	
GWL 1	84.50	

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Dogal Zemin	Single	-

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 24.00 m y = 108.00 m
Initial radius of circle 20.00 m
Incremented by 1.00 m until all possible circles considered

RESULTS OF ANALYSIS

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
24.00	108.0	32.00		Weight too small			
24.00	108.0	33.00	463.1	0.5895	11460.	6753.	0.0
24.00	108.0	34.00	913.1	0.6407	22430.	14370.	0.0
24.00	108.0	35.00	1450.	0.6874	35440.	24360.	0.0
24.00	108.0	36.00	2063.	0.7291	50310.	36680.	0.0
24.00	108.0	37.00	2748.	0.7666	66980.	51350.	0.0
24.00	108.0	38.00	3511.	0.7795	85490.	66650.	0.0
24.00	108.0	39.00	4354.	0.7687	105800.	81330.	0.0
24.00	108.0	40.00	5275.	0.7571	127900.	96840.	0.0
24.00	108.0	41.00	6276.	0.7497	151800.	113800.	0.0
24.00	108.0	42.00	7352.	0.7462	177600.	132500.	0.0
24.00	108.0	43.00	8502.	0.7461	205200.	153100.	0.0
24.00	108.0	44.00	9723.	0.7491	234600.	175700.	0.0
24.00	108.0	45.00	11030.	0.7584	265800.	201600.	0.0
24.00	108.0	46.00	12420.	0.7711	298600.	230300.	0.0
24.00	108.0	47.00	13900.	0.7858	333000.	261700.	0.0
24.00	108.0	48.00	15450.	0.7997	369300.	295300.	0.0

WORST CASE

Centre at (24.00m,108.0m) Radius 33.00m
Iterations: 142 Horiz acceleration [%g]: 20.00
Net vertical force [kN/m]: 0.2787 Slip weight [kN/m] 463.1
Net horiz force [kN/m]: 0.3713 Disturbing moment [kNm/m]: 11460.
Restoring moment [kNm/m]: 6753.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 0.0
Factor of Safety: 0.5895

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]	u [kN/m²]	T	E	E(u)
1	34.19	76.61	-45.97	0.0	0.0	0.0
2	34.59	76.75	-46.55	0.7026	0.5188	0.0
3	35.00	76.89	-47.18	1.532	1.342	0.0
4	35.64	77.12	-48.30	3.144	3.330	0.0
5	36.27	77.37	-49.56	5.132	6.092	0.0
6	36.90	77.63	-50.96	7.431	9.388	0.0
7	37.52	77.90	-52.49	9.971	13.00	0.0
8	38.14	78.18	-54.17	12.68	16.75	0.0
9	38.75	78.48	-55.98	15.47	20.46	0.0
10	39.35	78.79	-57.93	18.28	23.98	0.0
11	39.95	79.11	-59.94	21.02	27.21	0.0
12	40.54	79.45	-61.34	23.62	30.05	0.0
13	41.13	79.79	-62.88	26.03	32.42	0.0
14	41.70	80.15	-64.56	28.16	34.28	0.0
15	42.27	80.52	-66.38	29.98	35.59	0.0
16	42.84	80.90	-68.35	31.44	36.34	0.0
17	43.39	81.30	-70.45	32.50	36.54	0.0
18	43.93	81.70	-72.70	33.14	36.21	0.0
19	44.47	82.12	-75.09	33.36	35.38	0.0
20	45.00	82.54	-77.61	33.15	34.12	0.0
21	45.50	82.96	-80.17	32.52	32.50	0.0
22	45.99	83.39	-82.85	31.45	30.49	0.0
23	46.47	83.83	-85.65	29.93	28.13	0.0
24	46.95	84.28	-88.58	27.99	25.48	0.0

25	47.41	84.74	-91.63	25.65	22.58	0.0
26	47.87	85.21	-94.81	22.94	19.51	0.0
27	48.31	85.69	-98.10	19.93	16.34	0.0
28	48.75	86.17	-101.5	16.66	13.13	0.0
29	49.18	86.67	-105.0	13.21	9.957	0.0
30	49.59	87.17	-108.7	9.659	6.897	0.0
31	50.00	87.68	-112.4	6.090	4.016	0.0
32	50.31	88.08	-115.4	3.565	2.099	0.0
33	50.62	88.49	-118.5	1.614	0.7145	0.0
34	50.92	88.91	-121.7	0.3090	-0.1144	0.0
35	51.21	89.33	-124.9	-0.2787	-0.3713	0.0

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	0.0	0.6249	0.0	0.4137	0.8709	0.5442	0.9232
2	0.0	0.6249	0.0	1.212	1.581	0.9878	1.676
3	0.0	0.6249	0.0	3.922	4.248	2.655	4.503
4	0.0	0.6249	0.0	6.595	6.523	4.076	6.914
5	0.0	0.6249	0.0	9.027	8.526	5.328	9.037
6	0.0	0.6249	0.0	11.22	10.26	6.413	10.88
7	0.0	0.6249	0.0	13.17	11.74	7.338	12.45
8	0.0	0.6249	0.0	14.89	12.97	8.106	13.75
9	0.0	0.6249	0.0	16.37	13.96	8.725	14.80
10	0.0	0.6249	0.0	17.62	14.72	9.199	15.60
11	0.0	0.6249	0.0	18.64	15.26	9.536	16.18
12	0.0	0.6249	0.0	19.44	15.59	9.743	16.53
13	0.0	0.6249	0.0	20.02	15.73	9.828	16.67
14	0.0	0.6249	0.0	20.39	15.68	9.800	16.62
15	0.0	0.6249	0.0	20.55	15.47	9.666	16.40
16	0.0	0.6249	0.0	20.52	15.10	9.436	16.01
17	0.0	0.6249	0.0	20.29	14.59	9.119	15.47
18	0.0	0.6249	0.0	19.88	13.96	8.723	14.80
19	0.0	0.6249	0.0	19.29	13.22	8.258	14.01
20	0.0	0.6249	0.0	18.25	12.17	7.607	12.90
21	0.0	0.6249	0.0	18.22	11.82	7.385	12.53
22	0.0	0.6249	0.0	18.01	11.35	7.094	12.03
23	0.0	0.6249	0.0	17.64	10.79	6.742	11.44
24	0.0	0.6249	0.0	17.12	10.14	6.339	10.75
25	0.0	0.6249	0.0	16.44	9.429	5.892	9.994
26	0.0	0.6249	0.0	15.63	8.658	5.410	9.177
27	0.0	0.6249	0.0	14.70	7.844	4.901	8.314
28	0.0	0.6249	0.0	13.64	6.999	4.374	7.419
29	0.0	0.6249	0.0	12.48	6.137	3.835	6.505
30	0.0	0.6249	0.0	11.22	5.269	3.292	5.585
31	0.0	0.6249	0.0	7.217	3.235	2.022	3.429
32	0.0	0.6249	0.0	5.091	2.168	1.355	2.298
33	0.0	0.6249	0.0	3.013	1.181	0.7383	1.252
34	0.0	0.6249	0.0	0.9880	0.2764	0.1727	0.2929

Analiz 1.2

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 400
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 300
Reinforcement: NOT ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0

Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight		Shear Strength Parameters		
		Above GWL	Below GWL	Condition	Phi or Phi0	c or c0'
		[kN/m3]	[kN/m3]		[°]	[kN/m²]
1	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	2.440	10.00	20.00	25.00	29.90	35.00
1	66.00	66.40	66.46	69.30	71.10	.	77.10
GWL 1	66.00	.	66.40	69.30	.	71.20	.
Stratum	**X -->**						
	39.90	45.00	49.90	50.00	60.00	70.00	75.00
1	.	84.50	.	89.10	91.00	94.09	95.34
GWL 1	73.10	.	76.40	.	79.80	82.90	.
Stratum	**X -->**						
	80.00						
1	96.00						
GWL 1	84.50						

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Dogal Zemin	Single	-

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 9.00 m y = 116.00 m
Initial radius of circle 30.00 m
Incremented by 1.00 m until all possible circles considered

RESULTS OF ANALYSIS

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
9.000	116.0	47.00		Weight too small			
9.000	116.0	48.00	466.0	0.7391	14730.	10880.	0.0
9.000	116.0	49.00	1191.	0.7106	36550.	25970.	0.0
9.000	116.0	50.00	2117.	0.7021	63010.	44240.	0.0

WORST CASE

Centre at (9.000m,116.0m)
Iterations: 124
Net vertical force [kN/m]: 0.4264
Net horiz force [kN/m]: 0.8866
Radius 50.00m
Horiz acceleration [%g]: 15.00
Slip weight [kN/m] 2117.
Disturbing moment [kNm/m]: 63010.
Restoring moment [kNm/m]: 44240.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 0.0
Factor of Safety: 0.7140

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure u [kN/m²]	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]		T	E	E(u)
1	2.674	66.40	-2.949	0.0	0.0	0.0
2	3.675	66.28	-1.374	2.701	4.170	0.0

3	4.678	66.19	0.0	4.825	9.538	0.0	
4	6.450	66.07	1.929	7.498	19.17	0.1861	
5	8.224	66.01	3.230	8.863	26.88	0.5215	
6	10.00	66.01	3.900	8.906	32.05	0.7605	
7	11.68	66.07	8.155	9.513	37.64	3.325	
8	13.36	66.19	11.84	10.69	44.56	7.004	
9	15.03	66.37	14.94	12.36	51.50	11.16	
10	16.70	66.60	17.46	14.42	57.39	15.24	
11	18.35	66.88	19.40	16.73	61.40	18.82	
12	20.00	67.23	20.75	19.10	62.96	21.53	
13	21.68	67.64	19.88	22.94	64.29	19.75	
14	23.35	68.10	18.39	27.79	66.45	16.92	
15	25.00	68.63	16.30	33.57	69.12	13.29	
16	26.66	69.22	13.56	40.94	74.05	9.198	
17	28.29	69.87	10.20	50.18	82.25	5.204	
18	29.90	70.58	6.223	60.93	92.95	1.937	
19	30.95	71.07	3.244	68.62	101.1	0.5261	
20	31.98	71.60	0.0	76.63	110.2	0.0	
21	33.51	72.42	-5.325	87.83	121.9	0.0	
22	35.00	73.29	-11.23	96.88	129.0	0.0	
23	36.55	74.27	-18.11	103.7	131.7	0.0	
24	38.06	75.31	-25.63	107.3	129.4	0.0	
25	39.54	76.41	-33.77	107.2	122.7	0.0	
26	40.97	77.56	-41.02	103.5	112.1	0.0	
27	42.36	78.75	-48.43	96.30	98.52	0.0	
28	43.70	80.00	-56.49	86.10	83.12	0.0	
29	45.00	81.30	-65.18	73.68	67.00	0.0	
30	46.08	82.45	-73.15	61.55	53.08	0.0	
31	47.11	83.64	-81.57	48.23	39.32	0.0	
32	48.12	84.86	-90.44	34.43	26.39	0.0	
33	49.08	86.10	-99.75	20.93	14.88	0.0	
34	50.00	87.38	-109.5	8.609	5.350	0.0	
35	50.66	88.36	-117.0	1.985	0.6422	0.0	
36	51.30	89.35	-124.8	-0.4264	-0.8866	0.0	

Slice No.	**Strength Parameters**		**Pore Pressure**	**Slice Weight**	**Forces on base [kN/m]**		
	c' [kN/m²]	**Tan phi**	[kN/m²]	[kN/m]	**Normal**	**Shear (capacity)**	**Shear (mobilised)**
1	0.0	0.6249	0.0	1.162	4.347	2.716	3.869
2	0.0	0.6249	0.0	3.305	5.974	3.733	5.316
3	0.0	0.6249	0.9645	9.789	13.20	7.178	10.22
4	0.0	0.6249	2.579	13.24	14.92	6.463	9.205
5	0.0	0.6249	3.565	14.62	14.64	5.194	7.398
6	0.0	0.6249	6.027	20.45	20.72	6.615	9.421
7	0.0	0.6249	9.995	32.41	32.67	9.913	14.12
8	0.0	0.6249	13.39	42.50	42.56	12.52	17.84
9	0.0	0.6249	16.20	50.69	50.40	14.47	20.61
10	0.0	0.6249	18.43	56.95	56.25	15.78	22.47
11	0.0	0.6249	20.07	61.30	60.15	16.49	23.49
12	0.0	0.6249	20.31	67.63	66.72	19.71	28.07
13	0.0	0.6249	19.14	72.07	70.55	23.38	33.29
14	0.0	0.6249	17.35	74.39	72.19	26.33	37.51
15	0.0	0.6249	14.93	81.84	78.21	32.46	46.23
16	0.0	0.6249	11.88	91.83	85.81	40.56	57.77
17	0.0	0.6249	8.213	99.27	90.46	47.50	67.65
18	0.0	0.6249	4.734	68.42	60.86	34.60	49.28
19	0.0	0.6249	1.622	69.87	60.81	36.82	52.44
20	0.0	0.6249	0.0	105.3	89.47	55.91	79.62
21	0.0	0.6249	0.0	104.9	86.80	54.24	77.25
22	0.0	0.6249	0.0	111.5	89.61	56.00	79.75
23	0.0	0.6249	0.0	112.3	87.23	54.51	77.63
24	0.0	0.6249	0.0	110.4	82.78	51.73	73.67
25	0.0	0.6249	0.0	106.1	76.60	47.87	68.17
26	0.0	0.6249	0.0	99.63	69.04	43.14	61.45
27	0.0	0.6249	0.0	91.12	60.46	37.78	53.81
28	0.0	0.6249	0.0	80.84	51.20	31.99	45.57
29	0.0	0.6249	0.0	62.04	37.44	23.40	33.32
30	0.0	0.6249	0.0	56.15	32.24	20.15	28.70
31	0.0	0.6249	0.0	49.24	26.79	16.74	23.84
32	0.0	0.6249	0.0	41.46	21.25	13.28	18.91
33	0.0	0.6249	0.0	32.98	15.81	9.878	14.07
34	0.0	0.6249	0.0	15.89	7.130	4.455	6.345
35	0.0	0.6249	0.0	5.149	2.119	1.324	1.886

EK A.2 – Ankraj Uygulaması

Analiz 2.1

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 200
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 300
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture	Extrapolation of Test Data	Damage	Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	2.440	10.00	20.00	25.00	29.90	35.00
1	66.00	66.40	66.46	69.30	71.10	.	77.10
GWL 1	66.00	.	66.40	69.30	.	71.20	.
Stratum	**X -->**						
	39.90	45.00	49.90	50.00	60.00	70.00	75.00
1	.	84.50	.	89.10	91.00	94.09	95.34
GWL 1	73.10	.	76.40	.	79.80	82.90	.
Stratum	**X -->**						
	80.00						
1	96.00						
GWL 1	84.50						

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Dogal Zemin	Single	-

Reinforcement

Ground Anchor Ankraj

Layers	Level	Vertical	Length	Offset	Angle

of top layer	Spacing			from surface	from horiz
[m]	[m]	Top [m]	Btm [m]	[m]	[°]
10 89.00	2.000	20.00	20.00	0.0	15

Bond Length	Bond Strength	Prestress	Grout Diameter
	[kN/m]	[kN]	[mm]
7.000m	calc	300.0	300.0

Out of plane spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Material Partial Factor
[m]	[kN]	[kN]	
1.000	400.0	300.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 23.00 m y = 121.00 m
Initial radius of circle 40.00 m
Incremented by 1.00 m until all possible circles considered

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values
using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
23.00	121.0	42.00		Weight too small			
23.00	121.0	43.00		Weight too small			
23.00	121.0	44.00	*429.0*	6.490	12800.	*8883.*	*74180.*
23.00	121.0	45.00	*815.8*	4.527	24110.	*17790.*	*91340.*
23.00	121.0	46.00	*1292.*	3.648	38000.	*29470.*	*109200.*
23.00	121.0	47.00	*1860.*	3.154	54460.	*44210.*	*127600.*
23.00	121.0	48.00	*2512.*	2.617	73320.	*62030.*	*129800.*
23.00	121.0	49.00	*3245.*	2.453	94640.	*83020.*	*149100.*
23.00	121.0	50.00	*4057.*	2.187	118400.	*107200.*	*151700.*
23.00	121.0	51.00	*4955.*	2.097	144600.	*131500.*	*171800.*
23.00	121.0	52.00	*5943.*	1.894	173400.	*153600.*	*174800.*
23.00	121.0	53.00	*7022.*	1.754	204500.	*176700.*	*181900.*
23.00	121.0	54.00	*8186.*	1.655	237900.	*201500.*	*192300.*
23.00	121.0	55.00	*9432.*	1.523	273600.	*228300.*	*188400.*
23.00	121.0	56.00	*10750.*	1.395	311400.	*257200.*	*177000.*
23.00	121.0	57.00	*12160.*	1.182	351100.	*289700.*	*125200.*
23.00	121.0	58.00	*13680.*	0.9451	392800.	*325800.*	*45400.*
23.00	121.0	59.00	*15280.*	0.8416	436200.	*364800.*	*2266.*

