



SETAF

SETAF2018

Geoteknik Mühendisliği

Kullanıcı El Kitabı



İçindekiler

1. YAZILIM ÖZELLİKLERİ	1
1.1. Sistem Gereksinimleri	3
1.2. Yazılım Paketi	3
1.3. Genel Özellikler	4
2. MALZEMELER	5
2.1. Fiziksel Özellikler	7
2.2. Mekanik Özellikler	9
2.3. In situ (Yerinde Özellikler)	11
2.4. Korelasyonlar	13
2.5. Derin Karıştırma	17
2.6. Jet Enjeksiyonu	18
2.7. Analiz ve Hesaplarda Kullanılan Zemin Özellikleri	20
3. SONDAJ KUYULARI	23
3.1. Zemin Tabakalarının Tanımlanması	25
3.2. SPT Profilinin Tanımlanması	27
3.3. MPM Profilinin Tanımlanması	28
4. TEMELLER	29
4.1. Dikdörtgen Temel Geometrisi	31
4.2. Yüklemeler ve Özellikleri	31
4.3. Yüzeysel Temel Özellikleri	33
4.4. Derin Temel – Zemin İyileştirme Özellikleri	34
4.4.1. Dikdörtgen Temele Rijit Kolon Ekleme	35
4.5. Poligon Biçimli Temel Geometrisi	35
4.5.1. Poligon veya Daire Temele Kazık Ekleme	36
5. DUVARLAR	37
5.1. Duvar Grupları	38
5.2. Kesit	39
5.2.1. Duvar Özellikleri	41
5.2.2. Çelik Halatlı Ankraj Özellikleri	42
5.2.3. Betonarme Donatılı Zemin Çivisi Özellikleri	46
5.2.4. Çelik Boru Destek Özellikleri	52
6. ŞEV/YAMAÇ STABİLİTESİ	60
7. LABARATUVAR DENEYLERİ	65



7.1.	Konsolidasyon Deneyi	66
8.	ANALİZLER	72
8.1.	Temel Analizleri	72
8.2.	Kazı Destek Duvarı Analizleri.....	85
8.3.	Şev Stabilite Hesapları	90
9.	RAPORLAR	90
9.1.	Temel Genel Raporu	91
9.2.	Dsm Karışım Hesapları Lokal Raporu.....	92
9.3.	Kazı Destek Yapıları Genel Raporu	93
9.4.	Sıvılaşma Analizi Lokal Raporu	94
9.5.	Şev Analizi Lokal Raporu.....	95
9.6.	Ankraj ve Destek Tasarımları Lokal Raporu.....	95
9.7.	Geoteknik Raporlar	96
10.	ÇİZİM ve METRAJLAR.....	100
10.1.	Temellerin Çizim ve Metrajları	100
10.2.	Kazı Destek Yapılarının Çizim ve Metrajları	101
11.	ANALİZ AYARLARI	106
12.	VERİ TABLOLARI	112
13.	GRAFİKLER.....	113
13.1.	Toplam, Efektif, Boşluk Suyu Basıncı, Yatay Efektif, Yatay Toplam Gerilme Diyagramları.....	113
13.2.	SPT.....	113
13.3.	MPM.....	114
13.4.	Su İçeriği, Kıvam limitleri, Plastisite İndisi	114
13.5.	Boşluk Oranı, Porozite, Doygunluk Derecesi.....	115
13.6.	Drenajsız Kayma Direnci, Deformasyon Modülleri.....	115
13.7.	Ön Konsolidasyon Basıncı, Sıkışma İndisleri	116
14.	ARAÇLAR	117
15.	STANDARTLAR ve ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	118
15.1.	Güvenlik Sayına göre Analiz	118
15.2.	Limit Durumlara göre Analiz.....	119
15.3.	EN 1997'ye Uygunluk.....	119
15.3.1.	Tasarım Durumları	119
15.3.2.	Geoteknik Tasarım Hesapları	120



15.3.3.	Gerilme-deformasyon Yöntemi.....	120
15.3.4.	Drenajsız Oturma.....	120
15.3.5.	Konsolidasyon Oturmaları	121
15.3.6.	Oturma-Zaman Davranışı	121
15.3.7.	Tasarım Yaklaşımı 2	122
15.3.8.	Yüzeysel Temeller.....	122
15.3.9.	Rijit Kolonlu Temeller	122
15.3.10.	Kazı Destek Yapıları	122
15.3.11.	Yamaç/Şev Stabilitesi	122
15.4.	TBDY'ye Uygunluk.....	123
15.5.	FHWA'ye Uygunluk.....	123
15.6.	“Kazı Destek Yapıları ve Tasarım ve Uygulama Esasları” Yönetmeliğine Uygunluk 123	
16.	TEORİ	123
16.1.	Doğal Gerilmeler	124
16.2.	Kitle Gerilmeleri.....	125
16.2.1.	Boussinesq ile Gerilme Artışları.....	126
16.2.2.	Mindlin-Geddes ile Gerilme Artışları.....	128
16.2.2.1.	Noktasal Yükleme.....	130
16.2.2.2.	Düşey Eksen Boyunca Düzgün Yayılı Yükleme.....	131
16.2.2.3.	Düşey Eksen Boyunca Doğrusal Artan Yükleme	134
16.2.3.	Gurup Rijit Kolon Sisteminde Gerilme Artışları	137
16.3.	Oturmalar	139
16.3.1.	Elastik (anı/drenajsız) Oturmalar.....	140
16.3.2.	Konsolidasyon Oturmaları	141
16.3.3.	Oturma-Zaman Analizi ve Grafikleri.....	143
16.3.4.	Yüzeysel Temellerde Oturma	146
16.3.5.	Rijit Kolon Gruplarında Oturma	147
16.4.	Yüzeysel Temelin Taşıma Gücü	151
16.4.1.	Terzaghi Yöntemi	152
16.4.2.	Meyerhof Yöntemi.....	156
16.4.3.	Vesic Yöntemi	159
16.4.4.	Kumda SPT ile Taşıma Gücü	161
16.5.	Derin Temelin Taşıma Gücü	161



16.5.1.	Alpha Yöntemi.....	162
16.5.2.	Lambda Yöntemi.....	163
16.5.3.	Beta Yöntemi.....	164
16.5.4.	Kazık Gruplarının Taşıma Gücü	166
16.6.	Yatak Katsayılarının Elde Edilmesi	166
16.6.1.	Yüzeysel Temel Oturmalarından	167
16.6.2.	Vesic Denkleminde	168
16.6.3.	Plaka Taşıma Deneyinden	169
16.6.4.	Rijit Kolon Çevre Direnci için Düşey Yatak Katsayısı	169
16.6.5.	Rijit Kolon Uç Direnci için Düşey Yatak Katsayısı.....	170
16.6.6.	Rijit Kolon Yatay Yatak Katsayısı	170
16.7.	Zemin İyileştirme.....	171
16.7.1.	Derin Karıştırma Yöntemi.....	172
16.7.2.	Jet Enjeksiyon Yöntemi	178
16.8.	Negatif Çeper Sürtünmesi	178
16.8.1.	Yansız Düzlem	180
16.8.2.	Negatif Çeper Sürtünmesi ile Oluşacak Oturmalar	181
16.9.	Presiyometre Düzeltmeleri (MPM).....	184
16.10.	SPT Düzeltmeleri.....	184
16.11.	Sıvılaşma Kontrolü.....	185
16.11.1.	Adapazarı Kriteri	185
16.11.2.	TBDY2018’de Sıvılaşma Kriteri	186
16.11.3.	İri Daneli Zeminde Sıvılaşma Değerlendirmesi.....	187
16.11.4.	Sıvılaşma Sonucu Oturma	188
16.11.5.	İyileştirilmiş Zeminde Sıvılaşma Değerlendirmesi	189
16.12.	Korelasyonlar.....	191
16.13.	Kazı Destek Yapıları	193
16.13.1.	Sayısal Analiz Modeli	194
16.13.2.	Bağlı Basınçlar Yöntemi	196
16.13.3.	Yatay Yatak Katsayıları	198
16.13.3.1.	Schmitt Yöntemi	198
16.13.3.2.	Chadeisson Yöntemi.....	198
16.13.4.	Toprak Basınçları.....	199
16.13.5.	Rankine Teorisi.....	199



16.13.6.	Coulomb Teorisi	200
16.13.7.	Toplam Gerilmelerle Basınç Katsayıları.....	200
16.13.8.	Sükunette Toprak Basıncı Katsayısı.....	201
16.13.9.	Sürşarj Yükleri(Dış yükler).....	201
16.13.9.1.	Noktasal Yük.....	201
16.13.9.2.	Çizgi Yük.....	202
16.13.9.3.	Alan Yük	203
16.13.9.4.	Şerit Yük.....	203
16.13.9.5.	Trapez Yük.....	204
16.13.10.	Deprem Etkisi	205
16.13.10.1.	Mononobe-Okabe Yöntemi.....	207
16.13.10.2.	Statik – Eşdeğer Deprem Yükleme	208
16.13.11.	Ankraj Enjeksiyon Gövdesi-Zemin Arayüzü Sıyırılma Yenilmesi	208
16.13.12.	Tendon Çekme Yenilmesi	210
16.13.13.	Ankraj Tendon-Ejeksiyon Gövdesi Sıyırılma Kontrolü	211
16.13.14.	Destek Yapısı Arkasında Düşey Yerdeğiştirmeler	212
16.13.15.	Soket Boyu Hesabı.....	212
16.13.16.	Ankraj İç Stabilitesi	213
16.13.17.	Çelik Boru Desteklerde Etkiler	215
16.13.18.	Çelik Boru Enkesitli Yatay Destek Elemanının Tasarımı	217
16.13.19.	Çelik Boru Desteğın Eleman/Duvar Birleşim Tasarımı.....	221
16.14.	Şev ve Yamaç Stabilitesi	228
16.14.1.	Ankrajlar.....	229
16.14.2.	Zemin Çivileri.....	229
16.14.3.	Sürşarj Yükleri.....	230
16.14.4.	OMS/Fellenius Yöntemi.....	231
16.14.5.	Sadeleştirilmiş Bishop Yöntemi.....	232
16.15.	Laboratuvar Deneyleri.....	232
16.15.1.	Konsolidasyon Deneyi	233
KAYNAKÇA		241



1. YAZILIM ÖZELLİKLERİ

SETAF2018, geoteknik mühendisliği alanında kapsamlı analiz, tasarım, çizim ve raporlama işlemlerini gerçekleştiren bir yazılımdır. Temel ve kazı destek sistemlerinden şev stabilitesi analizlerine, laboratuvar deneylerinden mühendislik raporlamalarına kadar geniş bir yelpazede çözümler sunar. Kullanıcı dostu arayüzü ve güçlü hesaplama altyapısı sayesinde mühendislerin projelerini güvenilir ve hızlı bir şekilde tamamlamasına olanak tanır.

Genel Özellikler:

- Geoteknik analiz, tasarım, proje çizimi, hesap ve metraj işlemleri
- Yüzeysel ve derin temellerin oturma ve taşıma gücü analizleri
- Fore kazıklı, ankrajlı, zemin çivili ve betonarme perde destekli kazı sistemlerinin modellenmesi, analizleri ve tasarımı
- Yamaç ve şev stabilitesi analizleri (Limit denge yöntemleri ile)
- Sıvılaşma hesapları
- Geoteknik raporlar için detaylı tablo, grafik ve mühendislik hesapları oluşturma

Temel Sistemleri:

- **Analiz, tasarım ve çizim:**
 - Yüzeysel temeller (Radye, tekil ve sürekli temel)
 - Kazıklı ve mikro kazıklı temeller
 - Derin karıştırma kolonlu sistemler
 - Jet enjeksiyon kolonlu sistemler
 - Taş kolon uygulamaları

Kazı Destek Sistemleri:

- **Modelleme, analiz, tasarım ve çizim:**
 - Fore kazıklı duvarlar



- Ankrajlı kazı destek yapıları
- Zemin çivili kazı destek yapıları
- Betonarme perde duvarlar

Şev ve Yamaç Stabilite Analizleri:

- **Analiz, tasarım ve güvenlik değerlendirmesi:**
 - Limit denge yöntemleri ile stabilite analizi
 - Kayma yüzeylerinin belirlenmesi
 - Güvenlik katsayısının hesaplanması

Laboratuvar Deneyleri:

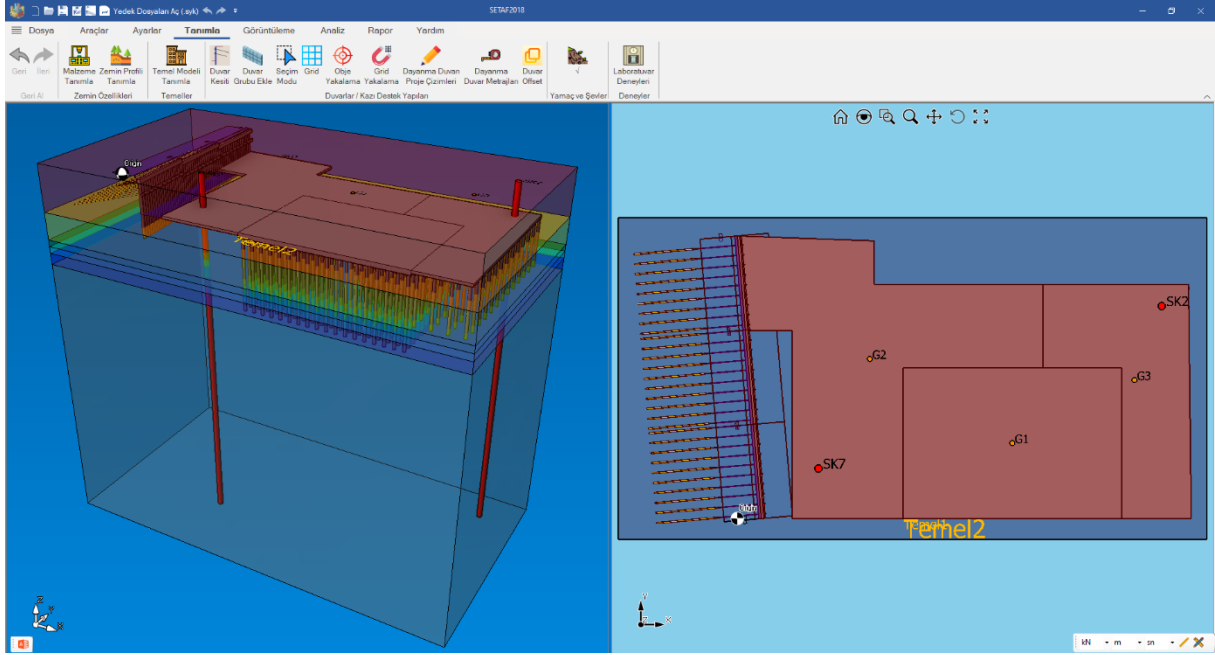
- **Geoteknik parametrelerin belirlenmesi için deney analizleri:**
 - Konsolidasyon deneyi

Proje Çizimleri ve Metraj:

- **Otomatik mühendislik çizimleri ve kesit oluşturma:**
 - Temel sistemlerine ait detay çizimleri
 - Kazı destek sistemlerine ait kesit ve donatı detayları
 - Şev stabilitesi analizlerine ait grafiksel değerlendirmeler
 - Çizim ve metraj çıktılarının oluşturulması

Raporlama ve Görselleştirme:

- **Detaylı teknik rapor ve mühendislik çıktıları:**
 - Analiz sonuçlarını içeren mühendislik tabloları ve grafikler
 - Teknik rapor oluşturma ve çıktı alma
 - Proje bazlı veri yönetimi



Şekil 1 Program Arayüzü

1.1. Sistem Gereksinimleri

SETAF2018'in stabil ve verimli çalışabilmesi için aşağıdaki **minimum sistem gereksinimleri** sağlanmalıdır:

- İşletim Sistemi: Windows 10 (64-bit) veya üstü
- Bellek (RAM): Minimum 16 GB
- Ekran Çözünürlüğü: En az 1920 x 1080
- İnternet Bağlantısı

Bu gereksinimler, programın optimum performansla çalışmasını sağlamak için belirlenmiştir. Daha yüksek donanım özellikleri, analiz sürelerini ve işlem hızını artıracaktır.

1.2. Yazılım Paketi

SETAF2018 kurulum paketi içeriği:

- SETAF2018 kurulum dosyaları
- LicenseManager yazılımı



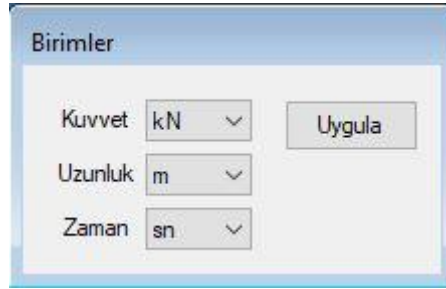
SETAF2018

- SupportCenter yazılımı
- Kullanım kılavuzu
- Lisans sözleşmesi

UserID ve key değerleri, lisans kartı ile e-posta olarak gönderilir. Güvenli saklayınız ve paylaşmayınız. Lisans sözleşmesini dikkatlice okuyunuz.

1.3. Genel Özellikler

SETAF2018, kullanıcı tarafından tanımlanan veri girişlerini, malzeme özelliklerini, sondaj kuyularını, temel sistemlerini, kazı destek yapılarını ve şev/yamaç modellerini desteklemektedir. Şev-yamaç analizleri için gerekli kesit tanımlamaları yapılabilir. İlgili giriş pencerelerinde herhangi bir değişiklik yapılmazsa, program varsayılan değerleri kullanacaktır. Kullanıcı, veri girişlerini tercih ettiği kuvvet, uzunluk ve zaman birimleriyle gerçekleştirebilir (Şekil 2).



Şekil 2. Birimler

Modelleme ve Görselleştirme

Tanımlanan sondaj kuyuları, temeller, dayanma duvarları ve oturma noktaları, programın görsel arayüzünde perspektif (3D) ve plan (2D) görünümüleri ile incelenebilir. Model üzerinde zoom, zoom sınırları, büyüteç ve taşıma gibi işlevler kullanılarak detaylı inceleme yapılabilir.

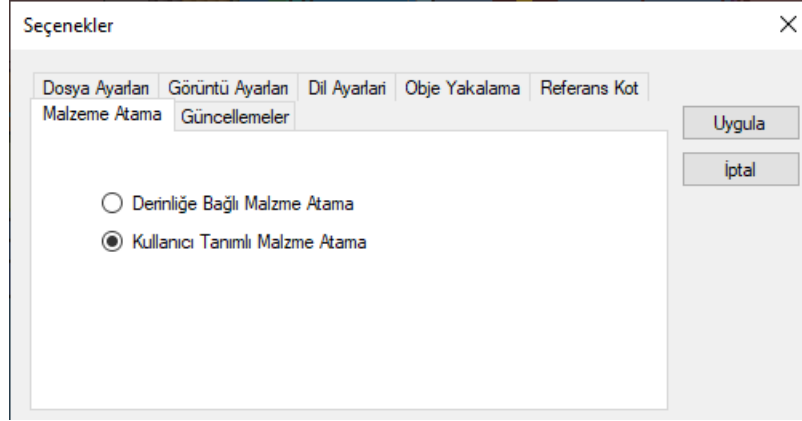
Bir model içerisinde birden fazla temel ve dayanma duvarı tanımlanabilir. Dikdörtgen geometrilili temeller dilatasyonlu, ayrık veya sürekli sistemler olarak modellenenebilir. Kazıklı, püskürtme betonlu, kuyu tipi ve diyafram duvarlı sistemler ile betonarme perdeli, çelik halat ankrajlı ve zemin çivili dayanma duvarları detaylandırılabilir. Program, bu modellemeler için proje çizimlerini otomatik olarak oluşturabilir ve kullanıcıya çıktı olarak sunabilir.



2. MALZEMELER



Malzeme atama seçeneklerini düzenlemek için “Ayarlar” menüsünden “Program Seçenekleri” penceresi açılır. Bu pencerede bulunan “Malzeme Atama” sekmesi altında iki seçenek mevcuttur. Varsayılan olarak “Kullanıcı Tanımlı Malzeme Atama” seçeneği aktiftir (Şekil-3).



Şekil 3 Malzeme Atama Seçenekleri

- Derinliğe Bağlı Malzeme Atama

Tanımlanan malzemenin bağlı olduğu sondaj kuyusu delgi numarası ve atanacağı derinlik bilgileri, ilgili pencereden girilmelidir (Şekil 4).

- Kullanıcı Tanımlı Malzeme Atama

Bu seçenekte tanımlanan malzeme herhangi bir sondaj kuyusuna veya derinliğe bağlı değildir. “Kullanıcı Tanımlı Malzeme Atama” özelliği etkinleştirildiğinde, Şekil 4’te kırmızı kutu içinde gösterilen sondaj kuyusu delgi numarası ve derinlik bilgisi giriş alanları ilgili pencerede görünmez.

Tanımlanan malzemenin atanacağı zemin katmanı, “Tabaka Özellikleri” penceresinde zemin profili oluşturma aşamasında belirlenir (Şekil 5).



Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: grsaCIM Sınıflandırma: SK: 1 Delgi: 4 Derinlik: 4 m

☐ Filtreleme ☐ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Korelasyonlar (Konsolidasyon) ☐ Korelasyonlar (Kayma Direnci) ☐ Korelasyonlar (Stiffness) ☐ Korelasyonlar (Ko) ☐ Derin Kanıtma ☐ Jet Enjeksiyon

Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Uygula İptal

Fiziksel Özellikler

Birim Hacim Ağırlıklar

pd: 21 kN/m³

pn: 17.8 kN/m³

Boşluk - Dane Birim Hacim Ağırlık

e: 1.04

Malzeme Tipi: Kıl

Şekil 4 Derinliğe Bağlı Malzeme Atama

Tabaka Özellikleri

Tabaka İsmi: grsaCIM Açıklama: alüvyon

Tabaka Kalınlığı: 10.25 m

Tabaka Üst Kot: 0 m

Tabaka Alt Kot: -10.25 m

☐ Artezyen Basıncı: 165 kN/m²

☐ Kılcalık Y.A.S.S Silt Tabanında veya içinde ise işaretlenir.

Drenaj Koşulları

☐ Drenajsiz ☒ Drenajlı

Alt Katman Sayısı: 10

Görüntüleme

Renk: Kırmızı

Malzeme: grsaCIM, grsaCIM, Sa, grsa, saCIM, grsa, çakıl

Konsolidasyon Özellikleri

☐ Konsolidasyon

Fazla Boşluk Suyu Basıncı Dağılımları

☒ Dağılım 1 ☐ Dağılım 2

(a) (b) (c) (j) (k)

☐ Dağılım 3

(g) (h)

Drenaj Yolu Sayısı n= 2

Şekil 5 Kullanıcı Tanımlı Malzeme Atama



Malzeme atama seçeneği belirlendikten sonra, “Malzeme Tanımlama” menüsü kullanılarak istenilen sayıda malzeme tanımlanabilir (Şekil 6).

Şekil 6. Malzeme Ekle

2.1. Fiziksel Özellikler

"Fiziksel Özellikler" sekmesinde doymun, doğal ve kuru birim hacim ağırlıklar, doğal su muhtevası, likit limit, plastik limit, büzülme limiti gibi fiziksel parametreler tanımlanabilir (Şekil 7).

Fiziksel Özellikler Sekmesinde Tanımlanan Parametreler:

γ_{sat} : Doymun birim hacim ağırlık

γ_n : Doğal birim hacim ağırlık

γ_d : Kuru birim hacim ağırlık

γ' : Batık birim hacim ağırlık



Geoteknik Malzeme Özellikleri

Sınıflandırma
Malzeme Adı: grsCIM

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler

☐ Filtreleme

Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Uygula

İptal

Fiziksel Özellikler | Mekanik Özellikler | İn situ | Korelasyonlar(Konsolidasyon) | Korelasyonlar(Kayma Direnci) | Korelasyonlar(Stiffness) | Korelasyonlar(Ko) | Derin Kanıtıma | Jet Enjeksiyon

Birim Hacim Ağırlıklar

ρ_d : 21 kN/m³ Hesapla

ρ_n : 17,8 kN/m³ G_s, w_n, p_n, parametrelerine göre e_n, S_r, p_k, p_d, p_b özelliklerini hesaplar. [Program Bulsun]

ρ_k : 17 kN/m³

ρ_b : 11,2 kN/m³

Kıvam Limitleri

w_n: 22,5 % I_p: 18 %

w_L: 39 % I_L: 0,08

w_p: 21 % Kıvam limitlerine göre I_p velli'yi hesaplar

w_s: 18 % Hesapla

Çakıl, Kum, Silt gibi Plastik olmayan malzemelerde Bu değerler Sıfır Yazılmalıdır.

Boşluk - Dane Birim Hacim Ağırlık

e: 1,04

n: 51 %

S_r: 40 %

p_s: 26,5 kN/m³

İri Daneli Zeminlerde

D_r: 52 %

FC: 12 %

Geçirimsizlik

k_v: 0,00159 m/sn

k_n: 0,00132 m/sn

Malzeme Tipi

Kıl

Şekil 7. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

w_n: Doğal su muhtevası

w_L: Likit limit

w_P: Plastik limit

w_s: Büzülme limiti

I_p: Plastisite indisi

I_L: Sıvılık indisi

e: Boşluk oranı

n: Porozite

S_r: Doygunluk derecesi

γ_s : Katıların birim hacim ağırlığı



D_r : Bağlı birim hacim ağırlık

FC: İncelerin oranı

k_v : Düşey geçirimslilik

k_h : Yatay geçirimslilik

Program, boşluk oranı, porozite, doygunluk derecesi, doymun birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, batık birim hacim ağırlık, plastisite indisi ve sıvılık indisi gibi parametreleri “Hesapla” butonu ile otomatik olarak hesaplayabilir. Kullanıcı, isteğe bağlı olarak bu değerleri manuel olarak da girebilir.

2.2. Mekanik Özellikler

“Mekanik Özellikler” sekmesinde toplam gerilme, efektif gerilme, konsolidasyon ve kompaksiyon değerleri girilmektedir.

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: Sınıflandırma: ☐ Filtreleme

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler

Fiziksel Özellikler **Mekanik Özellikler** In situ Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyonlar(Kayma Direnci) Korelasyonlar(Stiffness) Korelasyonlar(Ko) Derin Kanıtıma Jet Enjeksiyon

Toplam Gerilme Parametreleri

c_u : kN/m²

c_r : kN/m²

ϕ : °

E_u : kN/m²

ν_u :

$G=G_u$: kN/m²

E' ve Poisson oranına göre E_uyu hesaplar

Efektif Gerilme Parametreleri

c' : kN/m²

ϕ' : °

E' : kN/m²

ν' :

E' ve Poisson oranına göre E_uyu hesaplar

Kompaksiyon (Sıkıştırma)

w_{opt} : %

ρ_{max} : kN/m³

CBR: %

Sıkıştırılabilirlik - Konsolidasyon

$\sigma'_v \text{OCR} =$ σ'_c : kN/m² C_c : t_{50} : sn

σ'_c : kN/m² C_r : t_{50} : sn

$\sigma'_c / \sigma'_v =$ OCR: α_v : m²/kN C_{vso} : m²/sn

δ : ° m_v : m²/kN C_{vso} : m²/sn

K_o : C_{vso} : m²/sn

$K_o \sigma'_c / \sigma'_v =$ σ'_c : kN/m² A_p :

Şekil 8. Malzeme Özellikleri Tanımlanması (Mekanik Özellikler Sekmesi)



- Toplam Gerilme:

$S_u(c_u)$: Drenajsız kayma direnci

c_u : CU koşullar için toplam gerilme için kohezyon

ϕ_u : CU koşullar için toplam gerilme için kayma direnci açısı

E_u : Drenajsız elastisite deformasyon modülü

ν_u : Drenajsız Poisson oranı

- Efektif Gerilme:

$G_u=G'$: Kayma modülü

c' : Efektif veya drenajlı kohezyon

ϕ' : Efektif veya drenajlı kayma direnci açısı

E' : Efektif veya drenajlı elastisite modülü

ν' : Efektif veya drenajlı poisson oranı

- Konsolidasyon Özellikleri

σ'_c : Ön konsolidasyon basıncı

σ'_0 : Düşey efektif gerilme

OCR: Aşırı konsolidasyon oranı

δ : Duvar zemin sürtünme açısı

K_0 : Dükunette yatay toprak basıncı katsayısı

σ'_h : Yatay efektif gerilme

A_p : Kohezyon etki katsayısı

C_c : Sıkışma indisi

C_r : Yeniden yükleme indisi



a_v : Sıkışma katsayısı

m_v : Hacimsel sıkışma katsayısı

t_{50} : %50 konsolidasyon için zaman

t_{90} : %90 konsolidasyon için zaman

C_{v50} : t_{50} ile hesaplanan konsolidasyon katsayısı

C_{v90} : t_{90} ile hesaplanan konsolidasyon katsayısı

C_h : Yatay konsolidasyon katsayısı

- Kompaksiyon Özellikleri

w_{opt} : Optimum su muhtevası

γ_{dmax} : Kompaksiyonda maksimum kuru birim hacim ağırlık

CBR: Taşıma oranı

2.3. In situ (Yerinde Özellikler)

Zeminin belirli derinliklerdeki arazi deney özellikleri, programın In Situ sekmesinde girilmektedir. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) için SPTN değeri ve düzeltme katsayıları (E_m , C_b , C_s , C_r) girilir.

"Hesapla" butonu kullanılarak C_N , N_1 , N_{60} , $N_{1,60}$ değerleri otomatik olarak hesaplanır (Şekil 9). Burada girilen değerler, iri daneli zeminlerin deformasyon modülü gibi korelasyonlarda kullanılabilir.



Geoteknik Malzeme Özellikleri

Sınıflandırma
Malzeme Adı: grsCIM

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme
Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Uygula İptal

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler In situ Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyonlar(Kayma Direnci) Korelasyonlar(Stiffness) Korelasyonlar(Ko) Derin Kağıtma Jet Enjeksiyon

SPT (Standart Penetrasyon)

SPTN ve Düzeltmeler

SPTN: 38
CN: 1.05
N1: 40
N60: 36
N1.60: 38

SPT Düzeltme Katsayıları

Em: 0.73
Cb: 1.05
Cs: 1
Cr: 0.75

Hesapla

DÜZELTME	SİMGE	DEĞİŞİM	DEĞER
Şahmerdan verimi	E_m	emniyet tipi USA simit tipi-USA (TR) otomatik-UK	0.55-0.60 0.45 0.73
Kuyu çapı çarpanı	C_b	65-115 mm 150 mm 200 mm	1.00 1.05 1.15
Numune alma faktörü	C_s	Standart kaşık Numune tüpsüz kaşık	1.00 1.20
Tij uzunluğu katsayısı	C_r	3-4 m 4-6 m 6-10 m >10 m	0.75 0.85 0.95 1.00

Şekil 9. In Situ Sekmesi

SPT Parametreleri

SPTN: SPT deneyindeki ilk 15cm' den sonraki 15+15=30 cm'lik çakılma için vuruş sayısı

C_N : Örtü yükü düzeltme katsayısı

N_1 : $C_N \times SPTN$

N_{60} : Standart enerjinin %60'ına indirgenmiş vuruş sayısı

E_m : Şahmerdan verimi

C_b : Kuyu çapı çarpanı

C_s : Numune alma faktörü

C_r : Tij uzunluğu katsayısı



2.4. Korelasyonlar

SETAF2018, kullanıcının yeterli deney verisine sahip olmadığı durumlarda veya zemin parametrelerinin yaklaşık değerlerini belirlemek amacıyla, literatürdeki çeşitli korelasyonları kullanarak fiziksel ve mekanik özellikleri “Hesapla” butonu ile hesaplayabilir. Kullanıcı, hesaplanan bu değerleri “Kullan” butonu aracılığıyla Fiziksel ve Mekanik Özellikler sekmelerindeki ilgili veri kutularına aktararak veri girişini tamamlayabilir.

Korelasyonlar (Konsolidasyon) sekmesinde, C_c , C_r , OCR ve σ'_c değerleri için bir veya birden fazla korelasyon hesaplaması yapılabilir (Şekil 10).

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: Sınıflandırma:

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme

Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler In situ Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyonlar(Kayma Direnci) Korelasyonlar(Stiffness) Korelasyonlar(Ko) Derin Kanıtma Jet Enjeksiyon

Konsolidasyon

C_c :

- ☐ Skempton, 1944 $0.009(w_L-10)=$
- ☐ Azzouz et al, 1976 $0.40(e0-0.25)=$
- ☐ Azzouz et al, 1976 $0.01(w_n-5)=$
- ☐ Azzouz et al, 1976 $0.37(e0+0.003w_L-0.34)=$
- ☐ Wood and Wroth, 1978 $0.5G_s(I_p/100)=$
- ☐ Nagaraj and Murthy, 1986 $0.00234*W_L*G_s=$

C_r :

- ☐ Azzouz et al, 1976 $0.15(e0+0.007)=$
- ☐ Azzouz et al, 1976 $0.003(w_n+7)=$
- ☐ Azzouz et al, 1976 $0.126(e0+0.003w_L-0.06)=$
- ☐ Nagaraj and Murthy, 1986 $0.000463w_L*G_s=$
- ☐ $C_c / 7$

OCR

- ☐ Kulhaway and Mayne, 1990 $(p_{atm}/\sigma'_z)*10^{(1.11-1.62IL)}=$

σ'_c

- ☐ $10^{(5.97-5.32(w_n/w_L)-0.25\log_{10}\sigma'_c)}=$ kN/m²
- ☐ Örtü yükü üzerinde aşın konsolide olan Doygun Zeminler Nagaraj and Srinivasa Murthy (1985, 1986)
- ☐ $3.78Su-2.9=$ kN/m²
- ☐ Çimentolanma ve büzülme sonucu Aşın konsolide olan Zeminler Nagaraj and Srinivasa Murthy (1985, 1986)

Şekil 10. Korelasyonlar(Konsolidasyon) Sekmesi



“Kayma Direnci” sekmesinde, drenajsız kayma direnci (S_u) ve efektif kayma direnci parametreleri (c' , ϕ') için çeşitli korelasyonlar bulunmaktadır (Şekil 11).

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Sınıflandırma
Malzeme Adı: CH_Kil

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme
Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Uygula
İptal

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler İnsitu Korelasyonlar(Konsolidasyon) **Korelasyon(Kayma Direnci)** Korelasyon(Stiffness) Korelasyon(K_a) Derin Kanğıtma Jet Enjeksiyon

S_u

☐ NL Killer Skempton 1957, $\sigma'_v (0.11+0.0037 \cdot I_p)=$ 41.99 kN/m2

☐ OC Killer Ladd 1977, $\sigma'_v (0.129+0.00435 \cdot I_p)OCR^{0.8}=$ 101.12 kN/m2

Hesapla
Kullan

Effektif Kayma Direnci Parametreleri c' , ϕ'

0,10Cu . c' = 9 kN/m2 Hesapla

Üçeksenli (CU) Castellanos,Brandon, $\phi=45- (IP/(0.5+0.04IP))$ 25,165 [°] Kullan

Şekil 11. Korelasyonlar(Kayma Direnci) Sekmesi

“Korelasyonlar (Stiffness)” sekmesinde, drenajsız elastisite modülü (E_u), efektif elastisite modülü (E') ve kayma modülü (G) için çeşitli korelasyonlar bulunmaktadır (Şekil 12).



Geoteknik Malzeme Özellikleri

Sınıflandırma
Malzeme Adı: grsacim

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme
Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Uygula İptal

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler İn situ Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyonlar(Kayma Direnci) **Korelasyonlar(Stiffness)** Korelasyonlar(K_0) Derin Kanıtıma Jet Enjeksiyon

Eu, E, G

İnce daneli zeminlerde Hardin and Dmievich, 1972 G_{max} =

PI (%)	0	20	40	60	80	≥ 100
A	0	0.81	0.30	0.41	0.48	0.5

$$\frac{G_{max}}{P_{atm}} = 321 \frac{(2.97 - e)^2}{1 + e} OCR^A \left(\frac{P'_0}{P_{atm}} \right)^{0.5}$$

Plastisite indisine bağlı Katsayı A= 0,3

İnce daneli zeminlerde Hardin and Dmievich G_{max} = 47608,512 kN/m2

$G_{max} \times \% = 10$ =Gsec= 4760,851 kN/m2

Hesapla Eu= 14282,554 kN/m2

Kullan E= 12378,213 kN/m2

İn daneli zeminlerde SPT Korelasyonları

☒ (Gsec/Patm)=2.5*N160/(1+v), Gsec= 7404,519 kN/m2 Esec= 19251,75 kN/m2

☐ (Gsec/Patm)=5*N160/(1+v), Gsec= 14809,038 kN/m2 Esec= 38503,5 kN/m2

☐ Gsec/Patm=7.5*N160/(1+v), Gsec= 22213,558 kN/m2 Esec= 57755,25 kN/m2

Hesapla Kullan

Şekil 12. Korelasyonlar(Stiffness) Sekmesi

"Korelasyon (K_0)" sekmesinde, sükunette yatay toprak basıncı katsayısı (K_0) için literatürde yer alan çeşitli korelasyonlarla hesaplama yapılabilir.



Geoteknik Malzeme Özellikleri

Sınıflandırma
Malzeme Adı: grsaCIM

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme

Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler In situ Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyonlar(Kayma Direnci) Korelasyonlar(Stiffness) **Korelasyonlar(K₀)** Derin Kanıtıma Jet Enjeksiyon

K₀

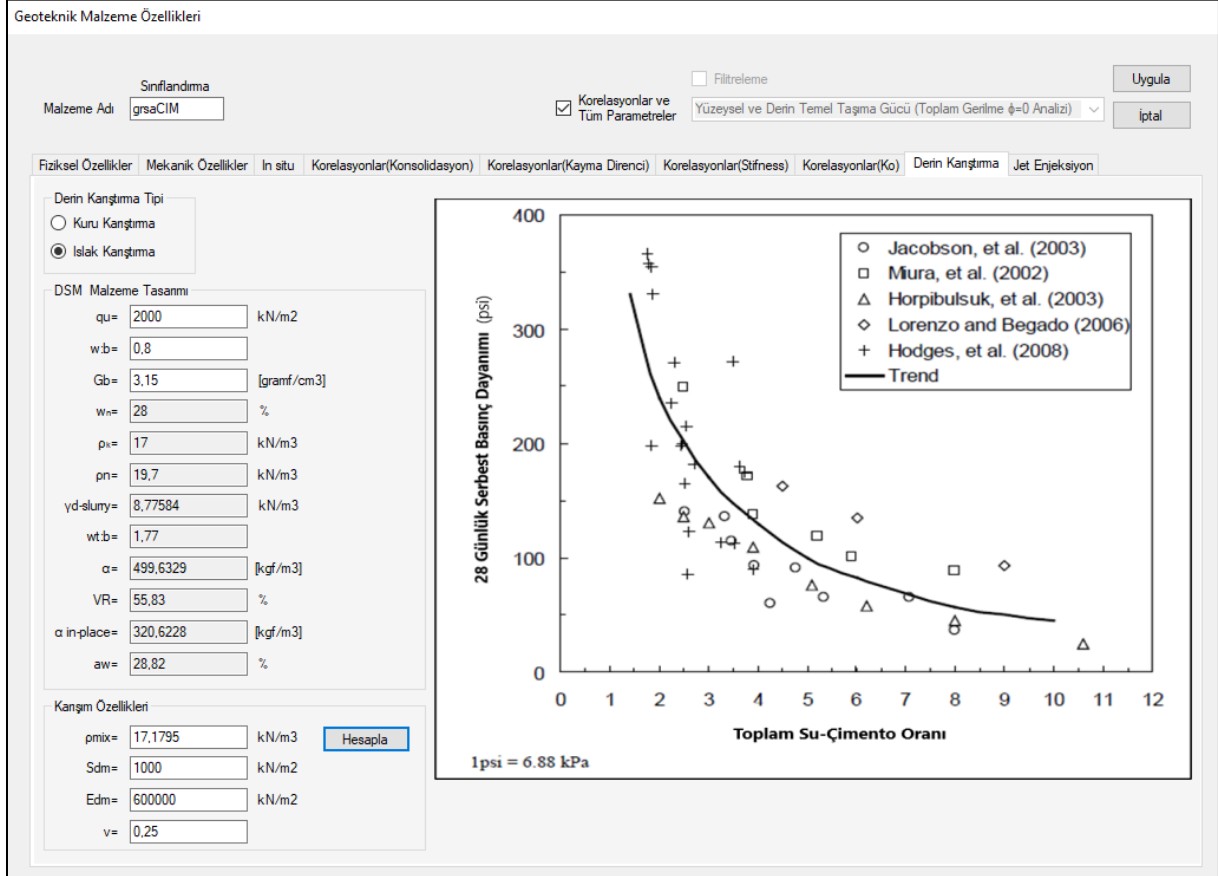
☐ Jaky,1945 Temiz Kum $1-\sin\phi^*=$
☐ Brooker and Ireland 1965 NL kil $0.95-\sin\phi^*=$
☐ Alpan,1967 NL Kil $0.19+0.233\log_{10}p_0=$
☐ Holtz and Kovacs,1981 NL Kil $0.44 + 0.0042p_0=$
☐ Mayne and Kulhawy, 1982 OC Kum $n=\sin\phi^*$, $K_0OC=K_0NL*OCR^n=$
☐ Alpan,1967 OC Kil , $n=0.54*10^{-\phi/20}$, $K_0OC=K_0NL*OCR^n=$

Şekil 13. Korelasyonlar(K₀ Sekmesi)



2.5. Derin Karıştırma

Malzemenin derin karıştırma yöntemiyle iyileştirilmesi durumunda oluşacak karışımın (kolon) özellikleri "**Derin Karıştırma**" sekmesinde tanımlanır.



Şekil 14 Derin Karıştırma Sekmesi

Karışım özellikleri

γ_{mix} : Karışımın doğal birim hacim ağırlığı

S_{dm}: Karışımın kayma direnci ($\phi=0$ durumu)

E_{dm}: Karışımın elastisite modülü

v: Karışımın Poisson oranı



γ_{mix} , S_{dm} ve E_{dm} değerleri “Hesapla” butonu ile otomatik olarak elde edilebilir. E_{dm} ve S_{dm} , q_u değerine bağlı olarak hesaplanır. ρ_{mix} ve karışımdaki bağlayıcı miktarı, uygun malzeme tasarımını sağlamak amacıyla belirlenir.

Talep edilen serbest basınç dayanımı (q_u), w:b oranı ve G_b özelliklerine göre karışımdaki bulamaç miktarı hesaplanır.

q_u : Serbest basınç dayanımı

w:b Bulamacın su-bağlayıcı oranı

G_b : Çimentonun özgül ağırlığı

w_n : Mevcut zemin doğal su muhtevası

γ_d : Mevcut zemin kuru birim hacim ağırlığı

γ_n : Mevcut zemin doğal birim hacim ağırlığı

$\gamma_{d-slurry}$: Bulamacın kuru birim hacim ağırlığı

$w_t:b$: Toplam su-çimento oranı

α : Bağlayıcı faktörü

VR: Hacim oranı

$\alpha_{in-place}$: Yerde bağlayıcı faktör

a_w : Bağlayıcı içeriği

2.6. Jet Enjeksiyonu

Tanımlanan zeminin, jet enjeksiyon yöntemiyle karıştırılması sonucu oluşan kolonun mühendislik özellikleri hesaplanır.



Sınıflandırma

Malzeme Adı

grsaCIM

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler

☐ Filtreleme

Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Uygula

İptal

Fiziksel Özellikler

Mekanik Özellikler

In situ

Korelasyonlar(Konsolidasyon)

Korelasyonlar(Kayma Direnci)

Korelasyonlar(Stiffness)

Korelasyonlar(Ko)

Derin Kanıtıma

Jet Enjeksiyon

Jet Enjeksiyon Malzeme Tasarımı

w/c= 0,8

Be= 200

Jet Enjeksiyon Uygulama Tipi

☒ Jet 1

☐ Jet 2

☐ Jet 3

Jet Kolon Özellikleri

qu= 3000 kN/m2

Sc= 1500 kN/m2

pc= 22 kN/m3

Ec= 1040041,9 kN/m2

vc= 0,25

qu=

Ec=

Ec=

Jet kolonlar için tipik ortalama çap değerleri (Croce vd., 2014)

Jetleme Sistemi	Ortalama kolon çapı (m)			
	Orta katı kil	Yumuşak silt ve kil	Siltli kum	Kum ve/veya çakıl
Tek akışkanlı	Önerilmez	0.4 – 0.8	0.6 – 1.0	0.6 – 1.2
Çift akışkanlı	0.5 – 1.0	0.6 – 1.3	1.0 – 2.0	1.2 – 2.5
Üç akışkanlı	0.8 – 1.5	1.0 – 1.8	1.2 – 2.5	1.5 – 3.0

Değişik zeminlerde imal edilmiş jet kolonları malzemesinin Young modülü (E) ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişkiler

Kaynak	E tanımı	Zemin Tipi	β_E
Mongioli vd. (1991)	Teğet (ε belirtilmemiş)	Çakıl	280 – 1000
Lunardi (1992)	Sekant ($\%40q_u$ 'da)	Çakıl ve kum	500 – 1200
Nanni vd. (2004)	Teğet (ε belirtilmemiş)	Çakıl ve kum	440 – 1000
Croce vd. (1994)	Teğet (ε belirtilmemiş)	Kumlu çakıl	210 – 670
Croce ve Flora (1998)	Sekant ($\varepsilon_u=\%0.01$ 'de)	Siltli kum	220 – 700
Nanni vd. (2004)	Teğet (ε belirtilmemiş)	Siltli kum	330 – 830
Fang vd. (2004)	Teğet ($\%50q_u$ 'da)	Siltli kum	300 – 750
Fang vd. (2004)	Teğet ($\%50q_u$ 'da)	Siltli kum, siltli kil	100 – 300
Lunardi (1992)	Sekant ($\%40q_u$ 'da)	Silt ve kil	200 – 500

Farklı zemin türlerinde elde edilebilecek jet enjeksiyon karotlarında ortalama tek eksenli basınç dayanımları (Stoel, 2001)

Zemin Tipi	q_c (MN/m ²)	
	Alt Limit	Üst Limit
Turba	1	6
Kil	3	7
Silt	5	15
Kum	10	40
Çakıl	10	40

Şekil 15 Jet Enjeksiyon Sekmesi

Jet kolonu özellikleri, su-çimento oranı veya β_e katsayısına bağlı olarak belirlenebilir. β_e katsayısının tespiti için gerekli tablo verileri sunulmuştur.

q_u : Serbest basınç dayanımı

w/c: Enjeksiyon karışımın su-çimento oranı

S_c : Jet kolonunun kayma direnci($\phi=0$ durumu Tresca modeli)

γ_c : Jet kolonu birim hacim ağırlığı

E_c : Jet kolonu elastisite modülü

v_c : Jet kolonu Poisson oranı



2.7. Analiz ve Hesaplarda Kullanılan Zemin Özellikleri

SETAF2018 yazılımında analiz ve hesaplamalar için gerekli olan fiziksel ve mekanik zemin özellikleri ile bunların kullanım amaçları aşağıda verilmiştir:

γ_{sat} (Doygun birim hacim ağırlığı)

Efektif gerilmelerin hesaplanmasında ve gerilme diyagramlarının hazırlanmasında esas alınır.

γ_n (Doğal birim hacim ağırlığı)

Efektif gerilmelerin hesaplanmasında kullanılan temel bir parametredir. Bu değer yardımıyla, zemin profilinde meydana gelen gerilme dağılımları belirlenir ve diyagramlar oluşturulur.

e_0 (Doğal Boşluk Oranı)

Zeminin ilk (doğal) boşluk oranını ifade eder. Bu parametre, konsolidasyon oturmalarının hesaplanmasında doğrudan kullanılır ve yazılımda ilgili menüde girildiğinde, konsolidasyon analizlerinde temel girdi olarak yer alır.

S_u (c_u) (Drenajsız Kayma Direnci)

Siltli veya killi zeminlerde drenajsız koşullarda (toplam gerilme analizinde $\phi=0$ kabul edildiğinde) taşıma gücü hesaplaması için kullanılır. Yüzeysel temellerin toplam gerilme analizindeki taşıma gücünü bulmak ve derin temellerde α yöntemiyle çevre direncini belirlemek amacıyla yazılım içerisinde ilgili bölüme girilmelidir.

c_u (Toplam Gerilmeye Göre Kohezyon)

Toplam gerilme analizine (c , ϕ durumu) dayalı olarak, yüzeysel temel taşıma gücünün hesaplanmasında kullanılan kohezyon değeridir. Bu parametre, yazılımda aynı ekranda girilerek otomatik olarak taşıma gücü formüllerine dahil edilir.

ϕ_u (Toplam Gerilme Analizi İçin Kayma Direnci Açısı)

Bu parametre, killi veya siltli zeminlerde **toplam gerilme** yöntemini (c , ϕ kabulü) kullanarak yüzeysel temel taşıma gücünü hesaplamak amacıyla girilir. Yazılımda, “Mekanik Özellikler” sekmesi altındaki “Toplam Gerilme Parametreleri” bölümünden tanımlanır.



E_u (Drenajsız Elastisite Modülü)

Zeminin drenajsız koşullardaki elastik davranışını ifade eder. Özellikle kısa süreli yüklemelerde, drenajsız tabakalarda oluşacak elastik deformasyonların hesaplanmasında kullanılır. İlgili analiz modülünde bu değerin girilmesi, oturma tahminleri ve gerilme dağılımının doğru belirlenmesi için gereklidir.

c' (Etketif Gerilme Analizi İçin Kohezyon)

Drenajlı (uzun vadeli) koşullarda zeminin kohezyon değeri temsil eder. Yazılımda, “Mekanik Özellikler” sekmesinde “Etketif Gerilme Parametreleri” bölümünden girilir. Bu değeri;

- Yüzeysel temel taşıma gücü hesaplamalarında,
- Derin temellerde β yöntemi ile çevre direnci belirlemede,
- Kazı destek yapısı analizlerinde toprak basınçlarının doğru tahmini için kullanılır.

ϕ' (Etketif Gerilmelere Göre Kayma Direnci Açısı)

Zeminin drenajlı koşullar altındaki içsel sürtünme açısıdır. Yazılım, bu parametreyi:

- **Yüzeysel temellerin** taşıma gücünü (etketif gerilme analizi bazında) hesaplamak,
- **Derin temellerde** β yöntemi ile çevre direncini tespit etmek,
- **Duvar/kazı** analizlerinde oluşan aktif/pasif toprak basınçlarını belirlemek için kullanılır. Parametre, “Mekanik Özellikler” sekmesinde “Etketif Gerilme Parametreleri” alt başlığında tanımlanır.

E' (Etketif (drenajlı) Elastisite Modülü)

- Drenajlı tabakalardaki elastik deformasyonların hesaplanmasında kullanılır.
- Zeminin yük altında ne kadar deforme olacağını belirlemede önemli bir parametredir.

ν' (Etketif (drenajlı) Poisson Oranı)

- Drenajlı tabakalardaki gerilme artışları ve elastik deformasyonların hesaplanmasında kullanılır.



- Zeminin bir yöndeki deformasyonunun diğer yönlerdeki deformasyonlara oranını ifade eder.

σ'_c (Ön Konsolidasyon Basıncı)

- Konsolidasyon sıkışmalarının hesaplanmasında kullanılır.
- Zeminin geçmişte maruz kaldığı en yüksek efektif gerilme değerini temsil eder.

K_0 (Sükûnette Toprak Basıncı Katsayısı)

- Yatay efektif ve toplam gerilmelerin hesaplanması, diyagramlarının çizilmesi ve duvar analizlerinde sükûnetteki toprak basınçlarının hesaplanmasında kullanılır.
- Zeminin yatay ve düşey gerilmeleri arasındaki oranı ifade eder.

C_c (Sıkışma İndisi)

- Konsolidasyon sıkışmalarının hesaplanmasında kullanılır.
- Zeminin sıkışabilirliğini belirlemede kullanılan bir parametredir.

C_r (Yeniden Yükleme İndisi)

- Konsolidasyon sıkışmalarının hesaplanmasında kullanılır.
- Zeminin yeniden yükleme altındaki davranışını ifade eder.

t_{50} (% 50 Konsolidasyon İçin Süre)

- Konsolidasyon katsayısının hesaplanmasında kullanılır.
- Zeminin konsolidasyonunun %50'sinin tamamlanması için geçen süreyi temsil eder.

t_{90} (% 90 Konsolidasyon İçin Süre)

- Konsolidasyon katsayısının hesaplanmasında kullanılır.
- Zeminin konsolidasyonunun %90'ının tamamlanması için geçen süreyi temsil eder.



$C_{v,t50}$ (t_{50} ile Hesaplanan Konsolidasyon Katsayısı)

Zamana göre konsolidasyon oturması hesaplanması ve oturma-zaman grafiklerinin çizilmesinde kullanılır.

- t_{50} değerinden elde edilen konsolidasyon katsayısını ifade eder.

$C_{v,t90}$ (t_{90} ile Hesaplanan Konsolidasyon Katsayısı)

- Zamana göre konsolidasyon oturması hesaplanması ve oturma-zaman grafiklerinin çizilmesinde kullanılır.
- t_{90} değerinden elde edilen konsolidasyon katsayısını ifade eder.

δ (Duvar-Zemin Sürtünme Açısı)

- Duvar analizlerinde kullanılır.
- Duvar ile zemin arasındaki sürtünme açısını ifade eder.

A_p (Kohezyon Etki Katsayısı)

- Duvar analizlerinde yatay yatak katsayısı hesaplanırken kullanılır.
- Zeminin kohezyonunun duvar üzerindeki etkisini ifade eder.

3. SONDAJ KUYULARI

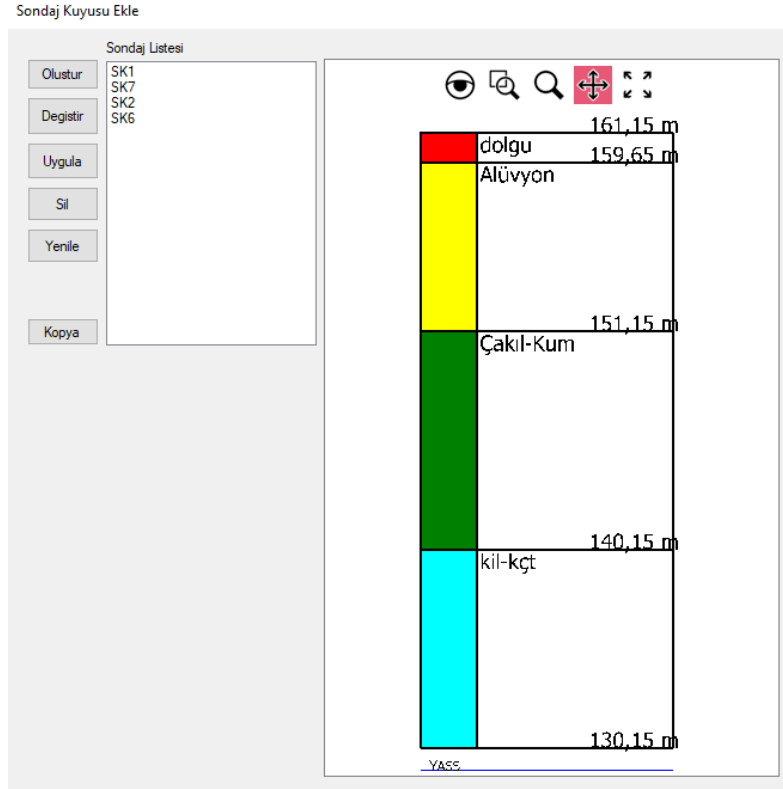


SETAF2018 yazılımı, geoteknik projeler kapsamında elde edilen sondaj verilerinin detaylı bir şekilde tanımlanmasına olanak sağlar.

- **Sondaj Kuyusu Yönetimi:** Kullanıcılar, proje sahasına ait ihtiyaç duyulan sayıda sondaj kuyusu lokasyonunu ve ilgili verilerini sisteme tanımlayabilirler. Tanımlanabilecek sondaj kuyusu sayısında herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır.
- **Tabaka Tanımlama:** Her bir sondaj kuyusu profili içerisinde, karşılaşılan zemin ve kaya tabakaları sınırsız sayıda tanımlanabilir. Bu sayede, karmaşık zemin profilleri dahi detaylı olarak modellenabilmektedir.



- **Arazi Deney Profilleri:** Yazılım, her sondaj kuyusu için Standart Penetrasyon Testi (SPT) sonuçlarına (N değerleri) ve Menard Tipi Presiyometre (MPM) deney verilerine ait derinliğe bağlı profillerin tanımlanmasını desteklemektedir. Bu veriler, geoteknik analizler için temel girdileri oluşturur.



Şekil 16. Sondaj Kuyusu Ekleme

Sondaj Kuyusu Temel Bilgilerinin Tanımlanması

Sisteme yeni bir sondaj kuyusu eklenirken veya mevcut bir kuyu düzenlenirken, her bir kuyunun temel tanımlayıcı bilgileri girilmelidir. Bu bilgiler şunlardır:

- **Sondaj Numarası/Adı:** Proje genelinde her bir sondaj kuyusunu benzersiz şekilde ayırt etmek için kullanılan alfanümerik bir tanımlayıcıdır.
- **Koordinatlar:** Sondaj kuyusunun sahadaki planimetrik konumunu (genellikle X ve Y koordinatları) ve kuyu ağzı kotunu (Z koordinatı veya yüzey rakımı) içerir.



- **Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.):** Sondaj çalışmaları sırasında veya sonrasında belirlenen yeraltı suyu derinliği veya kotudur. Bu bilgi, hidrojeolojik koşulların ve geoteknik hesaplamalarda kullanılacak efektif gerilmelerin belirlenmesi açısından önemlidir.

Bu temel bilgilerin yazılımdaki ilgili alanlara nasıl girileceğine dair görsel bir örnek Şekil 17’de sunulmuştur.

Şekil 17. Sondaj Kuyusu Özellikleri

3.1. Zemin Tabakalarının Tanımlanması

Programda tabakaların ismi, açıklama, üst kot, alt kot, artezyen basıncı, silt varsa kılcallık durumu, drenaj koşulları, alt katman sayısı, konsolidasyon özellikleri gibi bilgiler girilir. Konsolidasyon özelliklerinde derinlikle fazla boşluk suyu dağılımları için seçim yapılır (Şekil 18). Genel uygulama (a),(b),(c) seçeneklerinden biri ile yapılır.

Programda, tabakaların aşağıdaki özellikleri girilir:



SETAF2018

- Tabaka adı
- Açıklama
- Üst kot
- Alt kot
- Artezyen basıncı
- Silt varlığı durumunda kılcallık
- Drenaj koşulları
- Alt katman sayısı
- Konsolidasyon özellikleri

Konsolidasyon özelliklerinde, derinliğe bağlı olarak aşırı boşluk suyu basıncı dağılımları seçilir (Şekil 18). Genel uygulama için (a), (b) ve (c) seçeneklerinden biri kullanılabilir. Seçeneklerin detaylı açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Tabaka Özellikleri

Tabaka ismi:

Açıklama:

Tabaka Kalınlığı: m

Tabaka Üst Kot: m

Tabaka Alt Kot: m

☐ Artezyen Basıncı: kN/m²

☐ Kılcallık
Y.A.S.S Silt Tabanında veya içinde ise işaretlenir.

Drenaj Koşulları

☐ Drenajsiz

☒ Drenajlı

Alt Katman Sayısı:

Görüntüleme

Renk:

Malzeme

Konsolidasyon Özellikleri

☐ Konsolidasyon

Fazla Boşluk Suyu Basıncı Dağılımları

☒ Dağılım 1

(a) (b) (c)

☐ Dağılım 2

(j) (k)

☐ Dağılım 3

(g) (h)

Drenaj Yolu Sayısı n=

Ekle

Uygula

İptal

Şekil 18. Tabaka Özellikleri



Tabaka kotları, global eksen takımına göre girilir. Kot değerleri girilirken, yukarı yön pozitif, aşağı yön ise negatif olarak kabul edilir. Tabaka kotlarında süreklilik sağlanmalıdır. Örneğin, birinci tabaka 0-5 metre aralığında girildiyse, ikinci tabaka 5 metrede başlamalıdır. Y.A.S.S. (Yer Altı Su Seviyesi) üzerinde bulunan siltli tabakalarda kılcallık (kapilarite) özelliği tanımlanabilir. Alt katman sayısı, oturma analizinde dikkate alınacak katmanların sayısını belirler.

3.2. SPT Profilinin Tanımlanması

Programa ilgili sondaj kuyusunda yapılan SPT deney sonuçları derinlik-SPTN profili olarak girilmektedir. SPT düzeltme katsayıları da ayrıca tanımlanmaktadır (Şekil 19).

Programa, ilgili sondaj kuyusunda gerçekleştirilen Standart Penetrasyon Testi (SPT) deney sonuçları, derinlik-SPTN profili şeklinde girilir. SPT düzeltme katsayıları da ayrıca tanımlanmaktadır. Şekil 19'da SPT profili ve düzeltme katsayılarının nasıl girileceği gösterilmektedir.



Sondaj Kuyu Özellikleri

Sondaj İsmi: SK 2

Koordinatlar

x: 68

y: 34

☐ Tabakaların Kalınlıklarını Gir

Profil Üst Kot= 0

Profil Alt Kot= -80

Toplam Derinlik: 80 m

Y.A.S.S Kotu -79 m

Arazi Deneyleri

☒ SPT

☒ MPM

Tabakalar SPT Profili MPT Profili

SPT Profili

z m	SPTN	SPT Düzeltme Katsayıları
-2	14	Em: 0,73
-3,5	17	Cb: 1,05
-5	18	Cs: 1
-6,5	21	
-8	20	
-9,5	21	
-11	24	
-12,5	26	
-14	26	

Ekle Değiştir Sil

DÜZELTME	SİMGE	DEĞİŞİM	DEĞER
Şahmerdan verimi	E_m	emniyet tipi USA simit tipi-USA (TR) otomatik-UK	0.55-0.60 0.45 0.73
Kuyu çapı çarpanı	C_B	65-115 mm 150 mm 200 mm	1.00 1.05 1.15
Numune alma faktörü	C_S	Standart kaşık Numune tüpsüz kaşık	1.00 1.20
Tij uzunluğu katsayısı	C_R	3-4 m 4-6 m 6-10 m >10 m	0.75 0.85 0.95 1.00

Ekle Uygula İptal

Şekil 19. Sondaj Kuyusu Özellikleri SPT Sekmesi

3.3. MPM Profiline Tanımlanması

Programda, ilgili sondaj kuyusunda gerçekleştirilen Menard Presiyometre Testi (MPM) deney sonuçları, Derinlik-Menard Modülü (EM) ve Limit Basınç (PL) profili olarak girilir. Şekil 20'de MPM profiline nasıl girileceği gösterilmektedir.



Sondaj Kuyu Özellikleri

Sondaj İsmi: SK 2

Koordinatlar
x: 68
y: 34

☐ Tabakalan Kalınlıklarını Gir

Profil Üst Kot= 0
Profil Alt Kot= -80
Toplam Derinlik: 80 m
Y.A.S.S Kotu -79 m

Arazi Deneyleri
☒ SPT
☒ MPM

Tabakalar SPT Profili MPT Profili

Presiyometre Profili

z m	EM kN/m2	PL kN/m2
-3	8186	756
-6	7821	514
-9	28606	1896,000000
-12	31888	2187
-15	21280	913
-18	226553	754

Ekle Değiştir Sil

-18 226553 754

Ekle Uygula İptal

Şekil 20. Sondaj Kuyusu Özellikleri MPT Sekmesi

EM: Menard modülü

PL: Limit basınç

4. TEMELLER

SETAF2018'de, kullanıcı tarafından istenen sayıda ve koordinatta temel içeren model girişi yapılabilir. Temel geometrileri dörtgen, poligon ve daire şeklinde tanımlanabilir. Koordinat ve alt kot veri girişleri ile temeller konumlandırılır.



