



SETAF

SETAF2018

(Geoteknik Mühendisliği)



İçindekiler

1. SETAF2018	1
1.1. Sistem Gereksinimleri	1
1.2. Program Paketi	2
1.3. Genel Özellikler	2
2. MALZEME TANIMLANMASI	3
2.1. Fiziksel Özellikleri	3
2.2. Mekanik Özellikler	5
2.3. In situ	7
2.4. Korelasyonlar	8
2.5. Derin Karıştırma	13
2.6. Jet Enjeksiyon	14
2.7. Analiz ve Hesaplarda Kullanılan Zemin Özellikleri	15
3. SONDAJ KUYUSU TANIMLANMASI	16
3.1. Zemin Tabakalarının Tanımlanması	17
3.2. SPT Profilinin Tanımlanması	18
3.3. MPM Profilinin Tanımlanması	19
4. TEMEL MODELİ TANIMLANMASI	20
4.1. Temel Geometrisi	21
4.2. Yüklemeler ve Özellikleri	22
4.3. Yüzeysel Temel Özellikleri	25
4.4. Derin Temel Özellikleri	26
4.5. Poligon Temel Geometrisi	27
5. ANALİZ	28
6. RAPOR	32
7. TEORİ	33
7.1. Doğal Gerilmeler	33
7.2. Kitle Gerilmeleri	33
7.2.1. Boussinesq ile Gerilme Artışları	34
7.2.2. Mindlin-Geddes ile Gerilme Artışları	35
7.2.2.1. Noktasal Yükleme	37
7.2.2.2. Düşey Eksen Boyunca Düzgün Yayılı Yükleme	37
7.2.2.3. Düşey Eksen Boyunca Doğrusal Artan Yükleme	39
7.2.3. Gurup Rijit Kolon Sisteminde Gerilme Artışları	41



7.3. Oturmalar	43
7.3.1. Elastik Oturmalar	43
7.3.2. Konsolidasyon Oturmaları	44
7.3.3. Oturma-Zaman Analizi ve Grafikleri	45
7.3.4. Yüzeysel Temellerde Oturma	49
7.3.5. Rijit Kolon Gruplarında Oturma	51
7.4. Yüzeysel Temel Taşıma Gücü	55
7.4.1. Terzaghi	55
7.4.2. Meyerhof	59
7.4.3. Vesic	61
7.4.4. Kumlu Zeminlerde SPT ile Taşıma Gücü	64
7.5. Derin Temel Taşıma Gücü	64
7.5.1. Alpha Yöntemi	65
7.5.2. Lamda Yöntemi	66
7.5.3. Beta Yöntemi	67
7.5.4. Kazık Guruplarının Taşıma Gücü	68
7.6. Yatak Katsayılarının Elde Edilmesi	69
7.6.1. Yüzeysel Temel Oturmalarından	70
7.6.2. Vesic Elastik Denkleminden	71
7.6.3. Plaka Taşıma Deneyinden	71
7.6.4. Kazık Çevre Direnci için Düşey Yatak Katsayısı	71
7.6.5. Kazık Uç Direnci için Düşey Yatak Katsayısı	72
7.6.6. Kazık Yatay Yatak Katsayısı	73
7.7. Zemin İyileştirme	73
7.7.1. Derin Karıştırma Yöntemi	74
7.7.2. Jet Enjeksiyon Yöntemi	80
7.8. Negatif Çeper Sürtünmesi	80
7.8.1. Yansız Düzlem	81
7.8.2. Negatif Çeper Sürtünmesi ile Oluşacak Oturmalar	82
7.9. MPM	85
7.10. SPT Düzeltmeleri	85
7.11. Sıvılaşma	86
7.12. Korelasyonlar	87
7.13. Kazı Destek Yapıları	88



7.13.1.	Sayısal Analiz Modeli	89
7.13.2.	Bağılı Basınçlar Yöntemi	91
7.13.3.	Yatay Yatak Katsayıları	93
7.13.3.1.	Schmitt Yöntemi	93
7.13.3.2.	Chadeisson Yöntemi	93
7.13.4.	Toprak Basınçları	93
7.13.5.	Rankine Teorisi	94
7.13.6.	Coulomb Teorisi	95
7.13.7.	Toplam Gerilmelerle Basınç Katsayıları	95
7.13.8.	Sükunette Toprak Basıncı Katsayısı	96
7.13.9.	Sürşarj Yükleri	96
7.13.9.1.	Noktasal Yük	96
7.13.9.2.	Çizgisel Yük	97
7.13.9.3.	Alan Yük	97
7.13.9.4.	Şerit Yük	97
7.13.9.5.	Trapez Yük	98
7.13.10.	Ankraj Enjeksiyon Gövdesi-Zemin Arayüzü Sıyırılma Yenilmesi	99
7.13.11.	Tendon Çekme Yenilmesi	102
7.13.12.	Ankraj Tendon-Ejeksiyon Gövdesi Sıyırılma Kontrolü	102
7.13.13.	Destek Yapısı Arkasında Düşey Yerdeğıştirmeler	103
7.14.	Şev ve Yamaç Stabilesi	104
7.14.1.	Ankrajlar	104
7.14.2.	Zemin Çivileri	104
7.14.3.	Sürşarj Yükleri	105
8.	ANALİZ AYARLARI	107
9.	VERİ TABLOLARI	112
10.	GRAFİKLER	112
10.1.	Toplam, Efektif, Boşluk Suyu Basıncı, Yatay Efektif, Yatay Toplam Gerilme Diyagramları	113
10.2.	SPT	113
10.3.	MPM	113
10.4.	Su İçeriğı, Kıvam limitleri, Plastisite İndisi	114
10.5.	Boşluk Oranı, Porozite, Doygunluk Derecesi	115
10.6.	Drenajsız Kayma Direnci, Deformasyon Modülleri	115



SETAF2018

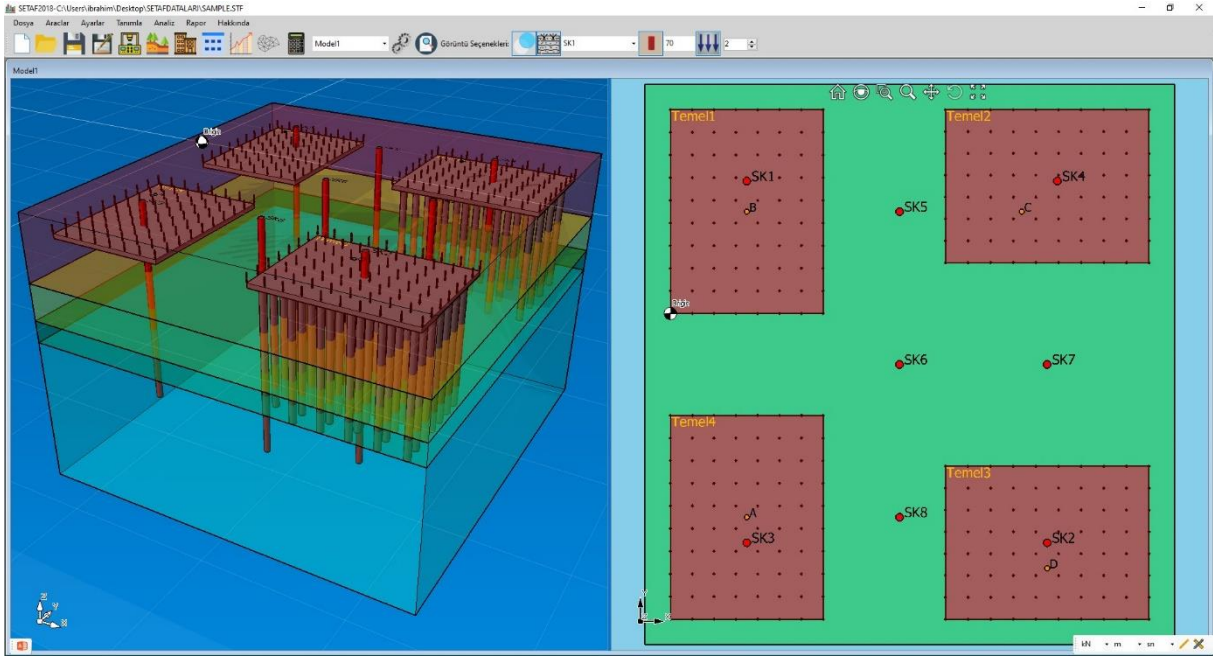
10.7. Ön Konsolidasyon Basıncı, Sıkışma İndisleri	116
11. ARAÇLAR	116
KAYNAKÇA	118



SETAF2018

1. SETAF2018

SETAF2018 yüzeyel ve derin temel sistemlerinin oturma ve taşıma gücü analizlerini yapan geoteknik hesaplama programıdır. Program sonuçların geoteknik rapor içerisinde değerlendirilmesinin yapılması amacıyla verileri ve analiz sonuçlarını detaylı tablolar, grafikler ve raporlar olarak sunar. Fore kazıklı, ankrajlı, zemin çivili, betonarme perdeli iksaların modellenmesi, çizim ve metrajları yapılabilmektedir.



1.1. Sistem Gereksinimleri

SETAF2018 sistem gereksinimi olarak,

- 8 GB RAM,
- i5 – işlemci,
- 64 bit Windows10 İşletim sistemi

yeterli olmaktadır.

“Veri ve analiz tablolarının Microsoft Excel’e aktarılabilmesi için kullanıcı bilgisayarında Microsoft Excel bulunması gerekir. Excel’in kurulu olmaması programın çalışmasını ve analizlerini etkilemez.”



1.2. Program Paketi

Verilen SETAF2018 paketinin içinde;

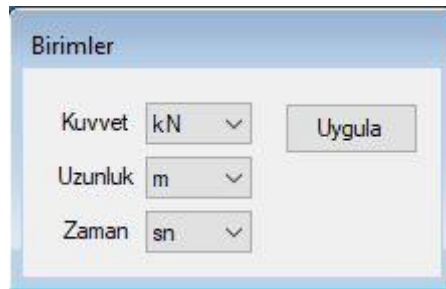
- SETAF2018 programının kurulumunu sağlayacak kurulum dosyaları,
- Kullanım kılavuzu.
- Programın donanım kilidi (Dongle)
- Bir adet Lisans Kartı
- Program paketinize ait lisans sözleşmesi.

bulunmaktadır.

- Not: Donanım kilidi paketin en önemli unsurudur. Lütfen onu korumak ve saklamak için gerekli özeni gösteriniz. Donanım kilidinin kayıp olması ve/veya çalınması, lisansınızın çalınması ve/veya kayıp olması anlamına gelmektedir ve eski şekliyle yenilenmesi mümkün değildir. Lisans sözleşmesini dikkatlice okuyunuz.

1.3. Genel Özellikler

SETAF2018'e kullanıcı verileri malzeme, sondaj kuyusu, temel ve dayanma duvarı modeli olarak girer. İlgili penceredeki veriler değiştirilmezse varsayılan olarak kalacaktır. Veri girişleri kullanıcının istediği kuvvet, uzunluk ve zaman birimlerinde yapılabilir. Kullanılan birimler ayarlanabilir.



Şekil 1. Birimler

Tanımlanan sondaj kuyuları, temeller, dayanma duvarları ve oturma noktaları görüntü ekranında perspektif (3D) ve plan (2D) olarak görülmektedir. Ekrandaki Zoom, zoom sınırlar, zoom pencere, büyüteç, taşı gibi butonlarla model incelenebilir. Aynı program dosyası (.STF) içinde birden çok temel modeli girilebilir. Bir modele de birden çok temel girişi yapılabilir. Dikdörtgen geometrilili temeller dilatasyonlu, ayrık veya sürekli olarak modellenebilmektedir.



Kazıklı, püskürtme beton, kuyu ve diyafram duvar tipinde betonarme perdeli, çelik halat ankrajlı, zemin çivili dayanma duvarları modellenebilir. Proje çizimleri alınabilmektedir.

2. MALZEME TANIMLANMASI

Malzeme tanımlanırken, öncelikle hangi sondaj kuyusu ve derinlikten olduğu bilgisi girilir. İstenilen sayıda malzeme tanımlanabilir (Şekil 2).

Geoteknik Malzeme Ekle

Malzeme Listesi	
Ekle	CH
Değiştir	CH
Uygula	CI
Sil	SC
	SC
	CI
	CH
	CH
	CL
	CH
	CH
	SC
	CI
	CI

CH

Sondaj Kuyusu:SK1

Derinlik:5,75

$\rho_n=18,8\text{kN/m}^3$

$w_n=\%29,38$

$e=0,82$

$S_r=\%96,4$

$E_u=7822\text{kN/m}^2$

$E'=6518\text{kN/m}^2$

$v'=0,25$

$OCR=3$

$c'=14\text{kN/m}^2$

$\phi'=20^\circ$

$c_u=60\text{kN/m}^2$

Şekil 2. Malzeme Ekle

2.1. Fiziksel Özellikleri

Fiziksel özellikler sekmesinde doymun, doğal ve kuru birim hacim ağırlıklar, doğal su muhtevası, likit limit, plastik limit, büzülme limiti vb. fiziksel özelliklerin girişi yapılır (Şekil 3).

Fiziksel özellikler sekmesinde;

ρ_d : doymun birim hacim ağırlık



SETAF2018

ρ_n : doğal birim hacim ağırlık

ρ_k : kuru birim hacim ağırlık

ρ_b : batık birim hacim ağırlık

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: CH Sınıflandırma Delgi: SK: 1 Derinlik: 4 m ☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi)

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler İnsutu Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyon(Kayma Direnci) Korelasyon(Stifness) Korelasyon(K_0)

Birim Hacim Ağırlıklar

ρ_d : 18.8 kN/m³

ρ_n : 18.4 kN/m³ gs,wn,Ron, parametrelerine göre e,n,Sr,Rok,Rod,Rob özelliklerini hesaplar. [Program Bulsun]

ρ_k : 14.2 kN/m³

ρ_b : 9 kN/m³

Kıvam Limitleri

w_n : 30 % I_p : 36 %

w_L : 56 % IL : 0.06

w_p : 20 % Kıvam limitlerine göre Ip velliği hesaplar

w_s : 6 %

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

Bosluk - Dane Birim Hacim Ağırlık

e : 0.91

n : 47.58 %

S_r : 91.01 %

ρ_s : 27 kN/m³

İri Daneli Zeminlerde

D_r : 52 %

FC : 12 %

Geçirimsizlik

k_v : 0.00159 m/sn

k_n : 0.00132 m/sn

Şekil 3. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

w_n : doğal su muhtevası

w_L : likit limit

w_p : plastik limit

w_s : büzülme limiti

I_p : plastisite indisi

IL : sıvılık indisi

değerleri bulunmaktadır.



Boşluk oranı, porozite, doygunluk derecesi, doymun birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, batık birim hacim ağırlık, plastisite indisi, sıvılık indisi gibi özellikleri program “Hesapla” butonuyla hesaplayabilir veya isterse kullanıcı belirlediği değerleri girebilir.

2.2. Mekanik Özellikler

Mekanik Özellikler sekmesinde toplam gerilme, efektif gerilme, konsolidasyon ve kompaksiyon parametreleri girilmektedir. Toplam Gerilme parametrelerinde drenajsız kayma direnci c_u , kayma direnci parametreleri c, ϕ , drenajsız elastisite modülü E_u , drenajsız Poisson oranı ν_u değerleri girilir. Efektif gerilme parametrelerinde kayma direnci parametreleri c', ϕ' , drenajlı elastisite modülü E' , drenajlı Poisson oranı ν' değerleri girilir. Program E, ν değerlerinden kayma modülünü kendi hesaplar. Drenajlı veya drenajsız E, ν değerleri arasında geçiş “Hesaplama” butonu yardımıyla yapılabilir.

Konsolidasyon özellikleri olarak ön konsolidasyon basıncı, düşey efektif gerilme, aşırı konsolidasyon oranı, sükunette yatay toprak basıncı katsayısı, yatay efektif gerilme, sıkışabilirlik katsayıları C_c, C_r, a_v, m_v , zaman faktörleri t_{50}, t_{90} , konsolidasyon katsayıları t_{50} ve t_{90} için c_v ve yatay konsolidasyon katsayısı c_h girilir. OCR, $\sigma'_c, \sigma_v, \sigma_h$, arasında “Hesapla” butonlarıyla geçiş yapılabilir.



Geoteknik Malzeme Özellikleri

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

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme

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

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler İnsitu Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyon(Kayma Direnci) Korelasyon(Stiffness) Korelasyon(K_0)

Toplam Gerilme Parametreleri

c_u : 76,2 kN/m²
 c_c : 0 kN/m²
 ϕ_c : 30°
 E_u : 38630,5 kN/m²
 ν_u : 0,5
 $G=G_u$: 12876,8 kN/m²
 E' ve Poisson oranına göre E'yu hesaplar

Efektif Gerilme Parametreleri

c' : 7,6 kN/m²
 ϕ' : 26,4°
 E' : 33479,7 kN/m²
 ν' : 0,3
 E' ve Poisson oranına göre E'yu hesaplar

Kompaksiyon (Sıkıştırma)

w_{opt} : 13 %
 ρ_{kmax} : 17 kN/m³
 CBR: 8,56 %

Sıkışabilirlik - Konsolidasyon

$\sigma'_v \text{OCR} =$ σ'_c : 437 kN/m² C_c : 0,414 t_{50} : 516 sn
 σ'_v : 82,8 kN/m² C_r : 0,059 t_{50} : 600 sn
 σ'_c/σ'_v OCR: 5,3 a_v : 0,000558 m²/kN C_{v1} : 3,81782945736 m²/sn
 K_0 : 0,5 m_v : 0,0002569 m²/kN C_{v2} : 1,41333333333 m²/sn
 $K_0 \sigma'_v =$ σ'_h : 50 kN/m² C_h : 0 m²/sn

Şekil 4. Malzeme Özellikleri Tanımlanması (Mekanik Özellikler Sekmesi)

Malzemenin optimum su muhtevası w_{opt} , maksimum kuru birim hacim ağırlık ρ_{kmax} taşıma oranı CBR gibi kompaksiyon özellikleri de girilir.

Mekanik özellikler sekmesinde,

C_u : drenajsız kayma direnci

c : CU koşullar için toplam gerilmelerle kohezyon

ϕ : CU koşullar için toplam gerilmelerle kayma direnci açısı

E_u : drenajsız elastisite modülü

ν_u : drenajsız poisson oranı

$G_u=G'$: kayma modülü

c' : efektif veya drenajlı kohezyon



SETAF2018

ϕ' : efektif veya drenajlı kayma direnci açısı

E' : efektif veya drenajlı elastisite modülü

ν' : efektif veya drenajlı poisson oranı

σ'_c : ön konsolidasyon basıncı

σ'_v : düşey efektif gerilme

OCR: aşırı konsolidasyon oranı

K_0 = sükunette yatay toprak basıncı katsayısı

σ'_h : yatay efektif gerilme

C_c : sıkışma indisi

C_r : yeniden yükleme indisi

a_v : sıkışma katsayısı

m_v : hacimsel sıkışma katsayısı

t_{50} : %50 konsolidasyon için zaman faktörü

t_{90} : %90 konsolidasyon için zaman faktörü

c_{vt50} : t_{50} ile hesaplanan konsolidasyon katsayısı

c_{vt90} : t_{90} ile hesaplanan konsolidasyon katsayısı

C_h : yatay konsolidasyon katsayısı

w_{opt} : optimum su muhtevası

ρ_{kmax} : maksimum kuru birim hacim ağırlık

CBR: taşıma oranı

2.3. In situ

Malzemenin ilgili derinlikte arazi deney özellikleri programa insutu sekmesinde girilir. Standart Penetrasyon Deneyi için SPTN ve düzeltme katsayıları E_m , C_b , C_s , C_r değerleri girilir.



SETAF2018

“Hesapla” butonuyla C_N , N_1 , N_{60} , N_{160} hesaplanır (Şekil 5). Burada girilen değerler korelasyonlarda (iri daneli zeminlerin deformasyon modülü) kullanılabilir.

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: CH Sınıflandırma: Delgi: SK: 1 Derinlik: 4 m ☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme

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

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler İnsitu Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyon(Kayma Direnci) Korelasyon(Stiffness) Korelasyon(K_e)

SPT (Standart Penetrasyon)

SPTN ve Düzeltmeler

SPTN : 38

CN: 1.08

N1 : 41

N60 : 41

N1,60 : 44

SPT Düzeltme Katsayıları

Em: 0.73

Cb: 1.05

Cs: 1

Cr: 0.85

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

Şekil 5. İn situ Sekmesi

SPTN: 30 cm için 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 elinde yeterli deney sonucu bulunmadığı durumlarda veya zemin parametrelerinin mertebeleri hakkında fikir edinmesi amacıyla literatürdeki bir çok korelasyonu, girilen fiziksel veya mekanik özellikleri kullanarak “Hesapla” butonuyla hesaplar.



SETAF2018

Kullanıcı isterse bu değerleri “Kullan” butonuyla Fiziksel ve Mekanik Özellikler sekmelerinde ilgili veri kutularına göndererek veri girişi yapılabilir.

Korelasyonlar(Konsolidasyon) sekmesinde C_c , C_r , OCR ve σ'_c değerleri için bir veya birden fazla korelasyon hesaplaması yapılabilir (Şekil 6).

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: CH Sınıflandırma: SK: 1 Derinlik: 22 m ☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme

Konsolidasyon

C_c :

- ☐ Skempton, 1944 $0.009(w_L - 10) =$
- ☐ Azzoz et al, 1976 $0.40(e - 0.25) =$
- ☐ Azzoz et al, 1976 $0.01(w_n - 5) =$
- ☐ Azzoz et al, 1976 $0.37(e - 0.003w_L - 0.34) =$
- ☐ Wood and Wroth, 1978 $0.5G_s(p/100) =$
- ☐ Nagaraj and Murthy, 1986 $0.00234 \cdot W_L \cdot G_s =$

C_r :

- ☐ Azzoz et al, 1976 $0.15(e - 0.007) =$
- ☐ Azzoz et al, 1976 $0.003(w_n + 7) =$
- ☐ Azzoz et al, 1976 $0.126(e - 0.003w_L - 0.06) =$
- ☐ Nagaraj and Murthy, 1986 $0.000463w_L \cdot G_s =$
- ☐ $C_c / 7$

OCR

- ☐ Kulhaway and Mayne, 1990 $(p_{atm}/\sigma'_z) \cdot 10^4 (1.11 - 1.62IL) =$
-

σ'_c

- ☐ $10^4 (5.97 - 5.32(w_n/w_L) - 0.25 \log_{10} \sigma'_c) =$ kN/m²
- ☐ Örtü yuku üzerinde aşın konsolide olan Doygun Zeminler Nagaraj and Srinivasa Murthy (1985, 1986)
- ☐ $3.78S_u - 2.9 =$ kN/m²
- ☐ Çimentolanma ve büzülme sonucu Aşın konsolide olan Zeminler Nagaraj and Srinivasa Murthy (1985, 1986)

Şekil 6. Korelasyonlar(Konsolidasyon) Sekmesi

Korelasyonlar(Kayma Direnci) sekmesinde drenajsız kayma direnci S_u , ve efektif kayma direnci parametreleri c' , ϕ' için korelasyonlar bulunmaktadır (Şekil 7).



Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: Sınıflandırma: Delgi: m Derinlik: m

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme

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

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler İnsutu Korelasyonlar(Konsolidasyon) **Korelasyon(Kayma Direnci)** Korelasyon(Stiffness) Korelasyon(K_0)

Su

☐ NL Klier Skepmtion 1957, $\sigma'_v (0.11+0.0037'lp)=$ kN/m²

☐ NL Klier Ladd 1957, $\sigma'_v (0.129+0.00435'lp)OCR^{0.8}=$ kN/m²

Efektif Kayma Direnci Parametreleri c', ϕ'

$0.10Cu, c'=$ kN/m²

Üçgenli (CU) Castellanos, Brandon, $\phi'=45-(IP/(0.5+0.04IP))$ kN/m²

ZEMİNLERDE OLASI KAYMA DİRENCİ PARAMETRELERİ

ZEMİN TÜRÜ	c_u	ϕ_u	c'	ϕ'
Çakıl (orta sıkı) GP, GW	-	35 - 55	-	35 - 55
Çakıl kumlu	-	33 - 50	-	33 - 50
Kum (gevşek, kuru)	-	-	-	28 - 34
Kum (sıkı, doymuş)	-	33 - 46	-	33 - 46
Silt, siltli kum (gevşek)	4 - 8	22 - 27	-	25 - 30
Silt, siltli kum (sıkı)	6 - 12	25 - 30	-	27 - 32
Kil (NL)	0 - 50	3 - 20	0 - 15	20 - 38
Kil (OC)	30 - 500	5 - 20	10 - 100	15 - 25

Şekil 7. Korelasyonlar(Kayma Direnci) Sekmesi

Korelasyonlar(Stiffness) sekmesinde elastisite modülleri E_u , E' ve kayma modülü G için korelasyonlar bulunmaktadır. (Şekil 8).



SETAF2018

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: CH

Sınıflandırma

Delgi: SK: 1

Derinlik: 22 m

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler

☐ Filtreleme

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

Uygula

İptal

Fiziksel Özellikler

Mekanik Özellikler

İnsutu

Korelasyonlar(Konsolidasyon)

Korelasyon(Kayma Direnci)

Korelasyon(Stiffness)

Korelasyon(K_0)

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

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

Plastisite indisine bağlı Katsayı A= 0.3

İnce daneli zeminlerde Hardin and Dmievich G_{max} = 119912.66 kN/m2

$G_{max} \times \% 10 = G_{sec}$ = 11991.266 kN/m2

Hesapla

Eu = 35973.798 kN/m2

Kullan

E' = 31177.292 kN/m2

İri daneli zeminlerde SPT Korelasyonları

☒ (G_{sec}/ρ_{atm})=2.5*N160/(1+v), G_{sec} = 8573.654 MN/m2 E_{sec} = 22291.5 MN/m2

☐ (G_{sec}/ρ_{atm})=5*N160/(1+v), G_{sec} = 17147.308 MN/m2 E_{sec} = 44583 MN/m2

☐ (G_{sec}/ρ_{atm})=7.5*N160/(1+v), G_{sec} = 25720.962 MN/m2 E_{sec} = 66874.5 MN/m2

Hesapla

Kullan

Şekil 8. Korelasyonlar(Stiffness) Sekmesi

Korelasyon(K_0) sekmesinde sükunette yatay toprak basıncı katsayısı için literatürden alınmış birçok korelasyonla hesaplama yapılabilir.



Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: CH Sınıflandırma Delgi: 1 Derinlik: 22 m

☒ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Filtreleme

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

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler İnsutu Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyon(Kayma Direnci) Korelasyon(Stiffness) Korelasyon(K_0)

K₀

☐ $v/(1-v)=$ 0.210

☐ Jaky, 1945 Temiz Kum $1-\sin\phi' =$ 0.546

☐ Brooker and Ireland 1965 NL kil $0.95-\sin\phi' =$ 0.496

☐ Alpan, 1967 NL Kil $0.19+0.233.\log_{10}lp =$ 0.553

☐ Holtz and Kovacs, 1981 NL Kil $0.44 + 0.0042lp =$ 0.591

☐ Mayne and Kulhawy, 1982 OC Kum $n=\sin\phi' , K_0OC=K_0NL \cdot OCR^n =$ 0.700

☐ Alpan, 1967 OC Kil $, n=0.54 \cdot 10^{-\phi'/20} K_0OC=K_0NL \cdot OCR^n =$ 0.773

Şekil 9. Korelasyonlar(K_0 Sekmesi)



2.5. Derin Karıştırma

Tanımlanan malzemenin derin karıştırma yöntemi ile karıştırıldığında elde edilecek karışımın(kolon) özellikleri tanımlanır.

