

**MIDAS
CONSTRUCTION
TECHNICAL
DOCUMENT
COLLECTION**

動解析・液状化分野 8



MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

動解析・液状化分野

8.

SoilWorksを用いた 実務設計への解析活用

株式会社 マイダスマアイティジャパン



SoilWorksを用いた 実務設計への解析活用

株式会社マイダスマイティジャパン

MIDAS IT Japan



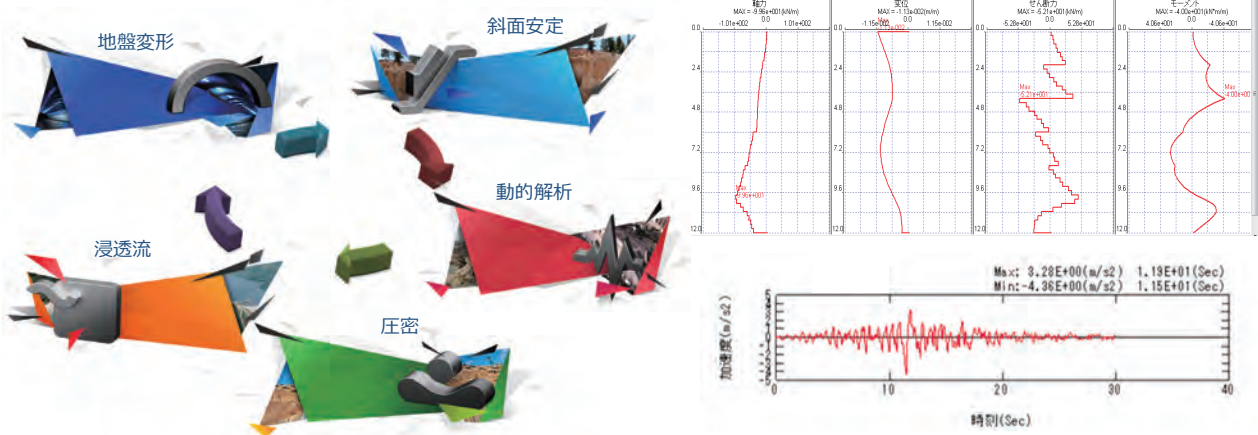
MIDAS Information Technology Co., Ltd.



We Analyzed and Design the Future.