Model Tanımla

Tanımlanan Temelerin Listesi

Olustur

Model1
Model2

Değistir

Uygula

Sil

Şekil 21. Temel Modeli Ekleme

Modelde, istenilen sayıda ve koordinatta oturma noktası ve temel tanımlanabilir. Şekil 22'de oturma noktası ve temel tanımlama arayüzü gösterilmektedir.

Temel Sistemi Özellikleri

Adı: Yeni Model

Açıklama: Açıklamalar

Yenile

Ekle

Uygula

İptal

Temeller

Olustur

Temel1
Temel2
Temel3

Değistir

Sil

Görüntü

Zemin Genleme Noktaları Ekle

Nokta Adı:	x: m	y: m	Zemin Profili
G1	44,06	12,075	SK2
G2	21,23	25,55	SK2
G3	63,64389940	22,16401925	SK2

Ekle

Değistir

Sil

G++

G3

63,64389940

22,16401925

SK2

Şekil 22. Temel Sistemi Özellikleri

G++ butonu ile tanımlanan temelerin geometrik merkezlerine oturma noktası eklenir. Oturma noktası, temelin oturma analizinde kullanılan bir referans noktasıdır.



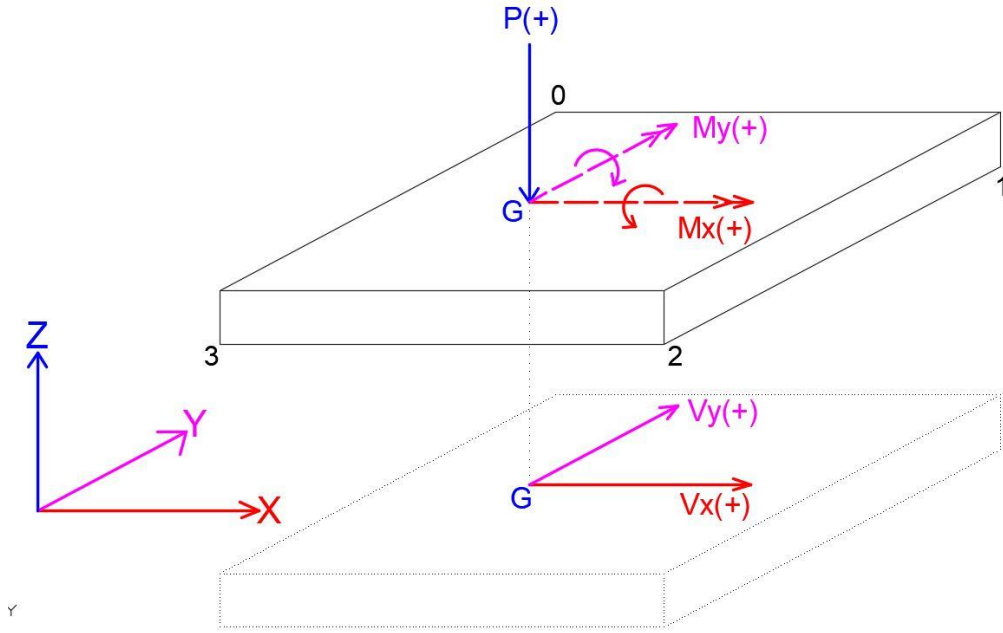
4.1. Dikdörtgen Temel Geometrisi

Programa, temelin dört köşe noktasının (x, y) koordinatları ve temel alt kotu (z) girilir. Girilen değerler, 3D ekrandaki eksen takımına (x, y, z) göre belirlenir (Şekil 23).

Şekil 23. Temel Plan ve Geometrisi Sekmesi

4.2. Yüklemeler ve Özellikleri

Yüklemeler sekmesinde, temele etkiyen aksenal kuvvet (P), X ve Y yönlerindeki momentler (M_x , M_y), X ve Y yönlerindeki yatay kuvvetler (V_x , V_y), temel taban eğimi ve zemin yüzeyi eğimi değerleri girilir. 'Hesapla' butonuyla, rijit temel kabulü yapılarak P, M_x ve M_y değerleriyle temel köşe noktalarındaki taban basınçları ve net taban basıncı (q_{net}) hesaplanır. q_{net} , 'Yüzeysel Temel Özellikleri' sekmesindeki D_f derinliğine göre hesaplanır.



P: Eksenel Kuvvet

M_x : Global X eksenini etrafındaki moment. (X doğrultusu moment vektörü)

M_y : Global Y eksenini etrafındaki moment. (Y doğrultusu moment vektörü)

V_x : "X" doğrultusundaki yatay kuvvet

V_y : "Y" doğrultusundaki yatay kuvvet

Taban Eğimi: Temel tabanının yatayla yaptığı açı (derece)

Zemin Eğimi: Temel yanındaki yamacın yatayla yaptığı açı (derece)

q_{ort} : Temel taban basıncı

q_{net} : Temel net taban basıncı



Temel Özellikleri

Temel Adı: Yapı Durumu: ☒ Yeni Yapı Temeli ☐ Mevcut Yapı Temeli Temel Geometrisi: ☐ DikDörtgen ☒ Polygon

Zemin Profili: Geometrik Merkez,Alan,Çevre: X= m Y= m A= m² Çevre= m

Temel Alt Kotu: m ☒ Derin Temel-Zemin İyileştirme ☐ Plaka Taşıma Deneyi

Temel Plan ve Geometrisi | **Yüzeysel Temel Özellikleri** | Yüklemler ve Özellikleri | Derin Temel-Zemin İyileştirme Özellikleri | Polygon Temel Geometrisi | Plaka Taşıma Deneyi

Yükler ve Eğimler

Eksenel Kuvvet P = kN
 Eğilme Momenti Mx = kN.m
 Eğilme Momenti My = kN.m
 Yatay Kuvvet Vx = kN
 Yatay Kuvvet Vy = kN
 Taban Eğimi = °
 Zemin Eğimi = °

Taban Basıncıları

σ_s : kN/m² σ_s : kN/m²
 σ_s : kN/m² σ_s : kN/m²
 q_{ort} : kN/m² q_{net} : kN/m²
 G.S:

Şekil 24. Yüklemler ve Özellikleri Sekmesi

γ_{rv} : Yüzeysel temel taşıma gücü için güvenlik sayısıdır. T.B.D.Y'deki dayanım katsayısı γ_{rv} için bu değer kullanılır.

Yükler girilirken P [F] ve q_{ort} [F/L²] değerleri uyumlu olmalıdır. q_{ort} , P yükünün oluşturacağı ortalama taban basıncıdır.

4.3. Yüzeysel Temel Özellikleri

"Yüzeysel Temel Özellikleri" sekmesinde girilen değerler, yüzeysel temel taşıma gücü hesaplamalarında kullanılır ve temelin modeldeki geometrisini etkilemez. Bu sekmede, temel şekli (şerit, dikdörtgen, daire) ve taşıma gücü hesaplamalarında kullanılacak olan temel kısa kenar uzunluğu veya daire temel çapı (B), temel uzun kenar uzunluğu (L) ve temel gömme derinliği (D_f) değerleri girilir.



Temel Özellikleri

Temel Adı: Yapı Durumu: ☒ Yeni Yapı Temeli ☐ Mevcut Yapı Temeli Temel Geometrisi: ☒ Dikdörtgen ☐ Polygon

Zemin Profili: Geometrik Merkez, Alan, Çevre: X= m Y= m A= m² Çevre= m

Temel Alt Kotu: m ☐ Derin Temel-Zemin İyileştirme ☐ Plaka Taşıma Deneyi

Dikdörtgen Temelin Plan ve Geometrisi **Yüzeysel Temel Özellikleri** **Yüklemeler ve Özellikleri** **Derin Temel-Zemin İyileştirme Özellikleri** **Polygon Temel Geometrisi** **Plaka Taşıma Deneyi**

Temel Tipi ve Yüzdüme Etkisi

Temel Tipi: ☒ Tekil ☐ Sürekli ☐ Yaylı

Taşıma Gücü için Temel Boyutları ve Şekli

Lx = m ☐ Şerit ☒ Dikdörtgen ☐ Daire

Ly = m

Df = m

hf = m

Yüzeysel Temel Malzeme Özellikleri

Ef = kN/m²

vf =

Şekil 25. Yüzeysel Temel Özellikleri Sekmesi

4.4. Derin Temel – Zemin İyileştirme Özellikleri

"Derin Temel Özellikleri" sekmesinde, dikdörtgen geometrili temeller altında kullanılacak rijit kolonların tipi, sayısı, eksenler arası uzaklığı, dikdörtgen, poligon ve daire geometrili temellerin altında tanımlanan rijit kolon çapı, kolon boyu veya kolon enkesit alanı değerleri girilir (Şekil 26).



Temel Özellikleri

Temel Adı: Yapı Durumu: ☒ Yeni Yapı Temeli ☐ Mevcut Yapı Temeli

Zemin Profili: Temel Geometrisi: ☐ DikDörtgen ☒ Poligon

Temel Altı Kotu: m ☒ Derin Temel-Zemin İyileştirme ☐ Plaka Taşıma Deneyi

Geometrik Merkez,Alan,Çevre
X= m Y= m
A= m² Çevre= m

Temel Plan ve Geometrisi | Yüzeysel Temel Özellikleri | Yüklemeler ve Özellikleri | Derin Temel-Zemin İyileştirme Özellikleri | Polygon Temel Geometrisi | Plaka Taşıma Deneyi

Boyutlar

Eksenler Arası Uzaklık S_x = m
Eksenler Arası Uzaklık S_y = m
X Yönü Jet-Kolon Sayısı m =
Y Yönü Jet-Kolon Sayısı n =
Jet-Kolon Sayısı
Jet-Kolon Çapı D = m
Jet-Kolon Boyu L = m

Kesit Alanı A_b = m²
Kesit Çevresi = m
Blok Alanı = m²
Blok Çevresi = m

Rijit Kolon Tipi

☐ Yeninde Dökme Betonarme Kazık
☐ Yerinde Dökme Beton Kazık
☐ Mikrokazık
☒ Jet Enjeksiyon
☐ Derin Kanıtıma
☐ Taş Kolon

Uç Bölgesi Taşıma Gücü Özellikleri

$\psi =$ n Yumuşak ince daneli zeminlerde $\psi < (n/3)$
Yumuşak ince daneli zeminlerden sıkı in daneli zeminler ve aşın konsolide ince daneli zeminlere: $n/3 < \psi < 0,58n$
Yumuşak ve sıkılaşabilir zeminlerde $n/3$ değerini aşmamalıdır.
Sıkı in daneli zeminlerde $n/2$ değerini aşmamalıdır.

Şekil 26. Derin Temel Özellikleri Sekmesi

4.4.1. Dikdörtgen Temele Rijit Kolon Ekleme

Kazıkların x ve y yönündeki merkezleri arasındaki mesafeler S_x ve S_y olarak tanımlanır. S_x ve S_y değerleri $2 \cdot D$ mesafesinden düşük olamaz. Programa girilen x yönündeki kazık sayısı m ve y yönündeki kazık sayısı n'ye göre, kenar kazıklar ile temel kenarı arasındaki mesafe $1 \cdot xD$ olacak şekilde S_x ve S_y hesaplanır.

4.5. Poligon Biçimli Temel Geometrisi

Temel geometrisi seçeneklerinde Poligon özelliği seçildiğinde, 'Dikdörtgen Temelin Plan ve Geometrisi' sekmesinin kullanımı devre dışı bırakılır ve 'Poligon Temel Geometrisi' sekmesi etkin hale gelir. Bu sekmede, poligon köşe noktaları tanımlanarak istenilen geometride kapalı poligonlar oluşturulabilir. Ayrıca, yarıçap girilerek dairesel temeller de tasarlanabilir. Tanımlanan dairesel veya poligon temellerin içinde, yine dairesel veya poligon geometrili boşluklar oluşturulabilir. Boşluk sayısında herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır.



4.5.1. Poligon veya Daire Temele Kazık Ekleme

Poligon veya dairesel temellere, koordinatları girilerek rijit kolonlar tanımlanabilir. Kapalı alan içine, kullanıcının belirlediği başlangıç S_x ve S_y değerleri ile otomatik kolon grubu yerleştirilebilir. Oluşturulan kolon grubunda, merkezler arası mesafeler yaklaşık S_x ve S_y değerlerine denk gelir. Kolonların koordinatları sonradan değiştirilebilir. Kapalı alanın dışına kolon eklemek mümkün değildir. Kolon merkezleri arasındaki mesafeler için dikdörtgen geometrili temelerde olduğu gibi bir kısıtlama bulunmamaktadır.

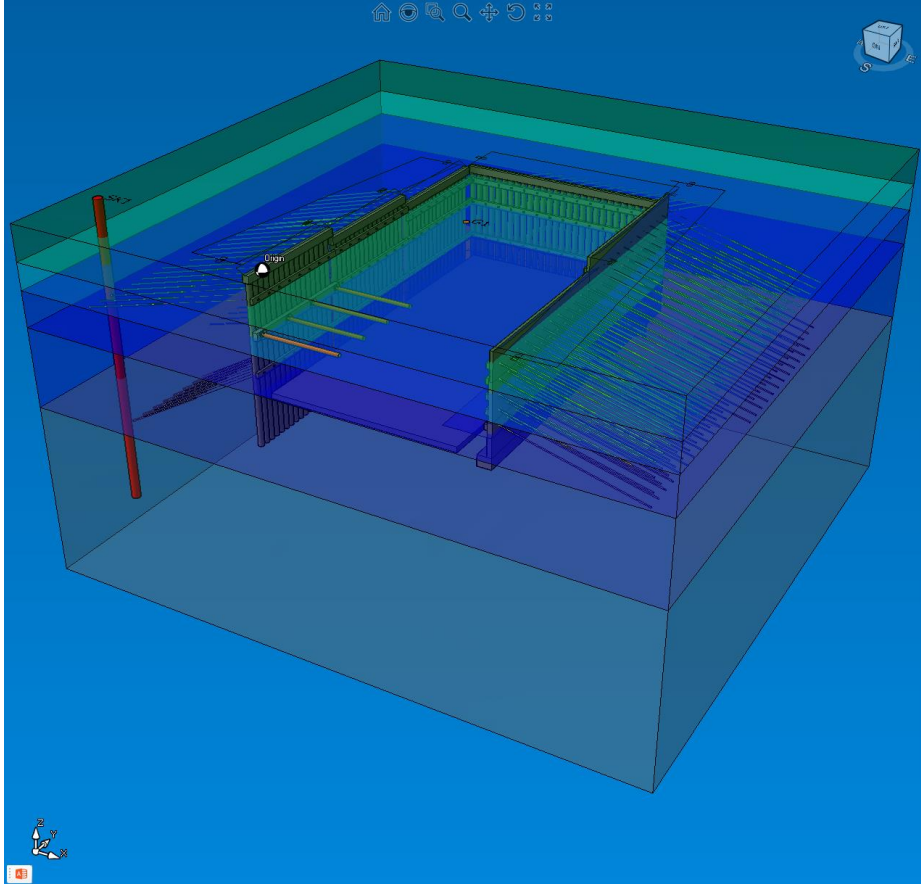
Şekil 27. Poligon Temel Tanımlanması ve Kazık Gurubu

Gruptaki kazıkların koordinatları değiştirilebilir veya seçilen kazıklar silinebilir. Dairesel temeller için ise kazık grupları, halka geometrisinde ve belirli aralık değerlerine göre oluşturulur. Burada S_x değeri halkalar arası mesafeyi, S_y değeri ise halka üzerindeki kazık merkezleri arası mesafeyi ifade eder.



5. DUVARLAR

Programda, duvarları 3D modellemek için 'Duvar Grubu' olarak adlandırılan makrolar kullanılır. Bu makrolar, bir duvar grubunu içerir ve her duvarın bir kesit bileşeni bulunur. Kesit bileşeni, zemin profili, duvar, arazi, ankrajlar ve kesit analizi gibi alt bileşenleri barındırır.



Şekil 28. Duvar Modeli



5.1. Duvar Grupları

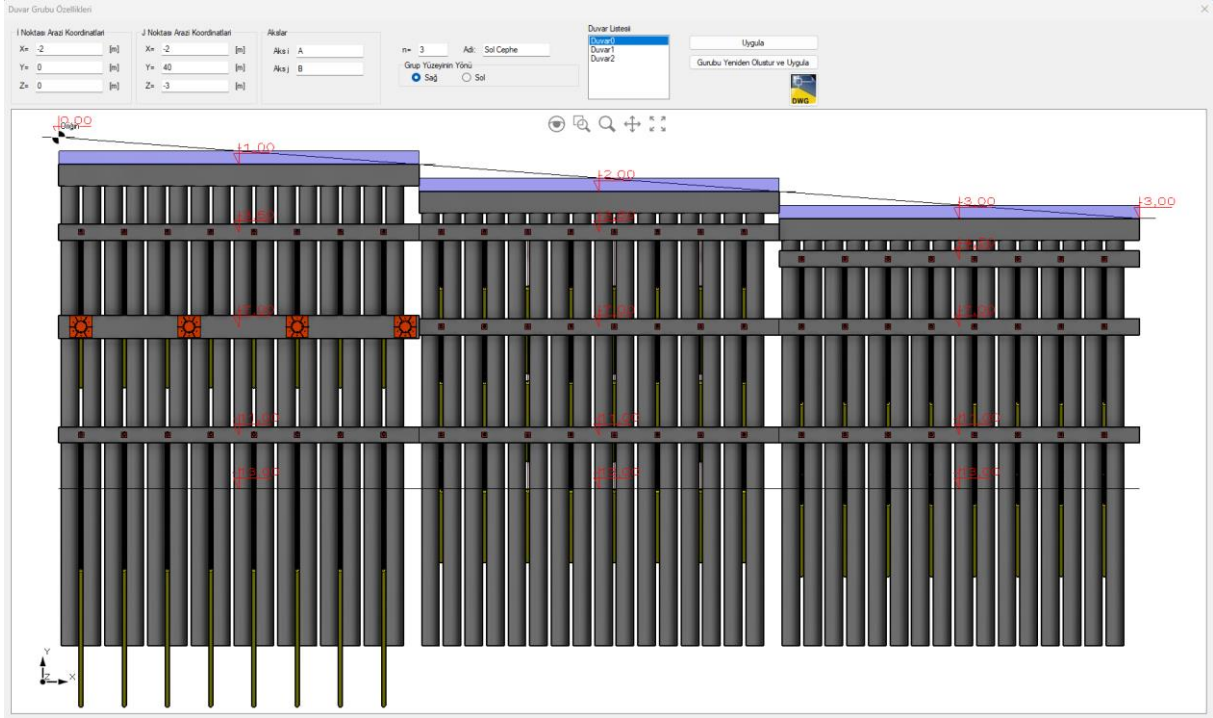
Duvar grubu oluşturmak için Tanımla > Duvar Grubu Ekle seçeneği ile 'Duvar Grupları' penceresi açılır (Şekil 29). Bu pencerede aşağıdaki parametreler ayarlanabilir:

Şekil 29. Duvar Grupları

- **X:** Grup başlangıç (i) veya bitiş (j) noktasının X arazi koordinatı
- **Y:** Grup başlangıç (i) veya bitiş (j) noktasının Y arazi koordinatı
- **Z:** Grup başlangıç (i) veya bitiş (j) noktasının Z arazi koordinatı
- **n:** Gruptaki duvar sayısı
- **Adı:** Grubun adı
- **Aks i:** i noktasındaki aksın adı
- **Aks j:** j noktasındaki aksın adı
- **Grup Yüzeyinin Yönü:** Grup yüzeyine etkiyen toprak basıncının yönü

Değişkenler girildikten sonra, 'Ekle' butonu kullanılarak duvar grubu modele eklenir. Kullanıcı, i ve j noktalarının koordinatlarını 'İnteraktif' butonu aracılığıyla ekran üzerinden fare imleciyle seçerek duvar grubunu oluşturabilir. Duvar grubu oluşturulurken, program varsayılan kesiti kullanır. Eğer z arazi kotu değişmiyorsa, varsayılan kesit aynen uygulanır. i ve j kotları farklı ise, duvar kesitleri varsayılan kesite en yakın olacak şekilde ayarlanır.

"Düzenle" butonu, "Duvar Grubu Özellikleri" penceresini açar. "Sil" butonu, modeldeki seçili duvar grubunu siler. "Tanımla > Seçim Modu" seçeneği etkinleştirildiğinde, 2D veya 3D ekranda duvar grupları üzerine tıklanarak seçilebilir. Seçili bir gruba çift tıklayarak "Duvar Grubu Özellikleri" penceresine erişilebilir. Benzer şekilde, seçili bir grup varken klavyeden "Delete" tuşuna basılması da grubu siler.



Şekil 30. Duvar Grubu Özellikleri

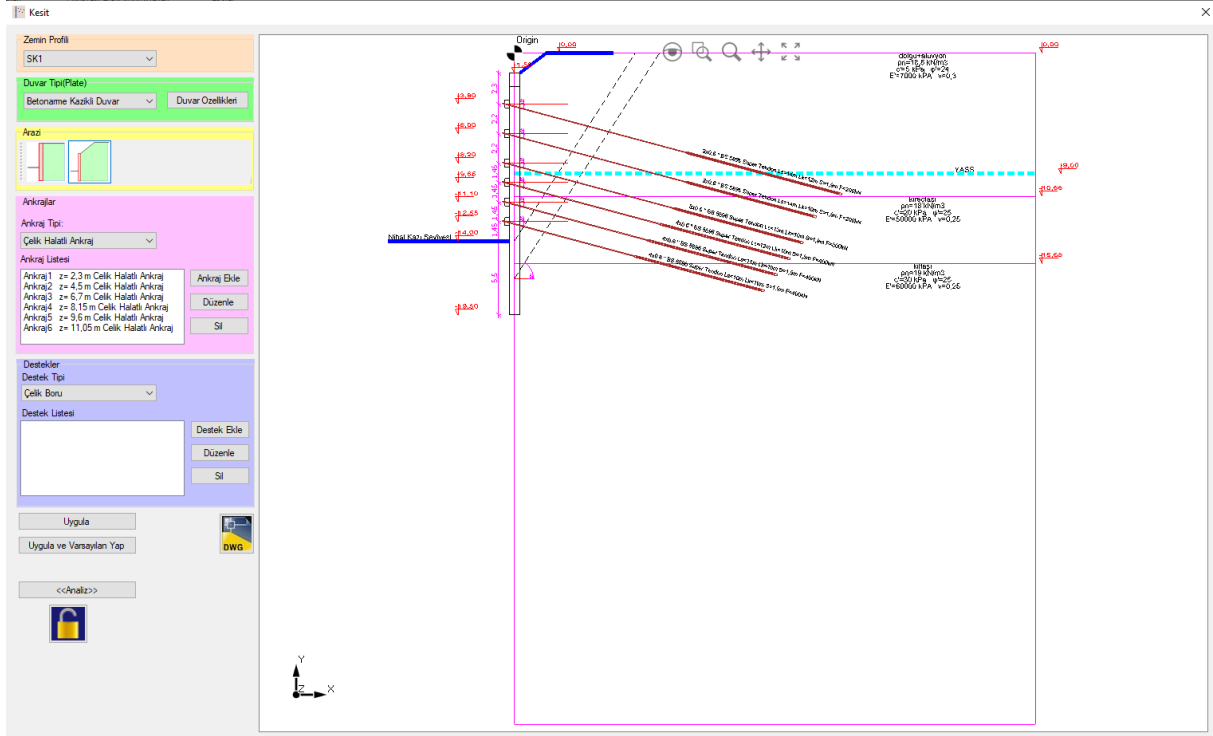
"Duvar Grubu Özellikleri" penceresinde, "Uygula" butonu değişiklikleri kaydeder. "Grubu Yeniden Oluştur ve Uygula" butonu ise duvar grubunu, varsayılan kesit ayarlarını dikkate alarak yeniden oluşturur ve uygular.

Duvar listesinde gösterilen duvarlara çift tıklanarak, seçilen duvarın kesit özelliklerinin düzenlendiği 'Kesit' penceresi açılır.

5.2. Kesit

Kesit penceresinde aşağıdaki özellikler belirlenir:

- **Zemin Profili:** Kesite atanacak zemin profili seçilir.
- **Duvar Tipi:** Betonarme perde veya kazıklı duvar tipi belirlenir. 'Duvar Özellikleri' butonu ile ilgili duvar özelliklerinin düzenlendiği pencereye ulaşılır.
- **Arazi:** Duvarın arkasındaki arazi tipi seçilir.



Şekil 31. Kesit.

• Ankrajlar:

Duvarda kullanılacak ankraj elemanları bu bölümde düzenlenir. Ankraj tipi olarak 'Çelik Halatlı Ankraj' veya 'Betonarme Donatılı Zemin Çivisi' seçeneklerinden biri belirlenir. 'Ankraj Ekle' butonu kullanılarak, özellikleri tanımlanan ankrajlar listeye eklenir ve kesite atanır. Ankraj listesindeki bir elemana çift tıklanarak veya seçilip 'Düzenle' butonu ile 'Ankraj Özellikleri' penceresine ulaşılır. 'Sil' butonu, listeden seçilen ankraj elemanını siler.

• Destekler:

Duvarda kullanılacak destek elemanları bu bölümde düzenlenir. Kullanılacak destek tipi 'Çelik Boru', 'Çelik I Profili' veya 'Betonarme Dikdörtgen Kiriş' olarak seçilir. 'Destek Ekle' butonu ile, belirlenen özelliklere sahip destek elemanları listeye eklenir ve kesite atanır. Listedten bir destek elemanına çift tıklanarak veya seçilip 'Düzenle' butonu ile 'Destek Özellikleri' penceresine ulaşılır. 'Sil' butonu, seçilen destek elemanını siler.



"Kesit" penceresinde, "Uygula" butonu yapılan değişiklikleri kesite uygular. "Uygula ve Varsayılan Yap" butonu ise, oluşturulan duvar kesitini varsayılan kesit olarak ayarlar.

5.2.1. Duvar Özellikleri

Seçilen duvar tipinin kesit özelliklerinin düzenlendiği pencere (Şekil 32):

Betonarme Kazıklı Duvar

Kazıklı Duvar Boyutları

L= 17 [m]
Dp= 0,8 [m]
S= 0,95 [m]

Başlık Kirişi

B= 0,8 [m]
H= 1 [m]
x= 0,001 [m]

Minimum Donatı

Uygula

Malzeme

Beton Sınıfı C30
Çelik Sınıfı B420C

Kazık Donatıları

Boyuna Donatı

Adet 17 Çap [mm] 20 53,41 [cm2]

Fret

Çap [mm] 10 Aralık [cm] 12 13,09 [cm2/m]

Cember Donatısı

Çap [mm] 12 Aralık [cm] 250

Z Demiri

Çap [mm] 16 Aralık [cm] 350

Başlık Kirişi Donatıları

Ust Boyuna Donatı

Adet 11 Çap [mm] 16 22,12 [cm2]

Etriye

Adet 2 Çap [mm] 8 Aralık [cm] 25 8,04 [cm2/m]

Alt Boyuna Donatı

Adet 11 Çap [mm] 16 22,12 [cm2]

Gövde Donatısı

Adet 2 x 2 Çap [mm] 16 8,04 [cm2]

Şekil 32. Betonarme Kazıklı Duvar

L: Başlık kirişi hariç kazık boyu

Dp: Kazık çapı

S: Kazık merkezleri arası mesafe

B: Başlık kiriş genişliği

H: Başlık kiriş yüksekliği



X: İlk kazığın başlık kirişi kenarından girintisi

"Minimum Donatı" butonu, kazık ve başlık kirişi donatılarını TS500 (Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları) standardına göre hesaplar. Hesaplanan minimum donatılar, "Kazık Donatıları" ve "Başlık Kirişi Donatıları" bölümlerindeki ilgili değer alanlarında gösterilir. Kullanıcı, isterse bu bölümlerdeki donatı çapı, aralık ve adet bilgilerini değiştirebilir.

"Malzeme" bölümünde, betonarme kazıklı duvar için "Beton Sınıfı" ve "Çelik Sınıfı" seçenekleri belirlenir. Yapılan değişiklikler, "Uygula" butonuyla kaydedilir.

5.2.2. Çelik Halatlı Ankraj Özellikleri

"Kesit" penceresinin "Ankrajlar" bölümünde, ankraj tipi olarak "Çelik Halatlı Ankraj" seçilir ve "Ankraj Ekle" butonuyla yeni bir ankraj eklenir. "Düzenle" butonu kullanılarak açılan "Çelik Halatlı Ankraj Özellikleri" penceresinde (Şekil 33) aşağıdaki özellikler tanımlanır:

Çelik Halatlı Ankraj Özellikleri

Ankraj Adı:

Ankraj Yerleşim-Boyutlar | Ankraj-Duvar Birleşimi | Mekanik Özellikler

Yerleşim ve Boyutlar

z= [m]

S= [m]

α = °

n=

di= [mm]

ds= [m]

d= [m]

Ls= [m]

Lk= [m]

☐ Sağırma

☐ Yatayda İlk Ankrajı Kaldır

☐ Yatayda Son Ankrajı Kaldır

The diagram shows a cross-section of a wall with a vertical reinforcement bar (red) and a horizontal reinforcement bar (blue). The dimensions z, S, and α are indicated. The diagram also shows a 3D view of the anchor with dimensions ds, d, Ls, and Lk.

Şekil 33. Çelik Halatlı Ankraj Özellikleri

Ankraj-Yerleşim Boyutlar Sekmesi:

- **z:** Ankrajın kotu



- **S:** Yatay aralık
- **α :** Ankrajın yatayla yaptığı açı
- **n:** Halat adedi
- **d_i:** Bir halatın çapı
- **d_s:** Ankraj çubuk çapı (birden fazla halat için nominal birleşik çap).
- **d:** Kök bölgesi çapı
- **L_s:** Serbest boy
- **L_k:** Kök boyu
- **Şaşırtma:** İşaretlenirse, ankraj sırasında diğer sıralara göre şaşırtma uygulanır.
- **Yatayda İlk Ankrajı Kaldır:** İşaretlenirse, ilgili ankraj sırasında ilk sıradaki ankraj kaldırılır.
- **Yatayda Son Ankrajı Kaldır:** İşaretlenirse, ilgili ankraj sırasında son sıradaki ankraj kaldırılır.

Ankraj-Duvar Birleşimi Sekmesi:

- **Plaka Boyutları Alanı:**
 - **A:** Plaka genişliği
 - **B:** Plaka yüksekliği
 - **H:** Plaka kalınlığı
 - **H_r:** Açılı plakalarda ikinci plakanın kalınlığı.
- **Plaka Tipi Alanı:** "Düz" veya "Açılı" plaka tipi seçilir.
- **L_d:** Ankraj plakasından dışarı çıkan ankraj uzunluğu
- **Ankraj Başlığı Alanı:**
 - **D:** Başlık çapı



- **H:** Başlık kalınlığı

Şekil 34.Çelik Halatlı Ankraj Özellikleri/Ankraj-Duvar Birleşimi

- **Kuşak Kirişi:** İşaretlenirse, "Kuşak Kirişi Özellikleri" alanı etkinleşir. Kuşak tipi olarak "Betonarme Kiriş" veya "Çelik U Profil" seçilir. "Kiriş Özellikleri" butonuyla kuşak kirişinin özellikler penceresi açılır.
 - "Betonarme Kiriş" seçilirse, "Boyutlar" alanında Kuşak Kirişi Genişliği (B) ve Yüksekliği (H) tanımlanır.
 - "Malzeme" alanında, betonarme kuşak kirişi için kullanılacak beton ve çelik malzemesi seçilir.
 - "Minimum Donatı" butonu, TS500'e göre minimum donatıyı hesaplar ve "Donatılar" bölümünde gösterir. Kullanıcı bu değerleri değiştirebilir.



Betonarme Kuşak Kiriş

Boyutlar

B= 0,3 [m]

H= 0,6 [m]

Malzeme

Beton Sınıfı: C25

Çelik Sınıfı: S420a

Uygula

Minimum Donatı

Donatılar

Ust Boyuna Donatı

Adet 3 Çap [mm] 16 6,03 [cm²]

Etriye

Adet 1 x Çap [mm] 8 / Aralık [cm] 25 4,02 [cm²/m]

Alt Boyuna Donatı

Adet 3 Çap [mm] 16 6,03 [cm²]

Gövde Donatısı

Adet 2 x 1 Çap [mm] 16 4,02 [cm²]

Şekil 35. Betonarme Kuşak Kirişi

Mekanik Özellikler Sekmesi:

- **Mekanik Özellikler Alanı:**
 - **F:** Öngerme kuvveti
 - **E:** Çelik halat elastisite modülü
 - **v:** Çelik halat poisson oranı
- **Plaka Malzemesi (Plaka, Başlık) Alanı:** Plaka malzemesi seçilir.
- **Zeminden Sıyırılma Direnci Alanı:** Hesaplama yöntemi (Kullanıcı Tanımlı, Ampirik Veri, Efektif Gerilmeler, Toplam gerilmeler) seçilir.
 - **F_s:** Zemin-enjeksiyon sıyırılma direnci
 - **f:** Nihai çeper sürtünmesi
 - **ξ:** Ampirik veri güvenlik sayısı
 - **K₁:** Basıncsız enjeksiyon yöntemiyle imal edilen ankrajlar için zemin basıncı katsayısı, zeminin türüne ve sıkılığına bağlı olarak değişen bir parametredir.



Genellikle 1.4 ile 2.3 arasında değer alır. Ancak ince kum ve siltli zeminlerde, zeminin rölatif sıkılığı düşükse 1 ile 1.15 arasında değerlere düşebilir.

- **Enjeksiyon Sıyırılma Direnci Alanı:** Hesaplama yöntemi (Kullanıcı Tanımlı, TS500, ACI 318-11) seçilir.
 - **F_k:** Halat-enjeksiyon sıyırılma direnci
 - **f_c:** Enjeksiyon basınç dayanımı

Şekil 36 Çelik Halatlı Ankraj Özellikleri/Mekanik Özellikler

"Uygula" butonu, yapılan değişiklikleri kaydeder."

5.2.3. Betonarme Donatılı Zemin Çivisi Özellikleri

Duvar kesiti penceresindeki "Ankrajlar" bölümünde, ankraj tipi olarak "Betonarme Donatılı Zemin Çivisi" seçimi yapılır. Zemin çivisi eklemek için "Ankraj Ekle" butonuna tıklanır. Zemin çivisi özelliklerini düzenlemek için "Düzenle" butonu kullanılır.

Açılan pencerede aşağıdaki özellikler tanımlanır:



- **Ankraj Adı:** Ankraja verilecek isim.
- **Çivi Yerleşim-Boyutlar Sekmesi:**
 - **z:** Derinlik (Duvar üst kotundan ankraj kotuna olan düşey mesafe).
 - **S:** Yatay aralık
 - **α :** Ankrajın yatayla yaptığı açı
 - **n:** Çivi adedi
 - **d_i:** Betonarme donatı çapı
 - **d_s:** Ankraj çubuk çapı
- **d:** Ankraj çapı
- **L:** Ankraj boyu

Ek Seçenekler:

- **Şaşırtma:** Bu kutucuk işaretlendiğinde, ilgili ankraj sırasındaki çiviler, diğer sıralardaki ankrajlara göre şaşırtmalı olarak yerleştirilir.
- **Yatayda İlk Ankrajı Kaldır:** Bu kutucuk işaretlendiğinde, ilgili ankraj sırasındaki ilk ankraj kaldırılır.
- **Yatayda Son Ankrajı Kaldır:** Bu kutucuk işaretlendiğinde, ilgili ankraj sırasındaki son ankraj kaldırılır.



Betonarme Donatı ile Zemin Çivisi

Ankraj Adı: Ekle

Çivi Yerleşim-Boyutlar Çivi-Duvar Birleşimi Mekanik Özellikler

Boyutlar

z= [m]

S= [m]

α = °

n=

di= ▾

ds= [m]

d= [m]

L= [m]

☐ Şaşırtma

☐ Yatayda İlk Ankrajı Kaldır

☐ Yatayda Son Ankrajı Kaldır

Şekil 37.Betonarme Donatılı Zemin Çivisi

Çivi-Duvar Birleşimi Sekmesi:

- Plaka Boyutları Alanı:**

- **A:** Plaka genişliği
- **B:** Plaka yüksekliği
- **H:** Plaka kalınlığı
- **H_r:** Açılı plakalarda döndürülen ikinci plakanın kalınlığı



Betonarme Donatı ile Zemin Çivisi [X]

Ankraj Adı: Ekle

Çivi Yerleşim-Boyutlar **Çivi-Duvar Birleşimi** **Mekanik Özellikler**

Plaka Boyutları

A= [mm]

B= [mm]

H= [mm]

Hr= [mm]

Ld= [mm]

Plaka Tipi

☒ Düz ☐ Açılı

Çivi Başlığı

D= [mm]

H= [mm]

Kuşak Kirişi ☒

Kuşak Kirişi Özellikleri

Kuşak Tipi: ▼

Kiriş Özellikleri

Vidalar ☒

D= [mm]

Dh= [mm]

L= [mm]

H= [mm]

X= [mm]

Şekil 38.Betonarme Donatılı Zemin Çivisi/Çivi-Duvar Birleşimi

- **Plaka Tipi Alanı:**

- "Düz" veya "Açılı" plaka tipi seçimi.
- **Ld**: Ankraj plakasından dışarı çıkan ankraj uzunluğu

- **Çivi Başlığı Alanı:**

- **D**: Başlık çapı
- **H**: Başlık kalınlığı

- **Kuşak Kirişi Seçeneği:**

- "Kuşak Kirişi" seçeneği işaretlendiğinde "Kuşak Kirişi Özellikleri" alanı aktif hale gelir.



- Kuşak tipi olarak "Betonarme Kiriş" veya "Çelik U Profil" seçimi yapılır.
- **Betonarme Kiriş Özellikleri (Kuşak Tipi "Betonarme Kiriş" Seçildiğinde):**
 - **Boyutlar Alanı:**
 - **B:** Kuşak Kirişi Genişliği.
 - **H:** Kuşak Kirişi Yüksekliği.
 - **Malzeme Alanı:**
 - Betonarme kuşak kirişinde kullanılacak beton ve çelik malzemesi seçimi.
 - **Minimum Donatı:**
 - "Minimum Donatı" butonu ile TS500'e göre minimum donatı hesaplanır.
 - "Donatılar" alanında ilgili girdi alanlarında gösterilir.
 - Kullanıcı, bu girdi kutularındaki donatı çapı, aralık ve adet bilgilerini değiştirebilir.

Şekil 39. Betonarme Kuşak Kirişi



Mekanik Özellikler Sekmesi:

- **Mekanik Özellikler Alanı:**

- "Çivi Çelik Sınıfı" ve "Birleşim Malzemesi (Plaka, Başlık)" özellikleri seçilir.

- **Zeminden Sıyırılma Direnci Alanı:**

- Hesaplama yöntemi olarak "Kullanıcı Tanımlı", "Ampirik Veri", "Etkatif Gerilmeler", "Toplam Gerilmeler", "Çekme Deneyleri" yöntemleri bulunur.
- F_s : Zemin-enjeksiyon sıyırılma direnci
- τ_{bu} : Nihai çeper sürtünmesi
- K_1 : Basıncısız enjeksiyon yöntemi ile imal edilen ankrajlar için zemin basıncı katsayısı (1.4-2.3 arasında değişmektedir). İnce kum ve siltli zeminlerde rölatif sıkılığın yüksek veya düşük olmasına göre 1-1.15 değerleri arasındadır.

Şekil 40 Betonarme Donatılı Zemin Çivisi/Mekanik Özellikler



5.2.4. Çelik Boru Destek Özellikleri

Duvar kesiti penceresindeki "Destekler" bölümünde, destek tipi olarak "Çelik Boru" seçilir. Çelik boru destek eklemek için "Destek Ekle" butonuna tıklanır. Destek özelliklerini düzenlemek için "Düzenle" butonu kullanılır.

Açılan pencerede aşağıdaki özellikler tanımlanır:

- **Ankraj Adı:** Desteğe verilecek isim.
- **Yerleşim ve Boyutlar Alanı:**
 - **z:** Destek derinliği
 - **S:** Yatay aralık
 - **L:** Destek boyu
- **Yatayda Açılı Destek Seçeneği:**
 - Bu seçenek işaretlendiğinde, yatay açının girilebileceği alan aktif hale gelir.
 - β : Desteğin yatayla yaptığı açı
- **Yatayda İlk Desteği Kaldır Seçeneği:**
 - Bu seçenek işaretlendiğinde, ilgili destek sırasındaki ilk destek kaldırılır.
- **Yatayda Son Desteği Kaldır Seçeneği:**
 - Bu seçenek işaretlendiğinde, ilgili destek sırasındaki son destek kaldırılır.



Çelik Boru Destek

Destek Adı: Destek 1 Ekle

Destek Yerleşim ve Boyutlar Levha Nervürler Ankraj Bulonları Malzeme Kusak Kirişi

Yerleşim ve Boyutlar

z= 4 [m]

S= 4 [m]

L= 8,5 [m]

☒ Yatayda Açılı Destek

$\beta = 0^\circ$

☐ Yatayda İlk Desteği Kaldır

☐ Yatayda Son Desteği Kaldır

☐ Kullanıcı Tanımlı Profil

Profil

Adı: TUBO-D76,1X3,2

D= 76,1 [mm]

t= 3,2 [mm]

Profiller

TUBO-D76,1X3,2

Şekil 41. Çelik Boru Destek/Destek Yerleşim ve Boyutlar

Profiller Alanı:

- Çelik boru destek için hazırlanmış kesit, açılır listeden seçilir.
- Kullanıcı kesit özelliklerini kendi belirlemek istediğinde "Kullanıcı Tanımlı Profil" seçeneğini işaretlemelidir.
- Bu seçenek işaretlendiğinde "Profil" alanı aktif hale gelir ve aşağıdaki özellikler tanımlanabilir:
 - **Adı:** Çelik profilin kesit adı
 - **D:** Profil dış çapı
 - **t:** Profil et kalınlığı

Levha Sekmesi:



- **Levha Geometrisi Alanı:** Kare veya daire levha geometrisi seçimi yapılır.

Çelik Boru Destek

Destek Adı: Destek1 Ekle

Destek Yerleşim ve Boyutlar **Levha** Nervürler Ankraj Bulonları Malzeme Kusak Kırışı

Levha Geometrisi

☒ Kare
☐ Daire

Levha

Adı: PL1

b= 850 [mm]

t= 30 [mm]

Çelik Boru / Levha Kaynak Özellikleri

Elektrod uygulama kodu: E70xx

a= 7 [mm]

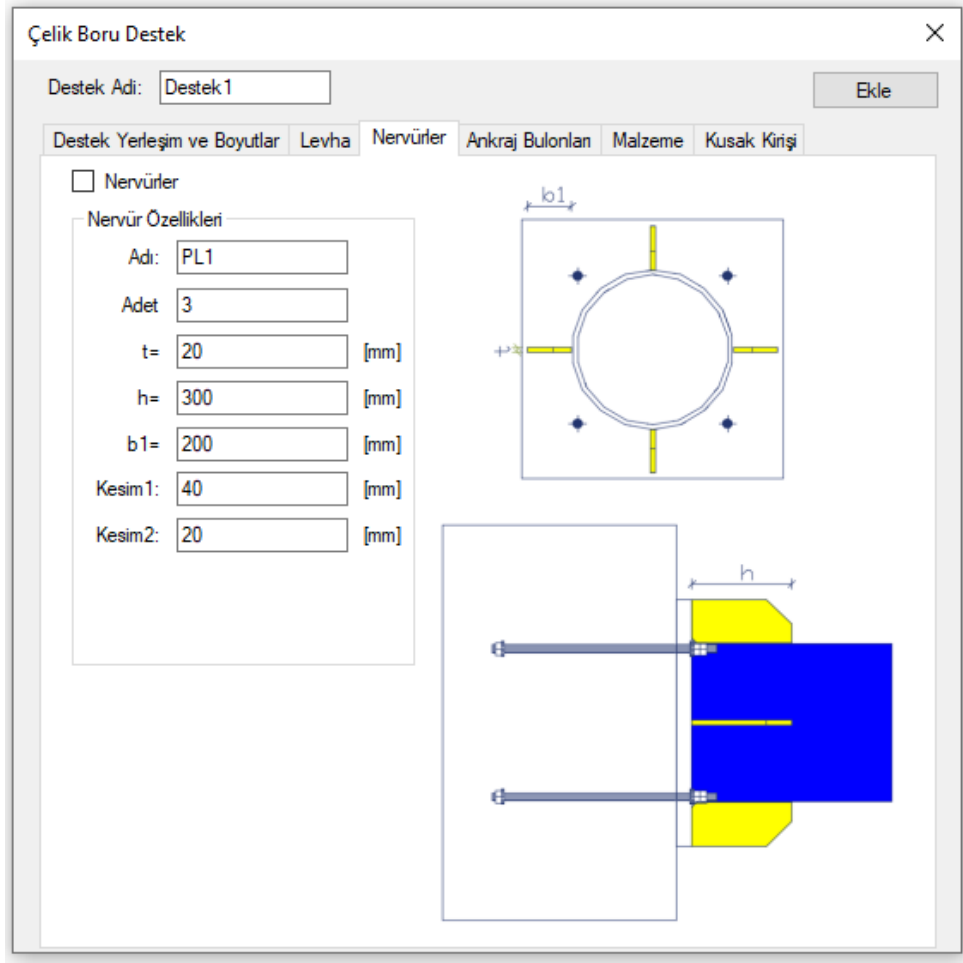
Şekil 42. Çelik Boru Destek/Levha

Levha Alanı:

- **Adı:** Plaka adı
- **b:** Levha Genişliği
- **t:** Levha kalınlığı

Çelik Boru/Levha Kaynak Özellikleri Alanı:

- Açılır listeden "Elektrot uygulama kodu" seçilir.
- **a:** Kaynak kalınlığı



Şekil 43. Çelik Boru Destek/Nervürler

Nervürler Sekmesi:

- **Nervür Özellikleri Alanı:**
 - **Adı:** Nervür adı
 - **Adet:** Nervür adedi
 - **t:** Nervür kalınlığı
 - **h:** Nervür yüksekliği
 - **b₁:** Nervür genişliği
 - **Kesim1:** Nervür köşesindeki kesim boyutları girilir.
 - **Kesim2:** Nervür köşesindeki kesim boyutları girilir.



Çelik Boru Destek

Destek Adı: Destek1 Ekle

Destek Yerleşim ve Boyutlar **Levha** Nervürler Ankraj Bulonları Malzeme Kusak Kirişi

Ankraj Bulonları

Bulon Çapı= M16

L1= 50 [mm]

L2= 420 [mm]

S= 28 [mm]

k= 10 [mm]

Delikler(TCY)

☒ Standart Dairesel

☐ Büyük Dairesel

☐ Kısa Oval

☐ Uzun Oval

☒ Ankraj Uç Levhası

Ankraj Uç Levha Boyutları

Adı: PL2

b= 40 [mm]

h= 40 [mm]

t= 30 [mm]

Şekil 44.Çelik Boru Destek/Ankraj Bulonları

Ankraj Bulonları Sekmesi:

- Ankraj Bulonları Alanı:**

- Bulon Çapı:** Açılır listeden kullanılacak bulon çapı seçilir.
- L1:** Plaka üst kotundan yukarı bulon boyu
- L2:** Plaka üst kotundan aşağı bulon boyu
- S:** Bulon başlık iç çapı
- K:** Bulon başlık yüksekliği

- Delikler (TCY) Alanı:**

- Delik tipi olarak standart dairesel, büyük dairesel, kısa oval ve uzun oval seçeneklerinden biri seçilir.



- **Ankraj Uç Levha Boyutları Alanı:**

- **Adı:** Ankraj uç levha adı girilir.
- **b:** Ankraj uç levha genişliği
- **h:** Ankraj uç levha yüksekliği
- **t:** Ankraj uç levha kalınlığı

Şekil 45.Çelik Boru Destek/Malzeme

Malzeme Sekmesi:

- **Malzeme Alanı:** Açılır listelerden "Profil, Plaka Malzemesi" ve "Bulon Malzemesi" seçilir.



- **Kuşak Kirişi Seçeneği:** "Kuşak Kirişi" seçeneği işaretlenerek "Kuşak Kirişi Özellikleri" alanı aktif hale getirilir. Kuşak tipi olarak "Betonarme Kiriş" veya "Çelik U Profil" seçilir.

Şekil 46.Çelik Boru Destek/Kuşak Kirişi

- **Betonarme Kiriş Özellikleri (Kuşak Tipi "Betonarme Kiriş" Seçildiğinde):**
 - **Boyutlar Alanı:**
 - **B:** Kuşak Kirişi Genişliği
 - **H:** Kuşak Kirişi Yüksekliği
 - **Malzeme Alanı:** Betonarme kuşak kirişinde kullanılacak beton ve çelik malzemesi seçilir.



- **Minimum Donatı:** "Minimum Donatı" butonu ile TS500'e göre minimum donatı hesaplanır ve "Donatılar" alanında ilgili alanlarda gösterilir. Kullanıcı, isterse bu alanlardaki donatı çapı, aralık ve adet bilgilerini değiştirebilir.

Betonarme Kuşak Kiriş

Boyutlar B= 0,3 [m] H= 0,6 [m]	Malzeme Beton Sınıfı: C25 Çelik Sınıfı: S420a	Uygula Minimum Donatı
---	--	--

Donatılar

Ust Boyuna Donatı Adet 3 Çap [mm] 16 6,03 [cm2]	Etriye Adet 1 x Çap [mm] 8 / Aralık [cm] 25 4,02 [cm2/m]
Alt Boyuna Donatı Adet 3 Çap [mm] 16 6,03 [cm2]	Gövde Donatısı 2 x Adet 1 Çap [mm] 16 4,02 [cm2]

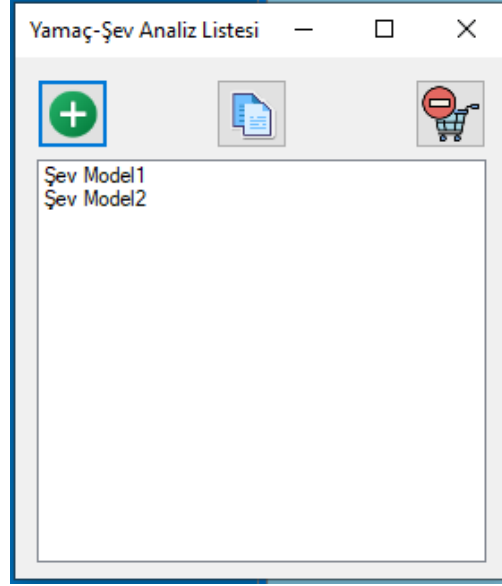
Şekil 47. Betonarme Kuşak Kirişi



6. ŞEV/YAMAÇ STABİLİTESİ



Butonu: Programda şev modellemesi yapmak için 'Tanımla' menüsünden 'Yamaç ve Şevler' butonuna tıklanır. Bu işlem sonucunda 'Yamaç-Şev Analiz Listesi' penceresi açılır.



Şekil 48.Yamaç-Şev Analiz Listesi



Butonu: Yeni bir şev modeli analiz listesine ekler.

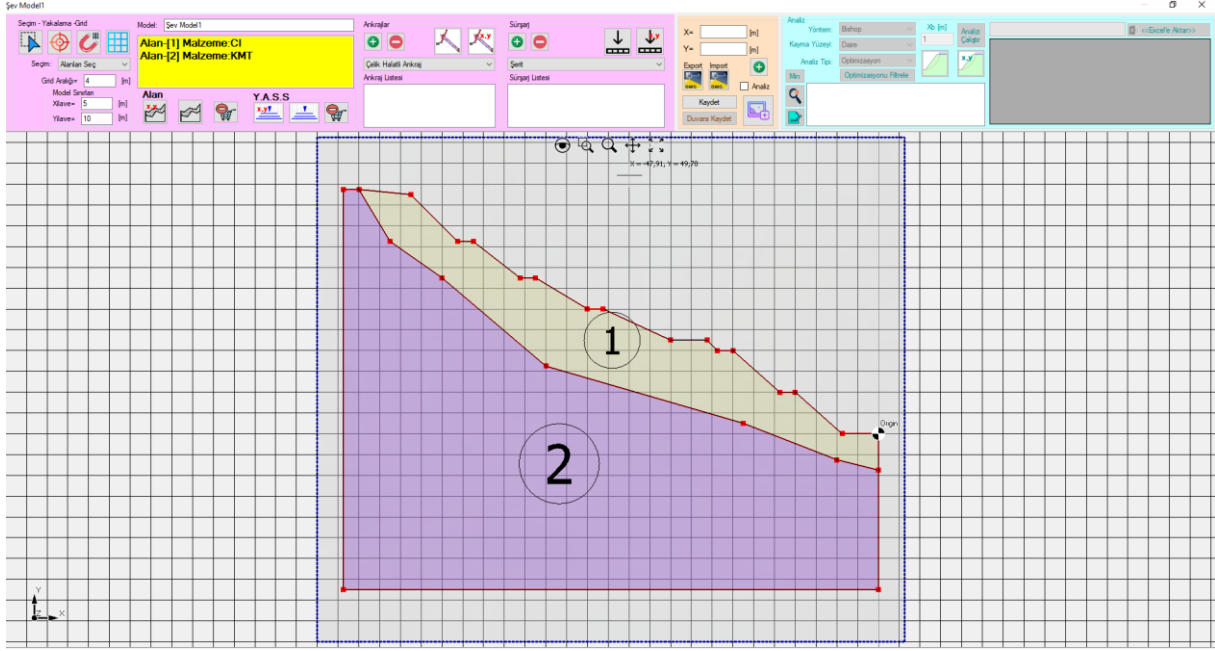


Butonu: Analiz listesinden seçilen şev modelini kopyalar.



Butonu: Analiz listesinden seçilen şev modelini siler.

Yamaç-Şev Analiz Listesi'nde oluşturulan listeden istenilen modelin üzerine çift tıklanarak şev modeli penceresi açılır.



Şekil 49. Şev Modeli

Açılan şev modeli penceresinde “Seçim-Yakalama-Grid” alanında;



Seçim butonu: Model penceresinde oluşturulan nesneleri ekran üzerinden imleç ile seçmeyi sağlar.



Obje yakalama butonu: Model penceresinde oluşturulan nesneleri ekran üzerinden imleç ile yakalama özelliğini etkinleştirir.



Grid yakalama butonu: Model penceresindeki gridleri ekran üzerinden imleç ile yakalama özelliğini etkinleştirir.



Gridler butonu: Model penceresinde gridleri açıp kapatır.

Seçim: Açılır listeden "Alanları Seç", "Alan Noktalarını Seç", "Y.A.S.S. Noktalarını Seç", "Ankrajları Seç", "Sürşarj yüklerini Seç" seçeneklerinden biri belirlenerek "Seçim" butonunun özellikleri değiştirilir.

Grid Aralığı: Şev modeli ekranındaki grid aralıkları girilir.

“Model Sınırları” alanında:

X_{ilave}: En dıştaki alan noktalarından yatay mesafe



SETAF2018

Y_{ilave}: En dıştaki alan noktalarından düşey mesafe

Model: Şev modelinin ismi girilir.

Şev modelinin isminin girildiği "Model" alanının alt kısmındaki sarı alanda, şev modelinde oluşturulan alanların numaraları ve bu alanlara atanan malzeme isimleri gösterilir.

"Alan" bölümünde:



: Koordinat girerek alan oluşturur.



: İnteraktif alan oluşturur.



: Alan siler.

"Y.A.S.S." bölümünde:



: Koordinat girerek Y.A.S.S. oluşturulur.



: İnteraktif Y.A.S.S. oluşturulur.



:Y.A.S.S. siler

"Ankrajlar" bölümünde:



: Ankraj ekler.



: Ankraj siler.



: İnteraktif ankraj ekler



:Koordinat girilerek ankraj ekler.

"Ankrajlar" bölümündeki açılır listeden, ankraj tipi olarak çelik halatlı ankraj veya betonarme donatılı zemin çivisi seçilir. Eklenen ankraj "Ankraj Listesi" bölümünde listelenir.

"Sürşarj" bölümünde:



: Sürşarj yükü ekler



: Sürşarj yükü siler



: İnteraktif sürşarj yükü ekler



SETAF2018



: Koordinat girilerek sürşarj yükü ekler.



"Sürşarj" alanındaki açılır listeden, yük tipi olarak nokta, çizgi, şerit veya alan seçilir. Eklenen sürşarj "Sürşarj Listesi" bölümünde listelenir.

X= [m]
Y= [m]

Sarı renkli alanda bulunan X ve Y alanlarına koordinat girilerek alan, Y.A.S.S., ankraj, sürşarj yükü, kayma yüzeyi eklenir.



: Koordinatla veri girişi yapılır.



: Oluşturulan şev modeli .dwg formatında kaydedilir.



: "dwg" formatında oluşturulan kesit şev modeli olarak alınır.

"Analiz" alanı işaretlenerek veri giriş bölümleri pasif hale gelir, analiz bölümü aktif hale gelir.

"Kaydet" butonu ile, oluşturulan şev modeli kaydedilir.

"Duvara Kaydet" butonu, dış stabilite kontrolü yapılan duvar kesitinin analiz sonuçlarını, ilgili duvarın analiz sonuçlarının içine kaydeder.

Geoteknik proje tasarım raporuna resim ve tablo eklemek için kullanılır.

"Analiz" bölümünde:

- "Yöntem" seçeneği için açılır listeden Oms/Fellenius veya Bishop yöntemi belirlenir.
- "Kayma Yüzeyi" seçeneği için açılır listeden daire veya poligon şekli seçilir.
- "Analiz Tipi" seçeneği için açılır listeden standart veya optimizasyon tipi tercih edilir.

Xb: Dilim Genişliği

İnteraktif kayma yüzeyi eklenebilir.



: Koordinat girişi ile kayma yüzeyi ekler



: Analiz sonucu hesaplanan minimum güvenlik sayısını listeden seçer.

"Optimizasyonu Filtrele" butonu, optimizasyon sonuçlarında geometrik hataları olan veya çözülemeyen adımları kaldırır.



Optimizasyon Ayarları

Şekil 50 Optimizasyon Ayarları

"Dairesel Kayma Yüzeyi Optimizasyonu" bölümünde, analiz için belirlenen ilk kayma dairesi temel alınarak, en düşük güvenlik sayısını veren kayma dairesini bulmak için gerekli optimizasyon parametreleri girilir.

"Tüm Kayma Yüzeylerini Sıralı Göster" seçeneği işaretlendiğinde, analiz sonucunda belirlenen tüm kayma yüzeyleri sırasıyla şev modeli ekranında gösterilir.

"Parametre Belirle" butonu, dairesel kayma yüzeyi optimizasyonu parametrelerinin program tarafından belirlenmesini sağlar.

"Optimizasyon Filtreleme" bölümünde, şev modeli ekranındaki "Optimizasyonu Filtrele" butonuna basıldığında kaldırılacak kayma dairelerinin özellikleri seçilir.

"Güvenlik Sayısı Sınır Değerleri" bölümünde, statik ve depremlili durumlar için FS sınır değerleri tanımlanır.



"Ayarları İlk Haline Getir" butonu, ayarlar penceresinde yapılan değişiklikleri, pencere ilk açıldığındaki duruma geri döndürür.



: Analiz raporunu oluşturur.

7. LABARATUVAR DENEYLERİ

Tanımla" menüsünden "Laboratuvar Deneyleri" butonuna tıklanarak laboratuvar deneyleri penceresi açılır (Şekil 51).

Şekil 51 Laboratuvar Deneyleri

“Deney Tipleri” alanından oluşturulacak laboratuvar deneyi seçilir ve “Ekle” butonuna tıklanarak ilgili deney “Deneyler” alanına eklenir. Eklenen deneyin raporu işaretlendiğinde, “Deney Özellikleri” alanında rapora ait özet bilgiler görüntülenir. “Sil” ve “Kopyala” butonlarıyla, “Deneyler” alanındaki seçili deney silinebilir veya kopyalanabilir.

Hazırlanan deney raporu, “Raporu Kaydet” butonuyla .slt uzantılı olarak bilgisayara kaydedilir. Daha sonra “Raporu Import Et” butonuyla, kayıtlı raporlar tekrar “Deneyler” alanına eklenebilir.

Program, laboratuvarıda yapılan konsolidasyon deneyinden elde edilen verilerle konsolidasyon parametrelerini hesaplayarak grafik ve tablolar içeren deney raporu oluşturur.

Konsolidasyon Deneyi			
Deney Verisi			
Sıkışma Miktarı	Laboratuvar:	İstanbul Üniversitesi Okan Üniversitesi	
Sıkışma Zamanı	Proje:	ada , pafta,	
Ayarlar	Alındığı yer:	Küçükçekmece	
Uygula	Tanın:	yeşil kahverengi	
Okumalar			
Yük		Mikrometre	
25 [kPa]	0		
50 [kPa]	1		
100 [kPa]	2		
200 [kPa]	140		
400 [kPa]	448		
800 [kPa]	842		
200 [kPa]	676		
800 [kPa]	924		
1600 [kPa]	1264		
3200 [kPa]	1702		
Sondaj No: SK-1 Derinlik: 12 [m] Ozgül ağırlık: 2,68 Mikrometre: 0,001 [mm] Tarih: 17.12.2023 11:05:29 Başlangıç Okuması: 0 Son Okuma: 1702			
Halka No: 3 Halka açılığı: 77,21 [gramf] Halka yüksekliği: 20 [mm] Halka çapı: 50 [mm] Ömek alanı: 19,63 [cm ²] Ömek ilk hacmi: 39,27 [cm ³] Ömek son hacmi: 35,93 [cm ³]		Deney Öncesi Halka+numune ağırlığı: 155,41 [gramf] Nümunne ağırlığı: 78,2 [gramf] Su ağırlığı: 16,99 [gramf] Kuru nümunne ağırlığı: 61,21 [gramf] Su içeriği: 27,76 [%] Doğal birim hacim ağırlığı: 19,53 [kN/m ³] Kuru birim hacim ağırlığı: 15,29 [kN/m ³] Doygunluk derecesi: 100 [%]	
Deney Sonrası Halka+numune ağırlığı: 151,51 [gramf] Nümunne ağırlığı: 74,3 [gramf] Su ağırlığı: 13,09 [gramf] Kuru nümunne ağırlığı: 61,21 [gramf] Su içeriği: 21,38 [%] Doğal birim hacim ağırlığı: 20,28 [kN/m ³] Kuru birim hacim ağırlığı: 16,71 [kN/m ³] Doygunluk derecesi: 99,99 [kN/m ³]		Deney Öncesi Ömek yüksekligi: 20 [mm] Epeđer dane yükseskligi: 11,63 [mm] Epeđer bođluk yükseskligi: 8,37 [mm] Epeđer su yükseskligi: 8,65 [mm] Bođluk oranı: 0,72 Bođluk yükseskligi deđiđimi: [mm]	
Deney Sonrası Ömek yüksekligi: 18,3 [mm] Epeđer dane yükseskligi: 11,63 [mm] Epeđer boğluk yükseskligi: 6,67 [mm] Epeđer su yükseskligi: 6,67 [mm] Bođluk oranı: 0,57 Bođluk yükseskligi değiğimi: 1,7 [mm]			

Açılan pencerede, “Deney Verisi” sekmesinde deney bilgileri girileceği alanlar açık, deney sonucunda hesaplanacak veri alanları ise kapalı olarak görüntülenir.