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: CH_Kil Sınıflandırma Delgi: SK: 1 Derinlik: -4 m ☐ Filtreleme ☐ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler ☐ Yüzeysel ve Derin Temel Taşıma Gücü (Toplam Gerilme $\phi=0$ Analizi) Uygula İptal

Fiziksel Özellikler Mekanik Özellikler İnsutu Korelasyonlar(Konsolidasyon) Korelasyon(Kayma Direnci) Korelasyon(Stiffness) Korelasyon(K_a) Derin Karıştırma Jet Enjeksiyon

Derin Karıştırma Tipi
☐ Kuru Karıştırma
☒ Islak Karıştırma

DSM Malzeme Tasarımı

$q_u = 2000$ kN/m²
 $w_b = 0,8$
 $G_b = 3,15$ [gramf/cm³]
 $w_n = 28$ %
 $p_u = 17$ kN/m³
 $p_n = 19,7$ kN/m³
 $\gamma_{d-siliny} = 8,77584$ kN/m³
 $w_t b = 1,77$
 $\alpha = 499,6329$ [kgf/m³]
 $VR = 55,83$ %
 $\alpha_{in-place} = 320,6228$ [kgf/m³]
 $aw = 28,82$ %

Karışım Özellikleri

$\rho_{mix} = 22$ kN/m³ Hesapla
 $S_{dm} = 900$ kN/m²
 $E_{dm} = 450000$ kN/m²
 $v = 0,25$

28 Günlük Serbest Basınç Dayanımı (psi)

Toplam Su-Çimento Oranı

1 psi = 6.88 kPa

Legend:
○ Jacobson, et al. (2003)
□ Miura, et al. (2002)
△ Horpibulsuk, et al. (2003)
◇ Lorenzo and Begado (2006)
+ Hodges, et al. (2008)
— Trend

Karışım özellikleri

ρ_{mix} : Karışımın doğal birim hacim ağırlığı

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

E_{dm} : Karışımın elastisite modülü

v : Karışımın Poisson oranı

ρ_{mix} , S_{dm} , E_{dm} değerleri “Hesapla” butonu ile elde edilebilir. E_{dm} ve S_{dm} q_u 'ya bağlı olarak hesaplanır. ρ_{mix} ve karışımdaki bağlayıcı miktarını belirlemek için malzeme tasarımı yapılır. Talep edilen serbest basınç dayanımı q_u , $w:b$ 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 [gramf/cm³]

2.6. Jet Enjeksiyon

Tanımlanan malzemenin jet enjeksiyon yöntemi ile karıştırıldığında elde edilecek kolonun özellikleri tanımlanır.

Geoteknik Malzeme Özellikleri

Malzeme Adı: CH_Kil

Sınıflandırma

Delgi: SK: 1

Derinlik: -4 m

☐ Korelasyonlar ve Tüm Parametreler

☐ Filtreleme

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

Uygula

İptal

Fiziksel Özellikler

Mekanik Özellikler

Insutu

Korelasyonlar(Konsolidasyon)

Korelasyon(Kayma Direnci)

Korelasyon(Stiffness)

Korelasyon(K_0)

Derin Kanıtma

Jet Enjeksiyon

Jet Enjeksiyon Malzeme Tasarımı

w/c= 0,8

β_e = 200

Jet Kolon Özellikleri

q_u = 7000 kN/m²

Sc = 3500 kN/m²

pc = 22 kN/m³

Ec = 1800000 kN/m²

vc = 0,25

Jet Enjeksiyon Uygulama Tipi

☒ Jet 1

☐ Jet 2

☐ Jet 3

q_u =

Ec =

Ec =

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

Jetleme Sistemi	Ortalama kolon ϕ (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
Mongiovi vd. (1991)	Teğet (ϵ belirtilmemiş)	Çakıl	280 – 1000
Lunardi (1992)	Sekant (%40 q_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 (ϵ_s =%0.01'de)	Siltli kum	220 – 700
Nanni vd. (2004)	Teğet (ϵ belirtilmemiş)	Siltli kum	330 – 830
Fang vd. (2004)	Teğet (%50 q_u 'da)	Siltli kum	300 – 750
Fang vd. (2004)	Teğet (%50 q_u 'da)	Siltli kum, siltli kil	100 – 300
Lunardi (1992)	Sekant (%40 q_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

Jet kolon özellikleri su-çimento oranı veya β_e katsayısına göre elde edilebilir. β_e katsayısını tespit etmek için gerekli bazı tablolar verilmiştir.

q_u : Serbest basınç dayanımı

$w:b$ su-çimento oranı

Sc : Jet kolon kayma direnci($(\phi=0$ durumu Tresca modeli)

pc : Jet kolon birim hacim ağırlığı



E_c : Jet kolon elastisite modülü

ν : Jet kolon Poisson oranı

2.7. Analiz ve Hesaplarda Kullanılan Zemin Özellikleri

SETAF2018'in analiz ve hesaplarda kullandığı fiziksel ve mekanik özellikler;

- ρ_d : Doygun birim hacim ağırlık – Efektif gerilmelerin hesaplanması ve diyagramlarının elde edilmesi,
- ρ_n : Doğal birim hacim ağırlık - Efektif gerilmelerin hesaplanması ve diyagramlarının elde edilmesi,
- e : Doğal boşluk oranı – Konsolidasyon oturmalarının hesaplanması,
- c_u : Drenajsız kayma direnci – Yüzeysel temellerin toplam gerilme analizi ($\phi=0$ durumu) ile taşıma gücünün hesaplanması. Derin temellerde α yöntemi ile çevre direnci hesaplanması,
- c_t : Toplam gerilmelere göre kohezyon -Toplam gerilme analizi (c,ϕ durumu) ile yüzeysel temel taşıma gücü hesaplanması,
- ϕ_t : Toplam gerilmelere göre kayma direnci açısı - Toplam gerilme analizi ile (c,ϕ durumu) yüzeysel temel taşıma gücü hesaplanması,
- E_u : Drenajsız elastisite modülü – Drenajsız tabakalarda elastik deformasyonların hesaplanması,
- c' : Efektif gerilmelere göre (drenajlı) kohezyon – Efektif gerilme analizi ile yüzeysel taşıma gücü hesaplanması. Derin temellerde β yöntem ile çevre direnci hesaplanması,
- ϕ' : Efektif gerilmelere göre (drenajlı) kayma direnci açısı - Efektif gerilme analizi ile yüzeysel temel taşıma gücü hesaplanması. Derin temellerde β yöntem ile çevre direnci hesaplanması,
- E' : Efektif (drenajlı) elastisite modülü - Drenajlı tabakalarda elastik deformasyonların hesaplanması,
- ν' : Efektif (drenajlı) Poisson oranı – Drenajlı tabakalarda gerilme artışları ve elastik deformasyonların hesaplanması,
- σ'_c : Ön konsolidasyon basıncı – Konsolidasyon oturmalarının hesaplanması,

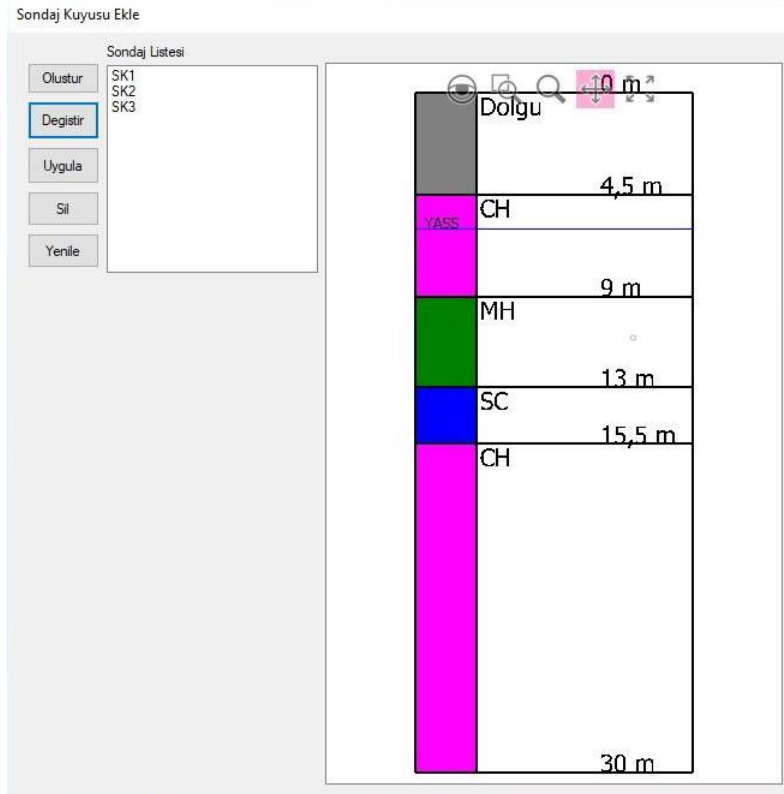


SETAF2018

- K_0 : Sükunette toprak basıncı katsayısı – Yatay efektif ve toplam gerilmelerin hesaplanması ve diyagramlarının çizilmesi,
- C_c : Sıkışma indisi – Konsolidasyon oturmalarının hesaplanması,
- C_r : Yeniden yükleme indisi - Konsolidasyon oturmalarının hesaplanması,
- t_{50} : %50 konsolidasyon için süre - Konsolidasyon katsayısının hesaplanması,
- t_{90} : %90 konsolidasyon için süre – Konsolidasyon katsayısının hesaplanması,
- c_{vt50} : t_{50} ile hesaplanan konsolidasyon katsayısı – Zamana göre konsolidasyon oturması hesaplanması ve oturma-zaman grafiklerinin çizilmesi,
- c_{vt90} : t_{90} ile hesaplanan konsolidasyon katsayısı – Zamana göre konsolidasyon oturması hesaplanması ve oturma-zaman grafiklerinin çizilmesi

3. SONDAJ KUYUSU TANIMLANMASI

SETAF2018’de kullanıcı 21 adedi aşmamak üzere sondaj kuyuları tanımlayabilir. Sondaj Kuyularında sınırsız sayıda tabaka girilebilir. Sondaj Kuyusunda SPT(Standart Penetrasyon) ve MPM(Presiyometre) profili de tanımlanmaktadır.



Şekil 10. Sondaj Kuyusu Ekleme



Sondaj kuyuları sondaj numarası, koordinatları ve Y.A.S.S ile tanımlanmaktadır (Şekil 11).

Sondaj Kuyu Özellikleri

Sondaj İsmi: SK

Koordinatlar

x:

y:

Toplam Derinlik: m

Y.A.S.S Kotu m

Tabakalar SPT Profili MPT Profili

Tabaka Ekle

Tabakalar

Dolgu
CH
CH
SC
CH

Tabaka Oluştur
Tabaka Değiştir
Tabaka Uygula
Tabaka Sil

Ekle
Uygula
İptal

Şekil 11. Sondaj Kuyusu Özellikleri

3.1. Zemin Tabakalarının Tanımlanması

Programda Tabakaların tabaka ismi, açıklama, üst kot, alt kot, artezyen basıncı, kılcallık, drenaj koşulları, alt katman sayısı, konsolidasyon gibi özellikler girilir. Konsolidasyon özelliklerinde fazla boşluk suyu dağılımları için seçim yapılır (Şekil 12).



Tabaka Özellikleri

Tabaka İsmi: CH

Açıklama: CH KİL

Tabaka Üst Kot: 0 m

Tabaka Alt Kot: 8 m

☐ Artezyen Basıncı: 0,137 kN/m²

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

Drenaj Koşulları

☒ Drenajsiz

☐ Drenajlı

Alt Katman Sayısı: 8

Görüntüleme

Renk: Kırmızı

Konsolidasyon Özellikleri

☒ Konsolidasyon

Fazla Boşluk Suyu Basıncı Dağılımları

☒ Dağılım 1

☐ Dağılım 2

☐ Dağılım 3

Drenaj Yolu Sayısı n= 2

Ekle

Uygula

İptal

Şekil 12. Tabaka Özellikleri

Tabaka kotları girilirken global eksen takımına göre girilir. Kotlar girilirken yukarı pozitif aşağı yön negatiftir.. Tabaka kotlarında süreklilik sağlanmalıdır. Örneğin birinci tabaka 0-5m girildiyse, ikinci tabaka 5m ile başlamalıdır. Siltli tabakalarda Y.A.S.S durumuna göre kılcallık (kapilarite) tanımlanabilir. Alt katman sayısı ile oturma analizindeki alt katmanlar belirlenir.

3.2. SPT Profilinin Tanımlanması

Programla ilgili sondaj kuyusunda yapılan SPT deney sonuçları derinlik-SPTN profili olarak girilmektedir. SPT düzeltme katsayıları da tanımlanmaktadır.



Sondaj Kuyu Özellikleri

Sondaj İsmi: SK 1

Koordinatlar:

x: 5

y: 5

Toplam Derinlik: 50 m

Y.A.S.S Kotu 7 m

Tabakalar SPT Profili MPT Profili

SPT Profili

z m	SPTN
1,5	14
3	19
4,5	20
6	24
7,5	21
9	24
10,5	18
12	22
13,5	26
18,25	50

Ekle

Değiştir

Sil

SPT Düzeltme Katsayıları

Em: 0,73

Cb: 1,05

Cs: 1

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 13. Sondaj Kuyusu Özellikleri SPT Sekmesi

3.3. MPM Profiline Tanımlanması

Programla ilgili sondaj kuyusunda yapılan MPM deney sonuçları derinlik-Menard Modülü Em-limit basınç P_L profili olarak girilmektedir.



Sondaj Kuyu Özellikleri

Sondaj İsmi: SK 1

Koordinatlar

x: 5

y: 5

Toplam Derinlik: 50 m

Y.A.S.S Kotu 7 m

Tabakalar SPT Profili MPT Profili

Presiyometre Profili

z m	EM kN/m ²	PL kN/m ²
3	8186,591419	756,092715
6	7821,78404	514,8491250
9	28606,97871	1896,60611
12	31888,28380	2187,863615
15	21280,4305	913,97978
18	26553,46620	754,131385

Ekle

Değiştir

Sil

18 31856,9 1698,51

Ekle

Uygula

İptal

Şekil 14. Sondaj Kuyusu Özellikleri MPT Sekmesi

E_M : Menard modülü

P_L : Limit basınç

4. TEMEL MODELİ TANIMLANMASI

SETAF2018’de malzeme ve sondaj kuyuları tanımlandıktan sonra. 21 adedi aşmamak üzere kullanıcının istediği koordinatlarda dikdörtgen temel içeren model girişi yapılır. Bu temeller dilatasyonla birbirinden ayrılmış veya sürekli olabilir.

Model Tanımla

Tanımlanan Temellerin Listesi

Oluştur

Değiştir

Uygula

Sil

Model1
Model2

Şekil 15. Temel Modeli Ekleme



Model içerisinde 21 adedi aşmamak üzere istenilen koordinatlarda oturma noktası ve temel tanımlanabilir (Şekil 16).

Temel Sistemi Özellikleri

Adı: İnşaat Süresi: sn

Açıklama:

Yenile
Ekle
Uygula
İptal

Temeller

Olustur
Degistir
Sil
Görüntü

Temel1
Temel2

Zemin Gerilme Noktaları Ekle

Nokta Adı:	x: m	y: m	Zemin Profili
A	7	10	SK1
B	3	3	SK1

Ekle
Değiştir
Sil

Şekil 16. Temel Sistemi Özellikleri

4.1. Temel Geometrisi

Programa Temelin dört köşe noktasının (x,y) koordinatları ve temel alt kotu z girilir. Girilen değerler 3D ekrandaki eksen takımı(x,y,z)'na göre dir. Buradaki temel koordinatları ve temel alt kotu kitle gerilme analizlerinde kullanılmaktadır (Şekil 17).



Temel Boyut ve Yükleme Özellikleri

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

Zemin Profili:

Temel Plan ve Geometrisi | Yüklemler ve Özellikleri | Yüzeysel Temel Özellikleri | Derin Temel Özellikleri

Koordinatlar

0 20 40 20

0 0 Birim: m 40 0

3 2

Temel Alt Kotu: m

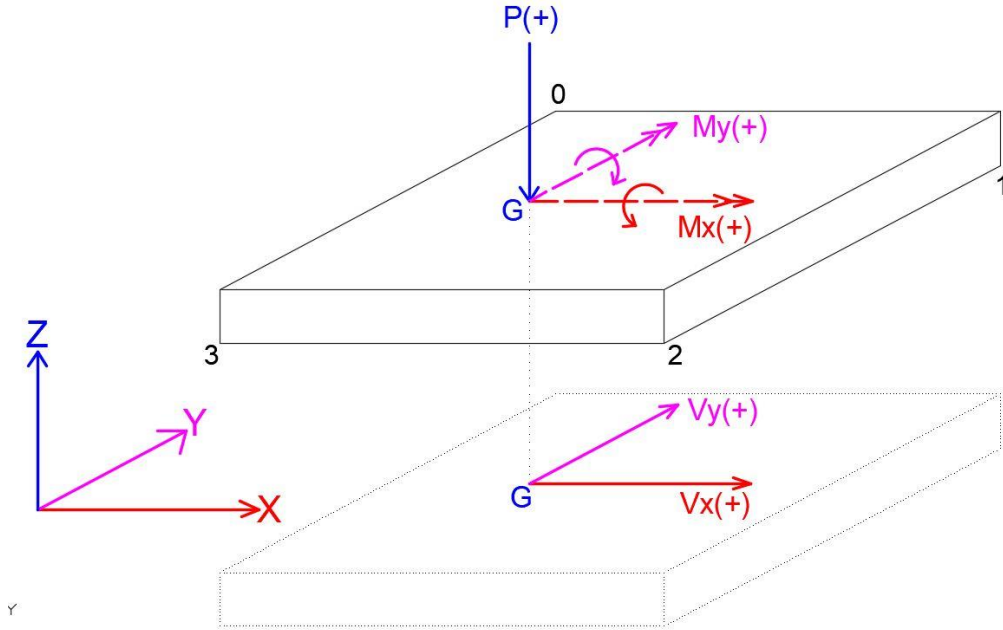
Şekil 17. Temel Plan ve Geometrisi Sekmesi

4.2.Yüklemeler ve Özellikleri

Yüklemeler sekmesinde temele etkiyen eksenel kuvvet P , M_x , M_y momentleri, yatay kuvvetler V_x , V_y , temel taban eğimi, zemin 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} “Yüzeyel 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 Boyut ve Yükleme Özellikleri

Temel Adı:

Zemin Profili:

Yapı Durumu

☒ Yeni Yapı Temeli

☐ Mevcut Yapı Temeli

☒ Derin Temel

Ekle Yenile

Uygula İptal

Temel Plan ve Geometrisi

Yüzeysel Temel Özellikleri

Yüklemeler ve Özellikleri

Derin Temel Özellikleri

Yükler ve Eğimler

Eksenel Kuvvet P = kN

Eğilme Momenti Mx = kN.m

Eğilme Momenti My = kN.m

Yatay Kuvvet Vx = kN

Yatay Kuvvet Vy =

Taban Eğimi = °

Zemin Eğimi = °

Taban Basınçları

σ_1 : kN/m² σ_2 : kN/m²

σ_3 : kN/m² σ_4 : kN/m²

q_{ort} : kN/m² q_{net} : kN/m²

G.S. : Hesapla

Şekil 18. Yüklemeler ve Özellikleri Sekmesi

G.S: Yüzeysel temel taşıma gücü için güvenlik sayısıdır. T.B.D.Y’de ki dayanım katsayısı γ_{rv} için bu değer kullanılır.



4.3. Yüzeysel Temel Özellikleri

İleriki aşamada taşıma gücü hesaplarında kullanılmak üzere, temel şekli(şerit, dikdörtgen, daire) girilir. İlgili temelin taşıma gücü hesaplarında kullanılmak üzere temel kısa kenar uzunluğu B, temel uzun kenar uzunluğu L ve temel gömme derinliği D_f değerleri yüzeysel temel özellikleri sekmesinde girilir.

Temel Boyut ve Yükleme Özellikleri

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

Zemin Profili:

Temel Plan ve Geometrisi | Yükleme ve Özellikleri | **Yüzeysel Temel Özellikleri** | Derin Temel Özellikleri

Temel Tipi ve Yüzdüme Etkisi

Temel Tipi

☒ Tekil

☐ Sürekli

☐ Yayılı

Yüzdüme Etkisi

☐ Bodrum Var

☒ Bodrum Yok

Temel Boyutları ve Şekli

B = m ☐ Şerit

L = m ☒ DikDörtgen

D_f = m ☐ Daire

h_f = m

Yüzeysel Temel Malzeme Özellikleri

E_f = kN/m²

ν_f =

Şekil 19. Yüzeysel Temel Özellikleri Sekmesi



4.4. Derin Temel Özellikleri

Derin temel özellikleri sekmesinde temel altında kullanılacak kazıkların sayısı, eksenler arası uzaklığı, kazık çapı veya enkesit alanı gibi değerler girilir (Şekil 20).

Temel Boyut ve Yükleme Özellikleri

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

Zemin Profili:

Temel Plan ve Geometrisi | Yüklemler ve Özellikleri | Yüzeysel Temel Özellikleri | Derin Temel Özellikleri

Boyutlar

Eksenler Arası Uzaklık Sx = m

Eksenler Arası Uzaklık Sy = m

X Yönü Kazık Sayısı m =

Y Yönü Kazık Sayısı n =

Kazık Sayısı =

Kazık Çapı D = m

Kazık Boyu L = m

Kesit Alanı Ab = m²

Kesit Çevresi = m

Blok Alanı = m²

Blok Çevresi = m

Derin Temel Malzeme Özellikleri

Ep = kN/m²

vp =

Uç Bölgesi Taşıma Gücü Özellikleri

$\psi =$ n Yumuşak ince daneli zeminlerde $\psi \leq (n/3)$

Yumuşak ince daneli zeminlerden sıkı iri daneli zeminler ve aşırı konsolide ince daneli zeminlere; $n/3 \leq \psi \leq 0,58n$

Yumuşak ve sıkışabilir zeminlerde $n/3$ değerini aşmamalıdır.

Sıkı iri daneli zeminlerde $n/2$ değerini aşmamalıdır.

Şekil 20. Derin Temel Özellikleri Sekmesi

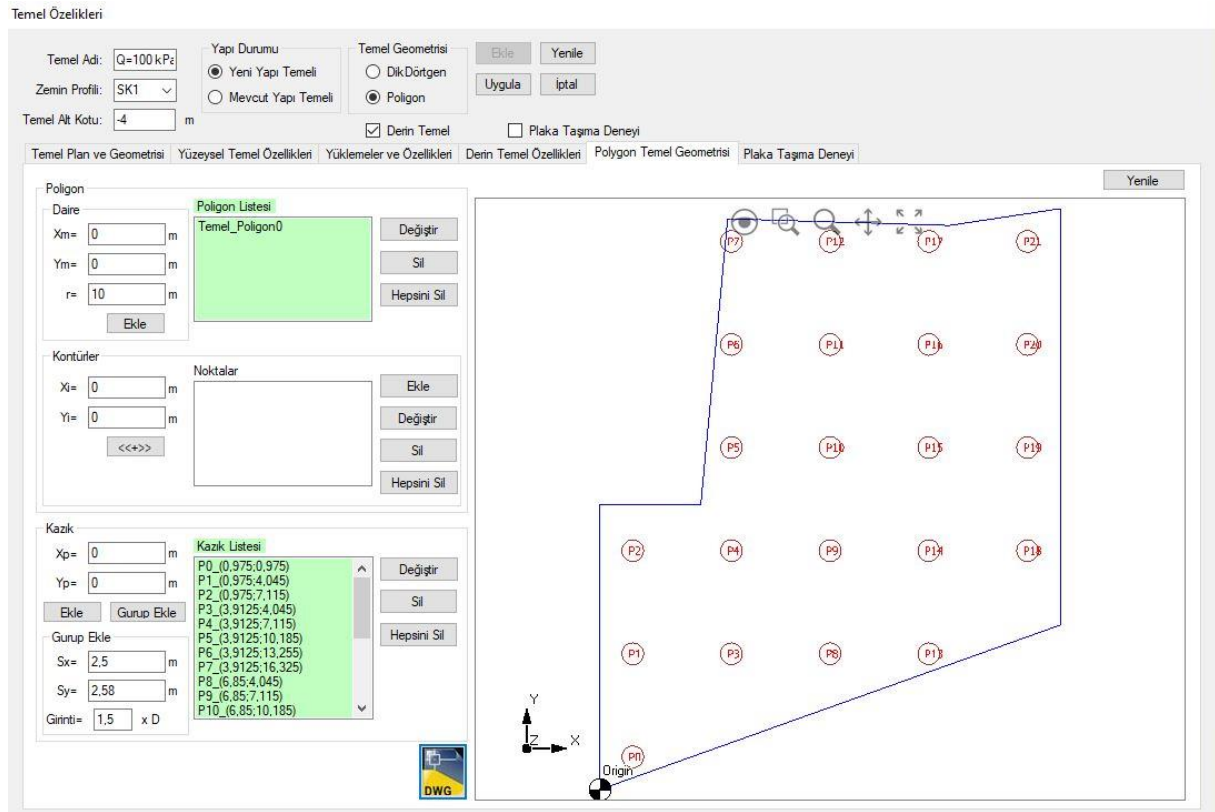


4.5. Poligon Temel Geometrisi

Temel geometrisi seçeneklerinde Poligon özelliği seçilirse “Temel Plan ve Geometrisi” sekmesinin etkinliği iptal olur “Poligon Temel Geometrisi ” sekmesi aktif olur. Poligon tepe noktaları (vertex) tanımlanarak istenilen geometride kapalı poligon oluşturulabilir. Yarıçap girilerek temel daire olarak da tasarlanabilir. Daire veya poligon tanımlanan temelin içinde yine daire veya poligon geometrili boşluklar açılabilir. Boşluk sayısı için sınırlama yoktur.

4.5.1. Poligon veya Daire Temele Kazık Ekleme

Poligon veya daire tanımlanan temele koordinatları girilerek kazıklar tanımlanır. Kazık gurubu ekle butonu ile girilen aralıklara (sx,sy) göre kapalı alan içine kazık gurubu yerleştirilir. Kazıkların x ve y yönündeki merkezleri arasındaki mesafeler S_x, S_y değerlerine göre kazık gurubu atanır.