有限要素法を用いた2D地盤解析ソフト

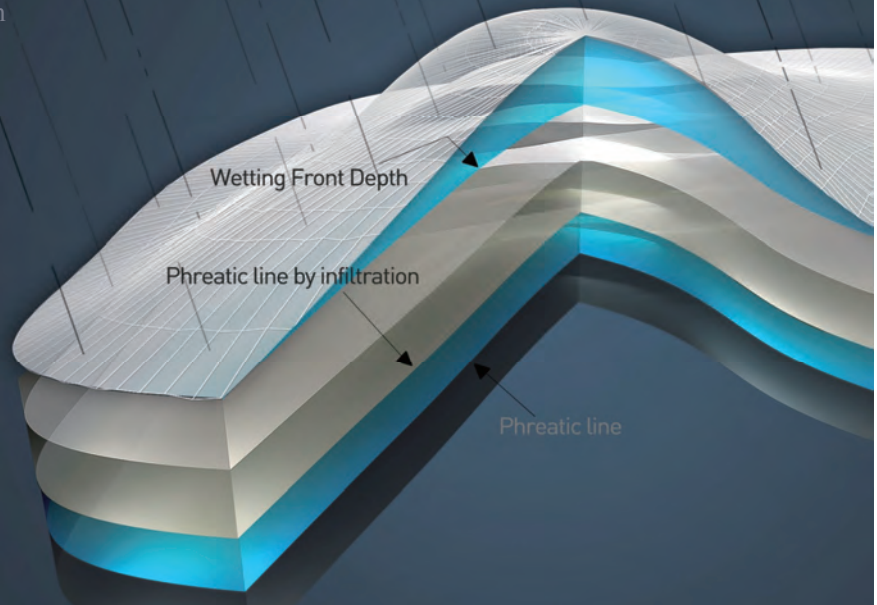
SoilWorks



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

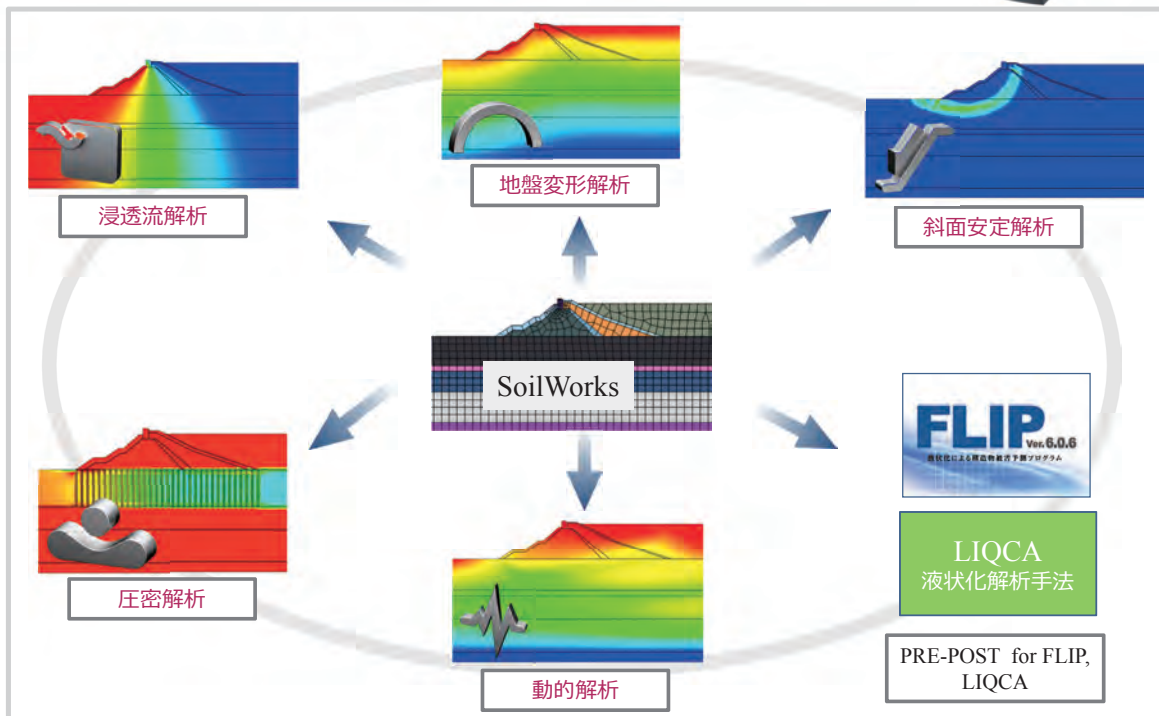
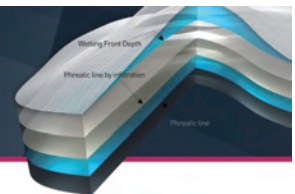
SoilWorks OverView & Concept

Create Your Competitive Design

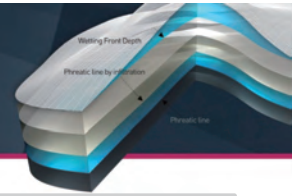


Part .解析機能

01.解析機能一覧

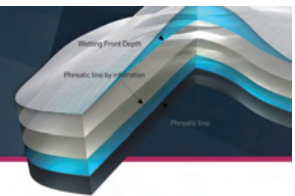


02.機能一覧表



地盤変形解析	圧密解析	動的解析
<ul style="list-style-type: none"> 線形解析 非線形・弾塑性解析(Mohr-Coulomb, Dundan-Chang, D-min(電中研), vonMises, Drucker-Prager等) 施工段階解析 インターフェイス要素(ジョイント要素) 	<ul style="list-style-type: none"> 1次元圧密沈下計算(Δe法、Mv法、Cc法) *パラメータ解析(盛土高、排水材間隔) 2次元圧密解析(関口-太田による弾塑性/粘弾塑性、修正Cam-Clay) 施工段階 	<ul style="list-style-type: none"> 等価線形解析(1次元・2次元) 固有値解析(2次元) 応答スペクトル解析(2次元) 過渡応答解析(2次元) 液状化判定(1次元:簡易法、せん断応力法、2次元)
浸透流解析	斜面安定解析	フリ・ポスト
<ul style="list-style-type: none"> 飽和・不飽和浸透流解析 定常/非定常解析 施工段階 	<ul style="list-style-type: none"> 極限平衡法(修正フェレニウス法、簡易ビショップ法など) Newmark法 クラック考慮 FEMによる斜面安定評価(せん断強度低減法) 対策工 	<ul style="list-style-type: none"> 最新のモデリング・結果表示機能を搭載 SoilWorks for LIQCA SoilWorks for FLIP