[SETAF2018 | sürüm 3.5 | © 2018 Akzel Mühendislik İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.
Tüm Hakları Saklıdır | www.setaf2018.com setaf2018@gmail.com}]



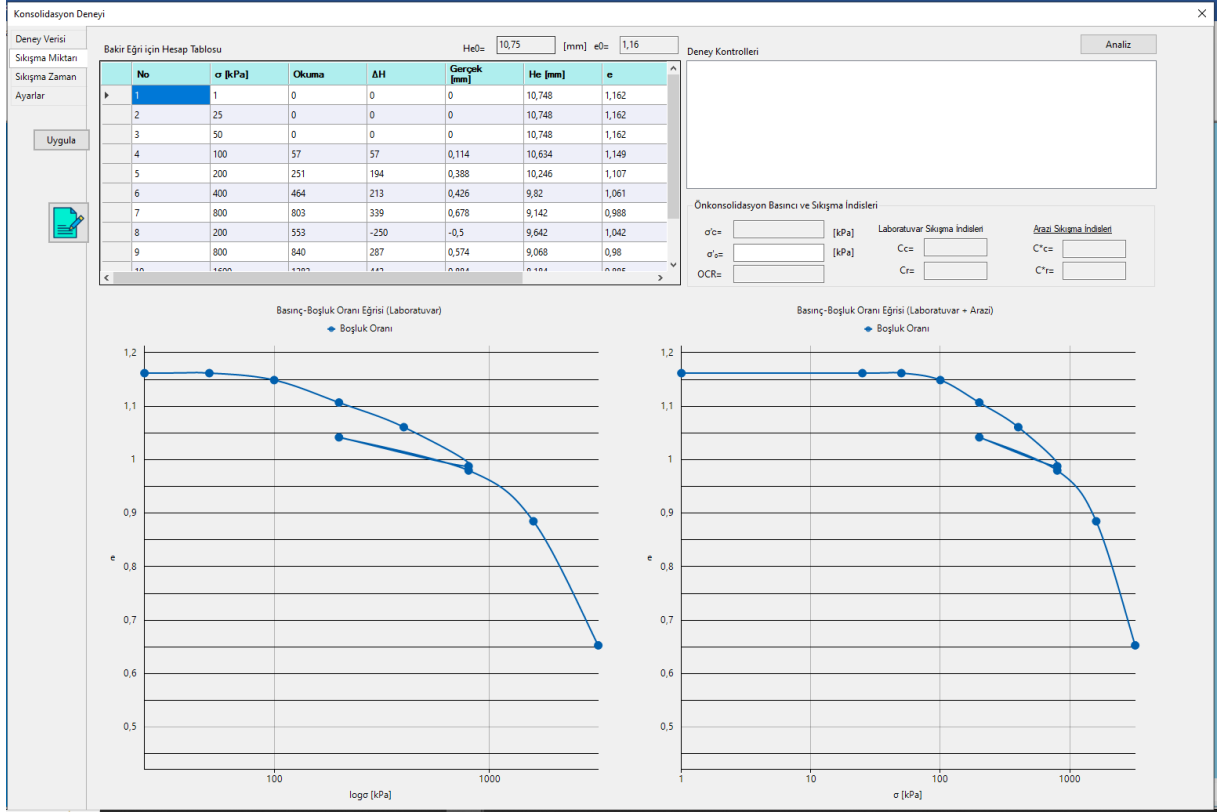
Hızlı Okumalar
×

Zaman [dk]	Mirometre	Uygula
0	140	
0.07	202	
0.25	208	
0.5	214	
1	224	
2.25	234	
4	268	
9	300	
16	326	
36	360	
64	384	
121	420	
420	444	
1440	448	

Şekil 53 Hızlı Okuma Verileri

Hızlı okuma verisi girilen yük aşamasında, ilgili satırdaki “+” butonu sarı renkle vurgulanır.

“Sıkışma Miktarı” sekmesinde, bakır eğrisi için hesap tablosu oluşturulur ve Basınç-Boşluk Oranı eğrileri çizdirilir (Şekil 54).

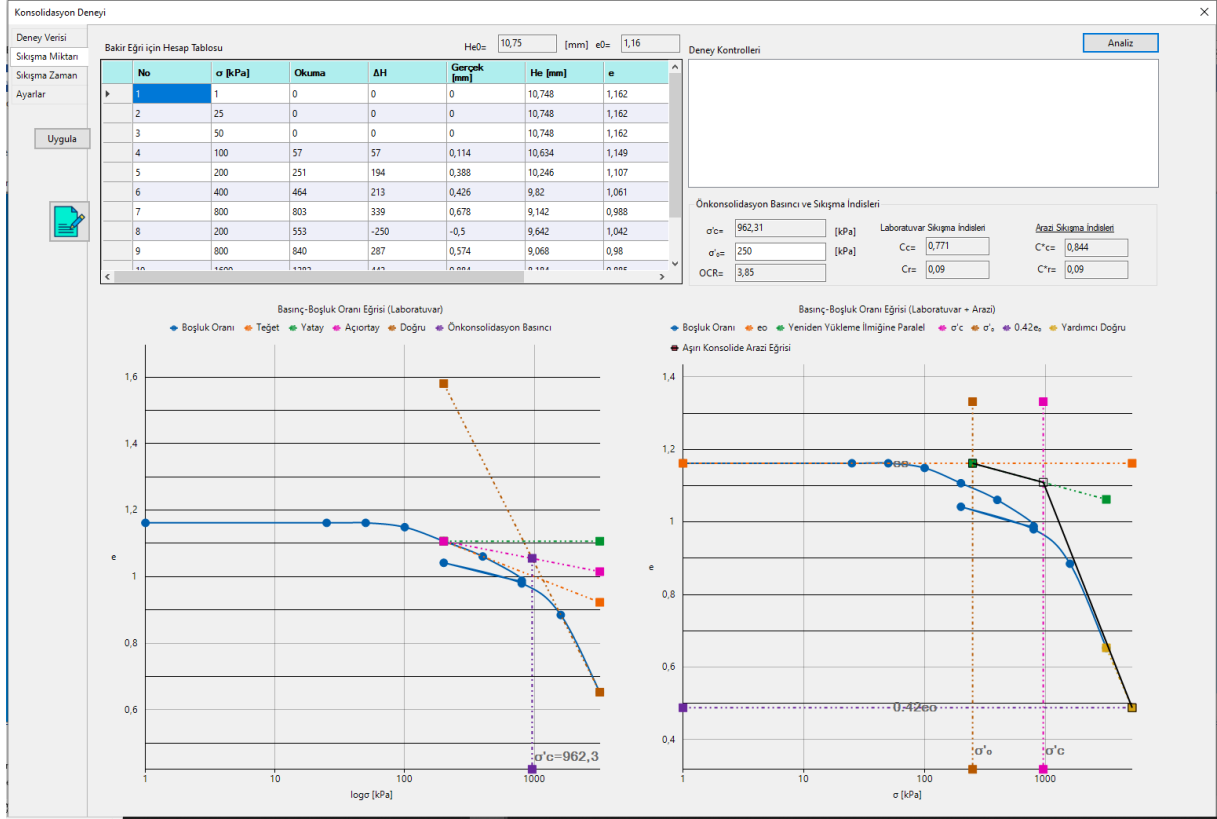


Şekil 54 Sıkışma Miktarı

Çizilen Basınç-Boşluk Oranı (Laboratuvar) grafiği üzerinde, eğrilik yarıçapının minimum olduğu nokta gözle belirlenir ve imleç ile işaretlenir. Bu noktaya göre, Casagrande yöntemi ile ön konsolidasyon basıncı (σ'_{c*}), sıkışma indisi (C_c) ve yeniden yükleme indisi (C_r) grafik üzerinden hesaplanır. Hesaplanan değerler, “Ön Konsolidasyon Basıncı ve Sıkışma İndisleri” alanında görüntülenir.

Aynı alana, numunenin alındığı derinlikteki efektif gerilme bilgisi girildiğinde, Basınç-Boşluk Oranı (Laboratuvar + Arazi) grafiği üzerinde bakır eğri çizdirilir ve aşırı konsolidasyon oranı (OCR) ile arazi sıkışma indisleri (C_{c*} , C_{r*}) hesaplanır (Şekil 55).

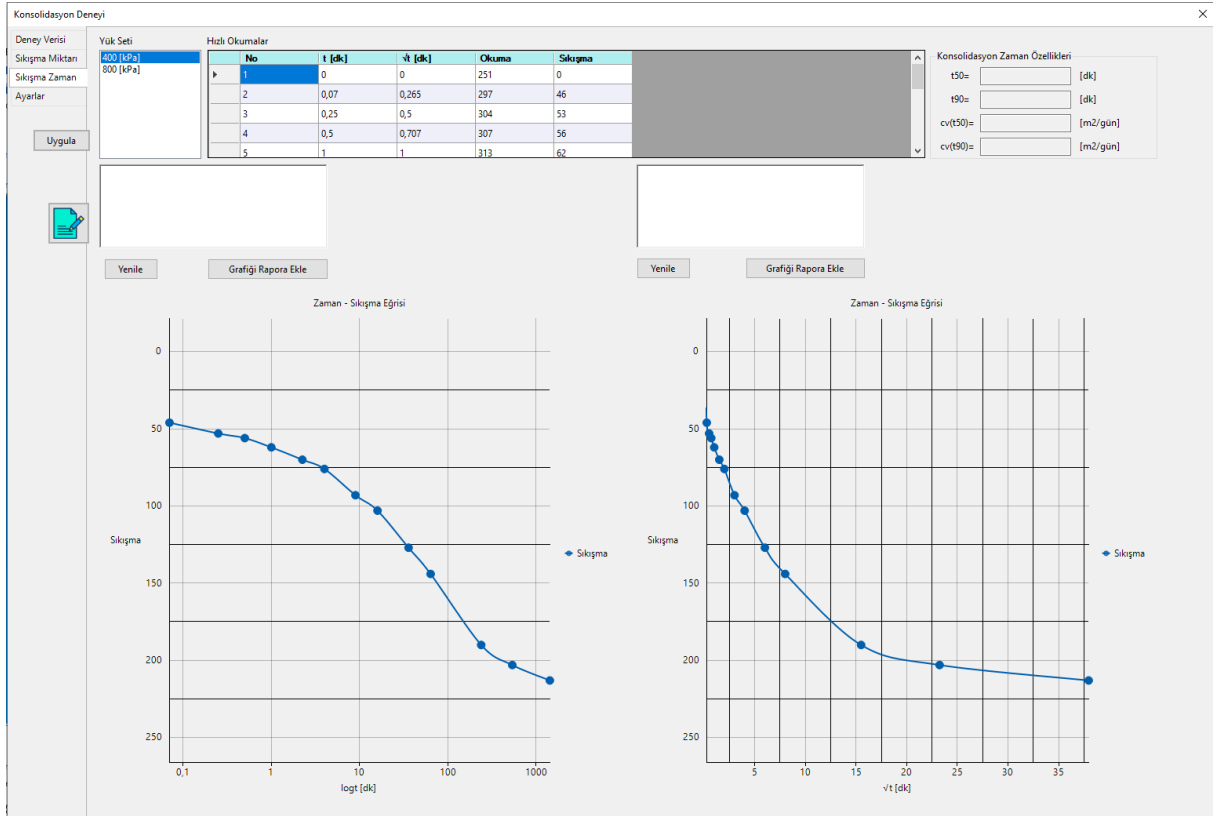
“Analiz” butonuna tıklanarak grafik üzerinden yapılan hesaplamalar kaldırılır ve analiz yapılır.



Şekil 55 Basınç-Boşluk Oranı Eğrileri Üzerinde Hesaplamalar

“Sıkışma Zamanı” sekmesinde, hızlı okumaların alındığı gerilmeler için %50 ve %90 konsolidasyonun tamamlandığı süreler hesaplanır (Şekil 56).

“Yük Seti” alanında ise, hızlı okumaların alındığı gerilme değerleri görüntülenir.



Şekil 56 Sıkışma Zaman

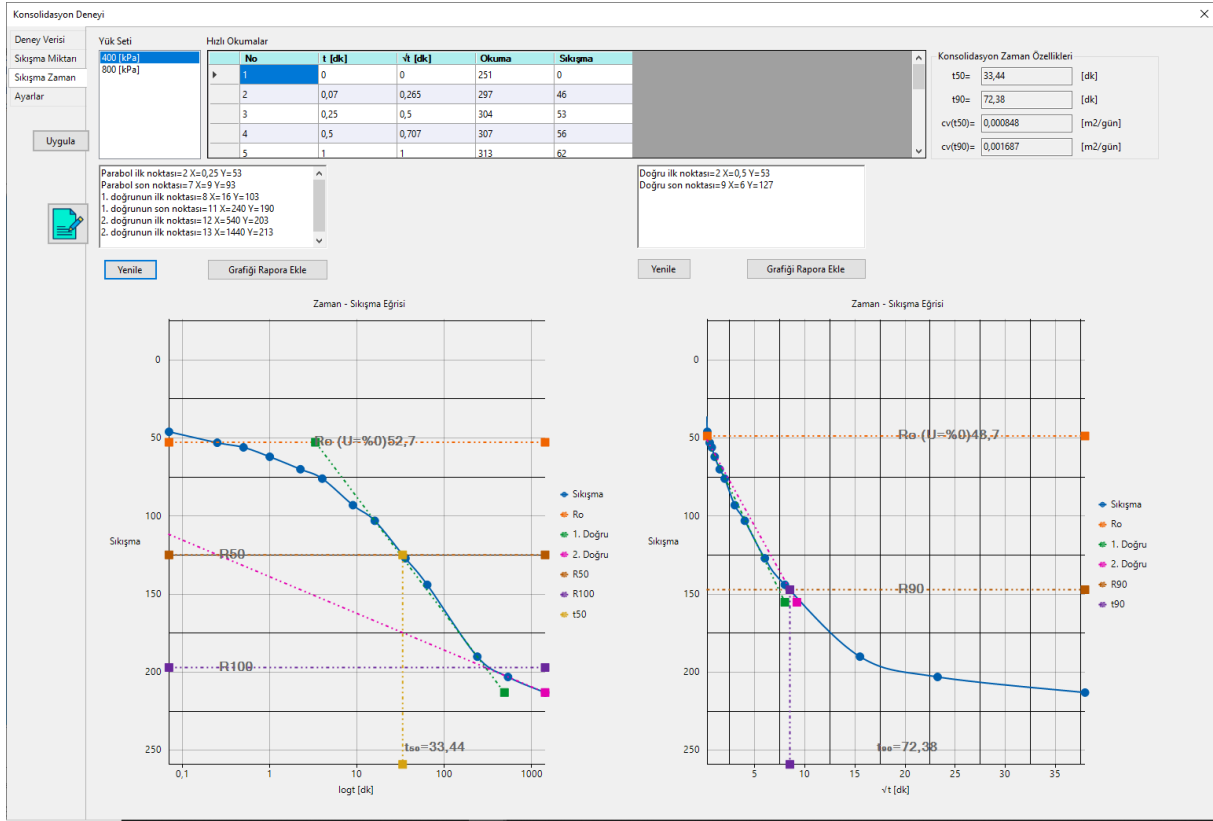
Sıkışma–logt grafiğinde, logaritmik yöntemle konsolidasyonun %50’sinin tamamlandığı süre (t₅₀) hesaplanır (Şekil 57).

Sıkışma–√t grafiğinde ise, karekök yöntemiyle konsolidasyonun %90’ının tamamlandığı süre (t₉₀) belirlenir (Şekil 57).

“Konsolidasyon Zaman Özellikleri” alanında, grafikler üzerinden hesaplanan konsolidasyon katsayıları görüntülenir.

“Yenile” butonu ile grafikler üzerindeki hesaplamalar sıfırlanır.

“Grafiği Rapora Ekle” butonu ile oluşturulan grafikler deney raporuna eklenir.

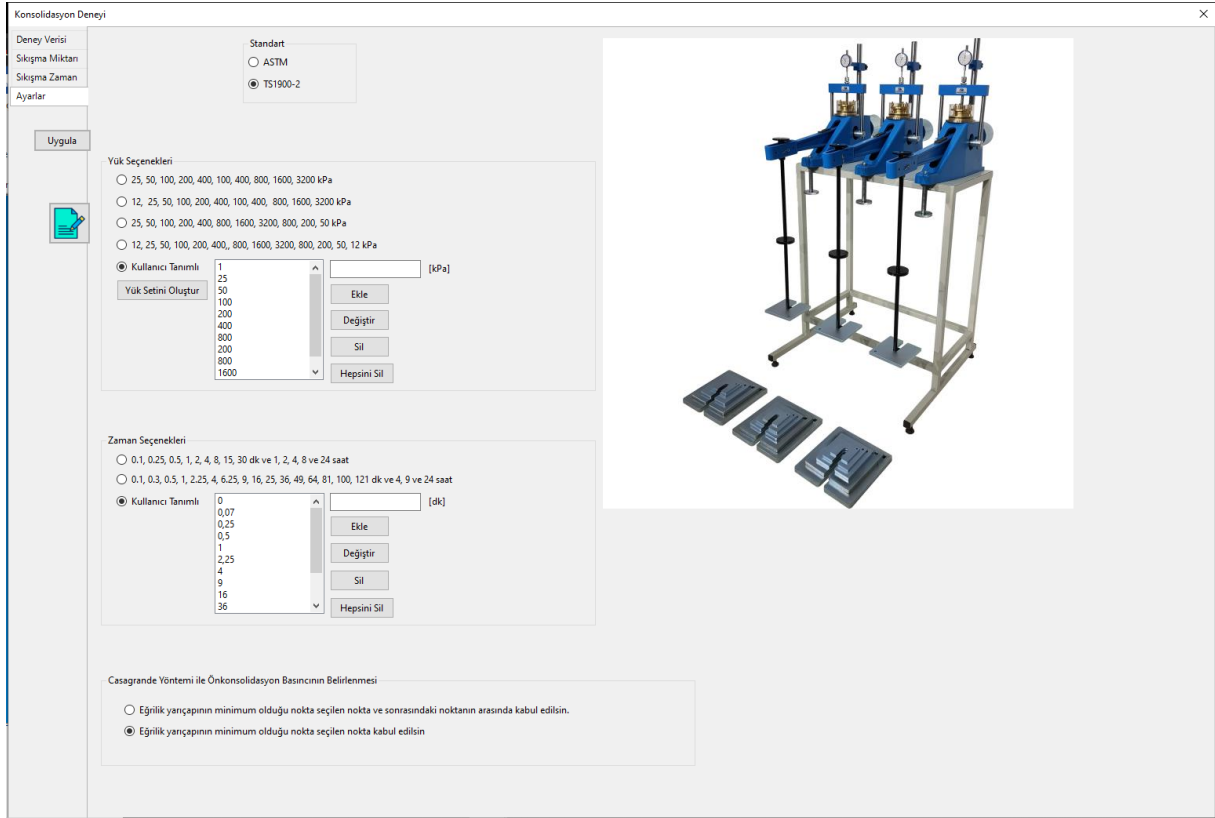


Şekil 57 Konsolidasyon Katsayıları

“Ayarlar” sekmesinde konsolidasyon deneyine ait ayarlar yapılır (Şekil 58).

- “Standart” alanından kullanılacak konsolidasyon deney standardı seçilir.
- “Yük Seçenekleri” alanında, “Deney Verisi” sekmesindeki okumalara uygun yük seti belirlenir. Mevcut yük setlerinden biri seçilebilir veya kullanıcı tanımlı yeni bir yük seti oluşturulabilir.
- “Zaman Seçenekleri” alanında, “Deney Verisi” sekmesindeki hızlı okuma yük seti tanımlanır. Aynı şekilde, mevcut setler kullanılabilir ya da yeni bir tanım yapılabilir.

Casagrande Yöntemi ile Ön Konsolidasyon Basıncının Belirlenmesi bölümünde, “Sıkışma Miktarı” sekmesinde çizilen Basınç–Boşluk Oranı (Laboratuvar) eğrisinde eğrilik yarıçapının minimum olduğu noktaya göre seçim yapılır. Bu seçim; noktanın tam üzerine, hemen sonrasına veya iki nokta arasına yapılabilir.



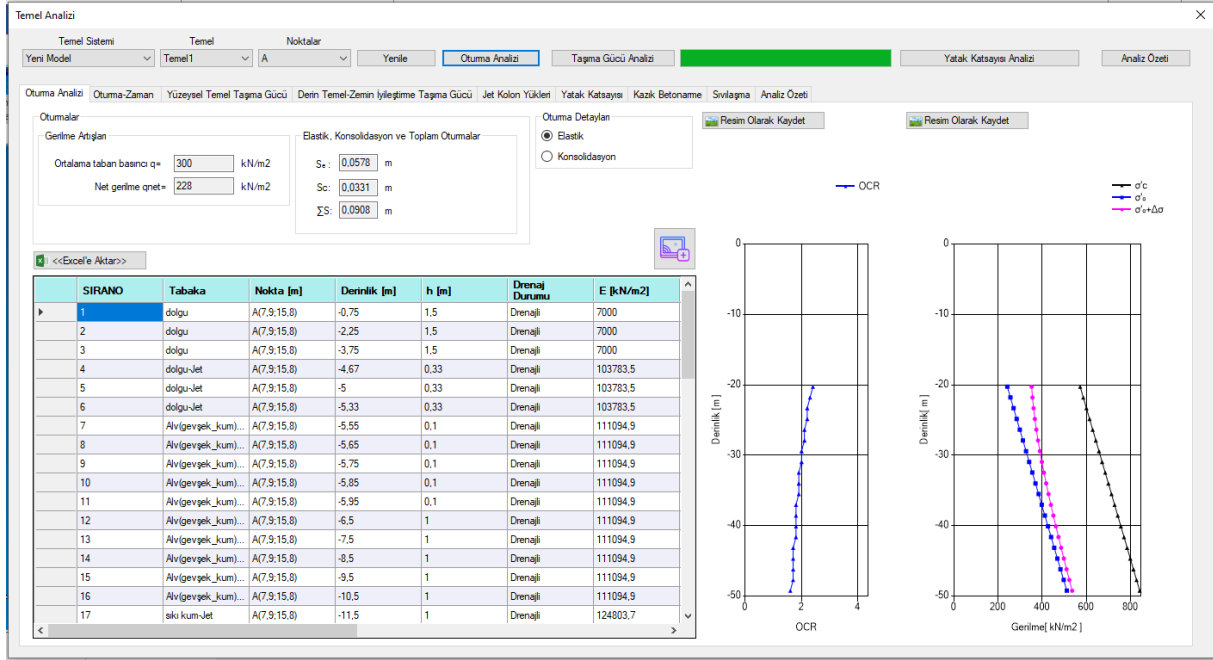
Şekil 58 Ayarlar

8. ANALİZLER

Programda temel analizleri, kazı destek yapılarının analizleri, yamaç/şev analizleri ve tasarım hesapları yapılmaktadır.

8.1. Temel Analizleri

“Analiz” menüsünden “Temel Analizi” butonuna tıklanarak Temel Analizi penceresi açılır. Bu penceredeki “Oturma Analizi” sekmesinde, tanımlanan oturma noktalarında tüm temellerden kaynaklanan gerilme artışları dikkate alınarak temel oturmaları hesaplanır (Şekil 59).



Şekil 59. Temel Analizi (Oturma Sonuçları)

“Gerilme Artışları” alanında, “Temel Özellikleri” penceresinin “Yüklemeler ve Özellikleri” sekmesinde hesaplanan “Ortalama Taban Basıncı (q)” ve “Net Gerilme (q_{net})” değerleri görüntülenir.

“Elastik, Konsolidasyon ve Toplam Oturmalar” alanında, hesaplanan oturma değerleri gösterilir:

- Se: Elastik Oturma (drenajsız ani veya drenajlı son oturma)
- Sc: Konsolidasyon Oturması
- ΣS: Toplam Oturma

“Excel’e Aktar” butonu ile oturma analizi sonuçları Excel dosyası olarak dışa aktarılır.

“Oturma Detayları” alanında, hesap tablosunun elastik ya da konsolidasyon oturması üzerinden alınacağı seçilir.

Konsolidasyon oturması hesaplandıysa, derinliğe bağlı OCR ve gerilme değişimi grafiklerinin çizimi yapılır. Bu grafikler “Resim Olarak Kaydet” butonuyla bilgisayara kaydedilebilir.



: Bu buton, oturma hesaplarına ait tablo ve grafikleri geoteknik raporlara ekler.



“Oturma Zaman” sekmesinde, seçilen noktanın konsolidasyon oturma-zaman grafikleri çizilir. Girilen zaman değeri için konsolidasyon ve toplam oturma hesaplanır.

Tanımlar:

- t : Konsolidasyon süresi
- $S_{c(t)}$: t süresindeki konsolidasyon oturması
- $\Sigma S_{(t)}$: t süresindeki toplam oturma
- $S_{c(t)}^*$: Terzaghi düzeltmesi uygulanmış t süresindeki konsolidasyon oturması
- $\Sigma S_{(t)}^*$: Terzaghi düzeltmesi uygulanmış t süresindeki toplam oturma

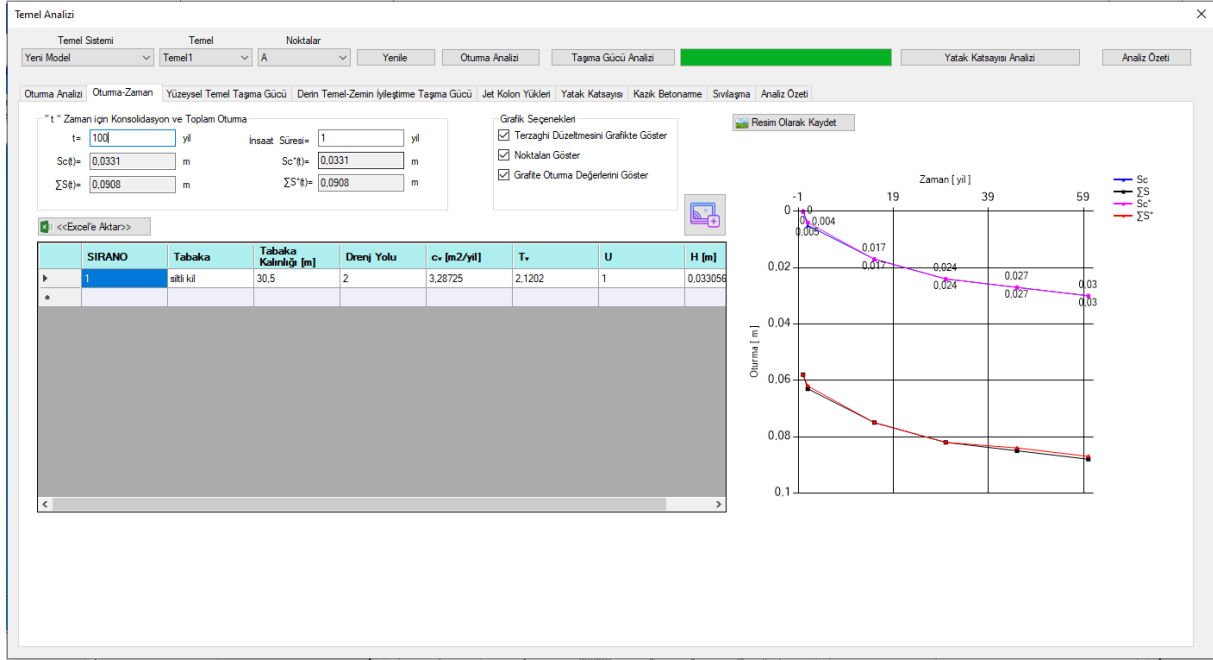
“Grafik Seçenekleri” alanında, oturma-zaman grafiklerinin görünümünü özelleştirmek için aşağıdaki seçenekler yer alır:

- Terzaghi Düzeltmelerini Grafikte Göster
- Noktaları Göster
- Grafikte Oturma Değerlerini Göster

İlgili seçenekler işaretlenerek grafik üzerine değerler eklenebilir veya kaldırılabilir. Oluşturulan grafikler, “Resim Olarak Kaydet” butonu ile bilgisayara kaydedilir.

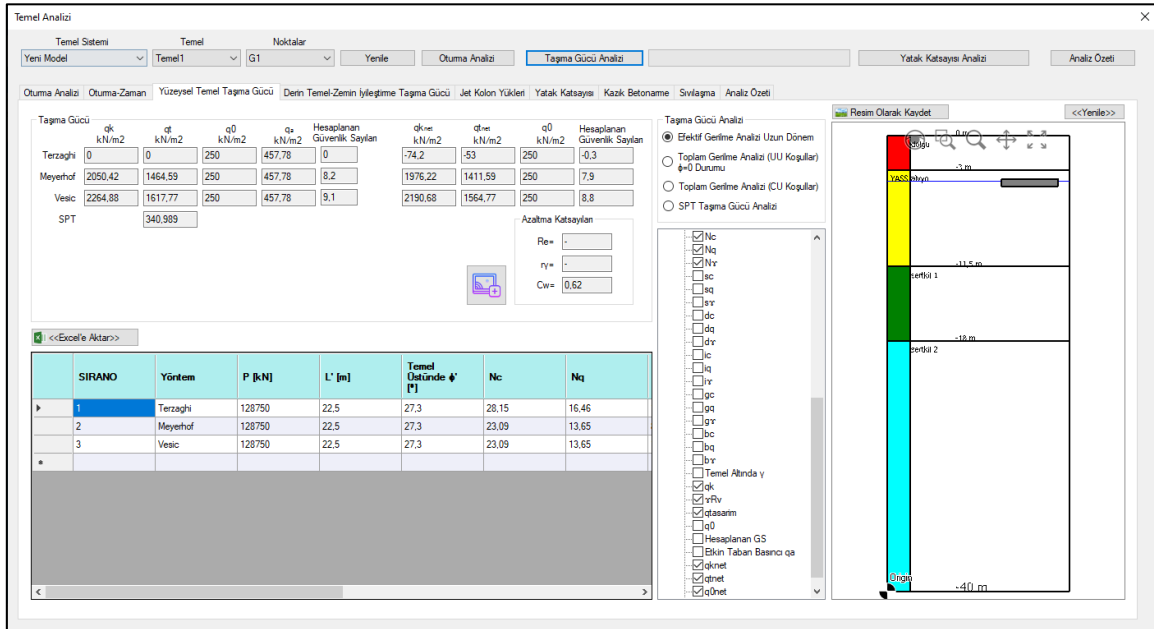


: Oturma hesaplarının tabloları ve oturma-zaman grafiği, geoteknik raporlara eklenebilir.



Şekil 60 Temel Analizi (Oturma Zamanı)

“Yüzeysel Temel Taşıma Gücü” sekmesinde, seçilen temel için karakteristik taşıma gücü dayanımı (q_k) ve tasarım dayanımı (q_t) hesaplanır (Şekil 61).



Şekil 61. Temel Analizi (Yüzeysel Temel Taşıma Gücü)

“Taşıma Gücü Analizi” alanında, analiz koşulları seçilir. Veri ağacı üzerinden tablolandırma istenen veriler işaretlenir ve analiz tekrarıyla birlikte bu veriler tablo halinde pencere içinde



göüntülenir. Oluşturulan tablo, “Excel’e Aktar” butonu ile bilgisayara kaydedilir ve Excel programında açılır.

“Taşıma Gücü” alanında hesaplanan başlıca değerler:

- q_k : Karakteristik taşıma gücü
- q_t : Tasarım taşıma gücü
- q_0 : Taban basıncı
- q_a : Etkin taban basıncı
- q_{knet} : Karakteristik net taşıma gücü
- q_{tnet} : Net tasarım taşıma gücü

Analiz sonuçları, ilgili veri alanlarında otomatik olarak göüntülenir.

“Yenile” butonu ile temel-zemin kesiti oluşturulur. Oluşan kesit, “Resim Olarak Kaydet” butonu ile bilgisayara kaydedilebilir.



: Taşıma gücü hesap tabloları ve temel-zemin kesiti, geoteknik raporlara otomatik olarak eklenebilir.



Seçilen temel derin temel (rijit kolonlu) ise, “Derin Temel–Zemin İyileştirme” sekmesinden tekil kazık ve grup kazık sistemlerine ait taşıma gücü hesapları ayrı ayrı yapılır (Şekil 62).

“Tekil Rijit Kolon Taşıma Gücü” alanında hesaplanan başlıca değerler:

- Q_{ks} : Karakteristik çevre direnci
- Q_{ku} : Karakteristik uç direnci
- Q_{ktv} : Karakteristik toplam taşıma gücü
- γ_{Rs} : Çevre sürtünme direnci dayanım katsayısı
- γ_{Ru} : Kazık uç direnci dayanım katsayısı
- Q_{tv} : Düşey tasarım dayanımı
- P_{tv} : Düşey tasarım kuvveti
- G.S.: Hesaplanan güvenlik sayısı

“Grup Taşıma Gücü” alanında:

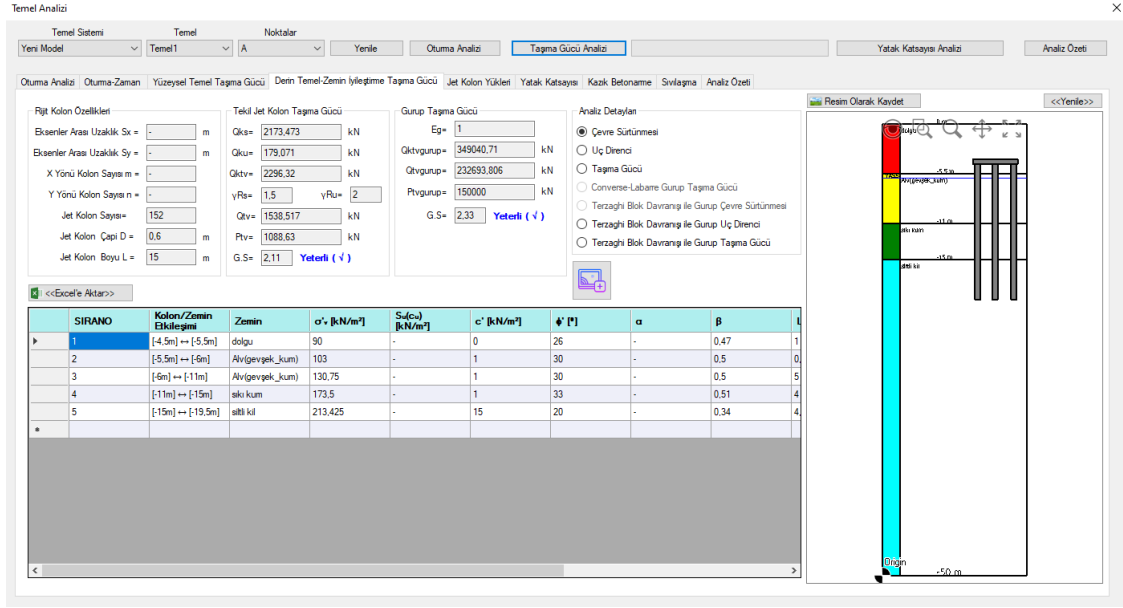
- E_g : Grup verimi
- $Q_{tv,gr}$: Grubun düşey tasarım dayanımı
- $P_{tv,gr}$: Grup düşey tasarım kuvveti
- G.S.: Grup için hesaplanan güvenlik sayısı

“Analiz Detayları” alanında, analizde yer alması istenen seçenekler işaretlenir. Ardından “Taşıma Gücü Analizi” butonuna tıklanarak analiz başlatılır. Sonuçlar tablo olarak görüntülenir ve “Excel’e Aktar” butonu ile dışa aktarılabilir.

“Yenile” butonu ile temel-zemin kesiti oluşturulur. Oluşturulan yapı-zemin kesiti, “Resim Olarak Kaydet” butonu ile bilgisayara kaydedilebilir.

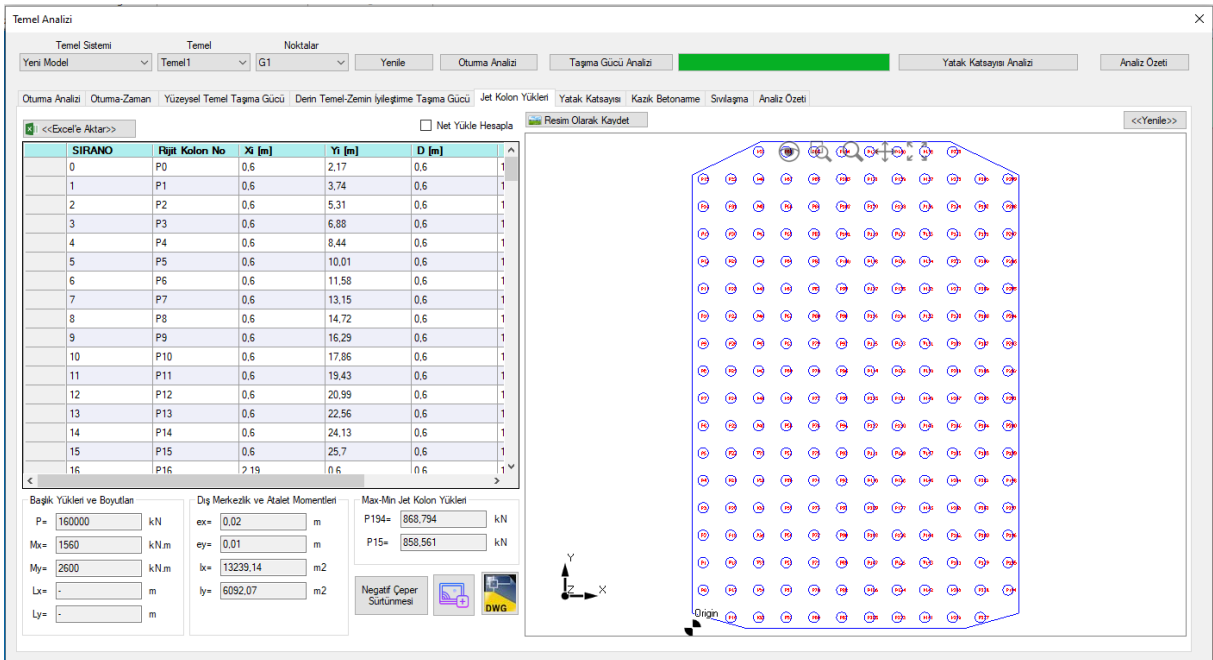


: Taşıma gücü hesap tabloları ve grafikler, geoteknik raporlar içerisine eklenebilir.



Şekil 62. Temel Analizi (Derin Temel Taşıma Gücü)

“Kolon Yükleri” sekmesinde, kazık sistemine yük aktarımı hesaplanır. Tablo üzerinde her bir rijit kolon için yük dağılımı listelenir; plan görünümünde ise kazık yerleşimi ve yönleri grafiksel olarak gösterilir. (Şekil 63).



Şekil 63. Kazıklara Yük Aktarılması



“Net Yükle Hesapla” seçeneği etkinleştirildiğinde, kazık yükleri net yük değerlerine göre hesaplanır.

“Yenile” butonu ile temel-zemin kesiti oluşturulur. Oluşturulan yapı-zemin kesiti, “Resim Olarak Kaydet” butonu ile bilgisayara kaydedilebilir.

Oluşturulan tablo, “Excel’e Aktar” butonu ile bilgisayara kaydedilir ve Excel programında açılabilir.

Başlık Yükleri ve Boyutları Alanı:

- P: Düşey yük
- M_x, M_y : X ve Y yönündeki eğilme momentleri
- L_x, L_y : Temel boyutları

Dış Merkezlik ve Atalet Momentleri Alanı:

- e_x : X yönündeki dışmerkezlik
- e_y : Y yönündeki dışmerkezlik
- I_x : X yönündeki atalet momenti
- I_y : Y yönündeki atalet momenti

“Max–Min Kolon Yükleri” alanında, en fazla ve en az düşey yükün geldiği rijit kolonların numarası ve yük değeri gösterilir.



: Taşıma gücü hesap tabloları ve grafikler, geoteknik raporlara eklenebilir.



: Rijit kolon planı .dwg formatında bilgisayara kaydedilir.

“Negatif Çeper Sürtünmesi” seçeneği kullanılarak, listeden seçilen bir kazık veya iyileştirme kolonu için program yük aktarım eğrilerini oluşturur ve yansız düzlemin yerini belirler. Bu analiz sonucunda Q_{max} (yansız noktadaki yük) ve P_n değerleri elde edilir (Şekil 64).

“Analiz Özeti” Alanında Gösterilen Değerler:

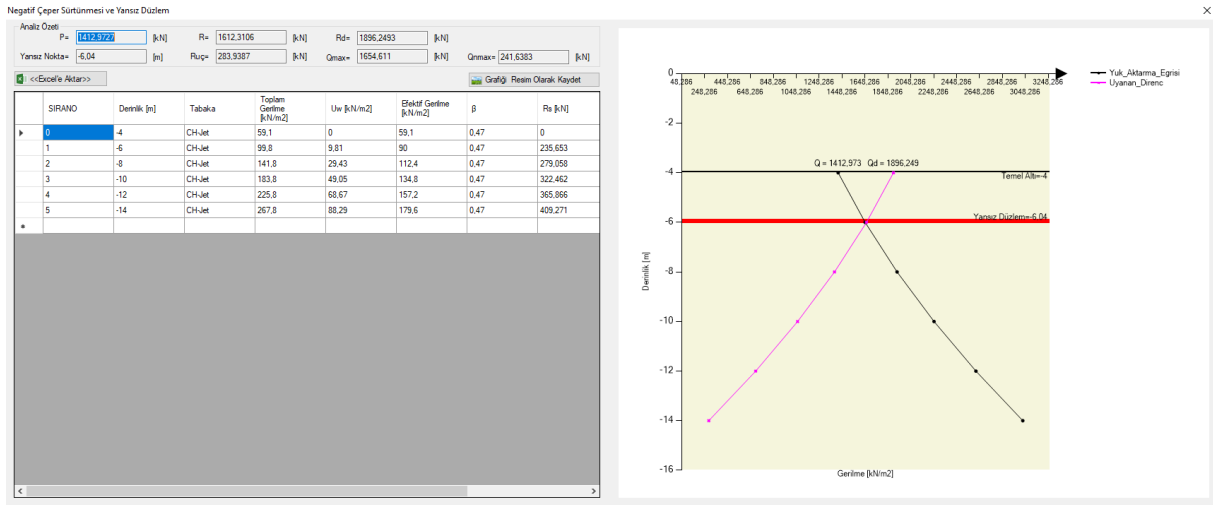


SETAF2018

- P : Toplam yük
- R : Sürtünme direnci
- $R_{uç}$: Uç direnci
- R_d : Toplam direnç
- Q_{max} : Yansız noktadaki yük

Oluşturulan tablo, “Excel’e Aktar” butonu ile bilgisayara kaydedilir ve Excel programında açılabilir.

Yük aktarım eğrileri ve yansız düzlem grafiği, “Resim Olarak Kaydet” butonu ile bilgisayara kaydedilebilir.



Şekil 64 Bir Rijit Kolonda Yansız Düzlemin Belirlenmesi

“Yatak Katsayısı” sekmesinde, seçilen temel modeli için yüzeysel temel düşey yatak katsayısı hesaplanır. Temel rijit kolonluysa, ayrıca çevre direnci yatak katsayısı, uç direnci yatak katsayısı ve yatay yatak katsayıları da hesaplanır (Şekil 65).

Yüzeysel Temel Yatak Katsayısı Alanında:

- q : Taban basıncı
- k_v : Düşey yatak katsayısı

- k_{vs} : Çevre direnci yatak katsayısı
- k_{vp} : Uç direnci yatak katsayısı

Temel Analizi

Temel Sistemi

Temel

Noktalar

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi

Tağma Gücü Analizi

Tayak Katsayısı Analizi

Analiz Özeti

Oluturma Analizi

Oluturma-Zaman

Yüzeyssel Temel Tağma Gücü

Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü

Jet Kolon Yüklere

Tayak Katsayısı

Kazık Betonname

Sıvıtağma

Analiz Özeti

Yüzeyssel Temel Yatak Katsayısı

q= 300

kN/m2

kv= 2734,0173

kN/m3

Derin Temel Yatak Katsayısı

kv+= 20281,519

kN/m3

kv+= 549743,9937

kN/m3

Yüzeyssel Temel Hesap Yöntemi

☒ Elastik Otumalardan Hesapla
 ☐ Vesic (Elastate Teoris)
 ☐ Plaka Tağma Deneyinden Düzeltme

Resim Olarak Kaydet

Yenile

Yüzeyssel Temel Düşey Yatak Katsayısı

kv

<<Excel'e Aktar>>

SIRANO	Nokta	q [kN/m2]	ΔH [m]	kv [kN/m3]
1	X1	300	0,0796	3770,047
2	X2	300	0,1285	2334,21
3	X3	300	0,1348	2226,154
4	X4	300	0,131	2290,931
5	ys	300	0,0804	2730,687

Derin Temel Yatak Katsayısı

kv+

<<Excel'e Aktar>>

D [m]	lp [m]	P [kN]	Qcev [kN]	Qu [kN]	Qcev/Qu
0,6	15	1088,63	2173,473	2287,838	0,95

kv+

<<Excel'e Aktar>>

D [m]	P [kN]	Qcev [kN]	Qu [kN]	Qcev/Qu	Pp [kN]
0,6	1088,63	2173,473	2287,838	0,95	54,419

kh

<<Excel'e Aktar>>

SIRANO	Zemin	Elkin Zemin Katmanı	Eped [kN/m2]	Ep [kN/m2]	lp [m]
1	dolgu	4,5m-5,5m	24999,9	30000000	0,0064
2	Altıgeyrek_kum	5,5m-6m	29166,55	30000000	0,0064

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi

Tağma Gücü Analizi

Tayak Katsayısı Analizi

Analiz Özeti

Oluturma Analizi

Oluturma-Zaman

Yüzeyssel Temel Tağma Gücü

Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü

Jet Kolon Yüklere

Tayak Katsayısı

Kazık Betonname

Sıvıtağma

Analiz Özeti

Yüzeyssel Temel Hesap Yöntemi

☒ Elastik Otumalardan Hesapla
 ☐ Vesic (Elastate Teoris)
 ☐ Plaka Tağma Deneyinden Düzeltme

Resim Olarak Kaydet

Yenile

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi

Tağma Gücü Analizi

Tayak Katsayısı Analizi

Analiz Özeti

Oluturma Analizi

Oluturma-Zaman

Yüzeyssel Temel Tağma Gücü

Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü

Jet Kolon Yüklere

Tayak Katsayısı

Kazık Betonname

Sıvıtağma

Analiz Özeti

Yüzeyssel Temel Hesap Yöntemi

☒ Elastik Otumalardan Hesapla
 ☐ Vesic (Elastate Teoris)
 ☐ Plaka Tağma Deneyinden Düzeltme

Resim Olarak Kaydet

Yenile

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi

Tağma Gücü Analizi

Tayak Katsayısı Analizi

Analiz Özeti

Oluturma Analizi

Oluturma-Zaman

Yüzeyssel Temel Tağma Gücü

Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü

Jet Kolon Yüklere

Tayak Katsayısı

Kazık Betonname

Sıvıtağma

Analiz Özeti

Yüzeyssel Temel Hesap Yöntemi

☒ Elastik Otumalardan Hesapla
 ☐ Vesic (Elastate Teoris)
 ☐ Plaka Tağma Deneyinden Düzeltme

Resim Olarak Kaydet

Yenile

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi

Tağma Gücü Analizi

Tayak Katsayısı Analizi

Analiz Özeti

Oluturma Analizi

Oluturma-Zaman

Yüzeyssel Temel Tağma Gücü

Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü

Jet Kolon Yüklere

Tayak Katsayısı

Kazık Betonname

Sıvıtağma

Analiz Özeti

Yüzeyssel Temel Hesap Yöntemi

☒ Elastik Otumalardan Hesapla
 ☐ Vesic (Elastate Teoris)
 ☐ Plaka Tağma Deneyinden Düzeltme

Resim Olarak Kaydet

Yenile

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi

Tağma Gücü Analizi

Tayak Katsayısı Analizi

Analiz Özeti

Oluturma Analizi

Oluturma-Zaman

Yüzeyssel Temel Tağma Gücü

Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü

Jet Kolon Yüklere

Tayak Katsayısı

Kazık Betonname

Sıvıtağma

Analiz Özeti

Yüzeyssel Temel Hesap Yöntemi

☒ Elastik Otumalardan Hesapla
 ☐ Vesic (Elastate Teoris)
 ☐ Plaka Tağma Deneyinden Düzeltme

Resim Olarak Kaydet

Yenile

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi

Tağma Gücü Analizi

Tayak Katsayısı Analizi

Analiz Özeti

Oluturma Analizi

Oluturma-Zaman

Yüzeyssel Temel Tağma Gücü

Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü

Jet Kolon Yüklere

Tayak Katsayısı

Kazık Betonname

Sıvıtağma

Analiz Özeti

Yüzeyssel Temel Hesap Yöntemi

☒ Elastik Otumalardan Hesapla
 ☐ Vesic (Elastate Teoris)
 ☐ Plaka Tağma Deneyinden Düzeltme

Resim Olarak Kaydet

Yenile

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi

Tağma Gücü Analizi

Tayak Katsayısı Analizi

Analiz Özeti

Oluturma Analizi

Oluturma-Zaman

Yüzeyssel Temel Tağma Gücü

Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü

Jet Kolon Yüklere

Tayak Katsayısı

Kazık Betonname

Sıvıtağma

Analiz Özeti

Yüzeyssel Temel Hesap Yöntemi

☒ Elastik Otumalardan Hesapla
 ☐ Vesic (Elastate Teoris)
 ☐ Plaka Tağma Deneyinden Düzeltme

Resim Olarak Kaydet

Yenile

Yeni Model

Temel1

A

Yenile

Oluturma Analizi



81



SETAF2018

“Kazık Betonarme” sekmesinde, sisteme tanımlı kazıklar için donatı ve metraj hesapları yapılır (Şekil 66).

“Metraj Tipi” alanında, metrajı alınacak eleman seçilir. Ardından “Metraj” butonuna tıklanarak ilgili metraj tablosu oluşturulur.

Oluşturulan tablolar, yine “Excel’e Aktar” butonu ile bilgisayara kaydedilir ve Excel programında açılabilir.



: Metraj tabloları ve grafikler, geoteknik raporlara dahil edilebilir.

“Malzeme” alanında, kazık elemanının beton ve çelik sınıfı tanımlanır.

Temel Analizi

Temel Sistemi: Temel1, Noktalar: A, Yerle: Oturma Analizi, Tağma Gücü Analizi, Yataklama Analizi, Analiz Özeti

Malzeme: C25, B420C

Metraj Tipi: ☒ Kazık Donatı, ☐ Detaylı Kazık Boyuna Donatı, ☐ Detaylı Beton, ☐ Beton, ☐ Detaylı Fret Donatı, ☐ Keşif, ☐ Foraj, ☐ Detaylı Çember Donatı, ☐ Genel Toplam, ☐ Detaylı Z Donatı

Kilit	Kazık	D [m]	Lp [m]	As [m2]	Boyuna Donatı	
☐	P0	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P1	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P2	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P3	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P4	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P5	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P6	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P7	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P8	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P9	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P10	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P11	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P12	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P13	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P14	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P15	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P16	0,6	15	0,00314	10420	0
☐	P17	0,6	15	0,00314	10420	0

Donatı	Φ8 [kN]	Φ20 [kN]
Kazık Boyuna De...		600,21
Fret Donatısı	140,6	
Çember Donatısı		43,58
Z Demiri		26,13
Toplam	140,6	669,92

Metraj

Şekil 66 Kazık Betonarme Analiz Sonuçları

“Betonarme” butonu ile sistemdeki rijit kolonlar, TS500–Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları yönetmeliğine göre, minimum donatı şartlarını sağlayacak şekilde donatılandırılır. “Excel’e Aktar” butonu ile hazırlanan donatı tablosu .xlsx formatında bilgisayara kaydedilir.

“Kazıklı Temel Çizimi” butonu ile, rijit kolonlu temel sistemine ait çizim oluşturulur.

Sıvılaşma Hesapları



“Sıvılaşma” sekmesinde, seçilen sondaj kuyusuna ait SPT profiline göre, TBDY EK 16B yöntemine uygun olarak sıvılaşma hesapları yapılır. Hesap sonuçları tablo ve grafik olarak hazırlanır(Şekil 67).

Not: Hesaplamalar, kullanıcının seçtiği SPT verilerine göre gerçekleştirilir.

Deprem Özellikleri Alanında:

- M_v : Deprem büyüklüğü
- SDS: Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı

“Sondaj Kuyusu” alanında, toplam derinlik ve Y.A.S.S. (yer altı su seviyesi) bilgileri girilir.

Sıvılaşma Sonrası Yüzey Oturması

“Sıvılaşma Sonrası Yüzey Oturması” alanında, sıvılaşma nedeniyle yüzeyde oluşan oturma miktarı görüntülenir.

“SPT Profili ve Zemin Özellikleri” alanında, sıvılaşma analizine temel oluşturan verilere ait tablo yer alır.

“Sıvılaşma Değerlendirme Analizi” alanında, “Sıvılaşma Tetikleme Analizi” butonuna basılarak, sıvılaşma sonucu oluşan analiz tablosu oluşturulur.

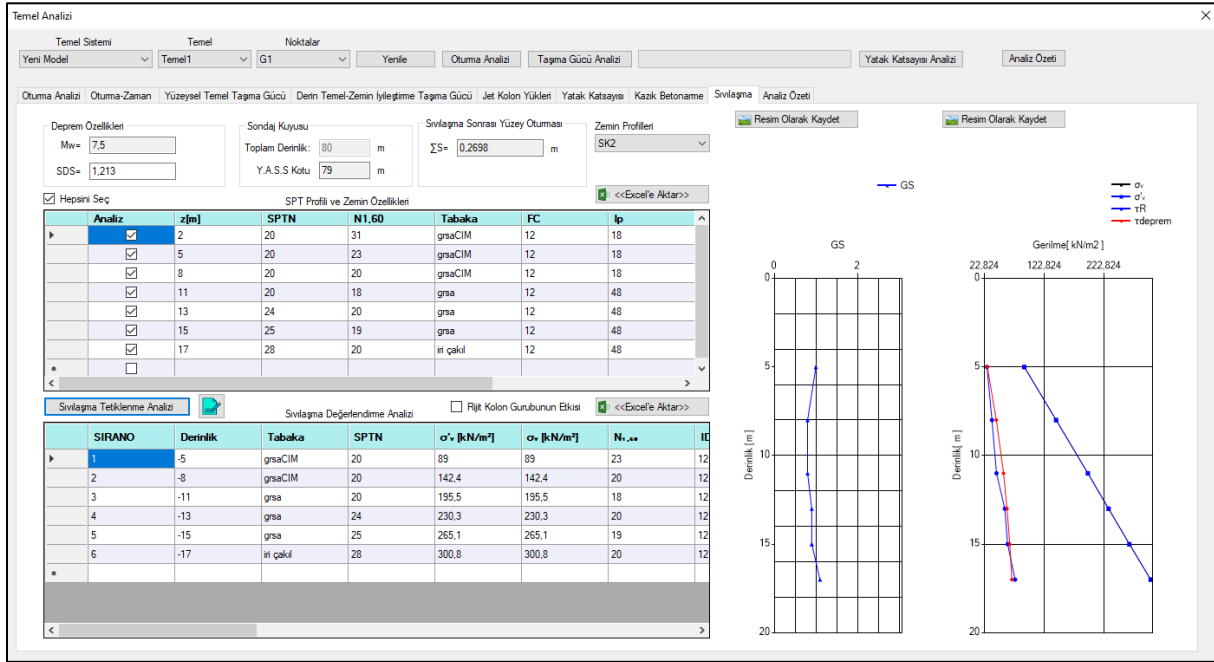
Eğer temel tipi derin temel sistemi olarak tanımlanmışsa ya da yüzeysel temelin altında bir zemin iyileştirme yöntemi uygulanmışsa, sıvılaşmaya olan etkisi değerlendirilirken “Rijit Kolon Grubu Etkisi” dikkate alınır.



: Sıvılaşma analizi, lokal rapor hazırlar.

Oluşturulan tablolar, “Excel’e Aktar” butonu ile dışa aktarılır ve Excel programında açılabilir.

Oluşturulan grafikler ise “Resim Olarak Kaydet” butonu ile bilgisayara kaydedilebilir.



Şekil 67. Sıvılaşma Analiz Sonuçları

“Analiz Özeti” sekmesinde, oluşturulan temel sistemine ait taşıma gücü, oturma ve yatak katsayısı analiz sonuçları; kullanıcının belirlediği yöntem ve gerilme durumuna göre özet tablolar halinde oluşturulur (Şekil 68).

“Analiz” alanında analiz tipi, kullanılan yöntem ve gerilme durumu seçilir. “Temeller” alanında özet alınacak temel belirlenir. “Oturma Noktaları” alanında ise, oturma hesabının yapılacağı nokta tanımlanır.

Bu tanımlar tamamlandıktan sonra “Analiz Özeti” butonuna tıklanarak analiz özeti tablosu oluşturulur.

Oluşturulan tablolar, “Excel’e Aktar” butonu ile dışa aktarılır ve Excel programında açılabilir.



: Analiz özeti tabloları, geoteknik raporlar içerisine eklenebilir.



Temel Analizi

Temel Sistemi: Temel Noktalar: G1

Yeni Model: Temel1 G1 Yenile Oturma Analizi Tağma Gücü Analizi Yatak Katsayısı Analizi Analiz Özeti

Oturma Analizi Oturma-Zaman Yüzeysel Temel Tağma Gücü Derin Temel-Zemin İyileştirme Tağma Gücü Jet Kolon Yükleri Yatak Katsayısı Kazık Betonarme Sıvılagma Analiz Özeti

Analiz

☒ Oturma

☒ Yüzeysel Temel Tağma Gücü

☐ Yüzeysel Temel Net Tağma Gücü

☒ Rıht Kolon Tağma Gücü

☒ Toplam Tağma Gücü

☐ Yüzeysel Temel Düşey Yatak Katsayısı

☐ Tekil Kolon Çevre Direnci Yatak Katsayısı

☐ Tekil Kolon Uç Direnci Yatak Katsayısı

☒ Toplam Düşey Yatak Katsayısı

Yöntem

☒ Terzaghi ☐ Meyerhof ☐ Vesic

Gerilme Durumu

☒ Etkif Gerilme Analizi ☐ Toplam Gerilme Analizi

Temeller

Temel1

Oturma Noktaları

G1 [8.84 - 14.02]

<<Excel'e Aktar>>

SIRANO	Analiz	Açıklama	Oturma [m]	qt [kN/m ²]	Q _{tv} [kN]	Q _{tvgrup} [kN]	q _{toplam} [kN/m ²]	K _{rtoplam} [kN/m ³]
1	G1 [8.8414,02]	Nokta	0.0704					
2	Temel1	Jet Enjeksiyon K...		1227.0264	1650.96	243704.501	1704.4123	3638.263
*								

Şekil 68 Analiz Özeti

8.2. Kazı Destek Duvarı Analizleri

“Kesit” penceresinden “Analiz” butonuna tıklanarak kazı destek duvarı analiz penceresi açılır. Açılan pencerede kazı destek duvarı analizi ve kontrolleri gerçekleştirilir (Şekil 69).

İnşaat Aşamaları alanında:



: Yeni bir inşaat aşaması, analiz listesine eklenir.



: Seçilen inşaat aşaması listeden silinir.

İnşaat Aşama Listesi Oluşturma alanında:



: Otomatik inşaat aşaması ekleme aracı

h_i : Ankraj ve destek noktalarına ilave kazı miktarı

h_s : Son aşamadaki kazı yüksekliği artışı

Diğer Alanlar:

- “Duvar Tipi (Plate)” alanında, “Duvar Özellikleri” butonu ile analiz yapılacak kesitin boyutları ve donatıları tanımlanır.
- “Arazi” alanında, duvar arkasındaki zemin durumu seçilir.

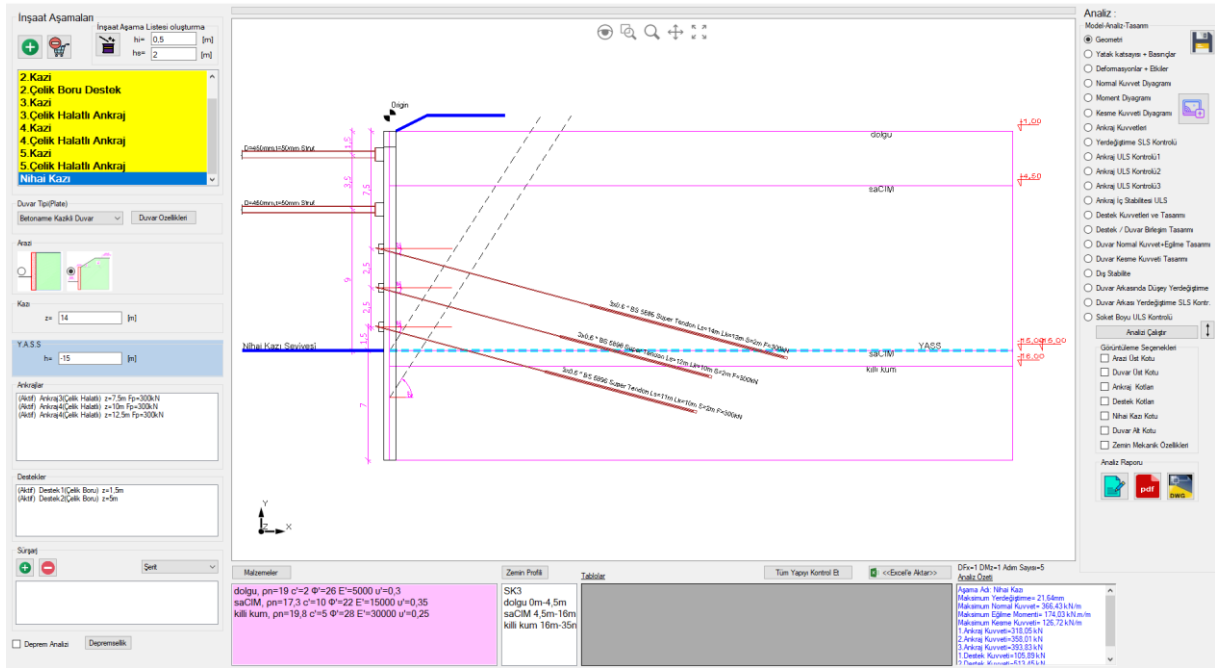


SETAF2018

- “Kazı” alanında, kazı derinliği belirlenir.
- “Y.A.S.S.” alanında, duvar arkasındaki yer altı su seviyesi girilir.

Ankrajlar ve Destekler

- “Ankrajlar” alanında, analiz kesitinde bulunan ankraj elemanları listelenir. Listedenden seçilen ankraja çift tıklanarak, ankraj özelliklerinin düzenlenebileceği pencereye ulaşılır.
- “Destekler” alanında da benzer şekilde destek elemanları listelenir. Destek elemanlarına çift tıklanarak destek özellikleri düzenlenebilir.



Şekil 69 Kazı Destek Duvarı Analiz Penceresi

“Sürşarj” alanında, duvar arkasında bulunan sürşarj yükleri düzenlenir. Açılır liste üzerinden nokta, çizgi, şerit veya alan bilgilerine göre sürşarj türü seçilir.



: Yeni bir sürşarj yükünü listeye ekler (Şekil 70).



: Sürşarj yükünü listeden siler.



Şekil 70 Sürşarj Yüğü

Ad: Sürşarj yüğü için verilen isim

Etki Türü: Yüğüün durumuna göre kalıcı veya değışken olarak seçilir.

X: Yüğüün duvara olan yatay mesafesi

Z: Yüğüün arazi üst kotundan düşey mesafesi

B: Yüğü genişliğı

q: Yüğü değeri

“Ankraj kök nihai taşıma kapasitesine etkisi var” alanı etkinleştirildiğinde, eklenen sürşarj yüğü ankraj kökün nihai taşıma kapasitesine etki eder.