WORST CASE

Centre at (23.00m,121.0m)
Iterations: 75
Net vertical force [kN/m]: 0.5818
Net horiz force [kN/m]: 1.296

Radius 59.00m
Horiz acceleration [%g]: 15.00
Slip weight [kN/m] 15280.
Disturbing moment [kNm/m]: 436200.
Restoring moment [kNm/m]: 364800.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 2266.
Factor of Safety: 0.8416

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates Point	x [m]	y [m]	Pore Pressure u [kN/m²]	Interslice forces [kN/m] T	E	E(u)
1	1.162	66.19	−1.440	0.0	0.0	0.0
2	1.493	66.06	0.0	13.77	23.15	0.0
3	2.440	65.70	3.994	51.52	91.57	0.7975
4	4.926	64.84	13.60	144.1	273.1	9.253
5	7.447	64.09	22.11	229.8	450.7	24.45

6	10.00	63.45	29.50	307.6	617.8	43.51
7	12.48	62.95	41.72	375.9	774.2	87.01
8	14.97	62.55	52.93	432.9	923.7	140.1
9	17.48	62.26	63.10	477.1	1060.	199.1
10	20.00	62.08	72.24	506.6	1176.	260.9
11	22.50	62.00	77.78	518.6	1272.	302.5
12	25.00	62.03	82.26	521.0	1356.	338.3
13	27.52	62.17	85.69	532.1	1445.	367.2
14	30.03	62.42	88.04	553.0	1538.	387.6
15	32.52	62.77	89.25	583.6	1627.	398.3
16	35.00	63.23	89.36	623.0	1707.	399.2
17	37.55	63.82	88.31	672.2	1775.	390.0
18	40.07	64.52	86.33	727.1	1824.	372.6
19	42.55	65.33	86.41	773.8	1843.	373.4
20	45.00	66.26	85.28	816.4	1828.	363.6
21	47.53	67.34	82.77	852.8	1775.	342.6
22	50.00	68.54	78.93	875.9	1682.	311.5
23	52.62	69.97	73.42	879.1	1537.	269.5
24	55.16	71.54	66.34	858.5	1356.	220.0
25	57.63	73.23	57.71	815.4	1154.	166.5
26	60.00	75.04	47.57	752.2	942.7	113.1
27	61.95	76.68	37.22	686.6	766.4	69.28
28	63.82	78.40	25.84	610.0	600.9	33.37
29	65.62	80.20	13.42	525.1	453.9	9.004
30	67.34	82.07	-76.29E-6	435.0	332.5	0.0
31	68.70	83.68	-11.85	358.2	248.8	0.0
32	70.00	85.33	-24.35	281.5	174.8	0.0
33	71.36	87.21	-40.89	201.3	107.0	0.0
34	72.65	89.13	-58.07	129.8	55.28	0.0
35	73.87	91.11	-75.87	70.57	20.05	0.0
36	75.00	93.13	-94.25	26.70	1.115	0.0
37	76.20	95.50	-116.1	-0.5818	-1.296	0.0

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	*0.0*	*0.6249*	0.0	*0.5664*	21.88	13.67	16.24
2	*0.0*	*0.6249*	1.997	*7.770*	67.34	40.82	48.50
3	*0.0*	*0.6249*	8.799	*52.54*	199.2	110.0	130.7
4	*0.0*	*0.6249*	17.86	*91.81*	224.7	111.1	132.0
5	*0.0*	*0.6249*	25.81	*126.6*	243.4	109.7	130.3
6	*0.0*	*0.6249*	35.61	*165.5*	265.3	109.6	130.2
7	*0.0*	*0.6249*	47.32	*220.2*	302.5	114.3	135.8
8	*0.0*	*0.6249*	58.02	*270.4*	332.8	116.4	138.3
9	*0.0*	*0.6249*	67.67	*315.8*	356.2	115.8	137.6
10	*0.0*	*0.6249*	75.01	*356.6*	372.8	115.8	137.6
11	*0.0*	*0.6249*	80.02	*399.3*	399.8	124.8	148.3
12	*0.0*	*0.6249*	83.98	*454.1*	455.8	152.5	181.3
13	*0.0*	*0.6249*	86.87	*513.6*	515.2	185.1	220.0
14	*0.0*	*0.6249*	88.64	*566.4*	566.7	214.5	254.8
15	*0.0*	*0.6249*	89.30	*612.3*	609.6	240.2	285.4
16	*0.0*	*0.6249*	88.84	*684.2*	676.1	277.3	329.5
17	*0.0*	*0.6249*	87.32	*733.8*	717.1	305.4	362.9
18	*0.0*	*0.6249*	86.37	*774.4*	738.7	320.4	380.8
19	*0.0*	*0.6249*	85.85	*805.9*	756.9	332.7	395.3
20	*0.0*	*0.6249*	84.03	*881.8*	812.8	363.5	431.9
21	*0.0*	*0.6249*	80.85	*916.2*	825.4	376.8	447.8
22	*0.0*	*0.6249*	76.17	*974.0*	856.6	393.1	467.1
23	*0.0*	*0.6249*	69.88	*898.3*	771.7	351.8	418.0
24	*0.0*	*0.6249*	62.02	*816.7*	683.0	311.0	369.6
25	*0.0*	*0.6249*	52.64	*730.5*	591.8	271.5	322.6
26	*0.0*	*0.6249*	42.39	*555.9*	435.0	204.5	243.0
27	*0.0*	*0.6249*	31.53	*497.5*	371.5	182.1	216.3
28	*0.0*	*0.6249*	19.63	*437.7*	307.0	160.6	190.9
29	*0.0*	*0.6249*	6.710	*377.3*	241.8	140.4	166.9
30	*0.0*	*0.6249*	0.0	*266.7*	156.1	97.56	115.9
31	*0.0*	*0.6249*	0.0	*226.0*	123.8	77.38	91.95
32	*0.0*	*0.6249*	0.0	*201.6*	101.8	63.60	75.57
33	*0.0*	*0.6249*	0.0	*153.2*	69.37	43.35	51.50
34	*0.0*	*0.6249*	0.0	*107.4*	41.48	25.92	30.80
35	*0.0*	*0.6249*	0.0	*64.69*	18.24	11.40	13.54
36	*0.0*	*0.6249*	0.0	*24.67*	-2.338	-1.461	-1.736

Reinforcement Results

Name	Level	Maximum	For this slip surface

		Possible Capacity	Actual Capacity	Governing Criterion	Applied Prestress	Additional Capacity
	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
Ground Anchor Ankraj	89.00	400.0	36.96	Pullout	14.64	22.31
Ground Anchor Ankraj	87.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	85.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	83.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	81.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	79.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	77.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	75.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	73.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	71.00	400.0	16.36	Pullout	4.855	11.51

Analiz 2.2

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 200
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 300
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture	Extrapolation of Test Data	Damage	Environment

SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight		Shear Strength Parameters		
		Above GWL	Below GWL	Condition	Phi or Phi0	c or c0'
		[kN/m3]	[kN/m3]		[°]	[kN/m²]
1	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	2.440	10.00	20.00	25.00	29.90	35.00
1	66.00	66.40	66.46	69.30	71.10	.	77.10
GWL 1	66.00	.	66.40	69.30	.	71.20	.
Stratum	**X -->**						
	39.90	45.00	49.90	50.00	60.00	70.00	75.00
1	.	84.50	.	89.10	91.00	94.09	95.34
GWL 1	73.10	.	76.40	.	79.80	82.90	.
Stratum	**X -->**						
	80.00						
1	96.00						
GWL 1	84.50						

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Dogal Zemin	Single	-

Reinforcement

Ground Anchor Ankraj

Layers	Level of top layer	Vertical Spacing	Length		Offset from surface	Angle from horiz
	[m]	[m]	Top [m]	Btm [m]	[m]	[°]
10	89.00	2.000	30.00	30.00	0.0	15

Bond Length	Bond Strength	Prestress	Grout Diameter
	[kN/m]	[kN]	[mm]
10.00m calc		300.0	300.0

Out of plane spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Material Partial Factor
[m]	[kN]	[kN]	
1.000	400.0	300.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 31.00 m y = 105.00 m
Initial radius of circle 30.00 m
Incremented by 1.00 m until all possible circles considered

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values
using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre		Radius	Slip Weight	Comment/ FoS	Disturbing Moment	Soil Strength Restoring Moment	Reinforcement Restoring Moment
x [m]	y [m]	[m]	[kN/m]		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]

31.00	105.0	30.00	*2042.*	2.676	37420.	*31880.*	*68240.*
31.00	105.0	31.00	*2656.*	2.551	48800.	*43680.*	*80790.*
31.00	105.0	32.00	*3335.*	2.286	61480.	*57600.*	*82970.*
31.00	105.0	33.00	*4076.*	2.252	75520.	*73780.*	*96300.*
31.00	105.0	34.00	*4880.*	2.063	90990.	*88820.*	*98870.*
31.00	105.0	35.00	*5748.*	2.012	107900.	*103700.*	*113400.*
31.00	105.0	36.00	*6687.*	1.864	126300.	*119500.*	*115900.*
31.00	105.0	37.00	*7694.*	1.745	146200.	*136500.*	*118700.*
31.00	105.0	38.00	*8768.*	1.648	167500.	*154800.*	*121400.*
31.00	105.0	39.00	*9912.*	1.569	190400.	*174800.*	*123900.*
31.00	105.0	40.00	*11120.*	1.505	214700.	*196600.*	*126400.*
31.00	105.0	41.00	*12400.*	1.490	240500.	*220400.*	*137900.*
31.00	105.0	42.00	*13740.*	1.451	267900.	*246200.*	*142600.*
31.00	105.0	43.00	*15150.*	1.396	296700.	*273900.*	*140300.*
31.00	105.0	44.00	*16620.*	1.345	327000.	*303900.*	*135800.*
31.00	105.0	45.00	*18160.*	1.300	358700.	*336800.*	*129500.*
31.00	105.0	46.00	*19770.*	1.262	391700.	*372500.*	*122000.*
31.00	105.0	47.00	*21450.*	1.178	426000.	*410900.*	*90890.*
31.00	105.0	48.00	*23200.*	1.099	461500.	*452000.*	*55070.*
31.00	105.0	49.00	*25020.*	1.066	498300.	*495400.*	*35630.*

WORST CASE

Centre at (31.00m,105.0m)
Radius 49.00m
Iterations: 42
Horiz acceleration [%g]: 15.00
Net vertical force [kN/m]: 0.4106
Slip weight [kN/m] 25020.
Net horiz force [kN/m]: 0.8103
Disturbing moment [kNm/m]: 498300.
Restoring moment [kNm/m]: 495400.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 35630.
Factor of Safety: 1.066

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]	u [kN/m²]	T	E	E(u)
1	1.100	66.18	−1.363	0.0	0.0	0.0
2	1.269	66.05	0.0	10.08	27.78	0.0
3	2.440	65.18	9.138	77.69	226.9	4.175
4	4.870	63.55	26.46	214.8	661.2	35.01
5	7.393	62.06	42.34	357.2	1122.	89.63
6	10.00	60.73	56.72	504.1	1591.	160.9
7	12.43	59.66	74.47	647.4	2033.	277.3
8	14.91	58.72	91.04	788.5	2472.	414.4
9	17.43	57.92	106.4	924.1	2895.	566.0
10	20.00	57.25	120.5	1050.	3285.	725.9
11	22.49	56.74	130.3	1150.	3618.	849.3
12	25.00	56.37	138.9	1230.	3912.	964.8
13	27.49	56.13	146.1	1285.	4162.	1068.
14	29.99	56.01	152.1	1312.	4375.	1156.
15	32.50	56.02	156.7	1314.	4546.	1228.
16	35.00	56.16	160.1	1339.	4696.	1281.
17	37.53	56.44	162.1	1386.	4819.	1314.
18	40.05	56.84	163.1	1452.	4905.	1329.
19	42.54	57.38	165.9	1520.	4936.	1377.
20	45.00	58.04	167.4	1592.	4906.	1401.
21	47.52	58.87	167.5	1664.	4806.	1402.
22	50.00	59.83	166.0	1725.	4633.	1378.
23	52.62	61.03	162.9	1767.	4362.	1326.
24	55.17	62.37	158.0	1778.	4017.	1248.
25	57.63	63.87	151.3	1755.	3614.	1145.
26	60.00	65.50	143.0	1698.	3170.	1022.
27	62.22	67.23	132.5	1615.	2713.	878.5
28	64.34	69.09	120.6	1500.	2251.	726.8
29	66.34	71.06	107.1	1358.	1798.	573.1
30	68.23	73.15	92.07	1194.	1371.	423.8
31	70.00	75.34	75.65	1014.	984.1	286.1
32	71.40	77.27	58.57	868.0	694.2	171.5
33	72.70	79.26	40.68	717.9	453.8	82.73
34	73.90	81.32	22.02	568.2	268.6	24.24
35	75.00	83.44	2.639	423.4	143.2	0.3481
36	75.14	83.72	0.0	404.7	131.2	0.0
37	76.19	86.06	−21.73	266.6	55.58	0.0
38	77.12	88.46	−44.19	156.0	10.24	0.0

39	77.93	90.90	-67.30	75.23		-10.02	0.0
40	78.60	93.38	-91.01	24.06		-11.45	0.0
41	79.15	95.89	-115.2	-0.4106		-0.8103	0.0

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	*0.0*	*0.6249*	0.0	*0.2457*	25.12	15.70	14.73
2	*0.0*	*0.6249*	4.569	*14.88*	186.1	112.1	105.2
3	*0.0*	*0.6249*	17.80	*91.85*	440.1	242.4	227.5
4	*0.0*	*0.6249*	34.40	*169.2*	515.2	259.0	243.0
5	*0.0*	*0.6249*	49.53	*243.8*	578.2	270.6	254.0
6	*0.0*	*0.6249*	65.59	*296.7*	599.0	265.6	249.3
7	*0.0*	*0.6249*	82.75	*381.4*	664.5	278.1	261.0
8	*0.0*	*0.6249*	98.72	*462.6*	719.1	285.8	268.2
9	*0.0*	*0.6249*	113.4	*539.1*	762.0	288.2	270.4
10	*0.0*	*0.6249*	125.4	*587.0*	757.0	274.0	257.1
11	*0.0*	*0.6249*	134.6	*654.7*	784.7	276.7	259.7
12	*0.0*	*0.6249*	142.5	*719.5*	805.5	280.3	263.0
13	*0.0*	*0.6249*	149.1	*799.7*	841.4	292.4	274.4
14	*0.0*	*0.6249*	154.4	*872.6*	873.3	304.0	285.3
15	*0.0*	*0.6249*	158.4	*937.1*	944.1	342.0	321.0
16	*0.0*	*0.6249*	161.1	*1019.*	1030.	387.1	363.3
17	*0.0*	*0.6249*	162.6	*1083.*	1095.	425.2	399.0
18	*0.0*	*0.6249*	164.5	*1136.*	1134.	447.0	419.4
19	*0.0*	*0.6249*	166.7	*1178.*	1168.	464.6	436.0
20	*0.0*	*0.6249*	167.4	*1270.*	1248.	501.6	470.7
21	*0.0*	*0.6249*	166.7	*1310.*	1269.	516.4	484.6
22	*0.0*	*0.6249*	164.4	*1402.*	1339.	540.6	507.4
23	*0.0*	*0.6249*	160.4	*1325.*	1250.	492.4	462.1
24	*0.0*	*0.6249*	154.7	*1239.*	1153.	442.0	414.8
25	*0.0*	*0.6249*	147.2	*1144.*	1049.	390.8	366.7
26	*0.0*	*0.6249*	137.8	*1025.*	929.3	338.5	317.6
27	*0.0*	*0.6249*	126.6	*934.0*	828.9	295.4	277.2
28	*0.0*	*0.6249*	113.8	*838.1*	725.4	253.2	237.6
29	*0.0*	*0.6249*	99.56	*739.5*	620.5	212.6	199.5
30	*0.0*	*0.6249*	83.86	*640.0*	515.4	174.6	163.8
31	*0.0*	*0.6249*	67.11	*464.1*	364.9	128.1	120.2
32	*0.0*	*0.6249*	49.62	*393.1*	284.7	104.0	97.61
33	*0.0*	*0.6249*	31.35	*325.2*	206.3	82.24	77.18
34	*0.0*	*0.6249*	12.33	*261.1*	130.1	62.95	59.08
35	*0.0*	*0.6249*	1.319	*30.28*	11.77	7.094	6.657
36	*0.0*	*0.6249*	0.0	*205.5*	68.54	42.83	40.19
37	*0.0*	*0.6249*	0.0	*142.8*	33.95	21.22	19.91
38	*0.0*	*0.6249*	0.0	*89.10*	9.146	5.715	5.363
39	*0.0*	*0.6249*	0.0	*45.34*	-6.721	-4.200	-3.941
40	*0.0*	*0.6249*	0.0	*12.26*	-14.78	-9.238	-8.670