Şekil 21. Poligon Temel Tanımlanması ve Kazık Gurubu

S_x ve S_y değerleri $2 \cdot D$ mesafeden düşük olmaz. Guruptaki kazıkların koordinatları değiştirilebilir veya seçilen kazıklar silinebilir. Daire tanımlanan temeller içinde kazık gurupları

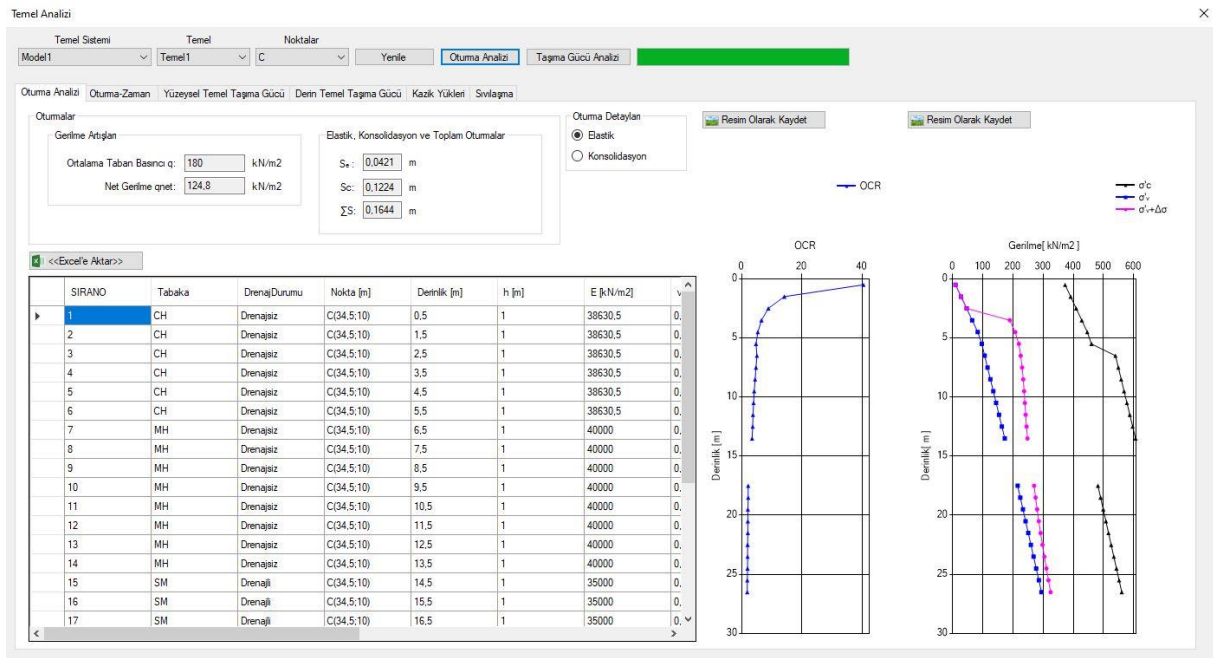


SETAF2018

atanır. S_x değeri dairesel kazık aksları arasındaki mesafeyi, S_y değeri dairesel kazık aksları üzerinde kazık merkezleri arası mesafeyi gösterir.

5. ANALİZ

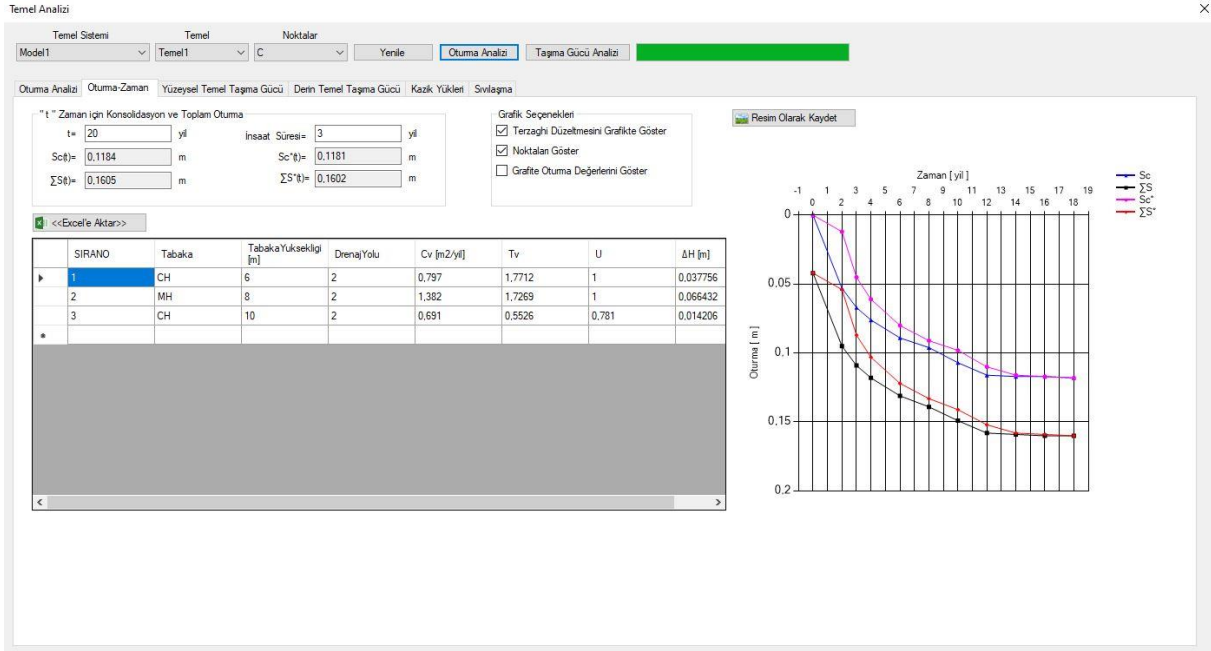
Temel analizi penceresinde “Analiz” butonuyla SETAF2018, tanımlanan oturma noktalarında bütün temellerden gelen gerilme artışlarını dikkate alarak temel oturmalarını (Şekil 22)



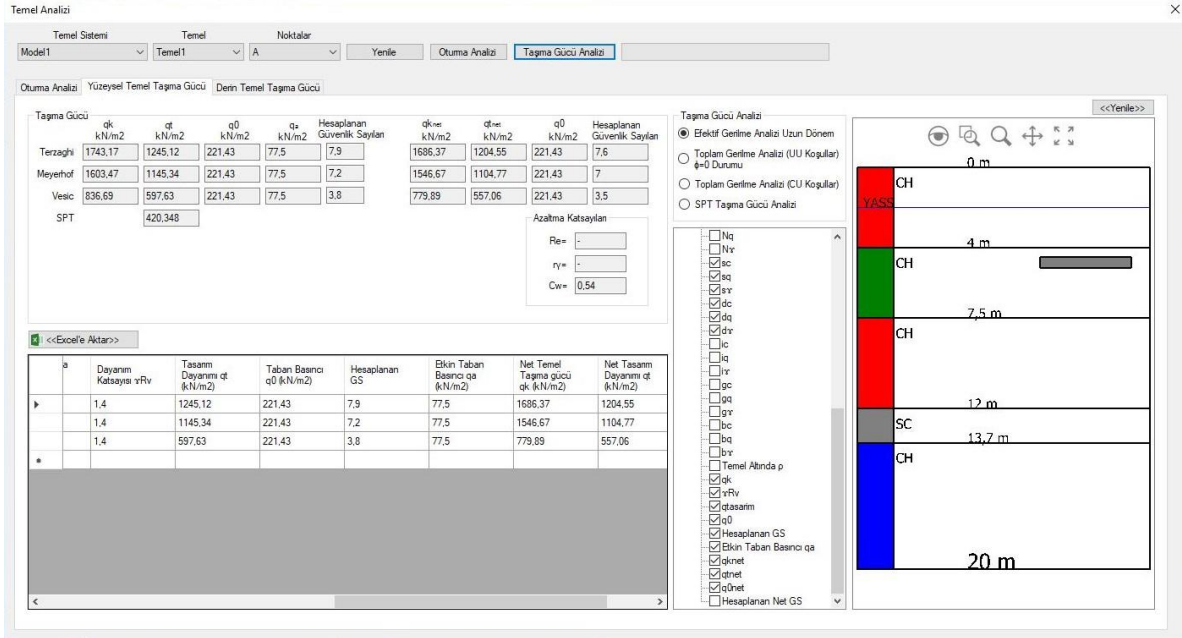
Şekil 22. Temel Analizi (Oturma Sonuçları)

ve seçilen yüzeysel temelin taşıma gücünü hesaplar (Şekil 24).

Seçilen noktanın konsolidasyon oturma-zaman grafikleri çizilir. Girilen zaman için konsolidasyon ve toplam oturma değeri elde edilir (Şekil 23).

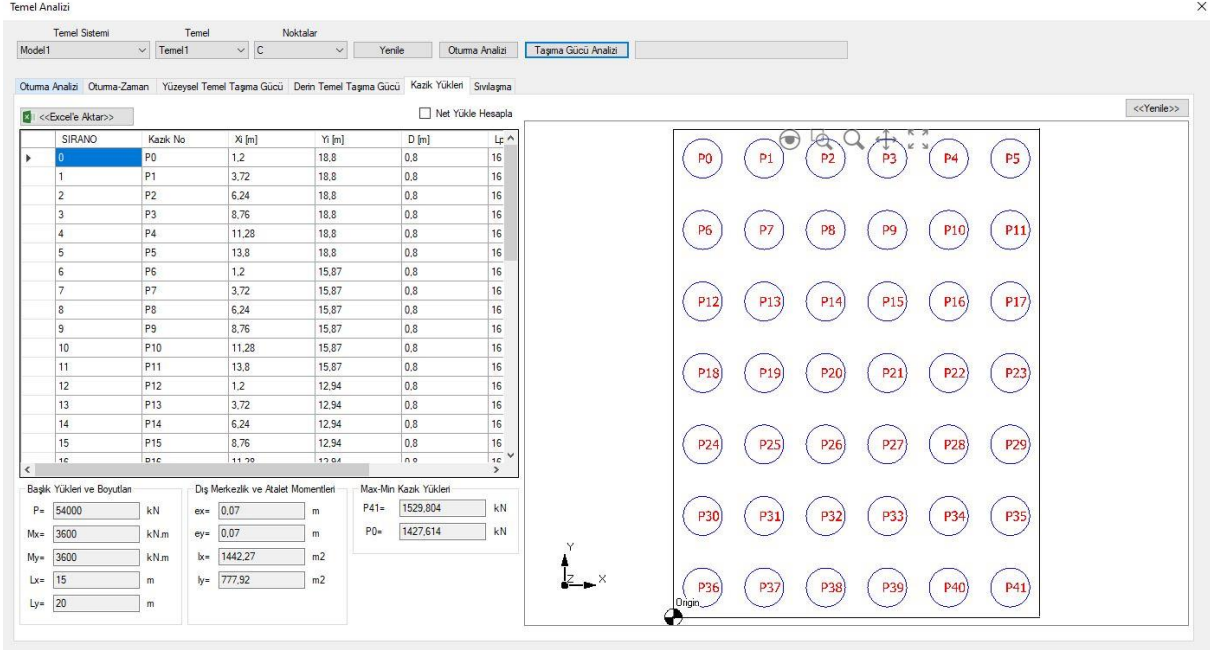


Şekil 23. Oturma-Zaman Analiz ve Grafikleri

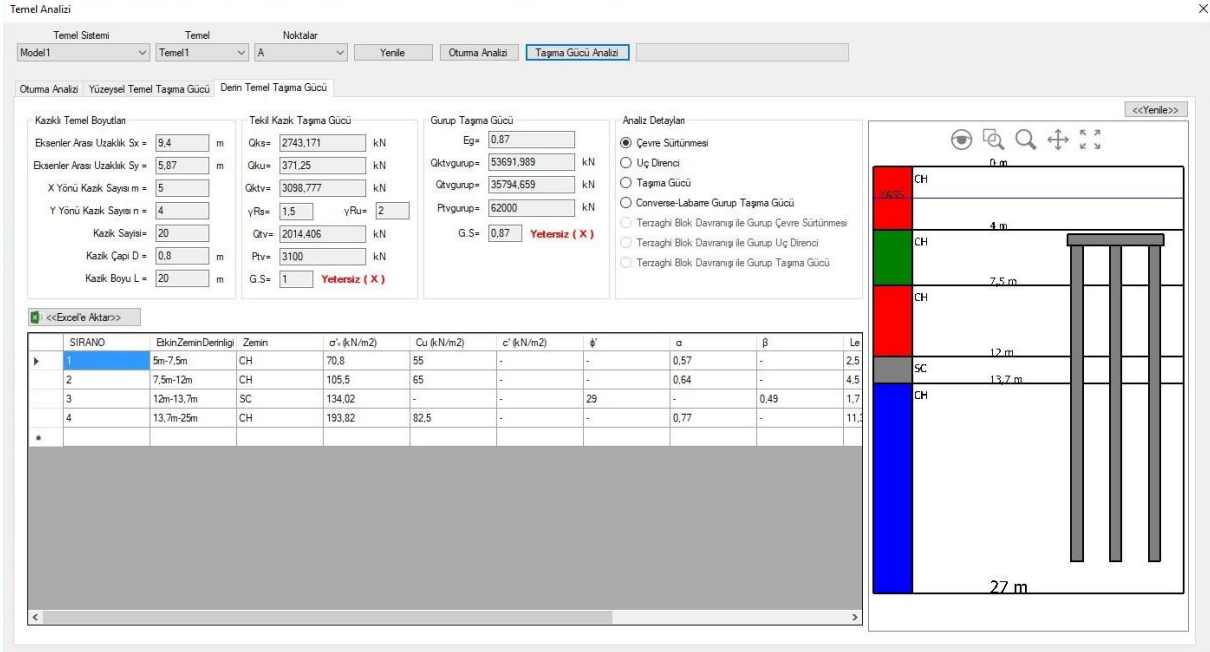


Şekil 24. Temel Analizi (Yüzeysel Temel Taşıma Gücü)

Seçilen temel derin temel(kazıklı) ise derin temel taşıma gücü tekil kazık ve grup kazık sistemi olmak üzere hesaplanır (Şekil 26). Kazıklara yük aktarma hesapları yapılır (Şekil 25).

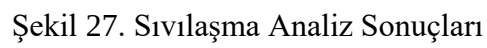


Şekil 25. Kazıklara Yük Aktarılması



Şekil 26. Temel Analizi (Derin Temel Taşıma Gücü)

Seçilen Sondaj kuyusundaki SPT profili ile TBDY EK16B'deki yöntem ile sıvılaşma hesapları yapılır. Tablo ve grafikler hazırlanır (Şekil 27). Kullanıcının seçtiği SPT değerleri ile hesaplar yapılmaktadır.





6. RAPOR

SETAF2018’de tüm veriler ve analiz sonuçları tablolar ve grafikler olarak raporlanır. Rapor alınırken malzeme verilerinde zemin özellikleri seçime bağlı olarak özelleştirilebilir.

Taşıma gücü hesapları için modeldeki temeller ve oturma hesaplanan noktalar seçime bağlı olarak özelleştirilebilir.

Rapor

Rapor Tasarımı

☒ Geoteknik Malzeme Özellikleri

☒ Sondaj Kuyusu Özellikleri

☒ Zemin Profili Özellikleri

☒ Zemin Profilleri

☒ Modeller

☒ Model1

☒ Temeller

☒ Temel1

☒ Mevcut Temel

☒ Temel2

☒ Oturma Noktaları

☒ B

☒ A

☒ C

☒ D

☒ Model2

☒ Temeller

☒ Temel1

☒ Oturma Noktaları

☒ A

Proje Bilgileri

Proje Adı: Sayısal Örnek

Proje Sahibi: Akzel İnş.

Dizaynı Yapan: İbrahim Bozkurt

Müellif: Ozan Tunç

Kontrol Eden: Prof. Dr.

Müşavir: Akzel Mühendislik

Revizyon: Revizyon2

Tarih: 9.06.2019

İl: İstanbul

İlçe: Esenyurt

Pafta: 12FGHYRRRGTR123

Ada: 365-2589

Parsel: 52-68

İlgili İdare: T.C.İstanbul Büyükşehir Belediyesi

Açıklama: 5 katlı yapı temelleri olup . ortada mevcut bina vardır.

Uygula

Rapor

Seçimleri İlk Haline Getir

32

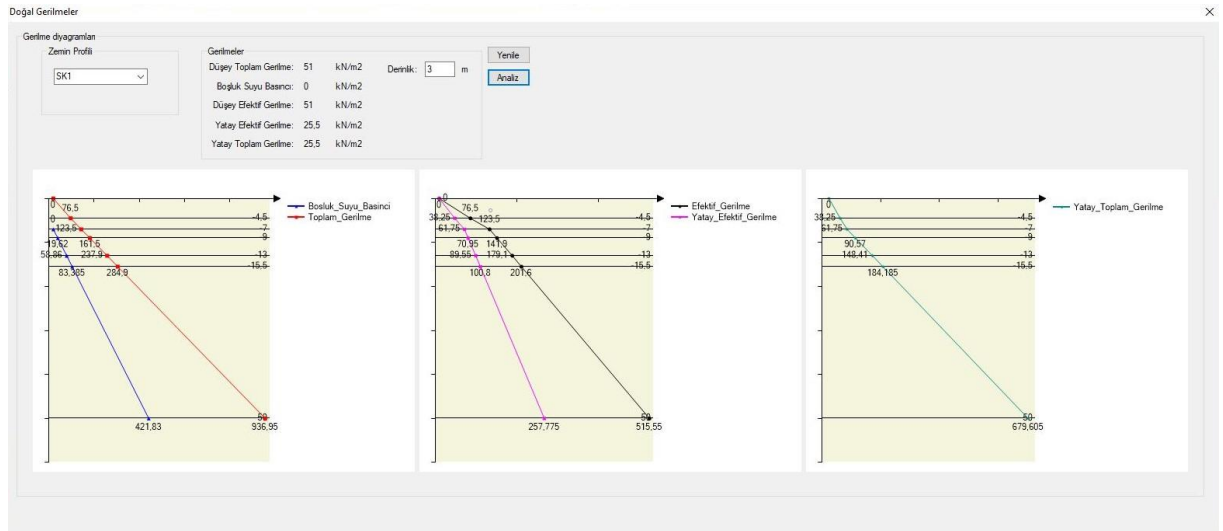


7. TEORİ

SETAF2018’de dikdörtgen boyutlu temellerin ani ve konsolidasyon oturmaları elastisite teorisi denklemleri ve Terzaghi konsolidasyon teorisi ile hesaplanmaktadır. Temel yüklerinin oluşturduğu gerilme artışları Boussinesq ve Mindlin - Geddes denklemleri kullanılarak nümerik analizle hesaplanmaktadır. Toplam gerilmeler, hidrostatik boşluk suyu basınçları, düşey efektif gerilmeler, yatay efektif gerilmeler ve yatay toplam gerilmeler gibi doğal başlangıç gerilmeleri birim hacim ağırlıklar ve sükunetteki toprak basıncı katsayısı K_0 durumuyla hesaplanmaktadır.

7.1. Doğal Gerilmeler

Kullanıcının tanımladığı zemin profillerinin hepsinde toplam gerilme, hidrostatik boşluk suyu basıncı, efektif gerilme, yatay efektif gerilme ve yatay toplam gerilme diyagramları çizilmektedir. Zemin Profilinin istenilen derinliğinde bu gerilme değerlerine ulaşılabilir. Gerilme diyagramları çizilirken tabakalarda tanımlanmış kılcallık, artezyen basınç gibi durumlar dikkate alınır. Bu veriler sondaj kuyularında zemin tabakaları tanımlanırken girilmektedir.



Şekil 28. Doğal Gerilmeler

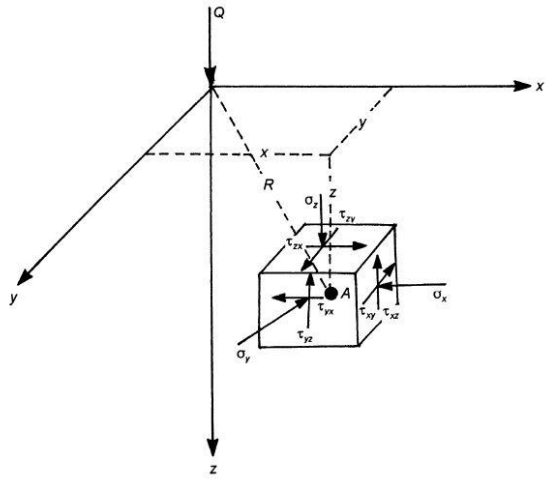
7.2. Kitle Gerilmeleri

SETAF2018 yüzeysel temeller için Boussinesq, derin temellerde Mindlin-Geddes denklemleriyle kitle gerilme artışlarını hesaplamaktadır.



7.2.1. Boussinesq ile Gerilme Artışları

Boussinesq'in noktasal yükün elastik ortamda geliştirdiği gerilme artışlarını veren denklemlerin



$$\sigma_z = \frac{3Qz^3}{2\pi R^5}$$

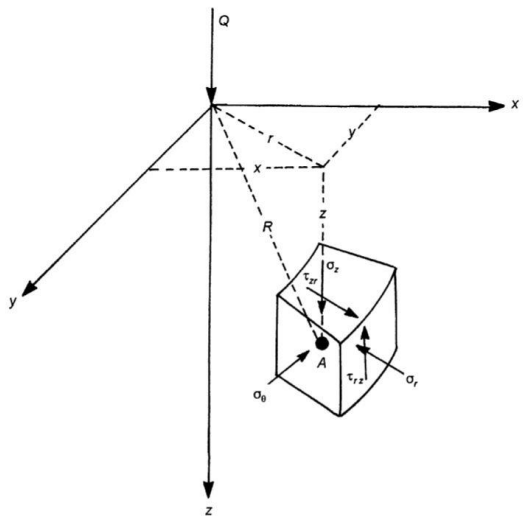
$$\sigma_x = \frac{3Q}{2\pi} \left\{ \frac{x^2 z}{R^5} + \frac{1-2\nu}{3} \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{(2R+z)x^2}{R^3(R+z)^2} - \frac{z}{R^3} \right] \right\}$$

$$\sigma_y = \frac{3Q}{2\pi} \left\{ \frac{y^2 z}{R^5} + \frac{1-2\nu}{3} \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{(2R+z)y^2}{R^3(R+z)^2} - \frac{z}{R^3} \right] \right\}$$

$$\tau_{xy} = \frac{3Q}{2\pi} \left[\frac{xyz}{R^5} - \frac{1-2\nu}{3} \frac{(2R+z)xy}{R^3(R+z)^2} \right]$$

$$\tau_{xz} = \frac{3Q}{2\pi} \frac{xz^2}{R^5}$$

dikdörtgen yayılı yük için integrasyonu nümerik yöntemle yapılmaktadır. Program modeldeki bir temelin tanımlanmış taban basıncını veya net gerilmesini(yük) kullanarak yük alanını kendi mesh algoritmasıyla alanlara ayırır. Yayılı yükü noktalara etki alanlarını kullanarak tekil yük olarak dağıtır. Bütün tekil yüklerin aranan noktadaki gerilme artışlarını bulup toplar. Sonra mesh aralığını azaltıp, iterasyon ile aranan hedef noktadaki gerilme artışlarını kartezyen koordinat sisteminde ($\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y, \Delta\tau_{xy}, \Delta\tau_{xz}, \Delta\tau_{yz}$) veya silindirik koordinat sisteminde ($\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_r, \Delta\sigma_\theta, \Delta\tau_{rz}$) elde eder (Bowles, 1996).



$$\sigma_z = \frac{3Qz^3}{2\pi R^5}$$

$$\sigma_r = \frac{Q}{2\pi} \left[\frac{3zr^2}{R^5} - \frac{1-2\nu}{R(R+z)} \right]$$

$$\sigma_\theta = \frac{Q}{2\pi} (1-2\nu) \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{z}{R^3} \right]$$

$$\tau_{rz} = \frac{3Qrz^2}{2\pi R^5}$$



Kartezyen koordinat sisteminde,

$\Delta\sigma_z$: 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 eksenini doğrultusundaki yüzeyin Y doğrultusundaki kayma gerilmesi artışı

$\Delta\tau_{xz}$: Normali X eksenini doğrultusundaki yüzeyin Z doğrultusundaki kayma gerilmesi artışı

$\Delta\tau_{yz}$: Normali Y eksenini doğrultusundaki yüzeyin Z doğrultusundaki kayma gerilmesi artışı

Silindirik koordinat sisteminde,

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

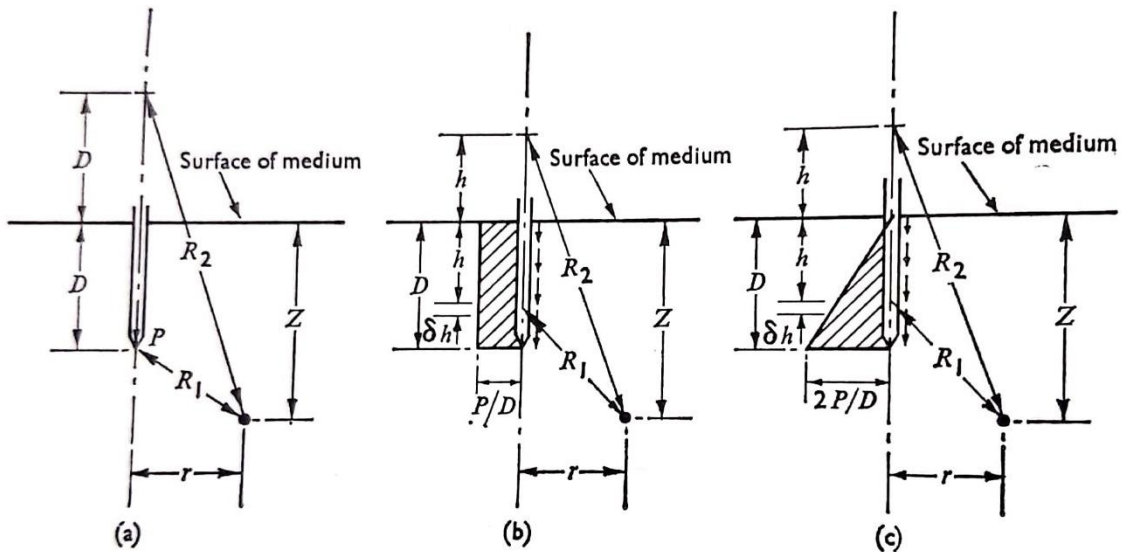
$\Delta\sigma_r$: Radyal gerilme artışı (+ basınç)

$\Delta\sigma_\theta$: Çevresel gerilme artışı (+ basınç)

$\Delta\tau_{rz}$: Normali r doğrultusundaki yüzeyin Z eksenini doğrultusundaki kayma gerilmesi artışı

7.2.2. Mindlin-Geddes ile Gerilme Artışları

Tek kolon için noktasal yükleme, düşey eksen boyunca düzgün yayılı ve doğrusal artan olmak üzere üç adet yükleme durumu bulunmaktadır.





$$n=r/D$$

$$m=z/D$$

$$zz = \frac{P.K_{zz}}{D^2}$$

$$rr = \frac{P.K_{rr}}{D^2}$$

$$\theta\theta = \frac{P.K_{\theta\theta}}{D^2}$$

zz: Düşey normal gerilme

rr: Radyal gerilme

$\theta\theta$: Çevresel gerilme

K_{zz} : Düşey normal gerilme için gerilme katsayısı

K_{rr} : Radyal gerilme için gerilme katsayısı

$K_{\theta\theta}$: Çevresel gerilme için gerilme katsayısı

Bir kolon için gerilme artışları sürtünme kolonlarında yükün tamamının çevre direnci ile aktarıldığı kabul edilerek yükleme durumlarındaki (b) veya (c) Geddes durumları ile, uç kolonlarında ise yükün tamamının uç direnciyle aktarıldığı kabul edilerek yükleme durumlarındaki (a) Mindlin durumu ile hesaplanır. Kullanıcı çevre ile yük aktarma oranını 0-1 arasında girerse yükün çevre ve uç dirençleri ile aktarılacağı kabul edilir ve yük durumlarındaki Mindlin ve Geddes yöntemlerinden birisi ile ayrı gerilme artışları hesaplanıp toplanır. 0 uç kolonu 1 sürtünme kolonu anlamındadır. Çevre sürtünmesi ile aktarılacak yük oranı program tarafından da belirlenebilir. Bu durumda tek kolonun çevre direnci taşıma gücü değerine bölünerek oran elde edilir.