“Ekle” butonu ile sürşarj yüğü sisteme eklenir.

Deprem Analizi

“Deprem Analizi” alanı işaretli olduğunda, analiz inşaat aşamasında **depreme göre** yapılır.

“Depremsellik” butonu ile gerekli parametrelerin girileceğı pencere açılır (Şekil 71).

Depreme Ait Parametreler

- **SDS:** Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
- **r:** Destek tipi bazında yatay eşdeğer ivme azaltma katsayısı
- **k_h:** Yatay eşdeğer ivme katsayısı



- k_v : Düşey eşdeğer ivme katsayısı

Şekil 71 Depremsellik

Yardımcı Pencere ve Genel Araçlar

- “**Malzemeler**” butonu ile **Geoteknik Malzeme Ekle** penceresi açılır. Analizde kullanılan malzemelerde değişiklik yapılabilir.
- “**Zemin Profili**” butonu ile **Sondaj Kuyusu Ekle** penceresi açılır. Zemin profili özellikleri değiştirilebilir.
- “**Tüm Yapıyı Kontrol Et**” butonu, tamamlanmış iksa sisteminde olası yetersizlikleri ve yönetmelik şartlarını kontrol eder.
- “**Tablolar**” alanında, analiz sonucunda oluşan hesap tabloları görüntülenir. Bu tablolar, “**Excel’e Aktar**” butonu ile bilgisayara kaydedilir ve Excel programında açılır.
- “**Analiz Özeti**” alanında, seçilen inşaat aşamasına ait maksimum yer değiştirme, kesit tesirleri, ankraj ve destek kuvvetleri belirtilir.

Grafiksel Analiz ve Tasarım Görselleştirme

“**Analiz (Model–Analiz–Tasarım)**” alanında, aşağıdaki analiz sonuçları grafik olarak ekranda görüntülenebilir:

- **Geometri**: Model geometrisini gösterir.
- **Yatak Katsayısı + Basınçlar**: Aktif, pasif ve sükûnet toprak basınçlarını gösterir.
- **Deformasyon + Etkiler**: İksa kesitindeki deformasyon ve sisteme etkiyen basınç



- **Normal Kuvvet Diyagramı:** Normal kuvvet dağılımı
- **Moment Diyagramı:** Duvar moment dağılımı
- **Kesme Kuvveti Diyagramı:** Kesme kuvveti dağılımı
- **Ankraj Kuvvetleri:** Ankraj kuvvetlerini gösterir.
- **Yer Değiştirme SLS Kontrolü:** Sınır durum yer değiştirme kontrolü
- **Ankraj ULS Kontrolü 1:** Enjeksiyon gövdesi ile zemin arayüzü sıyrılma kontrolü
- **Ankraj ULS Kontrolü 2:** Tendon çekme yenilmesi kontrolü
- **Ankraj ULS Kontrolü 3:** Tendon–enjeksiyon gövdesi arayüzü sıyrılma kontrolü
- **Ankraj İç Stabilitesi ULS:** Tüm imalat aşamalarında iç stabilite blokları ve sonuçları
- **Destek Kuvvetleri ve Tasarımı:** Destek kuvvetleri ve hesaplanan değerler
- **Destek / Duvar Birleşim Tasarımı:** Birleşim tasarımı sonuç tablosu
- **Duvar Normal Kuvvet + Eğilme Tasarımı:** Kesit ve donatı kontrolü
- **Duvar Kesme Kuvveti Tasarımı:** Kesme kuvvetine göre donatı kontrolü
- **Dış Stabilitate:** Modeli, yamaç ve şev analiz ekranına aktarır.
- **Duvar Arkasında Düşey Yer Değiştirme:** Oturma grafiği
- **Duvar Arkasında Düşey Yer Değiştirme SLS Kontrolü:** Oturma kontrol tablosu
- **Soket Boyu ULS Kontrolü:** Duvar için gereken minimum soket boyunu verir

Diğer İşlevler

- “Analizi Çalıştır” butonu ile duvar analizi başlatılır.



: Soket boyu hesabı yapılır.

- “Görüntüleme Seçenekleri” alanında, işaretlenen veri alanlarına göre arazi üst kotu, duvar üst kotu, ankraj ve destek kotları, nihai kazı kotu, duvar alt kotu ve zemin mekanik özellikleri ekranda gösterilir.



: Analiz modeli kaydedilir.



: Geoteknik proje tasarım raporuna resim ve tablo eklenir.

8.3. Şev Stabilite Hesapları

Şev stabilite hesaplarına ilişkin tüm hesaplama ve analiz adımları, 6. Bölüm – “ŞEV/YAMAÇ STABİLİTESİ” başlığı altında detaylı olarak açıklanmıştır.

9. RAPORLAR

SETAF2018’ de genel, lokal ve geoteknik raporlar olmak üzere üç tür raporlama yapılmaktadır. Genel raporlarda tüm veriler ve analiz sonuçları tablolar ve grafikler olarak raporlanır. Lokal raporlarda yapılan analiz veya tasarım hesapları tüm denklemleriyle gösterilir. Programdaki raporlama aracı ile hazır rapor şablonlarından yararlanılarak geoteknik raporlar oluşturulur. Bu araç ile kullanıcı kendi metinlerini yazabildiği gibi tüm veri, analiz, tasarım tablolarını oluşturacağı geoteknik rapora ekleyebilir. Bu raporlara program veya dışındaki resimleri de dahil edebilir.

SETAF2018 yazılımında üç tür raporlama yapılabilmektedir:

- **Genel Raporlar:** Tüm veriler ve analiz sonuçları, tablolar ve grafikler eşliğinde sunulur.
- **Lokal Raporlar:** Yapılan analiz veya tasarım hesapları, kullanılan tüm denklemlerle birlikte ayrıntılı olarak gösterilir.
- **Geoteknik Raporlar:** Programın raporlama aracı kullanılarak, hazır şablonlar üzerinden oluşturulur.

Bu raporlama aracı sayesinde kullanıcı;

- Kendi açıklayıcı metinlerini yazabilir,
- Tüm veri, analiz ve tasarım tablolarını ekleyebilir,
- Program içinden veya dış kaynaklardan alınan görselleri rapora dahil edebilir.



9.1. Temel Genel Raporu

“Rapor” menüsünden “Seçmeli Raporlar” butonuna tıklanarak, temel analizlerine ait genel rapor penceresi açılır (Şekil 72).

Şekil 72. Temel Analizleri İçin Genel Rapor Oluşturma Penceresi

Genel rapor oluşturulurken:

- **Malzeme verilerindeki zemin özellikleri**, tercihe bağlı olarak özelleştirilebilir.
- **Taşıma gücü hesaplarında**, modeldeki temeller ve oturma hesaplanan noktalar kullanıcı seçimine göre dahil edilir.



Rapor İçeriği ve Alanlar

- **“Rapor Tasarımı”** alanında, rapora dahil edilecek temel, zemin profili ve geoteknik malzeme özellikleri belirlenir.
- **“Proje Bilgisi”** alanında; proje adı, müellif, tapu, pafta, ada, parsel ve adres gibi bilgiler girilir. Bu bilgiler rapor içerisinde otomatik olarak yer alır.
- **“Arazi Deneyleri”** alanında, SPT ve MPM profillerinin raporda yer alması isteniyorsa ilgili veri alanları işaretlenir.
- **“Yüzeysel Temel Taşıma Gücü”** alanında; toplam gerilme, efektif gerilme ve yatak katsayısı hesap tabloları rapora eklenmek üzere seçilir.
- **“Resimler”** alanında, raporda gösterilecek görseller belirlenir.
- **“Şirket Logosu”** butonuyla, rapora eklenecek logo .png formatında seçilir.



: Logo kaldırılmak istenirse, ilgili kaldırma butonuyla işlem gerçekleştirilir.

Raporlama İşlemleri

- **“Uygula”** butonu: Pencerede girilen tüm bilgileri kaydeder.
- **“Rapor”** butonu: Temel genel raporunu oluşturur.
- **“Seçimleri İlk Haline Getir”** butonu: “Rapor Tasarımı” alanındaki seçimleri programın varsayılan ayarlarına döndürür.

9.2. Dsm Karışım Hesapları Lokal Raporu

DSM yöntemi ile zemin iyileştirmesi yapılan projelerde, kullanılacak enjeksiyon karışımındaki **su ve çimento miktarları, lokal rapor** olarak hazırlanabilir.

Rapora erişim için şu adımlar izlenir:

1. **“Temel Analizi”** penceresi açılır.
2. **“Derin Temel–Zemin İyileştirme Taşıma Gücü”** sekmesi seçilir.
3. **“Taşıma Gücü Analizi”** butonuna tıklanarak analiz tamamlanır.



4. Aynı sekmede bulunan **“DSM Malzeme Raporu”** butonuna tıklanarak DSM karışım hesaplarına ait lokal rapor oluşturulur.

9.3. Kazı Destek Yapıları Genel Raporu

Kazı destek sistemine ait genel raporlarda, **inşaat aşamalarının sayısı kadar rapor** oluşturulabilir. Kullanıcı, hangi aşamaların raporda yer alacağını **seçime bağlı** olarak belirler (Şekil 73).

Raporlama Ayarları

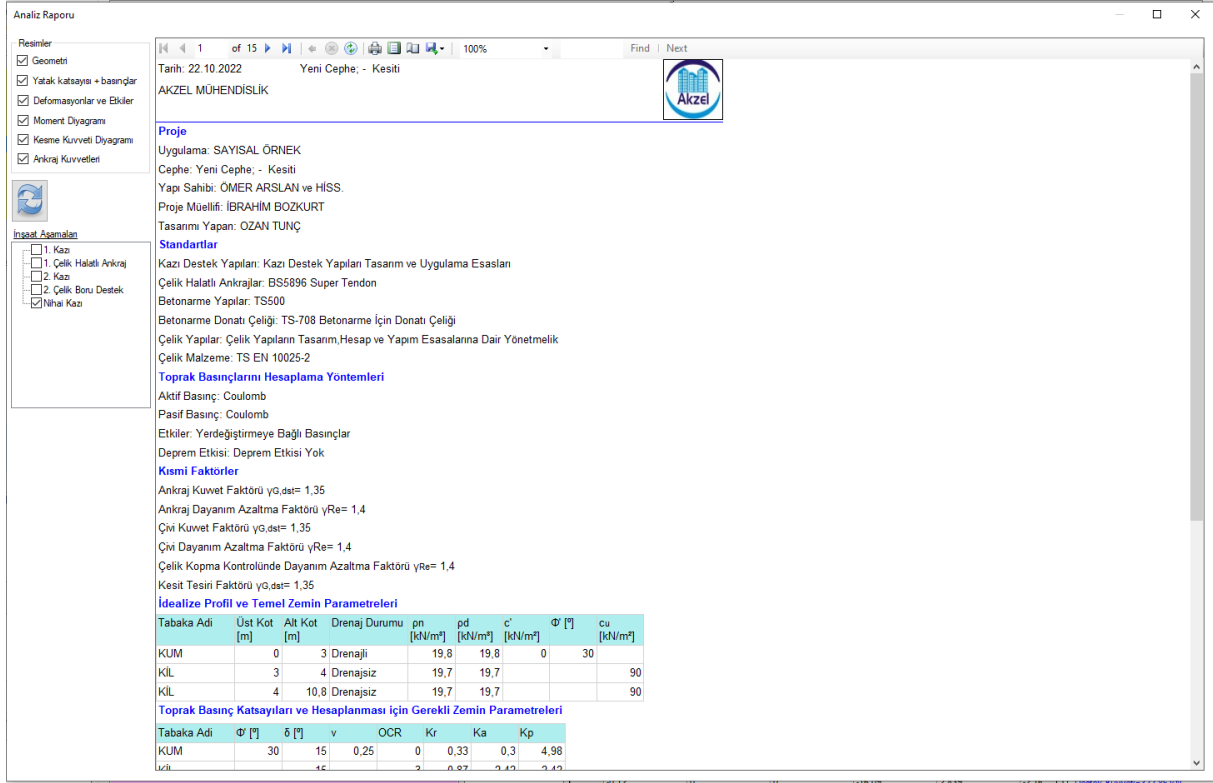
- **“Resimler”** alanında, kazı destek genel raporuna eklenecek görseller belirlenir. İlgili veri alanları işaretlenerek resimler seçilir.



: Yeni bir resim veya inşaat aşaması hesabı eklendiğinde, rapor bu bilgilerle güncellenir.

- **“İnşaat Aşamaları”** alanında, raporda yer alacak aşamalar işaretlenerek seçilir.

Hazırlanan genel rapor, **Excel, Word** veya **PDF** formatında dışa aktarılır ve bilgisayara kaydedilir.



Şekil 73 Kazı Destek Yapısı Genel Raporu

9.4. Sıvılaşma Analizi Lokal Raporu

“Temel Analizi” penceresindeki “Sıvılaşma” sekmesinde, seçilen sondaj kuyusuna ait **SPT profili** kullanılarak, **TBDY EK 16B** yöntemine göre sıvılaşma analizleri gerçekleştirilir (Şekil 67).

Hesaplama Koşulları

- Eğer temel tipi **derin temel** olarak tasarlandıysa
- Veya **yüzeysel temelin altında** bir zemin iyileştirme yöntemi tanımlandıysa

→ Bu durumlarda sıvılaşma analizinde “**Rijit Kolon Grubu Etkisi**” dikkate alınır.

Analiz sonucunda elde edilen **sıvılaşma potansiyeli** hesapları, **lokal rapor** olarak hazırlanır.



: Sıvılaşma analizine ait lokal rapor, geoteknik rapora eklenebilir.



9.5. Şev Analizi Lokal Raporu

Şekil 49’da gösterilen **Şev Model Penceresi** üzerinden:

- Analiz yöntemi
- Kayma yüzeyi
- Analiz tipi

seçilir ve şev analizi tamamlanır.

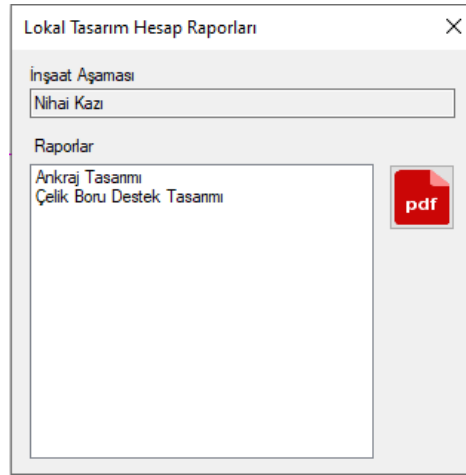
“**Analiz Raporu**” butonuna tıklanarak, oluşturulan analiz modeline ait **şev analizi lokal raporu** hazırlanır.



: Şev analizine ait lokal rapor, geoteknik rapora eklenebilir.

9.6. Ankraj ve Destek Tasarımları Lokal Raporu

“**Kesit Analizi**” penceresinde, “**Analiz Raporu**” alanında bulunan “**Lokal Tasarım Raporları**” butonuna tıklanarak, **Lokal Tasarım Raporları** penceresi açılır (Şekil 74).



Şekil 74 Lokal Tasarım Hesap Raporları

Raporlama Adımları

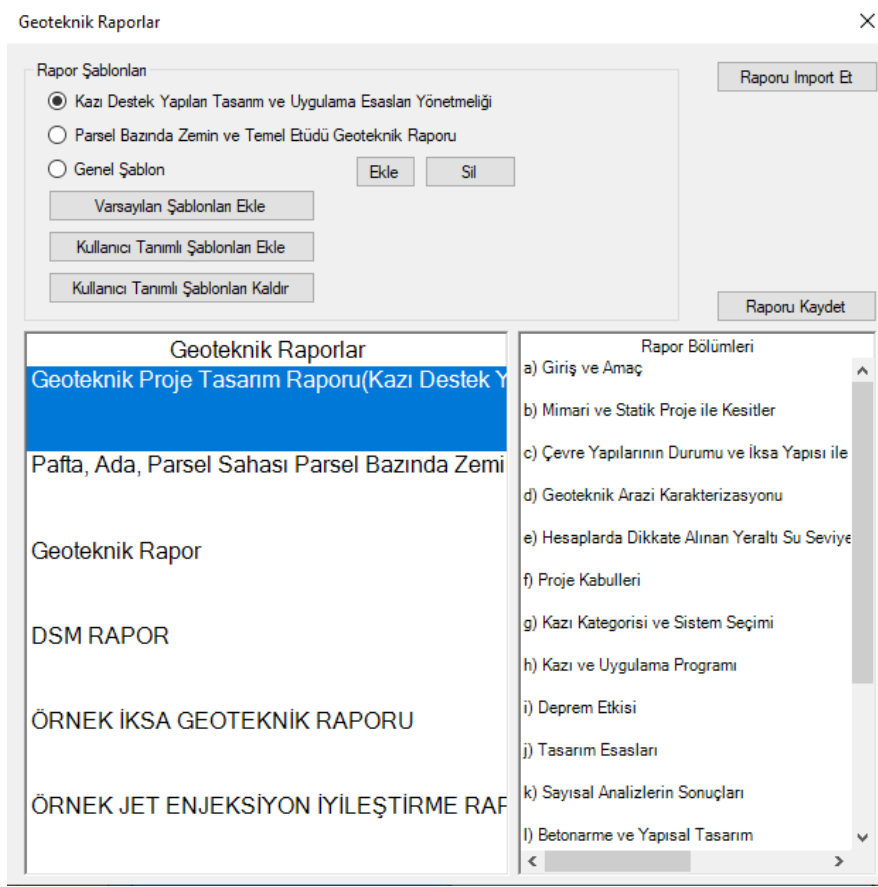
- “**İnşaat Aşaması**” alanında, lokal raporun hangi aşama için alınacağı seçilir.
- “**Raporlar**” alanında, ilgili aşamada raporu alınacak eleman türü (ankraj veya çelik boru destek) seçilir.



- Sağ tarafta yer alan **“PDF”** butonuna tıklanarak, seçilen ankraj veya desteğe ait lokal rapor hazırlanır.

9.7. Geoteknik Raporlar

“Rapor” menüsünden **“Geoteknik Raporlar”** butonuna tıklanarak geoteknik rapor penceresi açılır (Şekil 75).



Şekil 75 Geoteknik Raporlar

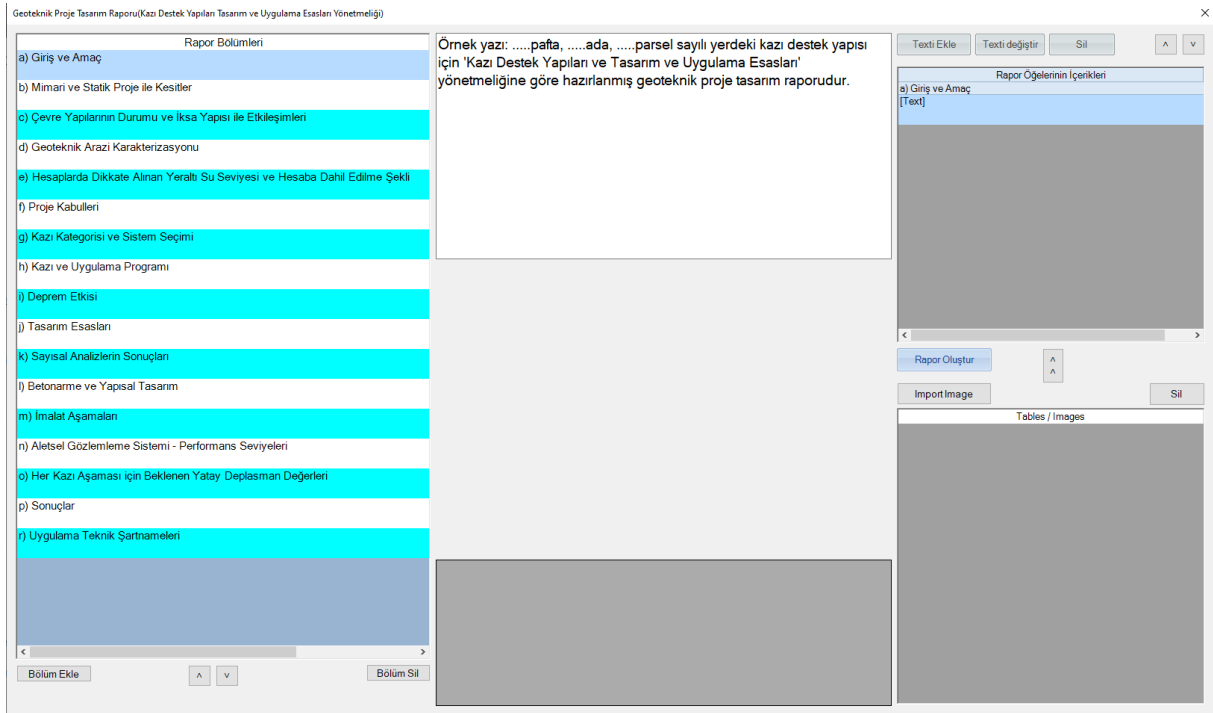
“Geoteknik Raporlar” alanında bulunan herhangi bir rapor üzerine sağ tuş ile tıklandığında raporun adı değiştirilebilir veya rapor şablon yapılabilir.

Rapor Şablonları ve Ekleme İşlemleri

- **“Rapor Şablonları”** alanında, üç adet hazır rapor türü bulunur.
- Seçilen şablon için **“Ekle”** butonuna tıklanarak ilgili rapor **“Geoteknik Raporlar”** alanına eklenir.



- Var olan bir rapor kaldırılmak istenirse, rapor seçilir ve “Sil” butonuna tıklanarak işlem yapılır.
- “Varsayılan Şablonları Ekle” butonuyla; DSM, iksa, jet enjeksiyon, yüzeysel temel ve şev analizlerine ait örnek raporlar eklenir.
- “Kullanıcı Tanımlı Şablonları Ekle” butonuyla, önceden oluşturulmuş özel şablonlar eklenebilir.
- “Kullanıcı Tanımlı Şablonları Kaldır” butonuyla, bu şablonlar program hafızasından silinir.
- “Raporu Kaydet” butonuyla, hazırlanan rapor .srp uzantılı dosya olarak kaydedilir.



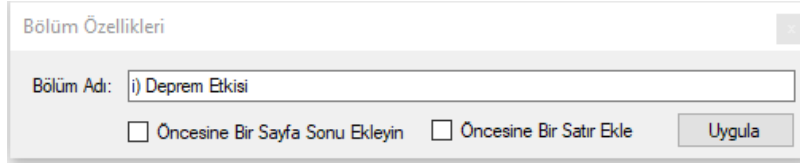
Şekil 76 Geoteknik Rapor Düzenleme Penceresi

Rapor Düzenleme İşlemleri (Şekil 76)

- “Geoteknik Raporlar” alanında bulunan bir rapor üzerine çift tıklandığında, düzenleme penceresi açılır.
- “Rapor Bölümleri” alanında, raporun ana başlıkları listelenir.



- **“Bölüm Ekle”**: Yeni bölüm ekler.
- **“Bölüm Sil”**: Seçili bölümü siler.
- Bölümlerin sırası düzenlenebilir. 
- Herhangi bir bölüm üzerine çift tıklanarak **“Bölüm Özellikleri”** penceresi açılır (Şekil 77).



Şekil 77 Bölüm Özellikleri

Bölüm Özellikleri

- Bölüm adı girilir.
- **“Öncesinde Bir Sayfa Sonu Ekle”** seçilirse, bölüm yeni sayfada başlar.
- **“Öncesine Bir Satır Ekle”** seçilirse, bölümden önce boş satır bırakılır.
- **“Uygula”** butonu ile yapılan değişiklikler kaydedilir.

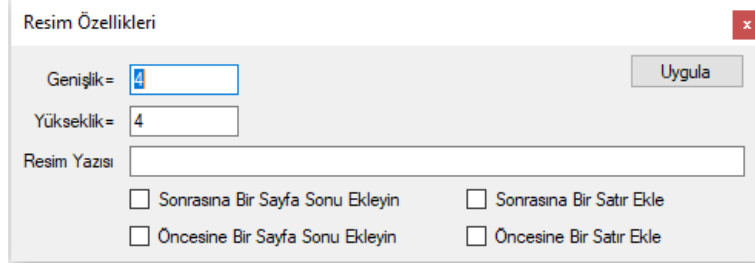
Rapor İçeriği ve Öğelerin Düzenlenmesi

- **Orta Bölüm**: Raporun metin, tablo ve görsellerini görüntüler:
 - Üstte metinler
 - Ortada görseller
 - Altta tablolar
- **Sağ Bölüm**: İçerik öğeleri düzenlenir.
 - **“Texti Ekle”**: Seçili bölüme metin öğesi ekler.
 - **“Texti Değiştir”**: Mevcut metin üzerinde yapılan düzenlemeleri kaydeder.





- “Tables/Images” alanındaki görseller ve tablolar, “Rapor Öğelerinin İçerikleri” alanına aktarılır.
- Bu alandaki öğelerin sırası düzenlenebilir. 



Şekil 78 Resim Özellikleri

Görsel ve Tablo Özellikleri

- Bir **resim öğesi** üzerine çift tıklandığında “**Resim Özellikleri**” penceresi açılır (Şekil 78):
 - Genişlik, yükseklik ve başlık bilgileri tanımlanır
 - Resimden önce/sonra boş satır veya sayfa ayarları yapılabilir
- Bir **tablo öğesi** üzerine çift tıklandığında “**Tablo Özellikleri**” penceresi açılır (Şekil 79):
 - Tablo başlığı tanımlanır
 - Öncesi/sonrası boş satır veya sayfa ayarları yapılabilir
 - Görüntülenmeyecek satır/sütun numaraları girilerek listeye eklenir
 - Satır/sütun numaraları sıfırdan başlar
 - “**Uygula**” butonu ile değişiklikler kaydedilir



Şekil 79 Tablo Özellikleri

Ek İşlemler

- “**Import Image**” butonu ile bilgisayardan resim eklenir
- “**Sil**” butonu ile seçili tablo veya resim kaldırılır
- “**Rapor Oluştur**” butonu ile düzenlenen geoteknik rapor tamamlanarak oluşturulur

10. ÇİZİM ve METRAJLAR

Program, temellere ve kazı destek yapılarına ait **çizim ve metraj dosyalarını** oluşturur.

- **Çizimler**, .dwg formatında
- **Metrajlar**, .xlsx formatında

hazırlanarak bilgisayara kaydedilir.

10.1. Temellerin Çizim ve Metrajları

“**Temel Analizi**” penceresinde, “**Kazık Betonarme**” sekmesi altında temellere ait çizim ve metraj işlemleri gerçekleştirilir (Şekil 66).

Metraj İşlemleri

- “**Metraj Tipi**” alanında, metrajı alınacak eleman tipi seçilir.
- “**Metraj**” butonuna tıklanarak ilgili metraj tablosu oluşturulur.



- Oluşturulan tablolar, **“Excel’e Aktar”** butonuyla .xlsx formatında bilgisayara kaydedilir.

Betonarme Donatılandırma

- **“Betonarme”** butonuna tıklanarak, sistemdeki rijit kolonlar **TS500 – Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları**’na göre minimum donatı şartlarını sağlayacak şekilde donatılandırılır.
- Oluşturulan donatı tablosu, **“Excel’e Aktar”** butonuyla .xlsx formatında kaydedilir.

Donatı tablosunda yer alan kazık çapı, kazık boyu, boyuna donatı, fret donatısı, çember donatısı ve z demiri gibi sütunlara çift tıklanarak bu değerler kullanıcı tarafından güncellenebilir. Yapılan değişiklikler sonrasında **çizim ve metrajlar yeniden oluşturulmalıdır.**

Çizim Alma

- **“Kazıklı Temel Çizimi”** butonuna tıklanarak, rijit kolonlu temel sisteminin çizimi oluşturulur.
- Oluşturulan çizim üzerinde sağ tıklanarak açılan menü üzerinden:
 - .dwg formatında kaydetme
 - Yazdırma
 - Çizim ayarlarını düzenleme işlemleri yapılabilir.

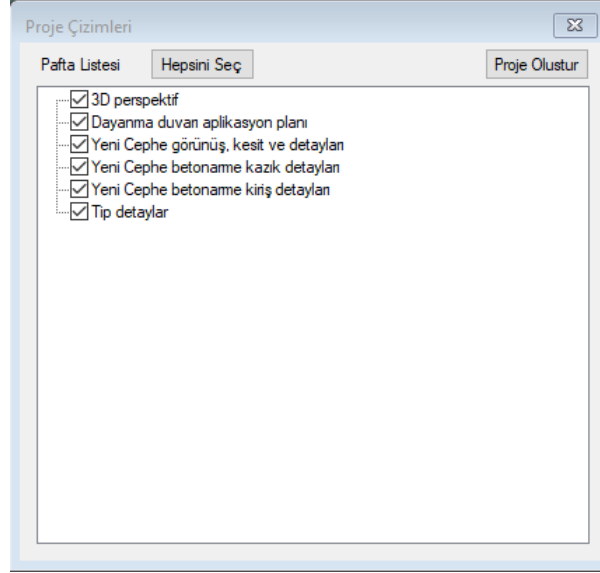
10.2. Kazı Destek Yapılarının Çizim ve Metrajları

Çizim Oluşturma

- **“Tanımla”** menüsünden **“Dayanma Duvarları Proje Çizimleri”** butonuna tıklanarak **“Proje Çizimleri”** penceresi açılır (Şekil 80).
- Açılan pencerede, çizimde yer alması istenen perspektif, plan ve kesit çizimleri ilgili veri alanlarından seçilir.
- **“Proje Oluştur”** butonu ile kazı destek yapısına ait çizim oluşturulur.



- Oluşturulan çizimler üzerinde sağ tıklanarak açılan menü ile:
 - .dwg formatında kaydedilebilir
 - Çizim ayarları düzenlenebilir



Şekil 80 Proje Çizimleri

Çizim Ayarları

- “**Dayanma Duvarı Model ve Çizim Ayarları**” penceresinden, oluşturulan duvar çizimlerine ait tüm teknik ayarlar yapılabilir (Şekil 81).



Dayanma Duvarı Model ve Çizim Ayarları

Ayarları İlk Haline Getir Uygula

Model 3D | Proje Paftaları | Proje Perspektif | Aplikasyon Planları, Görünüşler ve Kesitler | Betonarme Detaylar | Proje Notları

Akslar

Çerçeve Tipi
☒ Dikdörtgen
☐ Daire

Text H= 0,4 [m]
 Çizgi L= 2 [m]
 Daire r= 0,55 [m]
 DikDörtgen B= 1,2 [m]
 DikDörtgen H= 0,5 [m]
☒ Görünürlük

Düsey Kotlar

Text H= 0,15 [m]
 Text B= 1,5 [m]
 Ölçek Faktörü= 2

Kesit

Ölçü Yüksekliği= 0,4 [m]
 Aşsal Ölçü Yüksekliği= 0,2 [m]
 Ankraj Destek Text H= 0,3 [m]
☒ Zemin Profili Gösterilsin
 Profil Yazı Yüksekliği= 0,4 [m]
☐ Başlık Kiriş Transparan

Şekil 81 Dayanma Duvarı Model ve Çizim Ayarları

Proje Notları

- “**Proje Notları**” sekmesinde, proje paftalarına eklenecek metinler düzenlenir.
- Düzenlenen notlar, “**Uygula**” butonuna basılarak her paftanın sonuna otomatik olarak eklenir (Şekil 82).



Dayanma Duvarı Model ve Çizim Ayarları

Ayarları İlk Haline Getir Uygula

Model 3D Proje Paftaları Proje Perspektif Aplikasyon Planları, Görünüşler ve Kesitler Betonarme Detaylar Proje Notları

Yazılar

Yazı Çerçevesi H= 18

Yazı H= 0,21

Proje Notları

GENEL NOTLAR ve UYARILAR

1. İşbu proje, Akzel Mühendislik İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olan sondaja dayalı zemin ve temel etüt raporundaki verilere göre hazırlanmıştır.
2. İşbu proje, hesap raporuyla bütünlük teşkil etmektedir. Hesap raporundaki tanımlamalara aykırı durumlarla karşılaştırılması halinde proje geçerliliğini yitireceğinden, proje revize edilmelidir.
3. Geçici iksa sisteminin imalat çizimleri vaziyet planı, görünüşler, kesitler ve detaylar olarak verilmiştir. Uygulama safhasında müteahhit tüm kotları yerinde kontrol edip, yeraltı engellerinin olmadığını/deplase edildiğini doğruladıktan sonra uygulamaya bağlayabilecektir.

Şekil 82 Proje Notları

Metraj Hesaplama

- “Tanımla” menüsünden “**Dayanma Duvar Metrajları**” butonuna tıklanarak **Duvar Metrajı** penceresi açılır (Şekil 83).
- “**Duvar Grupları**” alanından, metrajı yapılacak duvar grubu seçilir.
- “**Metraj Tipi**” alanından istenilen metraj türü seçilir.
- “**Metraj Hesapla**” butonuna tıklanarak metraj tablosu oluşturulur.
- Oluşturulan metraj tabloları, “**Excel’e Aktar**” butonu ile dışa aktarılır ve Excel programında açılır.



Duvar Metraji

Duvar Grupları

Yeni Cephe
Tüm Duvar Grupları

Metraj Tipi

Kazıklar
☐ Donatı
☐ Beton
☐ Foraj

Betonarme Duvarlar
☐ Donatı
☐ Beton

Çelik Halatlı Ankrajlar
☐ Ankraj (İmalat)
☐ Çelik halat
☐ Plaka
☐ Ankraj başlığı

Zemin Çivileri
☐ Zemin çivisi

Kirşiler
☐ Donatı
☐ Beton

Shotcrete Perdeler
☐ Donatı
☐ Beton

Çelik Destekler
☐ Destek (İmalat)
☐ Plaka
☐ Ankraj bulunu

Genel Toplam
☒ Genel toplam
☒ Ankrajlarda metrajı ankraj boyu olarak göster

☒ <<Excel'e Aktar>>

Metraj Hesapla

Metraj	Miktar	Birim
Beton	35,1	m ³
Demir	35,97	kN
D=65cm Foraj	90	m
3x0.6" Çelik Halat	90	m

Şekil 83 Duvar Metraji



11. ANALİZ AYARLARI

SETAF2018’de analiz ayarları parametrik olarak değiştirilebilmektedir (Şekil 84).

Şekil 84. Analiz Ayarları

İşaretlendiğinde oturma analizinde y-ekseni doğrultusundaki gerilme artışları x-ekseni doğrultusundaki ile aynı kabul edilir.



Seçime göre oturma analizinde gerilme artışlarının hesaplanacağı koordinat sistemi belirlenir. Modelde derin temel varsa analiz yapıldığında varsayılan olarak silindirik koordinat sistemi program tarafından seçilir. Derin temel olmayan modellerde Kartezyen koordinat sistemi seçilebilir.

Kazık Elastik Boy Değişimi

C=

Kazık düşey deformasyonun kazık boyunca azalmasını dikkate almak için azaltma katsayısı uygulanır. Genel olarak zeminlerde 0.5 alınabilir. Killi zeminlerde 0.7 olabilir. (Budhu, 2008). 0.5 - 0.7 aralığı dışında değer girilemez.

Oturma Analizinde Derin Temelerde Gerilme Artışları

☐ Düzgün Yayılı Çevre Direnci (Geddes)

☒ Doğrusal Artan Çevre Direnci (Geddes)

Derin temelerde gerilme artışı Geddes yöntemi ile hesaplanırken, çevre direncinin düzgün yayılı veya doğrusal artan özellikte olmasına karar verilir. Buradaki seçime göre ilgili Geddes denklemleri kullanılır.

Derin Temelerde Çevre Direnci Oranı

☒ Kazık Çevre Direnci Oranını Program Bulsun

☐ Kazık Çevre Direnci Oranı

Buradaki orana göre kazık yükünün çevre direnci ile aktarılan kısmı hesaplanır. Kalan yük kazık uç direnci ile aktarılmaktadır. Program bulsun seçeneği seçilirse kazığın çevre direnci toplam direncine bölünerek oran hesaplanır. Kullanıcı değer girerse bu oran dikkate alınır. 0 uç kazığı, 1 sürtünme kazığı anlamına gelir. 0 – 1 aralığı dışında değer girilemez.



Konsolidasyon

Oturma-Zaman Grafiğinde Nokta Sayısı

☒ Oturma - Zaman Grafiğinde t_{50} kullan

☐ Oturma - Zaman Grafiğinde t_{90} kullan

Odömetre Halka Yükseliği mm

Oturma-zaman grafiğinde eğrideki nokta sayısı bu değere göre belirlenir. Seçime göre, konsolidasyon süreleri hesaplanırken konsolidasyon katsayıları cv_{t50} ve cv_{t90} parametrelerinden biri hesaplarda kullanılır. Kullanıcı malzeme özelliklerini girerken konsolidasyon katsayılarını “Hesapla” butonuyla elde ederse, bu hesaptaki deney numune yüksekliği buradan alınır.

Yüzey Temelerde Taşıma Gücünde Yenilme Türü

☒ Genel Kayma

☐ Yerel Kayma veya Zımbalama

Yüzey temelerde taşıma gücü hesaplanırken “Yerel Kayma veya Zımbalama” seçimi yapıldığında kayma direnci parametreleri c' ve ϕ' değerleri 2/3 ile çarpılarak azaltılır.

Meyerhof için Azaltma

☒ Şekil ve Derinlik Faktörlerini B', L' ile Hesapla, Üçüncü Terimde B' Kullan

☐ Azaltma Faktörü R_e Kullan ☒ Azaltma Uygula

Re Hesabı

☐ Kohezyonlu Zemin ☒ Kohezyonsuz Zemin

Yüzeysel temelin taşıma gücü Meyerhof yöntemi ile hesaplanırken seçime göre R_e ile azaltma faktörü uygulanır. Azaltma faktörü R_e seçilmez ise şekil ve derinlik faktörleri etkin boyutlar B', L' ile hesaplanır. Taşıma gücü denkleminin üçüncü teriminde B' kullanılır.

Meyerhof için Yatay Kuvvet

☒ Yatay Kuvvet V_x Kullanılsın

☐ Yatay Kuvvet V_y Kullanılsın



Yüzeysel temellerde Meyerhof ile taşıma gücü hesaplanırken, yük eğimi faktörlerinin hesaplanmasında kullanılacak yatay kuvvette seçime göre karar verilir. Varsayılan ayar x-ekseni doğrultusundaki yatay kuvvetin kullanılmasıdır.

Vesic Özellikleri

ca= c

δ = ϕ

Yüzeysel temellerde Vesić yöntemi ile taşıma gücü hesaplanırken, yük eğimi faktörlerinde taban adhezyonu için gerekli değer buradan alınır.

SPT Taşıma Gücü Özellikleri

☒ Taşıma Gücünde N1 Kullan

☐ Taşıma Gücünde N₁₆₀ Kullan

Oturma: mm

Yüzeysel temellerin SPT ile taşıma gücü hesabında, seçime göre düzeltilmiş N₁ veya N₁₆₀ değerleri kullanılır. Hedeflenen oturma değeri için taşıma gücü hesaplanır. Oturma değeri buradan alınır.

Taşıma Gücünde 3. Terim Nedeniyle Azaltma (Bowles, 1996)

☐ r_f ile Azaltma

Yüzeysel temel taşıma gücü hesaplarında seçime göre üçüncü terimde r_f katsayısı ile azaltma yapılır.

Taşıma Gücü Kontrolü

☒ $q_0 < q_t$

☐ $q_0 < q_{tnet}$

Yüzeysel temel taşıma gücü hesaplarında taban basıncı ile tasarım taşıma gücü karşılaştırılarak yeterlilik kontrolü yapılır. Buradaki seçime göre tasarım taşıma gücü veya net tasarım taşıma gücü ile karşılaştırılır.



β Yöntemi

☐ Çevre Direncinde c' Değerini Dikkata Al

Derin temellerin taşıma gücünde kazık gurubunun geçtiği drenajlı tabakalarda β yöntemi ile çevre direnci hesaplanır. β yönteminde efektif kohezyon c' değerinin hesaba katılması isteniyorsa seçilebilir.

Drenajsız Zemin Katmanlarında Taşıma Gücü Yöntemi

☒ α Yöntemi

☐ λ Yöntemi

Derin temel taşıma gücünde kazık gurubunun geçtiği drenajsız tabakalarda seçime göre α veya λ yöntemi ile çevre direnci hesaplanır.

Taşıma Gücü Faktörü

$N_c =$

☒ N_c Skempton Denklemleriyle Bulunsun

Derin temellerde taşıma gücünde kazık gurubunun ucu drenajsız bir tabakada kalıyorsa uç direnci α yöntemiyle hesaplanır. Taşıma gücü faktörü N_c kullanıcı ilgili Skempton denklemleri ile veya kullanıcı tarafından belirlenebilir.

Gurup Taşıma Gücü Yöntemi

☒ Converse-Labarre

☐ Terzaghi Blok Yaklaşımı

Derin temellerde kazık guruplarının taşıma gücü hesaplanırken gurup verimi E_g geometrik yöntem Converse-Labarre veya Terzaghi blok yaklaşımı ile hesaplanabilir.



Kazıklı Temeller için Dayanım Katsayıları

☒ Kazık Yükleme Deneyi Yapılmamış
☐ Kazık Yükleme Deneyi Yapılmış

Basınç
 $\gamma_{Rsb} = 1,5$

Çekme
 $\gamma_{Rsc} = 1,6$

$\gamma_{Ru} = 2$

Derin temel taşıma gücü hesaplarında T.B.D.Y’de ki dayanım katsayıları buradan seçilir.

Depremsellik

SDS= 0,87

Mw= 7,5

Sıvılaşma hesaplarında T.B.D.Y EK 16B’deki zemin sıvılaşma değerlendirmesi yapılır. Yerel SDS değeri buradan ve analiz penceresinden girilebilir. Deprem moment büyüklüğü M_w ’nin varsayılan değeri yönetmelikteki 7.5 değeridir.

Girilen malzeme, zemin profili ve temel verileri tablo olarak alınabilir ve Excel'e aktarılabilir (Şekil 85).

Şekil 85. Veri Tabloları

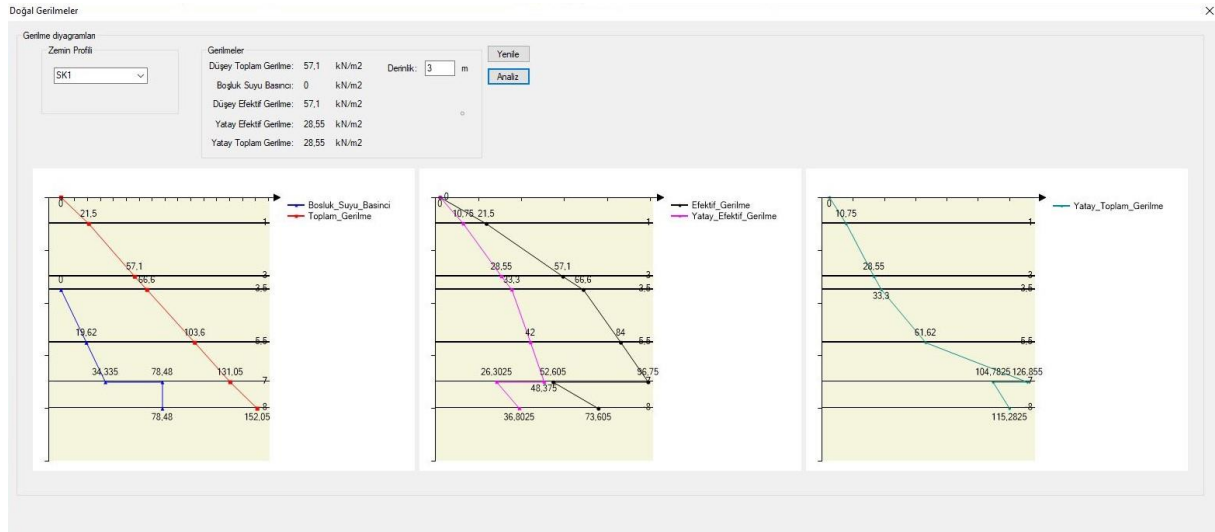
[SETAF2018 | sürüm 3.5 | © 2018 Akzel Mühendislik İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.
Tüm Hakları Saklıdır | www.setaf2018.com setaf2018@gmail.com}}



13. GRAFİKLER

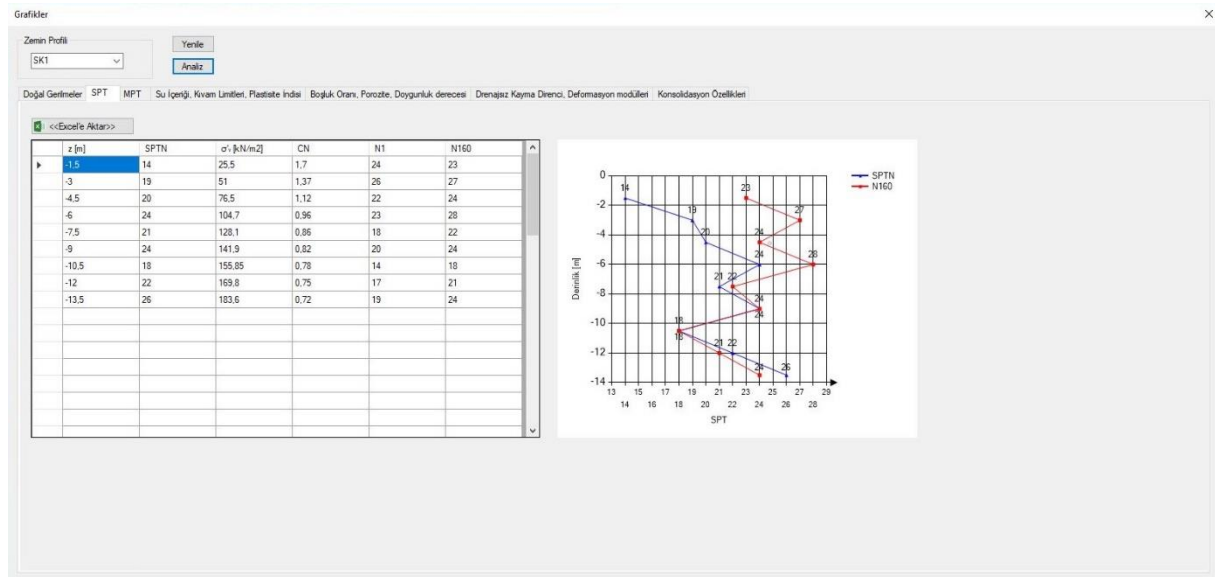
Analiz menüsündeki “Grafikler” butonuyla girilen malzeme özelliklerinin seçilen zemin profiline göre grafikleri çizilmektedir.

13.1. Toplam, Efektif, Boşluk Suyu Basıncı, Yatay Efektif, Yatay Toplam Gerilme Diyagramları



13.2. SPT

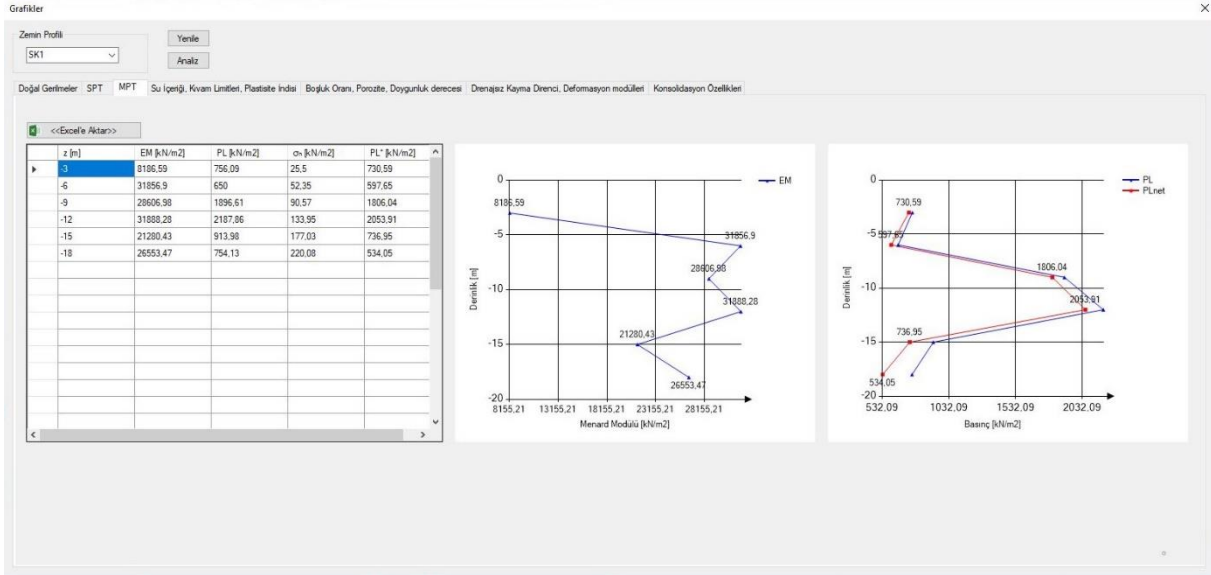
Sondaj kuyularında tanımlanan SPTN profili C_N, N_1, N_{160} değerleri hesaplanarak tablo ve grafik olarak sunulur.





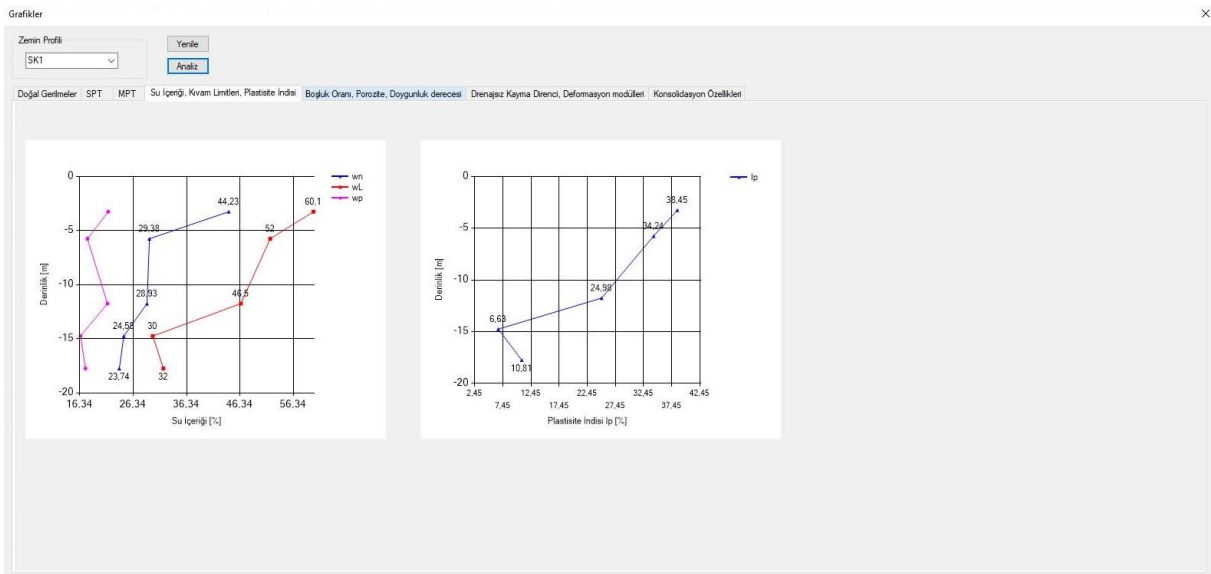
13.3. MPM

Sondaj kuyularında tanımlanan MPM profili yatay toplam gerilmeler ve net limit basınçlar hesaplanarak tablo olarak alınır. Menard modülü, limit basınç, net limit basınç grafikleri çizilir.



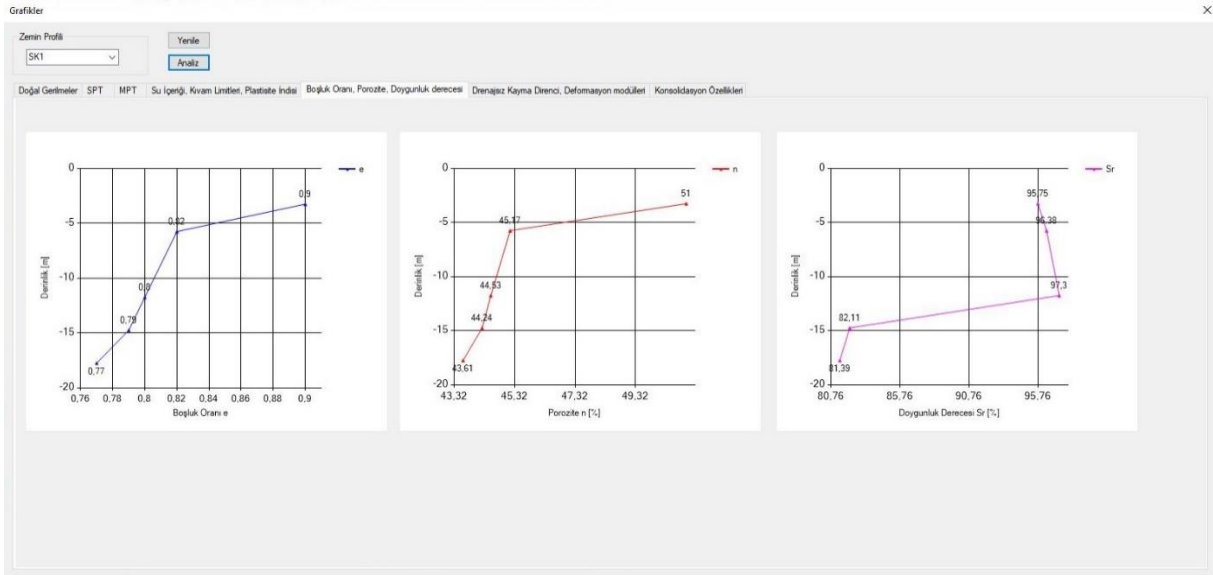
13.4. Su İçeriği, Kıvam limitleri, Plastisite İndisi

Doğal su muhtevası w_n , likit limit w_L , plastik limit w_P aynı grafik alanında çizilir. Plastisite indisi grafiği de ayrıca çizilmektedir.

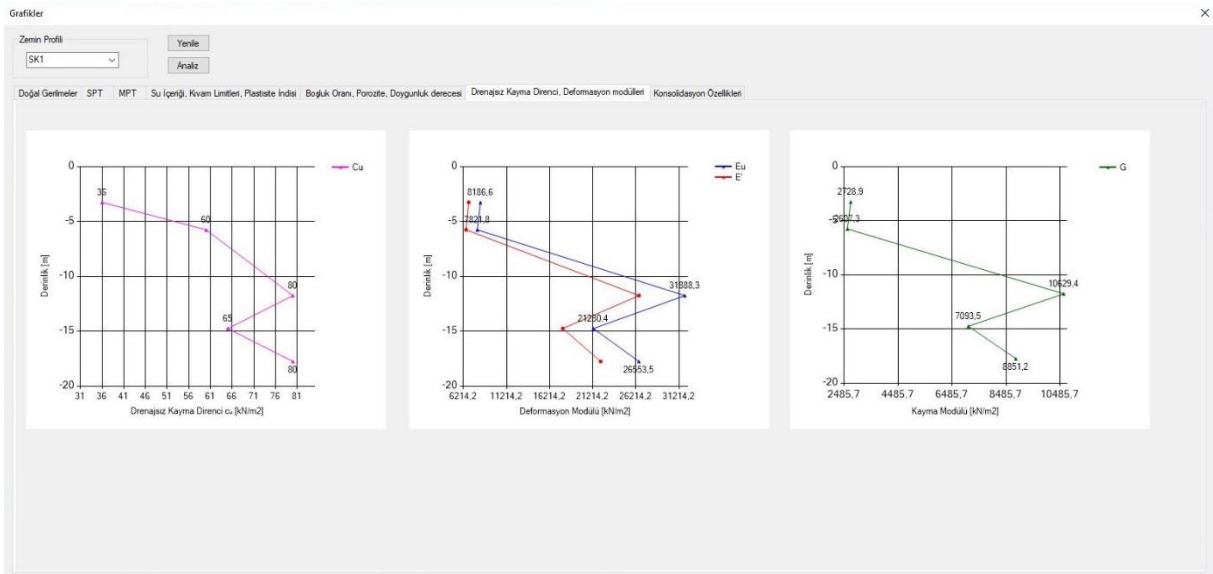




13.5. Boşluk Oranı, Porozite, Doygunluk Derecesi

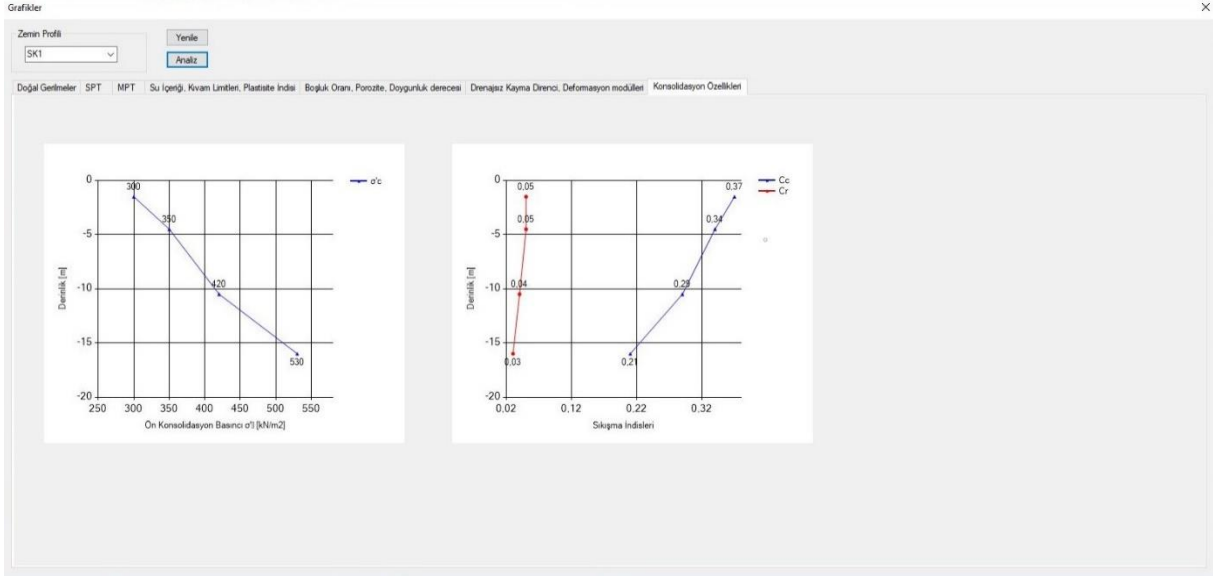


13.6. Drenajsız Kayma Direnci, Deformasyon Modülleri





13.7. Ön Konsolidasyon Basıncı, Sıkışma İndisleri





14. ARAÇLAR

SETAF2018’de kullanıcılar için Araçlar menüsünde geoteknik alanında sıklıkla kullanılan birimlerin çevirebileceği “Birim Çevirici” aracı bulunmaktadır.

Bir temelin zemin kitlesi içinde gerilme artışlarını Boussinesq denklemleri ile veren, deprem yönetmeliğindeki sondaj derinlik hesaplarında da kullanabilecek Analiz menüsünde “Kitle Gerilme Analizi” butonuyla ulaşılan bir hesaplama aracı bulunmaktadır.



15. STANDARTLAR ve ANALİZ YÖNTEMLERİ

Programdaki tüm geoteknik analiz ve tasarımlar, aşağıdaki standart ve yönetmeliklere uygundur:

- **EN 1997 (Eurocode 7)** – Avrupa standardı
- **Kazı Destek Yapıları ve Uygulama Esasları** – Türk yönetmeliği
- **TBDY** – Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

15.1. Güvenlik Sayına göre Analiz

Güvenlik faktörüne dayalı yaklaşım, yapı güvenliğini doğrulamada tarihsel olarak en eski ve en yaygın kullanılan yöntemdir.

Bu yaklaşımın temel avantajları:

- Hesaplama basitliği
- Yoruma açıklık ve anlaşılabilirlik

Programda tasarımlar bu yöntemle **doğrudan doğrulanmaz**, ancak hesaplanan **güvenlik sayıları** kullanıcıya gösterilir.

$$GS^* = \frac{R}{E} > GS$$

Tanımlar:

- **R** = Yenilmeye karşı direnç (dayanım, kapasite, direnen kuvvet)
- **E** = Yenilme etkisi (sürücü kuvvet, zorlayıcı etki, gerilme)
- **GS*** = Program tarafından hesaplanan güvenlik sayısı
- **GS** = Kullanıcının hedeflediği güvenlik sayısı

Bu yaklaşımda, **yükler** ya da **zemin parametreleri**, herhangi bir tasarım katsayısı ile **azaltılmaz**. Analiz, karakteristik değerlere göre yapılır.



15.2. Limit Durumlara göre Analiz

Limit durumlar teorisi, yapı güvenliğini doğrulamak için;

- **Direnç** (taşıma kapasitesi, mukavemet)
- **Yük etkisi** (kayma kuvveti, zorlayıcı stres)

gibi karşıt büyüklükleri karşılaştırarak çalışır. Programdaki **geoteknik tasarımlar**, bu yaklaşıma göre doğrulanır.

15.3. EN 1997'ye Uygunluk

EN 1997-1 standardına göre, geoteknik yapıların tasarımı **limit durumlar esas alınarak** yapılmalıdır. Bu kapsamda:

- Yük, malzeme ve dirençlere ait **karakteristik değerler**,
- Seçilen **tasarım yaklaşımına** bağlı olarak **kısmi güvenlik faktörleriyle düzeltilerek** analize dahil edilir.

Programda EN 1997'ye uygun yapılan analiz ve tasarımlar:

- Yüzeysel temellerin taşıma gücü ve oturma hesapları
- Rijit kolonlu temellerin (kazık, DSM, jet enjeksiyon) taşıma gücü ve oturmaları
- Kazı destek yapılarının analiz ve tasarımı
- Yamaç ve şev stabilite analizleri

15.3.1. Tasarım Durumları

Programın EN 1997-1 standardı kapsamında uygun olduğu tasarım durumları:

- Kısa ve uzun vadeli tasarım durumları
- Etkiler, kombinasyonlar ve yükleme durumları
- Deprem etkileri
- Yapının deformasyonlara karşı duyarlılığı



- Yeni yapıların mevcut yapılara, altyapıya ve çevreye etkileri

15.3.2. Geoteknik Tasarım Hesapları

EN 1997-1 standardına göre üç farklı hesap yaklaşımı bulunmaktadır:

- **Analitik model**
- **Yarı ampirik model**
- **Sayısal model**

Programda:

- **Yüzeyssel ve rijit kolonlu temellerde** → *analitik model*
- **Gerilme artışları ve kazı destek analizlerinde** → *sayısal model*
- **Yamaç ve şev stabilite analizlerinde** → *limit denge yöntemleri* kullanılır.

15.3.3. Gerilme-deformasyon Yöntemi

EN 1997-1 Bilgilendirme Eki F'ye göre toplam oturma aşağıdaki adımlarla hesaplanır:

1. **Temelden gelen yükleme ile zemindeki gerilme dağılımı** hesaplanır (genellikle elastisite teorisine dayanarak, homojen–izotropik zemin varsayımıyla).
2. **Gerilmeden deformasyon** hesaplanır (laboratuvar veya saha testlerinden elde edilen gerilme–şekil değiştirme ilişkileriyle).
3. **Düşey birim deformasyonlar entegre edilerek oturma** bulunur.
4. Yöntemin uygulanabilmesi için temelin altında yeterli sayıda nokta seçilmeli, bu noktalarda gerilme ve birim şekil değiştirmeler hesaplanmalıdır.

Bu yöntem, SETAF programında toplam oturma hesabında kullanılan yöntemlerden biridir.