Reinforcement Results

Name	Level	Maximum Possible Capacity	For this slip surface Actual Capacity	Governing Criterion	Applied Prestress	Additional Capacity
	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
Ground Anchor Ankraj	89.00	400.0	400.0	Tensile	136.7	263.3
Ground Anchor Ankraj	87.00	400.0	400.0	Tensile	107.8	292.2
Ground Anchor Ankraj	85.00	400.0	400.0	Tensile	83.17	316.8
Ground Anchor Ankraj	83.00	400.0	282.7	Pullout	52.63	230.0
Ground Anchor Ankraj	81.00	400.0	134.8	Pullout	24.07	110.7
Ground Anchor Ankraj	79.00	400.0	6.412	Pullout	1.100	5.313
Ground Anchor Ankraj	77.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	75.00	400.0	0.0	No intersection with slip	0.0	0.0

Ground Anchor Ankraj	73.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Ground Anchor Ankraj	71.00	400.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0

EK A.3 – Zemin Çivisi Uygulaması

Analiz 3.1

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 200
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 300
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture	Extrapolation of Test Data	Damage Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL	Unit Weight Below GWL	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0	c or c0'
		[kN/m3]	[kN/m3]		[°]	[kN/m²]
1	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	2.440	10.00	20.00	25.00	29.90	35.00
1	66.00	66.40	66.46	69.30	71.10	.	77.10
GWL 1	66.00	.	66.40	69.30	.	71.20	.
Stratum	**X -->**						
	39.90	45.00	49.90	50.00	60.00	70.00	75.00
1	.	84.50	.	89.10	91.00	94.09	95.34
GWL 1	73.10	.	76.40	.	79.80	82.90	.
Stratum	**X -->**						
	80.00						
1	96.00						

GWL 1 84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Dogal Zemin	Single	-

Reinforcement

Soil Nail Zemin civisi

Layers	Level of top layer [m]	Vertical Spacing [m]	Length Top [m]	Length Btm [m]	Offset from surface [m]	Angle from horiz [°]
10	89.00	2.000	25.00	25.00	0.0	15

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
100%	calc	0.0	300.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
1.000	300.0	0.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 27.00 m y = 115.00 m
Initial radius of circle 30.00 m
Incremented by 1.00 m until all possible circles considered

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
27.00	115.0	35.00		Weight too small			
27.00	115.0	36.00		Weight too small			
27.00	115.0	37.00	*479.4*	0.9404	11950.	*8426.*	*2812.*
27.00	115.0	38.00	*864.3*	1.101	21390.	*16080.*	*7473.*
27.00	115.0	39.00	*1330.*	1.257	32830.	*25990.*	*15260.*
27.00	115.0	40.00	*1878.*	1.411	46260.	*38400.*	*26880.*
27.00	115.0	41.00	*2503.*	1.546	61610.	*53390.*	*41890.*
27.00	115.0	42.00	*3204.*	1.584	78940.	*71050.*	*54030.*
27.00	115.0	43.00	*3978.*	1.580	98260.	*91450.*	*63810.*
27.00	115.0	44.00	*4823.*	1.563	119600.	*113500.*	*73440.*
27.00	115.0	45.00	*5744.*	1.507	142900.	*133000.*	*82260.*
27.00	115.0	46.00	*6746.*	1.430	168200.	*152900.*	*87570.*
27.00	115.0	47.00	*7825.*	1.364	195500.	*174000.*	*92630.*
27.00	115.0	48.00	*8982.*	1.288	224700.	*196800.*	*92630.*
27.00	115.0	49.00	*10220.*	1.228	255800.	*221600.*	*92630.*
27.00	115.0	50.00	*11520.*	1.181	288800.	*248500.*	*92630.*
27.00	115.0	51.00	*12890.*	1.144	323600.	*277400.*	*92630.*
27.00	115.0	52.00	*14340.*	1.116	360100.	*309200.*	*92630.*
27.00	115.0	53.00	*15870.*	1.097	398300.	*344400.*	*92630.*
27.00	115.0	54.00	*17480.*	1.035	437800.	*382500.*	*70550.*
27.00	115.0	55.00	*19170.*	0.9233	478900.	*423500.*	*18640.*

WORST CASE

Centre at (27.00m,115.0m) Radius 55.00m
Iterations: 58 Horiz acceleration [%g]: 15.00
Net vertical force [kN/m]: 0.5273 *Slip weight [kN/m] 19170.*
Net horiz force [kN/m]: 1.125 Disturbing moment [kNm/m]: 478900.
Restoring moment [kNm/m]: 423500.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 18640.
Factor of Safety: 0.907

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]	u [kN/m²]	T	E	E(u)
1	1.533	66.25	-1.900	0.0	0.0	0.0
2	1.874	66.07	0.0	17.70	35.50	0.0
3	2.440	65.79	3.095	46.25	95.88	0.4788
4	4.908	64.63	15.64	165.8	364.1	12.24
5	7.430	63.60	26.98	281.3	636.5	36.39
6	10.00	62.69	37.07	391.8	903.2	68.70
7	12.46	61.96	51.56	493.6	1156.	132.9
8	14.95	61.34	64.98	586.1	1404.	211.1
9	17.46	60.83	77.31	667.1	1638.	298.9
10	20.00	60.45	88.53	734.1	1848.	391.9
11	22.50	60.18	95.94	780.3	2028.	460.2
12	25.00	60.04	102.2	807.7	2183.	522.6
13	27.51	60.00	107.4	814.2	2317.	576.6
14	30.01	60.08	111.4	823.6	2448.	620.4
15	32.51	60.28	114.2	846.9	2575.	652.0
16	35.00	60.58	115.8	883.7	2688.	671.0
17	37.54	61.02	116.3	934.5	2787.	676.5
18	40.06	61.57	115.8	995.7	2861.	670.4
19	42.55	62.24	117.3	1052.	2895.	688.0
20	45.00	63.03	117.5	1108.	2887.	690.8
21	47.52	63.97	116.4	1160.	2829.	677.8
22	50.00	65.04	113.9	1200.	2721.	649.1
23	52.62	66.33	109.9	1221.	2543.	603.4
24	55.16	67.75	104.2	1216.	2313.	542.4
25	57.62	69.31	96.86	1184.	2044.	469.1
26	60.00	71.00	88.00	1126.	1751.	387.2
27	62.19	72.73	77.47	1051.	1460.	300.1
28	64.29	74.58	65.56	956.1	1172.	214.9
29	66.30	76.52	52.31	843.8	899.2	136.8
30	68.20	78.57	37.76	718.8	652.6	71.27
31	70.00	80.71	21.93	586.0	443.2	24.04
32	70.96	81.94	11.13	512.9	346.2	6.189
33	71.87	83.20	0.0	438.9	267.5	0.0
34	73.50	85.63	-21.72	304.2	153.0	0.0
35	75.00	88.15	-44.49	185.0	69.86	0.0
36	76.31	90.64	-67.30	93.35	20.05	0.0
37	77.49	93.20	-90.96	30.65	-2.147	0.0
38	78.54	95.81	-115.4	-0.5273	-1.125	0.0

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	*0.0*	*0.6249*	0.0	*0.7313*	32.75	20.47	22.17
2	*0.0*	*0.6249*	1.547	*4.423*	56.99	35.00	37.91
3	*0.0*	*0.6249*	9.369	*54.77*	275.2	156.0	168.9
4	*0.0*	*0.6249*	21.31	*108.0*	316.2	161.3	174.7
5	*0.0*	*0.6249*	32.02	*157.1*	348.8	163.4	177.0
6	*0.0*	*0.6249*	44.31	*203.9*	374.3	162.8	176.4
7	*0.0*	*0.6249*	58.27	*270.1*	421.6	170.0	184.1
8	*0.0*	*0.6249*	71.15	*332.2*	460.8	173.9	188.3
9	*0.0*	*0.6249*	82.92	*389.5*	491.7	174.3	188.8
10	*0.0*	*0.6249*	92.23	*435.5*	504.7	170.8	185.0
11	*0.0*	*0.6249*	99.09	*488.3*	528.3	174.8	189.3
12	*0.0*	*0.6249*	104.8	*548.7*	558.1	184.5	199.9
13	*0.0*	*0.6249*	109.4	*617.2*	619.1	215.5	233.4
14	*0.0*	*0.6249*	112.8	*678.7*	682.2	249.6	270.3
15	*0.0*	*0.6249*	115.0	*732.9*	736.4	280.0	303.2
16	*0.0*	*0.6249*	116.1	*810.1*	811.4	320.1	346.7
17	*0.0*	*0.6249*	116.1	*866.8*	862.7	352.2	381.4
18	*0.0*	*0.6249*	116.5	*914.1*	892.4	369.9	400.7
19	*0.0*	*0.6249*	117.4	*951.5*	918.1	384.6	416.6
20	*0.0*	*0.6249*	117.0	*1035.*	984.0	417.8	452.6
21	*0.0*	*0.6249*	115.2	*1074.*	1003.	432.5	468.4
22	*0.0*	*0.6249*	111.9	*1145.*	1048.	451.3	488.8
23	*0.0*	*0.6249*	107.0	*1073.*	965.1	408.1	442.0
24	*0.0*	*0.6249*	100.5	*992.8*	876.2	364.4	394.7

25	*0.0*	*0.6249*	92.43	*907.0*	783.3	321.1	347.8
26	*0.0*	*0.6249*	82.73	*789.7*	667.7	272.8	295.4
27	*0.0*	*0.6249*	71.51	*713.3*	584.0	240.0	260.0
28	*0.0*	*0.6249*	58.94	*633.9*	498.2	208.4	225.7
29	*0.0*	*0.6249*	45.03	*552.8*	411.2	178.3	193.2
30	*0.0*	*0.6249*	29.84	*471.3*	324.0	150.3	162.8
31	*0.0*	*0.6249*	16.53	*227.7*	144.3	74.06	80.22
32	*0.0*	*0.6249*	5.563	*202.0*	114.6	66.17	71.67
33	*0.0*	*0.6249*	0.0	*311.7*	154.8	96.73	104.8
34	*0.0*	*0.6249*	0.0	*228.8*	97.94	61.20	66.29
35	*0.0*	*0.6249*	0.0	*146.3*	50.13	31.32	33.93
36	*0.0*	*0.6249*	0.0	*80.32*	16.60	10.37	11.23
37	*0.0*	*0.6249*	0.0	*24.02*	-6.968	-4.354	-4.716

Reinforcement Results

Name	Level	Maximum Possible Capacity	For this slip surface Actual Capacity	Governing Criterion	Applied Prestress	Additional Capacity
	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
Soil Nail Zemin civisi	89.00	300.0	293.0	Pullout	0.0	293.0
Soil Nail Zemin civisi	87.00	300.0	231.0	Pullout	0.0	231.0
Soil Nail Zemin civisi	85.00	300.0	181.9	Pullout	0.0	181.9
Soil Nail Zemin civisi	83.00	300.0	100.2	Pullout	0.0	100.2
Soil Nail Zemin civisi	81.00	300.0	21.71	Pullout	0.0	21.71
Soil Nail Zemin civisi	79.00	300.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Soil Nail Zemin civisi	77.00	300.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Soil Nail Zemin civisi	75.00	300.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Soil Nail Zemin civisi	73.00	300.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Soil Nail Zemin civisi	71.00	300.0	6.590	Pullout	0.0	6.590

Analiz 3.2

General Parameters

```
Direction of slip:  DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 200
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00
```

Analysis Options

```
Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method:  Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations:  300
Reinforcement: ACTIVE
```

Method Partial Factors

```
Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
```

Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture of Test Data	Extrapolation	Damage Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00 1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X --> 0.0	2.440	10.00	20.00	25.00	29.90	35.00
1	66.00	66.40	66.46	69.30	71.10	.	77.10
GWL 1	66.00	.	66.40	69.30	.	71.20	.

Stratum	X --> 39.90	45.00	49.90	50.00	60.00	70.00	75.00
1	.	84.50	.	89.10	91.00	94.09	95.34
GWL 1	73.10	.	76.40	.	79.80	82.90	.

Stratum	X --> 80.00
1	96.00
GWL 1	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Dogal Zemin	Single	-

Reinforcement

Soil Nail Zemin civisi

Layers	Level of top layer [m]	Vertical Spacing [m]	Length Top [m]	Length Btm [m]	Offset from surface [m]	Angle from horiz [°]
10	89.00	2.000	30.00	30.00	0.0	15

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
100%	calc	0.0	300.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
1.000	300.0	0.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 30.00 m y = 107.00 m
Initial radius of circle 30.00 m
Incremented by 1.00 m until all possible circles considered

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values
using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
30.00	107.0	30.00	*948.5*	1.099	18710.	*13980.*	*6579.*
30.00	107.0	31.00	*1419.*	1.265	27960.	*22200.*	*13170.*
30.00	107.0	32.00	*1964.*	1.428	38690.	*32450.*	*22780.*
30.00	107.0	33.00	*2578.*	1.565	50840.	*44770.*	*34810.*
30.00	107.0	34.00	*3257.*	1.591	64410.	*59280.*	*43190.*
30.00	107.0	35.00	*4002.*	1.591	79460.	*76150.*	*50250.*
30.00	107.0	36.00	*4813.*	1.557	96060.	*92600.*	*56940.*
30.00	107.0	37.00	*5689.*	1.500	114200.	*108300.*	*63020.*
30.00	107.0	38.00	*6638.*	1.444	133900.	*124800.*	*68650.*
30.00	107.0	39.00	*7657.*	1.380	155200.	*142400.*	*71780.*
30.00	107.0	40.00	*8747.*	1.310	178100.	*161500.*	*71780.*
30.00	107.0	41.00	*9907.*	1.255	202500.	*182400.*	*71780.*
30.00	107.0	42.00	*11140.*	1.212	228500.	*205200.*	*71780.*
30.00	107.0	43.00	*12430.*	1.178	256100.	*229900.*	*71780.*
30.00	107.0	44.00	*13800.*	1.152	285200.	*256700.*	*71780.*
30.00	107.0	45.00	*15220.*	1.131	315900.	*285500.*	*71780.*
30.00	107.0	46.00	*16710.*	1.118	348000.	*317200.*	*71780.*
30.00	107.0	47.00	*18280.*	1.110	381600.	*351700.*	*71780.*
30.00	107.0	48.00	*19930.*	1.107	416400.	*389100.*	*71780.*
30.00	107.0	49.00	*21640.*	1.093	452500.	*429200.*	*65370.*
30.00	107.0	50.00	*23430.*	1.037	490000.	*471600.*	*36730.*

WORST CASE

Centre at (30.00m,107.0m)
Iterations: 45
Net vertical force [kN/m]: 0.4124
Net horiz force [kN/m]: 0.8231

Radius 50.00m
Horiz acceleration [%g]: 15.00
Slip weight [kN/m] 23430.
Disturbing moment [kNm/m]: 490000.
Restoring moment [kNm/m]: 471600.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 36730.
Factor of Safety: 1.022

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]	u [kN/m²]	T	E	E(u)
1	1.120	66.18	-1.389	0.0	0.0	0.0
2	1.307	66.05	0.0	10.91	27.85	0.0
3	2.440	65.28	8.163	74.90	202.4	3.331
4	4.880	63.77	24.27	208.6	595.0	29.45
5	7.403	62.40	38.98	345.0	1007.	75.99
6	10.00	61.17	52.26	482.9	1422.	136.5
7	12.43	60.19	69.19	615.9	1814.	239.3
8	14.92	59.33	84.97	744.4	2203.	361.0
9	17.44	58.60	99.55	865.5	2574.	495.5
10	20.00	58.01	112.9	975.2	2915.	637.3
11	22.49	57.57	122.1	1060.	3205.	745.5
12	25.00	57.25	130.1	1125.	3460.	846.2
13	27.50	57.06	136.8	1166.	3677.	935.2
14	30.00	57.00	142.2	1180.	3861.	1011.
15	32.50	57.06	146.3	1190.	4019.	1070.
16	35.00	57.25	149.2	1220.	4158.	1113.
17	37.54	57.57	150.8	1271.	4273.	1137.
18	40.05	58.02	151.3	1338.	4353.	1144.
19	42.54	58.60	153.7	1404.	4381.	1182.
20	45.00	59.30	154.8	1473.	4352.	1198.
21	47.52	60.17	154.4	1540.	4257.	1193.
22	50.00	61.17	152.6	1595.	4095.	1164.
23	52.62	62.41	149.1	1630.	3840.	1111.
24	55.17	63.80	143.8	1634.	3518.	1033.
25	57.63	65.33	136.7	1606.	3142.	934.9
26	60.00	67.00	128.0	1544.	2732.	819.2
27	62.22	68.77	117.2	1459.	2312.	687.0
28	64.34	70.66	104.9	1344.	1891.	550.1