03.連携解析機能



河川堤防の浸透流解析 ⇒ 円弧すべり

トンネル地盤の浸透流解析 ⇒ 地盤変形解析

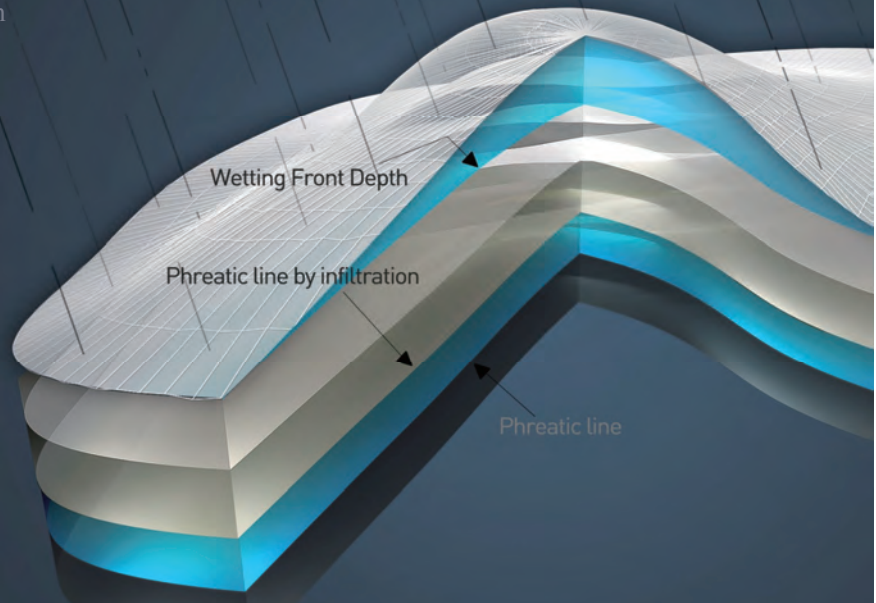
補強土擁壁の円弧すべり ⇒ せん断強度低減法 ⇒ 地盤変形解析

1D液状化判定 ⇒ 2D等価線形解析 ⇒ 2D液状化判定

圧密沈下計算(強度増加) ⇒ 円弧すべりもしくは ⇒ 浸透流解析 ⇒ 円弧すべり ⇒ 圧密解析

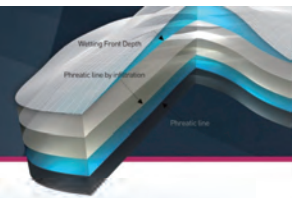
SoilWorks 円弧すべり、Newmark

Create Your Competitive Design



Part 1. 円弧すべり、Newmark

01. 円弧すべり（日本設計基準）



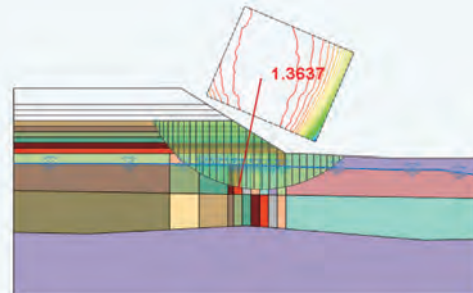
■ 日本設計基準対応

- 対応基準：

- 道路土工 盛土工指針（平成22年版）
- 道路土工 切土工指針（平成22年版）
- 道路土工 盛土工指針軟弱地盤対策指針（平成24年版）
- 河川堤防（平成22年版）

- 計算方法：

- 修正Fellenius

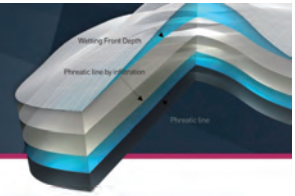


[盛土工指針により円弧すべり検討]

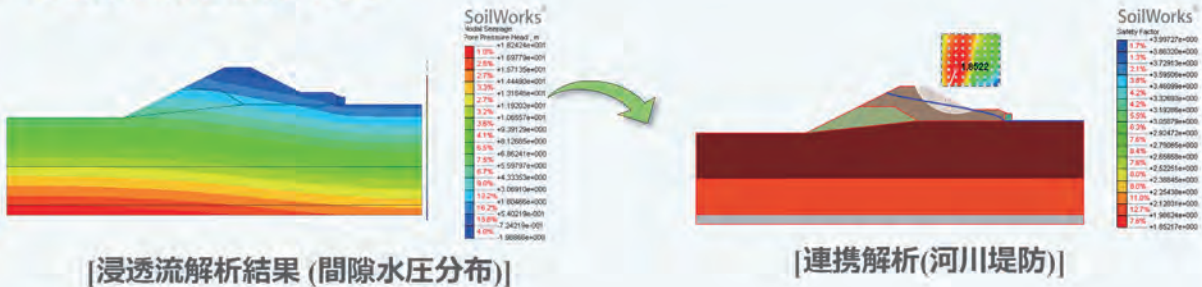
- すべりに対する安定計算（常時計算）
- 慣性力を考慮した安定計算（地震時計算）
- 過剰間隙水圧の発生を考慮した安定計算（地震時計算）

Part 1.円弧すべり、Newmark

02. 円弧すべり（日本設計基準）



■ 河川堤防連携解析例

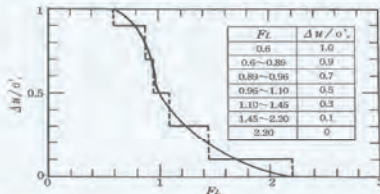


[浸透流解析結果 (間隙水圧分布)]

[連携解析(河川堤防)]

■ 過剰間隙水圧の考慮方法

1. 盛土工過剰間隙水圧の考慮方法



[液化化低効率と過剰間隙水圧比の関係]

2. 河川堤防で過剰間隙水圧 Δu は以下の式で評価

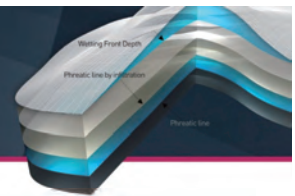
$$FL > 1.0 \text{ の場合, } \Delta u / \sigma'v = FL - 7$$

$$FL > 1.0 \text{ の場合, } \Delta u / \sigma'v = 1$$



Part 1.円弧すべり、Newmark

03. ニューマーク法



■ ニューマーク法

- 対応基準 :

- 道路土工 盛土工指針（平成22年版）
- 道路土工 切土工指針（平成22年版）
- 道路土工 盛土工指針軟弱地盤対策指針（平成24年版）
- 河川堤防（平成22年版）
- NEXCO設計要領対応

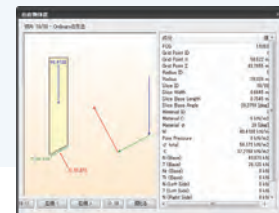
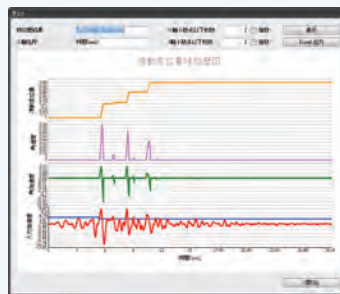
- 安全率計算方法 :

- 修正Fellenius
- Fellenius

- 強度考慮方法 :

- 地盤強度低下を考慮しない
- 瞬時強度低下を考慮
- 暫時強度低下を考慮

地盤属性 番号	残留強度		ピーク強度		パラメータ			
	粘着力(C) (kN/m ²)	内部摩擦角 φ [deg]	粘着力(C) (kN/m ²)	内部摩擦角 φ [deg]	v	k	n	D50 (mm)
1	6	28	10	40	1.1	3.36	2.1	5
2	5	35	5	35	1.1	3.36	2.1	5
3	5	35	5	35	1.1	3.36	2.1	5