15.3.4. Drenajsız Oturma

EN 1997-1 Bilgilendirme Eki F'ye göre:

- Kısa vadeli, **drenajsız oturma**



- **Gerilme–deformasyon yöntemi** veya **düzeltilmiş elastisite yöntemi** ile hesaplanabilir.

Program, drenajsız oturma hesaplarında E_u (**elastisite modülü**) ve ν_u (**Poisson oranı**) parametrelerini kullanarak bu yöntemi uygular.

15.3.5. Konsolidasyon Oturmaları

EN 1997-1 Bilgilendirme Eki F'ye göre, konsolidasyon kaynaklı oturmalar şu varsayımlarla değerlendirilir:

- Zemin, **yanal deformasyonu sınırlandırılmış** ve **tek boyutlu** deformasyon gösterir.
- Hesaplamalar, **konsolidasyon test eğrisi** kullanılarak yapılır.

Drenajsız oturma ile **konsolidasyon oturmasının** doğrudan toplanması, çoğu durumda toplam oturmanın fazla tahmin edilmesine neden olabilir. Bu nedenle **ampirik düzeltmeler** gerekebilir.

SETAF programında konsolidasyon oturması hesaplarında:

- **Terzaghi'nin bir boyutlu konsolidasyon teorisi** kullanılır.
- Kullanıcıdan alınan **konsolidasyon test verileri** ile hesaplama yapılır.
- **Konsolidasyon seçeneği** etkinleştirildiğinde:

Toplam oturma = Gerilme-deformasyon yöntemiyle hesaplanan drenajsız oturma + konsolidasyon oturması

15.3.6. Oturma-Zaman Davranışı

EN 1997-1 Bilgilendirme Eki F'ye göre, kohezyonlu zeminlerde konsolidasyon oturma oranı, konsolidasyon süreci tamamlanmadan önce tahmin edilebilir. Bu tahmin için konsolidasyon testlerinden elde edilen parametreler ile arazi deneylerinden elde edilen geçirimsizlik katsayıları kullanılır.

SETAF programı, kullanıcılardan alınan konsolidasyon ve geçirimsizlik parametreleri ile konsolidasyon oturma oranlarını hesaplar ve buna göre oturma–zaman grafikleri çizer.



15.3.7. Tasarım Yaklaşımı 2

SETAF programında, “Eurocode” seçilerek yapılan analiz ve tasarımlarda EN 1997’de tanımlı Tasarım Yaklaşımı 2 uygulanır.

15.3.8. Yüzeysel Temeller

Programın, yüzeysel temellerin tasarımında EN 1997-1’e uygunluğu şu başlıklarda sağlanmaktadır:

- Genel stabilite kaybı
- Kayma yenilmesi
- Zemin ve yapıda birleşik hasar
- Temel hareketinden kaynaklanan yapısal hasar
- Aşırı oturmalar

15.3.9. Rijit Kolonlu Temeller

Rijit kolonlar, tekil olarak çevre ve uç dirençleri üzerinden değerlendirilir. Bu dirençlerin grup taşıma gücüne etkisi analiz edilir. EN 1997-1’e uygun şekilde, hesaplamalarda kısmi güvenlik faktörleri uygulanarak tasarım değerleri elde edilir.

SETAF’ta desteklenen rijit kolon tipleri şunlardır: jet enjeksiyon, derin karıştırma, beton kazık, betonarme kazık ve mikrokazık.

15.3.10. Kazı Destek Yapıları

Kazı destek yapılarının tasarımında, EN 1997-1’deki TY2 tasarım yaklaşımı kullanılır. Bu yaklaşımda, limit durumlarına göre tasarım yapılır ve kısmi güvenlik faktörleri dikkate alınır.

15.3.11. Yamaç/Şev Stabilitesi

Yamaç ve şev stabilitesi hesaplamalarında, EN 1997-1’de belirtilen kısmi güvenlik faktörlerine dayanan yöntemler kullanılır. Bu faktörler, çeşitli limit durumlarına göre uyarlanarak güvenli yapı tasarımını sağlar.



15.4. TBDY'ye Uygunluk

Program, **TBDY** (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği)'ne uygun olarak yüzeysel ve derin temellerin taşıma gücü hesaplarını yapar. Dayanım katsayıları yönetmelikte tanımlandığı şekilde uygulanır. Ayrıca TBDY Ek 16'ya göre, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) verilerine dayalı sınıflama değerlendirmesi yapılabilir.

15.5. FHWA'ye Uygunluk

Derin karıştırma yönteminde, zemin ile karışacak malzemenin oranı **FHWA standartlarına** göre hesaplanır. Bağlayıcı olarak çimento, kireç veya diğer kimyasal maddeler kullanılabilir. Bu hesaplamalar zeminin türüne ve özelliklerine göre yapılır.

15.6. “Kazı Destek Yapıları ve Tasarım ve Uygulama Esasları” Yönetmeliğine Uygunluk

SETAF, kazı destek yapılarının analiz ve tasarımlarını “**Kazı Destek Yapıları ve Tasarım ve Uygulama Esasları**” yönetmeliğine uygun olarak gerçekleştirir. Ankrajlar, zemin çivileri ve desteklerin tasarım hesapları bu yönetmelik doğrultusunda yapılır. Ayrıca, duvar deplasmanları da bu yönetmelik esaslarına göre kontrol edilir.

16. TEORİ

Geoteknik analizlerin arkasında yer alan temel teorik ilkeler ve hesaplama yöntemleri, bu bölümde özetlenmektedir.

Teorik Altyapı

SETAF2018 programında zemin etkileşimi, taşıma gücü ve oturma analizleri farklı teorik yaklaşımlar ve standartlara göre hesaplanmaktadır.

Aşağıda kullanılan temel yöntem ve kuramsal yaklaşımlar özetlenmiştir:

- **Elastisite teorisi ve Terzaghi'nin konsolidasyon teorisi**, dikdörtgen ve poligon boyutlu temellerin **ani ve konsolidasyon oturmalarını** hesaplamak için kullanılır.
- Temel yüklerinden kaynaklanan **gerilme artışları**,
 - Boussinesq ve



- Mindlin–Geddes denklemleri ile hesaplanır.
- Zemin içerisindeki doğal başlangıç gerilmeleri:
 - Toplam gerilmeler
 - Hidrostatik boşluk suyu basınçları
 - Düşey ve yatay efektif gerilmeler
 - Yatay toplam gerilmeler

bu büyüklükler, birim hacim ağırlıklar ve **sükûnet durumundaki toprak basıncı katsayısı (K_0)** kullanılarak belirlenir.

- **Rijit kolonlarla iyileştirilmiş zeminin** kompozit mekanik özellikleri modellenerek analizlere dahil edilir.
- **Kazı destek yapılarının analizleri**, program içinde tanımlanan **sayısal analiz modeli** ile yapılır.
- **Yamaç ve şev stabilitesi** hesapları, **limit denge yöntemleri** kullanılarak gerçekleştirilir.
- **SPT (Standart Penetrasyon Testi)** verilerine dayalı yöntemlerle **sıvılaşma güvenlik değerlendirmesi** yapılır.
- Programda kullanılan başlıca standartlar:
 - **Eurocode 7 (EN 1997)**
 - **Kazı Destek Yapıları ve Uygulama Esasları Yönetmeliği**
 - **TBDY 2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği)**
 - **FHWA (Federal Highway Administration – ABD)**

16.1. Doğal Gerilmeler

Programda kullanıcı tarafından tanımlanan her zemin profili için aşağıdaki gerilme bileşenlerinin diyagramları otomatik olarak oluşturulur:



SETAF2018

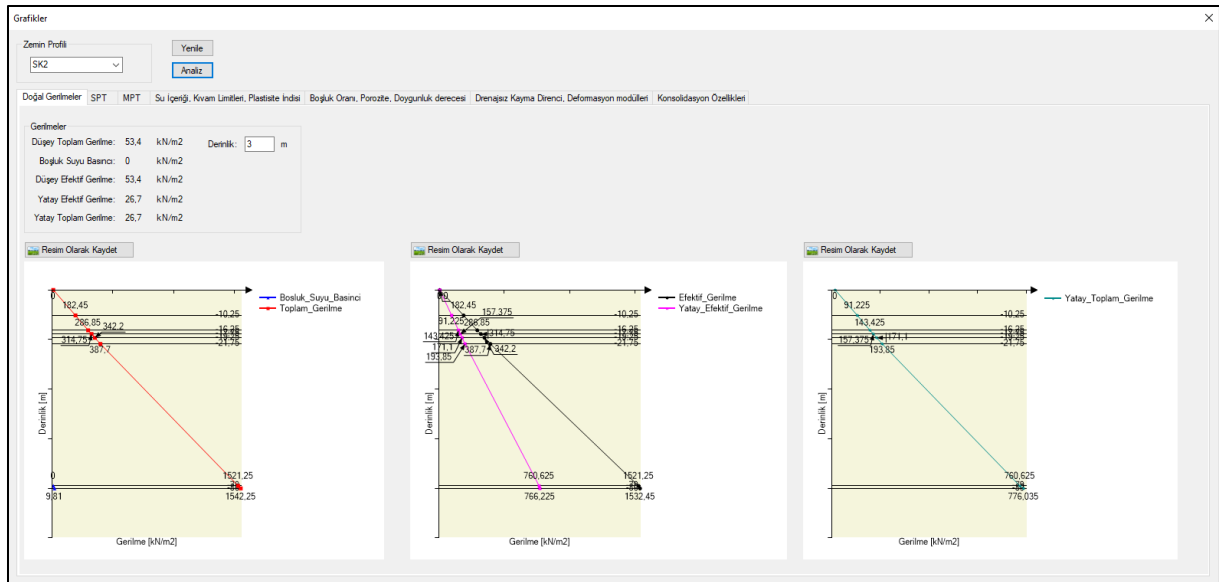
- Toplam gerilme
- Hidrostatik boşluk suyu basıncı
- Efektif gerilme
- Yatay efektif gerilme
- Yatay toplam gerilme

Bu değerler, zemin profilinde tanımlanan herhangi bir derinlik için ayrı ayrı hesaplanabilir ve görselleştirilebilir.

Gerilme diyagramları çizilirken zemin tabakalarında kullanıcı tarafından girilen özel koşullar da dikkate alınır. Bunlar arasında:

- Kılcallık
- Artezyen basınçları

bulunmaktadır. Bu bilgiler, sondaj kuyularına ait zemin tanımları sırasında programa girilir.



Şekil 86. Doğal Gerilmeler

16.2. Kitle Gerilmeleri

SETAF2018, temellerin zemine uyguladığı yüklerin oluşturduğu kitle gerilme artışlarını aşağıdaki yöntemlerle hesaplamaktadır:

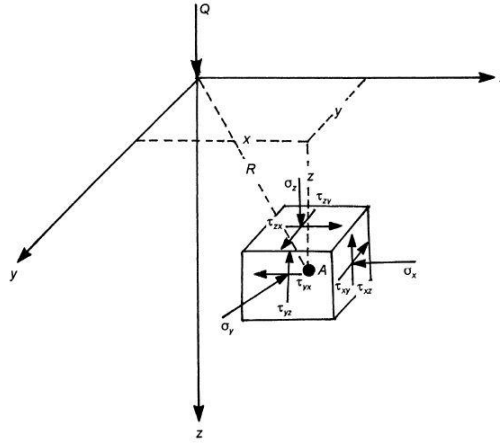


- **Yüzeysel temellerde:** Boussinesq çözümlemesi kullanılır.
- **Derin temellerde (rijit kolonlar, kazıklar):** Mindlin–Geddes denklemleri uygulanır.

Bu yöntemlerle, yükleme altındaki zemin kütlesinde oluşan gerilme dağılımları hesaplanır. Elde edilen kitle gerilme değerleri, oturma analizlerinde temel girdi olarak kullanılır.

16.2.1. Boussinesq ile Gerilme Artışları

Boussinesq çözümü, noktasal yüklerin elastik bir ortamda oluşturduğu gerilme artışlarını hesaplamaya yarayan teorik bir modeldir. Program, bu çözümün **dikdörtgen yayılı yüke** uygulanması için **nümerik integrasyon** yöntemi kullanır.



Şekil 87. Boussinesq İle Kartezyen Koordinat Sisteminde Gerilme Artışı

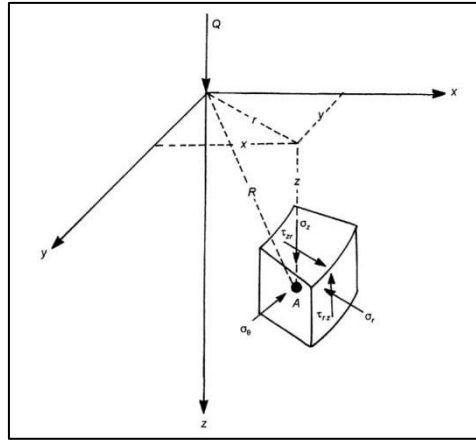
$$\begin{aligned}
 \sigma_z &= \frac{3Qz^3}{2\pi R^5} \\
 \sigma_x &= \frac{3Q}{2\pi} \left\{ \frac{x^2 z}{R^5} + \frac{1-2\nu}{3} \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{(2R+z)x^2}{R^3(R+z)^2} - \frac{z}{R^3} \right] \right\} \\
 \sigma_y &= \frac{3Q}{2\pi} \left\{ \frac{y^2 z}{R^5} + \frac{1-2\nu}{3} \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{(2R+z)y^2}{R^3(R+z)^2} - \frac{z}{R^3} \right] \right\} \\
 \tau_{xy} &= \frac{3Q}{2\pi} \left[\frac{xyz}{R^5} - \frac{1-2\nu}{3} \frac{2(R+z)xy}{R^3(R+z)^2} \right] \\
 \tau_{xz} &= \frac{3Q}{2\pi} \frac{xz^2}{R^5}
 \end{aligned} \tag{1}$$



SETAF2018, modelde tanımlanan temel taban basıncını veya net gerilme değerini kullanarak:

- Yük alanını kendi **mesh algoritmasıyla alt alanlara böler**,
- Yayılı yükü bu alanların merkezine yerleştirilen **tekil yüklere** dönüştürür,
- Her bir tekil yükün belirli bir noktada oluşturduğu gerilme artışını hesaplar,
- Bu değerleri **toplayarak**, aranan noktadaki toplam gerilme artışını elde eder.

Mesh aralığı küçültülerek yapılan iterasyonlarla hedef noktadaki gerilme artışları, hem **Kartezyen** hem de **Silindirik koordinat sisteminde** hesaplanır (Bowles, 1996).



Şekil 88. Boussinesq İle Silindirik Koordinat Sisteminde Gerilme Artışı

$$\begin{aligned}\sigma_z &= \frac{3Qz^3}{2\pi R^5} \\ \sigma_r &= \frac{Q}{2\pi} \left[\frac{3zr^2}{R^5} - \frac{1-2\nu}{R(R+z)} \right] \\ \sigma_\theta &= \frac{Q}{2\pi} (1-2\nu) \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{z}{R^3} \right] \\ \tau_{rz} &= \frac{3Qrz^2}{2\pi R^5}\end{aligned}\tag{2}$$

Kartezyen Koordinat Sisteminde Gerilme Bileşenleri (Şekil 87)

- $\Delta\sigma_z$: Z eksenindeki normal gerilme artışı (+ basınç)



- $\Delta\sigma_x$: X eksenindeki normal gerilme artışı (+ basınç)
- $\Delta\sigma_y$: Y eksenindeki normal gerilme artışı (+ basınç)
- $\Delta\tau_{xy}$: Normali X eksenine doğrultusundaki yüzeyin Y doğrultusundaki kayma gerilmesi artışı
- $\Delta\tau_{xz}$: Normali X eksenine doğrultusundaki yüzeyin Z doğrultusundaki kayma gerilmesi artışı
- $\Delta\tau_{yz}$: Normali Y eksenine doğrultusundaki yüzeyin Z doğrultusundaki kayma gerilmesi artışı

Silindirik Koordinat Sisteminde Gerilme Bileşenleri (Şekil 88)

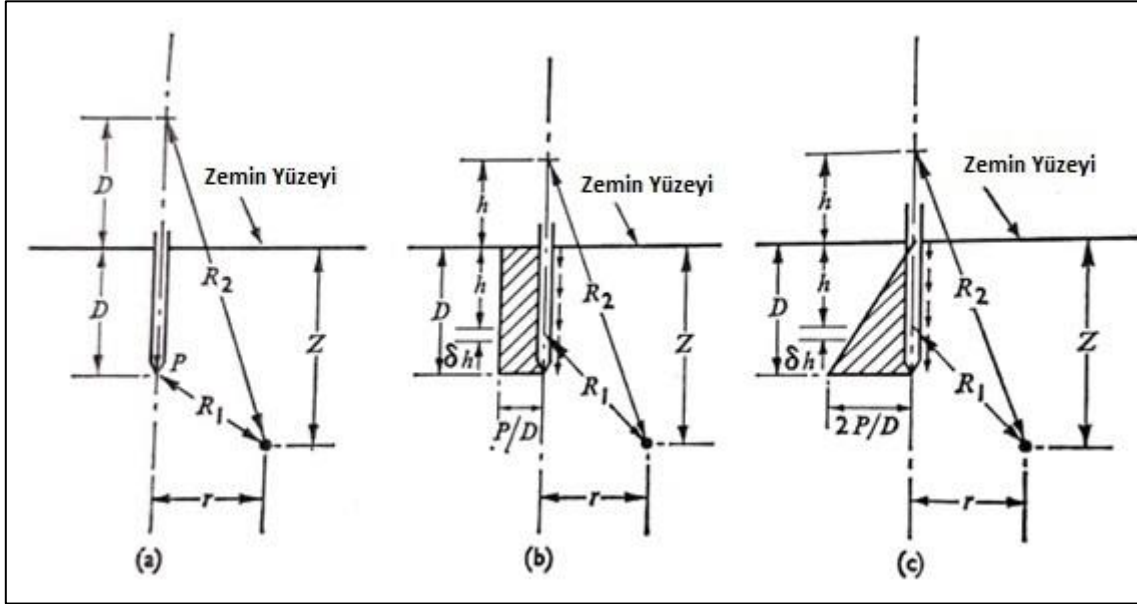
- $\Delta\sigma_z$: Z eksenindeki normal gerilme artışı (+ basınç)
- $\Delta\sigma_r$: Radyal gerilme artışı (+ basınç)
- $\Delta\sigma_\theta$: Çevresel gerilme artışı (+ basınç)
- $\Delta\tau_{rz}$: Normali r doğrultusundaki yüzeyin Z eksenine doğrultusundaki kayma gerilmesi artışı

16.2.2. Mindlin-Geddes ile Gerilme Artışları

Rijit kolonlar için yapılan analizlerde, **Mindlin–Geddes** teorisi kullanılarak noktasal yükleme altında zemin içerisindeki gerilme artışları hesaplanır. Programda, **tek kolon** için üç farklı yükleme durumu tanımlanmıştır:

1. Düşey eksen boyunca noktasal yükleme,
2. Düzgün yayılı yükleme,
3. Doğrusal artan yükleme.

Bu yükleme türlerine ait çözümler ve denklemler Şekil 89'de gösterilmiştir.



Şekil 89. Geddes Yük Aktarma Durumları

$$n = r / D \quad (3)$$

$$m = z / D \quad (4)$$

$$zz = \frac{P.K_{zz}}{D^2} \quad (5)$$

$$rr = \frac{P.K_{rr}}{D^2} \quad (6)$$

$$\theta\theta = \frac{P.K_{\theta\theta}}{D^2} \quad (7)$$

Gerilme Bileşenleri

- zz: Düşey normal gerilme
- rr: Radyal gerilme
- $\theta\theta$: Çevresel gerilme

Bu gerilmeler, ilgili **gerilme katsayıları** ile hesaplanır:

- K_{zz} : Düşey normal gerilme için gerilme katsayısı
- K_{rr} : Radyal gerilme için gerilme katsayısı
- $K_{\theta\theta}$: Çevresel gerilme için gerilme katsayısı



Yük Aktarma Oranı

Gerilme artışı hesabında **yük aktarma oranı** kritik bir parametredir. Bu oran:

- **0 olarak girilirse:** Yük tamamen **uç direnci** ile aktarılır.
- **1 olarak girilirse:** Yük tamamen **çevre sürtünmesi** ile aktarılır.
- **0–1 arasında bir değer girilirse:** Yük, hem çevre sürtünmesi hem de uç direnciyle orantılı şekilde aktarılır.

Bu durumlar Şekil 89'de:

- (a): Uç direnci modu
- (b) ve (c): Çevre sürtünmesi modları olarak gösterilmiştir.

16.2.2.1. Noktasal Yükleme

Belirli bir derinlikte, D mesafesinde uygulanan noktasal yük (P) için Mindlin tarafından türetilen elastik ortam çözümlerinde, düşey eksen boyunca gerilme bileşenleri aşağıdaki denklemlerle hesaplanır:

$$K_{zz} = \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{(1-2\nu)(m-1)}{A^3} + \frac{(1-2\nu)(m-1)}{B^3} - \frac{3(m-1)^3}{A^5} - \left\{ \frac{3(3-4\nu)m(m+1)^2 - 3(m+1)(5m-1)}{B^5} \right\} - \frac{30m(m+1)^3}{B^7} \right] \quad (8)$$

$$K_{rr} = \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{(1-2\nu)(m-1)}{A^3} - \frac{(1-2\nu)(m+7)}{B^3} + \frac{4(1-\nu)(1-2\nu)}{B(B+m+1)} - \frac{3n^2(m-1)}{A^5} + \frac{6(1-2\nu)(m+1)^2 - 6(m+1) - 3(3-4\nu)n^2(m-1)}{B^5} - \frac{30n^2m(m+1)}{B^7} \right] \quad (9)$$



$$K_{\theta\theta} = \theta\theta \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{(1-2\nu)(m-1)}{A^3} + \frac{(1-2\nu)(3-4\nu)(m+1)-6(1-2\nu)}{B^3} - \frac{4(1-2\nu)(1-\nu)}{B(B+m+1)} + \frac{6(1-2\nu)(m+1)^2-6(m+1)}{B^5} \right] \quad (10)$$

Bu katsayılar, yükün etkilediği zemindeki gerilme artışlarını bulmakta kullanılır.

Eksen üzerinde yükleme için ($n = 0$):

$$K_{zz} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{2(2-\nu)}{(m-1)^2} - \left\{ \frac{(1-2\nu)(5m+1)+3m}{(m+1)^3} \right\} - \frac{3(5m+1)}{(m+1)^4} \right] \quad (11)$$

$$K_{rr} = K_{\theta\theta} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{1-2\nu}{(m-1)^2} + \frac{(1-2\nu)^2}{(m+1)^2} - \frac{6}{(m+1)^4} \right] \quad (12)$$

16.2.2.2. Düşey Eksen Boyunca Düzgün Yayılı Yükleme

Bu yükleme türü, rijit kolonların çevresi boyunca düşey ekseninde homojen dağılımlı (düzgün yayılı) çevre sürtünmesinin zemine yük aktardığı durumu temsil eder.

Geddes denklemleri ile hesaplama

“D” derinlikte, düşey eksen boyunca düzgün yayılı çevre sürtünmesi etkisinde oluşan toplam P yükü için kullanılan ifadeler:

Düşey normal gerilme katsayısı:



$$K_{zz} = \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{2(2-\nu)}{A} + \frac{2(2-\nu) + 2(1-2\nu) \frac{m}{n} \left(\frac{m}{n} + \frac{1}{n} \right)}{B} \right. \\ \left. - \frac{(1-2\nu) 2 \left(\frac{m}{n} \right)^2}{F} + \frac{n^2}{A^3} + \frac{4m^2 - 4(1+\nu) \left(\frac{m}{n} \right)^2 m^2}{F^3} \right. \\ \left. + \frac{4m(1+\nu)(m+1) \left(\frac{m}{n} + \frac{1}{n} \right)^2 - (4m^2 + n^2)}{B^3} + \frac{6m^2 \left(\frac{m^4 - n^4}{n^2} \right)}{F^5} \right. \\ \left. + \frac{6m \left(mn^2 - \frac{1}{n^2} [m+1]^5 \right)}{B^5} \right] \quad (13)$$

Radyal gerilme katsayısı:

$$K_{rr} = \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{(1-2\nu)}{A} - \frac{(7-2\nu) - 12(1-\nu) \frac{m}{n} \left(\frac{m}{n} + \frac{1}{n} \right)}{B} \right. \\ \left. - \left\{ \frac{4(2-\nu) + 12(1-\nu) \left(\frac{m}{n} \right)}{F} \right\} - \frac{n^2}{A^3} \right. \\ \left. + \frac{4n^2 - 2m^2 + 2(1+2\nu) \left(\frac{m}{n} \right)^2 m^2}{F^3} \right. \\ \left. - \left\{ \frac{3n^2 - 2m^2 + 2(1+2\nu) \frac{m}{n} (m+1)^2 \left(\frac{m}{n} + \frac{1}{n} \right)}{B^3} \right\} \right. \\ \left. + \frac{6 \left[n^2 m^2 - m^4 \left(\frac{m}{n} \right)^2 \right]}{F^5} + \frac{6 \left[\frac{m}{n} (m+1)^4 \left(\frac{m}{n} + \frac{1}{n} \right) - m^2 n^2 \right]}{B^5} \right. \\ \left. + 4(1-\nu)(1-2\nu) \left\{ \frac{1}{F+m} - \frac{1}{B+m+1} \right\} \right] \quad (14)$$

Bu ifadelerde kullanılan ara parametrelerden biri:

$$F^2 = n^2 + m^2$$



Çevresel gerilme katsayısı:

$$\begin{aligned}
 K_{\theta\theta} = \theta\theta \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} & \left[\frac{(1-2\nu)}{A} + \frac{6-(1-2\nu)(3-4\nu)+6(1-2\nu)\frac{m}{n}\left(\frac{m}{n}+\frac{1}{n}\right)}{B} \right. \\
 & + \frac{2(1-2\nu)^2-6(1-2\nu)\left(\frac{m}{n}\right)^2-6}{F} \\
 & + \frac{2m^2-4\nu n^2+2(1+2\nu)\frac{m}{n}(m+1)^2\left(\frac{m}{n}+\frac{1}{n}\right)}{B^3} \\
 & + \frac{4\nu n^2-2m^2-2(1+2\nu)m^2\left(\frac{m}{n}\right)^2}{F^3} \\
 & \left. -4(1-\nu)(1-2\nu)\left\{\frac{1}{F+m}-\frac{1}{B+m+1}\right\} \right] \quad (15)
 \end{aligned}$$

Eksen üzerindeki özel durum

Eğer yük ekseninde uygulanıyorsa ($n = 0$) ve temel yarıçap oranı $m > 1$ ise, denklemler aşağıdaki biçime indirgenir:

$$K_{zz} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{4(1-\nu)}{m} - \frac{2(2-\nu)}{(m-1)} + \frac{2(2-\nu)}{(m+1)} + \frac{4m(2-\nu)}{(m+1)^2} - \frac{4m^2}{(m+1)^3} \right] \quad (16)$$

$$K_{\pi} = K_{\theta\theta} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{2+2\nu(1-2\nu)}{m} + \frac{(1-2\nu)}{(m-1)} + \frac{6-(1-2\nu)^2}{(m+1)} - \frac{6m}{(m+1)^2} + \frac{2m^2}{(m+1)^3} \right] \quad (17)$$



16.2.2.3. Düşey Eksen Boyunca Doğrusal Artan Yükleme

Bu yükleme durumu, rijit kolonun çevresine etki eden çevre sürtünmesinin zemine doğrusal olarak artan bir dağılım ile aktarıldığı durumu temsil eder.

Geddes denklemleri ile hesaplama

“D” derinlikteki düşey eksen boyunca doğrusal artan çevre sürtünmesi ile aktarılan toplam **P** yükü için kullanılan katsayı ifadeleri aşağıdaki gibidir:

- Düşey normal gerilme katsayısı:

$$K_{zz} = \frac{D^2}{P} = \frac{1}{4\pi(1-\nu)} \left[\frac{-2(2-\nu)}{A} + \frac{2(2-\nu)(4m+1) - 2(1-2\nu)\left(\frac{m}{n}\right)^2(m+1)}{B} \right. \\ + \frac{2(1-2\nu)\frac{m^3}{n^2} - 8(2-\nu)m}{F} + \frac{mn^2 + (m-1)^3}{A^3} \\ + \frac{4\nu n^2 m + 4m^3 - 15n^2 m - 2(5+2\nu)\left(\frac{m}{n}\right)^2(m+1)^3 + (m+1)^3}{B} \\ + \frac{2(7-2\nu)mn^2 - 6m^3 + 2(5+2\nu)\left(\frac{m}{n}\right)^2 m^3}{F^3} \\ + \frac{6mn^2(n^2 - m^2) + 12\left(\frac{m}{n}\right)^2(m+1)^5}{B^5} - \left. \frac{12\left(\frac{m}{n}\right)^2 m^5 + 6mn^2(n^2 - m^2)}{F^5} \right] \\ - 2(2-\nu) \log_e \left(\frac{A+m-1}{F+m} \times \frac{B+m+1}{F+m} \right) \quad (18)$$



- Radyal gerilme katsayısı:

$$\begin{aligned} K_{\pi} = \pi \frac{D^2}{P} = \frac{1}{4\pi(1-\nu)} & \left[\frac{(1-2\nu)}{A} + \frac{(7-2\nu)-12m+12(1-\nu)\left(\frac{m}{n}\right)^2(m+1)}{B} \right. \\ & + \frac{12m-12(1-\nu)\frac{m^3}{n^2}}{F} - \left\{ \frac{(m-1)^3+mn^2}{A^3} \right\} \\ & + \frac{3(m+1)^3-2m^3+(21-4\nu)mn^2+2(5+2\nu)\left(\frac{m}{n}\right)^2(m+1)^3}{B^3} \\ & - \left\{ \frac{2(5+2\nu)\frac{m^5}{n^2}+4(5-\nu)mn^2}{F^3} \right\} \\ & + \frac{6mn^2(m^2-n^2)-12\left(\frac{m}{n}\right)^2(m+1)^5}{B^5} - \left\{ \frac{6mn^2(m^2-n^2)-12\frac{m^7}{n^2}}{F^5} \right\} \\ & + (1-2\nu)\log_e\left(\frac{A+m-1}{F+m}\right) + \{(1-2\nu)^2-6\}\log_e\left(\frac{B+m+1}{F+m}\right) \\ & \left. + 2(1-\nu)(1-2\nu)\left\{\frac{m-1}{B+m+1}-\frac{m}{F+m}\right\} \right] \end{aligned} \quad (19)$$



Çevresel gerilme katsayısı:

$$\begin{aligned}
 K_{\theta\theta} = \theta\theta \frac{D^2}{P} = \frac{1}{4\pi(1-\nu)} & \left[\frac{(1-2\nu)}{A} - \left\{ \frac{(1-2\nu)(3-4\nu) + 6(1-2\nu)\left(\frac{m}{n}\right)^2 (m+1) + 6(2m-1)}{B} \right\} \right. \\
 & + \frac{6(1-2\nu)\frac{m^3}{n^2} + 12m}{F} - (1-2\nu) \left\{ \frac{2(m+1)^3 + 4mn^2 - 2\left(\frac{m}{n}\right)^2 (m+1)^3}{B^3} \right\} \\
 & + \frac{2(m+1)^3 + 6mn^2 - 2m^3 - 6\left(\frac{m}{n}\right)^2 (m+1)^3}{B^3} \\
 & + \frac{\left(2m^3 + 4mn^2 - 2\frac{m^5}{n^2}\right)(1-2\nu)}{F^3} - \left\{ \frac{6mn^2 - 6\frac{m^5}{n^2}}{F^3} \right\} \\
 & + (1-2\nu)\log_e\left(\frac{A+m-1}{F+m}\right) + \left\{(1-2\nu)^2 - 6\right\}\log_e\left(\frac{B+m+1}{F+m}\right) \\
 & \left. - 2(1-\nu)(1-2\nu)\left\{\frac{m-1}{B+m+1} - \frac{m}{F+m}\right\} \right] \quad (20)
 \end{aligned}$$

Eksende yükleme durumu

Düşey eksende yükleme ve $m > 1$ durumu için aşağıdaki özel ifadeler kullanılır:

$$\begin{aligned}
 K_{zz} = \frac{1}{4\pi(1-\nu)} & \left[2 - \frac{2(2-\nu)m}{(m-1)} + \frac{6(2-\nu)m}{(m+1)} - \frac{2(7-2\nu)m^2}{(m+1)^2} \right. \\
 & \left. + \frac{4m^3}{(m+1)^3} - 2(2-\nu)\log_e\left\{\frac{m^2-1}{m^2}\right\} \right] \quad (21)
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} K_{rr} = K_{\theta\theta} = \frac{1}{4\pi(1-\nu)} & \left[11 - 2(1-2\nu)(1-\nu) + (1-2\nu) \log_e \left\{ \frac{m-1}{m} \right\} \right. \\ & + (1-2\nu)^2 \log_e \left\{ \frac{m+1}{m} \right\} - 6 \log_e \left\{ \frac{m+1}{m} \right\} \\ & \left. + (1-2\nu) \frac{m}{(m-1)} + \left[(1-2\nu)^2 - 18 \right] \frac{m}{(m+1)} + \frac{9m^2}{(m+1)^2} - \frac{2m^3}{(m+1)^3} \right] \end{aligned} \quad (22)$$

16.2.3. Gurup Rijit Kolon Sisteminde Gerilme Artışları

Program, kazık başlığına etkiyen toplam eksenel yük P ile momentler M_x ve M_y 'yi dikkate alır ve bu yükleri rijit kolon grubuna dağıtır. Bu dağıtımda:

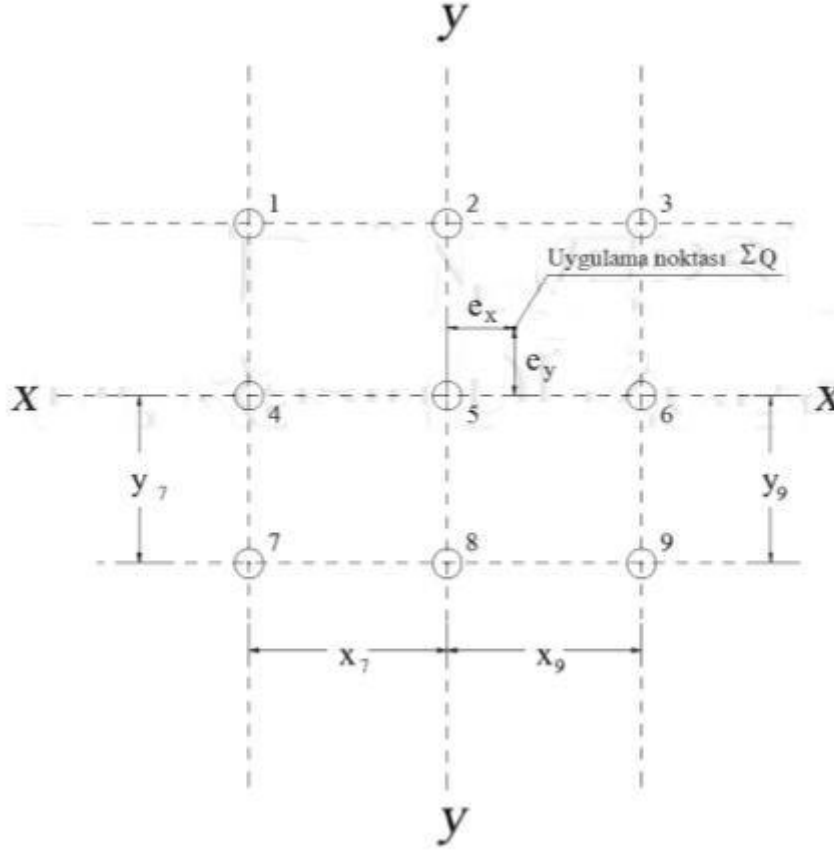
- Kolon başlığı rijit kabul edilir.
- Kolonların başlığa bağlantısı mafsallı varsayılır.

Bu varsayımlarla her bir kolona etkiyen yük, kolon grubunun ağırlık merkezine göre konumlarına bağlı olarak hesaplanır.

Hesaplama:

Kazık başlığına etkiyen yükler, her bir kolona şu formüllerle dağıtılır:

$$P_n = \frac{P}{n} + \frac{e_x \cdot P}{I_{y-y}} X_n \pm \frac{e_y \cdot P}{I_{x-x}} Y_n \quad (23)$$



Şekil 90. Rijit Kolonlara Yük Aktarılması

Parametreler:

- P: Kazık başlığına etkiyen toplam eksenel yük,
- n: Guruptaki kolon sayısı
- X_n : Kolonların y-y ekseninden mesafesi
- Y_n : Kolonların x-x ekseninden mesafesi
- I_{x-x} : x-x eksenine göre kolon gurubunun atalet momenti
- I_{y-y} : y-y eksenine göre kolon gurubunun atalet momenti
- e_x : Kolonlara etki eden yükün kolon gurubu ağırlık merkezine olan mesafesi (y eksenine göre)
- e_y : Kolonlara etki eden yükün kolon gurubu ağırlık merkezine olan mesafesi (x eksenine göre)

$$I_{x-x} = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots y_n^2 \text{ (kazık-m2)} \quad (24)$$



$$I_{y-y} = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_n^2 \text{ (kazık-m2)} \quad (25)$$

Kolonlara aktarılan eksenel yük değerleri bulunduğundan sonra, her kolonun oluşturduğu gerilme artışları **Mindlin-Geddes** denklemleri ile hesaplanır. Tüm kolonların katkıları toplanarak, hedef noktadaki toplam gerilme artışı elde edilir.

16.3. Oturmalar

SETAF2018’de elastik oturmalar, konsolidasyon oturmaları, toplam oturmalar tanımlanan bütün noktalarda yüzeysel ve derin temeller için hesaplanır.

SETAF2018, yüzeysel ve derin temeller için kullanıcı tarafından tanımlanan tüm noktalarda aşağıdaki oturma türlerini hesaplar:

- **Elastik oturma S_e**
- **Konsolidasyon oturması S_c**
- **Toplam oturma ΣS**

Toplam oturma şu şekilde ifade edilir:

$$\Sigma S = S_e + S_c \quad (26)$$

Kullanıcı, model üzerinde farklı noktalar tanımlayarak bu noktalarda oluşan oturmaları detaylı şekilde inceleyebilir. Bu sayede, her nokta için toplam oturma hesaplanırken, aynı zamanda temeldeki farklı oturmalar da incelenebilir. Her bir nokta için:

- Yüzey koordinatları tanımlanır.
- Tüm temellerin oluşturduğu **gerilme artışları** dikkate alınır.
- Bu gerilmelere bağlı olarak **elastik** ve **konsolidasyon oturmaları** hesaplanır.

Programda kullanıcı, analiz amacıyla istediği sayıda nokta tanımlayabilir.



16.3.1. Elastik (ani/drenajsız) Oturmalar

Tanımlanan bir yüzey noktasındaki ani oturma, elastik yöntemle hesaplanır. Bu hesap, koordinatları verilen noktanın ait olduğu zemin profiline bağlı olarak yapılır.

Zemin profiline tanımlanan her bir **katman**, hesaplamalarda daha hassas sonuçlar elde edebilmek amacıyla program tarafından çok sayıda **alt katmana** bölünür. Elastik oturma, bu alt katmanlar üzerinden aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$S_e = \int_0^H \epsilon dH = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i H_i \quad (27)$$

Her alt katman için birim boy kısalması ϵ_i hesaplanır. Bu değer, ilgili alt katmanın yüksekliği H_i ile çarpılarak alt katman elastik sıkışması elde edilir. Birim şekil değiştirme aşağıdaki denklemle belirlenir:

$$\epsilon_i = \frac{\Delta\sigma_i}{E_i} \quad (28)$$

Gerilme farkı:

$$\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - 2\nu\Delta\sigma_{hx} \quad (29)$$

Burada $\Delta\sigma_i$, alt katmanın orta noktasında oluşan düşey ve yatay gerilme artışları farkıdır. İki boyutlu analiz varsayımında ($\sigma_{hx}=\sigma_{hy}$) ve drenajsız durumda ($\nu_u=0.50$), bu fark deviator gerilme artışına karşılık gelir. E_i , alt katmanın ait olduğu **katmanın** elastisite modülüdür. Bu modül, drenaj durumuna göre E' veya E_u olarak atanır.

Eğer analiz ayarlarında “ $\sigma_x=\sigma_y$ ” seçeneği devre dışı bırakılırsa, aşağıdaki formül kullanılır:

$$\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - \nu \cdot (\Delta\sigma_{hx} + \Delta\sigma_{hy}) \quad (30)$$

Silindirik koordinat sisteminde:

$$\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - \nu \cdot (\Delta\sigma_r + \Delta\sigma_\theta) \quad (31)$$

şeklinde ifade edilir.



SETAF2018, kullanıcı tarafından tanımlanan yayılı yük, koordinat ve boyut bilgilerini kullanarak; her alt katmanın merkezinde oluşan düşey ve yatay gerilme artışlarını Boussinesq veya Mindlin-Geddes denklemleri ile hesaplar. Eğer ilgili katman **drenajsız** ise, hesaplamalarda E_u ve $\nu_u=0.50$ kullanılır. **Drenajlı** durumda ise E' ve ν' parametreleri dikkate alınır.

16.3.2. Konsolidasyon Oturmaları

Programda koordinatları (x, y) tanımlanan bir yüzey noktasının, istenilen zemin profiline göre konsolidasyon oturması hesaplanır.

Konsolide olmamış zeminlerde:

$$(\sigma'_0 > \sigma'_c) \quad S_c = H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \quad (32)$$

Normal yüklenmiş zeminlerde:

$$(\sigma'_0 = \sigma'_c) \quad S_c = H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \quad (33)$$

Aşırı konsolide zeminlerde:

Eğer doğal gerilme ve gerilme artışı toplamı ön konsolidasyon basıncından büyükse ($\sigma'_0 + \Delta\sigma > \sigma'_c$):

$$S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \quad (34)$$

Eğer küçükse ($\sigma'_0 + \Delta\sigma < \sigma'_c$):

$$S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \quad (35)$$



Her bir alt katman için hesaplanan $\sigma'_0 + \Delta\sigma$ değeri, alt katmanın ön konsolidasyon basıncı σ'_c ile karşılaştırılarak uygulanır. Ön konsolidasyon basıncı, tek bir alt katmanda tabaka değeriyle eşitlenebilir. Eğer alt katman sayısı birden fazlaysa, malzeme özelliğine ve tanımlı derinliğe göre farklı σ'_c değerleri belirlenir. Bu değerler derinlikle değişir.

Aynı zemin tabakasındaki alt katmanlar için σ'_c değerlerinin elde edilmesi:

- Alt katman, ait olduğu tabakaya atanmış zeminin derinlik ve σ'_c değeri ile tanımlanır. Derinlik değeri, tabakada birden fazla malzeme tanımlandıysa ortalama alınarak belirlenir.
- **Kullanıcı tanımlı** seçeneği ile malzemeye atanan derinlik, tabaka ortalarından alınır. Bu durumda derinlikteki efektif gerilme σ'_v hesaplanır ve fark ($\sigma'_c - \sigma'_v$) bulunur.
- Tabakadaki her alt katmanın ortalama efektif gerilmesine bu fark eklenerek alt katman ortalamasındaki ön konsolidasyon basıncı $\sigma'_{ci} = \sigma'_{0vi} + \text{Fark}$ ile elde edilir.

Bu değerlerle **OCR** hesaplanır: $\text{OCR}_i = \sigma'_{ci} / \sigma'_{0vi}$

OCR değeri bire eşit veya büyükse alt katmanın **aşırı konsolide (OC)**, küçükse **normal konsolide (NL)** davranışı gösterdiği kabul edilir.

Tüm alt katmanların sıkışmaları toplanarak, tanımlanan noktanın konsolidasyon oturması hesaplanır:

$$S_c = \sum_{i=1}^{i=n} S_{ci} \quad (36)$$



16.3.3. Oturma-Zaman Analizi ve Grafikleri

Yazılım, kullanıcının tanımladığı süre için gerçekleşen konsolidasyon yüzdesi ile buna karşılık gelen oturmaları, tüm tabakalarda Terzaghi'nin konsolidasyon teorisine göre hesaplar. Ancak, analiz yapılan zeminin yer altı su seviyesi (Y.A.S.S.) üstünde olması durumunda gerçek sıkışmaların hesaplanandan düşük olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Girilen süreye kadar gerçekleşen konsolidasyon oturmaları ve toplam oturmaların zamanla değişimi grafikler aracılığıyla gösterilir.

Konsolidasyon Süresi ve Zaman Faktörü

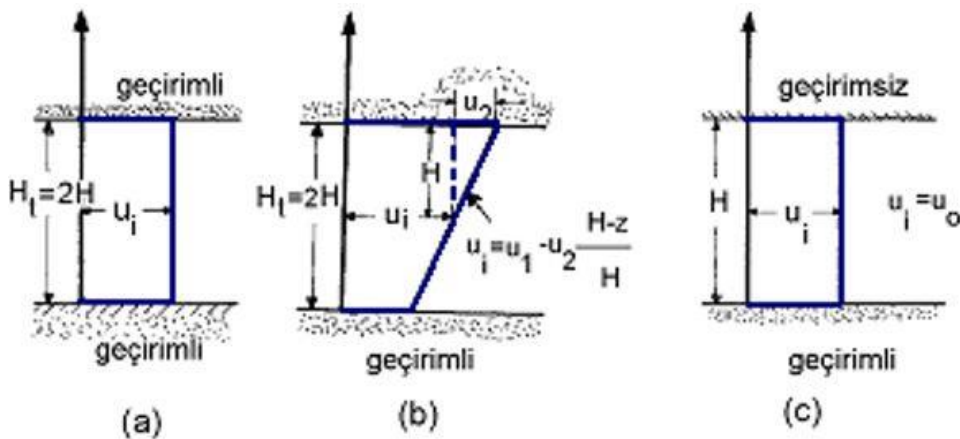
Her tabakada konsolidasyon süresi t için zaman faktörü T_v aşağıdaki formül ile elde edilir:

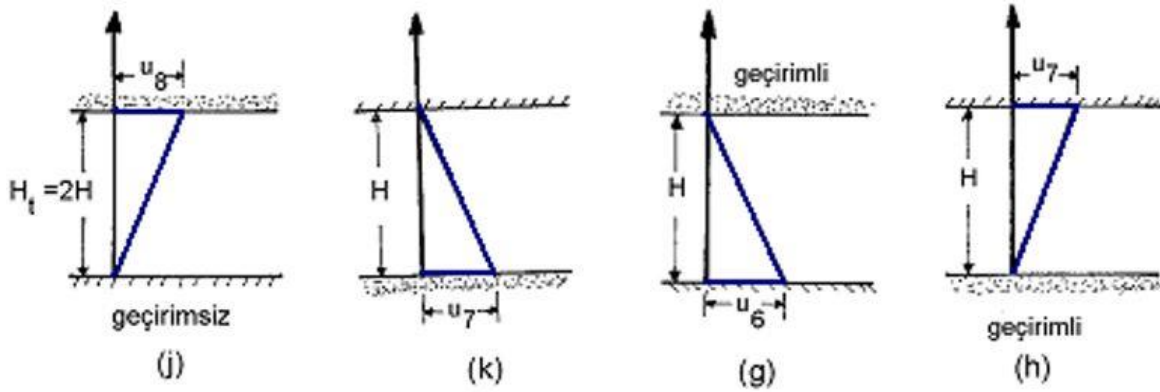
$$T_v = \frac{c_v \cdot t}{(H/n)^2} \quad (37)$$

- n : Drenaj yolu sayısı (İki yönlü geçirimli tabakalarda 2, tek yönlüde 1 alınır)
- c_v : Konsolidasyon katsayısı

Boşluk Suyu Basıncı Dağılımı

Tabakalardaki boşluk suyu basıncı dağılımı, zemin sınır koşullarına göre aşağıda gösterilmiştir. Farklı geçirimsizlik durumları için u dağılımları ve bununla ilişkili T_v değerleri kullanılır.





Konsolidasyon Yüzdesi

Her tabaka için T_v değeri belirlendikten sonra, sınır koşuluna göre **U- T_v çizelgesinden** gerçekleşen konsolidasyon yüzdesi U alınır.

Tablo 1. Farklı Sınır Koşullarında U- T_v Bağıntısı

Üniform Lineer Dağılım (a,b,c) durumu		Lineer Dağılım (j,k) durumu		Lineer Dağılım (h,g) durumu	
0,1	0,008	0,1	0,003	0,1	0,047
0,2	0,031	0,2	0,009	0,2	0,1
0,3	0,071	0,3	0,024	0,3	0,158
0,4	0,126	0,4	0,048	0,4	0,226
0,5	0,197	0,5	0,092	0,5	0,294
0,6	0,287	0,6	0,16	0,6	0,39
0,7	0,403	0,7	0,271	0,7	0,5
0,8	0,567	0,8	0,44	0,8	0,665
0,9	0,848	0,9	0,72	0,9	0,94

(a, b, c), (j, k), (h, g) gibi sınır durumları için U değerleri tablo üzerinden seçilir.

Girilen süre boyunca her tabakadaki **gerçekleşen konsolidasyon yüzdeleri** dikkate alınarak, o süreye karşılık gelen **konsolidasyon sıkışmaları** hesaplanır. Her tabaka için elde edilen bu sıkışmalar toplanarak, belirlenen süredeki **toplam konsolidasyon oturması** bulunur. Bu değere ayrıca **elastik oturma** değeri de eklenerek, hedeflenen zamandaki **toplam oturma miktarı** hesaplanır. Son olarak, girilen zamana kadar oluşacak oturma davranışını göstermek üzere **oturma-zaman grafikleri** çizilir.

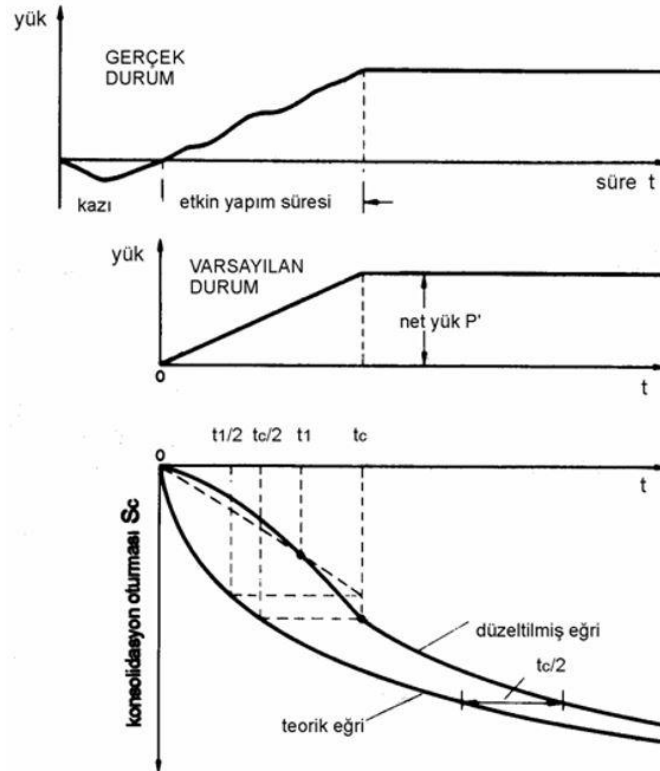


İnşaat Süresi ve Oturma Zaman Grafiği Düzeltmesi

Uygulamada bina yüklemesi hiçbir zaman teorideki gibi ani olmaz. Gerçekte temel kazısı ile başlayan yüklemeler, zaman içinde katların inşaatıyla devam eder. Bu durum, teorideki ani yüklemeden farklı olarak daha az bir konsolidasyon etkisi yaratır.

Şekil 91’da bu durum grafiksel olarak anlatılmıştır. Buradaki düzeltmeye göre:

- Yapım süresi boyunca belirli bir oranda oturma zaten gerçekleşmiştir.
- Toplam oturmanın sadece yarısı teorik eğri üzerinde gösterilen noktada oluşur.
- Yükleme zamanla artarak tamamlandığı için, eğri **sağa kaydırılır** ve teorik eğriye göre bir düzeltme yapılır.
- Temel zeminine etkiyen **net yük P**, yapının kendi ağırlığı ile kazı sırasında çıkarılan toprak ağırlığı arasındaki farktır. Bu yük, zaman içinde zemine kademeli olarak uygulanır. Bu süreçte kullanılan t_{cay} , yapının toplam inşaat süresini temsil eder ve oturma-zaman analizlerinde zamana bağlı yükleme etkisini tanımlar.



Şekil 91. Oturma-Zaman Grafiğinde İnşaat Süresi için Düzeltme



SETAF2018

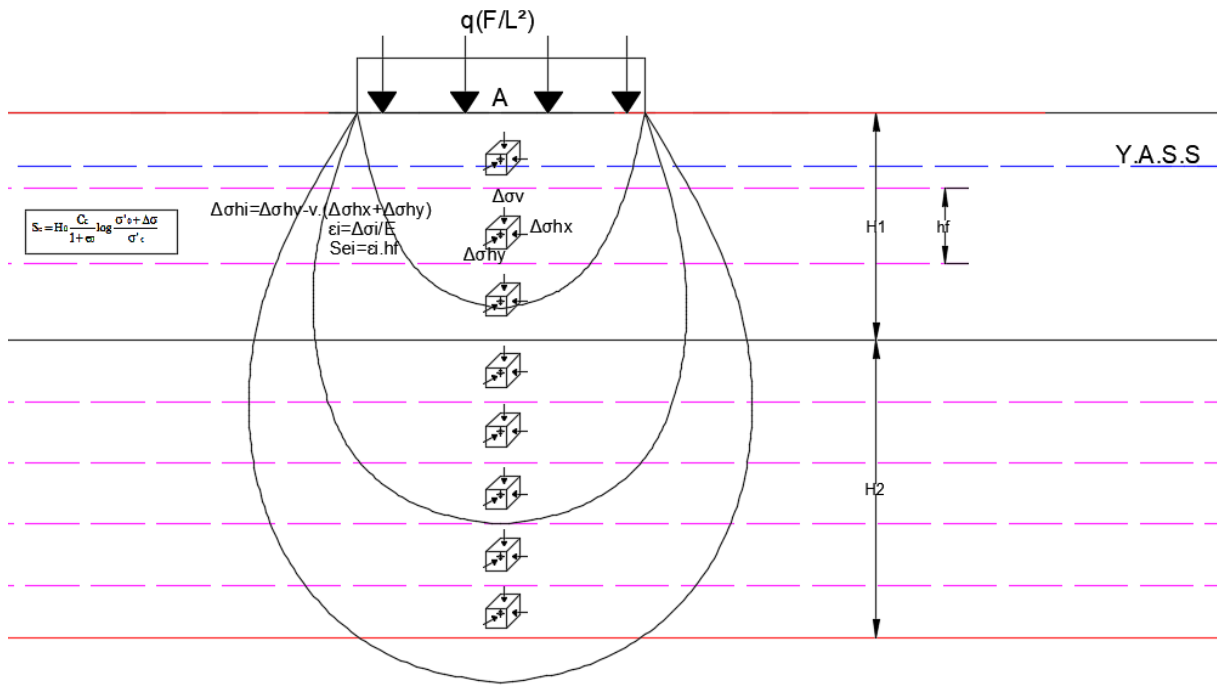
Burada anlatılan yöntem, t_c gün yapım süresince belirecek konsolidasyon yüzdesinin, yük P 'nin $\frac{1}{2}t_c$ süresinde uygulanmış olduğu varsayımına dayanır. Böylece, yapım süresi içinde herhangi bir zaman t 'de oluşacak gerçek oturma, yüklemenin ani olarak gerçekleşmesi durumunda oluşacak toplam oturmanın yarısına eşit kabul edilir.

Ancak bu aşamada zemine etkiyen yük henüz toplam yük olmadığından, **hesaplanan oturma değeri orantılı şekilde azaltılmalıdır**. İnşaat tamamlandıktan sonra herhangi bir andaki oturma, inşaatın başlangıcından sonra geçen süreden **etkin yapım süresinin yarısı kadar** bir miktar sağa kaydırılmalıdır. Süre uzadıkça, yapım süresinin grafik üzerindeki etkisi azalır.

SETAF2018, kullanıcı tarafından girilen inşaat süresine göre **Terzaghi düzeltmesini** uygulayarak oturma-zaman grafiklerini oluşturur.

16.3.4. Yüzeysel Temellerde Oturma

Yüzeysel temel için SETAF2018 oturma analizinde aşağıdaki yöntemi uygular:



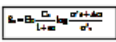
Şekil 92. Boussinesq Yöntemi ile Yüzeysel Temel Altında Gerilme Aktarımı Hesaplanması



- Her alt katman ortasında Boussinesq ile gerilme artışları hesaplanır. Bu analizde “kazı tabanındaki kabarmayı dikkate al” seçeneği işaretli ise kazılan kısmın ağırlığı çıkarılarak $q=q_{net}$ alınır. Konsolidasyon hesaplaması için her zaman q_{net} dikkate alınır.
- Her alt katman ortasında düşey efektif gerilme hesaplanır.
- Her alt katman ortasında $\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - v \cdot (\Delta\sigma_{hx} + \Delta\sigma_{hy})$ ve $\varepsilon_i = \frac{\Delta\sigma_i}{E_i}$ denklemleri ile alt katmanın elastik birim düşey deformasyonu elde edilir. $S_{ei} = \varepsilon_i \cdot h_i$ denklemi ile alt katmanın elastik sıkışması hesaplanır. Her alt katmanın mekanik özellikleri kendi zemin tabakasından alınır. Tabaka özelliğinin drenaj durumuna göre mekanik özelliklerde efektif veya toplam gerilme parametreleri kullanılır.
- Drenajsız tabakaların alt katmanlarında konsolidasyon oturması da hesaplanır. Alt katman ortasında elde edilen efektif gerilme ve düşey gerilme artışı ile alt katmanın konsolidasyon sıkışması (32), (33), (34), (35) sıkışma denklemleriyle hesaplanır.
- Denklemlerdeki karşılaştırmalarda bir alt katmanın σ'_c 'si alt katmanın ait olduğu tabakadaki malzemenin derinliği, o derinlikteki efektif gerilme ve malzemenin σ'_c 'si ne göre elde edilir.
- $S_e = \int_0^H \varepsilon_i dH = \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i H_i$ ile A noktasındaki elastik oturma hesaplanır.
- $S_c = \sum_{i=1}^{i=n} S_{ci}$ ile A noktasındaki konsolidasyon oturması hesaplanır.
- Toplam oturma $\Sigma S = S_e + S_c$ 'dir.
-

16.3.5. Rijit Kolon Gruplarında Oturma

Yüzeyssel temel için SETAF2018 oturma analizinde aşağıdaki yöntemi uygular



Temelde rijit kolon tipi kazık ise ve **“Kazık zonunun altındaki katmanlara gerilme aktarımı”** seçeneği işaretli ise:

- [SETAF2018 | sürüm 3.5 | © 2018 Akzel Mühendislik İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.
Tüm Hakları Saklıdır | www.setaf2018.com setaf2018@gmail.com}}



- Her alt katman ortasında efektif gerilme hesaplanır.
- Kazık zonunun altındaki her alt katman ortasında $\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - v.(\Delta\sigma_{hx} + \Delta\sigma_{hy})$ ve $\varepsilon_i = \frac{\Delta\sigma_i}{E_i}$ denklemleri ile alt katmanın elastik birim düşey deformasyonu elde edilir. $S_{ei} = \varepsilon_i \cdot h_i$ denklemi ile alt katmanın elastik sıkışması hesaplanır. Her alt katmanın mekanik özellikleri kendi zemin tabakasından alınır. Tabaka özelliğinin drenaj durumuna göre mekanik özelliklerde efektif veya toplam gerilme parametreleri kullanılır.
- Kazık zonunun altındaki drenajsız tabakaların alt katmanlarında konsolidasyon oturması da hesaplanır. Alt katman ortasında elde edilen efektif gerilme ve düşey gerilme artışı ile alt katmanın konsolidasyon sıkışması (32), (33), (34), (35) denklemleriyle hesaplanır.
- Denklemlerdeki karşılaştırmalarda bir alt katmanın σ'_c 'si alt katmanın ait olduğu tabakadaki malzemenin derinliği, o derinlikteki efektif gerilme ve malzemenin σ'_c 'si ne göre elde edilir.
- $S_e = \int_0^H \varepsilon_i dH = \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i H_i$ ile A noktasındaki elastik oturma hesaplanır.
- $S_c = \sum_{i=1}^{i=n} S_{ci}$ ile A noktasındaki konsolidasyon oturması hesaplanır.
- Kazık elastik kısalması S_p hesaplanır.
- Toplam oturma $\Sigma S = S_e + S_c + S_p$ 'dir.

“Kazık zonunda eşlenik modül yöntemi” seçeneği işaretli veya rijit kolon tipi zemin iyileştirme ise:

- Oturması hesaplanacak noktanın bağlı olduğu zemin profili kopyalanıp kolonlarla etkileşen bölgeler yeniden tabakalandırılır. Bu kolon zonundaki tabakalar, zemin ismi ve rijit kolon tipi adıyla tanımlanır. Mekanik özelliklerine kompozit ortam değerleri (E_{com}, v_{com}) atanır ve yeniden tabakalandırılmış zemin profili ile analize devam edilir.

$$E_{com} = [(A - nA_c)E_s + nA_cE_c] \frac{1}{A} \quad (38)$$



denklemleri ile kompozit katmanların elastisite modülü elde edilir. Burada kompozit ortamdaki kolonların ve zeminlerin deformasyonu birbirine eşit kabul edilir (Garassino, 1997). E_c kolon modülü kazıklarda kazık malzemesinin elastisite modülü, zemin iyileştirme kolonlarında tabaka için tanımlanmış malzemelerin karışım özellikleridir.

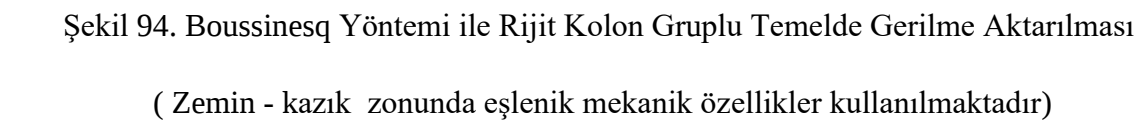
- Her alt katman ortasında Boussinesq ile gerilme artışları hesaplanır. Bu analizde “kazı tabanındaki kabarmayı dikkate al” seçeneği işaretli ise kazılan kısmın ağırlığı çıkarılarak $q=q_{net}$ alınır. Konsolidasyon için her durumda q_{net} dikkate alınır.
- Her alt katman ortasında efektif gerilme hesaplanır.
- Her alt katman ortasında

$$\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - v.(\Delta\sigma_{hx} + \Delta\sigma_{hy}) \text{ ve } \varepsilon_i = \frac{\Delta\sigma_i}{E_i} \quad (39)$$

denklemleri ile alt katmanın elastik birim düşey deformasyonu elde edilir. $S_{ei}=\varepsilon_i.h_f$ denklemleri ile alt katmanın elastik sıkışması hesaplanır. Her alt katmanın mekanik özellikleri kendi zemin tabakasından alınır. Tabaka özelliğinin drenaj durumuna göre mekanik özelliklerde efektif veya toplam gerilme parametreleri kullanılır.

- Rijit kolon zonunun altındaki drenajsız tabakaların alt katmanlarında konsolidasyon oturması da hesaplanır. Alt katman ortasında elde edilen efektif gerilme ve düşey gerilme artışı ile alt katmanın konsolidasyon sıkışması (32), (33), (34), (35) denklemleriyle hesaplanır.
- Denklemlerdeki karşılaştırmalarda bir alt katmanın σ'_c 'si alt katmanın ait olduğu tabakadaki malzemenin derinliği, o derinlikteki efektif gerilme ve malzemenin σ'_c 'si ne göre elde edilir.