7.2.2.1. Noktasal Yükleme

“D” derinlikteki noktasal P yük için Mindlin denklemleri,

$$\begin{aligned}
 K_{\hat{z}\hat{z}} &= \hat{z}\hat{z} \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{(1-2\nu)(m-1)}{A^3} + \frac{(1-2\nu)(m-1)}{B^3} \right. \\
 &\quad \left. - \frac{3(m-1)^3}{A^5} - \left\{ \frac{3(3-4\nu)m(m+1)^2 - 3(m+1)(5m-1)}{B^5} \right\} - \frac{30m(m+1)^3}{B^7} \right] \\
 K_{\hat{r}\hat{r}} &= \hat{r}\hat{r} \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{(1-2\nu)(m-1)}{A^3} - \frac{(1-2\nu)(m+7)}{B^3} + \frac{4(1-\nu)(1-2\nu)}{B(B+m+1)} - \frac{3n^2(m-1)}{A^5} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{6(1-2\nu)(m+1)^2 - 6(m+1) - 3(3-4\nu)n^2(m-1)}{B^5} - \frac{30n^2m(m+1)}{B^7} \right] \\
 K_{\hat{\theta}\hat{\theta}} &= \hat{\theta}\hat{\theta} \frac{D^2}{P} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{(1-2\nu)(m-1)}{A^3} + \frac{(1-2\nu)(3-4\nu)(m+1) - 6(1-2\nu)}{B^3} \right. \\
 &\quad \left. - \frac{4(1-2\nu)(1-\nu)}{B(B+m+1)} + \frac{6(1-2\nu)(m+1)^2 - 6(m+1)}{B^5} \right]
 \end{aligned}$$

Eksende yükleme n=0 için,

$$\begin{aligned}
 K_{\hat{z}\hat{z}} &= \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{2(2-\nu)}{(m-1)^2} - \left\{ \frac{(1-2\nu)(5m+1) + 3m}{(m+1)^3} \right\} - \frac{3(5m+1)}{(m+1)^4} \right] \\
 K_{\hat{r}\hat{r}} &= K_{\hat{\theta}\hat{\theta}} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{(1-2\nu)}{(m-1)^2} + \frac{(1-2\nu)^2}{(m+1)^2} - \frac{6}{(m+1)^4} \right]
 \end{aligned}$$

7.2.2.2. Düşey Eksen Boyunca Düzgün Yayılı Yükleme

“D” derinlikteki düşey eksen boyunca düzgün yayılı çevre sürtünmesi ile aktarılan toplam P yükü için Geddes denklemleri,



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

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

Bu denklemlerde,

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



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

Eksende yükleme $n=0$ ve $m>1$ durumu,

$$\begin{aligned}
 K_{\hat{z}\hat{z}} &= \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{4(1-\nu)}{m} - \frac{2(2-\nu)}{(m-1)} + \frac{2(2-\nu)}{(m+1)} + \frac{4m(2-\nu)}{(m+1)^2} - \frac{4m^2}{(m+1)^3} \right] \\
 K_{\hat{r}\hat{r}} = K_{\hat{\theta}\hat{\theta}} &= \frac{1}{8\pi(1-\nu)} \left[-\frac{2+2\nu(1-2\nu)}{m} + \frac{(1-2\nu)}{(m-1)} + \frac{6-(1-2\nu)^2}{(m+1)} - \frac{6m}{(m+1)^2} + \frac{2m^2}{(m+1)^3} \right]
 \end{aligned}$$

7.2.2.3. Düşey Eksen Boyunca Doğrusal Artan Yükleme

“D” derinlikteki düşey eksen boyunca doğrusal artan çevre sürtünmesi ile aktarılan toplam P yükü için Geddes denklemleri,



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

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



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

$$\begin{aligned}
 K_{\hat{\alpha}} = \frac{1}{4\pi(1-\nu)} & \left[2 - \frac{2(2-\nu)m}{(m-1)} + \frac{6(2-\nu)m}{(m+1)} - \frac{2(7-2\nu)m^2}{(m+1)^2} \right. \\
 & \left. + \frac{4m^3}{(m+1)^3} - 2(2-\nu) \log_{\bullet} \left\{ \frac{m^2-1}{m^2} \right\} \right]
 \end{aligned}$$

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

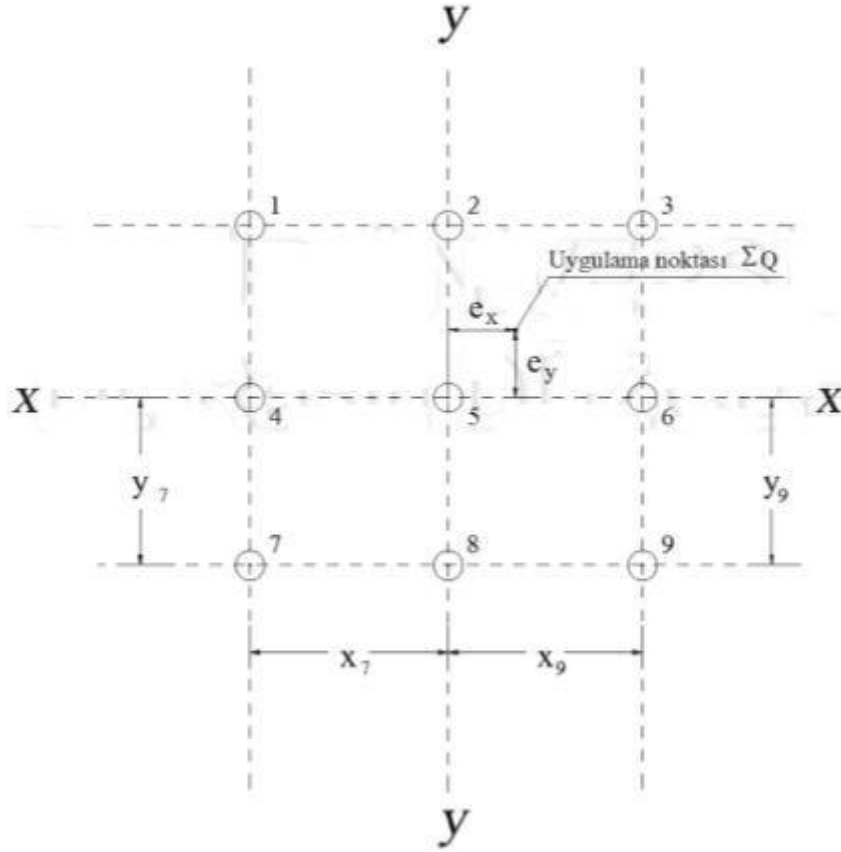
Son iki denklem düşey ekseninde yüklem ve $m > 1$ durumu içindir.

7.2.3. Gurup Rijit Kolon Sisteminde Gerilme Artışları

SETAF2018 toplam temel yükü P 'yi M_x ve M_y momentlerine göre gruptaki kolonlara, kazık başlığını rijit ve kolonların başlığa bağlantısını mafsallı kabul ederek dağıtır.



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



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)

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

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



Gurupadaki kolonların eksenel yükleri belirlendikten sonra hedef noktada bütün kolonların gerilme artışları Mindlin-Geddes denklemleri ile hesaplanıp toplanarak kolon gurubunun gerilme artışı hesaplanır.

7.3. Oturmalar

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

$$\sum S = S_e + S_c$$

Burada S_e : elastik oturma, S_c : konsolidasyon oturmasıdır.

Kullanıcı Temel modeli içerisindeki oturma sonuçlarıyla farklı oturmaları da irdeleyebilmektedir. Yüzeyde koordinatları tanımlanan bir noktanın girilen bütün temellerin aktardığı gerilme artışları dikkate alınarak elastik ve konsolidasyon oturmaları hesaplanır. Kullanıcı toplamda 21 adet nokta tanımlayabilir.

7.3.1. Elastik Oturmalar

Tanımlanan bir yüzey noktasındaki ani oturma elastik yöntemle hesaplanmaktadır. Koordinatları verilen noktanın istenilen zemin profili ile elastik oturması hesaplanır. Zemin profilindeki alt katmanlara ayrılmış tabakalardaki bütün alt katmanların sıkışması;

$$S_e = \int_0^H \epsilon_i dH = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i H_i$$

denklemleri ile hesaplanır. Her alt katman için birim şekil değiştirme ϵ_i ‘ler elde edilir ve alt katman yüksekliği ile çarpılarak alt katman elastik sıkışması hesaplanır. Birim şekil değiştirme;

$$\epsilon_i = \frac{\Delta \sigma_i}{E_i}$$

$$\Delta \sigma_i = \Delta \sigma_v - 2\nu_i \Delta \sigma_{hx}$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada $\Delta \sigma_i$ alt katman ortasındaki düşey ve yatay gerilme artışları arasındaki farktır. Problem iki boyutlu düşünüldüğünde ($\sigma_{hx}=\sigma_{hy}$) ve drenajsız analizde($\nu_u=0.50$) deviator gerilme artışıdır.



Analiz ayarlarında “ $\sigma_x=\sigma_y$ ” seçeneği kaldırılırsa,

$$\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - v.(\Delta\sigma_{hx} + \Delta\sigma_{hy})$$

silindirik koordinat sisteminde,

$$\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - v.(\Delta\sigma_r + \Delta\sigma_\theta)$$

denklemlerle $\Delta\sigma_i$ hesaplanır.

SETAF2018 bütün alt katman ortalarındaki düşey ve yatay gerilme artışlarını, kullanıcının tanımladığı temellerin yayılı yük, koordinat ve boyutlarını kullanarak hesaplar. Alt katmanların E_i değerleri alt katmanın bulunduğu tabaka E değerleriyle aynıdır. Alt katmanın bulunduğu tabaka özelliği drenajsız ise gerilme artışları hesaplanırken Boussinesq ve Mindlin-Geddes denklemlerinde elastik parametreler (E_u, ν_u) kullanılır ve $\Delta\sigma_i$, $\nu_u=0.50$ ile hesaplanır. Tabaka özelliği drenajlı ise denklemlerde E', ν' ve $\Delta\sigma_i$, ν' ile hesap yapılır.

7.3.2. Konsolidasyon Oturmaları

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

konsolide olmamış zeminlerde;

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

normal yüklenmiş zeminlerde;

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

aşırı konsolide zeminlerde;

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

aşırı konsolide zeminlerde;

$$\sigma'_0 + \Delta\sigma < \sigma'_c, \quad S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0}$$



Denklemler her alt katman için $\sigma'_0 + \Delta\sigma$ değeri alt katmanın ön konsolidasyon basıncı σ'_c ile karşılaştırılarak uygulanır. Ön konsolidasyon basıncı tek alt katmanlı tabakalarda tabaka değeriyle aynı alınabilir. Alt katman sayısı birden fazla girildiğinde malzeme özelliğine ve tanımlı malzemenin derinliğine göre alt katmanlarda σ'_c hesaplanır. Bu değerler derinlikle artmaktadır.

Bir zemin tabakasındaki alt katman ortalarında σ'_c 'lerin elde edilmesi;

- Alt katmanın içerisinde olduğu tabakanın malzeme derinlik ve σ'_c değerleri alınır. Derinlik değeri tabakada birden fazla malzeme tanımlandı ise ortalama değerdir. Bu derinlikteki düşey efektif gerilme σ'_v değeri elde edilir. Fark = $\sigma'_c - \sigma'_v$ değeri hesaplanır.
- Tabakadaki tüm alt katmanların ortalarındaki düşey efektif gerilmelere fark değeri eklenerek $\sigma'_{ci} = \sigma'_{vi} + \text{Fark}$ alt katman ortalarındaki ön konsolidasyon basınçları elde edilir. $\text{OCRi} = \sigma'_{ci} / \sigma'_{vi}$ ile de alt katman ortalarındaki aşırı konsolidasyon oranları belirlenir. Bu değerlerin bire eşit veya birden büyük olma durumlarında göre alt katmanın normal konsolide veya aşırı konsolide davranışı görülebilir.

$$S_c = \sum_{i=1}^{i=n} S_{ci}$$

denklemleri ile alt katmanların konsolidasyon sıkışmaları toplanarak aranılan noktanın konsolidasyon oturması hesaplanır.

7.3.3. Oturma-Zaman Analizi ve Grafikleri

SETAF2018'de Terzaghi konsolidasyon teorisi ile kullanıcının girdiği sürede, gerçekleşen konsolidasyon yüzdesi ve oturmalar tüm konsolidasyon hesaplanan tabakalarda elde edilir. Girilen süreye kadar gerçekleşen konsolidasyon için konsolidasyon oturmaları ve toplam oturmaların zamanla değişimini gösteren grafikler çizilir.

Tüm tabakalarda “t” konsolidasyon süresi için zaman faktörü T_v elde edilir.,

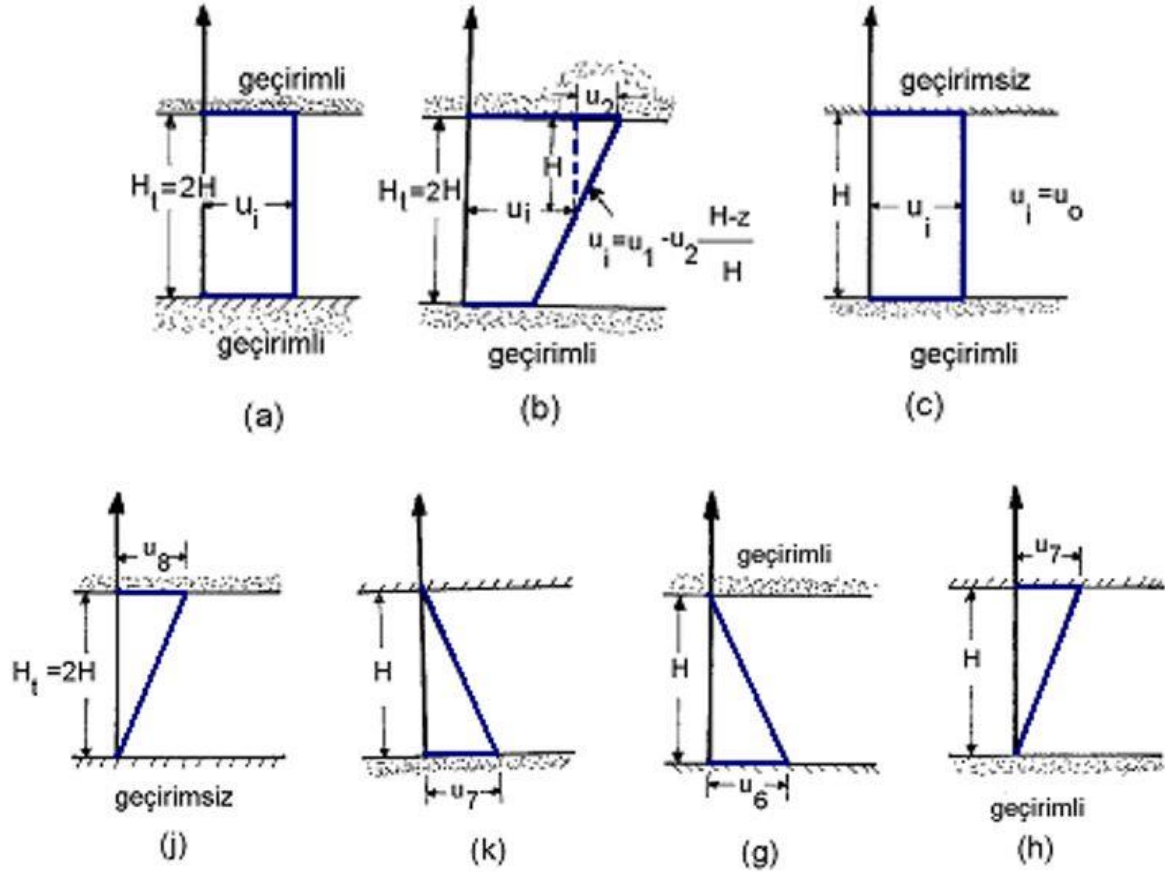
$$T_v = \frac{c_v \cdot t}{(H/n)^2}$$



n: Drenaj yolu sayısı (tabaka sınırları iki yönden geçirimli ise 2 girilmelidir. Tek yönden geçirimli ise 1 girilmelidir).

c_v : Konsolidasyon katsayısı

Tabakadaki boşluk suyu basıncı dağılımına göre,



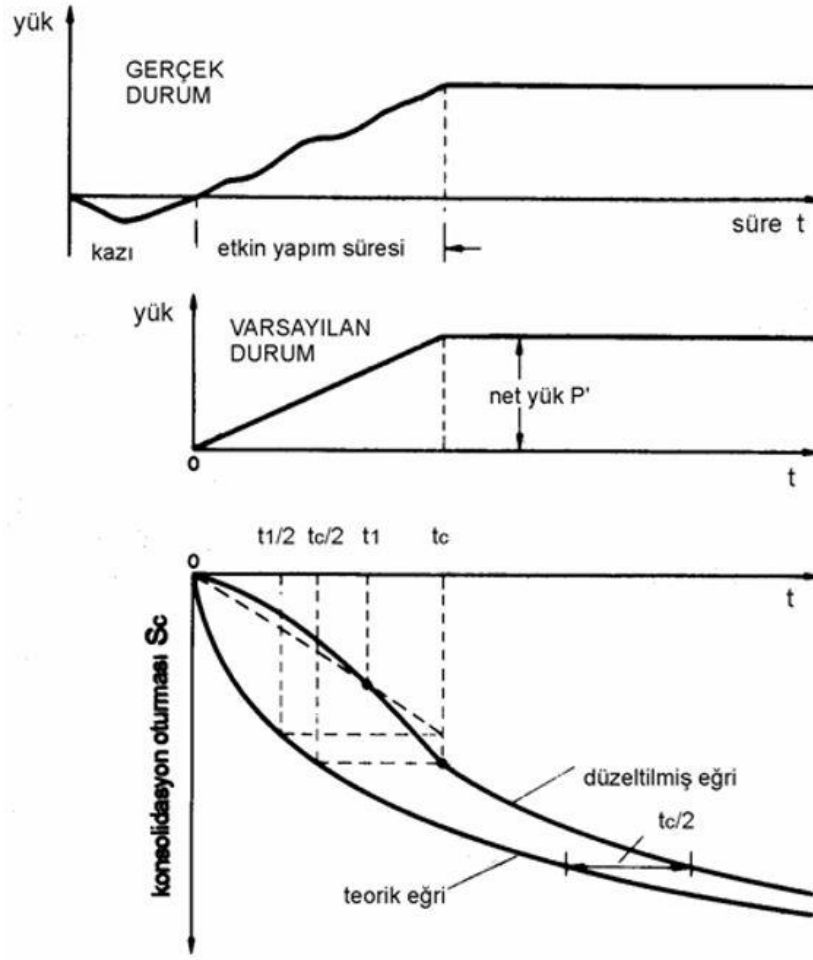
U- T_v çizelgesinden, tüm tabakalar için gerçekleşen konsolidasyon yüzdeleri alınır.



Üniform Lineer Dağılım (a,b,c)		Lineer Dağılım (j,k)		Lineer Dağılım (h,g)	
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

Elde edilen konsolidasyon yüzdeleri ile tüm tabakalardaki girilen süre içindeki konsolidasyon sıkışmaları hesaplanır. Hesaplanan sıkışmalar toplanarak istenen süre içindeki konsolidasyon oturması hesaplanır. Bu değere elastik oturma eklenerek hedeflenen zamandaki toplam oturma elde edilir. Girilen zamana kadar olan oturma-zaman grafikleri çizilir.

Bina inşaatı olağan koşullarda temel kazısının yapılması ve katların imalatı ile 1-5 yıl alan bir süreçtir. Bir diğer deyişle, yükleme hiçbir zaman teoremin varsaydığı gibi ani olmaz. Şekil 29'de temel kazısı yapılarak, yüklemin zaman içinde eşit aralıklarla yapıldığı bir örnek verilmektedir. Temel zeminine gelecek net yük P , yapının ağırlığı ile kazıdan çıkan toprak ağırlığının farkıdır. t_{cay} olarak inşaat süresini göstermektedir (Önalp & Sert, 2010).



Şekil 29. Oturma-Zaman Grafiğinde Terzaghi Düzeltmesi

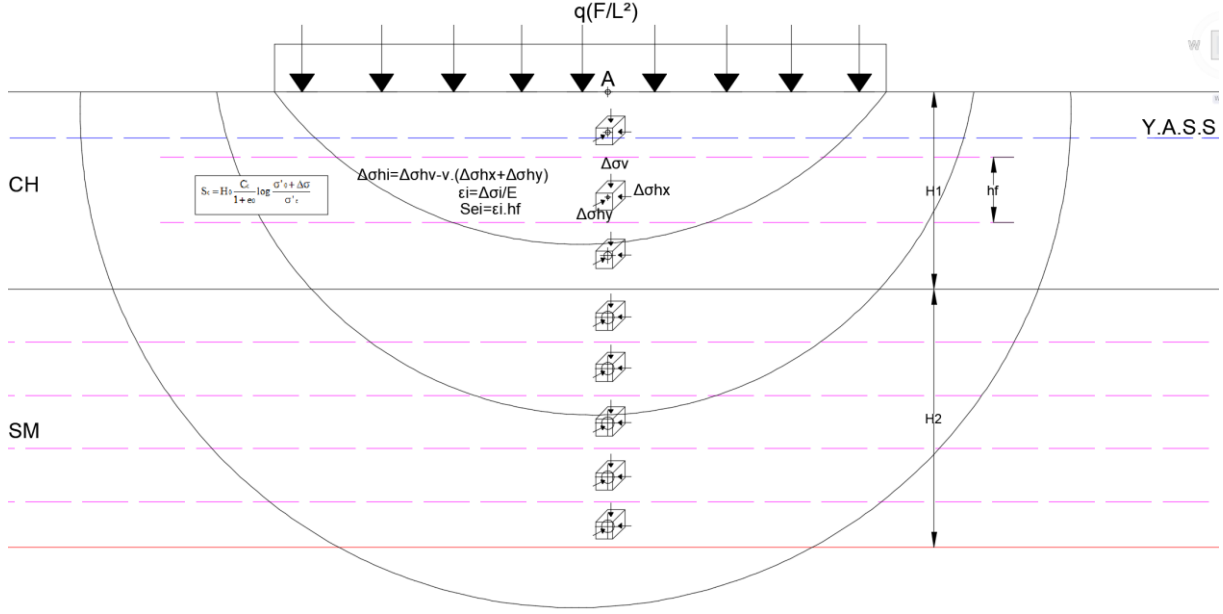
Burada anlatılacak yöntem, $t_{c\text{gün}}$ yapım süresince belirecek konsolidasyon yüzdesinin P' 'nin $\frac{1}{2}t_c$ süresinde de uygulanmış olduğunu kabul eder ve Terzaghi'ye atfedilmiştir. Böylece yapım süresi içinde herhangi zaman t' 'de oluşacak gerçek oturma, yükleme ani olarak yapılsa idi oluşacak toplam oturmanın yarısına eşit olacaktır. Ancak bu aşamada etkiyen yük toplam yük olmadığından, hesaplanan oturma değerinin de orantılı olarak azaltılması gerekecektir. İnşaatın tamamlanmasından sonra herhangi zamandaki oturmada inşaatın başlangıcından sonra geçen süreden etkin inşaat süresinin yarısı kadar bir miktarla sağa kaydırılmalıdır. Süre uzadıkça da yapım süresinin eğrideki etkisi kaybolmaktadır (Önalp & Sert, 2010).

SETAF2018 girilen inşaat süresine göre Terzaghi düzeltmesini oturma zaman grafiklerine uygular.



7.3.4. Yüzeysel Temellerde Oturma

Yüzeysel temel için SETAF2018 oturma analizinde aşağıdaki metodolojiyi uygular.



Şekil 30. Boussinesq Yöntemi ile Yüzeysel Temel Altına Gerilme Aktarılması

- Her alt katman ortasında Boussinesq ile gerilme artışları hesaplanır.(nümerik analiz). Bu analizde “kazı tabanındaki kabarmayı dikkate al” seçeneği işaretli ise kazılan kısmın ağırlığı çıkarılarak $q=q_{net}$ alınır. Konsolidasyon için hep q_{net} dikkate alınır.
- Her alt katman ortasında düşey efektif gerilme hesaplanır.
- Her alt katman ortasında $\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - v.(\Delta\sigma_{hx} + \Delta\sigma_{hy})$ ve $\epsilon_i = \frac{\Delta\sigma_i}{E_i}$ denklemleri ile alt katmanın elastik birim düşey deformasyonu elde edilir. $S_{ei} = \epsilon_i \cdot h_f$ 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 hesaplanır.