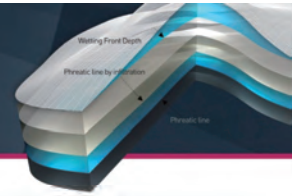


[ニューマーク法による残留変形量計算例]



Part 1.円弧すべり、Newmark

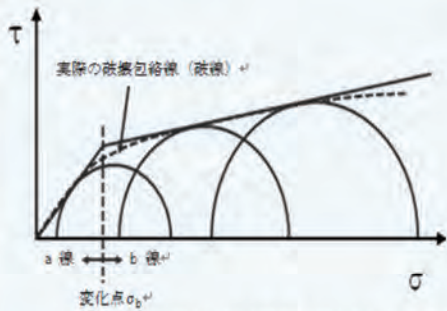
04. NEXCO設計要領



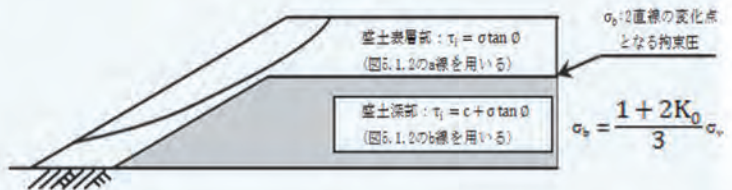
■ NEXCO設計要領対応

地盤物性 番号	残留強度(a)		残留強度(b)		ピーク強度(a)		ピーク強度(b)		パラメータ			
	粘着力(C) (kN/m2)	内部摩擦角 φ [deg]	粘着力(C) (kN/m2)	内部摩擦角 φ [deg]	粘着力(C) (kN/m2)	内部摩擦角 φ [deg]	粘着力(C) (kN/m2)	内部摩擦角 φ [deg]	v	k	n	DSO (mm)
1	6	28	6	30	10	40	8	41	1.1	3.36	2.1	5
2	5	35	5	35	5	35	5	35	1.1	3.36	2.1	5
3	5	35	5	35	5	35	5	35	1.1	3.36	2.1	5

[NEXCO残留強度低下考慮入力画面]



[排水強度の破壊基準線の近似]

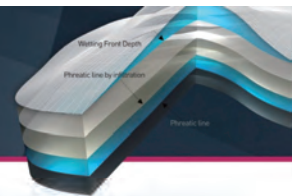


[2直線で設定されるせん断強度の算定方法]



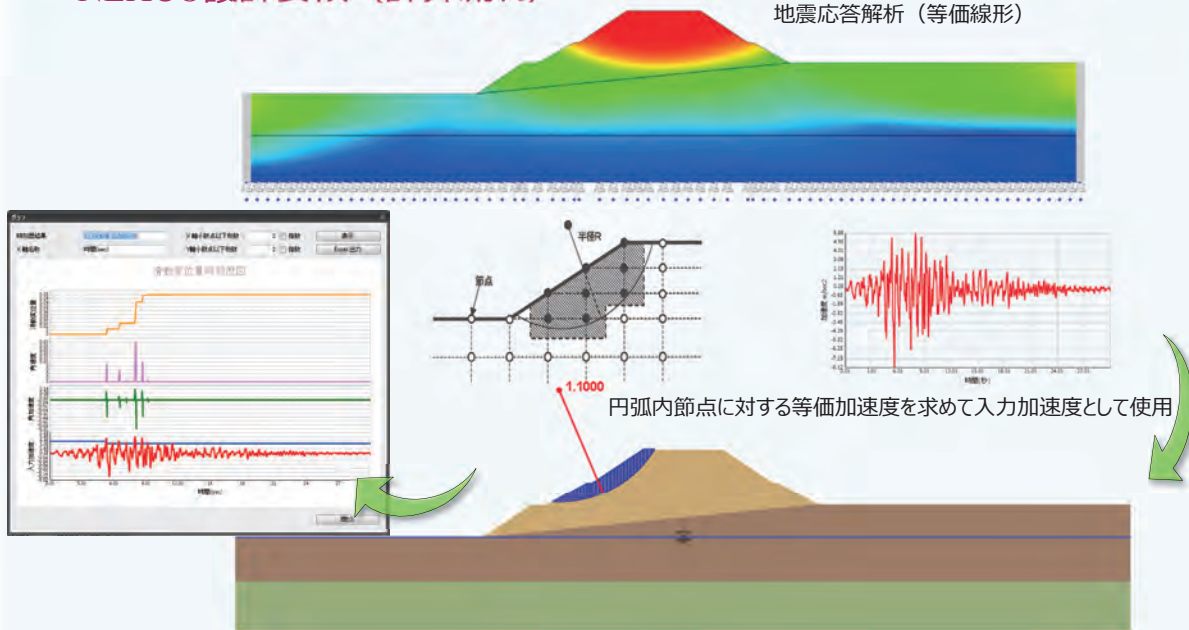
Part 1.円弧すべり、Newmark

05. 地震応答解析を用いる方法



■ NEXCO設計要領 (計算流れ)

地震応答解析 (等価線形)