- $S_e = \int_0^H \varepsilon dH = \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i H_i$ ile A noktasındaki elastik oturma hesaplanır.
- $S_c = \sum_{i=1}^{i=n} S_{ci}$ ile A noktasındaki konsolidasyon oturması hesaplanır.
- Toplam oturma $\Sigma S = S_e + S_c$ 'dir.



SETAF 2018’de yüzeysel ve derin temellerin taşıma gücü hesaplanır. Yüzeysel temeller için Terzaghi, Meyerhof ve Vesic yöntemleri kullanılır.



Taşıma gücü denklemlerinde kullanılan geoteknik parametreler, temel üstü ve temel altındaki B derinliğe kadar olan tabakaların mekanik ve fiziksel özelliklerinin ağırlıklı ortalamasıyla belirlenir.

Derin temeller için α , β ve λ yöntemleriyle taşıma gücü hesapları yapılır. Derin temellerde grup verimi, geometrik ve Terzaghi blok davranışı yöntemleriyle hesaplanır. Geometrik olarak hesaplandığında grup verimi için “Converse Labarre” yöntemi kullanılır.

16.4.1. Terzaghi Yöntemi

Yüzeysel temellerde Terzaghi taşıma gücü denklemi:

$$q_{ult} = c.N_c.s_c + q.N_q + 0.5.\gamma.B.N_\gamma.s_\gamma \quad (40)$$

şeklindedir. Üçüncü terimde B' kullanılır.

Denklemdede:

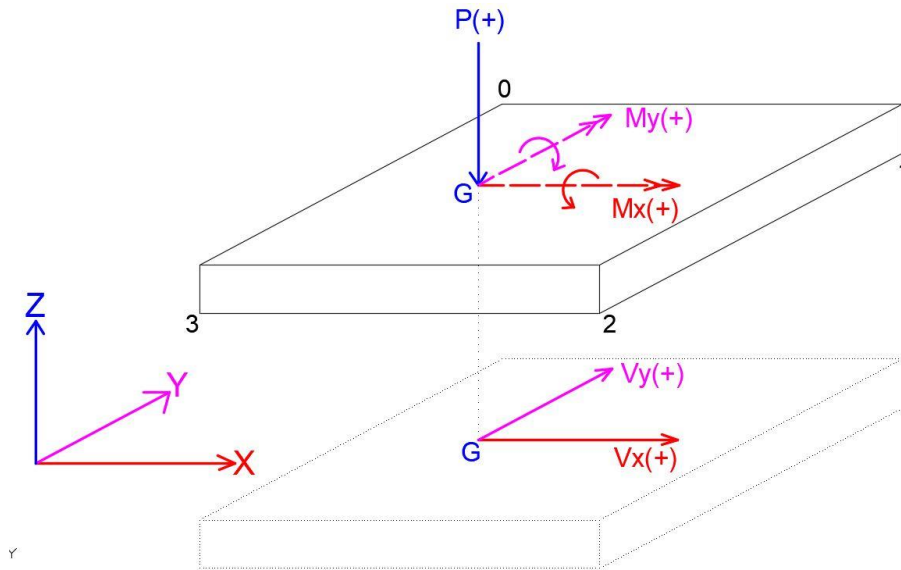
- c : Efektif gerilme analizinde efektif kohezyon c' , UU koşullardaki toplam gerilme analizinde drenajsız kayma direnci $S_u(c_u)$, CU koşullardaki toplam gerilme analizinde ise kohezyon c_u 'dur.
- N_c : Taşıma gücü faktörü. Efektif gerilme analizinde temel altındaki katmanın efektif kayma direnci açısı ϕ' ile, UU koşullardaki toplam gerilme analizinde kayma direnci açısı $\phi=0$ ile, CU koşullardaki toplam gerilme analizinde temel altındaki katmanın drenajsız kayma direnci açısı ϕ ile hesaplanır.
- N_q : Taşıma gücü faktörü. Efektif gerilme analizinde temel üstündeki katmanın efektif kayma direnci açısı ϕ' ile, UU koşullardaki toplam gerilme analizinde kayma direnci açısı $\phi=0$ ile, CU koşullardaki toplam gerilme analizinde temel üstündeki katmanın drenajsız kayma direnci açısı ϕ ile hesaplanır.
- N_γ : Taşıma gücü faktörü. Efektif gerilme analizinde temel altındaki katmanın efektif kayma direnci açısı ϕ' ile, UU koşullardaki toplam gerilme analizinde kayma direnci açısı $\phi=0$ ile, CU koşullardaki toplam gerilme analizinde temel altındaki katmanın drenajsız kayma direnci açısı ϕ ile hesaplanır.
- s_c, s_γ : Şekil faktörleri
- D_f : Temel gömme derinliği



- q : Efektif gerilme analizlerinde temel tabanındaki efektif gerilmedir. Toplam gerilme analizlerinde temel tabanındaki toplam gerilmedir.
- γ : Temel altından B derinliği boyunca zeminin birim hacim ağırlığıdır. Tabakalı durumda ağırlıklı ortalama alınır.

Terzaghi düşey yük etkisinde temellerin taşıma gücünü vermektedir. İki yönde eksantrisite de dikkate alınabilmektedir. Koşul olarak $D/B \leq 1$ kabul edilir. Yani, D_f değeri B değerini aşamaz. q değeri hesaplanırken D_f' de bu durum dikkate alınır. Şekil faktörleri dikdörtgen temelerde B' , L' ile hesaplanır. Üçüncü terimde B' kullanılır. Üçüncü terimdeki γ değerinde Y.A.S.S etkisi dikkate alınır. $\phi=0$ durumunda $N_\gamma=0$, $N_q=1$ olmaktadır. Kohezyon $c=0$ ise, denklemin birinci terimi sıfır olur.

Drenajsız c, ϕ durumunda ikinci terimdeki $q=q_{\text{toplam}}$ olmaktadır. q_{toplam} temel tabanındaki toplam gerilmedir. q_{toplam} hesaplanırken $D/B \leq 1$ dikkate alınır. Üçüncü terimdeki ρ değeri doymun birim hacim ağırlık ρ_d alınır.



Şekil 95. Temele Etkiyen Yükler

Yeraltı su seviyesinin etkisi, ikinci terimde temel tabanında efektif gerilme hesaplanırken dikkate alınır. Üçüncü terimde ise γ değeri düzeltilerek kullanılır. Y.A.S.S'ın konumuna göre aşağıdaki durumlar uygulanır:

- Durum 1: YASS=0 (yüzeyde) $\rightarrow \gamma'$ kullanılır.



- Durum 2: $0 < Y_{ASS} \leq D_f$ aralığında γ' kullanılır.
- Durum 3: $D_f \leq Y_{ASS} \leq B$ aralığında, düzeltilmiş birim hacim ağırlığı Denklem 43 ile hesaplanır.

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \left(\frac{z - D_f}{B} \right) (\gamma - \gamma') \quad (41)$$

Eksantrisite

L_x : Temelin X doğrultusundaki kenarı

L_y : Temelin Y doğrultusundaki kenarı

B : Temel kısa kenarı

L : Temel uzun kenarı

e_x : Temel x doğrultusundaki eksantrisite

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad (42)$$

e_y : Temel y doğrultusundaki eksantrisite

$$e_y = \frac{M_x}{P} \quad (43)$$

$$L'_x = L_x - 2 \cdot e_x \quad (44)$$

$$L'_y = L_y - 2 \cdot e_y \quad (45)$$

$$B' = \text{Min}(L'_x, L'_y) \quad (46)$$

$$L' = \text{Maks}(L'_x, L'_y) \quad (47)$$

B' : Etkin temel kısa kenarı

L' : Etkin temel uzun kenarı

Etkin gerilme q_a :

$$q_a = \frac{P}{(B' \times L')} \quad (48)$$



ile hesaplanır.

Son taşıma gücü q_{ult} , 2018 deprem yönetmeliğinde temelin karakteristik dayanımı q_t olarak adlandırılmıştır.

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{rv}} \quad (49)$$

Net taşıma gücü:

$$q_{knet} = q_k - q \quad (50)$$

Güvenli net taşıma gücü:

$$q_{tnet} = \frac{q_{knet}}{\gamma_{rv}} \quad (51)$$

Temel inşaatından sonra temel üzerine geri dolgu yapılırsa:

$$q_a + q < q_t \quad (52)$$

Temel inşaatından sonra temel üzerinde geri dolgu yapılmazsa (bodrumlu yapı):

$$q_a < q_{tnet} \quad (53)$$

eşitsizlikleri sağlanmalıdır. SETAF2018 iki durum içinde güvenlik sayısı hesaplamaktadır. Güvenlik sayıları hesaplanırken eşitsizlikte q_a yerine kullanıcının temel yük özellikleri sekmesinde tanımladığı q_{ort} değeri kullanılır. Bu eşitsizlikler diğer taşıma gücü yöntemleri içinde aynıdır.

Terzaghi taşıma gücü faktörleri:

$$N_q = \left[\frac{e^{2\left(\frac{3\pi-\phi}{4}\right)\tan(\phi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \right] \quad (54)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi \quad (55)$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left[\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right] \quad (56)$$

$$K_{py} = 3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi + 33}{2} \right) \quad (57)$$



denklemleri ile hesaplanır.

Şekil faktörleri dikdörtgen temellerde:

$$s_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad (58)$$

$$s_\gamma = 1 - 0.2 \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad (59)$$

Şerit temellerde:

$$s_c = 1, \quad s_\gamma = 1 \quad (60)$$

Daire temellerde:

$$s_c = 1.3, \quad s_\gamma = 1.6 \quad (61)$$

olarak hesaplanır.

16.4.2. Meyerhof Yöntemi

Meyerhof taşıma gücü denklemi:

$$q_{ult} = c.N_c.s_c.d_c.i_c + q.N_q.s_q.d_q.i_q + 0.5.\gamma.B.N_\gamma.s_\gamma.d_\gamma.i_\gamma \quad (62)$$

seklindedir. Meyerhof denkleminde düşey yük yanında yatay kuvvet de dikkate alınabilmektedir. İki yönde eksantrisite hesaplanır. İkinci terimde q hesaplanırken $D_f/B \leq 1$ 'dir.

s_c, s_q, s_γ : Şekil faktörleri

d_c, d_q, d_γ : Derinlik faktörleri

i_c, i_q, i_γ : Yük eğimi faktörleri

P: Eksenel Yük

Etkin gerilme q_a için B ve L değerleri kullanılır.



$$q_a = \frac{P}{(B \times L)} \quad (63)$$

Taşıma Gücü Faktörleri

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (64)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (65)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi) \quad (66)$$

Şekil Faktörleri

$$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L} \quad \text{herhangi } \phi \text{ değeri için} \quad (67)$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L} \quad \phi > 0 \quad (68)$$

$$s_q = s_\gamma = 1 \quad \phi = 0 \quad (69)$$

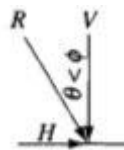
Derinlik Faktörleri

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad \text{herhangi } \phi, \quad (70)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad \phi > 0, \quad (71)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \phi = 0, \quad (72)$$

Yük Eğimi Faktörleri





$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2 \quad \text{herhangi } \phi, \quad (73)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad \phi > 0 \quad (74)$$

$$i_\gamma = 0 \quad \theta > 0 \text{ durumunda } \phi = 0 \quad (75)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2) \quad (76)$$

θ : Yük vektörünün düşeyle yaptığı açı, $\theta=0$ olduğunda bütün i faktörleri 1.0 olur.

Meyerhof denkleminde tek doğrultu da yatay kuvvet için yük eğimi dikkate alınır. SETAF2018’de analiz ayarlarında hangi doğrultudaki yatay kuvvet ile yük eğiminin dikkate alınacağı kullanıcı tarafından belirtilebilir. Varsayılan ayar x eksenini doğrultusundaki yatay kuvvet V_x ’nin kullanılmasıdır.

Meyerhof denklemi ile azaltma için R_e ’nin kullanılması önerilmiştir. Bu azaltma eksantrisite için yapılmaktadır.

$$q_{\text{ultazalt}} = q_{\text{ulttam}} \times R_e \quad (77)$$

Azaltma faktörü ince daneli (kohezyonlu zeminler), kumlar ve $0 < e/b < 0.3$ durumu için karşılıklı olarak

$$R_e = 1 - \frac{2e}{B} \quad (\text{kumlar}) \quad (78)$$

$$R_e = 1 - \sqrt{\frac{e}{B}} \quad (\text{kumlar}) \quad (79)$$

biçiminde verilmiştir. Başka bir seçenek te B', L' kullanarak şekil ve derinlik faktörlerini hesaplamak ve üçüncü terimde B' kullanmaktır. Bu durumda etkin gerilme $q_a = P/(B' * L')$ olacaktır. Kullanıcı bu ayarları SETAF2018’de “Analiz Ayarları” penceresinde yapabilmektedir.



16.4.3. Vesic Yöntemi

Vesic taşıma gücü denklemi iki yatay kuvvet doğrultusunun bileşkesi için yazılır (Bowles, 1996). Denklemden ikinci terimdeki q hesaplanırken $D/B \leq 1$ 'dir.

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \quad (80)$$

$$\phi=0 \text{ durumunda ise } q_{ult} = 5.14 s_u \left(1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c \right) + \bar{q} \quad (81)$$

s_c, s_q, s_γ : Şekil faktörleri,

d_c, d_q, d_γ : Derinlik faktörleri,

i_c, i_q, i_γ : Yük eğimi faktörleri,

g_c, g_q, g_γ : Zemin eğimi faktörleri,

b_c, b_q, b_γ : Taban eğimi faktörleri,

Taşıma Gücü Faktörleri

N_c : Meyerhof'la aynı

N_q : Meyerhof'la aynı

$$N_\gamma = 2 \left(N_q + 1 \right) \tan \phi \quad (82)$$

Şekil Faktörleri

$$s_{c(v)} = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L} \quad (83)$$

$$s_{q(v)} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi \quad \text{Bütün "}\phi\text{" değerleri için.} \quad (84)$$

$$s_{\gamma(v)} = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6 \quad (85)$$

Derinlik Faktörleri

$$d'_c = 0.4k \quad (\phi=0) \quad (86)$$

$$d_c = 1 + 0.4k \quad (87)$$

$$k = D / B \quad D/B \leq 1 \text{ için} \quad (88)$$



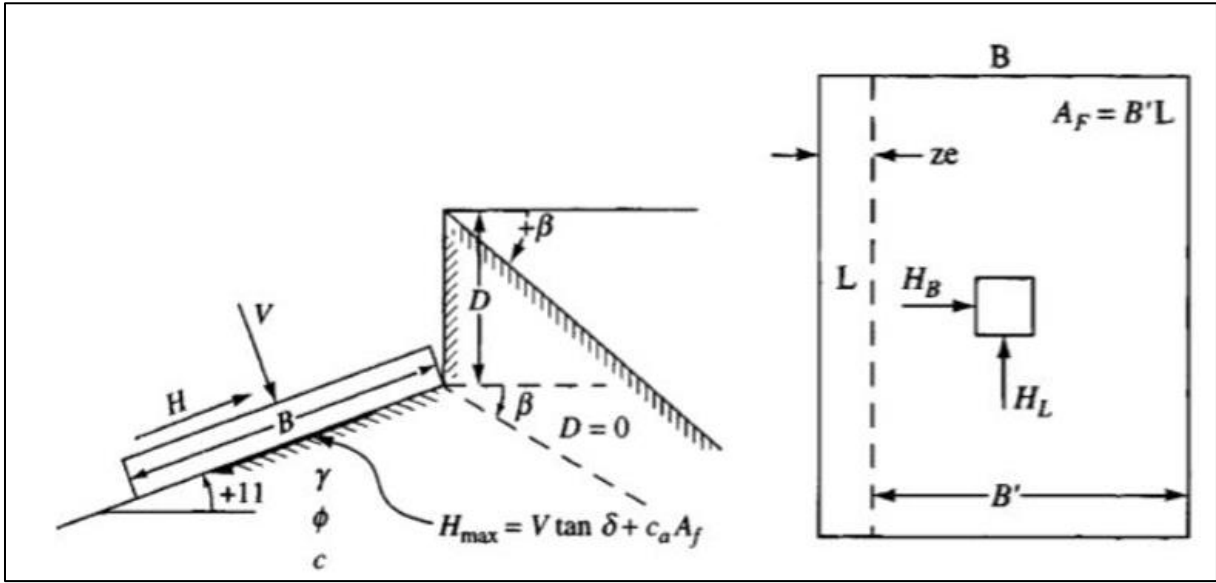
$$k = \tan^{-1}(D / B) \quad D/B > 1 \text{ için} \quad (89)$$

k'nın birimi radyan olmalıdır.

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k \quad (90)$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{Bütün } \phi \text{ değerleri için.} \quad (91)$$

Yük Eğimi Faktörleri



Şekil 96. Vesic Yönteminde Temel Yükleri ve Geometri

$$A_f = B' L' \quad (92)$$

$$i'_c = 1 - \frac{m H_i}{A_f c_a N_c} \quad (\phi = 0) \quad (93)$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad (\phi > 0) \quad (94)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^m \quad (95)$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{m+1} \quad (96)$$

$$m = m_B = \frac{2 + B / L}{1 + B / L} \quad (97)$$



$$m = m_L = \frac{2 + L / B}{1 + L / B} \quad (98)$$

Zemin Eğimi Faktörleri

$$g'_c = \frac{\beta}{5,14} \quad \phi=0 \text{ durumunda, } (\beta\text{'nın birimi radyan olmalıdır.}) \quad (99)$$

$$g_c = i_q - \frac{1 - i_q}{5,14 \tan \phi} \quad (\phi > 0) \quad (100)$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2 \quad (101)$$

Taban Eğimi Faktörleri,

$$b'_c = g'_c \quad (\phi = 0) \quad (102)$$

$$b_c = 1 - \frac{2\beta}{5,14 \tan \phi} \quad (103)$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \eta \tan \phi)^2 \quad (104)$$

Şekil ve derinlik faktörlerinde B ve L kullanılmaktadır.

16.4.4. Kumda SPT ile Taşıma Gücü

Zemin profillerinde tanımlanan SPTN değerleri ile profili ile kumda yüzeysel temel taşıma gücü hesaplanmaktadır. Güvenli taşıma gücü (kPa) cinsinden:

$$\sigma_{em} = q_t = \frac{N_1}{0.05} \quad (B \leq 1,2m) \quad (105)$$

$$\sigma_{em} = q_t = \frac{N_1}{0.08} \left(\frac{B + 0,3}{B} \right)^2 \left[1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \right] \quad (B > 1,2m) \quad (106)$$

N1 değerinin profilde 6B derinlik boyunca alınmış ortalaması kullanılır.

16.5. Derin Temelin Taşıma Gücü

Bu bölümde açıklanan taşıma gücü hesapları yalnızca klasik kazıklı temellerle sınırlı değildir. Mikro kazıklar, beton kazıklar, jet enjeksiyon kolonları ve derin karıştırma kolonları gibi rijit kolonlarla oluşturulan tüm derin temel sistemleri için de geçerlidir. Bu sistemler, benzer şekilde



SETAF2018

uç ve çevre dirençleri ile taşıma gücü sağlar. SETAF2018, bu elemanların geometrik ve mekanik özelliklerine bağlı olarak taşıma gücünü benzer analiz prensipleriyle değerlendirmektedir..

SETAF2018 derin temellerin taşıma gücünü α , λ ve β yöntemleriyle hesaplamaktadır. Derin temellerde kazıklı temellerin taşıma gücü hesaplanmaktadır. Yapılan hesaplar jet-grout sistemlerinin taşıma gücü için de kullanılabilir. Genel kazık taşıma gücü,

$$Q_u = Q_{\text{çev}} + Q_{\text{uç}} - W_p \quad (107)$$

Q_u : Yüzen kazıkta toplam direnç

$Q_{\text{çev}}$: Çevre direnci

$Q_{\text{uç}}$: Uç direnci

W_p : Kazık net ağırlığı (suyun kaldırma kuvveti düşülmüş)

denklemleri ile hesaplanır. α , λ ve β yöntemleriyle çevre dirençleri etkili zemin katmanları için ayrı ayrı hesaplanır ve toplamdan çevre direnci bulunur. Yapılan hesapların sonuç tablolarında ve raporlarında 2018 deprem yönetmeliğinde derin temel taşıma gücü için verilen simgeler kullanılmıştır.

Zemin içindeki bir rijit kolonda sırasıyla çevre ve uç dirençlerinin mobilize olabilmesi (uyanması) için kolonun zemine göre yer değiştirmesi gerekir. Yapılan arazi deneyleri çevre direncinin tümüyle uyanması için 2.5 ila 10mm penetrasyon olması gerektiğini göstermiştir. Uç direncinin tümüyle uyanması için kolon çapının %8 ila %10'u kadar yer değiştirme gereklidir. Tam çevre sürtünmesi, tam uç direncini harekete geçirmek için gereken yer değiştirmenin yaklaşık onda birinde harekete geçirilir.

16.5.1. Alpha Yöntemi

Derin temellerin kısa dönem taşıma gücü için “ α ” yöntemi kullanılmaktadır. Drenajsız tabaka özelliği seçili olan katmanların kazık taşıma gücüne katkısı α yöntemiyle hesaplanır.

Çevre Direnci

$$f_s = \alpha \times S_u \quad (108)$$



$$\alpha = 0,5 \psi^{-0,50} \quad (\psi \leq 1) \quad (109)$$

$$\alpha = 0,5 \psi^{-0,25} \quad (\psi > 1) \quad (110)$$

$$A_s = \pi \times D \times L \quad (111)$$

$$Q_{\text{çev}} = f_s \times A_s \quad (112)$$

f_s : Birim çevre sürtünmesi

s_u : Drenajsız kayma direnci

α : Yapışma katsayısı

ψ : İlgili derinlikteki s_u/σ'_0 oranı

A_s : Kazık yanal yüzey alanı

$Q_{\text{çev}}$: Çevre direnci

Uç Direnci

$$f_b = S_u \times N_c \quad (113)$$

$$Q_{\text{uç}} = (S_u \times N_c) A_b \quad (114)$$

$$f_b = S_u \times N_c \quad (115)$$

A_b : Kazık enkesit alanı

f_b : kazık ucunun son taşıma gücü

N_c : Taşıma gücü faktörü

$Q_{\text{uç}}$: Uç direnci

16.5.2. Lambda Yöntemi

Derin temellerin kısa dönem taşıma gücü için “ λ ” yöntemi kullanılmaktadır. Drenajsız tabaka özelliği seçili olan katmanların kazık taşıma gücüne katkısı λ yöntemiyle hesaplanır. Kısa dönem taşıma gücünde varsayılan ayar “ α ” yöntemidir. Kullanıcı λ yöntemi için “Analiz Ayarları” penceresinde “ λ ” yöntemini seçmelidir.

**Çevre Direnci**

$$f_s = \lambda \left(\bar{\sigma}'_0 + 2 \bar{c}_u \right) \quad (116)$$

$$\lambda = 0,178 - 0,016(\ln \pi_3) \quad \text{NC kilde} \quad (117)$$

$$\lambda = 0,232 - 0,0321(\ln \pi_3) \quad \text{OC kilde} \quad (118)$$

$$\pi_3 = \frac{\pi D f_{\max} L_e^2}{A E_p \mu} \quad (119)$$

$$Q_{\text{çev}} = f_s \times A_s \quad (120)$$

$f_{\max}$: maksimum sürtünme gerilmesi $\cong S_u$

E_p : Kazığın elastisite modülü

D : Kazık çapı

L_e : kazığın zemin içinde kalan etkin uzunluğu

A : Kazık enkesit alanı

μ : çevre direncinin uyanması için gerekli hareket ($\cong 3\text{mm}$ alınmaktadır)

Uç Direnci

$$f_b = S_u \times N_c \quad (121)$$

$$Q_{\text{uç}} = (S_u \times N_c) A_b \quad (122)$$

16.5.3. Beta Yöntemi

Derin temellerin uzun dönem(derenajlı) taşıma gücünü hesaplamak için “ β ” yöntemi kullanılmaktadır. Drenajlı tabaka özelliği seçili olan katmanların kazık taşıma gücüne katkısı β yöntemiyle hesaplanır.

Çevre Direnci

$$f_s = c' + \beta \sigma'_0 \quad (123)$$



İnce daneli zeminlerde:

$$\beta = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{0.5} \cdot \tan \phi' \quad (124)$$

İri daneli zeminlerde OCR=1 alınarak:

$$Q_{\text{cev}} = f_s \times A_s \quad (125)$$

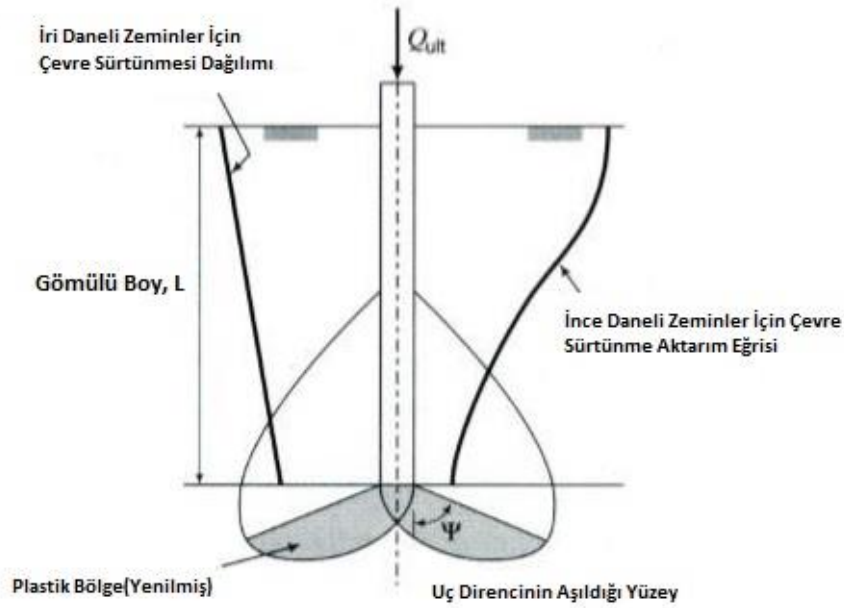
β : katsayı

Uç Direnci

$$f_b = N_t \cdot \sigma'_{0Df} \quad (126)$$

$$N_t = \left(\tan \phi' + \sqrt{1 + \tan^2 \phi'} \right)^2 e^{2\psi_p \cdot \tan \phi'} \quad (127)$$

$$Q_{uc} = f_b \cdot A_b \quad (128)$$



Şekil 97 Yük Transfer Özellikleri

ψ_p : Plastikleşme açısı (Budhu, 2008)

Yumuşak ince daneli zeminlerde: $\psi_p \leq \pi/3$



Yumuşak ince daneli zeminlerden sıkı iri daneli zeminler ve aşırı konsolide ince daneli zeminlere: $\pi/3 \leq \psi_p \leq 0,58\pi$

Sıkı iri daneli zeminlerde: ψ değeri $\pi/2$ 'yi aşmamalıdır.

16.5.4. Kazık Gruplarının Taşıma Gücü

SETAF 2018 kazık gruplarının taşıma gücü için grup verimini geometrik veya “Terzaghi Blok Davranış” yöntemiyle hesaplar. Grup taşıma gücü:

$$Q_{U_{grup}} = Q_u \cdot n_p \cdot E_g \quad (129)$$

$Q_{U_{grup}}$: Grup taşıma gücü

n_p : Kazık sayısı

E_g : Grup verimi

Converse Labarre yöntemiyle grup verimi,

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (130)$$

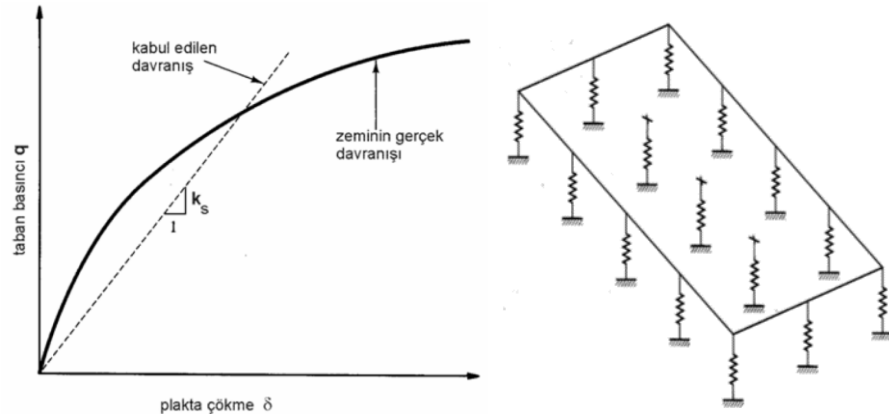
$$\theta = \arctan\left(\frac{D}{s}\right) \quad (131)$$

Terzaghi blok yönteminde kazıklar ve aralarında kalan zemin bir blok gibi düşünülür. Bloğun çevresi ve taban alanı ile kazık grubunun son taşıma gücü(kapasite) hesaplanır.

$Q_{U_{grup}} \leq Q_u \times n_p$ şartı uygulanır.

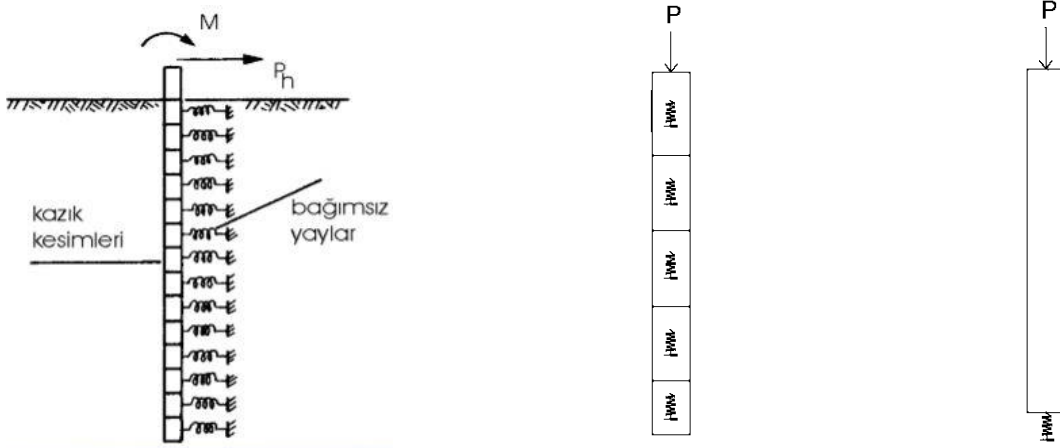
16.6. Yatak Katsayılarının Elde Edilmesi

Yüzeysel ve derin temeller için yatak katsayıları farklı yöntemlerle hesaplanır. Yüzeysel temeller için temelin ortalama oturmasından, Vesic denkleminde ve plaka taşıma deneyinden temel boyutlarına düzeltme yapılarak elde edilir.



Şekil 98. Taban Basıncı-Plaka Oturması ve Elastik Yaylar Üzerine Oturan Temel Modeli

Kazıklı temeller için düşey yatak katsayıları tek kazığın elastik(anı) oturmasından, yatay yatak katsayıları da elastik eşitliklerden hesaplanır.



Şekil 99. Yatay Yaylar, Çevre ve Uç Direncini Temsil Eden Yaylar

16.6.1. Yüzeysel Temel Oturmalarından

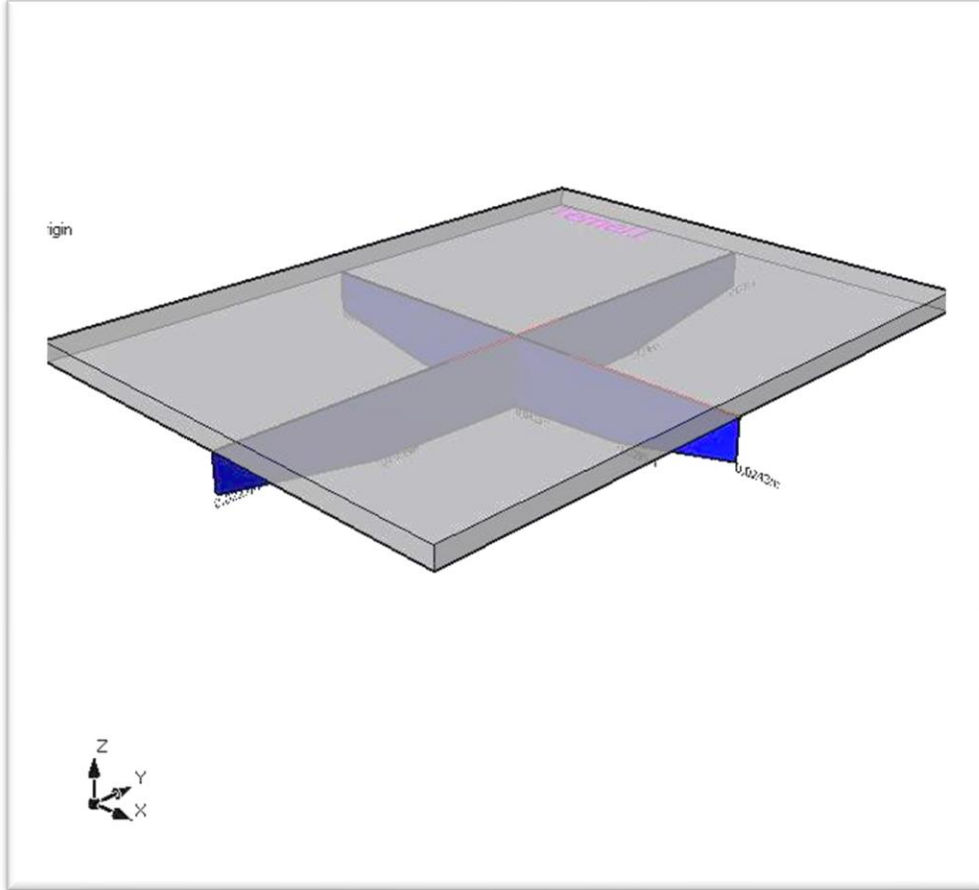
Yüzeysel temelin dikdörtgen, daire veya poligon geometri durumuna göre ağırlık merkezi hesaplanır. Bu ağırlık merkezinden temelin içinde x ve y doğrultularında çizilen doğrular üzerindeki noktalarda oturmalar hesaplanır (Şekil 100). X doğrusu üzerindeki noktalar için düşey yatak katsayısı:

$$k_v = \frac{q}{\Delta H} \quad (132)$$

ile hesaplanır. Burada q temel taban basıncı, ΔH elastik(anı) oturmadır. Elde edilen yatak katsayılarının ortalamaları alınarak x doğrultusu ortalama yatak katsayısı hesaplanır. Benzer



şekilde y doğrultusu için de ortalama yatak katsayısı hesaplanır. Elde edilen iki yatak katsayısının ortalaması veya minimumu alınarak temel için ortalama düşey yatak katsayısı hesaplanır.



Şekil 100. Temel Ağırlık Merkezinden Geçen Eksenlerde Oturma Diyagramları

16.6.2. Vesic Denkleminde

Elastisite teorisinden:

$$k_s = \frac{0.65}{B} \sqrt[12]{\frac{E_s B^4}{E_b I_b}} \frac{E_s}{1 - \nu^2} \quad (133)$$

Vesic denklemi ile yüzeysel temel için düşey yatak katsayısı hesaplanır. Burada B temel genişliği, E_s zeminin elastisite modülü, E_b temelin (beton) elastisite modülü, ν zeminin Poisson oranı, I_b ise temel alanının ikinci momentini göstermektedir.



16.6.3. Plaka Taşıma Deneyinden

Deneydeki plakanın çapı, taşıma gücü ve düşey yatak katsayısı temel özellikleri penceresinden girilebilmektedir. Temel için düşey yatak katsayısı k_v girilen $k_{\text{plakacapı}}$ değerinden temel boyutlarına düzeltme yapılarak elde edilir. Örneğin, uygulanan 305mm çaplı standart plaka taşıma deneyinde ölçülen ($k_{0.3}$) yatak katsayısı değerinin temel boyutuna uygulanmak üzere kumlarda:

$$k_s = k_{0.3} \left(\frac{B + 0.3}{2B} \right)^2 \quad (134)$$

Killerde:

$$k_s = k_{0.3} \left(\frac{0.3}{B} \right) \quad (135)$$

ifadelerinden düzeltme yapılır.

16.6.4. Rijit Kolon Çevre Direnci için Düşey Yatak Katsayısı

Tek rijit kolonun çevre ile aktarılan servis yükü $Q_{\text{cev}}/Q_{\text{toplam}}$ oranından elde edilir. Bu yük tamamen çevre ile aktarılacak (Geddes) tek kolonun oturması hesaplanır. Çevre direnci ile yük aktarılmasını sağlayan elastik yay için düşey yatak katsayısı:

$$P_s = P \cdot (Q_{\text{cev}} / Q_u) \quad (136)$$

$$\tau_s = \frac{P_s}{\pi \cdot D \cdot L} \quad (137)$$

$$k_{vs} = \frac{\tau_s}{\Delta H_s} \quad (138)$$

denklemlerde,

Q_{cev} : Rijit kolon çevre direnci

Q_u : Rijit kolon taşıma gücü

P : Rijit kolon servis yükü. Rijit kolon gurubu içindeki maksimum eksenel yüküdür.



P_s : Rijit kolon servis yükünün çevre ile aktarılan kısmıdır.

τ_s : Çevre gerilmesi

ΔH_s : P_s etkisinde tek rijit kolonun elastik oturması

k_{vs} : Rijit kolon çevre direnci için düşey yatak katsayısı

16.6.5. Rijit Kolon Uç Direnci için Düşey Yatak Katsayısı

Tek kolonun uç direnci ile aktarılan servis yükü Q_{cev}/Q_{toplam} oranından elde edilir. Bu yük tamamen uç ile aktarılarak tekil kolon oturması hesaplanır. Uç direnci ile yük aktarılmasını sağlayan elastik yay için düşey yatak katsayısı:

$$P_p = P \cdot \left(1 - \frac{Q_{cev}}{Q_u} \right) \quad (139)$$

$$\sigma_p = \frac{P_p}{(\pi \cdot D^2 / 4)} \quad (140)$$

$$k_{vp} = \frac{\sigma_p}{\Delta H_p} \quad (141)$$

Q_{cev} : Kazık çevre direnci

Q_u : Kazık taşıma gücü

P : Rijit kolon servis yükü. Kazık gurubu içindeki maksimum eksenel yüküdür.

P_p : Rijit kolon servis yükünün uç ile aktarılan kısmıdır.

σ_p : Rijit kolon uç gerilmesi,

ΔH_p : P_p etkisinde tek kazığın elastik oturması

k_{vp} : Rijit kolon uç direnci için düşey yatak katsayısı

16.6.6. Rijit Kolon Yatay Yatak Katsayısı

Rijit kolon yatay yatak katsayıları zemin katmanlarındaki ödömetre modülleri ve kolon eğilme rijitliğine göre hesaplanır.



Ödömetre modülleri de tüm zemin katmanları için efektif poisson oranı ve kayma modüllerinden hesaplanır.

$$E_{\text{oed}} = \frac{2 \cdot (1 - \nu) \cdot G}{(1 - 2 \cdot \nu)} \quad (142)$$

E_{oed} : Ödömetre modülü,

ν' : Efektif poisson oranı,

G : Kayma modülü

Yatay yatak katsayısı,

$$k_h = 2,1 \left(\frac{E_{\text{oed}}^{4/3}}{E_p \cdot I_p^{1/3}} \right) \quad (143)$$

E_p : Rijit kolon malzemesinin elastisite modülü,

I_p : Rijit kolon momenti,

k_h : Yatay yatak katsayısı

16.7. Zemin İyileştirme

Temel altında rijit kolonlarla zemin iyileştirme yapılabilir. Derin karıştırma ve jet enjeksiyon yöntemleri ile elde edilen rijit kolonlar kullanılır. Derin karıştırma ve Jet enjesksiyon kolonlarının oturma analizleri Bölüm 7.3' deki prosedüre göre yapılır. Rijit kolonlarla iyileştirilmiş bölge için deformasyon modülü E_{com} kolon alanları ile toplam iyileştirilecek alan oranlanarak elde edilir. İyileştirilmiş zeminin kompozit elastisite modülü:

$$E_{\text{com}} = [(A - nA_c)E_s + nA_cE_c] \frac{1}{A} \quad (144)$$

denklemini ile hesaplanır. Bu denklemde:

A : Zemin bloğu kesit alanı

n : Rijit kolon sayısı

A_c : Rijit kolon kesit alanı

E_s : Zemin kiriş elastisite modülü



E_c : Kolon elastisite modülü

E_{com} : Rijit kolonlarla iyileştirilmiş zeminin elastisite modülü

Zemin profilinde rijit kolonlu tabakalar oluşturularak yeniden zemin profili oluşturulur. İyileştirilmiş katmanlara E_{com} değerleri atanır ve Bölüm 7.3'deki ilkelerle oturma analizi yapılır.

16.7.1. Derin Karıştırma Yöntemi

Derin karıştırma kuru ve yaş/ıslak olmak üzere iki yöntemle yapılır. **Kuru karıştırma** doymuş zeminlerde doğal zemine çimento karıştırılarak uygulanır. **Islak/yaş karıştırma** ise herhangi bir doymunluk derecesine sahip yani doymun olmayan zeminlerde doğal zemin çimento-su bulamacı ile karıştırılarak uygulanır. Bu kolonlar ile iyileştirilmiş zeminde sıkışabilirlik azalır, kayma direnci yükselir.

Karışımındaki çimento ve bulamaç miktarlarını belirlemek için US Department of Transportation(FHWA)'nın tasarım yöntemi kullanılır. Derin karıştırma faz diyagramları Şekil 101'de gösterilmektedir. Faz diyagramlarında:

- V_a = Hava hacmi
- $V_{w,soil}$ = Karışmadan önce zemindeki su hacmi
- $W_{w,soil}$ = Karıştırmadan önce zemindeki suyun ağırlığı
- V_s = Zemin katılarının hacmi
- W_s = Zemin katılarının ağırlığı
- V_b = Bağlayıcının hacmi
- W_b = Bağlayıcının ağırlığı
- $V_{w,slurry}$ = Islak karıştırma için bulamaçtaki su hacmi.
- $W_{w,slurry}$ = Islak karıştırma için bulamaçtaki su ağırlığı.
- $V_{w,mix}$ = Karışımındaki su hacmi.
- $W_{w,mix}$ = Karışımındaki suyun ağırlığı.

Bu miktarların toplamaları aşağıdakileri içerir:

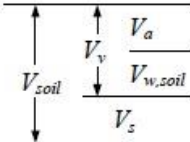
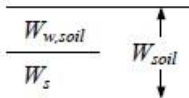
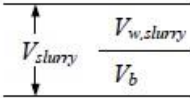
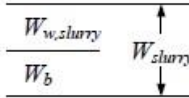
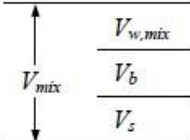
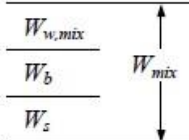
- V_v = Karışmadan önce topraktaki boşlukların hacmi. ($V_a + V_{w,soil}$)
- V_{soil} = Karıştırmadan önce toprak hacmi ($V_s + V_{w,soil} + V_a$)
- W_{soil} = Karıştırmadan önce toprağın ağırlığı ($W_s + W_{w,soil}$)



- $V_{slurry} = \text{Karıştırma önce bulamacın hacmi } (V_b + V_{w,slurry})$
- $W_{slurry} = \text{Karıştırma önce bulamacın ağırlığı } (W_b + W_{w,slurry})$
- $V_{mix} = \text{Karışımın hacmi } (V_s + V_b + V_{w,mix})$
- $W_{mix} = \text{Karışımın ağırlığı } (W_s + W_b + W_{w,mix})$

	Hacimler	Faz Diyagramları	Ağırlıklar veya Kütleler			
Mevcut Zemin	↑ V_{soil} ↓ $V_v = V_{w,soil}$ V_s	<table> <tr><td>Su</td></tr> <tr><td>Zemin Katıları</td></tr> </table>	Su	Zemin Katıları	↑ $W_{w,soil}$ ↓ W_s W_{soil}	
Su						
Zemin Katıları						
Çimento	V_b	<table> <tr><td>Bağlayıcı</td></tr> </table>	Bağlayıcı	W_b		
Bağlayıcı						
Karışım	↑ $V_{w,mix} = V_{w,soil}$ ↓ V_b V_s	<table> <tr><td>Su</td></tr> <tr><td>Bağlayıcı</td></tr> <tr><td>Zemin Katıları</td></tr> </table>	Su	Bağlayıcı	Zemin Katıları	↑ $W_{w,mix} = W_{w,soil}$ ↓ W_b W_s
Su						
Bağlayıcı						
Zemin Katıları						

Kuru Karıştırma için Faz Diyagramları

	Hacimler	Faz Diyagramları	Ağırlıklar veya Kütleler			
Mevcut Zemin		<table><tr><td>Hava</td></tr><tr><td>Su</td></tr><tr><td>Zemin Katıları</td></tr></table>	Hava	Su	Zemin Katıları	
Hava						
Su						
Zemin Katıları						
Bulamaç		<table><tr><td>Su</td></tr><tr><td>Bağlayıcı</td></tr></table>	Su	Bağlayıcı		
Su						
Bağlayıcı						
Karışım		<table><tr><td>Su</td></tr><tr><td>Bağlayıcı</td></tr><tr><td>Zemin Katıları</td></tr></table>	Su	Bağlayıcı	Zemin Katıları	
Su						
Bağlayıcı						
Zemin Katıları						

Islak Karıştırma için Faz Diyagramları

Şekil 101. Zemin Karıştırma Faz Diyagramları

Özgül ağırlıklar (145) ve (146) denklemleri ile elde edilmektedir.



$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} \quad (145)$$

$$G_b = \frac{W_b}{V_b \gamma_w} \quad (146)$$

- G_s = Zemin katılarının özgül ağırlığı.
- G_b = Bağlayıcının özgül ağırlığı.
- γ_w = Suyun birim ağırlığı (W_w/V_w).

Derin karıştırma işlemlerinin kontrol edilmesi ve laboratuvar veya sahada karıştırılmış malzemeler üzerindeki testlerin sonuçlarının raporlanması için yararlı olan parametreler Tablo 2’de listelenmiştir.

Tablo 2. Derin Karıştırma Parametrelerinin Tanımları

Öge	Uygulanabilirlik	
	Kuru Yöntem	Islak Yöntem
Bağlayıcı faktör: $\alpha = \frac{W_b}{V_{soil}} \text{ (lb/ft}^3 \text{ (kg/m}^3\text{))}$	EVET	EVET
Yerinde bağlayıcı faktör: $\alpha_{in-place} = \frac{W_b}{V_{mix}} \text{ (lb/ft}^3 \text{ (kg/m}^3\text{))}$	EVET	EVET
Bağlayıcı içeriği: (yüzde) $a_w = \frac{W_b}{W_s}$	EVET	EVET
Toplam su-bağlayıcı oranı: (boyutsuz) $w_T:b = \frac{W_{w,mix}}{W_b}$	EVET	EVET
Bulamacın su-bağlayıcı oranı: (boyutsuz) $w:b = \frac{W_{w,slurry}}{W_b}$	HAYIR	EVET
Hacim oranı: (boyutsuz) $VR = \frac{V_{slurry}}{V_{soil}}$	HAYIR	EVET

Kuru karıştırma için yüklenici, karıştırma sırasında kuru bağlayıcının teslim oranını kontrol eder, bu da yüklenicinin bağlayıcı faktörünü (α) doğrudan kontrol ettiği anlamına gelir. Kuru karıştırma faz diyagramında gösterildiği gibi doygun bir zemin için α , belirtildiği gibi, yerinde bağlayıcı faktörü (yerinde α), bağlayıcı içeriği (a_w) ve toplam su-bağlayıcı oranı ($w_T: b$) ile



ilgilidir.

$$\alpha_{in-place} = \frac{\alpha \gamma_b}{\alpha + \gamma_b} \quad (147)$$

$$a_w = \frac{\alpha}{\gamma_{d,soil}} \quad (148)$$

$$w_T:b = \frac{w \gamma_{d,soil}}{\alpha} \quad (149)$$

γ_b = Bağlayıcı katıların birim ağırlığı (W_b/V_b).

$\gamma_{d,soil}$ = Zemin kuru birim hacim ağırlığı (W_s/V_{soil}).

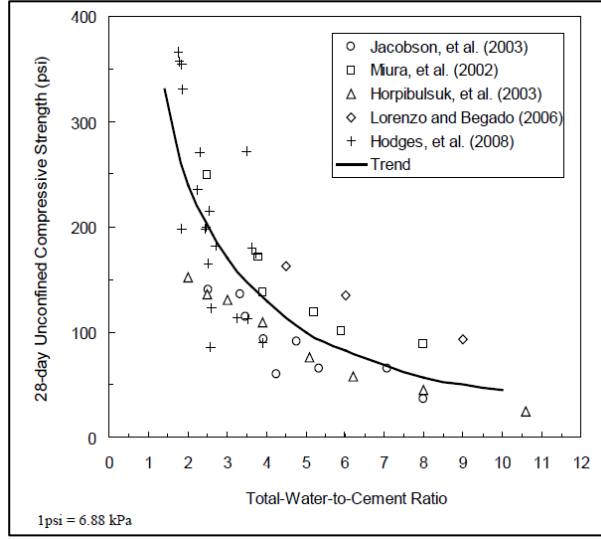
w = Zemin su içeriği ($W_{w,soil}/W_s$).

Kuru karıştırmada proje için gerekli kolon dayanımına göre Şekil 102’den $w_T:b$ değeri alınır. Bağlayıcı özgül ağırlığı G_b , $w_T:b$, $\gamma_{d,soil}$ değeri ile (147),(148),(149) eşitlikleri ile α , $\alpha_{in-place}$ ve a_w hesaplanır. DSM imalatında eklenecek bağlayıcının ağırlığı $W_b = V_{soil} \times \alpha$ ile belirlenir. Örneğın 2m bir kil tabakasındaki 0.60m çapındaki DSM kolonu için $V_{soil} = (\pi \times 0.6^2 / 4) \times 2 = 0.282 m^3$

DSM imalatından elde edilecek karışımın(kolon) birim hacim ağırlığı:

$$\gamma_{mix} = \frac{\gamma_b (\gamma_{soil} + \alpha)}{\gamma_b + \alpha} \quad (150)$$

(150)’ de kuru karıştırma kullanılarak doymuş bir karışımın toplam birim ağırlığı.



Şekil 102. Toplam Su / Bağlayıcı Oranı- Serbest Basınç Dayanımı Eğrisi

Islak karıştırma için, yüklenici bulamacın su-bağlayıcı oranını ($w: b$) ve hacim oranını (VR) kontrol eder. Bu parametrelerin kontrol edilmesinin sonucu, hepsi karışım oranlarını çeşitli şekillerde tanımlayan α , $\alpha_{in-place}$, a_w ve $w_T: b$ cinsinden ifade edilebilir. Belirli bir $w: b$ değeri için, yüklenici α , $\alpha_{in-place}$, a_w veya $w_T: b$ hedef değerlerini elde etmek için VR'yi kontrol eder: $\alpha_{in-place}$, a_w veya $w_T: b$ hedef değerlerine ulaşmak için VR değerleri aşağıdaki (151)-(155) denklemlerinde verilmiştir.

$$VR = \frac{\alpha}{\gamma_{d,slurry}} \quad (151)$$

(151)' de bağlayıcı faktör olarak ifade edilen hacim oranı:

$$VR = \frac{\alpha_{in-place}}{\gamma_{d,slurry} - \alpha_{in-place}} \quad (152)$$

(152)'de, $S = 1$ için yerinde bağlayıcı faktör cinsinden ifade edilir.

$$VR = \frac{S(1+wG_s)}{S+wG_s} \times \frac{\alpha_{in-place}}{\gamma_{d,slurry} - \alpha_{in-place}} \quad (153)$$

(153)'de herhangi bir S için yerinde bağlayıcı faktör olarak ifade edilen hacim oranı:

$$VR = \frac{\gamma_{d,soil}}{\gamma_{d,slurry}} a_w \quad (154)$$

(154)'da herhangi bir S için bağlayıcı içeriği cinsinden ifade edilen hacim oranı:



$$VR = \frac{w\gamma_{d,soil}}{(w_T : b - w : b)\gamma_{d,slurry}} \quad (155)$$

(155)'de herhangi bir S için toplam su-bağlayıcı oranı cinsinden ifade edilen hacim oranı:

$\gamma_{d, slurry}$ = Bulamacın kuru birim ağırlığı (W_b/V_{slurry}).

S = Zeminin doygunluk derecesi ($V_{w,soil}/V_v$).

$$\alpha = \frac{\gamma_{d,slurry}\alpha_{in-place}}{\gamma_{d,slurry} - \alpha_{in-place}} \quad (156)$$

(156)' de Bağlayıcı faktörü, S = 1 için yerinde bağlayıcı faktör cinsinden ifade edilir.

$$\alpha = \frac{S(1 + wG_s)}{S + wG_s} \cdot \frac{\gamma_{d,slurry}\alpha_{in-place}}{\gamma_{d,slurry} - \alpha_{in-place}} \quad (157)$$

(157)' da herhangi bir S için bağlayıcı faktör olarak ifade edilen bağlayıcı faktörü:

$$\alpha = a_w \gamma_{d,soil} \quad (158)$$

(158)' da herhangi bir S için bağlayıcı içeriği cinsinden ifade edilen bağlayıcı faktörü:

$$\alpha = \frac{w\gamma_{d,soil}}{w_T : b - w : b} \quad (159)$$

(159)' de herhangi bir S için toplam su-bağlayıcı oranı cinsinden ifade edilen bağlayıcı faktörü.

Islak karıştırmada proje için gerekli kolon dayanımına göre Şekil 102'den $w_T:b$ değeri alınır.

Bulamaç için gerekli $w:b$ oranı belirlenir. G_b , $w_T:b$, $w:b$, $\gamma_{d, soil}$ değerleri ile α , $\alpha_{inplace}$, a_w , VR,

$\gamma_{d, slurry}$ hesaplanır. DSM imalatında eklenecek bağlayıcının ağırlığı $W_b = V_{soil} \times \alpha$ ile belirlenir.

DSM imalatından elde edilecek karışımın(kolon) birim hacim ağırlığı:

$$\gamma_{mix} = \frac{\gamma_{soil} + VR\gamma_{slurry}}{1 + VR} \quad (160)$$

Dsm kolonu özellikleri tanımlanır.

Karışım Özellikleri	
$\rho_{mix} =$	22 kN/m3
$S_{dm} =$	900 kN/m2
$E_{dm} =$	450000 kN/m2
$v =$	0,25



Bu değerler oturma ve taşıma gücü analizlerinde kullanılır. Buradaki elastik parametreler E_{dm} ve v ile iyileştirilmiş kompozit zemin katmanlarının mekanik özellikleri E_{com} , v_{com} hesaplanır. p_{mix} değeri “Hesapla” butonuyla elde edilebilir. $S_{dm}=q_u/2$ ile hesaplanır. E_{dm} değeri FHWA’deki korelasyonla “Hesapla” butonuyla elde edilebilir(Sayfa 191).

16.7.2. Jet Enjeksiyon Yöntemi

Jet enjeksiyon kolon özellikleri tanımlanarak analizlerde iyileştirilmiş kompozit zemin katmanlarının mekanik özellikleri E_{com} , v_{com} değerlerinin elde edilmesi sağlanır.

Jet Kolon Özellikleri	
$q_u =$	7000 kN/m ²
$S_c =$	3500 kN/m ²
$p_c =$	22 kN/m ³
$E_c =$	1800000 kN/m ²
$v_c =$	0,25

Buradaki q_u ve E_c değerleri korelasyonlarla elde edilebilir(Sayfa 191). $S_c=q_u/2$ değeri yazılır.

16.8. Negatif Çeper Sürtünmesi

Kazık, derin karıştırma ve jet enjeksiyon kolonlarını çevreleyen zemin yüksek sıkışabilirlikte ise uzun vadede kolonu aşağıya sürüklenme eğiliminde olacaktır. Bu durumda zemin ile kolon arasında gelişen gerilmeler negatif çeper sürtünmesi olarak adlandırılır. Kolonları çevreleyen konsolide olmamış ve normal konsolide (yumuşak) killer ve sıkışabilir dolgular bu etkiyi yapar. Kazığa gelen ek yüklerle birlikte oturmalar artacaktır.

Aşırı konsolide killerde sıkışmalar düşük seviyelerde kalacağından negatif çeper sürtünmesinin mobilize olması beklenmez ve hesap yapılmaz.

Negatif çeper sürtünmesi, zeminin zamanla konsolide olmasıyla birlikte gelişen bir gerilme türüdür ve drenajlı deformasyon davranışına dayanır. Bu süreç, sadece göreceli oturmaya değil, farklı zemin zonlarının **konsolidasyon sürelerine ve sıkışabilirlik seviyelerine** bağlıdır.



Kazık, ilk yükleme ile birlikte zamanla oturma yapar (örneğin 5 mm). Bu oturma, çevresindeki zeminde drenajlı deformasyon oluşturur. Ancak kazık bu oturmaya tamamladığında, çevresindeki tüm zemin aynı anda deformasyonunu tamamlamış olmaz.

Kazıkla etkileşen zeminin bir bölümü, bu 5 mm'lik yer değiştirme ile birlikte konsolidasyonunu tamamlamış olabilir ve bu zemin kazığa **pozitif çeper sürtünmesi** uygular.

Diğer yandan, çevredeki daha düşük geçirgenlikteki veya konsolidasyonunu henüz tamamlamamış **zayıf zemin zonları**, kazık hareketini tamamladıktan sonra da zamanla sıkışmaya devam eder. Bu durum, hareketsiz kalan kazığın yukarı kısmında zeminin aşağı yönde göreceli hareket yapmasına neden olur. Böylece **negatif çeper sürtünmesi** gelişir ve kazığa ilave yük olarak etki eder.

Sonuç olarak kazık boyunca:

- Alt seviyelerde pozitif çeper sürtünmesi,
- Üst seviyelerde negatif çeper sürtünmesi oluşabilir.

Bu karmaşık etkileşimin doğru şekilde modellenebilmesi için, yalnızca geometri değil; zemin tabakalarının **zamanla değişen drenaj koşulları, sıkışabilirlik özellikleri ve konsolidasyon davranışları** da dikkate alınmalıdır.

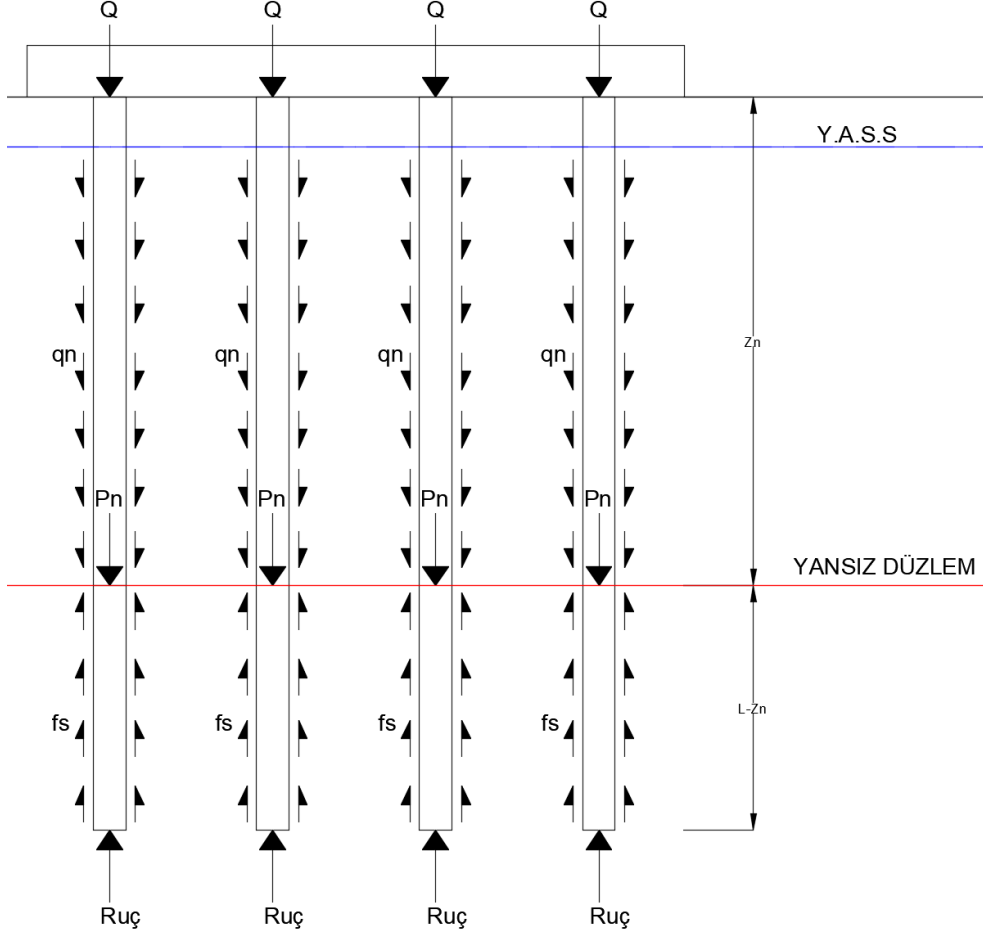
Negatif çeper sürtünmesi, yalnızca zemin türüne değil, farklı tabakaların zamanla gösterdiği oturma farklarına bağlı olarak gelişir. Tasarımı yapan mühendis, bu etkinin özellikle **yumuşak kil veya dolgunun, aşırı konsolide kil ya da sert zemin üzerinde bulunduğu durumlarda** ortaya çıkacağını bilmeli ve dikkate almalıdır.

SETAF2018'de yansız düzlem belirlenerek negatif çeper sürtünme zonu belirlenir. Bu bölge içindeki zeminin uzun dönem sıkışması hesaplanır. Elde edilen değer sürtünmenin uyanması için gerekli limit değer üzerinde ise kolondaki negatif çeper sürtünme kuvveti P_n hesaplanır. elde edilen P_n ile ilave oturmalar belirlenir. Negatif çeper sürtünmesinin tümüyle mobilize olması için gereken limit değer, kullanıcı tarafından belirlenebilir. Varsayılan değer 10mm'dir. “Negatif Çeper Sürtünmesi” seçeneği işaretli değil ise negatif çeper sürtünmesi dikkate alınmaz.



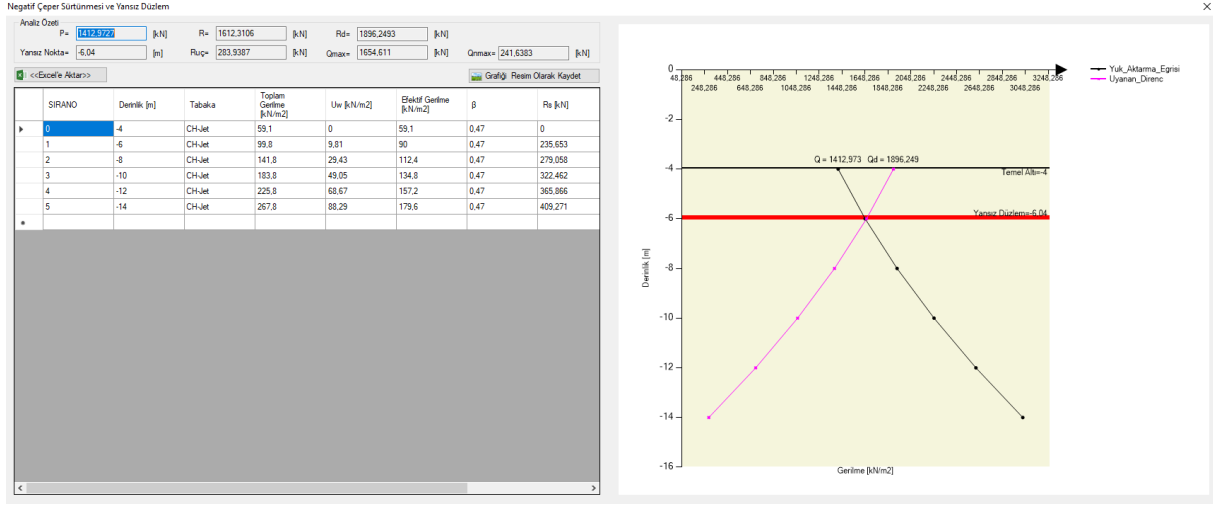
16.8.1. Yansız Düzlem

Zemin içerisindeki bir rijit kolonun işlevini yerine getirebilmesi için çevresindeki zeminle farklı hareketler yapması gerekir.