29	66.34	72.66	91.05	1204.	1483.	414.5	
30	68.23	74.78	75.73	1046.	1104.	286.8	
31	70.00	77.00	59.00	874.4	767.8	174.1	
32	71.50	79.12	40.25	723.4	505.9	80.99	
33	72.89	81.31	20.56	569.9	303.3	21.14	
34	74.17	83.57	-76.29E-6	419.3	166.7	0.0	
35	75.00	85.21	-15.06	319.7	102.7	0.0	
36	76.16	87.78	-38.94	189.4	34.81	0.0	
37	77.17	90.41	-63.67	91.94	-0.3576	0.0	
38	78.03	93.10	-89.17	29.24	-9.576	0.0	
39	78.74	95.83	-115.4	-0.4124	-0.8231	0.0	

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	0.0	0.6249	0.0	0.2796	25.21	15.75	15.19
2	0.0	0.6249	4.081	13.42	163.3	98.55	94.99
3	0.0	0.6249	16.22	85.08	399.6	220.6	212.7
4	0.0	0.6249	31.63	156.2	464.8	233.7	225.3
5	0.0	0.6249	45.62	224.1	518.8	242.4	233.6
6	0.0	0.6249	60.72	275.8	541.8	238.9	230.3
7	0.0	0.6249	77.08	355.7	602.0	249.7	240.6
8	0.0	0.6249	92.26	431.9	651.9	255.9	246.7
9	0.0	0.6249	106.2	503.2	691.1	257.5	248.2
10	0.0	0.6249	117.5	551.0	691.5	246.4	237.5
11	0.0	0.6249	126.1	614.7	717.7	249.1	240.1
12	0.0	0.6249	133.4	678.7	741.2	254.4	245.2
13	0.0	0.6249	139.5	755.6	776.9	267.3	257.6
14	0.0	0.6249	144.3	825.2	828.1	291.7	281.2
15	0.0	0.6249	147.8	886.6	894.0	327.4	315.6
16	0.0	0.6249	150.0	967.8	977.7	371.3	357.9
17	0.0	0.6249	151.0	1029.	1038.	407.4	392.7
18	0.0	0.6249	152.5	1080.	1074.	427.4	412.0
19	0.0	0.6249	154.3	1120.	1104.	443.7	427.7
20	0.0	0.6249	154.6	1211.	1180.	479.6	462.3
21	0.0	0.6249	153.5	1249.	1200.	493.5	475.7
22	0.0	0.6249	150.8	1337.	1264.	516.4	497.7
23	0.0	0.6249	146.4	1260.	1174.	468.5	451.5
24	0.0	0.6249	140.3	1173.	1077.	419.0	403.8
25	0.0	0.6249	132.4	1079.	974.4	369.0	355.7
26	0.0	0.6249	122.6	963.9	858.4	319.0	307.5
27	0.0	0.6249	111.1	873.5	759.5	277.7	267.7
28	0.0	0.6249	97.97	779.2	658.0	237.4	228.9
29	0.0	0.6249	83.39	682.7	555.2	199.1	191.9
30	0.0	0.6249	67.37	585.8	452.5	163.3	157.4
31	0.0	0.6249	49.62	450.9	332.1	127.0	122.4
32	0.0	0.6249	30.40	371.3	240.7	101.1	97.48
33	0.0	0.6249	10.28	295.8	151.6	78.08	75.26
34	0.0	0.6249	0.0	166.8	65.16	40.72	39.25
35	0.0	0.6249	0.0	191.2	60.73	37.95	36.58
36	0.0	0.6249	0.0	120.9	24.29	15.18	14.63
37	0.0	0.6249	0.0	62.50	-0.2132	-0.1332	-0.1284
38	0.0	0.6249	0.0	17.27	-14.09	-8.805	-8.487

Reinforcement Results

Name	Level	Maximum Possible Capacity	For this slip surface Actual Capacity	Governing Criterion	Applied Prestress	Additional Capacity
	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
Soil Nail Zemin civisi	89.00	300.0	300.0	Tensile	0.0	300.0
Soil Nail Zemin civisi	87.00	300.0	300.0	Tensile	0.0	300.0
Soil Nail Zemin civisi	85.00	300.0	300.0	Tensile	0.0	300.0
Soil Nail Zemin civisi	83.00	300.0	300.0	Tensile	0.0	300.0
Soil Nail Zemin civisi	81.00	300.0	300.0	Tensile	0.0	300.0
Soil Nail Zemin civisi	79.00	300.0	230.1	Pullout	0.0	230.1

Soil Nail Zemin civisi	77.00	300.0	152.2	Pullout	0.0	152.2
Soil Nail Zemin civisi	75.00	300.0	26.10	Pullout	0.0	26.10
Soil Nail Zemin civisi	73.00	300.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Soil Nail Zemin civisi	71.00	300.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0

EK A.4 – Dolgu Uygulaması

Analiz 4.1

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 200
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 400
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture of Test Data	Extrapolation	Damage Environment

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum X -->	0.0	7.500	10.00	11.50	19.00	20.00	29.50
1	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4	66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.

5	66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1	66.00	.	66.40	.	.	69.30	.
Stratum	**X -->**						
	29.90	**33.25**	**34.50**	**35.00**	**39.90**	**40.50**	**43.20**
1	.	.	80.00	.	.	.	.
2	.	.	80.00	.	.	80.00	.
3	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5	.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1	71.20	.	.	.	73.10	.	.
Stratum	**X -->**						
	43.30	**49.90**	**50.00**	**55.84**	**60.00**	**62.50**	**70.00**
1	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5	82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1	.	76.40	.	.	79.80	.	82.90
Stratum	**X -->**						
	75.00	**80.00**					
1	95.34	96.00					
2	95.34	96.00					
3	95.34	96.00					
4	95.34	96.00					
5	95.34	96.00					
GWL 1	.	84.50					

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area		Distributed load		Dead / Live load	Use in pull-out calc
	X1 [m]	X2 [m]	Vert [kN/m²]	Horiz [kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 7.00 m y = 139.00 m
All circles pass through common point at x = 0.00 m, y = 66.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values
using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
7.000	139.0	73.24	*8743.*	1.365	288100.	*393200.*	*0.0*

WORST CASE

Centre at (7.000m,139.0m)
Radius 73.24m
Iterations: 48
Horiz acceleration [%g]: 15.00
Net vertical force [kN/m]: 31.09
Slip weight [kN/m] 8743.
Net horiz force [kN/m]: 79.88
Disturbing moment [kNm/m]: 288100.
Restoring moment [kNm/m]: 393200.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 0.0
Factor of Safety: 1.365

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]	u	T	E	E(u)

			[kN/m²]			
1	0.08605	66.09	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.7649	66.03	0.0	10.91	9.342	0.0
3	1.134	66.00	0.0	16.23	15.96	0.0
4	3.253	65.86	0.0	39.71	66.45	0.0
5	5.376	65.78	0.0	51.97	140.6	0.0
6	7.500	65.77	0.0	54.41	232.5	0.0
7	9.501	65.81	0.0	58.24	339.9	0.0
8	11.50	65.90	0.0	66.69	437.0	0.0
9	12.87	66.00	0.0	74.81	497.4	0.0
10	14.71	66.17	0.0	90.10	589.1	0.0
11	16.55	66.39	0.0	108.4	671.2	0.0
12	18.39	66.66	0.0	129.1	743.5	0.0
13	19.00	66.75	0.0	137.2	770.5	0.0
14	20.98	67.11	0.0	163.1	839.0	0.0
15	23.13	67.56	0.0	186.9	871.8	0.0
16	25.27	68.08	0.0	211.2	893.8	0.0
17	27.40	68.66	0.0	234.5	903.3	0.0
18	29.50	69.31	0.0	255.5	898.7	0.0
19	29.90	69.44	0.0	259.1	896.2	0.0
20	31.58	70.01	0.0	273.1	880.5	0.0
21	33.25	70.63	0.0	284.9	857.8	0.0
22	34.50	71.12	0.0	292.2	836.9	0.0
23	35.00	71.33	0.0	294.8	827.6	0.0
24	36.67	72.04	0.0	301.2	791.6	0.0
25	38.32	72.80	0.0	303.8	748.9	0.0
26	40.50	73.88	0.0	300.8	682.2	0.0
27	41.86	74.59	0.0	295.0	635.3	0.0
28	43.20	75.34	0.0	286.0	585.1	0.0
29	43.30	75.39	0.0	285.2	581.3	0.0
30	45.02	76.41	0.0	268.6	512.2	0.0
31	46.71	77.46	0.0	246.9	440.2	0.0
32	48.37	78.57	0.0	220.6	366.7	0.0
33	50.00	79.72	0.0	190.3	293.3	0.0
34	51.50	80.84	0.0	158.5	225.4	0.0
35	52.98	82.00	0.0	124.4	159.7	0.0
36	54.43	83.19	0.0	88.63	97.55	0.0
37	55.84	84.43	0.0	52.22	39.92	0.0
38	57.29	85.76	0.0	17.36	-11.34	0.0
39	58.71	87.14	0.0	-9.335	-48.81	0.0
40	60.09	88.55	0.0	-26.06	-71.80	0.0
41	61.43	90.00	-97.57	-31.09	-79.88	0.0

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	*0.0*	*0.7002*	0.0	*5.065*	16.99	11.89	8.715
2	*0.0*	*0.7002*	0.0	*6.995*	13.00	9.102	6.669
3	*0.0*	*0.6249*	0.0	*96.96*	124.8	78.01	57.16
4	*0.0*	*0.6249*	0.0	*192.6*	208.7	130.4	95.57
5	*0.0*	*0.6249*	0.0	*286.0*	289.5	180.9	132.5
6	*0.0*	*0.6249*	0.0	*312.0*	352.7	220.4	161.5
7	*0.0*	*0.6249*	0.0	*309.2*	350.4	218.9	160.4
8	*0.0*	*0.6249*	0.0	*209.9*	238.2	148.8	109.1
9	*0.0*	*0.7002*	0.0	*282.0*	320.3	224.3	164.4
10	*0.0*	*0.7002*	0.0	*278.0*	316.2	221.4	162.2
11	*0.0*	*0.7002*	0.0	*272.3*	310.1	217.1	159.1
12	*0.0*	*0.7673*	0.0	*89.62*	102.2	78.44	57.48
13	*0.0*	*0.7673*	0.0	*302.2*	302.8	232.3	170.2
14	*0.0*	*0.6249*	0.0	*361.0*	358.8	224.2	164.3
15	*0.0*	*0.6249*	0.0	*388.0*	381.9	238.7	174.9
16	*0.0*	*0.6249*	0.0	*411.3*	400.6	250.3	183.4
17	*0.0*	*0.6249*	0.0	*431.0*	414.7	259.1	189.9
18	*0.0*	*0.6249*	0.0	*83.44*	79.70	49.80	36.49
19	*0.0*	*0.6249*	0.0	*338.5*	322.1	201.3	147.5
20	*0.0*	*0.6249*	0.0	*314.8*	297.8	186.1	136.3
21	*0.0*	*0.6249*	0.0	*221.5*	208.4	130.2	95.44
22	*0.0*	*0.6249*	0.0	*86.13*	80.74	50.45	36.97
23	*0.0*	*0.6249*	0.0	*288.1*	267.9	167.4	122.7
24	*0.0*	*0.6249*	0.0	*284.6*	261.2	163.2	119.6
25	*0.0*	*0.6249*	0.0	*372.7*	336.4	210.2	154.0
26	*0.0*	*0.6249*	0.0	*229.2*	203.4	127.1	93.15
27	*0.0*	*0.6249*	0.0	*223.6*	195.7	122.3	89.60
28	*0.0*	*0.6249*	0.0	*16.51*	14.34	8.961	6.566
29	*0.0*	*0.6249*	0.0	*279.7*	240.4	150.2	110.1
30	*0.0*	*0.6249*	0.0	*266.5*	224.5	140.3	102.8

31	*0.0*	*0.6249*	0.0	*251.6*	207.3	129.6	94.93
32	*0.0*	*0.6249*	0.0	*235.0*	189.3	118.3	86.65
33	*0.0*	*0.6249*	0.0	*205.2*	161.2	100.7	73.80
34	*0.0*	*0.6249*	0.0	*188.9*	144.6	90.35	66.20
35	*0.0*	*0.6249*	0.0	*171.5*	127.7	79.81	58.48
36	*0.0*	*0.6249*	0.0	*153.4*	110.7	69.20	50.70
37	*0.0*	*0.6249*	0.0	*131.8*	92.49	57.79	42.35
38	*0.0*	*0.6249*	0.0	*92.97*	63.73	39.83	29.18
39	*0.0*	*0.6249*	0.0	*54.97*	37.02	23.13	16.95
40	*0.0*	*0.6249*	0.0	*17.96*	12.47	7.790	5.708

Analiz 4.2

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 200
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 400
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture of Test Data	Extrapolation	Damage Environment

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X --> 0.0	7.500	10.00	11.50	19.00	20.00	29.50
1	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4	66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.
5	66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1	66.00	.	66.40	.	.	69.30	.

Stratum	X --> 29.90	33.25	34.50	35.00	39.90	40.50	43.20

1	.	.	80.00	.	.	.	.
2	.	.	80.00	.	.	80.00	.
3	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5	.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1	71.20	.	.	.	73.10	.	.

Stratum	**X -->**						
	43.30	**49.90**	**50.00**	**55.84**	**60.00**	**62.50**	**70.00**
1	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5	82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1	.	76.40	.	.	79.80	.	82.90

Stratum	**X -->**	
	75.00	**80.00**
1	95.34	96.00
2	95.34	96.00
3	95.34	96.00
4	95.34	96.00
5	95.34	96.00
GWL 1	.	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area		Distributed load		Dead / Live load	Use in pull-out calc
	X1 [m]	X2 [m]	Vert [kN/m²]	Horiz [kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = -9.00 m y = 90.00 m
All circles pass through common point at x = 0.00 m, y = 66.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values
using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre		Radius	Slip Weight	Comment/ FoS	Disturbing Moment	Soil Strength Restoring Moment	Reinforcement Restoring Moment
x [m]	y [m]	[m]	[kN/m]		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
-9.000	90.00	25.54	*403.1*	0.7299	8454.	*6171.*	*0.0*

WORST CASE

Centre at (-9.000m,90.00m)
Iterations: 202
Net vertical force [kN/m]: 0.3796
Net horiz force [kN/m]: 0.5191

Radius 25.54m
Horiz acceleration [%g]: 15.00
Slip weight [kN/m] 403.1
Disturbing moment [kNm/m]: 8454.
Restoring moment [kNm/m]: 6171.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 0.0
Factor of Safety: 0.7299

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates			Pore Pressure u [kN/m²]	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]		T	E	E(u)
1	0.1456	66.16	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.5452	66.31	0.0	1.236	0.7745	0.0
3	0.9420	66.48	0.0	2.714	2.079	0.0

4	1.336	66.65	0.0	4.400	3.794	0.0
5	1.727	66.82	0.0	6.254	5.806	0.0
6	2.115	67.01	0.0	8.236	8.010	0.0
7	2.500	67.20	0.0	10.30	10.31	0.0
8	2.882	67.39	0.0	12.41	12.62	0.0
9	3.260	67.60	0.0	14.51	14.86	0.0
10	3.635	67.81	0.0	16.55	16.96	0.0
11	4.006	68.02	0.0	18.50	18.86	0.0
12	4.374	68.24	0.0	20.30	20.50	0.0
13	4.738	68.47	0.0	21.92	21.84	0.0
14	5.098	68.71	0.0	23.30	22.83	0.0
15	5.453	68.95	0.0	24.40	23.46	0.0
16	5.805	69.19	0.0	25.20	23.70	0.0
17	6.153	69.44	0.0	25.65	23.54	0.0
18	6.496	69.70	0.0	25.71	22.96	0.0
19	6.835	69.96	0.0	25.37	21.96	0.0
20	7.170	70.23	0.0	24.60	20.56	0.0
21	7.500	70.51	0.0	23.38	18.75	0.0
22	7.809	70.77	0.0	22.16	17.14	0.0
23	8.113	71.04	0.0	20.64	15.31	0.0
24	8.413	71.32	0.0	18.86	13.36	0.0
25	8.709	71.60	0.0	16.86	11.33	0.0
26	9.000	71.88	0.0	14.69	9.304	0.0
27	9.286	72.17	0.0	12.42	7.331	0.0
28	9.568	72.47	0.0	10.09	5.471	0.0
29	9.845	72.76	0.0	7.770	3.773	0.0
30	10.12	73.07	0.0	5.503	2.286	0.0
31	10.38	73.37	0.0	3.351	1.050	0.0
32	10.65	73.68	0.0	1.372	0.1045	0.0
33	10.91	74.00	-73.38	-0.3796	-0.5191	0.0