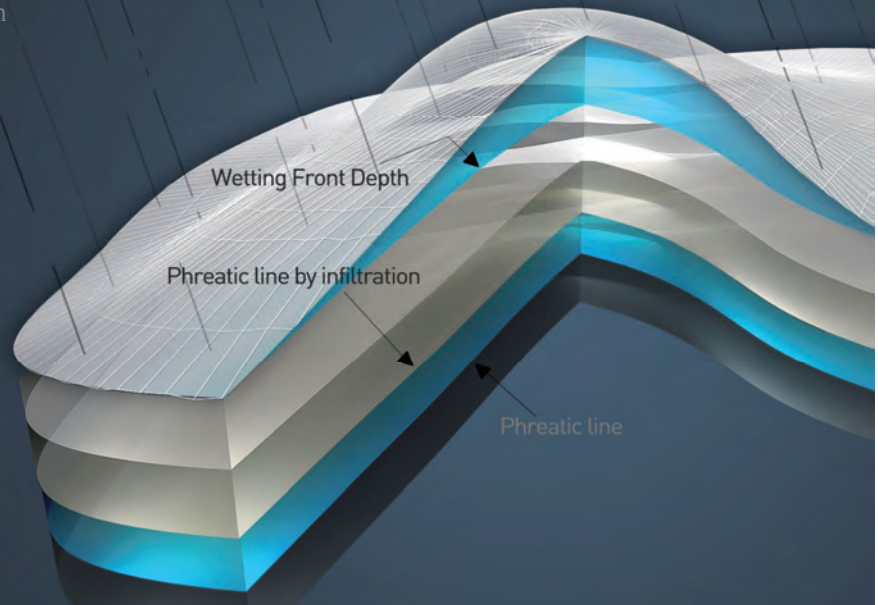


地震応答解析を用いたニューマーク法による残留変形量算定



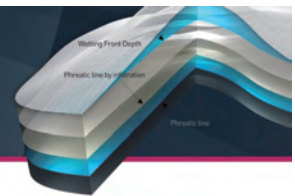
SoilWorks プリポスト紹介、地盤変形

Create Your Competitive Design



Part1 .プリポスト紹介+地盤変形モジュール

CAD感覚のモデリング

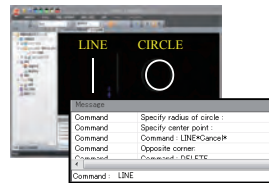


• CAD機能 : AutoCADと同じコマンドを使った形状作成

• Auto CADからCopy&Paste

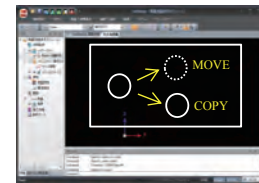


• Auto CAD同様のコマンド入力



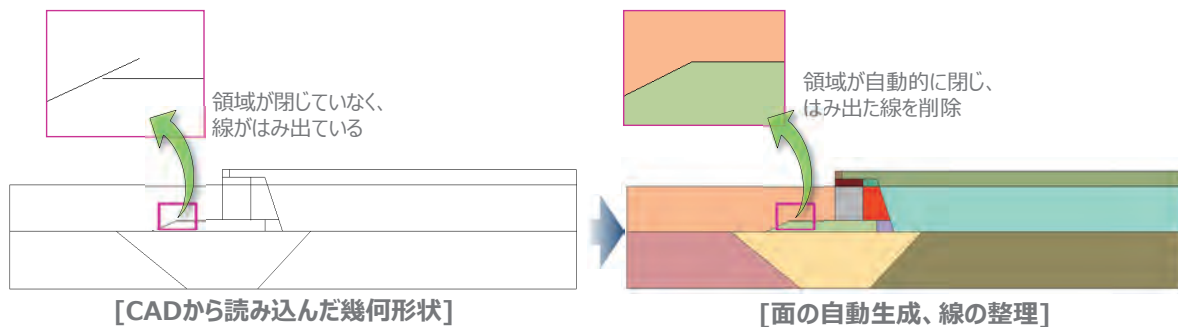
“line”コマンドで、直線作成
“circle”コマンドで、円作成

• Auto CAD同様の簡単な形状修正



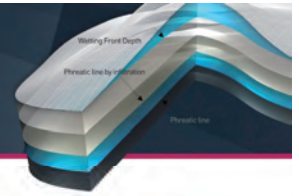
“move”コマンドで、形状移動
“copy”コマンドで、形状コピー

• CAD機能 : 形状の自動修正機能



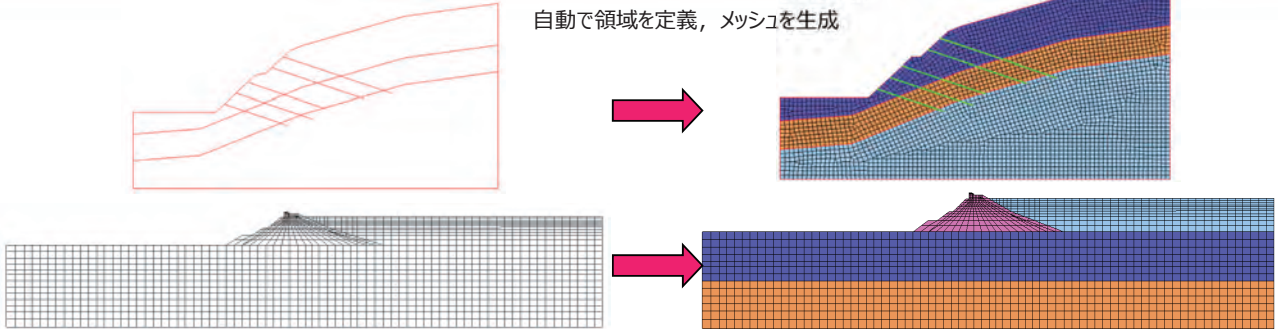
Part1 .プリポスト紹介+地盤変形モジュール

メッシュ機能



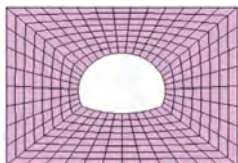
オートメッシュ

エッジ/サーフェイスからの2Dメッシュ作成
自動で領域を定義、メッシュを生成

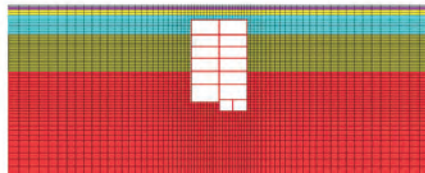


AutoCADで作成した複雑な2次元モデルに対して「ワンクリック」でメッシュ生成