Konsolide olmamış zeminlerde; $\sigma'_0 > \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$



normal konsolide zeminlerde; $\sigma'_0 = \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$

aşırı konsolide zeminlerde; $\sigma'_0 + \Delta\sigma > \sigma'_c$ $S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$

aşırı konsolide zeminlerde; $\sigma'_0 + \Delta\sigma < \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0}$

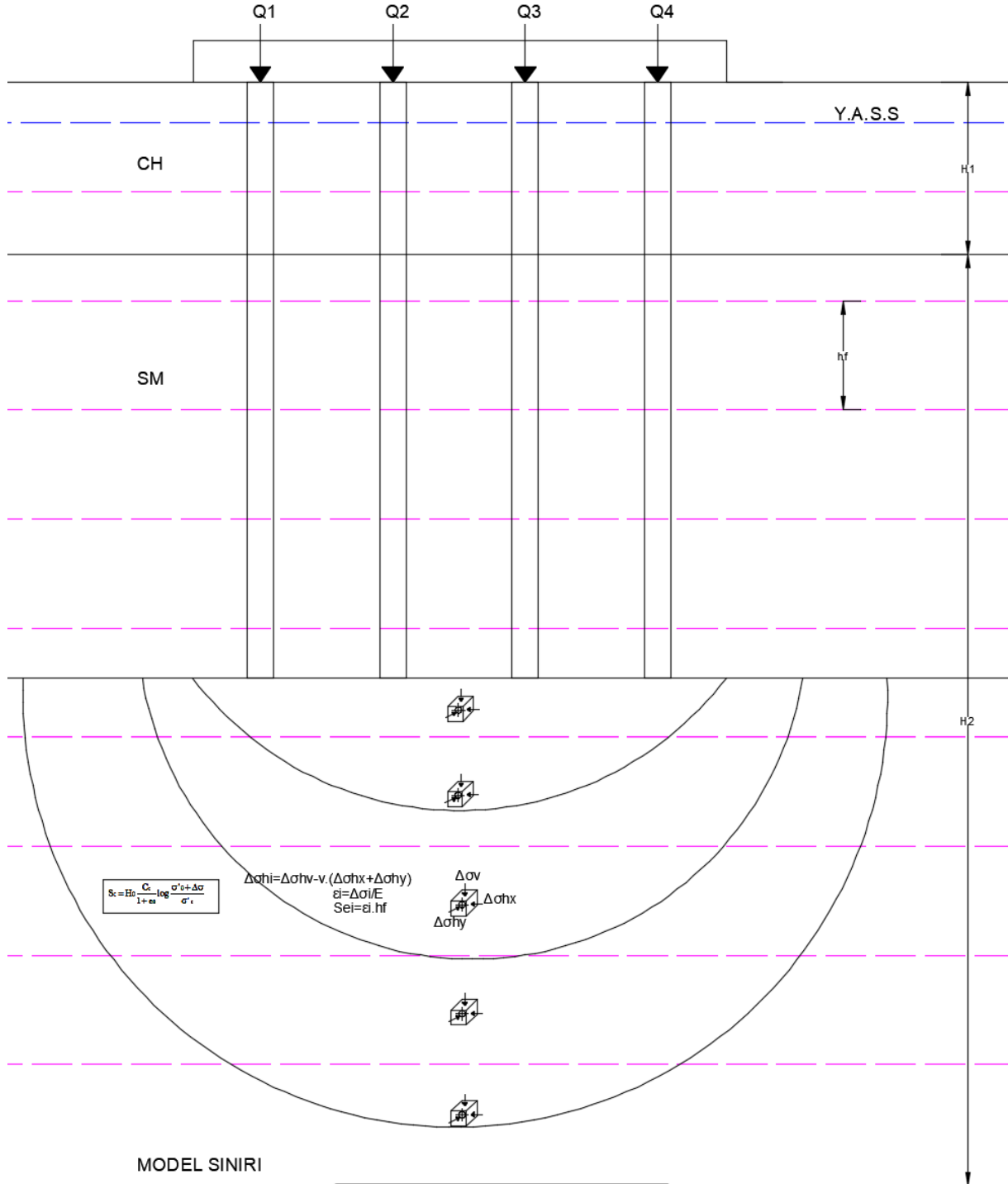
denklemlerdeki karşılaştırmalarda bir alt katmanın σ'_c 'si alt katmanın ait olduğu tabakadaki malzemenin derinliği, o derinlikteki efektif gerilme ve malzemenin σ'_c 'si ne göre elde edilir.

- $S_e = \int_0^H \epsilon dH = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i H_i$ 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.



7.3.5. Rijit Kolon Gruplarında Oturma

Yüzeysel temel için SETAF2018 oturma analizinde aşağıdaki metodolojiyi uygular.



Şekil 31. Mindlin-Geddes Yöntemi ile Kazık Zonunun Altına Gerilme Aktarılması



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

- P yükü kazıklara mafsallı bağlantı kabulü ile dağıtılır. “Kazı Tabanında Kabarma” seçeneği işaretli ise kazılan kısmın ağırlığı düşülerek $P=P_{\text{grupnet}}$ alınır işaretli değil ise $P=P_{\text{grup}}$ tur. Kazık zonunun altındaki her alt katman ortasında Mindlin-Geddes yöntemi ile gerilme artışları hesaplanır. Her kazık üzerindeki yükü alt katman ortasına transfer eder.
- Her alt katman ortasında efektif gerilme hesaplanır.
- Kazık zonunun altındaki her alt katman ortasında $\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - v_s(\Delta\sigma_{hx} + \Delta\sigma_{hy})$ ve

$\epsilon_i = \frac{\Delta\sigma_i}{E_i}$ denklemleri ile alt katmanın elastik birim düşey deformasyonu elde edilir.

$S_{ei} = \epsilon_i \cdot h_i$ 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 hesaplanır.

Konsolide olmamış zeminlerde; $\sigma'_{0} > \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{0} + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$

normal yüklenmiş zeminlerde; $\sigma'_{0} = \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{0} + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$

aşırı konsolide zeminlerde; $\sigma'_{0} + \Delta\sigma > \sigma'_c$ $S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_{0}} + H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{0} + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$

aşırı konsolide zeminlerde; $\sigma'_{0} + \Delta\sigma < \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_{0} + \Delta\sigma}{\sigma'_{0}}$ 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.

- $S_e = \int_0^H \epsilon_i dH = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i H_i$ 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;

- Oturma hesaplanacak noktanın bağlı olduğu zemin profili kopyalanıp kolonlarla sürtünen bölgeler yeniden tabakalandırılır. Bu kolon zonundaki tabakaların malzeme özelliklerine Zemin ismi-rijit kolon tipi adı verilerek mekanik özelliklerine kompozit ortam değerleri (E_{com}, ν_{com}) atanır. Yeniden tabakalandırılmış zemin profili ile analize

devam edilir. $E_{com} = [(A - nA_c)E_s + nA_cE_c] \frac{1}{A}$ denklemi ile kompozit katmanların

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

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

- Her alt katman ortasında $\Delta\sigma_i = \Delta\sigma_v - \nu_i(\Delta\sigma_{hx} + \Delta\sigma_{hy})$ ve $\epsilon_i = \frac{\Delta\sigma_i}{E_i}$ denklemleri ile alt katmanın elastik birim düşey deformasyonu elde edilir. $S_{ei} = \epsilon_i \cdot h_i$ 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.

- 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 hesaplanır.

Konsolide olmamış zeminlerde; $\sigma'_{0} > \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_{0} + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$

normal yüklenmiş zeminlerde; $\sigma'_{0} = \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_{0} + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$

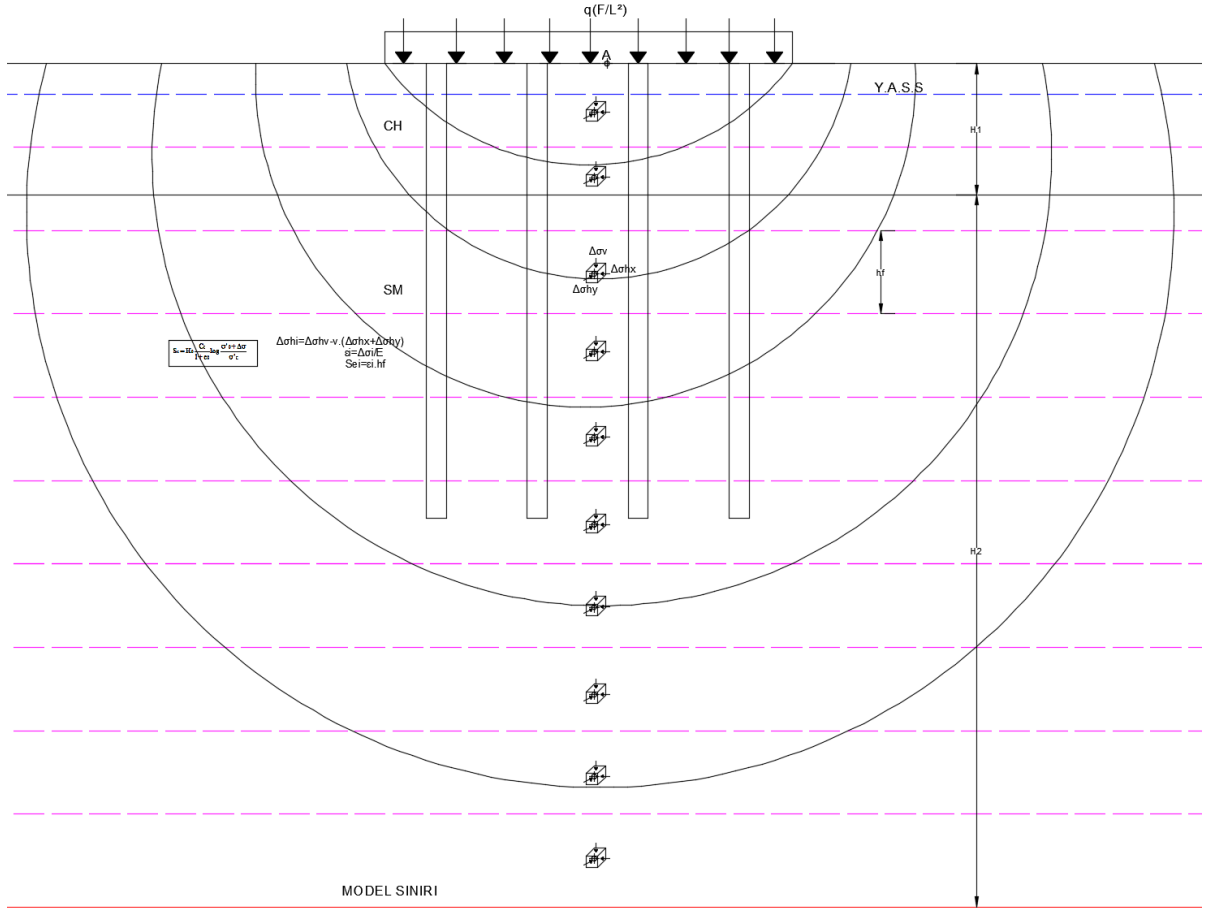


aşırı konsolide zeminlerde; $\sigma'_0 + \Delta\sigma > \sigma'_c$ $S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + H_0 \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c}$

aşırı konsolide zeminlerde; $\sigma'_0 + \Delta\sigma < \sigma'_c$, $S_c = H_0 \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0}$ 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.

- $S_e = \int_0^H \epsilon_d H = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i H_i$ 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.



Şekil 32. Boussinesq Yöntemi ile Rijit Kolon Gruplu Temelde Gerilme Aktarılması. Zemin - kazık zonunda eşlenik mekanik özellikler kullanılmaktadır.



7.4. Yüzeysel Temel Taşıma Gücü

SETAF 2018’de yüzeysel ve derin temellerin taşıma gücü hesaplanır. Yüzeysel temeller için Terzaghi, Meyerhof ve Vesic yöntemleri kullanılır. Taşıma gücü denklemlerindeki geoteknik parametreler temel üstündeki ve temel alt kotundan B derinlikteki tabakaların mekanik ve fiziksel özelliklerinin ağırlıklı ortalaması alınarak belirlenir.

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

7.4.1. Terzaghi

Yüzeysel temellerde Terzaghi taşıma gücü denklemi;

$$q_{ult} = c.N_c.s_c + q.N_q + 0.5.p.B.N_\gamma.s_\gamma$$

şeklindedir. Üçüncü terimde B’ kullanılır. Denklemden,

c : Efektif gerilme analizinde efektif kohezyon c’, UU koşullardaki toplam gerilme analizinde drenajsız kayma direnci c_u , CU koşullardaki toplam gerilme analizinde kohezyon c’dir.

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.

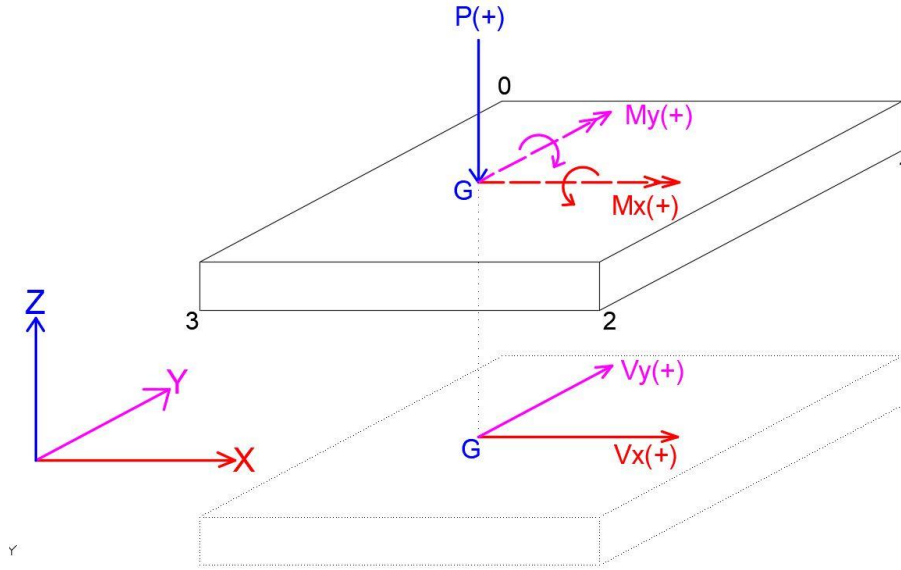


s_c , s_γ : şekil faktörleri,

q : Efektif gerilme analizlerinde temel tabanındaki efektif gerilmedir. Toplam gerilme analizlerinde temel tabanındaki toplam gerilmedir.

Terzaghi düşey yük etkisinde temellerin taşıma gücünü vermektedir. İki yönde eksantrisite dikkate alınabilmektedir. $D/B \leq 1$ 'dir. D_f değeri B değerini aşamaz. q değeri hesaplanırken D_f de bu durum dikkate alınır. Şekil faktörleri dikdörtgen temellerde B', L' ile hesaplanır. Üçüncü terimde B' kullanılır. Üçüncü terimdeki ρ değerinde Y.A.S.S etkisi dikkate alınır. $\phi=0$ durumunda $N_\gamma=0$, $N_q=1$ olmaktadır. Kohezyon $c=0$ olduğunda birinci terim denklemden kalkmaktadır.

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.



B : Temel kısa kenarı,

L : Temel uzun kenarı,

e_x : Temel X doğrultusundaki eksantrisite,

$$e_x = \frac{M_B}{P} = \frac{M_x}{P}$$



e_y :Temel Y doğrultusundaki eksantrisine,

$$e_y = \frac{M_L}{P} = \frac{M_y}{P}$$

e_b : B doğrultusundaki eksantrisine,

e_L : L doğrultusundaki eksantrisine,

Temelin X doğrultusundaki boyu Y doğrultusundakinden küçük ise, $e_B=e_x$, ve $e_L=e_y$ 'dir.

Temelin X doğrultusundaki boyu Y doğrultusundakinden büyük ise, $e_B=e_y$ ve $e_L=e_x$ 'dir.

B' : Etkin kısa temel kısa kenarı,

$$B' = B - 2.e_B = B - 2.e_x$$

L' : Etkin uzun temel uzun kenarı,

$$L' = L - 2.e_L = B - 2.e_y$$

Etkin gerilme q_a ,

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

ile hesaplanır.

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

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{rv}}$$

Net taşıma gücü,

$$q_{knet} = q_k - q$$

Güvenli net taşıma gücü

$$q_{tnet} = \frac{q_{knet}}{\gamma_{rv}}$$



SETAF2018

Temel inşaatından sonra temel üzerine geri dolgu yapılırsa,

$$q_a + q < q_t$$

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

$$q_a < q_{\text{tnet}}$$

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,

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

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

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

$$K_{py} = 3 \cdot \tan^2 \left[\tan \left[45^\circ + \left(\frac{\phi + 33^\circ}{2} \right) \right] \right]$$

denklemleri ile hesaplanır.

Şekil faktörleri dikdörtgen temellerde,

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right)$$

$$s_\gamma = 1 - 0,2 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right)$$

Şerit temellerde,

$$s_c = 1, s_\gamma = 1$$



daire temellerde,

$$s_c=1.3, s_\gamma=1.6$$

olarak hesaplanır.

7.4.2. Meyerhof

Meyerhof taşıma gücü denklemi,

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

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

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

Taşıma gücü faktörleri,

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

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

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

Şekil faktörleri,

$$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L} \quad \text{herhangi } \phi$$



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

$$s_q = s_\gamma = 1 \quad \phi = 0$$

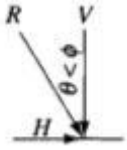
Derinlik faktörleri,

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

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

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \phi = 0,$$

Yük eğimi faktörleri,



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

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

$$i_\gamma = 0 \quad \theta > 0 \text{ durumunda } \phi = 0,$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \phi / 2\right)$$

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

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 eksenı doğrultusunda ki yatay kuvvet V_X ’nin kullanılmasıdır.

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



$$q_{ultazalt} = q_{ulttam} \times R_e$$

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

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

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

biçiminde verilmiştir (Bowles, 1996). Başka bir seçenekte 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 SETAF20108'de "Analiz Ayarları" penceresinde yapabilmektedir.

7.4.3. Vesic

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

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

$$q_{ult} = 5,14 s_u \left(1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c \right) + \bar{q} \quad \phi=0 \text{ durumunda}$$

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 : Meyerhofla aynı

N_q : Meyerhofla aynı



$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

şekil faktörleri,

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

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

$$S_{\gamma(v)} = 1 - 0,4 \frac{B}{L} \geq 0,6$$

derinlik faktörleri,

$$d'_c = 0,4k \quad (\phi=0)$$

$$d_c = 1 + 0,4k$$

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

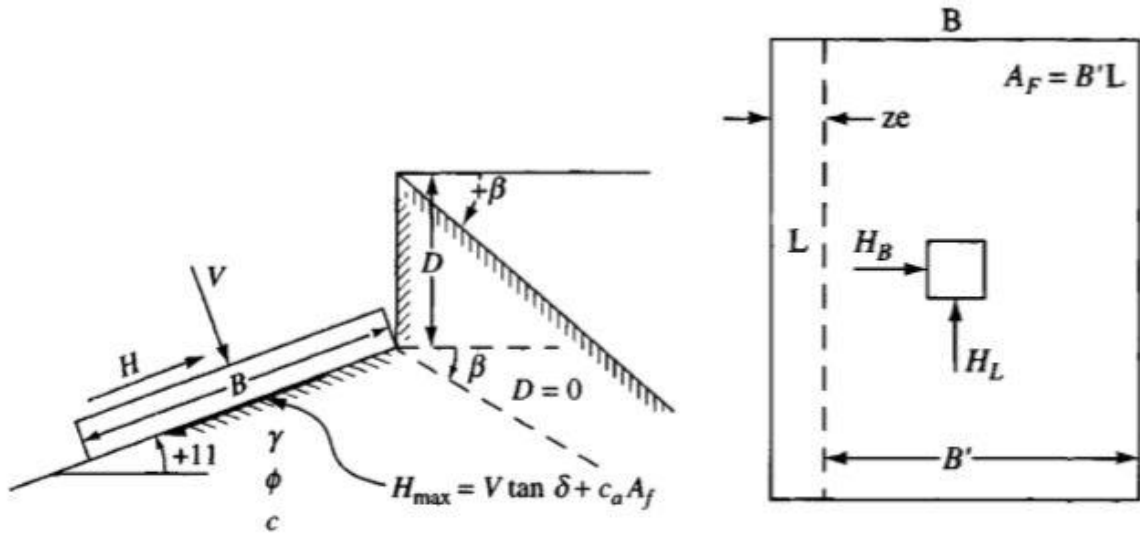
$$k = \tan^{-1}(D/B) \quad D/B > 1 \text{ için}$$

k'nın birimi radyan olmalıdır.

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k \quad k \text{ üstte tanımlı}$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{Bütün "}\phi\text{" değerleri için.}$$

Yük eğimi faktörleri,



$$A_f = B' L'$$

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

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

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

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

$$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

$$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$$

Zemin eğimi faktörleri,

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

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



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

Taban eğimi faktörleri,

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

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

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

Şekil ve derinlik faktörlerinde B ve L kullanılmaktadır.

7.4.4. Kumlu Zeminlerde SPT ile Taşıma Gücü

Zemin profillerinde tanımlanan SPT profili ile kumlu zeminlerde yüzeysel temel taşıma gücü hesaplanmaktadır. Güveli taşıma gücü (kPa) cinsinden,

$$\sigma_{em} = \frac{N_1}{0,05} \quad (B \leq 1,2m)$$

$$\sigma_{em} = \frac{N_1}{0,08} \left(\frac{B + 0,3}{B} \right)^2 \left[1 + 0,33 \frac{D_f}{B} \right] \quad (B > 1,2m)$$

N_1 değeri ortalama alınır.

7.5. Derin Temel Taşıma Gücü

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 içinde kullanılabilir. Genel kazık taşıma gücü,

$$Q_u = Q_{\text{cev}} + Q_{\text{uç}} - W_p$$

Q_u : Uç direnci

Q_{cev} : Çevre direnci

W_p : Kazık net ağırlığı (boşluk suyu basıncı düşülmüş)

denklemleri ile hesaplanır. α, λ ve β yöntemleriyle çevre dirençleri etkili zemin katmanları için hesaplanır ve toplanarak çevre direnci bulunur. Yapılan hesapların sonuç tablolarında ve



raporlarında 2018 deprem yönetmeliğinde derin temel taşıma gücü için verilen simgeler kullanılmaktadır.

Zemin içindeki bir rijit kolonda sırasıyla çevre ve uç dirençlerinin mobilize olabilmesi için kolonun zemine göre yer değiştirmesi gerekir. Yapılan arazi deneyleri çevre direncinin tümüyle uyanması için 2.5 ila 10mm yer değiştirme 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 (Budhu, 2008).

7.5.1. 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,

$$f_s = \alpha \times S_u$$

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

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

$$A_s = \pi \times D \times L$$

$$Q_{\text{gev}} = f_s \times A_s$$

f_s : Birim çevre sürtünmesi

s_u : Drenajsız kayma direnci

α : Yapışma katsayısı

ψ : ilgili derinlikteki s_u/σ_0 oranı

A_s : kazık yanal yüzey alanı

Q_{gev} : Çevre direnci

Uç direnci,

$$f_b = S_u \times N_c$$



$$Q_{u\zeta} = (S_u \times N_c) A_b$$

A_b : Kazık enkesit alanı

f_b : kazık ucunun son taşıma gücü

N_c : Taşıma gücü faktörü

$Q_{u\zeta}$: Uç direnci

7.5.2. Lamda 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,

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

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

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

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

$$Q_{\text{cev}} = f_s \times A_s$$

$f_{\max}$: 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

$$f_b = S_u \times N_c$$

$$Q_{uç} = (S_u \times N_c) A_b$$

7.5.3. Beta Yöntemi

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

Çevre direnci

$$f_s = c' + \beta \sigma'_0$$

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

$$Q_{\text{cev}} = f_s \times A_s$$

β: katsayı

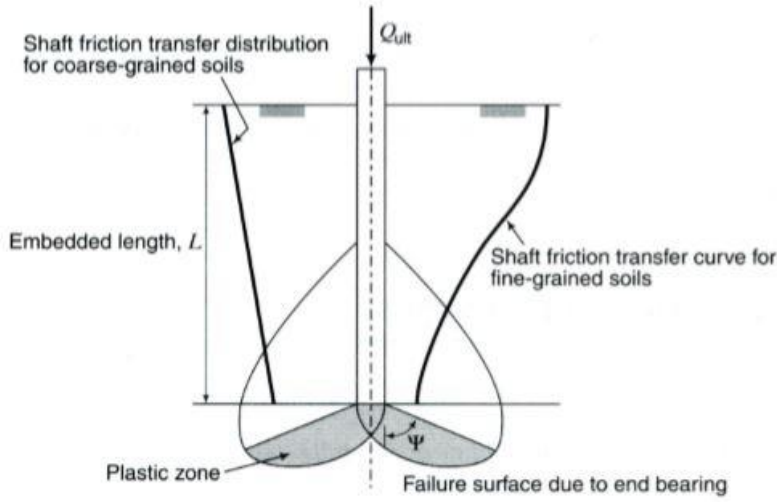
Uç direnci

$$f_b = N_t \cdot \sigma'_{0Df}$$

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

$$Q_{uç} = f_b \cdot A_b$$

N_t : Taşıma gücü katsayısı. (Temel özelliklerinde tanımlanır)



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 $\pi/2$ değerini aşmamalıdır.

7.5.4. Kazık Guruplarının Taşıma Gücü

SETAF 2018 kazık guruplarının taşıma gücü için gurup verimini geometrik veya “Terzaghi Blok Davranış” yöntemiyle hesaplar. Gurup taşıma gücü,

$$Q_{ugurup} = Q_u \cdot n_p \cdot E_g$$

Q_{ugurup} : Gurup taşıma gücü

n_p : kazık sayısı

E_g : Gurup verimi

Converse Labarre yöntemiyle gurup verimi,

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

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

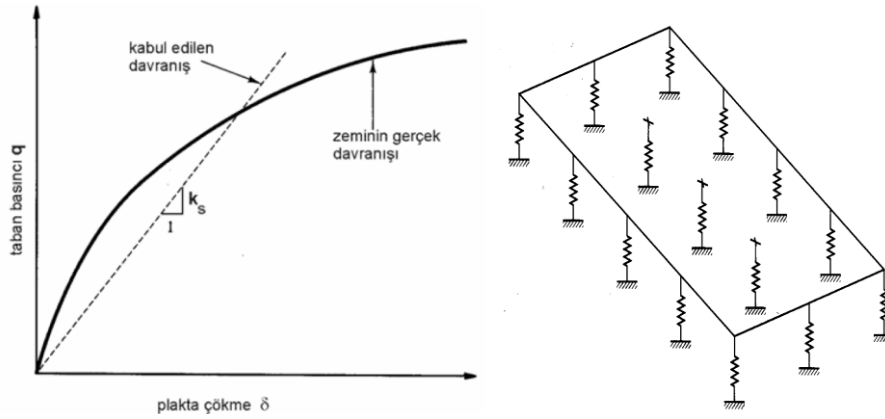


Terzaghi blok yönteminde kazıklar arasında kalan zemin bir blok gibi düşünülür. Bloğun çevresi ve taban alanı ile kazık gurubunun taşıma gücü hesaplanır.

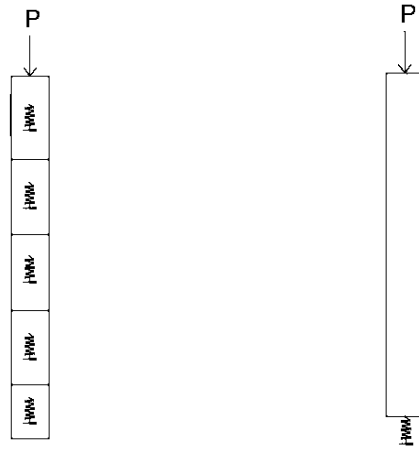
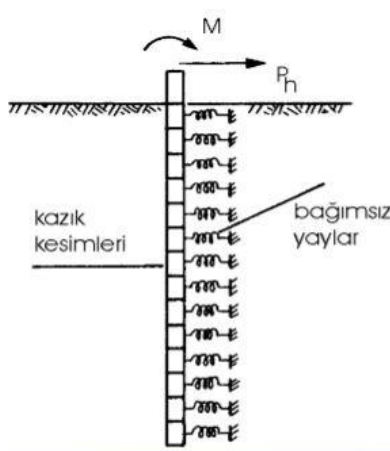
$Q_{ugurup} \leq Q_u \times n_p$ şartı uygulanır.

7.6. 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.