Slice No.	**Strength Parameters**		**Pore Pressure**	**Slice Weight**	**Forces on base [kN/m]**		
	c' [kN/m²]	**Tan phi**	[kN/m²]	[kN/m]	**Normal**	**Shear (capacity)**	**Shear (mobilised)**
1	*0.0*	*0.7002*	0.0	*1.021*	1.762	1.234	1.691
2	*0.0*	*0.7002*	0.0	*3.007*	3.477	2.435	3.335
3	*0.0*	*0.7002*	0.0	*4.892*	5.066	3.547	4.860
4	*0.0*	*0.7002*	0.0	*6.676*	6.530	4.572	6.264
5	*0.0*	*0.7002*	0.0	*8.359*	7.870	5.511	7.549
6	*0.0*	*0.7002*	0.0	*9.940*	9.087	6.363	8.717
7	*0.0*	*0.7002*	0.0	*11.42*	10.18	7.131	9.769
8	*0.0*	*0.7002*	0.0	*12.80*	11.16	7.815	10.71
9	*0.0*	*0.7002*	0.0	*14.07*	12.02	8.419	11.53
10	*0.0*	*0.7002*	0.0	*15.25*	12.77	8.942	12.25
11	*0.0*	*0.7002*	0.0	*16.32*	13.41	9.389	12.86
12	*0.0*	*0.7002*	0.0	*17.30*	13.94	9.760	13.37
13	*0.0*	*0.7002*	0.0	*18.17*	14.36	10.06	13.78
14	*0.0*	*0.7002*	0.0	*18.95*	14.69	10.29	14.09
15	*0.0*	*0.7002*	0.0	*19.63*	14.92	10.45	14.31
16	*0.0*	*0.7002*	0.0	*20.22*	15.06	10.54	14.44
17	*0.0*	*0.7002*	0.0	*20.71*	15.11	10.58	14.49
18	*0.0*	*0.7002*	0.0	*21.12*	15.08	10.56	14.46
19	*0.0*	*0.7002*	0.0	*21.43*	14.96	10.48	14.35
20	*0.0*	*0.7002*	0.0	*21.65*	14.78	10.35	14.18
21	*0.0*	*0.7002*	0.0	*19.70*	17.82	12.48	17.10
22	*0.0*	*0.7002*	0.0	*17.88*	16.21	11.35	15.55
23	*0.0*	*0.7002*	0.0	*16.07*	14.64	10.25	14.04
24	*0.0*	*0.7002*	0.0	*14.27*	13.12	9.188	12.59
25	*0.0*	*0.7002*	0.0	*12.49*	11.66	8.162	11.18
26	*0.0*	*0.7002*	0.0	*10.74*	10.25	7.174	9.828
27	*0.0*	*0.7002*	0.0	*9.001*	8.891	6.226	8.529
28	*0.0*	*0.7002*	0.0	*7.292*	7.595	5.318	7.286
29	*0.0*	*0.7002*	0.0	*5.612*	6.360	4.454	6.101
30	*0.0*	*0.7002*	0.0	*3.963*	5.187	3.632	4.976
31	*0.0*	*0.7002*	0.0	*2.349*	4.077	2.855	3.911
32	*0.0*	*0.7002*	0.0	*0.7714*	3.031	2.122	2.907

Analiz 4.3

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 200
Type of analysis : PSEUDO-STATIC

Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 400
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture of Test Data	Extrapolation	Damage Environment

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	7.500	10.00	11.50	19.00	20.00	29.50
1	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4	66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.
5	66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1	66.00	.	66.40	.	.	69.30	.
Stratum	**X -->**						
	29.90	33.25	34.50	35.00	39.90	40.50	43.20
1	.	.	80.00	.	.	.	.
2	.	.	80.00	.	.	80.00	.
3	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5	.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1	71.20	.	.	.	73.10	.	.
Stratum	**X -->**						
	43.30	49.90	50.00	55.84	60.00	62.50	70.00
1	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5	82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1	.	76.40	.	.	79.80	.	82.90
Stratum	**X -->**						
	75.00	80.00					
1	95.34	96.00					
2	95.34	96.00					
3	95.34	96.00					

4	95.34	96.00
5	95.34	96.00
GWL 1	.	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area		Distributed load		Dead / Live load	Use in pull-out calc
	X1 [m]	X2 [m]	Vert [kN/m²]	Horiz [kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 15.00 m y = 96.00 m
All circles pass through common point at x = 19.00 m, y = 74.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values
using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
15.00	96.00	22.26		Weight too small			
15.00	96.00	22.26	*212.6*	1.065	2816.	*2999.*	*0.0*

WORST CASE

Centre at (15.00m,96.00m)
Iterations: 17
Net vertical force [kN/m]: 0.3837
Net horiz force [kN/m]: 0.7347

Radius 22.26m
Horiz acceleration [%g]: 15.00
Slip weight [kN/m] 212.6
Disturbing moment [kNm/m]: 2816.
Restoring moment [kNm/m]: 2999.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 0.0
Factor of Safety: 1.065

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]	u [kN/m²]	T	E	E(u)
1	19.26	74.15	0.0	0.0	0.0	0.0
2	19.69	74.24	0.0	0.1631	0.2786	0.0
3	20.13	74.34	0.0	0.4292	0.9452	0.0
4	20.56	74.44	0.0	0.7912	1.907	0.0
5	20.98	74.56	0.0	1.239	3.077	0.0
6	21.41	74.68	0.0	1.757	4.378	0.0
7	21.83	74.81	0.0	2.330	5.737	0.0
8	22.25	74.95	0.0	2.940	7.093	0.0
9	22.67	75.10	0.0	3.565	8.388	0.0
10	23.08	75.26	0.0	4.187	9.576	0.0
11	23.49	75.42	0.0	4.782	10.62	0.0
12	23.90	75.59	0.0	5.332	11.48	0.0
13	24.30	75.77	0.0	5.817	12.13	0.0
14	24.70	75.96	0.0	6.218	12.57	0.0
15	25.10	76.16	0.0	6.520	12.77	0.0
16	25.49	76.36	0.0	6.709	12.74	0.0
17	25.88	76.58	0.0	6.775	12.48	0.0
18	26.26	76.80	0.0	6.709	12.00	0.0
19	26.64	77.02	0.0	6.509	11.31	0.0
20	27.02	77.26	0.0	6.174	10.43	0.0
21	27.39	77.50	0.0	5.708	9.388	0.0

22	27.75	77.75	0.0	5.119	8.208	0.0	
23	28.11	78.01	0.0	4.420	6.922	0.0	
24	28.47	78.27	0.0	3.627	5.564	0.0	
25	28.82	78.54	0.0	2.762	4.168	0.0	
26	29.16	78.82	0.0	1.849	2.771	0.0	
27	29.50	79.11	0.0	0.9183	1.410	0.0	
28	29.83	79.40	0.0	0.1287	0.2675	0.0	
29	30.16	79.70	0.0	-0.3304	-0.4638	0.0	
30	30.48	80.00	-86.90	-0.3837	-0.7347	0.0	

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	0.0	0.7673	0.0	0.6876	0.7574	0.5812	0.5457
2	0.0	0.7673	0.0	2.012	2.009	1.542	1.448
3	0.0	0.7673	0.0	3.241	3.151	2.418	2.271
4	0.0	0.7673	0.0	4.373	4.183	3.210	3.014
5	0.0	0.7673	0.0	5.408	5.106	3.918	3.678
6	0.0	0.7673	0.0	6.345	5.919	4.542	4.265
7	0.0	0.7673	0.0	7.185	6.626	5.084	4.774
8	0.0	0.7673	0.0	7.928	7.228	5.546	5.207
9	0.0	0.7673	0.0	8.573	7.726	5.929	5.567
10	0.0	0.7673	0.0	9.123	8.125	6.234	5.854
11	0.0	0.7673	0.0	9.578	8.427	6.466	6.071
12	0.0	0.7673	0.0	9.938	8.635	6.626	6.221
13	0.0	0.7673	0.0	10.21	8.754	6.717	6.307
14	0.0	0.7673	0.0	10.38	8.787	6.743	6.331
15	0.0	0.7673	0.0	10.47	8.740	6.707	6.297
16	0.0	0.7673	0.0	10.47	8.617	6.612	6.209
17	0.0	0.7673	0.0	10.39	8.424	6.464	6.069
18	0.0	0.7673	0.0	10.23	8.164	6.265	5.882
19	0.0	0.7673	0.0	9.984	7.845	6.019	5.652
20	0.0	0.7673	0.0	9.665	7.471	5.733	5.383
21	0.0	0.7673	0.0	9.274	7.048	5.408	5.078
22	0.0	0.7673	0.0	8.813	6.583	5.051	4.743
23	0.0	0.7673	0.0	8.287	6.080	4.665	4.381
24	0.0	0.7673	0.0	7.699	5.547	4.256	3.996
25	0.0	0.7673	0.0	7.053	4.988	3.828	3.594
26	0.0	0.7673	0.0	6.353	4.411	3.384	3.178
27	0.0	0.7673	0.0	4.966	3.402	2.610	2.451
28	0.0	0.7673	0.0	2.957	2.038	1.564	1.468
29	0.0	0.7673	0.0	0.9744	0.7520	0.5770	0.5418

EK A.5 – Geosentetik Donatılı Dolgu Uygulaması

Analiz 5.1

General Parameters

```
Direction of slip:  DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 100
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 20.00
```

Analysis Options

```
Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method:  Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations:  400
Reinforcement: ACTIVE
```

Method Partial Factors

```
Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00
```

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture	Extrapolation of Test Data	Damage Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X --> 0.0	7.500	10.00	11.50	19.00	20.00	29.50
1	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4	66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.
5	66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1	66.00	.	66.40	.	.	69.30	.

Stratum	X --> 29.90	33.25	34.50	35.00	39.90	40.50	43.20
1	.	.	80.00	.	.	.	.
2	.	.	80.00	.	.	80.00	.
3	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5	.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1	71.20	.	.	.	73.10	.	.

Stratum	X --> 43.30	49.90	50.00	55.84	60.00	62.50	70.00
1	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5	82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1	.	76.40	.	.	79.80	.	82.90

Stratum	X --> 75.00	80.00
1	95.34	96.00
2	95.34	96.00
3	95.34	96.00
4	95.34	96.00
5	95.34	96.00
GWL 1	.	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area	Distributed load	Dead / Live	Use in

					load	pull-out calc
	X1 [m]	X2 [m]	Vert [kN/m²]	Horiz [kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Reinforcement

Geotextile Geolon PP 100

Layers	Level of top layer [m]	Vertical Spacing [m]	Length Top [m]	Length Btm [m]	Offset from surface [m]	Angle from horiz [°]
15	73.50	0.5000	19.00	19.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	100.0	0.0	SLS (all factors=1.0)

Geotextile Geolon PP 80

Layers	Level of top layer [m]	Vertical Spacing [m]	Length Top [m]	Length Btm [m]	Offset from surface [m]	Angle from horiz [°]
5	79.50	1.000	10.00	10.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	80.00	0.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = -9.00 m y = 90.00 m
All circles pass through common point at x = 0.00 m, y = 66.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
-9.000	90.00	25.54	*403.1*	3.391	8841.	*5977.*	*24000.*

WORST CASE

Centre at (-9.000m,90.00m)
Radius 25.54m
Iterations: 244
Horiz acceleration [%g]: 20.00
Net vertical force [kN/m]: 0.3703
Slip weight [kN/m] 403.1
Net horiz force [kN/m]: 0.5058
Disturbing moment [kNm/m]: 8841.
Restoring moment [kNm/m]: 5977.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 24000.
Factor of Safety: 3.391

The system of interslice and base forces are in equilibrium

when the strengths available at the bases are divided by the computed factor of safety. The interslice forces shown in the following table are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]	u [kN/m²]	T	E	E(u)
1	0.1456	66.16	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.5452	66.31	0.0	1.643	1.012	0.0
3	0.9420	66.48	0.0	3.530	2.547	0.0
4	1.336	66.65	0.0	5.621	4.477	0.0
5	1.727	66.82	0.0	7.873	6.686	0.0
6	2.115	67.01	0.0	10.24	9.065	0.0
7	2.500	67.20	0.0	12.68	11.51	0.0
8	2.882	67.39	0.0	15.13	13.94	0.0
9	3.260	67.60	0.0	17.55	16.27	0.0
10	3.635	67.81	0.0	19.89	18.42	0.0
11	4.006	68.02	0.0	22.09	20.33	0.0
12	4.374	68.24	0.0	24.10	21.95	0.0
13	4.738	68.47	0.0	25.89	23.23	0.0
14	5.098	68.71	0.0	27.39	24.13	0.0
15	5.453	68.95	0.0	28.57	24.63	0.0
16	5.805	69.19	0.0	29.38	24.69	0.0
17	6.153	69.44	0.0	29.78	24.32	0.0
18	6.496	69.70	0.0	29.75	23.50	0.0
19	6.835	69.96	0.0	29.24	22.24	0.0
20	7.170	70.23	0.0	28.23	20.53	0.0
21	7.500	70.51	0.0	26.70	18.40	0.0
22	7.809	70.77	0.0	25.38	16.74	0.0
23	8.113	71.04	0.0	23.72	14.88	0.0
24	8.413	71.32	0.0	21.75	12.89	0.0
25	8.709	71.60	0.0	19.54	10.84	0.0
26	9.000	71.88	0.0	17.13	8.795	0.0
27	9.286	72.17	0.0	14.58	6.827	0.0
28	9.568	72.47	0.0	11.95	4.989	0.0
29	9.845	72.76	0.0	9.300	3.337	0.0
30	10.12	73.07	0.0	6.681	1.919	0.0
31	10.38	73.37	0.0	4.156	0.7808	0.0
32	10.65	73.68	0.0	1.786	-0.03902	0.0
33	10.91	74.00	-73.38	-0.3703	-0.5058	0.0

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	*0.0*	*0.7002*	0.0	*1.021*	2.036	1.425	0.4204
2	*0.0*	*0.7002*	0.0	*3.007*	3.710	2.598	0.7661
3	*0.0*	*0.7002*	0.0	*4.892*	5.255	3.680	1.085
4	*0.0*	*0.7002*	0.0	*6.676*	6.673	4.673	1.378
5	*0.0*	*0.7002*	0.0	*8.359*	7.965	5.577	1.645
6	*0.0*	*0.7002*	0.0	*9.940*	9.132	6.394	1.886
7	*0.0*	*0.7002*	0.0	*11.42*	10.18	7.126	2.102
8	*0.0*	*0.7002*	0.0	*12.80*	11.10	7.773	2.292
9	*0.0*	*0.7002*	0.0	*14.07*	11.91	8.338	2.459
10	*0.0*	*0.7002*	0.0	*15.25*	12.60	8.823	2.602
11	*0.0*	*0.7002*	0.0	*16.32*	13.18	9.230	2.722
12	*0.0*	*0.7002*	0.0	*17.30*	13.66	9.562	2.820
13	*0.0*	*0.7002*	0.0	*18.17*	14.03	9.820	2.896
14	*0.0*	*0.7002*	0.0	*18.95*	14.29	10.01	2.952
15	*0.0*	*0.7002*	0.0	*19.63*	14.47	10.13	2.988
16	*0.0*	*0.7002*	0.0	*20.22*	14.55	10.19	3.005
17	*0.0*	*0.7002*	0.0	*20.71*	14.55	10.19	3.004
18	*0.0*	*0.7002*	0.0	*21.12*	14.46	10.13	2.986
19	*0.0*	*0.7002*	0.0	*21.43*	14.30	10.01	2.952
20	*0.0*	*0.7002*	0.0	*21.65*	14.06	9.846	2.904
21	*0.0*	*0.7002*	0.0	*19.70*	17.13	11.99	3.537
22	*0.0*	*0.7002*	0.0	*17.88*	15.54	10.88	3.208
23	*0.0*	*0.7002*	0.0	*16.07*	13.99	9.795	2.889
24	*0.0*	*0.7002*	0.0	*14.27*	12.49	8.749	2.580
25	*0.0*	*0.7002*	0.0	*12.49*	11.05	7.739	2.282
26	*0.0*	*0.7002*	0.0	*10.74*	9.668	6.769	1.996
27	*0.0*	*0.7002*	0.0	*9.001*	8.339	5.839	1.722
28	*0.0*	*0.7002*	0.0	*7.292*	7.071	4.951	1.460
29	*0.0*	*0.7002*	0.0	*5.612*	5.864	4.106	1.211
30	*0.0*	*0.7002*	0.0	*3.963*	4.720	3.305	0.9747
31	*0.0*	*0.7002*	0.0	*2.349*	3.639	2.548	0.7515