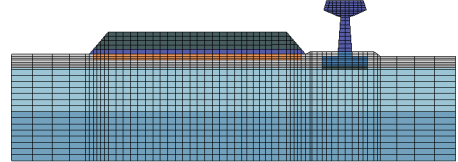
マップドメッシュ



等分割数で分割



規則性のある4角形メッシュを生成

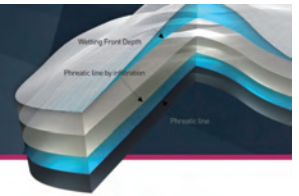


節点を共有して複数領域にメッシュ生成

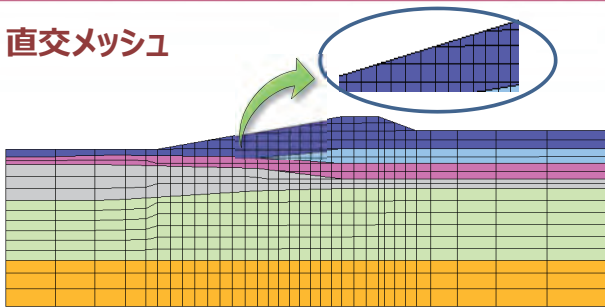


Part1 .プリポスト紹介+地盤変形モジュール

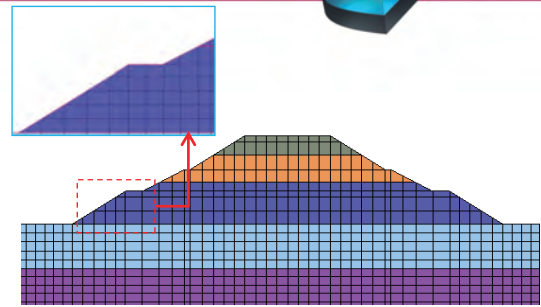
メッシュ機能



直交メッシュ

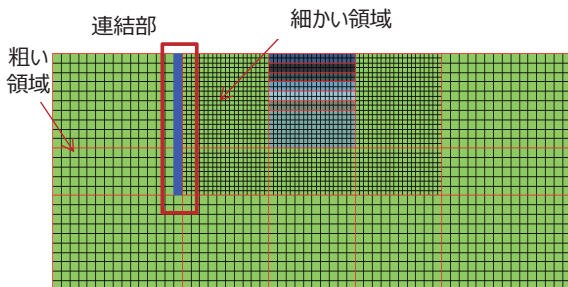


線で囲まれる領域を選択するだけで、格子状のメッシュを自動生成

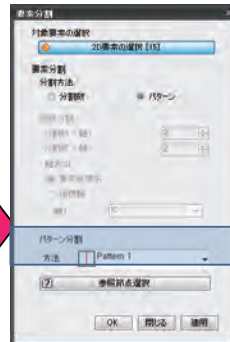


斜面地盤をモデリングする時に主に使用

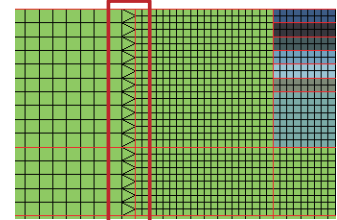
要素分割



応力の集中する部分だけを細かくする



パターンタイプを指定し、分割する要素を選択すると、粗い領域と細かい領域を自動連結



Part1 .アプリオスト紹介+地盤変形モジュール

施工段階ステージ定義

ステージの定義



- ツリー構造
- メッシュ
 - 荷重
 - 境界条件



施工チャート



施工ステージの定義方法

- ドラッグ&ドロップによる直感的な定義
- テーブル編集

選択したステージをシミュレート

有効鉛直応力

① 原地盤



② 護岸施工



③ 盛土



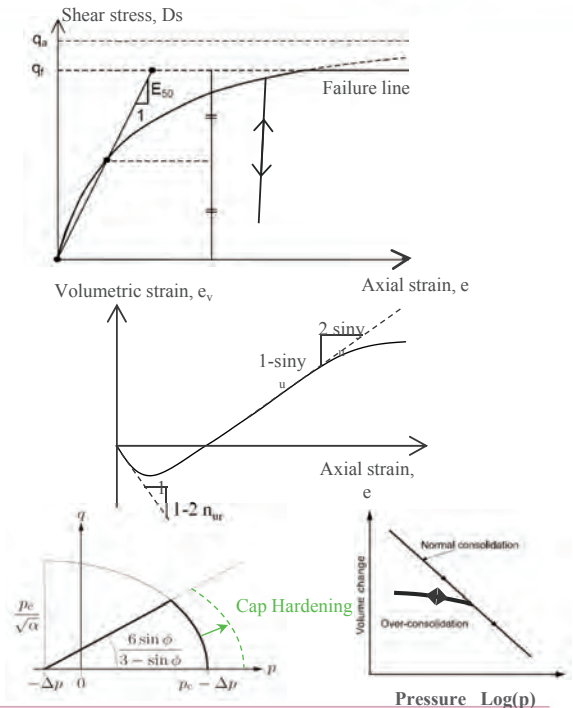
Part1 .アプリオスト紹介+地盤変形モジュール

材料モデル

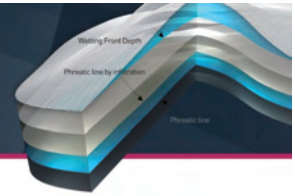
➤ 材料モデル(地盤変形モデル)