Şekil 103.Rijit Kolon Gurubunda Negatif Çeper Sürtünmesi

Bu farklı hareket sonucunda kazık yükü çevresindeki zemine aktarılmış olur (Şekil 103). Kazık üzerindeki yük Q , negatif çeper sürtünmesi q_n ile artarak yansız düzlemde kazığın alacağı en yüksek Q_{max} değerine ulaşır (Şekil 103). Q burada her kazık için P_{grup} ’dan hesaplanır.



Şekil 104. Bir Rijit Kolonda Yansız Düzlemin Belirlenmesi

Bir kazık veya iyileştirme kolonunda program yük aktarma eğrilerini çizer ve yansız düzlemin yerini belirler. Yansız düzlemdeki yük Q_{max} ve P_n değerleri de elde edilir.

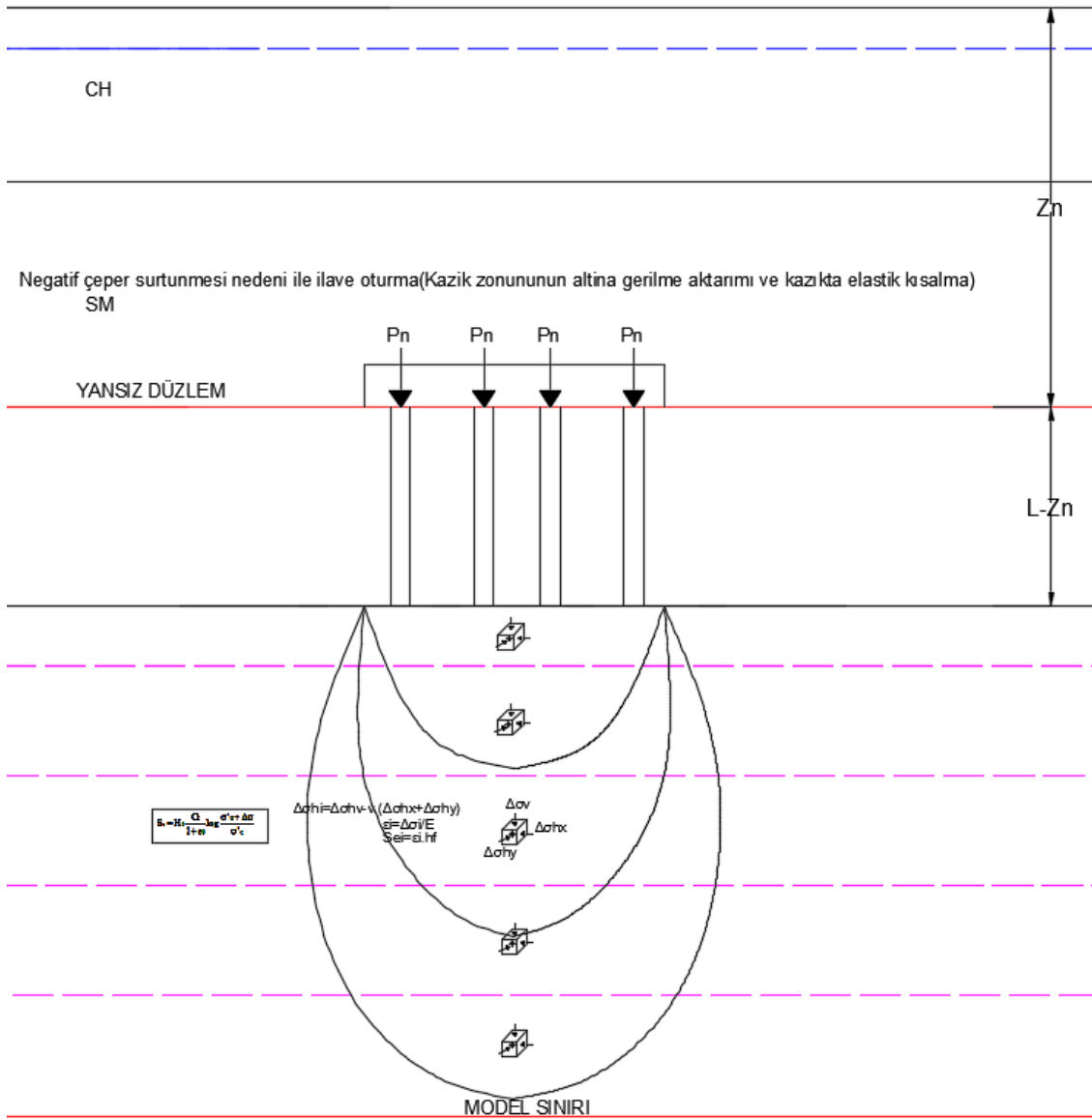
16.8.2. Negatif Çeper Sürtünmesi ile Oluşacak Oturmalar

Kolondaki maksimum kuvvet Q_{max} yansız düzlem düzeyinde belirir ve kolon başına uygulanan kuvvet ile çevresinde konsolide olan kilin veya sıkışan dolgunun sürüklenme kuvvetinin(downdrag) toplamıdır. Hesaplama adımları:

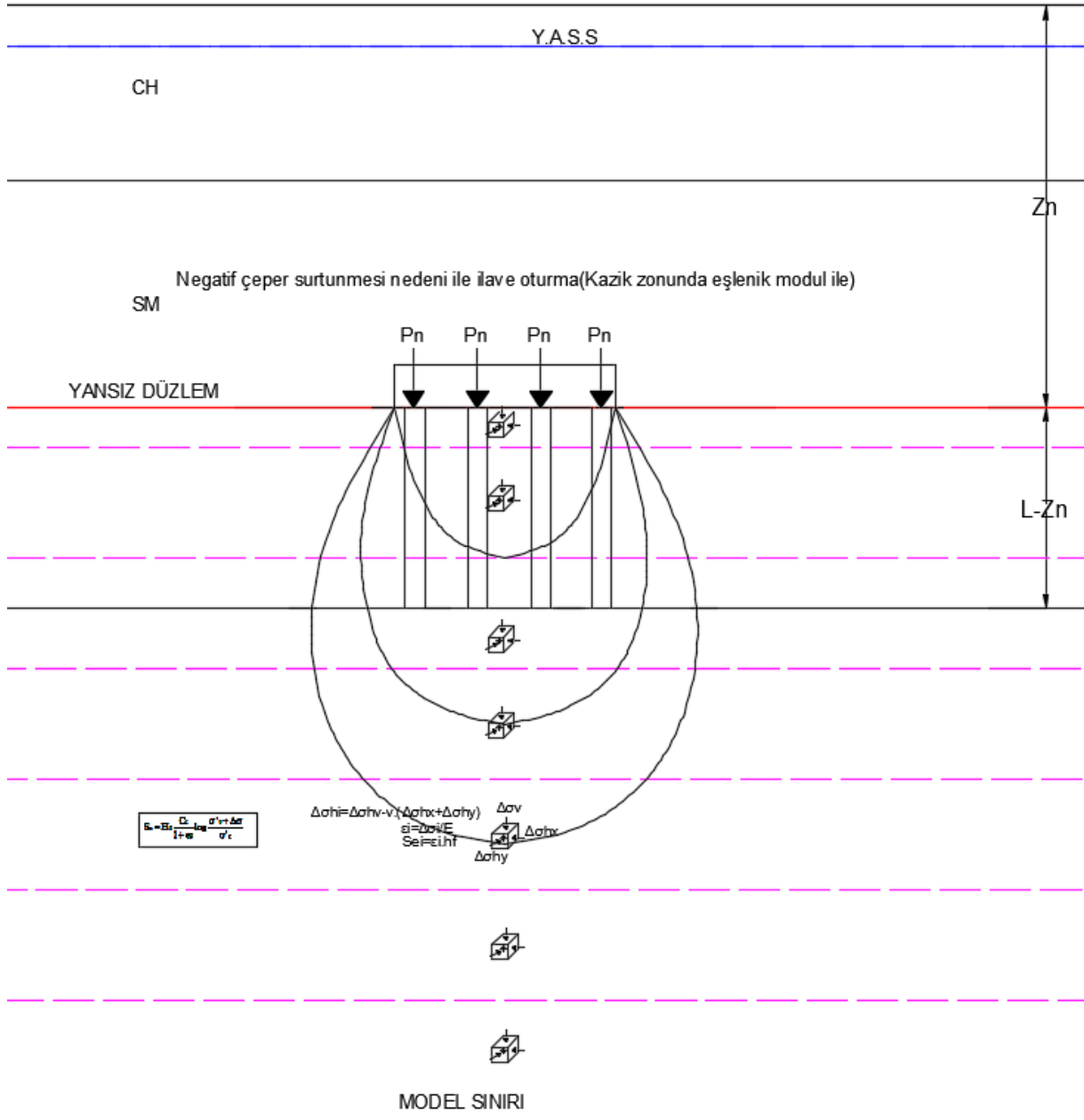
- Analiz yönteminde göre P_{grup} , P_{grunet} , q , q_{net} yüklerinden biri ile oturmalar bölüm 16.3.5'deki ilkelerle elde edilir.
- Tüm kolonlar için yansız düzlemler belirlenir.
- Yansız düzleme kadar olan bölge içinde kolonları çevreleyen zeminin uzun vadeli sıkışması drenajlı analiz ile belirlenir. Bu oturmalar elde edilirken kolon-zemin etkileşim zonunda kompozit modül kullanılır.
- Oturmalar, negatif çeper sürtünmesinin tümüyle uyanması için gerekli limit değerden küçükse tüm kolonlarda negatif çeper sürtünme kuvvetinin mobilize olan kısmı dikkate alınır. Mobilizasyon oranı negatif zon sıkışmasının limit değere bölünmesi ile hesaplanır. Oturmalar limit değere eşit veya üzerinde ise yansız düzlemlerine etki eden P_n değerleri alınır. Bir kolonda P kolon taşıma gücü R_d 'den büyükse oturma hesaplarında P_n hesaplanmaz ve yansız düzlem belirlenmez. Bunu anlamı kolon yükünün taşıma gücünü aşmasıdır.



- P_n değerleri veya P_n değerlerinin toplamı yayılı yüke çevrilerek $L-z_n$ uzunluktaki kolon gurubu için uzun vadeli oturma S_n hesaplanır. Bu oturmalar için gerilme aktarımı için olarak Mindlin-Geddes (Şekil 105) veya Boussinesq yönteminde zemin kolon zonunda eşlenik modül dikkate alınarak kullanılabilir. Bu uzun vadeli oturmalar drenajlı mekanik özelliklerle elastik yöntem kullanılarak hesaplanır. Gurup ve tekil kolon taşıma gücüne göre kolon gurubunun yetersiz olması durumunda ilave negatif çeper oturması hesaplanmaz.



Şekil 105. Negatif Çeper Sürtünme Etkisi ile İlave Oturmalar. Mindlin-Geddes Yöntemi



Şekil 106. Negatif Çeper Sürtünme Etkisi ile İlave Oturmalar. Boussinesq Yöntemi. Zemin-Kolon Zonunda Eşlenik Modül



16.9. Presiyometre Düzeltmeleri (MPM)

SETAF2018’de zemin profillerinde tanımlanan presiyometre sonuçları ile net limit basınçlar,

$$P_L^* = P_L - \sigma_h \quad (161)$$

ile hesaplanır.

P_L : Limit basınç

σ_h : Yatay toplam gerilme

P_L^* : Net limit basınç

16.10. SPT Düzeltmeleri

E_m : Şahmerdan verimi

C_B : Kuyu Çarpanı

C_S : Numune alma faktörü

C_R : Tij uzunluğu katsayısı

C_E : Enerji oranı düzeltme katsayısı

z : Derinlik

σ'_{vo} : Düşey efektif gerilme

SPTN: İlk 150mm lik penetrasyondan sonra 300mm penetrasyon için gerekli vuruş sayısıdır

C_N : Örtü yükü düzeltme katsayısı

N_1 : Örtü yükü düzeltme katsayısı ile düzeltilmiş vuruş sayısı

N_{160} : Düzeltilmiş vuruş sayısı

SPT düzeltmeleri:

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{vo}}} \leq 1.70 \quad (162)$$

$$N_1 = C_N \times SPTN \quad (163)$$



$$N_{1,60} = (E_m \times C_B \times C_S \times C_R \times C_N \times SPTN) / 0,60 \quad (164)$$

$$C_E = E_m / 0,60 \quad (165)$$

16.11. Sıvılaşma Kontrolü

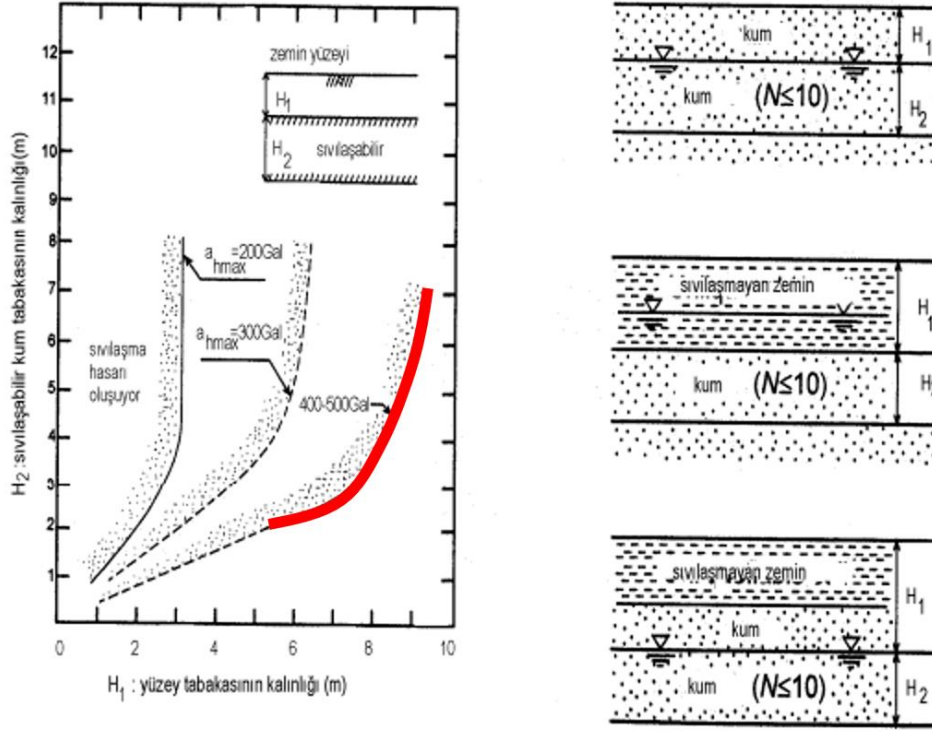
Sıvılaşma potansiyeli, kum ve çakıl zeminlerde **TBDY 2018'e**, ince daneli zeminlerde ise **Ishihara** ve **Adapazarı** kriterlerine göre belirlenir. Bir SPTN profiline ait tüm noktalar için sıvılaşma potansiyeli değerlendirilir. **Sıvılaşabilir zemin derinliği**, yer altı su seviyesinin altında kalan ve yüzeyden itibaren **en fazla 20 metre** derinliğe kadar olan zemin kalınlığıdır.

16.11.1. Adapazarı Kriteri

İnce daneli bir zeminin($FC > \%50$) sıvılaşabilmesi için aşağıdaki kriterlerin tümünün sağlanması gerekir:

- Sıvılık indisi $I_L > 0,9$ veya $(w_n/w_L) > 0,9$
- Likit limit $w_L \leq \%33$
- Plastisite indisi $I_p < \%15$
- Kil içeriği $C < \%10$

İshihara kriterine göre, sıvılaşan tabaka yeterli derinlikte ise yüzeye etkisi ulaşmaz. Bu değerlendirme, Şekil 107'de yer alan grafik ile yapılır. Grafiğe, yüzeydeki sıvılaşmayan tabaka kalınlığı (H_1) ve onun altında yer alan sıvılaşabilir tabaka kalınlığı (H_2) girilir. Elde edilen nokta kırmızı sınır eğrisinin üzerinde veya sağında kalıyorsa, **sıvılaşma etkisinin yüzeye ulaşma olasılığı düşük ya da yoktur**.



Şekil 107. Sıvılaşmayan Tabaka Tanımı ve Altındaki Sıvılaştırılabilir Tabaka: Ishihara Kriteri

16.11.2. TBDY2018’de Sıvılaşma Kriteri

TBDY 2018’e göre sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerde aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır:

- $I_p \leq \%12$
- Kum, çakıllı kum, siltli killi kum, NP silt ve silt-kum karışımları
- $N_{1,60} < 30$
- Deprem tasarım sınıfı DTS= 4 olduğu durumlarda:
 - (a) Kil içeriği $C \leq \%20$
 - (b) İnce oranı $FC \leq \%35$ ve $N_{1,60} < 20$ olan kumlu zeminlerde

**16.11.3. İri Daneli Zeminde Sıvılaşma Değerlendirmesi**

TBDY EK16B'deki yöntemle sıvılaşma değerlendirme hesapları yapılmaktadır. Seçilen sondaj kuyusundaki SPT profili ile hesaplar gerçekleştirilir.

İnce dane içeriğine göre N_{160f} :

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (166)$$

$$\alpha=0; \quad \beta=1 \quad (IDI \leq \%5)$$

$$\alpha = \exp\left[1,76 - \left(190/IDI^2\right)\right]; \quad \beta = 0,99 + IDI^{1,5} / 100 \quad (\%5 < IDI < \%35)$$

$$\alpha=0,5; \quad \beta=1,2$$

Sıvılaşma direnci:

$$\tau_R = CRR_{M7,5} C_M \sigma'_{v0} \quad (167)$$

Moment büyüklüğü 7,5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı:

$$CRR_{M7,5} = \frac{1}{34 - N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60f}}{135} + \frac{50}{\left[10N_{1,60f} + 45\right]^2} - \frac{1}{200} \quad (168)$$

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı:

$$C_M = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \quad (169)$$

Zeminde oluşan kayma gerilmesi:

$$\tau_{deprem} = 0,65 s_{v0} (0,4 S_{DS}) r_d \quad (170)$$

Gerilme azaltma katsayıları:

$$r_d = 1,0 - 0,00765z \quad z \leq 9,15$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267z \quad 9,15m < z < 30m$$

$$r_d = 0,744 - 0,008z \quad 23m < z < 30m$$

$$r_d = 0,50 \quad z > 30m$$



Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu:

$$\frac{\tau_R}{\tau_{\text{deprem}}} \geq 1,10 \quad (171)$$

Sıvılaşma sonrası oluşacak yüzey oturması Tokimatsu ve Seed (1987) yöntemi ile hesaplanır.

16.11.4. Sıvılaşma Sonucu Oturma

Deprem yüklerine maruz kalan kumların, sıkılaşma eğilimi bulunmaktadır. Alt zeminlerde oluşan sıkılaşma, zemin yüzeyinde oturma şeklinde kendini gösterir. Programda yüzey oturmasının hesabı için kullanılan yöntem Tokimatsu ve Seed (1987) yöntemidir. SPTN değerine karşılık gelen birim hacim değişimi ε_h :

- $N_{1,60} = 2,5 \rightarrow \varepsilon_h = \%10$
- $N_{1,60} = 5 \rightarrow \varepsilon_h = \%5$
- $N_{1,60} = 7,5 \rightarrow \varepsilon_h = \%4$
- $N_{1,60} = 10 \rightarrow \varepsilon_h = \%3$
- $N_{1,60} = 14 \rightarrow \varepsilon_h = \%2$
- $N_{1,60} = 28 \rightarrow \varepsilon_h = \%1$
- $N_{1,60} = 32 \rightarrow \varepsilon_h = \%0,5$
- $2,5 < N_{1,60} < 5 \rightarrow \varepsilon_h = -2 N_{1,60} + 15$
- $5 < N_{1,60} < 10 \rightarrow \varepsilon_h = -0,4 N_{1,60} + 7$
- $10 < N_{1,60} < 14 \rightarrow \varepsilon_h = -0,25 N_{1,60} + 5,5$
- $14 < N_{1,60} < 28 \rightarrow \varepsilon_h = -0,071 N_{1,60} + 2,99$
- $28 < N_{1,60} < 32 \rightarrow \varepsilon_h = -0,125 N_{1,60} + 4,5$

Yüzeydeki oturma:

$$S_i = \frac{\varepsilon_h}{100} \times \Delta z$$

$$S_t = \sum_{\text{taban}}^{YASS} S_i$$

Δz : Etkin zemin yüksekliği

S_i : SPTN değerine karşılık gelen oturma miktarı



S_t : Zemin yüzeyindeki toplam oturmadır.

16.11.5. İyileştirilmiş Zeminde Sıvılaşma Değerlendirmesi

Jet enjeksiyon, DSM , beton-betonarme kazık, mikro kazık gibi rijit kolonlu iyileştirilmiş zeminlerde SPT deney sonuçları ile sıvılaşma direnci hesaplanır.

Baez (1995) zemin içerisine yerleştirilen rijit kolonlarda deprem halinde zemin ile aynı birim kayma deformasyonları oluşacağı ve depremden kaynaklanan kayma gerilmelerinin kolonları çevreleyen zemin ve rijit kolon tarafından paylaşılacağını ifade etmektedir. Bu durumda depremde oluşan kayma gerilmeleri, kolon ile zemin arasındaki rijitlik farkı nedeniyle daha rijit olan kolonlar üzerinde yoğunlaşacaktır. Bu yaklaşımda

$$\gamma_s = \gamma_c \quad (172)$$

$$\frac{\tau_s}{G_s} = \frac{\tau_c}{G_c} \quad (173)$$

geçerli olacaktır.

Burada:

γ_s : Zemindeki kayma birim deformasyonu

γ_c : Kolondaki kayma birim deformasyonu

τ_s : Zemindeki kayma gerilmesi

τ_c : Kolondaki kayma gerilmesi

G_s : Zemin kayma modülü,

G_c : Kolon kayma modülü,

Kuvvetler dengesi prensibine göre deprem durumunda kompozit sistemdeki (kolon + zemin) toplam kayma kuvveti, zemindeki ve kolondaki kayma kuvvetlerinin toplamıdır.

$$\tau_d A_t = \tau_s \times A_s \quad (174)$$

τ_d : Deprem yarattığı kesme gerilmesi

A: Toplam alan



A_s : Zemin alanı

A_c : Kolonların toplam kesit alanı

Bu değerler kullanılarak alan oranı a_r ve kayma modulu oranı G_r hesaplanır.

$$a_r = \frac{a_c}{A} \quad (175)$$

$$G_r = \frac{G_c}{G_s} \quad (176)$$

Baez (1995) sivilaşmaya karşı zeminde teşkil edilen kolonların deprem kayma gerilmelerindeki etkisini iyileşme sonrası azalacak olan deprem kayma gerilmelerinin orijinal zemindeki kayma gerilmelerine oranı olarak tanımlanan K_g azaltma faktörü ile ifade etmiştir.

$$K_g = \frac{\tau_s}{\tau_d} \quad (177)$$

Yapılan araştırmalar sismik kayma birim deformasyon oranını (γ_r : rijit kolondaki kayma birim deformasyonun zemindeki kayma birim deformasyonuna oranı) tanımlayarak sonlu eleman analizi sonuçlarına göre zemin ve kolonun kayma birim deformasyonlarının uyumlu olmaması durumu için:

$$\gamma_r = 1.04G_r^{-0.65} - 0.04 \leq 1 \quad (178)$$

bağıntısı ile belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

Azaltma faktörleri analitik olarak da uyumlu deformasyon durumunda:

$$K_g = \frac{1}{G_r a_r + (1 - a_r)} \quad (179)$$

uyumlu olmayan deformasyon durumunda:

$$K_g = \frac{1}{\gamma_r G_r a_r + (1 - a_r)} \quad (180)$$

ile hesaplanabilir.

SETAF yazılımında uyumlu ($\gamma_r=1$) ve uyumlu olmayan deformasyon durumları için hesaplar yapılır.

**16.12. Korelasyonlar**

SETAF2018’de malzeme verileri fiziksel ve mekanik özelliklere bağlı korelasyonlarla elde edilip veri girişi yapılabilir.

Sıkışma İndisi C_c

$$\text{Skempton, 1944} \quad 0,009(w_L - 10) \quad (181)$$

$$\text{Azzoz et al, 1976} \quad 0,40(e_0 - 0,25) \quad (182)$$

$$\text{Azzoz et al, 1976} \quad 0,01(w_n - 5) \quad (183)$$

$$\text{Azzoz et al, 1976} \quad 0,37(e_0 + 0,003w_L - 0,34) \quad (184)$$

$$\text{Wood and Wroth, 1978} \quad 0,5G_s (I_p / 100) \quad (185)$$

$$\text{Nagaraj and Murthy, 1986} \quad 0,00234 \times w_L \times G_s \quad (186)$$

Yeniden Yükleme İndisi C_r

$$\text{Azzouz et al, 1976} \quad 0,15(e_0 + 0,007) \quad (187)$$

$$\text{Azzouz et al, 1976} \quad 0,003(w_n + 7) \quad (188)$$

$$\text{Azzouz et al, 1976} \quad 0,126(e_0 + 0,003w_L - 0,06) \quad (189)$$

$$\text{Nagaraj and Murthy, 1986} \quad 0,000463w_L \cdot G_s \quad (190)$$

$$C_c / 7 \quad (191)$$

OCR

$$\text{Kulhawy and Mayne, 1990} \quad (p_{atm} / \sigma'_z) \times 10^{(1,11 - 1,62I_L)} \quad (192)$$

Ön Konsolidasyon Basıncı σ'_c

Nagaraj and Srinivasa Murthy (1985,1986)

$$\log_{10} \sigma'_c = 5,97 - 5,32 \cdot \left(\frac{w_n}{w_L} \right) - 0,25 \cdot \log_{10} \sigma'_c \quad (193)$$

$$\sigma'_c = 3.78S_u - 2,9 \quad (\text{birim kPa}) \quad (194)$$



Drenajsız Kayma Direnci S_u

$$\text{NL Killer Skempton 1957 } \sigma'_v (0,11+0,0037I_p) \quad (195)$$

$$\text{NL Killer Ladd 1957 } \sigma'_v (0,129+0,00435 \times I_p) \text{OCR}^{0,8} \quad (196)$$

Kayma Direnci Parametreleri c', ϕ'

$$c' = 0,10 \cdot c_u \quad (197)$$

$$\phi' = 45 - (I_p / (0,5 + 0,04I_p)) \quad (198)$$

Kayma Modülü G

$$\frac{G_{\text{sec}}}{P_{\text{atm}}} \cong \frac{2,5}{1+\nu} N_{1,60} \quad (199)$$

$$\frac{G_{\text{sec}}}{P_{\text{atm}}} \cong \frac{5}{1+\nu} N_{1,60} \quad (200)$$

$$\frac{G_{\text{sec}}}{P_{\text{atm}}} \cong \frac{7,5}{1+\nu} N_{1,60} \quad (201)$$

PI(%)		0	20	40	60	80	≥ 100
A		0	0,81	0,30	0,41	0,48	0,5

$$\frac{G_{\text{max}}}{P_{\text{atm}}} = 321 \frac{(2,97-e)^2}{1+e} \text{OCR}^A \left(\frac{\rho'_0}{P_{\text{atm}}} \right)^{0,5} \quad (202)$$

Derin Karıştırma

$$\text{Islak karıştırma } E_{dm} = 300 \times q_u \text{ (U.S. Department of Transportation, 2013)} \quad (203)$$

$$\text{Kuru karıştırma } E_{dm} = 150 \times q_u \text{ (U.S. Department of Transportation, 2013)} \quad (204)$$

Jet Enjeksiyon

$$\text{Kumda } E_c = 7 + 8.1(w:c)^2 \quad (205)$$



$$\text{Kilde} \quad E_c = 2 + 3.6(w : c)^2 \quad (206)$$

$$\text{Kumda} \quad E_c = 800q_u^{0.5} \quad (207)$$

$$\text{Kilde} \quad E_c = 500q_u^{\left(\frac{2}{3}\right)} \quad (208)$$
$$E_c = \beta_e \times 200$$

16.13. Kazı Destek Yapıları

Bu modülde, **betonarme kazıklı** ve **perde duvarlı** kazı destek sistemlerinin analizleri yapılmaktadır.

Analiz kapsamında aşağıdaki hesap ve kontroller gerçekleştirilir:

- Duvar deplasman kontrolü
- Ankrajlarda:
 - Enjeksiyon-zemin arayüzü sıyrılma kontrolü
 - Tendon-enjeksiyon arayüzü sıyrılma kontrolü
 - Kopma ve iç stabilite kontrolleri
- Duvarda yapısal betonarme hesapları
- Toptan göçme (dış stabilite) kontrolü

Ayrıca, **çelik boru destekler** için:

- Burkulma kontrolü
- Boru/betonarme mesnet birleşim hesapları gerçekleştirilerek tasarım tamamlanır.



16.13.1. Sayısal Analiz Modeli

Program, “bağlı basınçlar yöntemi”ni kullanarak duvara etki eden basınçları belirler. Yapıya uygulanan itki ve yük, duvarın ötelenme miktarına bağlı olarak türetilir($K_0 \rightarrow K_a$ veya $K_0 \rightarrow K_p$), bu da davranışını gerçekçi bir şekilde modellemeyi ve uygun maliyetli tasarımlar sağlar. Analiz, duvarın deformasyonların kademeli gelişimi ve ankrajların sonradan gerilmesi dahil olmak üzere, sistemin imalat aşamalarını hesaba katar. Bağlı basınçlar yönteminin kullanılması, doğrusal veya doğrusal olmayan olarak değiştiği kabul edilen zemin yatak katsayısının belirlenmesini gerektirir.

Program ayrıca kullanıcının ankraj sisteminin iç stabilitesini kontrol etmesine de olanak tanır.

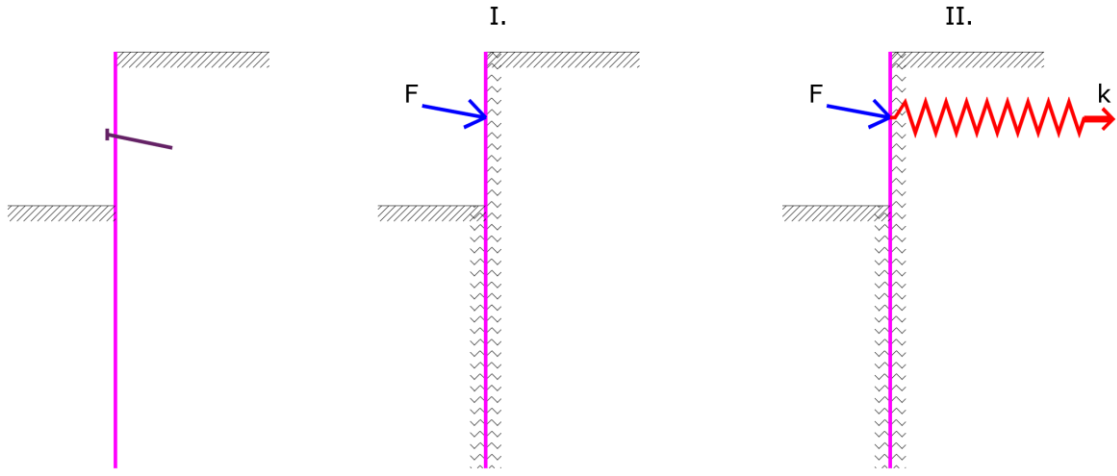
Analiz, matris-deplasman yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir. Yer değiştirmeler, iç kuvvetler ve zemin yatak katsayısı ayrı düğüm noktalarında değerlendirilir.

Yapıyı sonlu elemanlara bölmek için aşağıdaki metodoloji uygulanır:

- İlk olarak, düğüm noktaları bir yapının tüm topolojik noktalarına (başlangıç ve bitiş noktaları, ankraj noktaları, kazı düzlem noktaları, kesit parametrelerinin değişim noktaları) eklenir.
- Kalan düğüm noktaları, tüm elemanlar yaklaşık olarak aynı boyuta ulaşacak şekilde eklenir.

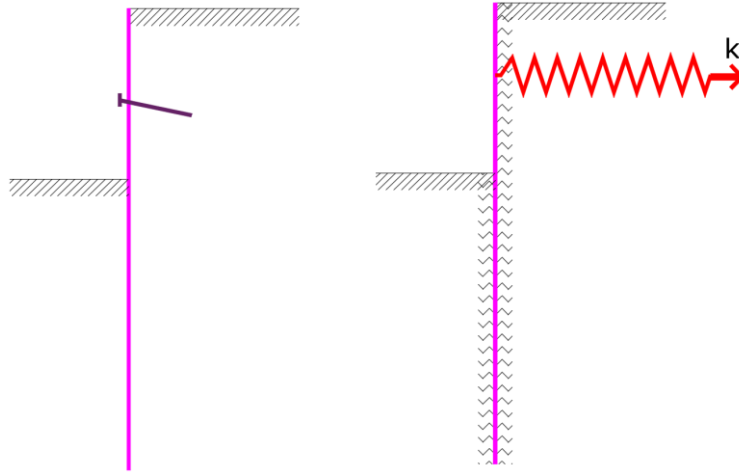
Her elemana bir zemin yatak katsayısı değeri atanır. Zemin elastik Winkler yayı olarak kabul edilir. Destekler deforme olmuş yapıya sonradan yerleştirilir. Her destek daha sonra yapıya uygulanan zorunlu bir yer değiştirmeyi temsil eder.

Öngermeli ankrajların tanıtıldığı yapım aşamasında, ankraj kuvvet olarak modellenir(Şekil 108'daki I. durum). Diğer yapım aşamalarında, ankrajlar, k yay katsayılı (Şekil 108'daki II. durum) ve kuvvetle modellenmiş yaylardır:



Şekil 108. Öngermeli ankraj modeli

Öngörme kuvveti olmayan ankrajlar tüm inşaat aşamalarında her zaman yay olarak modellenir. Ankrajdaki kuvvet, yapının deformasyonundan ve ankrajın rijitliğinden hesaplanır:



Şekil 109. Öngermesiz ankraj modeli

Ankraj kuvvetinin deformasyona bağlı değişimi:

$$\Delta F = \frac{k \cdot v \cdot \Delta w}{\cos \alpha} \quad (209)$$

$$k = \frac{E \cdot A}{L} \quad (210)$$

Burada:

v - Ankrajlar arasındaki yatay mesafe

Δw – Ankraj noktasındaki deformasyon artışıdır.



E – Ankraj elastisite modülü

A – Ankraj kesit alanı

l – Ankraj uzunluğu

k – Ankraj rijitliği

α – Ankraj eğimi

16.13.2. Bağlı Basınçlar Yöntemi

Yöntemin temel varsayımı, duvarın çevresindeki zemin veya kayanın ideal elasto-plastik Winkler malzemesi gibi davranmasıdır. Bu malzeme, elastik bölgedeki deformasyonu karakterize eden zemin yatay yataksayısı k_h ve ilave sınırlayıcı deformasyonlar tarafından belirlenir. Bu deformasyonlar aşıldığında malzeme ideal plastik gibi davranır.

Aşağıdaki varsayımlar kullanılır:

- Bir duvara etki eden basınç, aktif ve pasif basınç arasında bir değere ulaşabilir - ancak bu sınırların dışına çıkamaz.
- Sükunetteki basınç, deforme olmamış bir yapıya etki eder ($w = 0$).

Deforme olmuş bir yapıya etkiyen basınç şu şekilde verilir:

$$\sigma = \sigma_r - k_h \cdot w \quad (211)$$

$\sigma < \sigma_a$ durumunda $\sigma = \sigma_a$ alınır.

$\sigma > \sigma_p$ durumunda $\sigma = \sigma_p$ alınır.

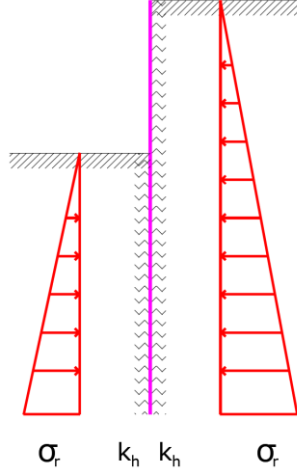
Burada:

- σ_r - Sükunetteki basınç
- k_h - Yatak katsayısı
- w - Yapının deformasyonu
- σ_a - Aktif toprak basıncı
- σ_p - Pasif Toprak basıncı



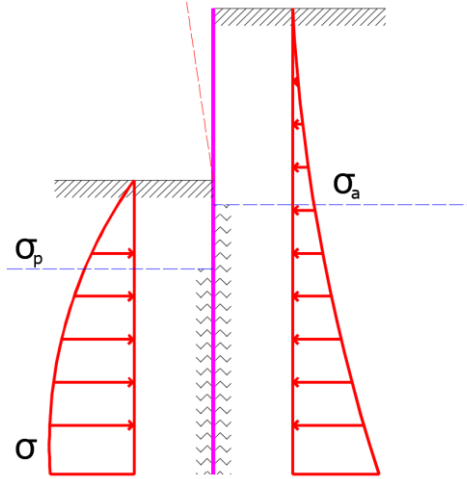
Hesaplama prosedürü aşağıdaki gibidir:

- Tüm elemanlara yatay yatak katsayısı k_h atanır ve yapı, hareketsiz durumdaki basınç tarafından yüklenir -Şekil 110:



Şekil 110. Birinci iterasyon adımı öncesi analiz modeli

- Analiz yapılır ve duvara etki eden izin verilen basınç büyüklüklerinin durumu kontrol edilir. Bu koşulların ihlal edildiği yerlerde program $k_h = 0$ değerini atar ve duvar sırasıyla aktif veya pasif basınçla yüklenir - Şekil 111



Şekil 111. İterasyon süresince analiz modeli

Yukarıdaki iterasyon, duvardaki yatay basınçların dengesi sağlanana kadar devam ettirilir.

İnşaatın sonraki aşamalarının analizlerinde, program duvarın plastik deformasyonunu hesaba katar. Bu aynı zamanda, gerçek inşaat sürecine uygun inşaat aşamalarının belirtilmesinin nedenidir.



16.13.3. Yatay Yatak Katsayıları

Sayısal analizde farklı yöntemlerle hesaplanan yatak katsayıları kullanılır. Program kullanıcı girişine bağlı olarak Schmitt ve Chadeisson yöntemleri ile yatak katsayılarını hesaplar.

16.13.3.1. Schmitt Yöntemi

Zemin odometre modülü ve duvar eğilme rijitliğine bağlı olarak yatak katsayısı hesaplanır.

$$k_h = 2,1 \left(\frac{E_{oed}^{4/3}}{(EI)^{1/3}} \right) \quad (212)$$

E: Duvar elastisite modülü $[F/L^2]$,

I: Duvar atalet momenti $[L^4]$,

E_{oed} : Zemin odometre modülü $[F/L^2]$,

16.13.3.2. Chadeisson Yöntemi

$$k_h = \left[20EI \left(\frac{K_p \gamma \left(1 - \frac{K_o}{K_p} \right)}{0,015} \right)^4 \right]^{\frac{1}{5}} + A_p c' \frac{\tanh \left(\frac{c'}{30} \right)}{0,015} \quad (213)$$

EI : Duvarın eğilme rijitliğidir. $[F.L^2/L]$

γ : Zemin birim hacim ağırlığı $[F/L^3]$

K_p : Pasif basınç katsayısı

K_o : Sükunette toprak basıncı katsayısı

c' : Efektif kohezyon $[F/L^2]$

A_p : Kohezyon etki katsayısı. 1 – 15 arasında bir değerdir.



16.13.4. Toprak Basınçları

Duvara etkiyen basınçlar hesaplanırken duvar hareketsiz durumda iken duvarın arkasında ve önünde sükunette toprak basıncı σ_r , aktif basınç σ_a ve pasif basınç σ_p tanımlanan tüm inşaat aşamaları için hesaplanır. Bağlı basınçlar yöntemine göre yerdeğiştirmelerden türetilen duvara etkiyen basınçlar σ_a ve σ_p sınır değerlerini geçemez. Toprak basınçları için Rankine veya Coulomb teorileri kullanılır. Aktif ve pasif toprak basınçları duvar arkasında ve önünde efektif gerilme analizinde:

$$\sigma_a = \sigma'_z \cdot K_a - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a} \quad (214)$$

$$\sigma_p = \sigma'_z \cdot K_p + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p} \quad (215)$$

Toplam gerilme analizinde yatay aktif toplam basınç:

$$\sigma_{x,a} = \sigma_z - K_u \cdot c_u \quad (216)$$

Yatay pasif toplam basınç:

$$\sigma_{x,p} = \sigma_z + K_u \cdot c_u \quad (217)$$

Sükunette yatay toprak basıncı:

$$\sigma_r = \sigma'_z \times K_r \quad (218)$$

K_r : Sükunette toprak basıncı katsayısı,

K_a : aktif basınç katsayısı,

K_p : pasif basınç katsayısı,

K_u : toplam gerilmeler için aktif ve pasif toprak basıncı katsayısı

16.13.5. Rankine Teorisi

Analiz ayarlarında “Rankine Teorisi” seçilirse duvar arkasında ve önünde aktif basınçlar bu teoriye göre belirlenir. Aktif basınç katsayısı arazi eğimi β ve efektif kayma direnci açısı ϕ 'ye göre:



$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad (219)$$

ile belirlenir. Pasif basınç katsayısı da:

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad (220)$$

denklemleri ile elde edilir. Rankine çözümünde duvarla zemin arasında bir sürtünme olmadığı kabul edildiği için aktif basıncın eğimi arazi eğimine eşit alınır. $\beta=0$ için denklemler:

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (221)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (222)$$

halini alır.

16.13.6. Coulomb Teorisi

Yapı arka yüzeyinin düşeyle yaptığı açı α , arazi eğimi β , efektif kayma direnci açısı ϕ ve duvar-zemin sürtünme açısı δ ile aktif ve pasif basınç katsayıları hesaplanır.

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos^2(\alpha + \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2} \quad (223)$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos^2(\delta - \alpha) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2} \quad (224)$$

$\alpha=0$ ve $\delta=\beta$ için Rankine sonuçları ile aynıdır.

16.13.7. Toplam Gerilmelerle Basınç Katsayıları

Aktif ve pasif toprak basıncı katsayısı toplam gerilme analizinde:

$$K_u = 2 \cdot \sqrt{1 + \frac{\alpha_u}{c_u}} \quad (225)$$



denklemleri ile hesaplanır. Burada:

α_u : adhezyon,

$S_u(c_u)$: drenajsız kayma direnci

Aktif veya pasif toprak basıncı için toplam gerilme durumunda analiz yapılırken, zeminin drenajsız kayma direnci c_u ve zeminin duvar yüzeyine yapışması adhezyon α 'yı dikkate almak gerekir. Yapışma değeri α genellikle c_u 'nın bir kısmı olarak kabul edilir. (109) ve (110) denklemleri ile hesaplanır.

16.13.8. Sükunette Toprak Basıncı Katsayısı

Duvarın hareket olmadığı durumda etkiyen yatay toprak basıncını belirlemek için K_r katsayısı, kullanıcı tanımlı belirtilmediği durumda,

aşırı konsolide zeminlerde,

$$K_r = 0.5 \times \sqrt{OCR} \quad (226)$$

iri daneli zeminlerde:

$$K_r = 1 - \sin \phi' \quad (227)$$

ince daneli zeminlerde:

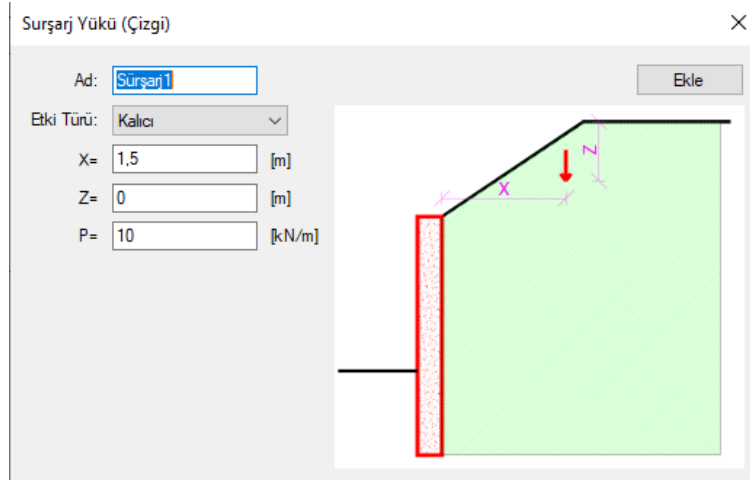
$$K_r = \frac{v}{1-v}$$

16.13.9. Sürşarj Yükleri(Dış yükler)

Programda duvar arkasında noktasal, çizgisel, şerit ve alan tipinde sürşarj yükleri etki ettirilebilir. Sürşarj yükünden duvar-zemin ara yüzeyindeki yatay gerilme artışları hesaplanarak toprak basınçları σ_a , σ_p ve σ_r 'ye eklenir.

16.13.9.1. Noktasal Yük

Duvar arkasında tanımlanan noktasal yükün (F) duvar-zemin ara yüzeyindeki yatay gerilme artışı (Boussinesq) ile hesaplanır (bölüm 16.2.1).

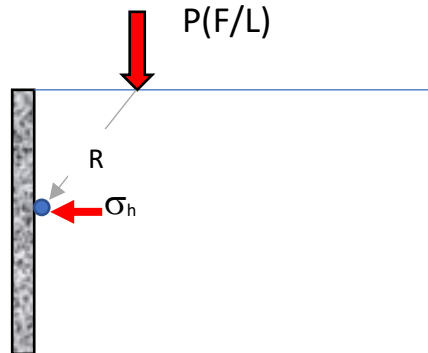
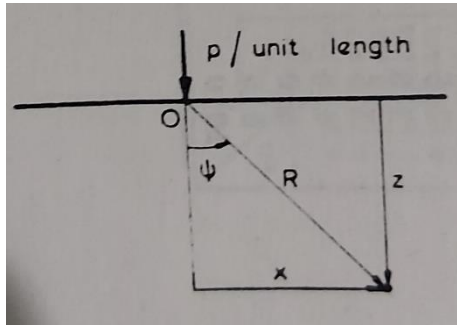


Şekil 112 Sürşarz Yüğü (Çizi)

16.13.9.2. Çizgi Yüğü

Duvar arkasında duvara paralel sonsuz uzunlukta çizgisel yük(F/L) tanımlanır. Entegrasyonu yapılmış Boussinesq denklemi ile duvar-zemin ara yüzeyindeki yatay gerilme artışı hesaplanır.

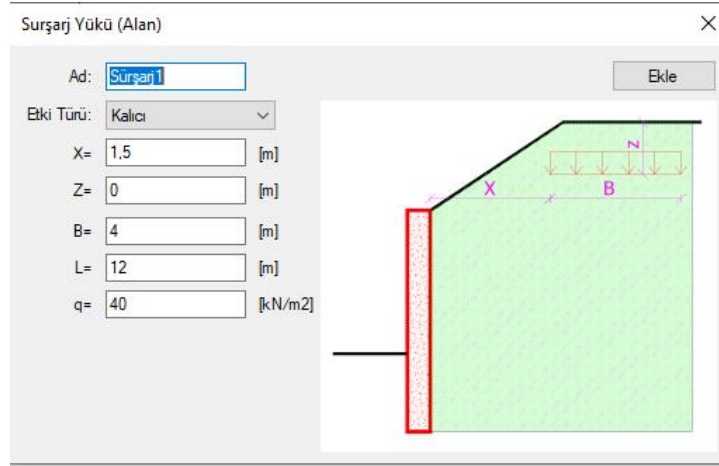
$$\sigma_x = \frac{2p}{\pi} \cdot \frac{x^2 \cdot z}{R^4} \quad (228)$$





16.13.9.3. Alan Yük

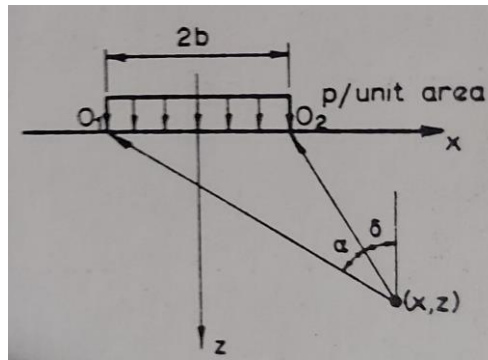
Duvar arkasında B genişliğinde L uzunluğunda yük(F/L^2) tanımlanır. Yükün duvar-zemin ara yüzeyindeki yatay gerilme artışını veren Boussinesq denklemi (bölüm 16.2.1) dikdörtgen yayılı yük için sayısal analiz ile entegre edilir.



Şekil 113Sürşarz Yüğü (Alan)

16.13.9.4. Şerit Yük

Duvar arkasında B genişliğinde duvara paralel sonsuz uzunlukta düzgün yayılı yük(F/L^2) tanımlanır.



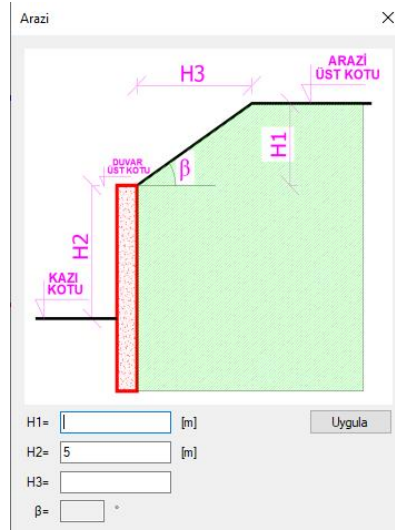
$$\sigma_x = \frac{P}{\pi} \cdot [\alpha - \sin \alpha \cos(\alpha + 2\delta)] \quad (229)$$



denklemleri ile yükün duvar-zemin ara yüzündeki yatay gerilme artışı hesaplanır. α ve δ radyandır.

16.13.9.5. Trapez Yük

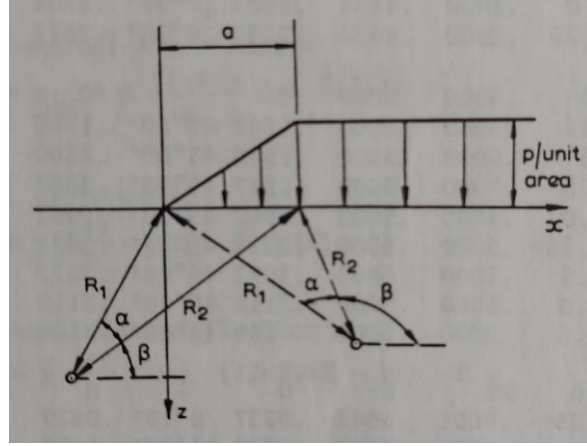
Programda şekildeki arazi tipinde duvar üstündeki zemin yüksekliği trapez yük olarak dikkate alınır.



Şekil 114. Trapez Yük Olarak Etkitilen Arazi Tipi

Yarı sonsuz yüzeyde yükleme sonucu yatay gerilme artışı, α ve β radyandır (Şekil 115).

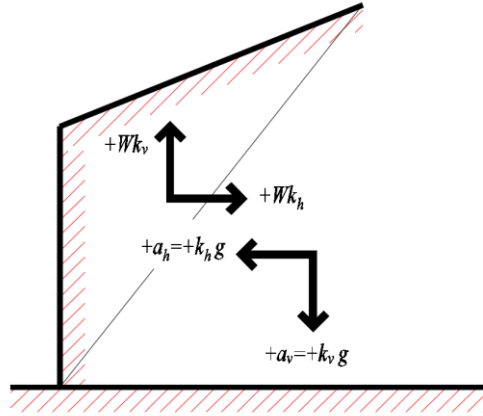
$$\sigma_x = \frac{p}{\pi a} \left[\alpha \beta + x \alpha + 2z \log_e \frac{R_2}{R_1} \right] \quad (230)$$



Şekil 115. Yarı Sonsuz Yüzeyde Yükleme Sonucu Gerilme Artışı

16.13.10. Deprem Etkisi

Duvar arkasındaki belirli bir zemin kamasının ağırlığı yatay sismik ivme katsayısı ile çarpılarak duvara etkiyen statik eşdeğer deprem yükü belirlenir. Toprak basınçları için bağımlı basınçlar yöntemi geçerlidir. Programda iki tip deprem analizi bulunmaktadır. Analizler depremli durumda toprak basınçlarını belirleyen teorilerle veya statik eşdeğer deprem yükünü duvara yükleyerek yapılır.



Şekil 116. Deprem etkilerinin yönleri

k_h katsayısının her zaman pozitif olduğu ve etkisinin olumsuz olduğu kabul edilir. k_v katsayısı hem pozitif hem de negatif değer alabilir. Eşdeğer ivme aşağı doğru etki ederse, atalet kuvvetleri $k_v.W_s$ zemin kamasını yukarı kaldırma yönünde olur. Eşdeğer ivme a_v değeri (dolayısıyla k_v katsayısı) ve atalet kuvvetleri $k_v.W_s$ pozitif olarak kabul edilir. Atalet



kuvvetlerinin ivmenin tersi yönünde etkidiği Şekil 116'da görülmektedir. Eğer ivme yukarı doğru kabul edilirse ($-a_v = -k_v \cdot g$) bu durumda atalet kuvvetleri zemin kamasını aşağı bastırır: $-k_v W_s$

Kazı destek yapılarında düşey eşdeğer ivme etkisi $k_v = 0$ alınarak ihmal edilebilir.

k_v : Düşey ivme sismik katsayısı,

k_h : Yatay ivme sismik katsayısı

Sismik atalet açısı k_h ve k_v katsayılarından:

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right) \quad (231)$$

belirlenir.

Sismik etkiler nedeniyle aktif basınçtaki artış:

$$\sigma_{ae,i} = \sigma_{0,i} (K_{ae,i} - K_{a,i}) \quad (232)$$

$$\sigma_{0,i} = \sum_0^H \gamma_i h_i (1 - k_v) \quad (233)$$

γ_i : i. zemin tabakasının birim hacim ağırlığı,

$K_{ae,i}$: i. zemin tabakasının statik-sismik aktif basınç katsayısı,

$K_{a,i}$: Coulomb aktif toprak basıncı katsayısı,

h_i : Zemin tabakası kalınlığı

Sismik etkiler nedeniyle pasif basınçtaki azalma:

$$\sigma_{pe,i} = \sigma_{0,i} (K_{pe,i} - K_{p,i}) \quad (234)$$

$$\sigma_{0,i} = \sum_0^H \gamma_i h_i (1 - k_v) \quad (235)$$



16.13.10.1. Mononobe-Okabe Yöntemi

Deprem analizi duvar arkası ve önündeki aktif basınçları arttırarak, pasif basınçları azaltarak yapılır. Bağlı basınçlar yöntemi geçerlidir. Aktif ve pasif basınçlar K_{ae} ve K_{pe} katsayıları ile hesaplanır.

Aktif basınç katsayısı:

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \psi - \alpha)}{\cos \psi \cos^2 \alpha \cos(\psi + \alpha + \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \psi - \beta)}{\cos(\delta + \psi + \alpha) \cos(-\beta + \alpha)}} \right)^2} \quad (236)$$

Pasif basınç kayısı:

$$K_{pe} = \frac{\cos^2(\phi - \psi + \alpha)}{\cos \psi \cos^2 \alpha \cos(\psi - \alpha + \delta) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \psi + \beta)}{\cos(\delta + \psi - \alpha) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2} \quad (237)$$

Burada:

γ : zemin bir ağırlığı

H: Duvar yüksekliği

θ : Zemin kayma direnci açısı

δ : Duvar-zemin sürtünme açısı

α : Duvar arka yüzü eğimi

β : Duvar arkası arazi eğimi

ψ : Sismik atalet açısı



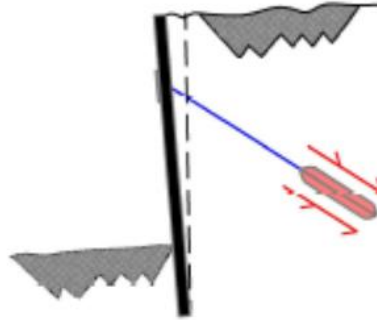
Sismik atalet açısı ψ , aktif toprak basıncı için her zaman kayma direnci açısı ve zemin yüzey eğimi farkına eşit veya daha az olmalıdır (yani $\phi - \beta$). ψ değerleri daha büyükse, program $\psi = \phi - \beta$ değerini varsayar. Pasif toprak basıncı durumunda, sismik kuvvetlerin sapma değeri ψ her zaman iç sürtünme açısının ve zemin yüzeyi eğiminin (yani $\phi + \beta$) toplamından küçük veya ona eşit olmalıdır.

16.13.10.2. Statik – Eşdeğer Deprem Yüklemesi

Duvar arkasındaki belirli bir kayma yüzeyi içerisindeki zemin ağırlığından hesaplanan deprem yükü duvara statik olarak etki ettirilir. Statik eşdeğer deprem yükünün etkiye noktası $0.66 \times H$ mesafesidir. Eşdeğer kuvvet tüm duvar düğüm noktalarına dağıtılır. Bağlı basınçlar yöntemi geçerlidir. Aktif, pasif basınçlar Rankine veya Coulomb yöntemi ile belirlenir.

16.13.11. Ankraj Enjeksiyon Gövdesi-Zemin Arayüzü Sıyrılma Yenilmesi

Analizden elde edilen ankraj kuvvetleri ile enjeksiyon gövdesi-zemin sıyrılma kontrolü yapılır.



Ankraj nihai taşıma kapasitesi:

$$T_f = \pi \cdot D \cdot L_{tb} \cdot \tau_f \quad (238)$$

denklemleri ile belirlenir. Burada:

D: Kök bölgesi etkin çap değeri,

L_{tb} : Halat kök boyu,

τ_f : Ankrajlar için nihai çeper sürtünmesi



Sıyırılma direnci kullanıcı girişi veya nihai çeper sürtünmesi ile hesaplanarak belirlenir. Nihai çeper sürtünmesi kullanıcı girişi veya program tarafından hesaplanarak elde edilir. Çeper sürtünmesi efektif veya toplam gerilmelerle hesaplanır.

Nihai çeper sürtünmesi efektif gerilmelere göre:

$$\tau_f = K_1 \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi' \quad (239)$$

K_1 : Basınçsız enjeksiyon yöntemi ile imal edilen ankrajlar için zemin basıncı katsayısı (1.4 – 2.3) arasında değişmektedir. İnce kum ve siltli zeminlerde rölatif sıkılığın(D_r) yüksek veya düşük olmasına göre (1 - 1.5) değerleri arasındadır.

σ'_v : Ankraj kök orta noktasındaki düşey efektif gerilme

Toplam gerilmelere göre:

$$\tau_f = \alpha_a \cdot S_u \quad (240)$$

α_a : Adhezyon faktörü

S_u : Kök bölgesi boyunca zemin ortalama drenajsız kayma direnci

Nihai çeper sürtünmesi ampirik olarak de aşağıdaki tablolar ile belirlenebilir.

Tablo 3. Kohezyonlu zeminlerde ankrajlar için nihai çeper sürtünme değerleri- τ_f

Ankraj Tipi	Zemin/Enjeksiyon Arayüzeyi İçin Ortalama Nihai Çeper Sürtünme Değerleri- τ_f [MPa]
Düşük Basınçlı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	0.03 – 0.07
Basınçlı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	
Yumuşak Siltli Kil	0.03 – 0.07
Siltli Kil	0.03 – 0.07
Orta-Yüksek Plastisiteli Katı Kil	0.03 – 0.10
Orta-Yüksek Plastisiteli Çok Katı Kil	0.07 – 0.17
Orta Plastisiteli Katı Kil	0.10 – 0.25
Orta Plastisiteli Çok Katı Kil	0.14 – 0.35
Orta Plastisiteli Çok Katı Kumlu Silt	0.28 – 0.38

Tablo 4. Kohezyonsuz zeminlerde ankrajlar için nihai çeper sürtünme değerleri - τ_f

Ankraj Tipi	Zemin/Enjeksiyon Arayüzeyi İçin Ortalama Nihai Çeper Sürtünme Değerleri- τ_f [MPa]
Düşük Basıncılı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	0.07 – 0.14
Basıncılı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	
Orta Sıkı – Sıkı , İnce- Orta Kum	0.08 – 0.38
Orta Sıkı, Orta – İri, Çakıllı Kum	0.11 – 0.66
Sıkı – Çok Sıkı , Orta İri ,Çakıllı Kum	0.25 – 0.97
Siltli Kum	0.17 – 0.41
Sıkı Buzul Birikintisi	0.30 – 0.52
Orta Sıkı – Sıkı Kumlu Çakıl	0.21 – 1.38
Sıkı -Çok Sıkı Kumlu Çakıl	0.28 – 1.38

Tablo 5. Kaya formasyonlarda ankrajlar için nihai çeper sürtünme değerleri - τ_f

Kaya Tipi	Zemin/Enjeksiyon Arayüzeyi İçin Ortalama Nihai Çeper Sürtünme Değerleri- τ_f [MPa]
Granit - Bazalt	1.7 – 3.1
Dolomitik Kireçtaşı	1.4 – 2.1
Yumuşak Kireçtaşı	1.0 – 1.4
Arduvaz ve Sert Şeyller	0.8 – 1.4
Yumuşak Şeyller	0.2 – 0.8
Kumtaşı	0.8 – 1.7
Ayrışmış Kumtaşı	0.7 – 0.8
Tebeşir	0.2 – 1.1
Ayrışmış Marn	0.15 – 0.25
Beton	1.4 – 2.8

Ankraj taşıma kapasitesi T_f kullanıcı tanımlı da programa girilebilmektedir.

16.13.12. Tendon Çekme Yenilmesi

Ankraj çekme dayanımı F_u :

$$F_t = A_t \times f_u \quad (241)$$

$$F_u = Tendonad. \times F_t \quad (242)$$

d_t : Bir tendonun nominal çapı

A_t : Bir tendonun nominal kesit alanı

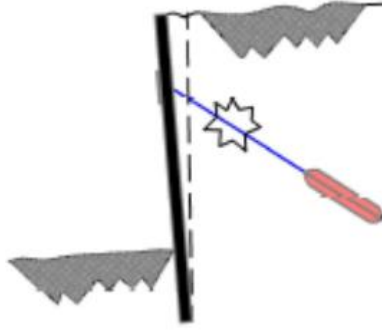


D_s : Ankraj çapı

f_u : Bir tendonun nominal çekme dayanımı [F/L^2]

F_t : Bir tendonun kopma yükü [F]

F_u : Ankraj çekme dayanımı [F]



16.13.13. Ankraj Tendon-Ejeksiyon Gövdesi Sıyırılma Kontrolü

Çelik halatlı ankrajlarda yapılır.