32	*0.0*	*0.7002*	0.0	*0.7714*	2.623	1.837	0.5417

Reinforcement Results

Name	Level	Maximum Possible Capacity	For this slip surface Actual Capacity	Governing Criterion	Applied Prestress	Additional Capacity
	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
Geotextile Geolon PP 100	73.50	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	73.00	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	72.50	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	72.00	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	71.50	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	71.00	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	70.50	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	70.00	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	69.50	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	69.00	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	68.50	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	68.00	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	67.50	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	67.00	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 100	66.50	100.0	80.00	Tensile	0.0	80.00
Geotextile Geolon PP 80	79.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 80	78.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 80	77.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 80	76.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 80	75.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0

Analiz 5.2

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 100
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 20.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)

Maximum number of iterations: 400
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture of Test Data	Extrapolation	Damage Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	7.500	10.00	11.50	19.00	20.00	29.50
1	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4	66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.
5	66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1	66.00	.	66.40	.	.	69.30	.
Stratum	**X -->**						
	29.90	33.25	34.50	35.00	39.90	40.50	43.20
1	.	.	80.00	.	.	.	.
2	.	.	80.00	.	.	80.00	.
3	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5	.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1	71.20	.	.	.	73.10	.	.
Stratum	**X -->**						
	43.30	49.90	50.00	55.84	60.00	62.50	70.00
1	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5	82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1	.	76.40	.	.	79.80	.	82.90
Stratum	**X -->**						
	75.00	80.00					
1	95.34	96.00					
2	95.34	96.00					
3	95.34	96.00					

	4	95.34	96.00
	5	95.34	96.00
GWL	1	.	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area		Distributed load		Dead / Live load	Use in pull-out calc
	X1	X2	Vert	Horiz		
	[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Reinforcement

Geotextile Geolon PP 100

Layers	Level of top layer	Vertical Spacing	Length		Offset from surface	Angle from horiz
	[m]	[m]	Top [m]	Btm [m]	[m]	[°]
15	73.50	0.5000	19.00	19.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength	Prestress	Grout Diameter
	[kN/m]	[kN]	[mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Material Partial Factor
[m]	[kN]	[kN]	
0.0	100.0	0.0	SLS (all factors=1.0)

Geotextile Geolon PP 80

Layers	Level of top layer	Vertical Spacing	Length		Offset from surface	Angle from horiz
	[m]	[m]	Top [m]	Btm [m]	[m]	[°]
5	79.50	1.000	10.00	10.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength	Prestress	Grout Diameter
	[kN/m]	[kN]	[mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Material Partial Factor
[m]	[kN]	[kN]	
0.0	80.00	0.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 15.00 m y = 96.00 m
All circles pass through common point at x = 19.00 m, y = 74.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
15.00	96.00	22.26		Weight too small			
15.00	96.00	22.26	*212.6*	2.932	3017.	*2926.*	*5920.*

WORST CASE

Centre at (15.00m,96.00m)
Radius 22.26m
Iterations: 181
Horiz acceleration [%g]: 20.00
Net vertical force [kN/m]: 0.2065
Slip weight [kN/m] 212.6
Net horiz force [kN/m]: 0.3950
Disturbing moment [kNm/m]: 3017.
Restoring moment [kNm/m]: 2926.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 5920.
Factor of Safety: 2.932

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates		Pore Pressure	Interslice forces [kN/m]		
Point	x [m]	y [m]	u [kN/m²]	T	E	E(u)
1	19.26	74.15	0.0	0.0	0.0	0.0
2	19.69	74.24	0.0	0.3182	0.3693	0.0
3	20.13	74.34	0.0	0.7527	1.139	0.0
4	20.56	74.44	0.0	1.295	2.213	0.0
5	20.98	74.56	0.0	1.931	3.498	0.0
6	21.41	74.68	0.0	2.645	4.914	0.0
7	21.83	74.81	0.0	3.417	6.384	0.0
8	22.25	74.95	0.0	4.227	7.843	0.0
9	22.67	75.10	0.0	5.050	9.232	0.0
10	23.08	75.26	0.0	5.864	10.50	0.0
11	23.49	75.42	0.0	6.643	11.61	0.0
12	23.90	75.59	0.0	7.364	12.52	0.0
13	24.30	75.77	0.0	8.005	13.22	0.0
14	24.70	75.96	0.0	8.544	13.67	0.0
15	25.10	76.16	0.0	8.961	13.88	0.0
16	25.49	76.36	0.0	9.241	13.83	0.0
17	25.88	76.58	0.0	9.370	13.55	0.0
18	26.26	76.80	0.0	9.338	13.02	0.0
19	26.64	77.02	0.0	9.138	12.27	0.0
20	27.02	77.26	0.0	8.768	11.33	0.0
21	27.39	77.50	0.0	8.231	10.21	0.0
22	27.75	77.75	0.0	7.533	8.954	0.0
23	28.11	78.01	0.0	6.686	7.585	0.0
24	28.47	78.27	0.0	5.705	6.144	0.0
25	28.82	78.54	0.0	4.610	4.668	0.0
26	29.16	78.82	0.0	3.428	3.198	0.0
27	29.50	79.11	0.0	2.187	1.773	0.0
28	29.83	79.40	0.0	1.055	0.5885	0.0
29	30.16	79.70	0.0	0.2313	-0.1519	0.0
30	30.48	80.00	-86.90	-0.2065	-0.3950	0.0

Slice No.	Strength Parameters c' [kN/m²]	Tan phi	Pore Pressure [kN/m²]	Slice Weight [kN/m]	Forces on base [kN/m] Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	*0.0*	*0.7673*	0.0	*0.6876*	0.8838	0.6781	0.2313
2	*0.0*	*0.7673*	0.0	*2.012*	2.128	1.633	0.5569
3	*0.0*	*0.7673*	0.0	*3.241*	3.260	2.501	0.8530
4	*0.0*	*0.7673*	0.0	*4.373*	4.279	3.283	1.120
5	*0.0*	*0.7673*	0.0	*5.408*	5.186	3.979	1.357
6	*0.0*	*0.7673*	0.0	*6.345*	5.982	4.590	1.565
7	*0.0*	*0.7673*	0.0	*7.185*	6.669	5.117	1.745
8	*0.0*	*0.7673*	0.0	*7.928*	7.249	5.562	1.897
9	*0.0*	*0.7673*	0.0	*8.573*	7.725	5.928	2.021
10	*0.0*	*0.7673*	0.0	*9.123*	8.100	6.215	2.119
11	*0.0*	*0.7673*	0.0	*9.578*	8.376	6.427	2.192
12	*0.0*	*0.7673*	0.0	*9.938*	8.559	6.568	2.240
13	*0.0*	*0.7673*	0.0	*10.21*	8.651	6.639	2.264
14	*0.0*	*0.7673*	0.0	*10.38*	8.659	6.644	2.266
15	*0.0*	*0.7673*	0.0	*10.47*	8.585	6.587	2.246
16	*0.0*	*0.7673*	0.0	*10.47*	8.435	6.473	2.207

17	*0.0*	*0.7673*	0.0	*10.39*	8.215	6.304	2.150
18	*0.0*	*0.7673*	0.0	*10.23*	7.930	6.085	2.075
19	*0.0*	*0.7673*	0.0	*9.984*	7.585	5.820	1.985
20	*0.0*	*0.7673*	0.0	*9.665*	7.187	5.515	1.881
21	*0.0*	*0.7673*	0.0	*9.274*	6.742	5.173	1.764
22	*0.0*	*0.7673*	0.0	*8.813*	6.254	4.799	1.637
23	*0.0*	*0.7673*	0.0	*8.287*	5.731	4.398	1.500
24	*0.0*	*0.7673*	0.0	*7.699*	5.179	3.974	1.355
25	*0.0*	*0.7673*	0.0	*7.053*	4.603	3.532	1.205
26	*0.0*	*0.7673*	0.0	*6.353*	4.010	3.077	1.049
27	*0.0*	*0.7673*	0.0	*4.966*	3.010	2.309	0.7875
28	*0.0*	*0.7673*	0.0	*2.957*	1.676	1.286	0.4385
29	*0.0*	*0.7673*	0.0	*0.9744*	0.4214	0.3233	0.1103

Reinforcement Results

Name	Level	Maximum Possible Capacity	For this slip surface Actual Capacity	Governing Criterion	Applied Prestress	Additional Capacity
	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
Geotextile Geolon PP 100	73.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	73.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	72.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	72.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	71.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	71.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	70.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	70.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	69.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	69.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	68.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	68.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	67.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	67.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0

				with slip surface		
Geotextile Geolon PP 100	66.50	100.0	0.0	No intersection	0.0	0.0
				with slip surface		
Geotextile Geolon PP 80	79.50	80.00	64.00	Tensile	0.0	64.00
Geotextile Geolon PP 80	78.50	80.00	64.00	Tensile	0.0	64.00
Geotextile Geolon PP 80	77.50	80.00	64.00	Tensile	0.0	64.00
Geotextile Geolon PP 80	76.50	80.00	64.00	Tensile	0.0	64.00
Geotextile Geolon PP 80	75.50	80.00	64.00	Tensile	0.0	64.00

Analiz 5.3

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 100
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 20.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 400
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture	Extrapolation of Test Data	Damage	Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	**7.500**	**10.00**	**11.50**	**19.00**	**20.00**	**29.50**
1	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4	66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.
5	66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1	66.00	.	66.40	.	.	69.30	.

Stratum	X -->						
	29.90	**33.25**	**34.50**	**35.00**	**39.90**	**40.50**	**43.20**
1	.	.	80.00	.	.	.	.
2	.	.	80.00	.	.	80.00	.
3	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5	.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1	71.20	.	.	.	73.10	.	.

Stratum	X -->						
	43.30	**49.90**	**50.00**	**55.84**	**60.00**	**62.50**	**70.00**
1	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5	82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1	.	76.40	.	.	79.80	.	82.90

Stratum	X -->	
	75.00	**80.00**
1	95.34	96.00
2	95.34	96.00
3	95.34	96.00
4	95.34	96.00
5	95.34	96.00
GWL 1	.	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area		Distributed load		Dead / Live load	Use in pull-out calc
	X1 [m]	X2 [m]	Vert [kN/m²]	Horiz [kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Reinforcement

Geotextile Geolon PP 100

Layers	Level of top layer [m]	Vertical Spacing [m]	Length Top [m]	Length Btm [m]	Offset from surface [m]	Angle from horiz [°]
15	73.50	0.5000	19.00	19.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	100.0	0.0	SLS (all factors=1.0)

Geotextile Geolon PP 80

Layers	Level of top layer	Vertical Spacing	Length Top	Length Btm	Offset from surface	Angle from horiz

of top layer [m]	Spacing [m]	Top [m]	Btm [m]	from surface [m]	from horiz [°]
5 79.50	1.000	10.00	10.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	80.00	0.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 23.00 m y = 99.00 m
All circles pass through common point at x = 19.00 m, y = 74.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values
using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
23.00	99.00	25.22	*1497.*	1.456	18340.	*26720.*	*0.0*

WORST CASE

Centre at (23.00m,99.00m)
Iterations: 63
Net vertical force [kN/m]: 3.453
Net horiz force [kN/m]: 8.261

Radius 25.22m
Horiz acceleration [%g]: 20.00
Slip weight [kN/m] 1497.
Disturbing moment [kNm/m]: 18340.
Restoring moment [kNm/m]: 26720.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 0.0
Factor of Safety: 1.456

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Point	Slip surface coordinates x [m]	y [m]	Pore Pressure u [kN/m²]	Interslice forces [kN/m] T	E	E(u)
1	19.14	74.08	0.0	0.0	0.0	0.0
2	19.68	74.00	0.0	7.526	6.577	0.0
3	20.63	73.89	0.0	17.63	19.95	0.0
4	21.57	73.82	0.0	24.28	35.00	0.0
5	22.52	73.79	0.0	27.58	50.76	0.0
6	23.48	73.79	0.0	27.58	66.31	0.0
7	24.43	73.82	0.0	28.94	83.03	0.0
8	25.37	73.89	0.0	31.65	99.81	0.0
9	26.32	74.00	0.0	35.57	115.6	0.0
10	27.12	74.12	0.0	39.70	127.5	0.0
11	27.92	74.27	0.0	44.33	137.5	0.0
12	28.71	74.44	0.0	49.21	145.1	0.0
13	29.50	74.63	0.0	54.05	150.1	0.0
14	30.36	74.88	0.0	58.98	151.9	0.0
15	31.21	75.15	0.0	63.21	150.4	0.0
16	32.05	75.46	0.0	66.58	145.8	0.0
17	32.88	75.80	0.0	68.99	138.8	0.0
18	33.70	76.16	0.0	70.44	130.0	0.0
19	34.50	76.56	0.0	70.95	120.1	0.0
20	35.28	76.97	0.0	70.38	109.1	0.0
21	36.04	77.41	0.0	68.42	96.93	0.0
22	36.78	77.88	0.0	65.07	83.81	0.0

23	37.51	78.37	0.0	60.39		70.20	0.0
24	38.22	78.89	0.0	54.52		56.53	0.0
25	38.91	79.43	0.0	47.64		43.22	0.0
26	39.58	80.00	-69.60	40.01		30.70	0.0
27	40.29	80.64	-74.10	31.27		18.53	0.0
28	40.97	81.30	-78.51	22.46		8.201	0.0
29	41.62	81.99	-83.24	14.06		0.1031	0.0
30	42.25	82.71	-88.31	6.596		-5.462	0.0
31	42.85	83.44	-93.69	0.5877		-8.285	0.0
32	43.42	84.20	-99.40	-3.453		-8.261	0.0

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	*0.0*	*0.7673*	0.0	*2.122*	10.60	8.137	5.587
2	*0.0*	*0.7673*	0.0	*13.47*	25.33	19.43	13.34
3	*0.0*	*0.7673*	0.0	*25.47*	33.59	25.78	17.70
4	*0.0*	*0.7673*	0.0	*36.85*	41.02	31.48	21.61
5	*0.0*	*0.7673*	0.0	*47.55*	47.55	36.48	25.05
6	*0.0*	*0.7673*	0.0	*57.49*	57.75	44.31	30.42
7	*0.0*	*0.7673*	0.0	*66.63*	66.88	51.32	35.24
8	*0.0*	*0.7673*	0.0	*74.92*	74.88	57.46	39.45
9	*0.0*	*0.7673*	0.0	*69.85*	69.36	53.22	36.54
10	*0.0*	*0.7673*	0.0	*74.67*	73.55	56.44	38.75
11	*0.0*	*0.7673*	0.0	*78.90*	76.97	59.06	40.55
12	*0.0*	*0.7673*	0.0	*82.53*	79.60	61.08	41.93
13	*0.0*	*0.7673*	0.0	*90.20*	86.00	65.99	45.31
14	*0.0*	*0.7673*	0.0	*84.79*	79.94	61.34	42.11
15	*0.0*	*0.7673*	0.0	*78.87*	73.44	56.35	38.69
16	*0.0*	*0.7673*	0.0	*72.48*	66.60	51.11	35.09
17	*0.0*	*0.7673*	0.0	*65.67*	59.51	45.66	31.35
18	*0.0*	*0.7673*	0.0	*58.49*	52.24	40.08	27.52
19	*0.0*	*0.7673*	0.0	*53.04*	46.43	35.63	24.46
20	*0.0*	*0.7673*	0.0	*51.01*	43.44	33.33	22.89
21	*0.0*	*0.7673*	0.0	*48.46*	40.03	30.71	21.09
22	*0.0*	*0.7673*	0.0	*45.43*	36.27	27.83	19.11
23	*0.0*	*0.7673*	0.0	*41.95*	32.25	24.75	16.99
24	*0.0*	*0.7673*	0.0	*38.09*	28.05	21.53	14.78
25	*0.0*	*0.7673*	0.0	*33.88*	23.76	18.23	12.52
26	*0.0*	*0.7673*	0.0	*31.55*	20.82	15.98	10.97
27	*0.0*	*0.7673*	0.0	*26.03*	15.87	12.18	8.359
28	*0.0*	*0.7673*	0.0	*20.31*	11.09	8.512	5.845
29	*0.0*	*0.7673*	0.0	*14.47*	6.594	5.060	3.474
30	*0.0*	*0.7673*	0.0	*8.601*	2.453	1.882	1.292
31	*0.0*	*0.7673*	0.0	*2.800*	-1.258	-0.9650	-0.6625

Slice No.	Surface Load [kN/m_hor/m]		Point Load [kN/m]		Water Pressure on ground surface [kN/m_hor/m]	
	Vert	Horiz	Vert	Horiz	Vert	Horiz
1	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
2	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
3	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
4	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
5	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
6	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
7	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
8	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
9	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
10	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
11	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
12	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
13	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
14	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
15	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
16	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
17	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
18	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
19	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
20	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
21	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
22	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
23	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
24	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
25	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
26	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
27	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0

28	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
29	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
30	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
31	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0

Reinforcement Results

Name	Level	Maximum Possible Capacity	For this slip surface Actual Capacity	Governing Criterion	Applied Prestress	Additional Capacity
	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
Geotextile Geolon PP 100	73.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	73.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	72.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	72.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	71.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	71.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	70.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	70.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	69.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	69.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	68.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	68.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	67.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	67.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	66.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 80	79.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0

Geotextile Geolon PP 80	78.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 80	77.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 80	76.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 80	75.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0

Analiz 5.4

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 100
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 20.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 400
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture	Extrapolation of Test Data	Damage	Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->						
	0.0	7.500	10.00	11.50	19.00	20.00	29.50
1	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4	66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.
5	66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1	66.00	.	66.40	.	.	69.30	.