材料モデル	内容
線形弾性	最もシンプル
Mohr-Coulomb	弾塑性, ひずみ軟化
Modified Mohr-Coulomb	弾塑性, ひずみ軟化
Tresca	弾塑性
von Mises	弾塑性
Hoek-Browm	弾塑性
Duncan-Chang	双曲線, 弾性非線形
Drucker-Prager	弾塑性, ひずみ硬化
Dmin(電中研)	弾性非線形
ジョイント要素	クーロン摩擦, 摩擦成分 & 粘着成分

➤ Modified Mohr-Coulomb



要素ライブラリ



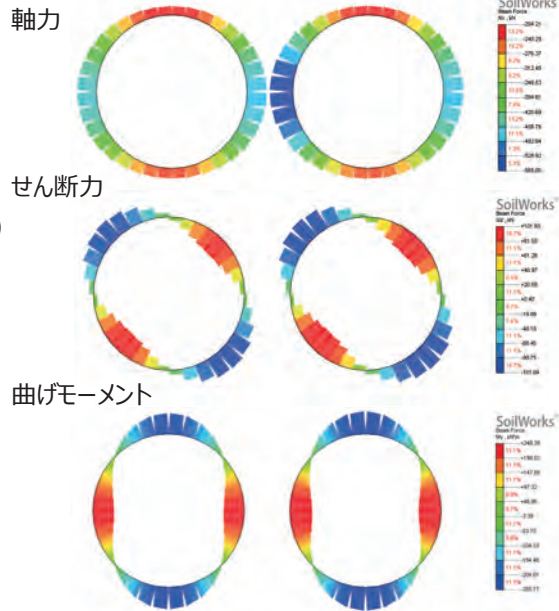
➤ 地盤要素平面ひずみ要素

- 平面ひずみ

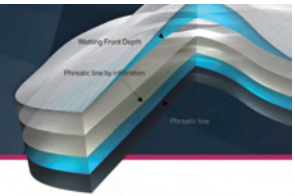
➤ 構造要素

- トラス (地盤と節点共有)
- 埋込みトラス
- 梁 (地盤と節点共有)
- 杭 (埋め込梁、地盤との摩擦考慮可能)
- ジオグリッド (埋め込トラス)
- ロックボルト (埋め込トラス)
- ネイル (埋め込トラス)
- アンカー (埋め込トラス)
- パネ
- 弾性リンク, 剛体リンク
- ジョイント (インターフェース)

➤ 梁要素の出力例



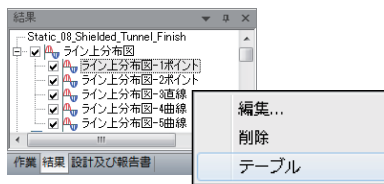
ライン上分布図



- 任意のライン (2ポイント、直線、曲線) を指定して、分布図を表示する機能
- 節点が設けていないところの結果が得られ、実際現場で測った位置の結果と比較ができる



[ライン上分布図]

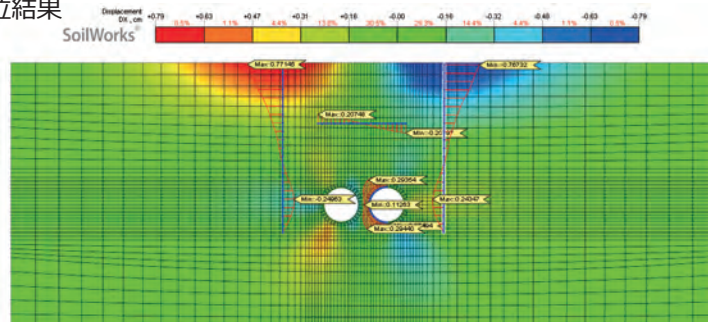


[テーブル表示]

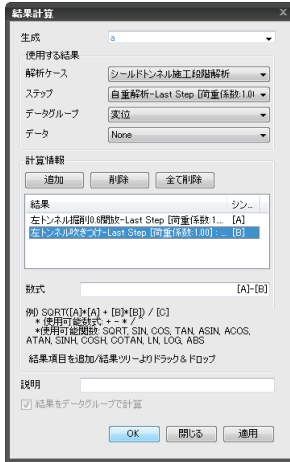
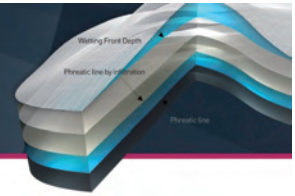
ID	X	Z	Value
1	125.2	73.2	-7.189E-001
2	125.2	70.49	-6.391E-001
3	125.2	67.79	-5.596E-001
4	125.2	65.08	-4.419E-001
5	125.2	62.37	-3.468E-001
6	125.2	59.66	-2.652E-001
7	125.3	56.96	-1.911E-001
8	125.3	54.25	-1.189E-001
9	125.3	51.54	-6.959E-002
10	125.3	48.84	-2.084E-002
11	125.3	46.13	3.685E-002
12	125.3	43.42	1.014E-001
13	125.3	40.71	1.650E-001
14	125.3	38.01	2.104E-001
15	125.3	35.3	2.199E-001
16	125.3	32.59	1.875E-001
17	125.4	29.89	1.206E-001
18	125.4	27.18	3.871E-002
19	125.4	24.47	-3.684E-002
20	125.4	21.76	-9.350E-002
21	125.4	19.06	-1.270E-001

[テーブル]