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



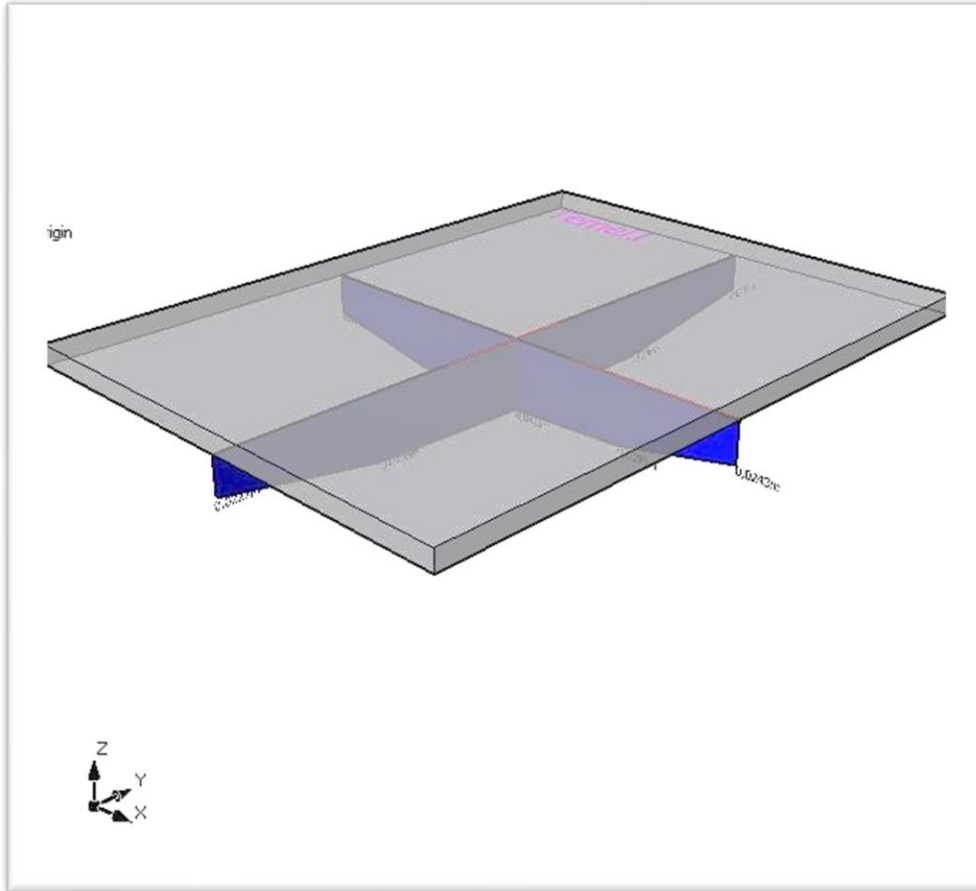


7.6.1. Yüzeysel Temel Oturmalarından

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 33). X doğrusu üzerindeki noktalar için düşey yatak katsayısı,

$$k_v = \frac{q}{\Delta H}$$

ile hesaplanır. Burada q temel taban basıncı, ΔH elastik(ani) 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 33. Temel Ağırlık Merkezinden Geçen Eksenlerde Oturma Diyagramları



7.6.2. Vesic Elastik Denkleminden

Elastisite teorisinden,

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

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.

7.6.3. Plaka Taşıma Deneyinden

SETAF2018'e iki adet plaka taşıma deneyinin plakanın çapı, taşıma gücü ve düşey yatak katsayısı temel özellikleri penceresinden girilebilmektedir. Temel için düşey yatak katsayısı k_v girilen $k_{\text{palakacapı}}$ değerinden temel boyutlarına düzeltme yapılarak elde edilir. Örneğin uygulanan 305mm çaplı plaka taşıma deneyinde ölçülen ($k_{0.3}$) yatak katsayısı değerinin temel boyutuna uygulanmak üzere kumlarda;

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

killerde,

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

ifadelerinden düzeltme yapılır.

7.6.4. Kazık Çevre Direnci için Düşey Yatak Katsayısı

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

$$P_s = P.(Q_{\text{cev}} / Q_u)$$

$$\tau_s = \frac{P_s}{\pi.D.L}$$



$$k_{vs} = \frac{\tau_s}{\Delta H_s}$$

denklemlerde,

Q_{cev} : Kazık çevre direnci

Q_u : Kazık taşıma gücü

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

P_s : Kazık servis yükünün çevre ile aktarılan kısmıdır.

τ_s : Çevre gerilmesi

ΔH_s : P_s etkisinde tek kazığın elastik oturması

k_{vs} : kazık çevre direnci için düşey yatak katsayısı

7.6.5. Kazık Uç Direnci için Düşey Yatak Katsayısı

Tek kazığın uç direnci ile aktarılan servis yükü Q_{cev}/Q_{toplam} oranından elde edilir. Bu yük tamamen uç ile aktarılabilir (Geddes) tek kazığın oturması hesaplanır. Uç direnci ile yük aktarılmasını sağlayan elastik yay için düşey yatak katsayısı,

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

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

$$k_{vp} = \frac{\sigma_p}{\Delta H_p}$$

Q_{cev} : Kazık çevre direnci

Q_u : Kazık taşıma gücü

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

P_p : Kazık servis yükünün uç ile aktarılan kısmıdır.

σ_p : Kazık uç gerilmesi,



k_{vp} : Kazık uç direnci için düşey yatak katsayısı

7.6.6. Kazık Yatay Yatak Katsayısı

Kazık yatay yatak katsayıları Zemin katmanlarındaki ödömetre modülleri ve kazık eğilme rijitliğine göre hesaplanır.(Schmitt, 1995, Revue Francaise de Géotechnique no:. 71 and 74)

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

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

E_{oed} : Ödömetre modülü,

ν : Efektif poisson oranı,

G : Kayma modülü

Yatay yatak katsayısı,

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

E_p : Kazık malzemesinin elastisite modülü,

I_p : Kazık atalet momenti,

k_h : yatay yatak katsayısı

7.7. Zemin İyileştirme

Temel altında rijit kolonlarla zemin iyileştirme yapılır. 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. İyileşmiş zeminin kompozit elastisite modulu

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

denklemleri ile hesaplanır. Bu denklemlerde;



A: Zemin bloğu kesit alanı

n: Rijit kolon sayısı

A_c : Rijit kolon kesit alanı

E_s : Zemin elastisite modülü

E_c : Kolon elastisite modülü

E_{com} : Rijit kolonlu iyileştirilmiş zeminin elastisite modülü

Zemin profilinde rijit kolonlu tabakalar oluşturularak yeniden zemin profili oluşturulur. İyileştirilmiş katmanların E_{com} değerleri atanır ve Bölüm 7.3'deki ilkelerle oturma analizi yapılır.

7.7.1. Derin Karıştırma Yöntemi

Derin karıştırma kuru ve ıslak olmak üzere iki yöntemle yapılır. Kuru karıştırma doymun zeminlerde doğal zemin ve çimento karıştırılarak uygulanır. Islak karıştırma herhangi bir doymunluk derecesine sahip doymun olmayan zeminlerde çimento-su bulamacı ile doğal zemin karıştırılarak uygulanır. DSM kolonları ile iyileştirilmiş zeminde sıkışabilirlik azalır, kayma direnci yükselir.

SETAF2018 karışımdaki çimento ve bulamaç miktarlarını belirlemek için (U.S. Department of Transportation, 2013)'deki tasarım yöntemini kullanır. Derin karıştırma faz diyagramları Şekil 34'de gösterilmektedir. Faz diyagramlarında;

V_a = Hava hacmi.

$V_{w,soil}$ = Karışmadan önce topraktaki su hacmi.

$W_{w,soil}$ = Karıştırmadan önce topraktaki suyun ağırlığı.

V_s = Toprak katılarının hacmi.

W_s = Toprak 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.

$V_{w,mix}$ = Karışımdaki su hacmi.



$W_{w,mix}$ = Karışımındaki suyun ağırlığı.

Bu miktarların toplamı aşağıdakileri içerir:

V_v = Karışmadan önce topraktaki boşlukların hacmi. ($V_a + V_{w,soil}$).

V_{soil} = Karıştırmadan önce toprak hacmi ($V_s + V_{w,soil} + V_a$).

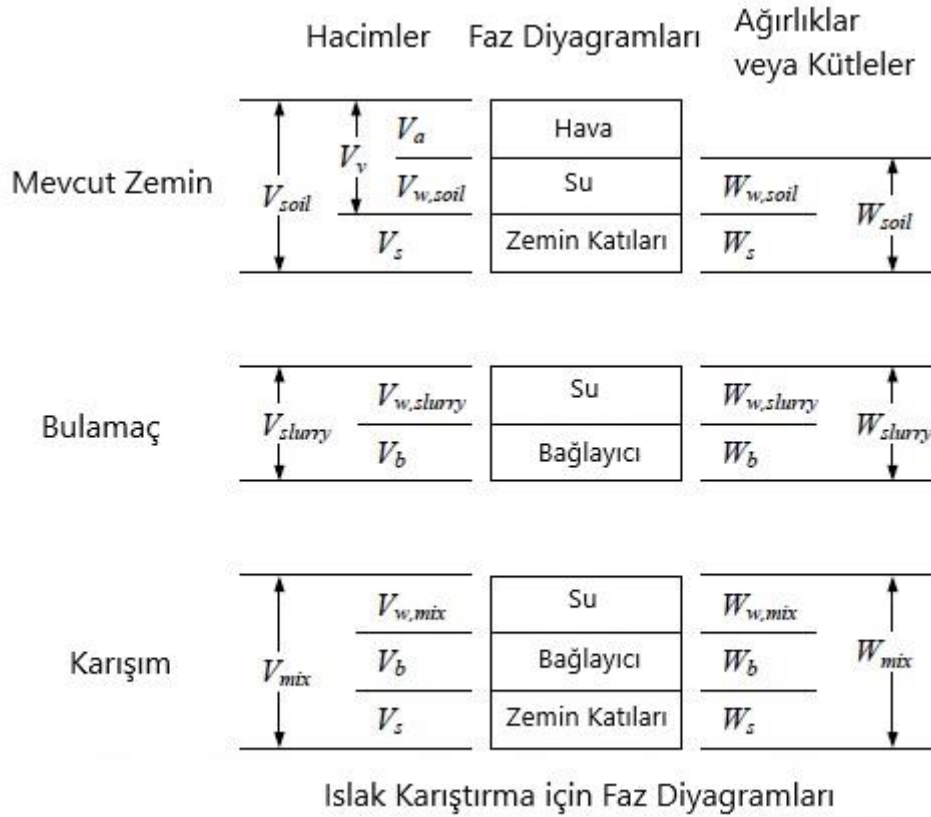
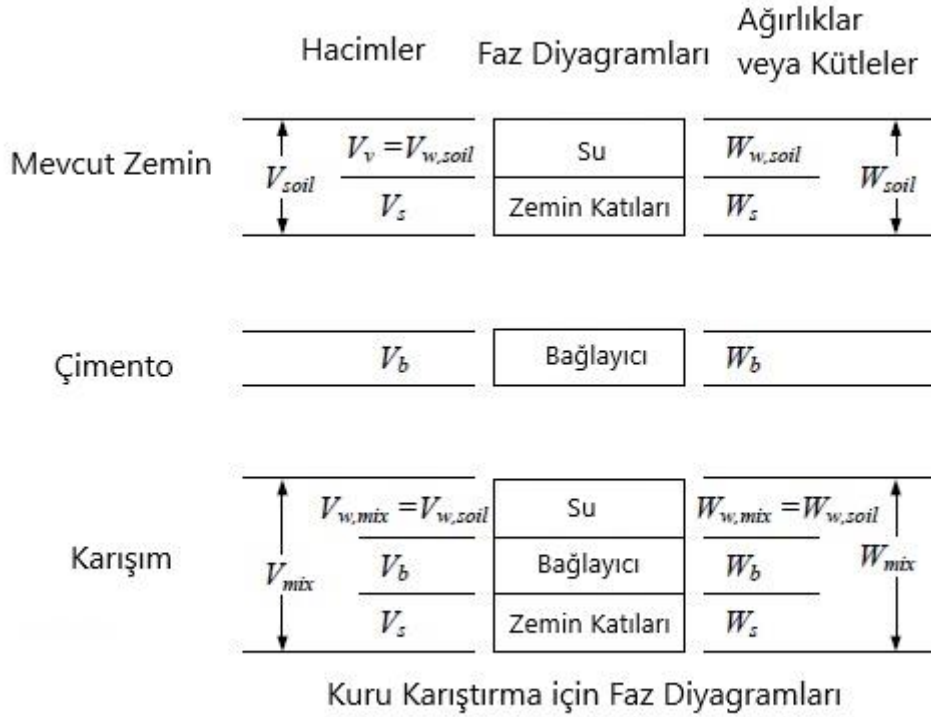
W_{soil} = Karıştırmadan önce toprağın ağırlığı ($W_s + W_{w,soil}$).

V_{slurry} = Karıştırmadan önce bulamacın hacmi ($V_b + V_{w,slurry}$).

W_{slurry} = Karıştırmadan önce bulamacın ağırlığı ($W_b + W_{w,slurry}$).

V_{mix} = Karışımın hacmi ($V_s + V_b + V_{w,mix}$).

W_{mix} = Karışımın ağırlığı ($W_s + W_b + W_{w,mix}$).



Şekil 34. Zemin Karıştırma Faz Diyagramları



Bu miktarlar, Şekil 35 ve Şekil 36'daki denklemlerde elde edilmektedir..

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$$

Şekil 35. Denklem. Zemin Katılarının Özgül Ağırlığı.

$$G_b = \frac{W_b}{V_b \gamma_w}$$

Şekil 36. Denklem. Bağlayıcının Özgül Ağırlığı.

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 1'de listelenmiştir.

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 doymuş 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. Şekil 37 - Şekil 39 arasında gösterilen denklemlerde.



Tablo 1. Derin Karıştırma Parametrelerinin Tanımları

Öğe	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

$$\alpha_{in-place} = \frac{\alpha \gamma_b}{\alpha + \gamma_b}$$

Şekil 37. Denklem. Yerinde Bağlayıcı Faktör.

$$a_w = \frac{\alpha}{\gamma_{d,soil}}$$

Şekil 38. Denklem. Bağlayıcı İçeriği.

$$w_T:b = \frac{w \gamma_{d,soil}}{\alpha}$$

Şekil 39. Denklem. Toplam su-bağlayıcı Oranı.

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 ($W_{w,soil}/W_s$).



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: b . A , $\alpha_{in-place}$, a_w veya w_T : b hedef değerlerine ulaşmak için VR değerleri aşağıdaki denklemlerde verilmiştir (Şekil 40 ila Şekil 44). Şekil 40 ve Şekil 42 ila Şekil 44, zeminin herhangi bir doygunluk derecesi için denklemler sağlar. Şekil 21, zemin doygunluğu (S) = 1 için bir denklem sağlar (U.S. Department of Transportation, 2013).

$$VR = \frac{\alpha}{\gamma_{d,slurry}}$$

Şekil 40. Denklem. Bağlayıcı faktör olarak ifade edilen hacim oranı

$$VR = \frac{\alpha_{in-place}}{\gamma_{d,slurry} - \alpha_{in-place}}$$

Şekil 41. Denklem. Hacim oranı, $S = 1$ için yerinde bağlayıcı faktör cinsinden ifade edilir.

$$VR = \frac{S(1 + wG_s)}{S + wG_s} \cdot \frac{\alpha_{in-place}}{\gamma_{d,slurry} - \alpha_{in-place}}$$

Şekil 42. Denklem. Herhangi bir S için yerinde bağlayıcı faktör olarak ifade edilen hacim oranı.

$$VR = \frac{\gamma_{d,soil}}{\gamma_{d,slurry}} a_w$$

Şekil 43. Denklem. Herhangi bir S için bağlayıcı içeriği cinsinden ifade edilen hacim oranı.

$$VR = \frac{w\gamma_{d,soil}}{(w_T:b - w:b)\gamma_{d,slurry}}$$

Şekil 44. Denklem. Herhangi bir S için toplam su-bağlayıcı oranı cinsinden ifade edilen hacim oranı.



Dsm kolonu özellikleri tanımlanır.

Karşım Özellikleri	
$\rho_{mix} =$	22 kN/m ³
$S_{dm} =$	900 kN/m ²
$E_{dm} =$	450000 kN/m ²
$\nu =$	0,25

Bu değerler oturma ve taşıma gücü analizlerinde kullanılır. Buradaki elastik parametreler E_{dm} ve ν ile iyileştirilmiş kompozit zemin katmanlarının mekanik özellikleri E_{com} , ν_{com} hesaplanır. ρ_{mix} değeri “Hesapla” butonuyla elde edilebilir. $S_{dm} = q_u/2$ ile hesaplanır. E_{dm} değeri FHWA’deki korelasyonla “Hesapla” butonuyla elde edilebilir(Sayfa 87).

7.7.2. Jet Enjeksiyon Yöntemi

Jet enjeksiyon kolon özellikleri tanımlanarak analizlerde iyileştirilmiş kompozit zemin katmanlarının mekanik özellikleri E_{com} , ν_{com} değerlerinin elde edilmesi sağlanır.

Jet Kolon Özellikleri	
$q_u =$	7000 kN/m ²
$S_c =$	3500 kN/m ²
$\rho_c =$	22 kN/m ³
$E_c =$	1800000 kN/m ²
$\nu_c =$	0,25

Buradaki q_u ve E_c değerleri korelasyonlarla elde edilebilir(Sayfa 87). $S_c = q_u/2$ değeri yazılır.

7.8. Negatif Çeper Sürtünmesi

Kazık, derin karıştırma ve jet enjeksiyon kolonlarını çevreleyen zemin sıkışabilir ise uzun vadede kolonu aşağıya sürüklenme eğiliminde olacaktır(downdrag). Bu durumda zemin ile kolon arasında gelişen gerilmeler negatif çeper sürtünmesi olarak adlandırılır. Kolonları çevreleyen normal konsolide yumuşak killer veya sıkışabilir dolgular bu etkiyi yapar. Kazığa gelen ek yüklerle birlikte oturmalar artacaktır.

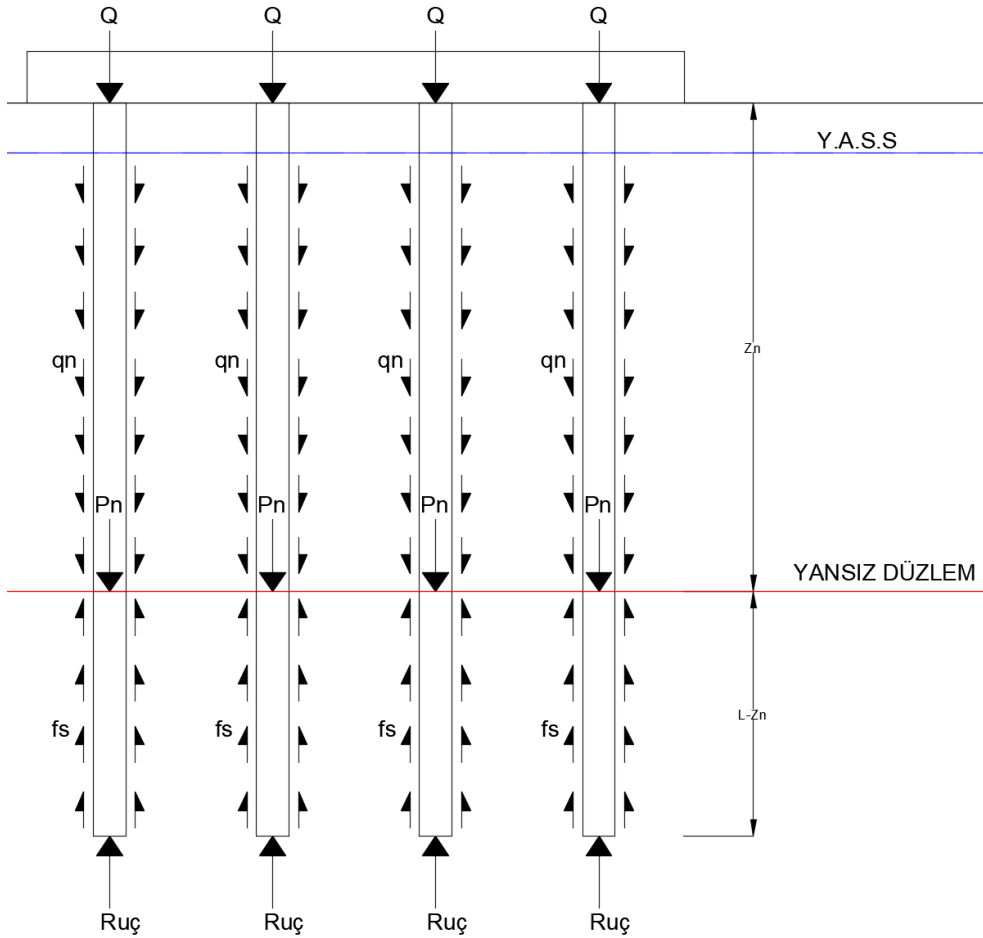


Aşırı konsolide killerde oturmalar düşük seviyelerde kalacağından negatif çeper sürtünmesinin tümüyle mobilize olması beklenmez.

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 değerin 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.

7.8.1. Yansız Düzlem

Zemin içerisindeki bir rijit kolonun işlevini yerine getirebilmesi için çevresindeki zeminle farklı hareketler yapması gerekir.

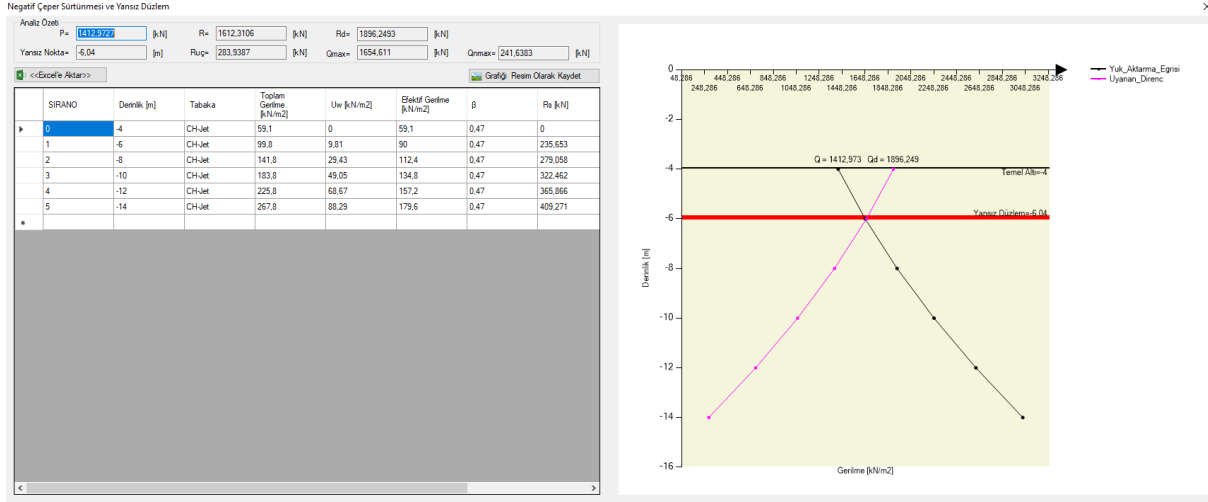


Şekil 45.Rijit Kolon Gurubunda Negatif Çeper Sürtünmesi



SETAF2018

Bu farklı hareket sonucunda kazık yükü çevresindeki zemine aktarılmış olur (Şekil 45). Kazık üzerindeki yük Q , negatif çeper sürtünmesi q_n ile artarak yansız düzlemde kazığın alacağı en yüksek Q_{max} değerine ulaşır (Şekil 45). Q burada her kazık için P_{grup} ’dan hesaplanır.



Şekil 46. 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.

7.8.2. Negatif Çeper Sürtünmesi ile Oluşacak Oturmalar

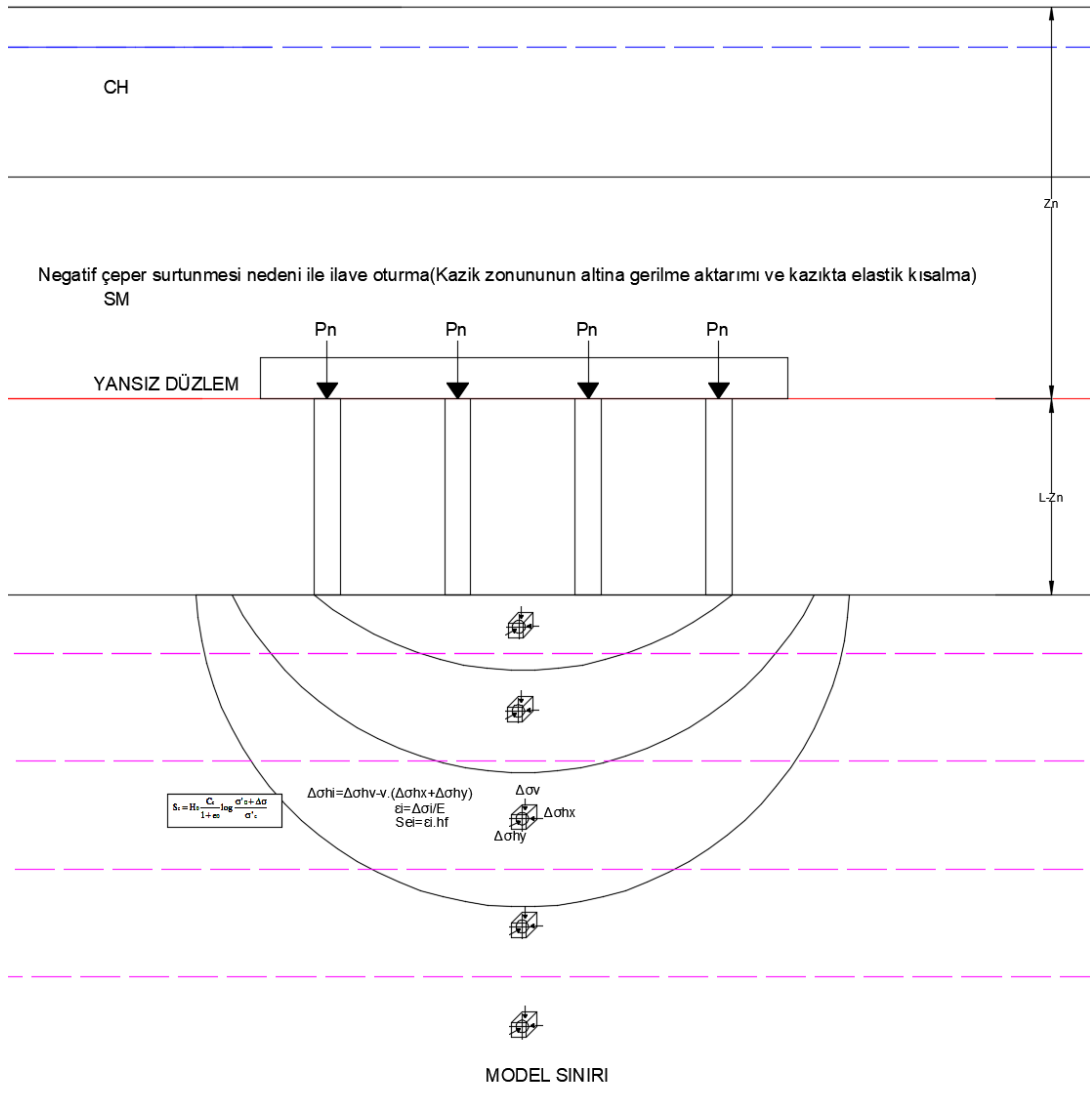
Kolondaki maksimum kuvvet Q_{max} yansız düzlem düzeyinde belirir ve kolon başına uygulanan kuvvet ile çevresinde konsolide olan kilin veya sıkışan dolgunun sürüklenme kuvvetinin(downdrag) toplamıdır. Hesaplama adımları;

- Analiz yönteminde göre P_{grup} , P_{grunet} , q , q_{net} yüklerinden biri ile oturmalar bölüm 7.3.5’deki ilkelerle elde edilir.
- Tüm kolonlar için yansız düzlemler belirlenir.
- Yansız düzleme kadar olan bölge içinde kolonları çevreleyen zeminin uzun vadeli sıkışması drenajlı elastik analiz ile belirlenir. Bu oturmalar elde edilirken kolon-zemin 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

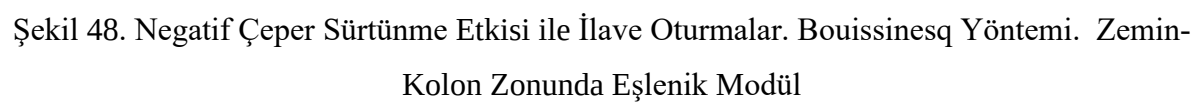


P_n değerleri alınır. Bir kolonda P kolon taşıma gücü R_d 'den büyükse oturma hesaplarında P_n hesaplanmaz. Yansız düzlem belirlenemez. Bunu anlamı kolon yükünün taşıma gücünü aşmasıdır.