Stratum	X -->						
	29.90	33.25	34.50	35.00	39.90	40.50	43.20
1	.	.	80.00	.	.	.	.
2	.	.	80.00	.	.	80.00	.
3	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5	.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1	71.20	.	.	.	73.10	.	.

Stratum	X -->						
	43.30	49.90	50.00	55.84	60.00	62.50	70.00
1	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5	82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1	.	76.40	.	.	79.80	.	82.90

Stratum	X -->	
	75.00	80.00
1	95.34	96.00
2	95.34	96.00
3	95.34	96.00
4	95.34	96.00
5	95.34	96.00
GWL 1	.	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area		Distributed load		Dead / Live load	Use in pull-out calc
	X1 [m]	X2 [m]	Vert [kN/m²]	Horiz [kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Reinforcement

Geotextile Geolon PP 100

Layers	Level of top layer [m]	Vertical Spacing [m]	Length Top [m]	Length Btm [m]	Offset from surface [m]	Angle from horiz [°]
15	73.50	0.5000	19.00	19.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	100.0	0.0	SLS (all factors=1.0)

Geotextile Geolon PP 80

Layers	Level of top layer [m]	Vertical Spacing [m]	Length Top [m]	Length Btm [m]	Offset from surface [m]	Angle from horiz [°]
5	79.50	1.000	10.00	10.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	80.00	0.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 10.00 m y = 99.00 m
All circles pass through common point at x = 0.00 m, y = 66.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values
using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
10.00	99.00	34.39	*5645.*	1.428	86650.	*123300.*	*440.0*

WORST CASE

Centre at (10.00m,99.00m)
Iterations: 50
Net vertical force [kN/m]: 5.373
Net horiz force [kN/m]: 12.76

Radius 34.39m
Horiz acceleration [%g]: 20.00
Slip weight [kN/m] 5645.
Disturbing moment [kNm/m]: 86650.
Restoring moment [kNm/m]: 123300.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 440.0
Factor of Safety: 1.428

The system of interslice and base forces are in equilibrium
when the strengths available at the bases are divided by the computed
factor of safety. The interslice forces shown in the following table
are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Point	Slip surface coordinates x [m]	y [m]	Pore Pressure u [kN/m²]	Interslice forces [kN/m] T	E	E(u)
1	0.07302	66.08	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.2949	66.01	0.0	11.29	10.92	0.0
3	0.3351	66.00	0.0	13.29	12.94	0.0
4	1.744	65.62	0.0	77.69	85.69	0.0
5	3.167	65.30	0.0	130.0	169.9	0.0
6	4.602	65.04	0.0	171.4	261.8	0.0
7	6.048	64.84	0.0	202.8	357.3	0.0
8	7.500	64.70	0.0	224.7	452.3	0.0
9	8.832	64.63	0.0	235.9	543.1	0.0
10	10.17	64.61	0.0	239.2	617.6	0.0
11	11.50	64.65	0.0	242.6	679.7	0.0
12	13.02	64.75	0.0	252.1	738.0	0.0
13	14.53	64.91	0.0	266.4	782.2	0.0
14	16.03	65.15	0.0	284.0	812.0	0.0
15	17.52	65.45	0.0	303.4	827.6	0.0
16	19.00	65.81	0.0	323.2	829.5	0.0
17	20.39	66.22	0.0	340.0	815.0	0.0
18	21.77	66.69	0.0	354.4	789.0	0.0
19	23.12	67.22	0.0	364.8	751.5	0.0
20	24.46	67.80	0.0	370.0	703.1	0.0

21	25.76	68.44	0.0	368.8		644.8	0.0
22	27.04	69.13	0.0	360.1		577.9	0.0
23	28.29	69.88	0.0	343.5		503.9	0.0
24	29.50	70.68	0.0	318.5		424.9	0.0
25	29.90	70.96	0.0	308.5		397.9	0.0
26	30.36	71.29	0.0	296.3		367.2	0.0
27	31.35	72.04	0.0	267.6		301.6	0.0
28	32.31	72.84	0.0	237.1		240.5	0.0
29	33.25	73.67	0.0	205.9		185.1	0.0
30	34.27	74.64	0.0	171.2		130.5	0.0
31	34.50	74.87	0.0	164.6		120.5	0.0
32	35.41	75.83	0.0	137.2		82.73	0.0
33	36.28	76.83	0.0	109.1		50.26	0.0
34	37.12	77.85	0.0	81.36		23.83	0.0
35	37.91	78.91	0.0	55.34		3.965	0.0
36	38.66	80.00	-71.36	32.18		-9.062	0.0
37	39.51	81.35	-83.20	9.704		-15.64	0.0
38	40.29	82.73	-94.99	-5.373		-12.76	0.0

Slice No.	Strength Parameters		Pore Pressure	Slice Weight	Forces on base [kN/m]		
	c' [kN/m²]	Tan phi	[kN/m²]	[kN/m]	Normal	Shear (capacity)	Shear (mobilised)
1	*0.0*	*0.7002*	0.0	*0.6383*	14.63	10.24	7.174
2	*0.0*	*0.7002*	0.0	*0.2521*	2.756	1.929	1.352
3	*0.0*	*0.6249*	0.0	*34.62*	116.6	72.86	51.04
4	*0.0*	*0.6249*	0.0	*85.04*	156.4	97.73	68.46
5	*0.0*	*0.6249*	0.0	*135.1*	195.0	121.8	85.35
6	*0.0*	*0.6249*	0.0	*184.3*	231.9	144.9	101.5
7	*0.0*	*0.6249*	0.0	*232.3*	266.5	166.5	116.6
8	*0.0*	*0.6249*	0.0	*235.3*	280.2	175.1	122.6
9	*0.0*	*0.6249*	0.0	*236.7*	268.5	167.8	117.5
10	*0.0*	*0.6249*	0.0	*236.5*	263.8	164.9	115.5
11	*0.0*	*0.6249*	0.0	*268.5*	300.4	187.7	131.5
12	*0.0*	*0.6249*	0.0	*266.2*	298.1	186.3	130.5
13	*0.0*	*0.6249*	0.0	*261.5*	292.8	183.0	128.2
14	*0.0*	*0.6249*	0.0	*254.4*	284.6	177.9	124.6
15	*0.0*	*0.6249*	0.0	*245.2*	273.7	171.0	119.8
16	*0.0*	*0.6249*	0.0	*232.9*	230.5	144.1	100.9
17	*0.0*	*0.6249*	0.0	*238.8*	232.7	145.4	101.8
18	*0.0*	*0.6249*	0.0	*242.3*	231.6	144.7	101.4
19	*0.0*	*0.6249*	0.0	*243.4*	227.6	142.2	99.61
20	*0.0*	*0.6249*	0.0	*242.1*	220.7	137.9	96.60
21	*0.0*	*0.6249*	0.0	*238.6*	211.3	132.0	92.49
22	*0.0*	*0.6249*	0.0	*233.0*	199.6	124.8	87.39
23	*0.0*	*0.6249*	0.0	*225.3*	186.1	116.3	81.44
24	*0.0*	*0.6249*	0.0	*72.75*	58.52	36.57	25.62
25	*0.0*	*0.6249*	0.0	*80.27*	63.78	39.86	27.92
26	*0.0*	*0.6249*	0.0	*164.1*	127.5	79.64	55.79
27	*0.0*	*0.6249*	0.0	*144.8*	108.7	67.92	47.58
28	*0.0*	*0.6249*	0.0	*125.6*	90.76	56.71	39.73
29	*0.0*	*0.6249*	0.0	*119.2*	82.23	51.38	35.99
30	*0.0*	*0.7673*	0.0	*23.98*	15.99	12.27	8.594
31	*0.0*	*0.7673*	0.0	*88.47*	56.51	43.36	30.37
32	*0.0*	*0.7673*	0.0	*75.09*	44.02	33.78	23.66
33	*0.0*	*0.7673*	0.0	*61.59*	32.26	24.75	17.34
34	*0.0*	*0.7673*	0.0	*48.16*	21.40	16.42	11.50
35	*0.0*	*0.7673*	0.0	*34.98*	11.62	8.913	6.244
36	*0.0*	*0.7673*	0.0	*25.20*	2.659	2.040	1.429
37	*0.0*	*0.7673*	0.0	*7.951*	-7.497	-5.753	-4.030

Slice No.	Surface Load [kN/m_hor/m]		Point Load [kN/m]		Water Pressure on ground surface [kN/m_hor/m]	
	Vert	Horiz	Vert	Horiz	Vert	Horiz
1	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
2	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
3	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
4	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
5	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
6	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
7	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
8	*20.00*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
9	*20.00*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
10	*20.00*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
11	*20.00*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
12	*20.00*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
13	*20.00*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0

14	*20.00*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
15	*20.00*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
16	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
17	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
18	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
19	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
20	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
21	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
22	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
23	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
24	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
25	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
26	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
27	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
28	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
29	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
30	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
31	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
32	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
33	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
34	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
35	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
36	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0
37	*0.0*	*0.0*	0.0	0.0	0.0	0.0

Reinforcement Results

Name	Level	Maximum Possible Capacity	For this slip surface: Actual Capacity	Governing Criterion	Applied Prestress	Additional Capacity
	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
Geotextile Geolon PP 100	73.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	73.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	72.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	72.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	71.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	71.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	70.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	70.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	69.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	69.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0
Geotextile Geolon PP 100	68.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0

Geotextile Geolon PP 100	68.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0	
Geotextile Geolon PP 100	67.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0	
Geotextile Geolon PP 100	67.00	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0	
Geotextile Geolon PP 100	66.50	100.0	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0	
Geotextile Geolon PP 80	79.50	80.00	22.56	Pullout	0.0	22.56	
Geotextile Geolon PP 80	78.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0	
Geotextile Geolon PP 80	77.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0	
Geotextile Geolon PP 80	76.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0	
Geotextile Geolon PP 80	75.50	80.00	0.0	No intersection with slip surface	0.0	0.0	

Analiz 5.5

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 100
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 15.00

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 400
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture	Extrapolation of Test Data	Damage	Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLS (all	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

factors=1.0)

Material properties

No	Description	Unit Weight		Shear Strength Parameters		
		Above GWL	Below GWL	Condition	Phi or Phi0	c or c0'
		[kN/m3]	[kN/m3]		[°]	[kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum	X -->	0.0	7.500	10.00	11.50	19.00	20.00	29.50
1		66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2		66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3		66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4		66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.
5		66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1		66.00	.	66.40	.	.	69.30	.

Stratum	X -->	29.90	33.25	34.50	35.00	39.90	40.50	43.20
1		.	.	80.00	.	.	.	.
2		.	.	80.00	.	.	80.00	.
3		.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4		.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5		.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1		71.20	.	.	.	73.10	.	.

Stratum	X -->	43.30	49.90	50.00	55.84	60.00	62.50	70.00
1		.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2		.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3		.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4		.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5		82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1		.	76.40	.	.	79.80	.	82.90

Stratum	X -->	75.00	80.00
1		95.34	96.00
2		95.34	96.00
3		95.34	96.00
4		95.34	96.00
5		95.34	96.00
GWL 1		.	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area		Distributed load		Dead / Live load	Use in pull-out calc
	X1 [m]	X2 [m]	Vert [kN/m²]	Horiz [kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Reinforcement

Geotextile Geolon PP 100

Layers	Level of	Vertical Spacing	Length	Offset from	Angle from

	top layer [m]	[m]	Top [m]	Btm [m]	surface [m]	horiz [°]
15	73.50	0.5000	19.00	19.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	100.0	0.0	SLS (all factors=1.0)

Geotextile Geolon PP 80

Layers	Level of top layer [m]	Vertical Spacing [m]	Length Top [m]	Btm [m]	Offset from surface [m]	Angle from horiz [°]
5	79.50	1.000	10.00	10.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	80.00	0.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 9.00 m y = 134.00 m
All circles pass through common point at x = 0.00 m, y = 66.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
9.000	134.0	68.49	*9297.*	1.368	282300.	*386300.*	*0.0*

WORST CASE

Centre at (9.000m,134.0m)
Radius 68.49m
Iterations: 55
Horiz acceleration [%g]: 15.00
Net vertical force [kN/m]: 26.58
Slip weight [kN/m] 9297.
Net horiz force [kN/m]: 68.21
Disturbing moment [kNm/m]: 282300.
Restoring moment [kNm/m]: 386300.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 0.0
Factor of Safety: 1.368

The system of interslice and base forces are in equilibrium when the strengths available at the bases are divided by the computed factor of safety. The interslice forces shown in the following table are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Slip surface coordinates Point	x [m]	y [m]	Pore Pressure u [kN/m²]	Interslice forces [kN/m] T	E	E(u)
1	0.08343	66.09	0.0	0.0	0.0	0.0

2	0.5949	66.02	0.0	13.70	10.95	0.0
3	0.7896	66.00	0.0	18.63	15.70	0.0
4	3.021	65.77	0.0	65.49	83.21	0.0
5	5.258	65.61	0.0	95.66	179.0	0.0
6	7.500	65.52	0.0	111.2	295.8	0.0
7	9.500	65.51	0.0	113.7	417.2	0.0
8	11.50	65.55	0.0	118.1	526.5	0.0
9	13.41	65.65	0.0	127.4	620.9	0.0
10	15.31	65.80	0.0	141.0	705.4	0.0
11	17.21	66.00	0.0	158.2	779.3	0.0
12	18.80	66.21	0.0	177.0	848.5	0.0
13	19.00	66.24	0.0	179.8	858.2	0.0
14	19.59	66.33	0.0	187.4	882.1	0.0
15	21.59	66.67	0.0	210.6	926.7	0.0
16	23.59	67.08	0.0	235.7	962.6	0.0
17	25.58	67.54	0.0	261.7	987.7	0.0
18	27.55	68.06	0.0	287.2	1001.	0.0
19	29.50	68.65	0.0	310.8	999.7	0.0
20	31.38	69.27	0.0	331.1	985.9	0.0
21	33.25	69.94	0.0	348.2	961.3	0.0
22	34.50	70.43	0.0	358.1	939.7	0.0
23	35.00	70.63	0.0	361.6	930.0	0.0
24	36.65	71.34	0.0	370.6	892.2	0.0
25	38.29	72.08	0.0	375.4	846.7	0.0
26	39.90	72.87	0.0	375.6	794.2	0.0
27	40.50	73.18	0.0	374.4	772.9	0.0
28	41.11	73.50	0.0	372.4	750.2	0.0
29	43.20	74.66	0.0	359.8	665.8	0.0
30	43.30	74.71	0.0	359.0	661.6	0.0
31	45.02	75.74	0.0	341.0	584.7	0.0
32	46.71	76.82	0.0	316.7	504.6	0.0
33	48.37	77.95	0.0	286.7	422.8	0.0
34	50.00	79.13	0.0	251.6	341.2	0.0
35	51.51	80.29	0.0	214.1	265.4	0.0
36	52.99	81.50	0.0	173.4	192.4	0.0
37	54.43	82.74	0.0	130.4	123.8	0.0
38	55.84	84.03	0.0	86.39	60.68	0.0
39	57.32	85.45	0.0	42.41	3.756	0.0
40	58.76	86.93	0.0	7.483	-37.10	0.0
41	60.15	88.44	0.0	-16.20	-61.19	0.0
42	61.49	90.00	-97.37	-26.58	-68.21	0.0