Sıyırılma direnci F_u :

$$F_u = \pi \times D_s \times L_k \times \tau \quad (243)$$

f_c : Enjeksiyon malzemesi basınç dayanımı

τ : Aderans dayanımı

D_s : Ankraj çapı

L_k : Enjeksiyon boyu

Aderans gerilmesi TS500'e göre:

$$\tau = C_1 \times f_{ctd} \quad (244)$$

$$C_1 = \frac{1}{4 \times C_0} \quad (245)$$

$$f_{ctd} = 0.35 \times \sqrt{f_c} \quad (246)$$

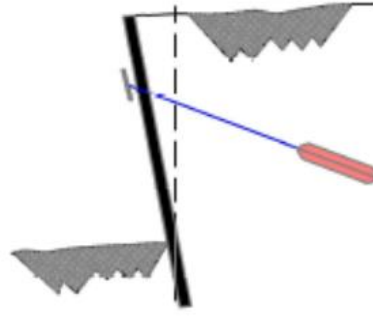
f_{ctd} : Enjeksiyon çekme dayanımı



Nervürlü çubuklarda $C_0 = 0.24$

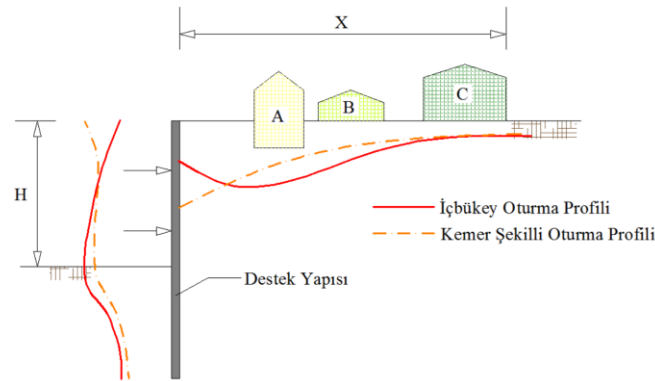
Aderans gerilmesi ACI için:

$$\tau = 3.3 \times \sqrt{f_c} \quad (247)$$



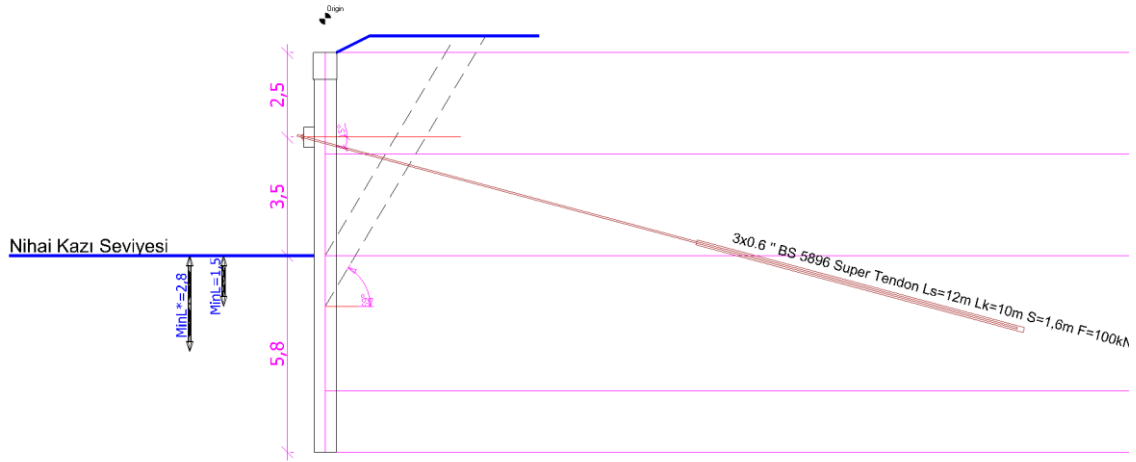
16.13.14. Destek Yapısı Arkasında Düşey Yerdeğiştirmeler

Duvar arkasındaki arazi yüzeyinde düşey yerdeğiştirmeler duvar yatay deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanır.



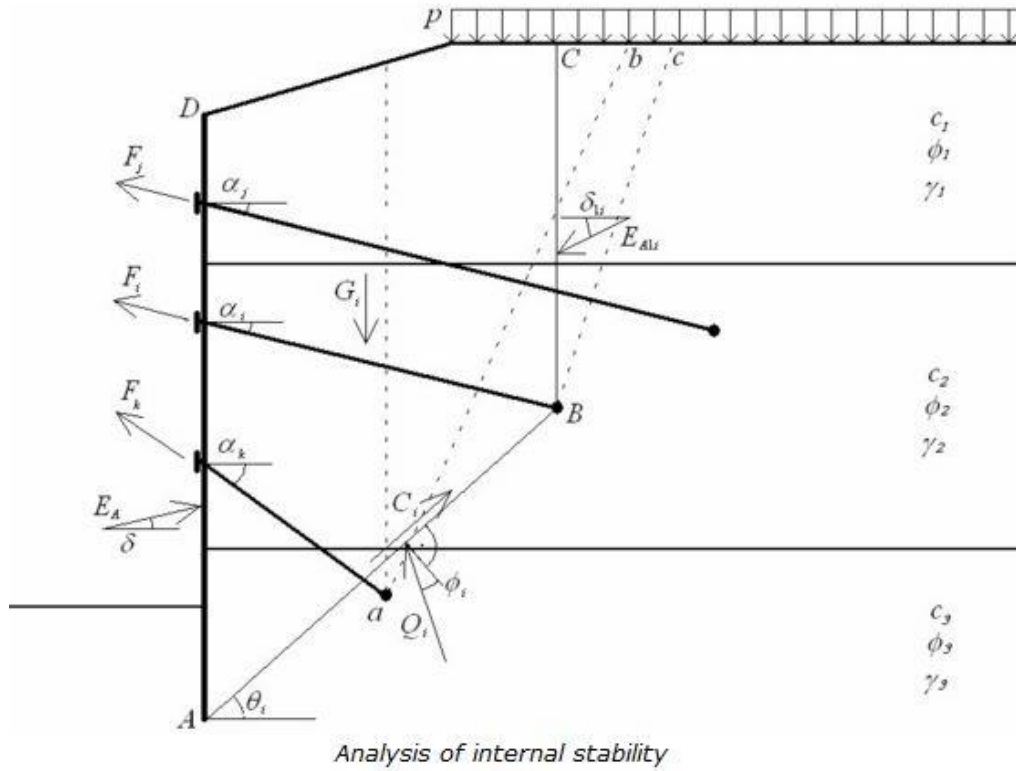
16.13.15. Soket Boyu Hesabı

Kazı destek yapısı düşey elemanının nihai kazı taban kotu altında kalan boyu, soketlenme boyu olarak tanımlanır. Soket boyu hesabı plastik denge hesabına dayanan yöntemler kullanılarak yapılır. Seçilen yöntemin, kullanıldığı zemin koşulları için geliştirilmiş olması gerekir. Kazı destek yapısında dengeyi sağlayacak soket boyu tüm inşaat aşamaları için soket boyu sıfırdan arttırılarak ardışık yaklaşımla belirlenir. İterasyondaki boy artışının varsayılan değeri 0.50m'dir. Bu değer düşürülerek sonucun hassasiyeti yükseltilebilir.



16.13.16. Ankraj İç Stabilesi

Ankrajlı kazı destek sistemlerinin iç stabilesi tüm imalat aşamalarında belirecek blokların analizleri ile yapılır. Bir inşaat aşamasındaki tüm aktif ankrajlar için blok analizi yapılır. Doğrulan bir ankrajın blok analizine ilgili inşaat aşamasındaki diğer ankrajların kuvvetleri bloğu etkilediği sürece dahil edilir.



Şekil 117. İç Stabilesi Analizi



Blok teorik duvar alt noktasını(A) ankraj kök ortası(B) ile birleştirip, bu noktadan arazi yüzeyine dik çıkılarak belirlenir (Şekil 117).

Teorik alt nokta, kazı kotu altında duvara etkiyen yatay toprak basıncının sıfır olduğu noktadır.

E_a : Duvara etkiye A-D arası aktif basınçların bileşkesi [F/L]

E_{ai} : Doğrulan ankrāj kökü üzerindeki aktif toprak basıncının bileşkesi [F/L]

W_i : ABCD bloğunun ağırlığı [F/L]

C_i : AB kayma yüzeyinde kohezyondan doğan direnç kuvveti [F/L]

$F_{j,k..}$: Doğrulan ankrāj dışındaki blok analizine dahil edilen ankrāj kuvvetleri[F/L]

Doğrulan ankrāj dışında analize dahil edilecek ankrājların belirlenmesi:

- Doğrulan ankrājın atındaki ankrājlarda:

Alt noktadan köke - kökten arazi yüzeyine $(45-\phi_n/2)$ eğimli çizilecek doğru ile kayma yüzeyi oluşturulur. Doğrulanacak ankrāj kökü bu yüzeyin dışında ise ankrāj analize dahil edilir.

- Doğrulan ankrājın üstündeki ankrājlarda:

Doğrulanacak ankrāj için kayma yüzeyi oluşturulur. Alt noktadan köke – kökten arazi yüzeyine $(45-\phi_n/2)$ eğimli doğru çizilir. Üstteki ankrāj kökünün kayma yüzeyinin içinde olması durumunda ankrāj analize dahil edilir.

Üstteki veya alttaki ankrāj için ϕ_n ankrāj kökü üzerindeki ortalama kayma direnci açısıdır.

Q_i : AB kayma yüzeyi üzerindeki reaksiyon kuvveti

F_i : Doğrulan ankrājın izin verilebilir maksimum kuvveti [F/L]

Denge probleminin çözümü bloktaki düşey ve yatay denge denklemleri yazılarak yapılır.

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha_i & \cos(90 + \phi_i - \theta_i) \\ \sin \alpha_i & \sin(90 + \phi_i - \theta_i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_i \\ Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_a \times \cos \delta + C_i \times \cos \theta_i - E_{ai} \times \cos \delta_i - \sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \cos \alpha_{j,k..} \\ W_i + E_{ai} \times \sin \delta_i - C_i \times \sin \theta_i - E_a \times \sin \delta - \sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \sin \alpha_{j,k..} \end{bmatrix} \quad (248)$$

Çözüm sonunda doğrulan ankrājın izin verilebilir maksimum değeri olan F_i belirlenir.

Güvenlik sayısı $GS = F_i/F$ ile hesaplanır.



16.13.17. Çelik Boru Desteklerde Etkiler

Sabit ve değişken etkiler aşağıda tanımlanan yük kombinasyonlarına (LC) göre belirlenmelidir. Isıl yükleme her durumda birincil değişken yük olarak kabul edilmektedir.

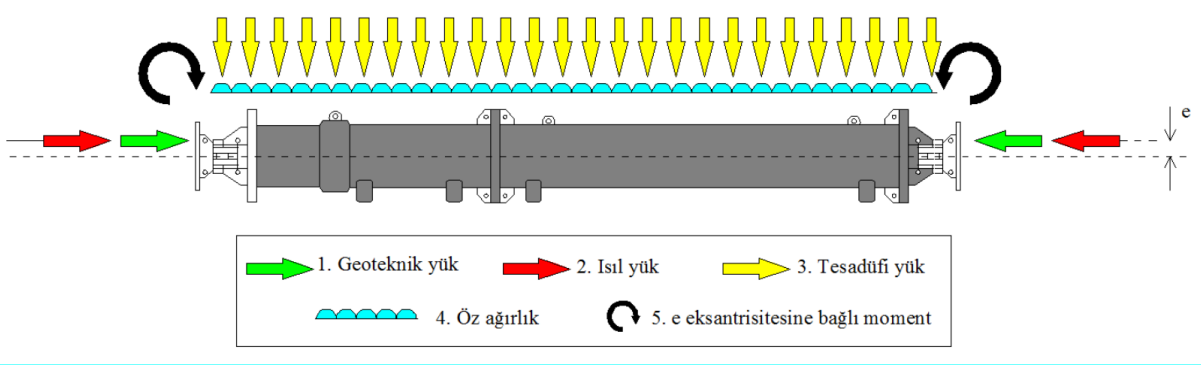
Yük kombinasyonları:

$$LC1: 1.4G_k + G_{k,GEO} + Q_{k,temp} \quad (249)$$

$$LC2: 1.2G_k + G_{k,GEO} + 1.6Q_{k,temp} \quad (250)$$

$$LC3: G_k + G_{k,GEO} + 0.5Q_{k,temp} + 1.6Q_{k,tesadufi} \quad (251)$$

$G_{k,GEO}$: Karakteristik geoteknik yük sabit bir yük olarak alınır.



Şekil 118 Yatay Destek Elemanına Etkiyen Kuvvetler

$Q_{k,temp}$: Karakteristik ısıl yük beklenen ısı değişimine bağlı olarak hesaplanır ve kazı destek yapısının sağladığı dayanıma bağlı olarak değişken bir yük olarak alınır.

$Q_{k,tesadufi}$: Kazı destek yapı elemanının kendi ağırlığının yanısıra destek üzerine 1kN/m şiddetinde doğrusal bir düşey yük göz önüne alınmalıdır.

G_k : Desteğin karakteristik toplam öz ağırlığı, tüm boyuna uniform yayılmış kabul edilir ve sabit yük olarak alınır.

Destek / duvar birleşimi moment aktarmayan olarak teşkil edilmediği için çelik boru çapının 1/6' sı kadar eksantrik yükleme yapılmaktadır.

Karakteristik ısıl yük:



$$Q_{k,temp} = \alpha_t \cdot \Delta t \cdot E \cdot A \cdot (\beta / 100) \quad (252)$$

Bağıntıda:

α_t : Destek elemanının yapıldığı malzemenin ısı genleşme katsayısını,

Δt : Montaj sıcaklığına kıyasla sıcaklık değişimi,

E : Destek elemanının yapıldığı malzemenin elastisite modülü,

A : Destek elemanının kesit alanı,

β : Destek elemanında boy değişimi kısıtlanma yüzdesinin ifade eder.

Yatay destek tasarımı en olumsuz yük durumu için yapılır. $G_{k,GEO}$ değeri SLS ve ULS yükleme durumlarından büyük olanına göre belirlenir.

SLS durumu için:

$$G_{k,GEO} = \gamma_G \cdot P_{SLS} \cdot \gamma_{SD} \quad (253)$$

Bu bağıntıda:

P_{SLS} : Gerilme-deformasyon analizleri veya limit denge yöntemi kullanılarak SLS durumu için yapılan hesaplardan gelen etkileri ifade eder.

γ_G : LC1, LC2, LC3 için sırasıyla 1.4, 1.2, 1 değerlerini ifade eder.

γ_{SD} : Gerilme yeniden dağılım katsayısını (kazı aşamaları ilerledikçe yatay toprak basıncındaki değişimi hesaba katabilen analizlerde 1) ifade eder.

ULS Yükleme durumu için:

$$G_{k,GEO} = P_{ULS} \cdot \gamma_{SD} \quad (254)$$

Bu bağıntıda,

P_{ULS} : Gerilme-deformasyon analizleri kullanılarak ULS durumu için yapılan hesaplardan gelen etkilerin kısmi katsayılar ile arttırılan değerlerini ifade eder.



16.13.18. Çelik Boru Enkesitli Yatay Destek Elemanının Tasarımı

Çelik yapı elemanının tasarımı “Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım” yaklaşımı ile gerçekleştirilmektedir.

Basınç kuvveti etkisinde yerel burkulma durumu için enkesitin sınıflandırılması:

$$\lambda = \frac{D}{t} \quad (255)$$

$$\lambda_r = 0.11 \frac{E}{F_y} \quad (256)$$

$$\left[\begin{array}{l} \lambda \leq \lambda_r \rightarrow \text{Narin olmayan kesit} \\ \lambda > \lambda_r \rightarrow \text{Narin kesit} \end{array} \right] \quad (257)$$

D : Boru enkesitinin dış çapı

t : Boru enkesitinin et kalınlığı

λ_r : Genişlik/kalınlık oranı sınır değeri

E : Çelik elastisite modülü

F_y : Çelik akma gerilmesi

Narinlik oranı:

$$L_c = K \cdot L \quad (258)$$

L_c : Çelik boru desteğin burkulma boyu

L : Çelik boru destek boyu

K : Burkulma boyu katsayısı

Narinlik oranı sınırı:

$$\frac{L_c}{i} \leq 200 \quad (259)$$

i : Çelik boru kesitinin atalet yarıçapıdır.



Eksenel basınç kuvveti etkisindeki narin enkesitli borularda etkin alan:

$$\frac{D}{t} \leq 0.11 \frac{E}{F_y} \rightarrow A_e = A_g \quad (260)$$

$$0.11 \frac{E}{F_y} < \frac{D}{t} < 0.45 \frac{E}{F_y} \rightarrow A_e = \left(\frac{0.038E}{F_y (D/t)} + \frac{2}{3} \right) A_g \quad (261)$$

A_g : kayıpsız enkesit alanı

A_e : Etkin alan

Eğilmeli burkulma sınır durumunda karakteristik basınç kuvveti dayanımı:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i} \right)^2} \quad (262)$$

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y \quad (263)$$

$$\frac{L_c}{i} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 F_e \quad (264)$$

Narin olmayan kesitlerde:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (265)$$

Narin kesitlerde:

$$P_n = F_{cr} A_e \quad (266)$$

$$P_c = \phi_c P_n \quad (267)$$

F_e : Elastik burkulma gerilmesi

F_{cr} : Kritik burkulma gerilmesi

P_n : Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı



ϕ_c : Basınç kuvveti etkisi için dayanım katsayısı

P_c : Tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımı

Eğilme momenti etkisinde yerel burkulma durumu için enkesit sınıflandırılması:

$$\lambda_{r, \text{egilme}} = 0.31 \frac{E}{F_y} \quad (268)$$

$$\lambda_p = 0.07 \frac{E}{F_y} \quad (269)$$

$$\left[\begin{array}{l} \lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompakt enkesit} \\ \lambda > \lambda_p \text{ ve } \lambda \leq \lambda_{r, \text{egilme}} \rightarrow \text{Kompakt olmayan enkesit} \\ \lambda > \lambda_{r, \text{egilme}} \rightarrow \text{Narin enkesit} \end{array} \right] \quad (270)$$

λ_p : Genişlik/kalınlık oranı için sınır değeri

Akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti dayanımı M_n :

$$M_n = M_p = F_y W_p \quad (271)$$

Kompakt olmayan enkesit koşulunun sağlanması durumunda:

$$M_n = \left[\frac{0.021E}{\left(\frac{D}{t} \right)} + F_y \right] W_e \quad (272)$$

Narin enkesit koşulunun sağlanması durumunda:

$$M_n = F_{cr} W_e \quad (273)$$

Kritik gerilme F_{cr} :

$$F_{cr} = \frac{0.33E}{\left(\frac{D}{t} \right)} \quad (274)$$

Tasarım eğilme momenti dayanımı M_c :



$$M_c = \phi_b M_n \quad (275)$$

W_p : Plastik mukavemet momenti

W_e : Elastik mukavemet momenti

ϕ_b : Eğilme etkisi için dayanım katsayısı

Çelik boru enkesitli destek elemanında eğilme momenti ve eksenel basınç kuvveti etkileşimi:

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \rightarrow \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (276)$$

$$\frac{P_r}{P_c} < 0.2 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (277)$$

P_r : Yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli eksenel kuvvet dayanımı

M_{rx}, M_{ry} : Gerekli eğilme momenti dayanımı

Boru enkesitli elemanların karakteristik kesme kuvveti dayanımı V_n :

$$V_n = \frac{F_{cr} A_g}{2} \quad (278)$$

Kayma etkisinde burkulma sınır durumu için kritik gerilme F_{cr} , denklem (279) ve (280) ile hesaplanan kritik gerilmelerin büyüğü olarak alınacaktır.

$$F_{cr} = \frac{1.60E}{\sqrt{\frac{L_v}{D} \left(\frac{D}{t} \right)^{5/4}}} \leq 0.6F_y \quad (279)$$

$$F_{cr} = \frac{0.78E}{\left(\frac{D}{t} \right)^{3/2}} \leq 0.6F_y \quad (280)$$

L_v : kesme kuvvetinin sıfır olduğu nokta ile maksimum olduğu nokta arasındaki uzaklık

Tasarım kesme kuvveti dayanımı:



$$V_d = \phi_v V_n \quad (281)$$

ϕ_v : Kesme kuvveti etkisi için dayanım katsayısı

Tasarım kesme kuvveti dayanımının kontrolü:

$$\frac{V_u}{V_d} \leq 1 \quad (282)$$

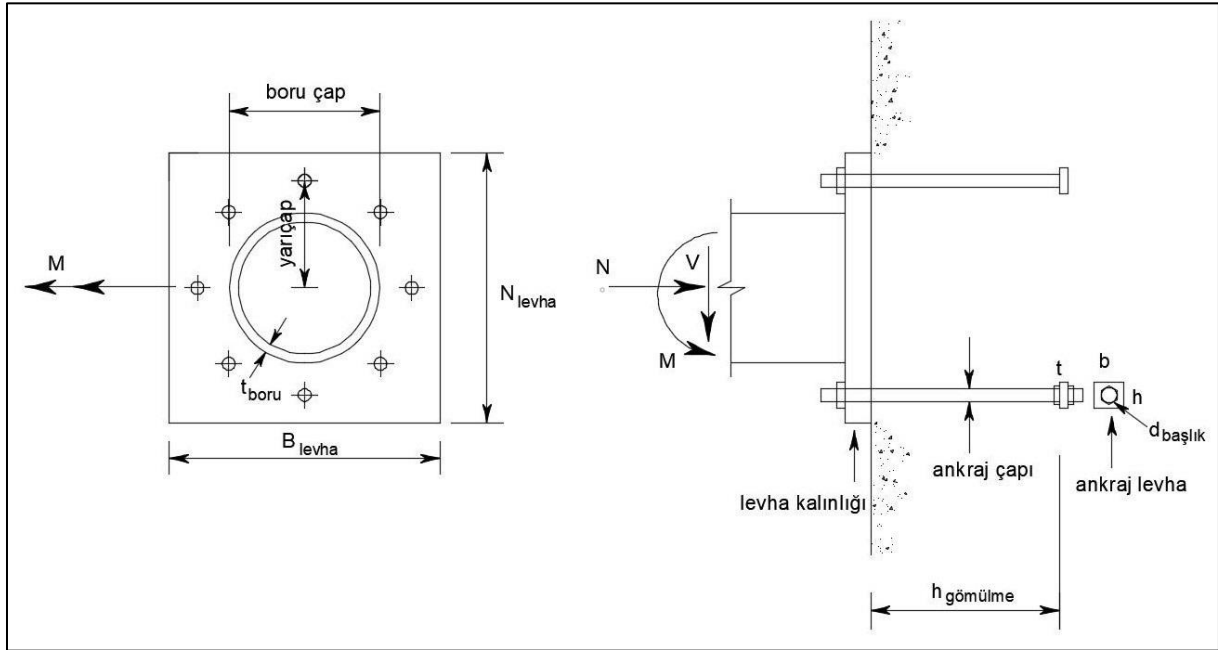
V_u : Yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli kesme kuvveti dayanımıdır.

16.13.19. Çelik Boru Desteğin Eleman/Duvar Birleşim Tasarımı

Çelik boru desteğin betonarme duvar veya kirişe ankrajlı birleşiminin tasarımı yapılmaktadır.

Levha yüzey alanı:

$$A_1 = N \cdot B \quad (283)$$



Şekil 119 Destek Elemanının Beton Mesnete Birleşimi

N : Eğilme momenti vektörüne dik doğrultudaki levha boyutu

B : Eğilme momenti vektörüne paralel doğrultudaki levha boyutu

Levha altındaki beton mesnet yüzey alanı:



$$A_2 = N_2 \cdot B_2 \quad (284)$$

N_2 : Levha altındaki beton mesnet yüzeyinin eğilme momenti vektörüne paralel doğrultudaki boyutu

B_2 : Levha altındaki beton mesnet yüzeyinin eğilme momenti vektörüne paralel doğrultudaki boyutu

Levhadaki birinci konsol boyu:

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} \quad (285)$$

D : Boru dış çapıdır.

Levhadaki ikinci konsol boyu:

$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} \quad (286)$$

b_f : Boru dış çapı alınır.

Beton maksimum gerilme değeri denklem (287) ve (288) ile hesaplanan gerilmenin küçüğü olarak anılacaktır.

$$f_{p,maks} = \phi 0.85 f_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (287)$$

$$f_{p,maks} = 1.7 f_c \quad (288)$$

f_c : Beton basınç dayanımı

Beton maksimum yayılı yük değeri:

$$q_{maks} = f_{p,maks} B \quad (289)$$

Dışmerkezlilik:

$$e = \frac{M_r}{P_r} \quad (290)$$

Kritik dışmerkezlilik:



$$e_{cr} = \frac{N}{2} - \frac{P_r}{2f_{p,max}B} \quad (291)$$

P_r : Yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli eksenel kuvvet dayanımı

M_r : Yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli eğilme momenti dayanımı

Y : Dış merkezliğe göre eğilme momenti vektörüne dik doğrultudaki levha boyutunun düzeltilmiş değeri

$$e \leq e_{cr} \rightarrow Y = N - 2e \quad (292)$$

$$e > e_{cr} \rightarrow Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) - \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2P_r(e+f)}{q_{maks}}} \quad (293)$$

Taban levhası altındaki betonda oluşan gerilme:

$$f_p = \frac{P_r}{B \cdot Y} \quad (294)$$

Levha boyutunun yeterliliği:

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2P_r(e+f)}{q_{maks}} \quad (295)$$

f : Dış bulonun levha merkezine uzaklığı

Beton ezilme kontrolü:

$$\frac{f_p}{f_{p,maks}} < 1 \quad (296)$$

Çekme kuvveti:

$$T_u = q_{maks} \times Y - P_r \quad (297)$$

Taban Plakasının Kalınlığı

$Y > m$ durumunda:

$$t_{p,gerekli} = 1.49m \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (298)$$



$Y \leq m$ durumunda:

$$t_{p,gerekli} = 2.11 \sqrt{\frac{f_{p,maks} Y \left(m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \quad (299)$$

$Y > n$ durumunda:

$$t_{p,gerekli} = 1.49n \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (300)$$

$Y \leq n$ durumunda:

$$t_{p,gerekli} = 2.11 \sqrt{\frac{f_{p,maks} Y \left(n - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \quad (301)$$

$$t_{p,gerekli} = 2.11 \sqrt{\frac{T_u x}{BF_y}} \quad (302)$$

T_u : Çekme kuvveti

x: Çekme etkisindeki en dış bulon ile boru kesiti arasındaki uzaklık

Gerekli plaka kalınlığı denklem (298) veya (299) ve (300) veya (301) ile (302) denklemlerinden hesaplanan değerlerin maksimumu alınacaktır.

Levha kalınlığı kontrolü:

$$\frac{t_{p,gerekli}}{t_p} \leq 1 \quad (303)$$

Ankraj Tasarım Kapasitesi

Ankraj çubuğunun çapı:

$$d \geq \sqrt{\frac{4T_{u,1}}{\pi \phi F_{nt}}} \quad (304)$$

F_{nt} : ankraj çekme dayanımı



$T_{u,1}$: tek ankraja etkiyen çekme kuvveti

Ankraj çubuklarının çapı 22mm den küçük seçilemez.

Çekme bölgesindeki ankraj çubuğu gurubunun kopma sınır durumu:

$$\phi N_{sa} = \phi \cdot n \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} \quad (305)$$

ϕN_{sa} : çekme bölgesindeki ankraj gurubunun nominal çekme dayanımının azaltılmış değeri

ϕ : Dayanım katsayısı

n : Çekme bölgesindeki ankraj çubuk sayısı

$A_{se,N}$: Çekme bölgesindeki ankrajların etki kesit alanı

f_{uta} : Ankraj çeliğinin spesifik akma dayanımı

Beton kütleinin konik parça halinde kırılarak ayrılması kontrolü:

$$A_{Nc} = (1.5h_e + x_d)(2 \times 1.5h_e + s_1) \quad (306)$$

$$A_{Nco} = 9 \times h_e^2 \text{ gömülme} \quad (307)$$

Ankraj beton içine gömülme derinliği $280\text{mm} \leq h_e \leq 635\text{mm}$ ise N_b :

$$N_b = 3.9\lambda \sqrt{f_{ck}} h_e^{5/3} \quad (308)$$

h_e 280 ve 635mm sınırları içerisinde değil ise N_b :

$$N_b = 10\lambda \sqrt{f_{ck}} h_e^{1.5} \quad (309)$$

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (310)$$

N_b : Tek bir ankraj çubuğu için betonun konik parça halinde kırılarak ayrılmasında karşı gelen çekme dayanımı

f_{ck} : Beton karakteristik basınç dayanımı



h_e : Ankraj gömülme derinliği

N_{cbg} : Ankraj çubuğu gurubu için betonun konik parça halinde kırılarak ayrılmasına karşı gelen karakteristik çekme dayanımı

x_d : Çekme bölgesindeki en dış bulonun plaka kenarına olan mesafesi

s_1 : Çekme bölgesinde kenar bulonlar arasındaki uzaklık

A_{Nc} : Çekme dayanımını belirlemek için ankraj gurubuna ait izdüşüm beton göçme alanı

A_{Nco} : Çekme dayanımını belirlemek için bir ankraja ait izdüşüm beton göçme alanı

$\Psi_{ec,N}$: Etkiyen yüklerin dış merkezliğe göre ankraj çekme dayanımını düzeltme katsayısı

$\Psi_{ed,N}$: Beton elemanın kenarına yakınlık katsayısı

$\Psi_{c,N}$: Betonda çatlak bulunup bulunmamasına bağlı olarak ankraj çekme dayanımını düzenleyen katsayı

$\Psi_{cp,N}$: Çatlaksız betonda kullanılması amaçlanan betona sonradan yerleştirilen ankrajların çekme dayanımını düzeltme katsayısı

Betondan sıyrılarak ayrılma:

$$A_{brg} = b \cdot h - \frac{\pi d_b^2}{4} \quad (311)$$

Bir ankraj için sıyrılmaya karşı gelen çekme dayanımı:

$$N_p = 8 \cdot A_{brg} \cdot f_c \quad (312)$$

Tasarım çekme dayanımı N_{pn} :

$$N_{pn} = 0.40 \cdot 0.75 \cdot \phi \cdot n \cdot \Psi_{c,P} \cdot N_p \quad (313)$$

A_{brg} : Ankraj uç levhasındaki net taşıma alanı



d_b : Bulon başlık çapı

b : Ankraj uç levhası boyutu

h : Ankraj uç levhası boyutu

N_{pn} : Çekme etkisindeki bir ankraj gurubunun tasarım sıyrılma dayanımı

ϕ : Dayanım katsayısı

n : Ankraj sayısı

$\Psi_{c,p}$: Betonda çatlak bulunup bulunmamasına bağlı olarak sıyrılmaya karşı gelen ankraj çekme dayanımını düzenleyen katsayı

N_p : Çekme etkisindeki bir ankrajın sıyrılma dayanımı

Ankraj çubuğu ucundaki levhanın ezilme kontrolü:

$$W_{p,h} = \frac{t_h^2}{4} \quad (314)$$

$$M_{n,h} = F_{y,h} W_{p,h} \quad (315)$$

$$M_{p,h} = 0.4 \times 0.9 \times M_{n,h} \quad (316)$$

$$L_{p,h} = \frac{b - L_b}{2} \quad (317)$$

$$w_u = \frac{(T_u / n)}{A_{brg}} \quad (318)$$

$$M_u = \frac{w_u \cdot L_{p,h}^2}{2} \quad (319)$$

$W_{p,h}$: Ankraj uç levhasının plastik mukavemet momenti

t_h : Ankraj uç levhasının kalınlığı

$F_{y,h}$: Ankraj uç levhasının akma dayanımı



$M_{n,h}$: Ankraj uç levhasının karakteristik moment kapasitesi

$M_{p,h}$: Ankraj levhası tasarım moment kapasitesi

$L_{p,h}$: Ankraj uç levhasındaki konsol boyu

L_b : Ankraj bulonunun başlık yüksekliği

W_u : Çekme kuvvetinin oluşturduğu birim genişlikteki yayılı yük

M_u : Ankraj levhasına etkiyen moment

Kayak tasarım kapasitesi:

$$L_e = \pi D \quad (320)$$

$$R_{nw} = 0.75 \times 0.60 \times 0.9 \times F_{\text{exx}} \times w \times (L_e - 2w) \quad (321)$$

$$W_{p,w} = \pi D^2 w \quad (322)$$

$$M_{p,w} = W_{p,w} \times 0.6 \times 0.9 \times F_{\text{exx}} \quad (323)$$

L_e : Kaynak uzunluğu

R_{nw} : Kaynak kesme kapasitesi

W : Kaynak kalınlığı

F_{exx} : Kaynak metali çekme dayanımı

$W_{p,w}$: Kaynak plastik mukavemeti

$M_{p,w}$: Kaynak eğilme kapasitesi

16.14. Şev ve Yamaç Stabilitesi

Yamaç ve şevlerin duraylılığı, **limit denge yöntemleri** ile değerlendirilir. Analizlerde **OMS-Fellenius** ve **Bishop** dilim yöntemleri kullanılarak güvenlik sayısı hesaplanır.



Kullanıcı, istenen geometriye göre **zemin katmanlarını tanımlar**. Bu katmanlar analizlere **efektif** veya **toplam gerilme** esaslı olarak dahil edilebilir. Ayrıca, sistemde yer alan **çelik halatlı ankrajlar** ve **zemin çivilerinin etkileri** de analizlere katılır.

16.14.1. Ankrajlar

Ankrajlar; baş noktası, serbest uzunluğu l , kök uzunluğu l_k ve eğimi α ile tanımlanır. Ankraj kuvveti, ankraja uygulanan ön gerilme kuvveti olarak girilir. Eğer model kazı destek yapısı analizinden dönüştürülmüşse, ankraj kuvveti duvar analizinden elde edilen kuvvet olmalıdır.

Ankrajın baş noktası her zaman zemin yüzeyindedir ve kuvvet, zemin gövdesine doğru yönelmiştir. Ankrajın, etkidiği dilimin tabanındaki normal kuvvet bileşenine katkısı dahil edilir. Bu, ilgili dilimin **direnç kuvvetini artırır**. Ancak, ankraj kuvvetinin dilim yüzeyi boyunca uzanan ve **sürücü kuvvete ters yöndeki bileşeni dikkate alınmaz**; böylece hesaplama güvenli tarafta kalır.

Sadece uç noktaları kayma yüzeyinin arkasında kalan ankrajlar analizde dikkate alınır.

- Kayma yüzeyi ankrajın **serbest uzunluğunu** kesiyorsa, ankraj kuvveti **tam değeriyle** uygulanır.
- Kayma yüzeyi ankrajın **kök bölgesiyle** kesişiyorsa, kuvvetin kök başında tam, kök sonunda ise sıfır olduğu ve doğrusal olarak azaldığı varsayılır.

Bu yaklaşım özellikle mevcut ankrajlarla mevcut şev stabilitesinin değerlendirilmesinde kullanılır. Çünkü bazı ankrajlar kritik kayma yüzeyini tam olarak kesmediğinde, sisteme anlamlı katkı sağlamaz.

16.14.2. Zemin Çivileri

Zemin çivileri, genellikle grout içine yerleştirilmiş **çelik tendonlardan** oluşur. Bu tendonlar; **nervürlü çelik donatı çubukları (rebar)**, **ön gerilmeli çelik çubuklar (strand)** veya **tam dışlı çelik barlar (threaded bars)** olabilir. FHWA literatüründe bu elemanlar, “tendon” ve “bar” terimleriyle eşdeğer olarak kullanılır. Çekme kuvvetinin taşındığı bu tendonlar, zemine gömülü olarak çalışır ve kopma yükleri (R_t) zemin çivisi sisteminin kapasitesini belirler. Bu nedenle, zemin çivisi analizlerinde tendon kopma yükü, sınır koşulu olarak dikkate alınır.



Çivinin taşıma kapasitesi, kayma yüzeyi ile kesiştiği yere göre belirlenir. Kayma yüzeyinin tamamen önünde bir çivi bulunursa, hesaplama yapılmaz. Bir çivi kayma yüzeyinden geçerse, taşıma kapasitesi şu şekilde belirlenir:

$$F = \text{Min}(T_p \cdot x, R_t) \quad (324)$$

x : Çivinin kayma yüzeyinin arkasında kalan uzunluğu [L]

T_p : Çivi – Zemin Sıyrılma direnci [F/L]

R_t : Tendon kopma yükü [F] (Bölüm 16.13.12)

$$T_p = D \times f_s \quad (325)$$

D : Enjeksiyon çapı

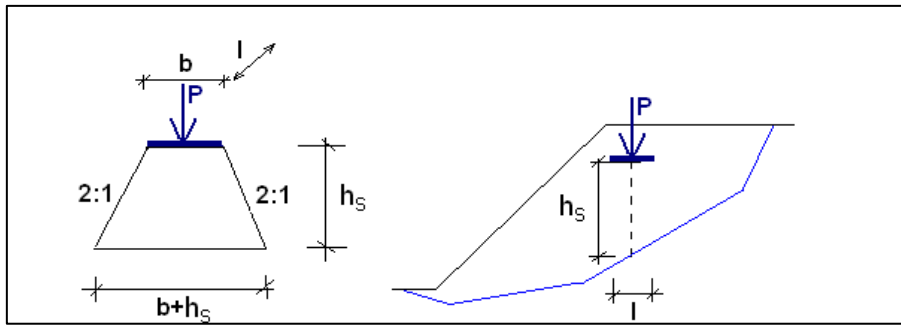
f_s : Enjeksiyon – zemin nihai birim sürtünme [F/L²]

Efektif gerilmelerle:

$$f_s = K_1 \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi' \quad (326)$$

16.14.3. Sürşarj Yükleri

Tanımlanan sürşarj yükü 1:2 eğim ile (yayılma) üzerinde bulunduğu dilimin tabanına indirgenir ve dilim ağırlığına eklenir.



$$p_i = \frac{P}{(b+z)(1+z)} \quad (327)$$

$$M_a = p_i \times L \quad (328)$$



P: Tekil yük

b= Sürşarj yük genişliği

l: Sürşarj yük uzunluğu

L: Dilim tabanının genişliği

p_i: Dilim tabanına etkiyen basınç

M_a: Dilim ağırlığına eklenecek olan ilave ağırlık

Nokta yük için programa girilen sürşarj yükü P değeri olarak tanımlanır. Çizgi, şerit ve alan yüklerinde ise programa girilen sürşarj yükleri, eşdeğer tekil yüke dönüştürülmelidir.

16.14.4. OMS/Fellenius Yöntemi

Bu yöntem literatürde geliştirilmiş ilk dilim çözümüdür. İsveç metodu olarak da bilinir.

$$GS = \frac{\sum_i^n c_i \cdot L_i + N_i \tan \phi_i}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i} = \frac{\sum_i^n S_{direnen}}{\sum_i^n S_{sürücü}} \quad (329)$$

$$N_i = (W_i - u_i \times L_i) \times \cos \alpha \quad (330)$$

Bu yöntemde, tüm dilimler arası kuvvetler göz ardı edilir. Dilim ağırlığı, dilim tabanına paralel ve dikey olan kuvvetlere dönüştürülür. Dilim tabanına dik olan kuvvet, mevcut kesme direncini hesaplamak için kullanılan taban normal kuvvetidir. Dilim tabanına paralel ağırlık bileşeni, yerçekimi itici kuvvetidir. Deneme kayma yüzeyini tanımlamak için kullanılan bir nokta etrafındaki momentlerin toplamı da güvenlik faktörünü hesaplamak için kullanılır.

Burada,

S_{direnen}: Direnen kuvvetler

S_{sürücü}: Mobilize olan sürücü kuvvetler

W: Dilim ağırlığı

α : Dilim tabanının eğim açısı



c_i : Dilim tabanında kohezyon (efektif gerilme analizlerinde c' , toplam gerilme analizlerinde c_u alınır)

ϕ_i' : Dilim tabanında kayma direnci açısı

N : Dilim tabanındaki normal kuvvet

16.14.5. Sadeleştirilmiş Bishop Yöntemi

Bishop, dikey yöndeki dilim kuvvetlerini toplayarak dilim tabanındaki normal için bir denklem geliştirdi. Bunun sonucu, temel normalinin güvenlik faktörünün bir fonksiyonu haline gelmesidir. Bu da güvenlik denkleminin faktörünü nonlinear(yani, FS denklemin her iki tarafında da görünür) yapar ve sonuç olarak güvenlik faktörünü hesaplamak için iterasyon gereklidir.

$$GS = \frac{\sum_i c_i L_i + N_i \tan \phi_i}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} = \frac{\sum_i S_{diren}}{\sum_i S_{sürücü}} \quad (331)$$

$$m_\alpha = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cdot \tan \phi}{FS} \quad (332)$$

$$N_i = (W_i - u_i * L_i) * \cos \alpha \quad (333)$$

16.15. Laboratuvar Deneyleri

Geoteknik laboratuvar deneyleri, zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek için yapılır. SETAF2018, bu deneylerden elde edilen verileri kullanarak ilgili standartlar ve teorilere göre parametre hesaplamaları, grafiksel analizler ve deney föyleri sunar.



16.15.1. Konsolidasyon Deneyi

Bu deney, yanal şekil değiştirmesi kısıtlanmış, suya doymun disk biçimindeki örselenmemiş bir zemin numunesinin alt ve üst yüzeylerinden drenaj sağlanarak, düşey ve eksenel basınç altında sıkışma miktarı ile hızının ölçülmesini amaçlar.

Konsolidasyon deneyinden elde edilen verilerle, zeminin sıkışabilirliği, konsolidasyon hızı gibi özellikler hesaplanır. Bu hesaplamalar, mühendislik projelerinde yapı oturmalarını önceden tahmin etmek için büyük önem taşır.

Programa Girilen Veriler

Numune bilgileri:

- Numunenin tanımı
- Özgül ağırlık
- Derinlik

Ekipman verisi:

- Mikrometre çarpanı
- Halka ağırlığı
- Halka yüksekliği
- Halka çapı

Deney öncesi veriler:

- Halka + numune ağırlığı

Deney süresince alınan veriler:

- 24 saat sonunda alınan mikrometre okumaları
- Hızlı okumalar

Deney sonrası alınan veri

- Kuru numune ağırlığı



SETAF2018

SETAF2018, girilen verilere göre hem deney öncesi hem de deney sonrası için zemin özelliklerini ayrı ayrı hesaplar ve raporlar. Bu kapsamda aşağıdaki sonuçlar elde edilir:

- Numune ağırlığı
- Su ağırlığı
- Kuru numune ağırlığı
- Su içeriği
- Doğal birim hacim ağırlığı
- Kuru birim hacim ağırlığı
- Doygunluk derecesi
- Örnek yükseliği
- Eşdeğer dane yükseliği
- Eşdeğer boşluk yükseliği
- Eşdeğer su yükseliği
- Boşluk oranı
- Boşluk yüksekliği değişimi
- Bakir eğri
- Sıkışma-zaman eğrileri
- Konsolidasyon parametreleri

Bakir Eğrinin Belirlenmesi

Deneyde her yükleme sonunda konsolidasyonun tamamlanmış olduğunu belirten okuma 24 saat sonra alınır ve 24 saat süresince daha sık yapılan hızlı okumalarla desteklenir. Hızlı okumalar ile konsolidasyon hızı tespit edilir.



Tablo 6. Bakir Eğri Hesapları

No	σ [kPa]	Okuma	ΔH	Gerçek [mm]	He [mm]	e	av [m ² /kN]	mv[m ² /kN]
1	25	0	0	0	8,368	0,719	0	0
2	50	1	1	0,001	8,367	0,719	1,2E-05	6,9E-06
3	100	2	1	0,001	8,366	0,719	4,2E-06	2,4E-06
4	200	140	138	0,138	8,228	0,707	0,00012	6,8E-05
5	400	448	308	0,308	7,92	0,681	0,00013	7,7E-05
6	800	842	394	0,394	7,526	0,647	8,5E-05	5,1E-05
7	200	676	-166	-0,166	7,692	0,661	2,4E-05	1,4E-05
8	800	924	248	0,248	7,444	0,64	3,5E-05	2,1E-05
9	1600	1264	340	0,34	7,104	0,611	3,7E-05	2,2E-05
10	3200	1702	438	0,438	6,666	0,573	2,4E-05	1,5E-05

Tablo 6’da numunenin sıkışabilirliğini gösteren bakir eğrinin hesaplamaları gösterilmektedir. Bu deneyde 25 – 3200kPa yük seti kullanıldığı görülmektedir. Burada:

- σ : Yük
- Okuma: 24 saat sonundaki mikrometre okumasıdır.
- ΔH : Mikrometre okumaları arasındaki fark
- Gerçek: Mikrometre okumalarının hesaplarda kullanılan uzunluk birimine çevrilmiş hali
- H_e : Eşdeğer boşluk yüksekliği
- e: Boşluk oranı,
- a_v : Sıkışma katsayısı,
- m_v : Hacimsel sıkışma katsayısı

Aşağıdaki eşitliklerle hesaplar yapılır:

$$\text{Gerçek} = \Delta H \times \text{Mikrometer} \quad (334)$$

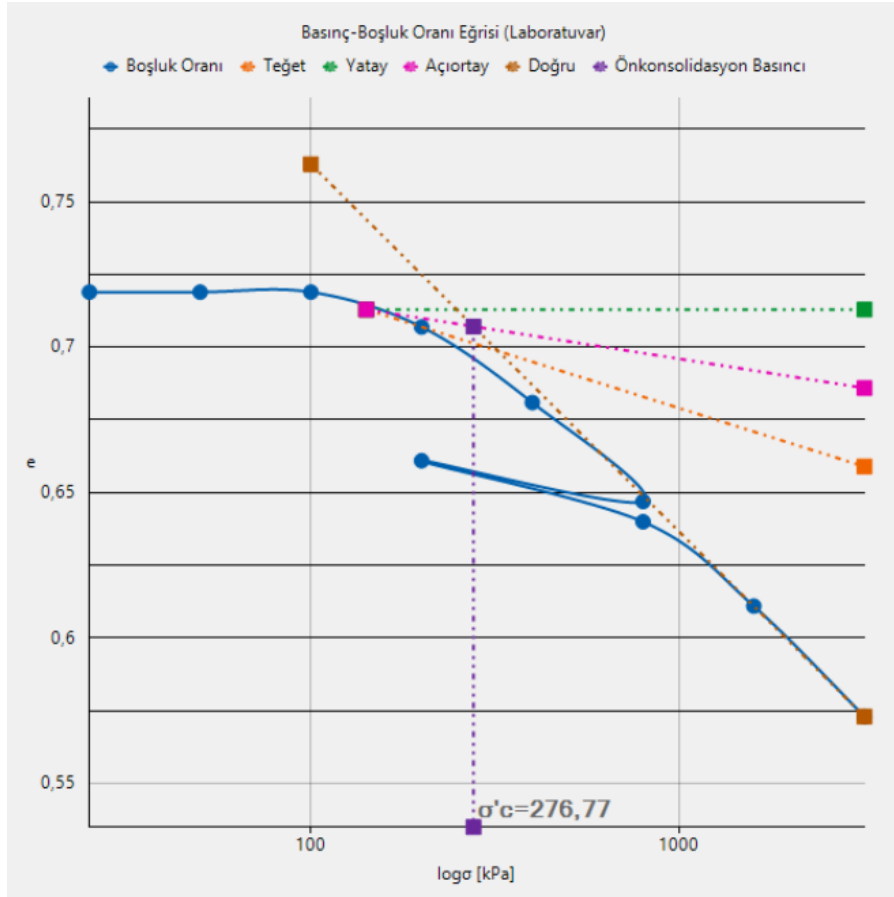
$$\text{Eşdeğer dane yük} = \frac{\text{kuru numune ağ.}}{(\text{öz.ağ.} \times \text{alan})} \quad (335)$$

$$\text{Eşdeğer su yük} = \frac{\text{su ağırlığı}}{\text{alan}} \quad (336)$$

$$\text{Boşluk yük. değişimi} = \text{son okuma} - \text{sıfır okuması} \times \text{Mikrometer} \quad (337)$$



$$\text{Boşluk oranı} = \frac{H_e}{\text{eşdeğer dane yük.}} \quad (338)$$



Şekil 120. Casagrande Yöntemi ile Ön Konsolidasyon Basıncının Belirlenmesi

Minimum eğrilik yarı çapının olduğu nokta eğri üzerinde giriş yapıldığında, program Casagrande yöntemini uygulayarak ön konsolidasyon basıncını belirler (Şekil 120) ve sıkışma indislerini hesaplar.



Konsolidasyon Hızı için Hesaplamalar

Konsolidasyonun hızı için gerekli olan t_{50} ve t_{90} parametreleri için program zaman-sıkışma eğrilerini çizer.

Tablo 7. Zaman-Sıkışma Hesapları

No	t [dk]	$\sqrt{t}$ [dk]	Okuma	Sıkışma
1	0	0	140	0
2	0,07	0,265	202	62
3	0,25	0,5	208	68
4	0,5	0,707	214	74
5	1	1	224	84
6	2,25	1,5	234	94
7	4	2	268	128
8	9	3	300	160
9	16	4	326	186
10	36	6	360	220
11	64	8	384	244
12	121	11	420	280
13	420	20,494	444	304
14	1440	37,947	448	308

Konsolidasyon katsayısı:

$$c_v = T_{v50} \frac{(H/2)^2}{t_{50}} \quad (339)$$

Denklemden, t_{50} için $T_{v50}=0.197$; t_{90} için ise $T_{v50}=0.848$ değeri kullanılır.

c_v : Konsolidasyon katsayısı

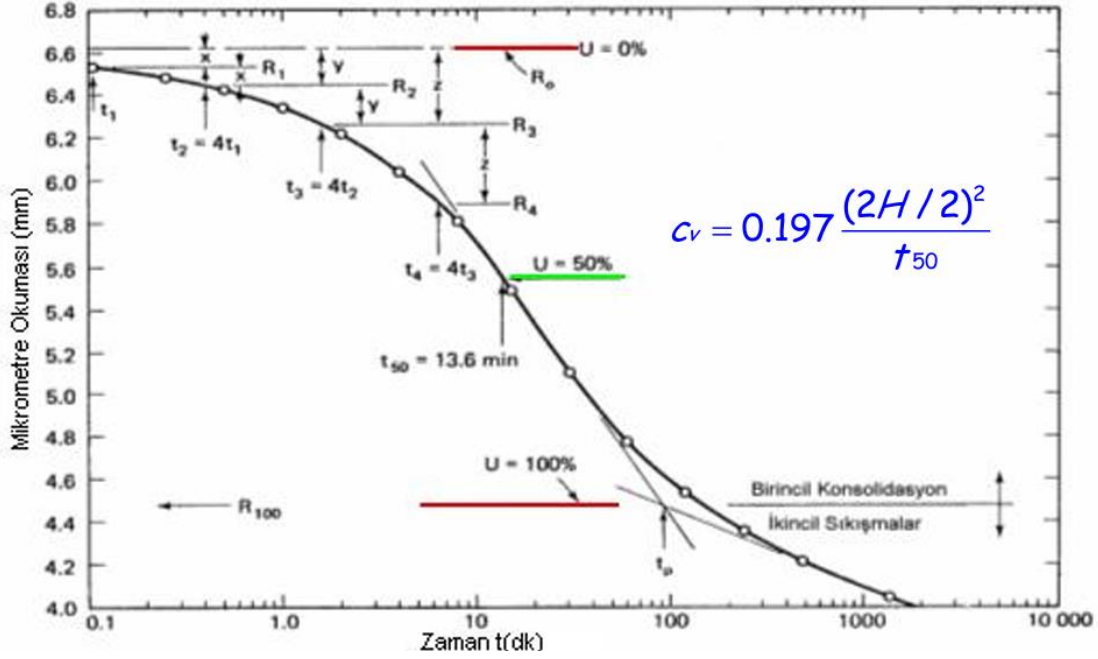
t_{50} : %50 konsolidasyonun tamamlanması için geçen süredir.

t_{90} : %90 konsolidasyonun tamamlanması için geçen süredir.

t_{50} ve t_{90} değerleri için **Logaritma** ve **Karekök** yöntemleri kullanılır. (Terzaghi K. , 1967)

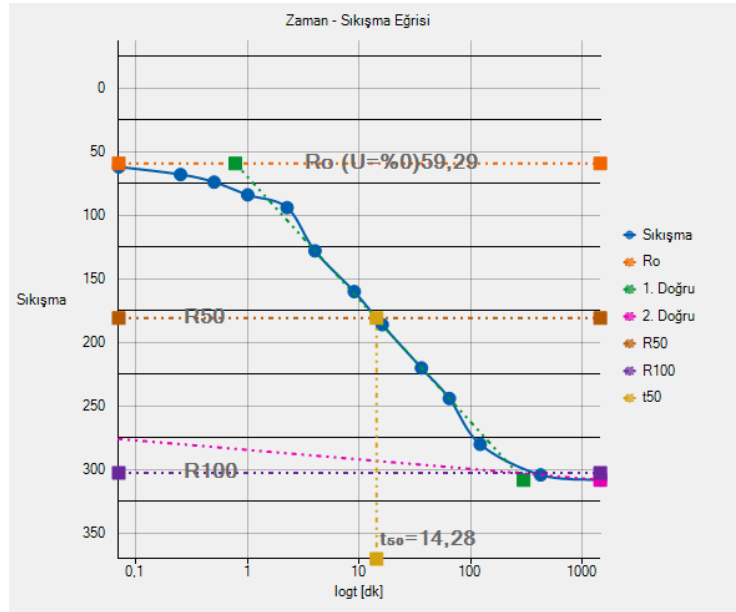


Logaritmik Yöntem



Şekil 121. Logaritmik Yöntemle t_{50} Hesaplama

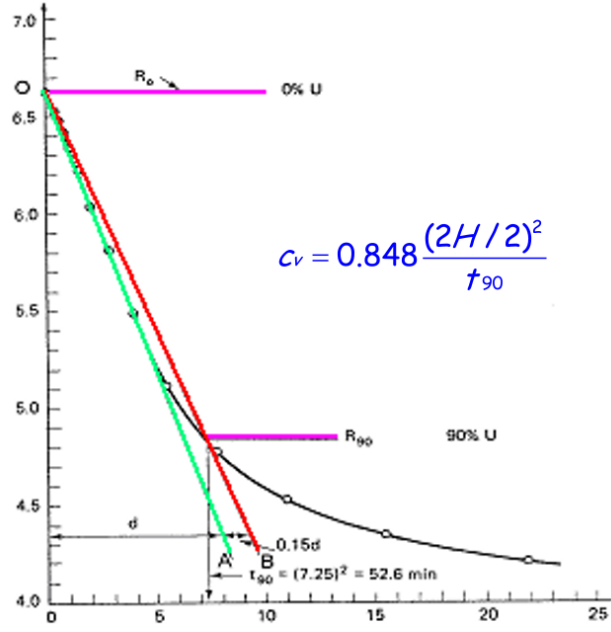
Logaritmik yöntem Şekil 121’de gösterilmektedir. Programda zaman sıkılaşma eğrisi üzerinde gerekli noktalar tanımlandığında, program bu yöntemi otomatik uygular ve t_{50} değerini belirler (Şekil 122).



Şekil 122. Programda t_{50} Değerinin Belirlenmesi

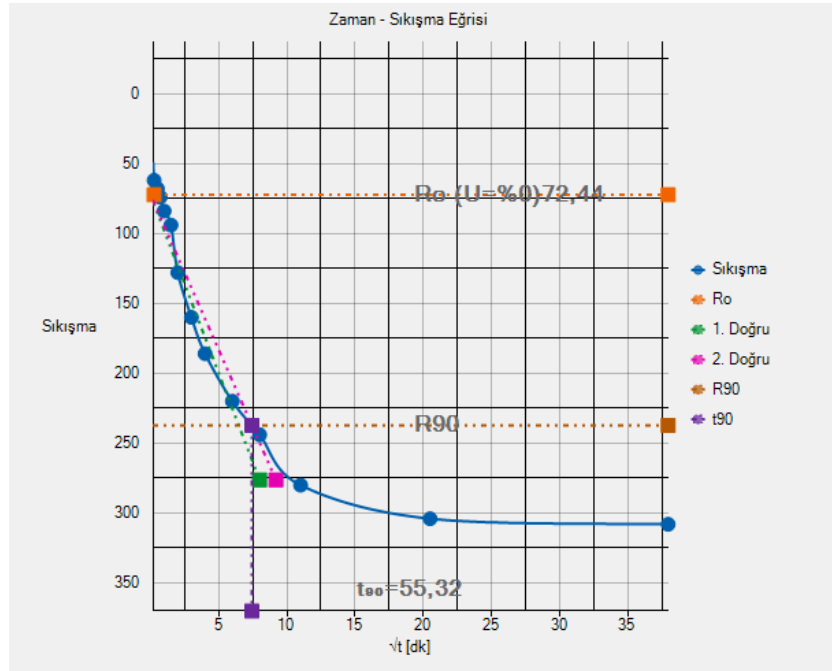


Karekök Yöntemi



Şekil 123. Karekök Yöntemi

Karekök yöntemi Şekil 123’de gösterilmektedir. Programda zaman sıkışma eğrisi üzerinde gerekli noktalar tanımlandığında, program bu yöntemi otomatik uygular ve t_{90} değerini belirler (Şekil 124).



Şekil 124. Programda t_{90} Değerinin Belirlenmesi



SETAF2018 alınan deney föyünde aşağıdaki gibi bir parametre özeti verir.

PARAMETRE ÖZETİ

Tablo 4. Konsolidasyon Parametreleri

Tanım	Parametre	Değer
Ön konsolidasyon basıncı	σ_c [kPa]	276,77
Efektif Gerilme	σ'_o [kPa]	150
Aşırı konsolidasyon oranı	OCR	1,85
Laboratuvar sıkışma indisi	C_c	0,126
Laboratuvar yeniden yükleme indisi	C_r	0,023
400kPa yüklemede %50 konsolidasyon için geçen süre [dk]	t_{50}	14,28
400kPa yüklemede konsolidasyon katsayısı [$m^2/gün$]	cv_{t50}	0,001987
400kPa yüklemede %90 konsolidasyon için geçen süre [dk]	t_{90}	55,32
400kPa yüklemede konsolidasyon katsayısı [$m^2/gün$]	cv_{t90}	0,002207
800kPa yüklemede %50 konsolidasyon için geçen süre [dk]	t_{50}	10,8
800kPa yüklemede konsolidasyon katsayısı [$m^2/gün$]	cv_{t50}	0,002627
800kPa yüklemede %90 konsolidasyon için geçen süre [dk]	t_{90}	27,76
800kPa yüklemede konsolidasyon katsayısı [$m^2/gün$]	cv_{t90}	0,004398



KAYNAKÇA

- Atkinson, J. H. (1993). *The Mechanics of Soils and Foundations*. London, England: McGraw-Hill Book Company Europe.
- Bakioğlu, M. (2001). *Cisimlerin Mukavemeti* (1. b.). İstanbul: Beta Basım A.Ş.
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (4. ed.). New York, USA: McGraw-Hill Companies.
- Budhu, M. (2008). *Foundations and Earth Retaining Structures* (3. ed.). New York, USA: John Wiley & Sons.
- Bulut, R. (2001). Finite Element Method Analysis of Slabs on Elastic Half Space Expansive Soil Foundations. *In Partial Fulfillment of the Requirements For The Degree of Doctor of Philosophy*. Texas, USA: Texas A&M University.
- Coduto, P. D. (2001). *Foundation Design Principles and Practices* (2. ed.). London, England: Copyright Licensing Agency Ltd.
- Computers and Structures. (2013). CSI Analysis Reference Manual. *Computers and Structures Inc.*
- Daloğlu, A. T., & Vallabhan, C. G. (2000). Values of k for slab on Winkler foundation. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE*, p. 126(5).
- Darılmaz, K. (2009). an assumed-stress hybrid element for modelling of plates with shear deformations on elastic foundation. *Structural Engineering and Mechanics*(33), pp. 573-58.
- Das, M. B. (2006). *Principles of Geotechnical Engineering* (5. ed.). Toronto, Canada: Thomson Canada Limited.
- Filenenko-Borodich, M. M. (1940). *Some approximate theories of the elastic foundation*. Russian: Uchenyie Zapiski Moscovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Mekhanika.
- Garassino, A. (1997). Design procedures for jet-grouting,. *Seminar on jet grouting*,. Singapore.
- Hamarat, M. (2012). İki Parametrelili Zemin Üzerine Oturan Yapı Sistemlerinin Dinamik Analizi. *Yüksek Lisans Tezi (İstanbul Teknik Üniversitesi)*.
- Hetenyi, M. (1946). *Beams on elastic foundation*. Michigan: The University of Michigan Press.
- Hetenyi, M. (1950). *A general solution for the bending on an elastic of arbitrary continuity*. Journal of Applied Physics.
- Marto, A., Latifi, N., Janbaz, M., Kholghifard, M., Khari, M., Alimuhammed, P., & Banadaki, D. A. (2012). Foundation Size Effect on Modules of Subgrade Reaction on sandy Soils. *EJGE*(17), pp. 2523-2530.
- Meyerhof, G. G. (1973). *Foundation Analysis and Design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Moayed, Z. R., & Janbaz, M. (2008). Foundation size Effect on Modules of Subgrade Reaction in Clayey Soils. *EJGE*(13), pp. 2-8.
- Mononobe, N., & Matsuo, H. (1929). On the determination of earth pressure during earthquakes. *In Proc.Of the World Engineering Conf.*, (s. 176).



- Önalp, A., & Arel, E. (2013). *Geoteknik Bilgisi I Zeminler ve Mekaniği* (4. b.). İstanbul: Birsen Yayınevi Ltd. Şti.
- Önalp, A., & Sert, S. (2010). *Geoteknik Bilgisi III Bina Temelleri* (2. b.). İstanbul: Birsen Yayınevi Ltd. Şti.
- Pasternak, P. L. (1954). *On a new method of analysis of an elastic foundation by means of two foundation constants*. Moscow, Russi: Gosudarstvennoe Izdatelstvo Literaturi po Stroitelstvu i Arkhitekture Moscow.
- Saygun, A., & Çelik, M. (2003). Analysis of circular plates on two parameter elastic foundation. *Struct. Eng. Mech.*(15(2)), pp. 249-267.
- Terzaghi, K. (1967). *Principles of Foundation Engineering*. New York: USA: John Wiley & Sons.
- Terzaghi, K. P. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3rd b.). New York: USA: John Wiley & Sons.
- TS 5744. (2013). Plaka Yükleme Deneyi ile Zemin Taşıma Gücünün Yerinde Tayini. *Türk Standartları Enstitüsü*.
- U.S. Department of Transportation. (2013). Federal Highway Administration Design Manuel: Deep Mixing for Embankment and Foundation Support.
- Vallabhan, C. G., & Daloğlu, A. T. (1999). Consistent FEM-Vlasov model for plates on layered soil. *Journal of Structural Engineering ASCE*(125(1)), pp. 108-113.
- Vallabhan, C. G., & Das, Y. C. (1988). Parametric study of beams on elastic foundations. *Journal of Engineering Mechanics*(114), pp. 2072-2082.
- Vallabhan, C. G., Straughan, W. T., & Das, Y. C. (1991). Refined model for analysis of plates on elastic foundations. *Journal of Structural Engineering ASCE*(125(1)), pp. 108-113.
- Verruijt, A. (2006). *Soil Mechanics*. Delft University of Technology.
- Vesic, A. S. (1975). *Foundations: Principles and Applications*. London, UK: Longman.
- Vlasov, V. Z., & Lepnt'ev, U. N. (1966). *Beams plates and shells on elastic foundations Isreal Programme for Scientific Translations*. Tel Aviv.
- Wood, D. M. (1990). *Soil Behaviour and Critical State Soil Mechanics*. New York, USA: Cambridge University Press.