- 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 47) 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 47. Negatif Çeper Sürtünme Etkisi ile İlave Oturmalar. Mindlin-Geddes Yöntemi





7.9. MPM

SETAF2018’de zemin profillerinde tanımlanana presiyometre sonuçları ile net limit basınçlar,

$$PL^*=PL - \sigma_h$$

ile hesaplanır.

P_L : Limit basınç

σ_h : Yatay toplam gerilme

PL^* : Net limit basınç

7.10. 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'_v : Düşey efektif gerilme

SPTN: İlk 150mm lik penetrasyondan sonra 300mm penetrasyon için gerekli vuruş sayısıdır (ASTM D1586).

C_N : Örtü yükü düzeltme katsayısı

N_1 : Örtü yükü düzeltme katsayısı ile düzeltilmiş vuruş sayısı

N_{160} : Düzeltilmiş vuruş sayısı

SPT düzeltmeleri;

$$N_1 = C_N \times SPTN$$

$$N_{160} = (E_m \times C_B \times C_S \times C_R \times SPTN) / 0,60$$



$C_E: E_m/0,60$

7.11. Sıvılaşma

TBDY EK16B’de ki yöntemle sıvılaşma değerlendirme hesapları yapılmaktadır. Seçilen sondaj kuyusundaki SPT profili ile hesaplar gerçekleştirilir.

İnce dane içeriğine göre N_{160f} ,

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

$$\alpha = 0 \quad ; \quad \beta = 1$$

$$(IDI \leq \%5)$$

$$\alpha = \exp[1,76 - (190/IDI^2)] \quad ; \quad \beta = 0,99 + IDI^{1,5}/1000 \quad (\%5 < IDI \leq \%35)$$

$$\alpha = 0,5 \quad ; \quad \beta = 1,2$$

Sıvılaşma direnci,

$$\tau_R = CRR_{M7,5} C_M \sigma'_{v0}$$

Moment büyüklüğü 7,5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı,

$$CRR_{M7,5} = \frac{1}{34 - N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60f}}{135} + \frac{50}{[10N_{1,60f} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı,

$$C_M = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}}$$

Zeminde oluşan kayma gerilmesi,

$$\tau_{deprem} = 0,65 \tau_{v0} (0,4 S_{DS}) r_d$$

Gerilme azaltma katsayıları,

$$r_d = 1,0 - 0,00765z \quad z \leq 9,15m$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267z \quad 9,15m < z \leq 23m$$

$$r_d = 0,744 - 0,008z \quad 23m < z \leq 30m$$

$$r_d = 0,50 \quad z > 30m$$

Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu,

$$\frac{\tau_R}{\tau_{deprem}} \geq 1,10$$

Sıvılaşma sonrası oluşacak yüzey oturması Tokimatsu ve Seed (1987) yöntemi ile hesaplanır.



7.12. Korelasyonlar

SETAF2018’de malzeme verileri fiziksel ve mekanik özelliklere bağlı korelasyonlarla elde edilip veri girişi yapılabilir.

Sıkışma İndisi C_c

Skempton, 1944 $0,009(w_L - 10)$

Azzoz et al, 1976 $0,40(e_0 - 0,25)$

Azzoz et al, 1976 $0,01(w_n - 5)$

Azzoz et al, 1976 $0,37(e_0 + 0,003w_L - 0,34)$

Wood and Wroth, 1978 $0,5G_s(I_p/100)$

Nagaraj and Murthy, 1986 $0,00234 \times w_L \times G_s$

Yeniden Yükleme İndisi C_r

Azzoz et al, 1976 $0,15(e_0 + 0,007)$

Azzoz et al, 1976 $0,003(w_n + 7)$

Azzoz et al, 1976 $0,126(e_0 + 0,003w_L - 0,06)$

Nagaraj and Murthy, 1986 $0,000463w_L.G_s$

$C_c/7$

OCR

Kulhaway and Mayne, 1990 $(p_{atm}/\sigma'_z) \times 10^{(1,11 - 1,62I_L)}$

Ön Konsolidasyon Basıncı σ'_c

$10^{(5,97 - 5,32(w_n/w_L) - 0,25 \log_{10} \sigma'_0)}$

$3,78S_u - 2,9$

Drenajsız Kayma Direnci S_u

NL Killer Skempton 1957 $\sigma'_v(0,11 + 0,0037I_p)$

NL Killer Ladd 1957 $\sigma'_v(0,129 + 0,00435 \times I_p)OCR^{0,8}$

Kayma Direnci Parametreleri c', ϕ'

$c' = 0,10C_u$

$\phi' = 45 - (I_p/(0,5 + 0,04I_p))$



Kayma Modülü G

$$\frac{G_{sec}}{P_{atm}} \cong \frac{2,5}{1+v} N_{1,60}$$

$$\frac{G_{sec}}{P_{atm}} \cong \frac{5}{1+v} N_{1,60}$$

$$\frac{G_{sec}}{P_{atm}} \cong \frac{7,5}{1+v} N_{1,60}$$

Pl(%)		0	20	40	60	80	≥100
A		0	0,81	0,30	0,41	0,48	0,5

$$\frac{G_{max}}{P_{atm}} = 321 \frac{(2,97 - e)^2}{1 + e} OCR^A \left(\frac{\rho'_0}{P_{atm}} \right)^{0,5}$$

Derin Karıştırma

Islak karıştırma $E_{dm} = 300 \cdot q_u$ (U.S. Department of Transportation, 2013)

Kuru karıştırma $E_{dm} = 150 \cdot q_u$ (U.S. Department of Transportation, 2013)

Jet Enjeksiyon

Kumda $E_c = 7 + 8.1(w : c)^2$

Kilde $E_c = 2 + 3.6(w : c)^2$

Kumda $E_c = 800 q_u^{0.5}$

Kilde $E_c = 500 q_u^{\left(\frac{2}{3}\right)}$

$$E_c = \beta_e \cdot 200$$

7.13. Kazı Destek Yapıları

Betonarme kazıklı ve perde duvarların analizleri yapılmaktadır. Analiz sonuçları ile duvar deplasman kontrolü, ankrajlarda enjeksiyon-zemin, tendon-enjeksiyon, kopma, iç stabilite kontrolleri, duvarda yapısal betonarme hesapları ve toptan göçme kontrolü ile tüm tasarımlar gerçekleştirilir.



7.13.1. Sayısal Analiz Modeli

Program, bağılı basınçlar yöntemini kullanarak duvara etki eden basınçları belirler. Yapıya uygulanan yük, deformasyonundan türetilir, bu da davranışını gerçekçi bir şekilde modellememizi sağlar ve uygun maliyetli tasarımlar sağlar. Analiz, deformasyonların kademeli gelişimi ve ankrajların sonradan gerilmesi dahil olmak üzere, duvarın imalat aşamalarını hesaba katar.

Bağılı basınçlar yönteminin kullanılması, doğrusal veya doğrusal olmayan kabul edilen zemin yatak katsayısının belirlenmesini gerektirir.

Program ayrıca kullanıcının ankraj sisteminin iç stabilitesini kontrol etmesine de olanak tanır.

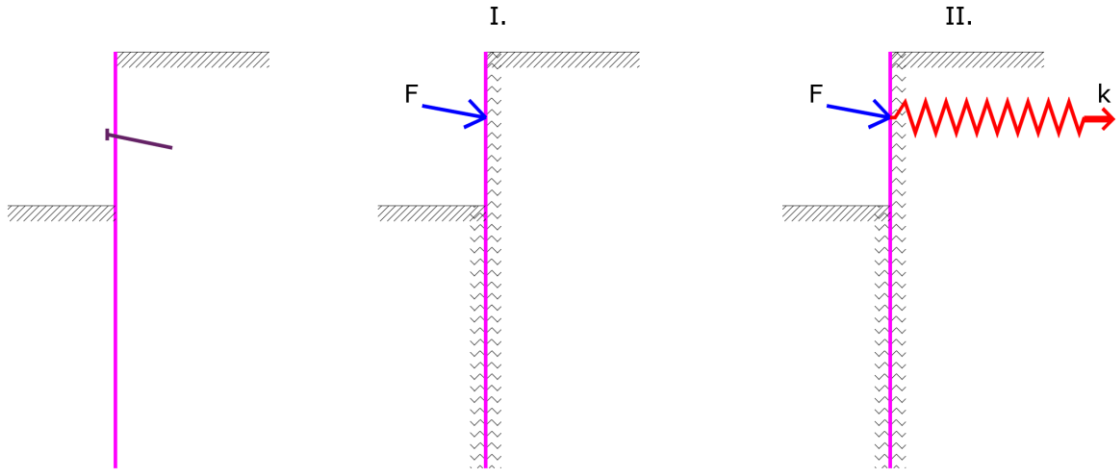
Analiz, matris-deplasman yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir. Yer değiştirmeler, iç kuvvetler ve zemin yatak katsayısı ayrı düğüm noktalarında değerlendirilir.

Yapıyı sonlu elemanlara bölmek için aşağıdaki metodoloji uygulanmıştır:

- 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 hesaplanır.

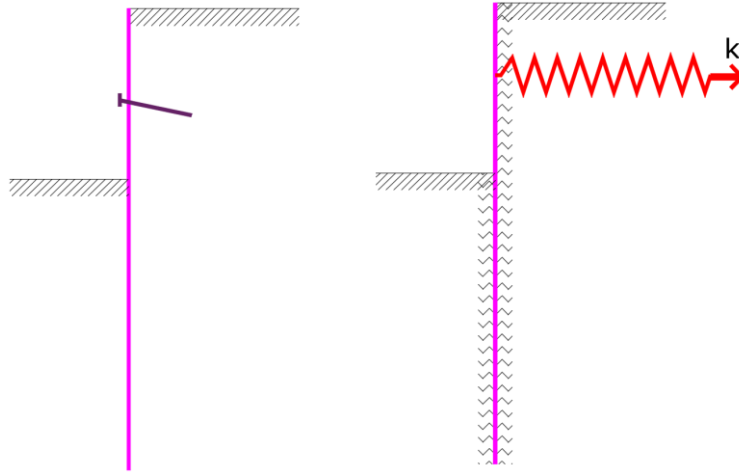
Her elemana bir zemin yatak katsayısı değeri atanır - elastik zemin Winkler yayı olarak kabul edilir. Destekler deforme olmuş yapıya yerleştirilir - her destek daha sonra yapıya uygulanan zorunlu bir yer değiştirmeyi temsil eder.

Öngermeli ankrajların tanıtıldığı yapım aşamasında, ankraj kuvvet olarak modellenir (Şekil 49'daki I. durum). Diğer yapım aşamalarında, ankrajlar, k yay katsayılı (Şekil 49'daki II. durum) ve kuvvetle modellenmiş yaylardır:



Şekil 49. Öngermeli ankraj modeli

Öngerme kuvveti olmayan ankrajlar tüm inşaat aşamalarında her zaman yay olarak modellenir. Ankrajdaki kuvvet, yapının deformasyonundan ve ankrajın rijitliğinden hesaplanır:



Şekil 50. Öngermesiz ankraj modeli

Ankraj kuvvetinin deformasyona bağlı değişimi:

$$\Delta F = \frac{k \cdot v \cdot \Delta w}{\cos \alpha}$$

$$k = \frac{E \cdot A}{L}$$

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

7.13.2. Bağlı Basınçlar Yöntemi

Yöntemin temel varsayımı, duvarın çevresindeki zemin veya kayanın ideal olarak 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 olarak 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:

$$\sigma = \sigma_r - k_h \cdot w$$

$\sigma < \sigma_a$ durumunda $\sigma = \sigma_a$ alınır.

$\sigma > \sigma_p$ durumunda $\sigma = \sigma_p$ alınır.

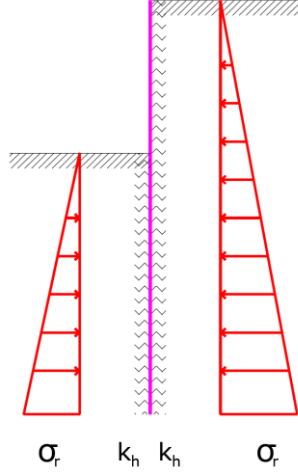
Burada:

- σ_r - Sükunetteki basınç
- k_h - Yatak katsayısı
- w - Yapının deformasyonu
- σ_a - Aktif toprak basıncı
- σ_p - Pasif Toprak basıncı



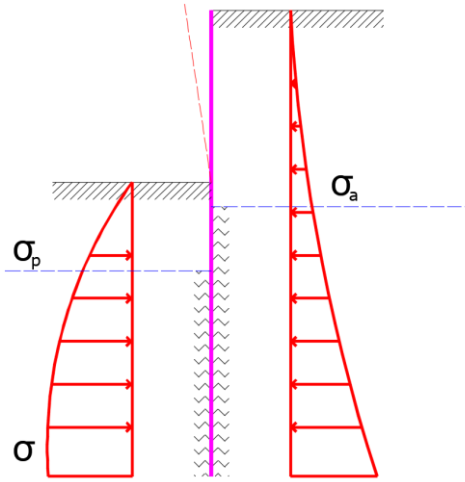
Hesaplama prosedürü aşağıdaki gibidir:

- Tüm elemanlara yatay yatak katsayısı k_h atanır ve yapı, hareketsiz durumdaki basınç tarafından yüklenir -Şekil 51:



Şekil 51. 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 52



Şekil 52. İterasyon süresince analiz modeli

Yukarıdaki iterasyon, duvardaki yatay basınçların dengesi sağlanana kadar devam ettirilir.

İnşaatin sonraki aşamalarının analizlerinde, program duvarın plastik deformasyonunu hesaba katar. Bu aynı zamanda, gerçek inşaat sürecine uygun inşaat aşamalarının belirtilmesinin nedenidir.



7.13.3. Yatay Yatak Katsayıları

Sayısal analizde farklı yöntemlerle hesaplanan yatak katsayıları kullanılır. Program kullanıcı girişine bağlı olarak Schmitt ve Chadeisson yöntemleri ile yatak katsayılarını hesaplar.

7.13.3.1. Schmitt Yöntemi

Zemin odometre modülü ve duvar eğilme rijitliğine bağlı olarak yatak katsayısı hesaplanır.

$$k_h = 2,1 \left(\frac{E_{oed}^{4/3}}{(EI)^{1/3}} \right)$$

E: Duvar elastisite modülü $[F/L^2]$,

I: Duvar atalet momenti $[L^4]$,

E_{oed} : Zemin odometre modülü $[F/L^2]$,

7.13.3.2. Chadeisson Yöntemi

$$k_h = \left[20EI \left(\frac{K_p \gamma \left(1 - \frac{K_0}{K_p} \right)}{0,015} \right)^4 \right]^{1/5} + A_p c' \frac{\tanh \left(\frac{c'}{30} \right)}{0,015}$$

EI : Duvarın eğilme rijitliğidir. $[F.L^2/L]$

γ : Zemin birim hacim ağırlığı $[F/L^3]$

K_p : Pasif basınç katsayısı

K_0 : Sükunette toprak basıncı katsayısı

c' : Efektif kohezyon $[F/L^2]$

A_p : Kohezyon etki katsayısı. 1 – 15 arasında bir değerdir.

7.13.4. 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,

$$\sigma_a = \sigma'_z K_a - 2.c'.\sqrt{K_a}$$

$$\sigma_p = \sigma'_z K_p + 2.c'.\sqrt{K_p}$$

toplam gerilme analizinde yatay aktif toplam basınç,

$$\sigma_{x,a} = \sigma_z - K_u.C_u$$

yatay pasif toplam basınç,

$$\sigma_{x,p} = \sigma_z + K_u.C_u$$

sükunette yatay toprak basıncı,

$$\sigma_r = \sigma'_z \times K_r$$

7.13.5. 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

$$K_a = \cos \beta \cdot \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

ile belirlenir. Pasif basınç katsayısı da

$$K_p = \cos \beta \cdot \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

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



$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

halini alır.

7.13.6. 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.

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos^2(\alpha + \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos^2(\delta - \alpha) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

$\alpha=0$ ve $\delta=\beta$ için Rankine sonuçları ile aynıdır.

7.13.7. Toplam Gerilmelerle Basınç Katsayıları

Aktif ve pasif toprak basıncı katsayısı toplam gerilme analizinde,

$$K_u = 2 \cdot \sqrt{1 + \frac{\alpha_u}{c_u}}$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada,

α_u : adhezyon,

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_u 'yı dikkate almak gerekir. Yapışma değeri α genellikle c_u 'nın bir kısmı olarak kabul edilir.



7.13.8. Sükunette Toprak Basıncı Katsayısı

Duvarı hareket olmadığı durumda etkiyen yatay toprak basıncını belirlemek için K_r katsayısı, kullanıcı tanımlı belirtilmediği durumda,

aşırı konsolide zeminlerde,

$$K_r = 0,5 \times \sqrt{OCR}$$

iri daneli zeminlerde,

$$K_r = 1 - \sin \phi'$$

ince daneli zeminlerde,

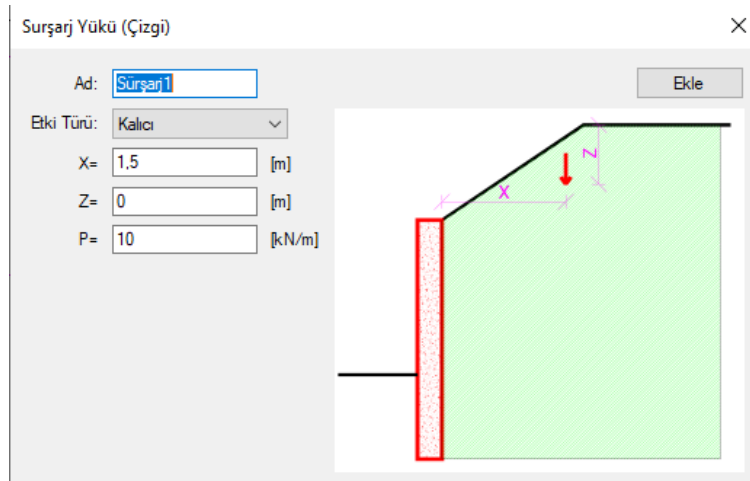
$$K_r = \frac{v}{1 - v}$$

7.13.9. Sürşarj Yükleri

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.

7.13.9.1. Noktasal Yük

Duvar arkasında tanımlanan noktasal yükün (F) (Boussineq) duvar-zemin ara yüzeyindeki yatay gerilme artışı (Boussineq) ile hesaplanır (bölüm 7.2.1).

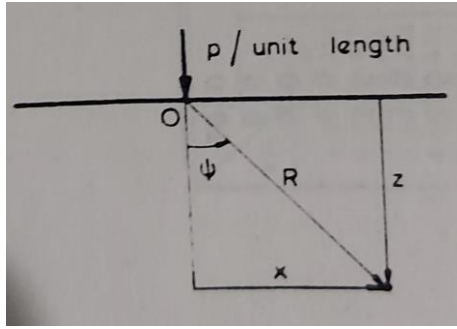




7.13.9.2. Çizgisel Yük

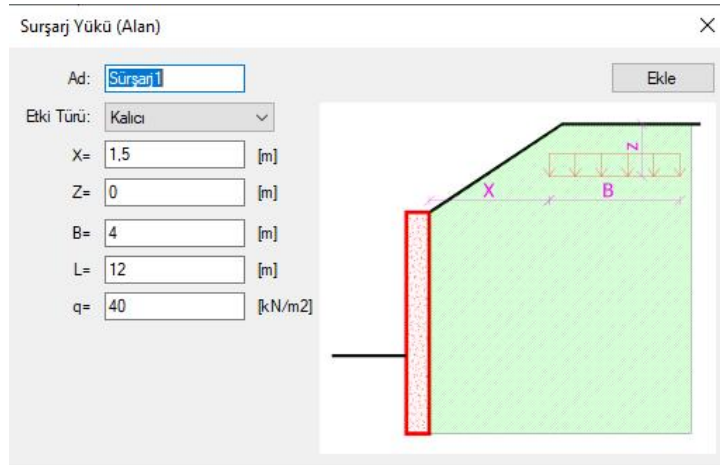
Duvar arkasında duvara paralel sonsuz uzunlukta çizgisel yük(F/L) tanımlanır. Entegrasyonu yapılmış Boussinesq denklemi ile duvar-zemin ara yüzeyindeki yatay gerilme artışı hesaplanır.

$$\sigma_x = \frac{2p}{\pi} \cdot \frac{x^2 \cdot z}{R^4}$$



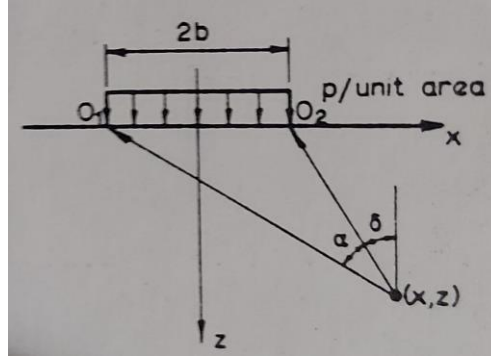
7.13.9.3. Alan Yük

Duvar arkasında B genişliğinde L uzunluğunda yük(F/L^2) tanımlanır. Yükün duvar-zemin ara yüzeyindeki yatay gerilme artışını veren Boussinesq denklemi (bölüm 7.2.1) dikdörtgen yayılı yük için sayısal analiz ile entegre edilir.



7.13.9.4. Şerit Yük

Duvar arkasında B genişliğinde duvara paralel sonsuz uzunlukta düzgün yayılı yük(F/L^2) tanımlanır.

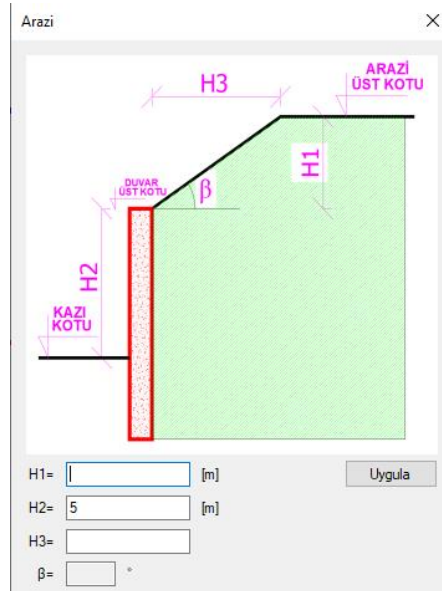


$$\sigma_x = \frac{P}{\pi} \cdot [\alpha - \sin \alpha \cos(\alpha + 2\delta)]$$

denklemini ile yükün duvar-zemin ara yüzündeki yatay gerilme artışı hesaplanır. α ve δ radyandır.

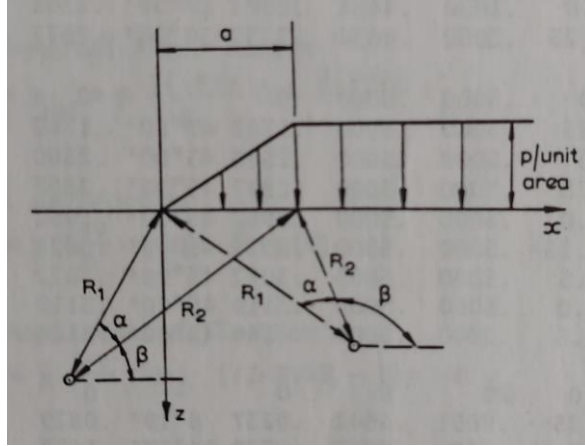
7.13.9.5. Trapez Yük

Programda şekildeki arazi tipinde duvar üstündeki zemin yüksekliği trapez yük olarak dikkate alınır.



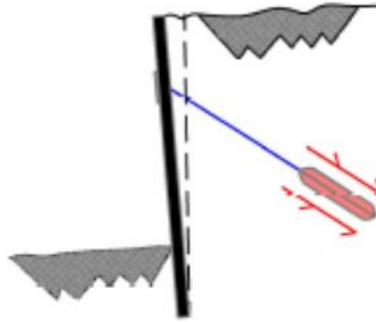
Yarı sonsuz yüzeyde yükleme sonucu yatay gerilme artışı, α ve β radyandır.

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi a} \left[\alpha \beta + x \alpha + 2z \log_e \frac{R_2}{R_1} \right]$$



7.13.10. Ankraj Enjeksiyon Gövdesi-Zemin Arayüzü Sıyrılma Yenilmesi

Analizden elde edilen ankraj kuvvetleri ile enjeksiyon gövdesi-zemin sıyrılma kontrolü yapılır.



Ankraj nihai taşıma kapasitesi,

$$T_f = \pi \cdot D \cdot L_{tb} \cdot \tau_f$$

denklemleri ile belirlenir. Burada,

D: Kök bölgesi etkin çap değeri,

L_{tb} : Halat kök boyu,

τ_f : Ankrajlar için nihai çeper sürtünmesi

Sıyrılma 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 gerilmeler ile,

$$\tau_f = K_1 \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi'$$

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 - 1.5) değerleri arasındadır.

σ'_v : Ankraj kök orta noktasındaki düşey efektif gerilme,

Toplam gerilmelerle,

$$\tau_f = \alpha_a \cdot S_u$$

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 2. 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 Basıncılı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	0.03 – 0.07
Basıncılı 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 3. 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 4. 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.



7.13.11. Tendon Çekme Yenilmesi

Ankraj çekme dayanımı F_u ,

$$F_t = A_t \times f_u$$

$$F_u = \text{Tendonad.} \times F_t$$

d_t : Bir tendonun nominal çapı,

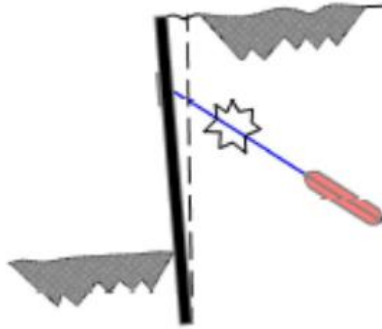
A_t : Bir tendonun nominal kesit alanı

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]



7.13.12. Ankraj Tendon-Ejeksiyon Gövdesi Sıyırılma Kontrolü

Çelik halatlı ankrajlarda yapılır.