Slice No.	**Strength Parameters**		**Pore Pressure**	**Slice Weight**	**Forces on base [kN/m]**		
	c' [kN/m²]	**Tan phi**	[kN/m²]	[kN/m]	**Normal**	**Shear (capacity)**	**Shear (mobilised)**
1	*0.0*	*0.7002*	0.0	*2.967*	18.13	12.69	9.277
2	*0.0*	*0.7002*	0.0	*2.688*	8.244	5.773	4.219
3	*0.0*	*0.6249*	0.0	*90.95*	146.0	91.25	66.69
4	*0.0*	*0.6249*	0.0	*200.6*	239.5	149.7	109.4
5	*0.0*	*0.6249*	0.0	*307.8*	329.5	205.9	150.5
6	*0.0*	*0.6249*	0.0	*322.0*	365.7	228.5	167.0
7	*0.0*	*0.6249*	0.0	*321.4*	362.3	226.4	165.5
8	*0.0*	*0.6249*	0.0	*306.0*	345.9	216.1	158.0
9	*0.0*	*0.6249*	0.0	*305.0*	345.4	215.8	157.7
10	*0.0*	*0.6249*	0.0	*301.9*	342.4	214.0	156.4
11	*0.0*	*0.7002*	0.0	*249.8*	283.9	198.8	145.3
12	*0.0*	*0.7673*	0.0	*30.78*	35.01	26.86	19.63
13	*0.0*	*0.7673*	0.0	*92.44*	93.32	71.61	52.34
14	*0.0*	*0.6249*	0.0	*336.6*	338.5	211.5	154.6
15	*0.0*	*0.6249*	0.0	*363.2*	362.7	226.7	165.7
16	*0.0*	*0.6249*	0.0	*386.7*	383.0	239.3	174.9
17	*0.0*	*0.6249*	0.0	*407.1*	399.3	249.5	182.3
18	*0.0*	*0.6249*	0.0	*424.4*	411.6	257.2	188.0
19	*0.0*	*0.6249*	0.0	*406.4*	390.5	244.0	178.3
20	*0.0*	*0.6249*	0.0	*377.0*	359.8	224.8	164.3
21	*0.0*	*0.6249*	0.0	*237.5*	225.3	140.8	102.9
22	*0.0*	*0.6249*	0.0	*92.56*	87.46	54.65	39.94
23	*0.0*	*0.6249*	0.0	*306.6*	287.3	179.5	131.2
24	*0.0*	*0.6249*	0.0	*302.9*	279.9	174.9	127.8
25	*0.0*	*0.6249*	0.0	*297.4*	270.8	169.2	123.7
26	*0.0*	*0.6249*	0.0	*109.9*	98.95	61.83	45.19
27	*0.0*	*0.6249*	0.0	*111.4*	99.67	62.28	45.52
28	*0.0*	*0.6249*	0.0	*375.7*	331.3	207.0	151.3
29	*0.0*	*0.6249*	0.0	*17.77*	15.47	9.667	7.065
30	*0.0*	*0.6249*	0.0	*301.8*	259.7	162.3	118.6
31	*0.0*	*0.6249*	0.0	*287.2*	241.5	150.9	110.3

32	*0.0*	*0.6249*	0.0	*270.7*	222.0	138.7	101.4
33	*0.0*	*0.6249*	0.0	*252.5*	201.5	125.9	92.04
34	*0.0*	*0.6249*	0.0	*221.8*	171.9	107.4	78.53
35	*0.0*	*0.6249*	0.0	*203.5*	152.9	95.54	69.83
36	*0.0*	*0.6249*	0.0	*184.1*	133.6	83.50	61.02
37	*0.0*	*0.6249*	0.0	*163.9*	114.3	71.45	52.22
38	*0.0*	*0.6249*	0.0	*144.0*	96.28	60.16	43.97
39	*0.0*	*0.6249*	0.0	*101.2*	64.42	40.25	29.42
40	*0.0*	*0.6249*	0.0	*59.56*	35.18	21.98	16.07
41	*0.0*	*0.6249*	0.0	*19.37*	8.715	5.446	3.980

Analiz 5.6

General Parameters

Direction of slip: DOWNHILL
Minimum slip weight [kN/m] : 100
Type of analysis : PSEUDO-STATIC
Horizontal acceleration (%g): 30.50

Analysis Options

Factor of safety on : SHEAR STRENGTH
Minimum number of slices: 25
Method: Bishop (Variably inclined interslice forces)
Maximum number of iterations: 400
Reinforcement: ACTIVE

Method Partial Factors

Current selection: SLS
Factor on DEAD LOAD: 1.0
Factor on LIVE LOAD: 1.0
Factor on SOIL UNIT WEIGHT: 1.0
Factor on DRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on UNDRAINED SOIL COHESION: 1.0
Factor on SOIL FRICTION ANGLE: 1.0
Moment correction factor: 1.00
Factor on reinforcement pullout: 1.00
Economic ramification of failure: 1.00
Sliding along reinforcement: 1.00

Material Partial Factors

Description	Friction Interaction	Adhesion Interaction	Creep Reduction	Manufacture	Extrapolation of Test Data	Damage Environment
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00 1.00
SLS (all factors=1.0)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00 1.00

Material properties

No	Description	Unit Weight Above GWL [kN/m3]	Unit Weight Below GWL [kN/m3]	Shear Strength Parameters Condition	Phi or Phi0 [°]	c or c0' [kN/m²]
1	Ön Dolgu	20.00	20.00	Drained - linear strength	37.50	0.0
2	Ön Topuk	19.00	19.00	Drained - linear strength	35.00	0.0
3	Dogal Zemin	18.50	18.50	Drained - linear strength	32.00	0.0

Coordinates of top of soil strata

The units of the following coordinates are in m

Stratum X -->	0.0	7.500	10.00	11.50	19.00	20.00	29.50

1	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
2	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	80.00
3	66.00	74.00	.	74.00	74.00	.	.
4	66.00	74.00	.	74.00	66.00	.	.
5	66.00	.	.	.	66.00	.	.
GWL 1	66.00	.	66.40	.	.	69.30	.

Stratum	**X -->**						
	29.90	**33.25**	**34.50**	**35.00**	**39.90**	**40.50**	**43.20**
1	.	.	80.00	.	.	.	.
2	.	.	80.00	.	.	80.00	.
3	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
4	.	74.00	.	75.10	.	80.00	82.00
5	.	74.00	.	75.10	.	80.00	.
GWL 1	71.20	.	.	.	73.10	.	.

Stratum	**X -->**						
	43.30	**49.90**	**50.00**	**55.84**	**60.00**	**62.50**	**70.00**
1	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
2	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
3	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
4	.	.	87.30	90.00	.	90.00	.
5	82.00	.	87.30	90.00	.	90.00	.
GWL 1	.	76.40	.	.	79.80	.	82.90

Stratum	**X -->**	
	75.00	**80.00**
1	95.34	96.00
2	95.34	96.00
3	95.34	96.00
4	95.34	96.00
5	95.34	96.00
GWL 1	.	84.50

Piezometers

Stratum-linked data

No.	Material	Water table	Piezo Set/ Ru value
1	Ön Dolgu	Single	-
2	Ön Dolgu	-	-
3	Ön Dolgu	-	-
4	Ön Topuk	-	-
5	Dogal Zemin	-	-

Surface Loads

No.	Limits of loaded area		Distributed load		Dead / Live load	Use in pull-out calc
	X1	X2	Vert	Horiz		
	[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]		
1	7.500	19.00	20.00	0.0	Dead	No

Reinforcement

Geotextile Geolon PP 100

Layers	Level of top layer	Vertical Spacing	Length		Offset from surface	Angle from horiz
	[m]	[m]	Top [m]	Btm [m]	[m]	[°]
15	73.50	0.5000	19.00	19.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength	Prestress	Grout Diameter
	[kN/m]	[kN]	[mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Material Partial Factor
[m]	[kN]	[kN]	
0.0	100.0	0.0	SLS (all factors=1.0)

Geotextile Geolon PP 80

Layers	Level of top layer	Vertical Spacing	Length	Offset from surface	Angle from horiz

	[m]	[m]	Top [m]	Btm [m]	[m]	[°]
5	79.50	1.000	10.00	10.00	0.0	0

Bond Length	Bond Strength [kN/m]	Prestress [kN]	Grout Diameter [mm]
0.0m	0.0	0.0	0.0

Out of plane spacing [m]	Tensile Capacity [kN]	Plate Capacity [kN]	Material Partial Factor
0.0	80.00	0.0	SLS (all factors=1.0)

Slip Surface Specification

Circle centre specification: SINGLE
Circle centre co-ordinates: x = 9.00 m y = 154.00 m
All circles pass through common point at x = 0.00 m, y = 66.10 m

RESULTS OF ANALYSIS

In the following tables, values in italics are factored values using the currently selected Method Partial Factors.

Slip Centre x [m]	Slip Centre y [m]	Radius [m]	Slip Weight [kN/m]	Comment/ FoS	Disturbing Moment [kNm/m]	Soil Strength Restoring Moment [kNm/m]	Reinforcement Restoring Moment [kNm/m]
9.000	154.0	88.36	*12000.*	1.000	610900.	*610900.*	*0.0*

WORST CASE

Centre at (9.000m,154.0m)
Iterations: 86
Net vertical force [kN/m]: 39.73
Net horiz force [kN/m]: 101.3

Radius 88.36m
Horiz acceleration [%g]: 30.50
Slip weight [kN/m] 12000.
Disturbing moment [kNm/m]: 610900.
Restoring moment [kNm/m]: 610900.
Reinf.Rest.Moment [kNm/m]: 0.0
Factor of Safety: 1.000

The system of interslice and base forces are in equilibrium when the strengths available at the bases are divided by the computed factor of safety. The interslice forces shown in the following table are in equilibrium with the factored strengths of the soil at the bases of slices.

Point	Slip surface coordinates x [m]	y [m]	Pore Pressure u [kN/m²]	Interslice forces [kN/m] T	E	E(u)
1	0.08558	66.09	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.7234	66.03	0.0	26.34	25.04	0.0
3	1.037	66.00	0.0	38.48	38.31	0.0
4	3.188	65.83	0.0	108.9	131.8	0.0
5	5.343	65.72	0.0	156.4	242.8	0.0
6	7.500	65.65	0.0	182.0	365.7	0.0
7	9.500	65.64	0.0	186.5	497.8	0.0
8	11.50	65.68	0.0	190.7	618.3	0.0
9	14.23	65.80	0.0	205.0	770.2	0.0
10	16.96	66.00	0.0	228.1	906.2	0.0
11	18.82	66.19	0.0	250.9	1014.	0.0
12	19.00	66.21	0.0	253.4	1026.	0.0
13	19.47	66.26	0.0	259.8	1051.	0.0
14	21.99	66.60	0.0	291.1	1129.	0.0
15	24.51	67.01	0.0	327.4	1199.	0.0
16	27.01	67.50	0.0	367.1	1256.	0.0
17	29.50	68.05	0.0	408.4	1297.	0.0
18	31.38	68.52	0.0	439.4	1315.	0.0
19	33.25	69.03	0.0	469.3	1322.	0.0
20	34.50	69.40	0.0	488.5	1321.	0.0
21	35.00	69.55	0.0	496.1	1319.	0.0
22	37.77	70.45	0.0	534.6	1296.	0.0
23	40.50	71.45	0.0	565.6	1250.	0.0
24	43.20	72.53	0.0	586.6	1180.	0.0
25	43.30	72.57	0.0	587.2	1177.	0.0

26	45.53	73.54	0.0	595.2	1102.	0.0
27	47.73	74.58	0.0	593.7	1013.	0.0
28	49.90	75.68	0.0	581.9	912.1	0.0
29	50.00	75.73	0.0	581.1	907.2	0.0
30	51.65	76.62	0.0	564.2	821.8	0.0
31	53.29	77.54	0.0	540.7	731.2	0.0
32	55.84	79.08	0.0	489.6	579.1	0.0
33	58.11	80.54	0.0	433.6	443.1	0.0
34	60.33	82.08	0.0	375.5	320.4	0.0
35	62.50	83.68	0.0	318.5	215.5	0.0
36	64.73	85.44	0.0	257.6	120.9	0.0
37	66.91	87.26	0.0	193.1	38.97	0.0
38	69.03	89.16	0.0	127.8	-27.03	0.0
39	71.08	91.13	0.0	65.11	-74.10	0.0
40	73.08	93.16	0.0	8.651	-99.70	0.0
41	75.00	95.25	0.0	-37.85	-101.9	0.0
42	75.09	95.35	-116.4	-39.73	-101.3	0.0

Slice No.	**Strength Parameters**		**Pore Pressure**	**Slice Weight**	**Forces on base [kN/m]**		
	c' [kN/m²]	**Tan phi**	[kN/m²]	[kN/m]	**Normal**	**Shear (capacity)**	**Shear (mobilised)**
1	*0.0*	*0.7002*	0.0	*4.500*	33.44	23.41	23.41
2	*0.0*	*0.7002*	0.0	*5.507*	19.03	13.33	13.33
3	*0.0*	*0.6249*	0.0	*95.46*	175.4	109.6	109.6
4	*0.0*	*0.6249*	0.0	*195.3*	252.0	157.4	157.4
5	*0.0*	*0.6249*	0.0	*293.3*	325.1	203.1	203.1
6	*0.0*	*0.6249*	0.0	*317.1*	362.9	226.8	226.8
7	*0.0*	*0.6249*	0.0	*316.6*	357.1	223.1	223.1
8	*0.0*	*0.6249*	0.0	*432.9*	489.0	305.6	305.6
9	*0.0*	*0.6249*	0.0	*431.9*	488.2	305.1	305.1
10	*0.0*	*0.7002*	0.0	*292.2*	330.5	231.4	231.4
11	*0.0*	*0.7673*	0.0	*27.53*	31.16	23.91	23.91
12	*0.0*	*0.7673*	0.0	*73.92*	74.20	56.93	56.93
13	*0.0*	*0.6249*	0.0	*430.3*	429.9	268.6	268.6
14	*0.0*	*0.6249*	0.0	*478.2*	473.1	295.6	295.6
15	*0.0*	*0.6249*	0.0	*521.5*	510.1	318.7	318.7
16	*0.0*	*0.6249*	0.0	*560.2*	540.9	338.0	338.0
17	*0.0*	*0.6249*	0.0	*428.8*	410.0	256.2	256.2
18	*0.0*	*0.6249*	0.0	*406.5*	386.4	241.5	241.5
19	*0.0*	*0.6249*	0.0	*259.9*	245.9	153.7	153.7
20	*0.0*	*0.6249*	0.0	*102.3*	96.47	60.28	60.28
21	*0.0*	*0.6249*	0.0	*575.7*	536.9	335.5	335.5
22	*0.0*	*0.6249*	0.0	*582.1*	531.8	332.3	332.3
23	*0.0*	*0.6249*	0.0	*583.2*	520.7	325.4	325.4
24	*0.0*	*0.6249*	0.0	*21.72*	19.15	11.96	11.96
25	*0.0*	*0.6249*	0.0	*484.5*	422.2	263.8	263.8
26	*0.0*	*0.6249*	0.0	*477.7*	406.8	254.2	254.2
27	*0.0*	*0.6249*	0.0	*467.7*	388.3	242.6	242.6
28	*0.0*	*0.6249*	0.0	*21.41*	17.53	10.95	10.95
29	*0.0*	*0.6249*	0.0	*351.9*	284.7	177.9	177.9
30	*0.0*	*0.6249*	0.0	*343.4*	271.5	169.7	169.7
31	*0.0*	*0.6249*	0.0	*524.5*	401.5	250.9	250.9
32	*0.0*	*0.6249*	0.0	*427.3*	314.9	196.8	196.8
33	*0.0*	*0.6249*	0.0	*357.0*	253.7	158.5	158.5
34	*0.0*	*0.6249*	0.0	*286.3*	194.9	121.8	121.8
35	*0.0*	*0.6249*	0.0	*244.8*	156.7	97.92	97.92
36	*0.0*	*0.6249*	0.0	*204.2*	119.4	74.59	74.59
37	*0.0*	*0.6249*	0.0	*161.5*	82.58	51.60	51.60
38	*0.0*	*0.6249*	0.0	*117.2*	46.95	29.34	29.34
39	*0.0*	*0.6249*	0.0	*71.81*	13.04	8.150	8.150
40	*0.0*	*0.6249*	0.0	*25.78*	-18.62	-11.64	-11.64
41	*0.0*	*0.6249*	0.0	*0.07328*	-1.616	-1.010	-1.010

ÖZGEÇMİŞ

Onur ÖZKOL, 21 Ağustos 1979 tarihinde Bursa'da doğdu. Ortaöğrenimini 1997 yılında Bursa Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesi'nde, yükseköğrenimini 2002 yılında Ege Üniversite'nde tamamladı. 2002 yılında İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Fakültesi Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği yüksek lisans programına kayıt oldu.