Sıyırılma direnci F_u ,

$$F_u = \pi \times D_s \times L_k \times \tau$$

f_c : Enjeksiyon basınç dayanımı,

τ : Aderans dayanımı,

D_s : Ankraj çapı,

L_k : Enjeksiyon boyu



Aderans gerilmesi TS500 ile,

$$\tau = C_1 \times f_{ctd}$$

$$C_1 = \frac{1}{4 \times C_0}$$

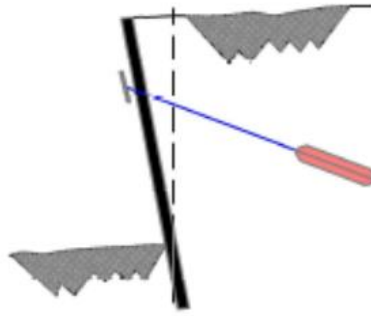
$$f_{ctd} = 0.35 \times \sqrt{f_c}$$

f_{ctd} : Enjeksiyon çekme dayanımı,

Nervürlü çubuklarda $C_0 = 0.24$,

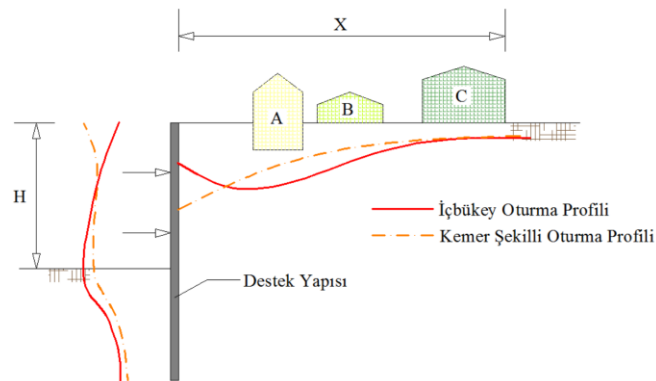
Aderans gerilmesi ACI ile,

$$\tau = 3.3 \times \sqrt{f_c}$$



7.13.13. Destek Yapısı Arkasında Düşey Yerdeğiştirmeler

Duvar arkasındaki arazi yüzeyinde düşey yerdeğiştirmeler duvar yatay deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanır.





7.14. Şev ve Yamaç Stabilitesi

Yamaç ve şevlerin duraylılıkları limit denge analizleri ile hesaplanır. Oms-Fellenius, Bishop dilim yöntemleri ile yamaç ve şevlerin güvenlik sayısı hesaplanır. İstenilen geometride zemin katmanları tanımlanır. Zemin katmanları analizlere efektif veya toplam gerilmelerle dahil edilir. Çelik halatlı ankrajların ve zemin çivilerinin etkisi analizlere dahil edilir.

7.14.1. Ankrajlar

Ankraj, baş noktası, serbest uzunluk l , kök uzunluğu l_k ve eğim α ile belirlenir. Ankraj kuvveti, ankraja etki eden ön gerilme kuvveti olarak girilir. Kazı destek yapısı analizinde dönüştürülen modellerde ankraj kuvveti duvar analizinden hesaplanan kuvvet olmalıdır. Baş noktası her zaman zemin yüzeyinde bulunur; ankraj kuvveti her zaman bir zemin gövdesi yönünde hareket eder. Belirli bir blok (dilim) üzerindeki denge hesaplanırken ankraj kuvveti, zemin kütlesinin ağırlıksız ek yüküne eklenir.

Yalnızca uç noktaları kayma yüzeyinin arkasında olan ankrajlar dikkate alınır. Kayma yüzeyi, ankrajın serbest uzunluğunu kesiyorsa, tam ankraj kuvveti ile bir hesaplama yapılır. Kayma yüzeyi ankraj kökü ile kesiştiğinde, ankraj kuvvetinin kök başlangıcında tam kuvvet ve kökün sonunda sıfır değeri ile doğrusal olarak azaldığı kabul edilir. Bu yaklaşım, mevcut ankrajlarla şevin mevcut durumunu değerlendirmek istediğimizde her zaman kullanılır, çünkü bazı ankrajların kritik kayma yüzeyini kesiştirmek için kısa olduğu ortaya çıkabilir, böylece stabilite artışına katkıda bulunmazlar.

7.14.2. Zemin Çivileri

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:

$$F = \text{Min}(T_p \cdot x, R_t)$$

x : Çivinin kayma yüzeyinin arkasında kalan uzunluğu [L],

T_p : Çivi – Zemin Sıyrılma direnci [F/L],

R_t : Tendon kopma yükü [F], (Bölüm 7.13.11)



$$T_p = D \times f_s$$

D: Enjeksiyon çapı,

f_s : Enjeksiyon – zemin nihai birim sürtünme [f/L^2],

Efektif gerilmelerle,

$$f_s = K_1 \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi'$$

7.14.3. Sürşarj Yükleri

Tanımlanan sürşarj yükü 1:2 eğim ile üzerinde bulunduğu dilimin tabanına indirgenir ve dilim ağırlığına eklenir.

7.14.4. OMS/Fellenius Yöntemi

Bu yöntem literatürde geliştirilmiş ilk dilim çözümüdür. İsveç metodu olarak da bilinir.

$$FS = \frac{\sum_i c_i \cdot L_i + N_i \tan \phi_i}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} = \frac{\sum_i S_{\text{resistance}}}{\sum_i S_{\text{mobilized}}}$$

$$N_i = (W_i - u_i \cdot L_i) \cdot \cos \alpha$$

Bu yöntemde, tüm dilimler arası kuvvetler göz ardı edilir. Dilim ağırlığı, dilim tabanına paralel ve dik olan kuvvetlere çözümlenir. 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,

$S_{\text{resistance}}$: Direnen kuvvetler,

$S_{\text{mobilized}}$: 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

7.14.5. Sadeleştirilmiş Bishop Yöntemi

1950'lerde Londra'daki Imperial College'dan Profesör Bishop, dilimler arası normal kuvvetleri içeren ancak dilimler arası kesme kuvvetlerini göz ardı eden bir yöntem tasarladı. Bishop, dikey yöndeki dilim kuvvetlerini toplayarak dilim tabanındaki normal için bir denklem geliştirdi. Bunun sonucu, temel normalin 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.

$$FS = \frac{\sum_i c_i \cdot L_i + N_i \tan \phi_i}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} = \frac{\sum_i S_{\text{resis tan ce}}}{\sum_i S_{\text{mobilized}}}$$

$$m_\alpha = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cdot \tan \phi}{FS}$$

$$N_i = (W_i - u_i \cdot L_i) \cdot \cos \alpha$$



8. ANALİZ AYARLARI

SETAF2018’de analiz ayarları parametrik olarak değiştirilebilmektedir (Şekil 53).

Şekil 53. Analiz Ayarları

- Oturma Analizinde Yüzeysel Temel Gerilme Artışları
☐ $\sigma_x = \sigma_y$

İşaretlendiğinde oturma analizinde Y eksenine doğrultusundaki gerilme artışları X eksenine doğrultusundaki ile aynı kabul edilir.

- Bossinesq Gerilme Analizinde Koordinat Sistemi

☒ Kartezyen Koordinat Sistemi
☐ Silindirik Koordinat Sistemi

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 Temellerde Gerilme Artışları

☐ Düzgün Yayılı Çevre Direnci (Geddes)

☒ Doğrusal Artan Çevre Direnci (Geddes)

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

Derin Temellerde 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 t50 kullan

☐ Oturma - Zaman Grafiğinde t90 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 hesaplardan kullanılır. Kullanıcı malzeme özelliklerini girerken konsolidasyon katsayılarını “Hesapla” butonuyla elde ederse, bu hesaptaki deney numune yüksekliği buradan alınır.

Yüzey Temellerde Taşıma Gücünde Yenilme Türü

☒ Genel Kayma

☐ Yerel Kayma veya Zımbalama

Yüzeysel temellerde 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 Re Kullan ☒ Azaltma Uygula

Re Hesabı

☐ Kohezyonlu Zemin ☒ Kohezyonsuz Zemin

Yüzeysel temel taşıma gücü Meyerhof yöntemi ile hesaplanırken seçime göre Re ile azaltma faktörü uygulanır. Azaltma faktörü Re 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 eksenini doğrultusundaki yatay kuvvetin kullanılmasıdır.



Vesic Özellikleri

ca= c

δ = ϕ

•

Yüzeysel temelerde Vesic 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 N,160 Kullan

Oturma: mm

•

Yüzeysel temelerin 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

•



SETAF2018

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

Nc=

☒ Nc Skempton Denklemleriyle Bulunsun

Derin temellerde taşıma gücünde kazık gurubunun ucu drenajsız bir tabakada kalıyorsa uç direnci α yöntemiyle hesaplanır. Taşıma gücü faktörü Nc 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 grup 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 $\gamma_{Rsb} =$

Çekme $\gamma_{Rsc} =$

$\gamma_{Ru} =$

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

Derpremsellik

SDS= 0,87

Mw= 7,5

Sıvılaşma hesaplarında T.B.D.Y EK 16B'deki zemin sıvılaşma değerlendirme yapılır. SDS değeri buradan ve analiz penceresinden girilebilir. Deprem moment büyüklüğü M_w 'nin varsayılan değeri yönetmelikteki 7.5 değeridir. Farklı değerler verilebilir.

9. VERİ TABLOLARI

Girilen malzeme, zemin profili ve temel verileri tablo olarak alınabilir ve Excel'e aktarılabilir (Şekil 54).

[illegible]

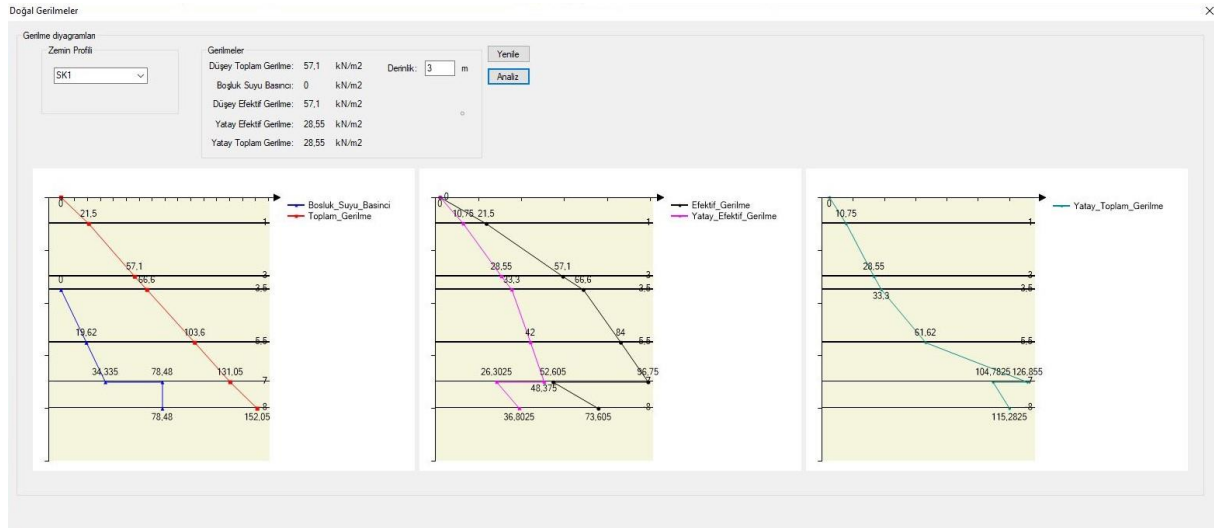
Şekil 54. Veri Tabloları

Seçime bağlı olarak özet tablolar da alınabilir.

10. GRAFİKLER

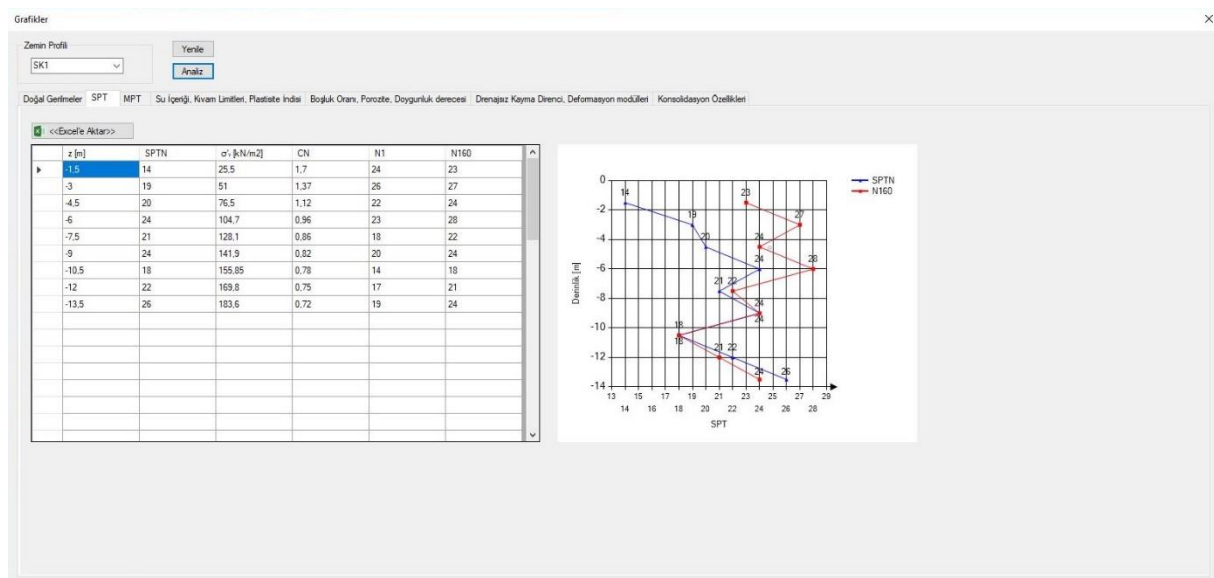
Analiz menüsündeki “Grafikler” butonuyla girilen malzeme özelliklerinin seçilen zemin profiline göre grafikleri çizilmektedir.

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



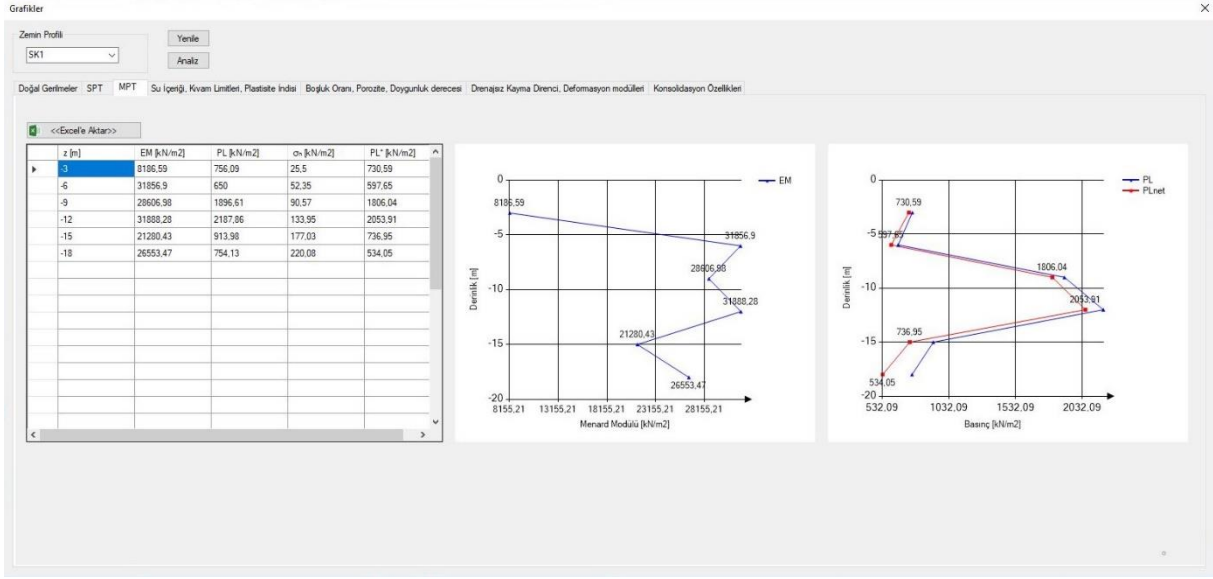
10.2. SPT

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



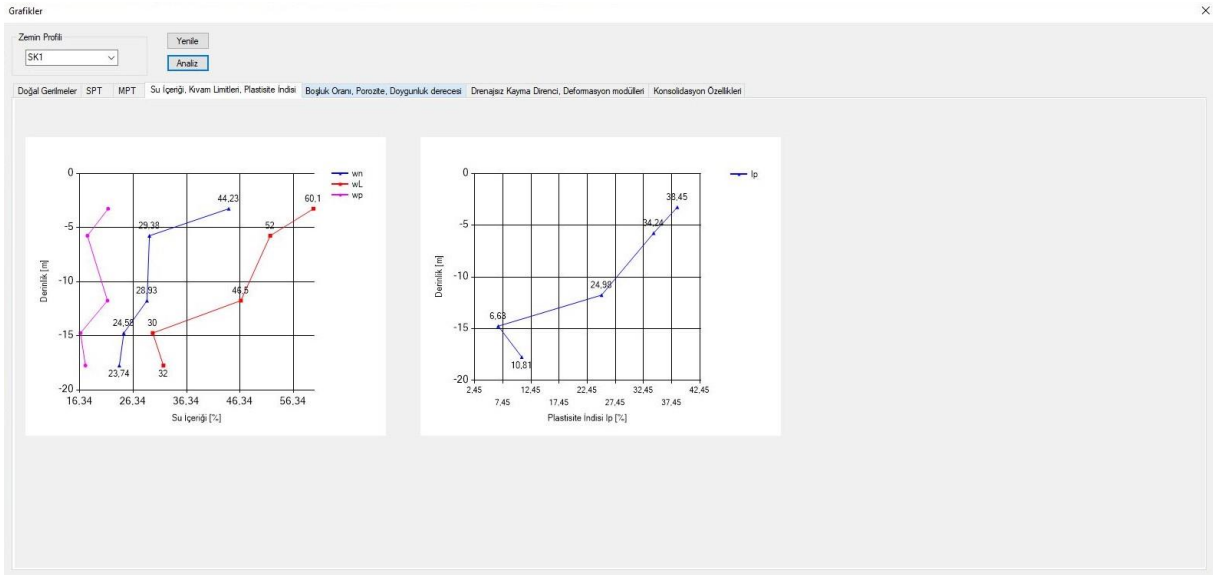
10.3. MPM

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.



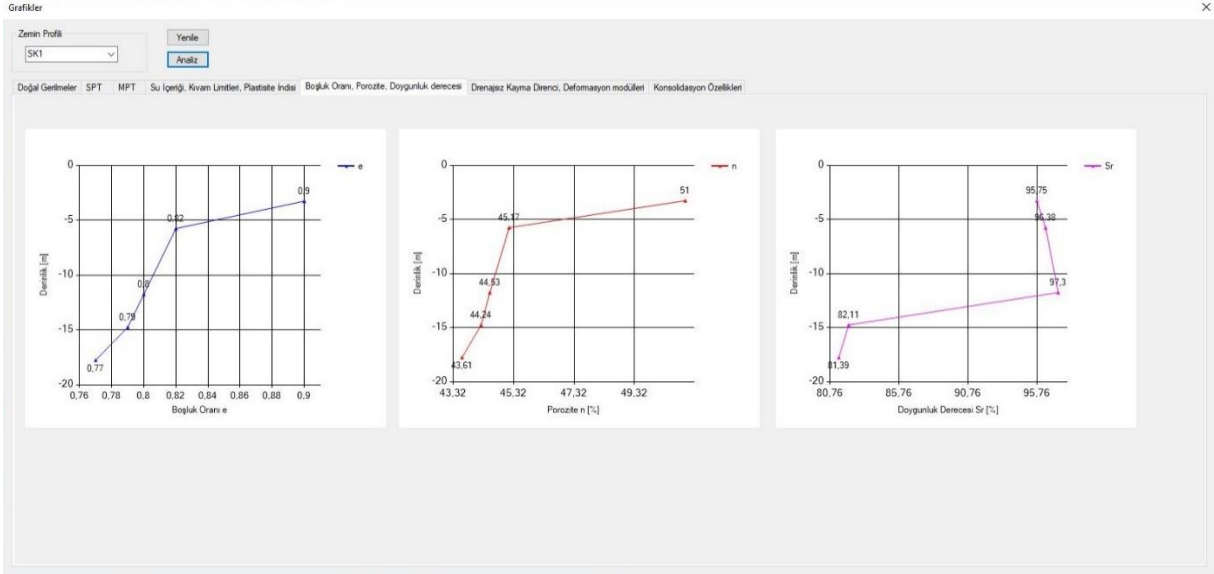
10.4. Su İçeriği, Kıvam limitleri, Plastisite İndisi

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

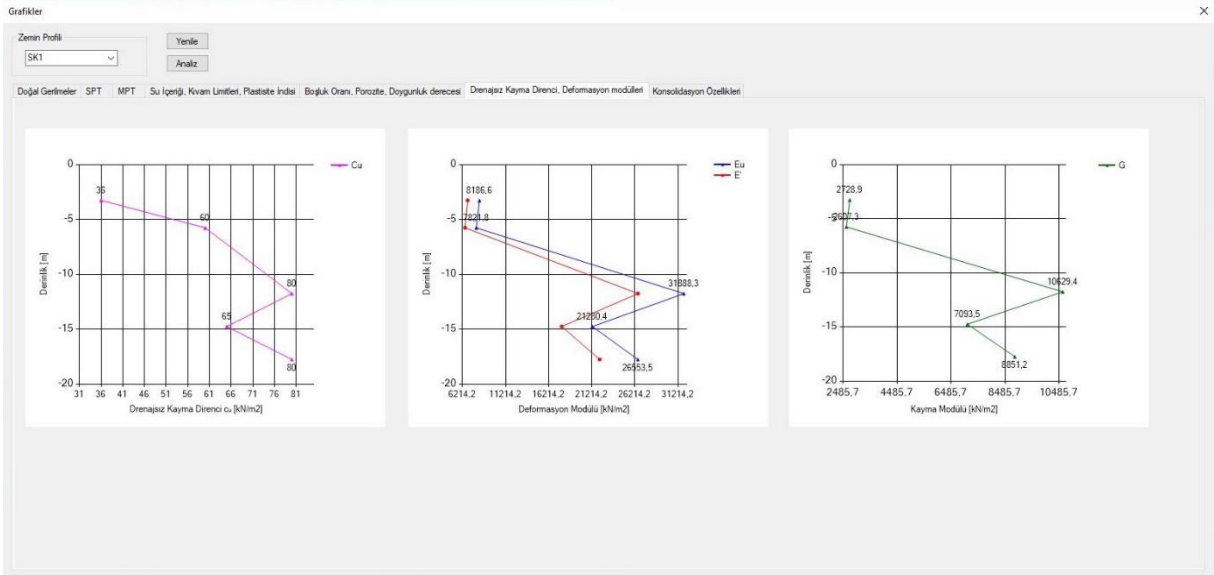




10.5. Boşluk Oranı, Porozite, Doygunluk Derecesi

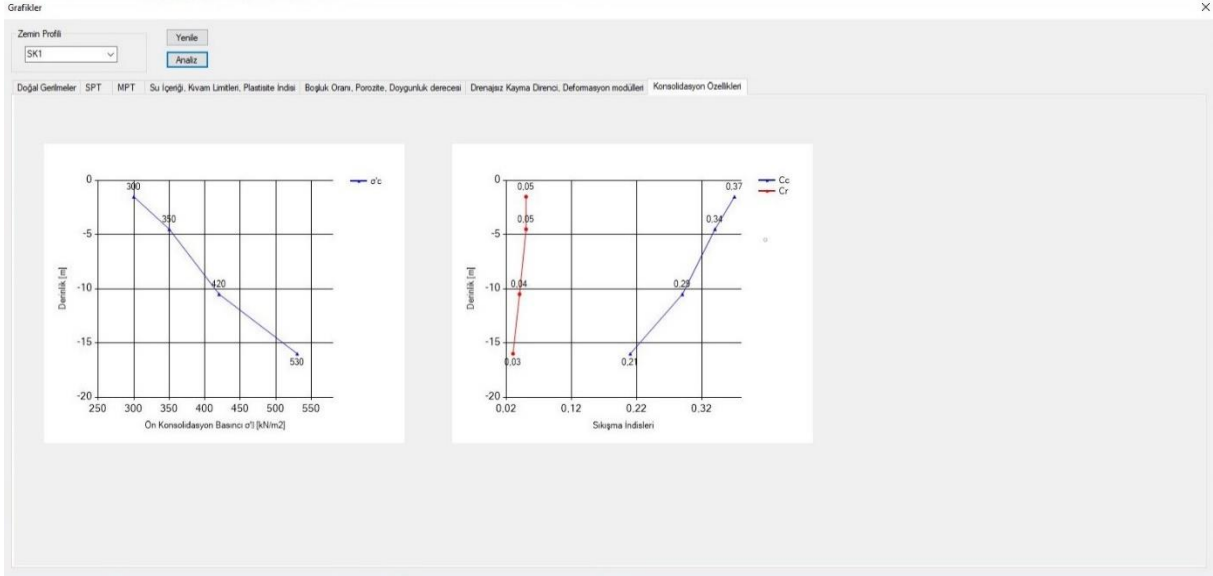


10.6. Drenajsız Kayma Direnci, Deformasyon Modülleri





10.7. Ön Konsolidasyon Basıncı, Sıkışma İndisleri



11. ARAÇLAR

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

Birim Çevirici

Kuvvet: Giriş 1 kN, Çıkış kgf

Uzunluk: Giriş 1 m, Çıkış cm

Alan: Giriş 1 m², Çıkış cm²

Hacim: Giriş 1 m³, Çıkış dm³

Zaman: Giriş 1 sn, Çıkış dk

Gerilme: Giriş 1 MN/m², Çıkış kN/m²

Birim-Hacim-Ağırlık: Giriş 18,7 kN/m³, Çıkış gram/cm³

Moment: Giriş 1 tonf.m, Çıkış kgf.mm

Hız: Giriş 1 m/sn, Çıkış km/dk

m²/kN: Giriş 1 m²/kN, Çıkış cm²/N

m²/gün: Giriş 1 m²/gün, Çıkış cm²/ay

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.

117



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.
- Moayed, Z. R., & Janbaz, M. (2008). Foundation size Effect on Modules of Subgrade Reaction in Clayey Soils. *EJGE*(13), pp. 2-8.
- Önalp, A., & Arel, E. (2013). *Geoteknik Bilgisi I Zeminler ve Mekaniği* (4. b.). İstanbul: Birsan Yayınevi Ltd. Şti.
- Önalp, A., & Sert, S. (2010). *Geoteknik Bilgisi III Bina Temelleri* (2. b.). İstanbul: Birsan 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.
- 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.
- 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.