シールドトンネル施工段階解析 水平変位結果



結果演算



■ 活用方法

- 1. 自重解析による初期応力を等価線形解析の結果と組み合わせて Newmark法（円弧すべり）用の応力を算出
- 2. トンネル解析で現在ステージの結果から前ステージ結果を引いて 変位増分、増分応力、断面力増分を計算。
- ・ 注意点：同じモデル情報（節点、要素）を持つモデル間で演算を行う

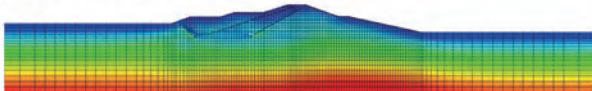


[現在ステージ結果-前ステージ結果]

[前段階ステージ結果]

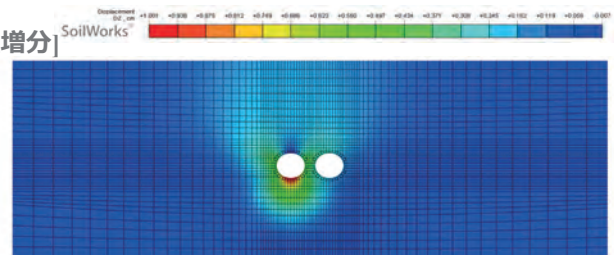
[最終ステージ結果]

[静的解析結果+ 動的解析結果]



[計算した結果]

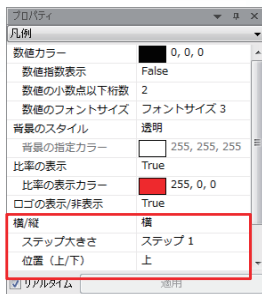
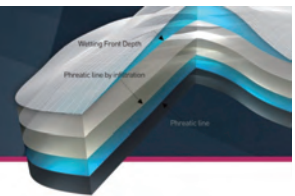
[変位増分]



[計算した結果]

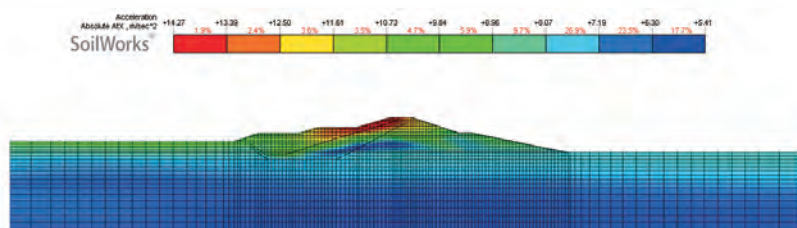


水平凡例とポストスタイル



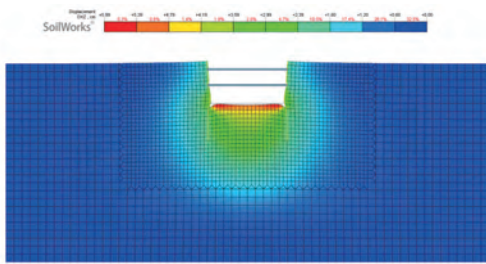
[凡例の設定]

アースダムモデル



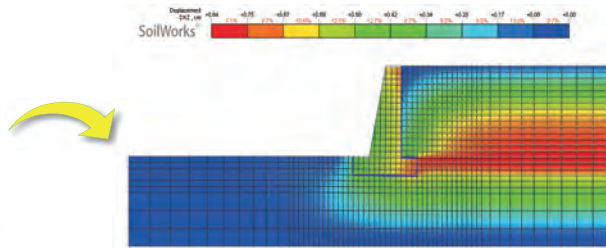
[凡例の水平表示]

土留め掘削モデル



[ポストスタイル出力]

擁壁モデル

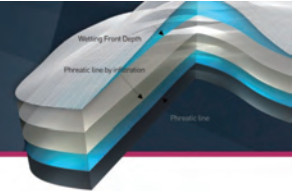


[ポストスタイル読み込み]



Part1 .アプリボスト紹介+地盤変形モジュール

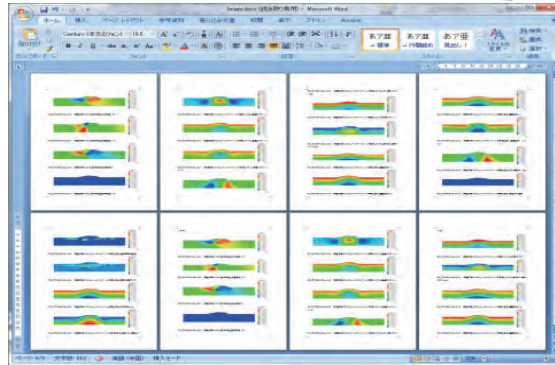
結果一括出力とアニメーション機能



➤ 結果図一括出力



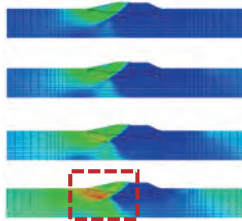
[結果図選択]



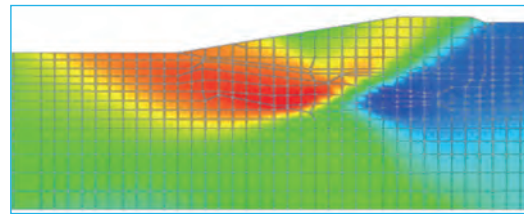
[Wordファイルに書き出した図]

ステップ別の結果図をMS-Word形式に一括出力し、報告書作成時に簡単に編集可能

➤ アニメーション



再生中でも
拡大/縮小可能

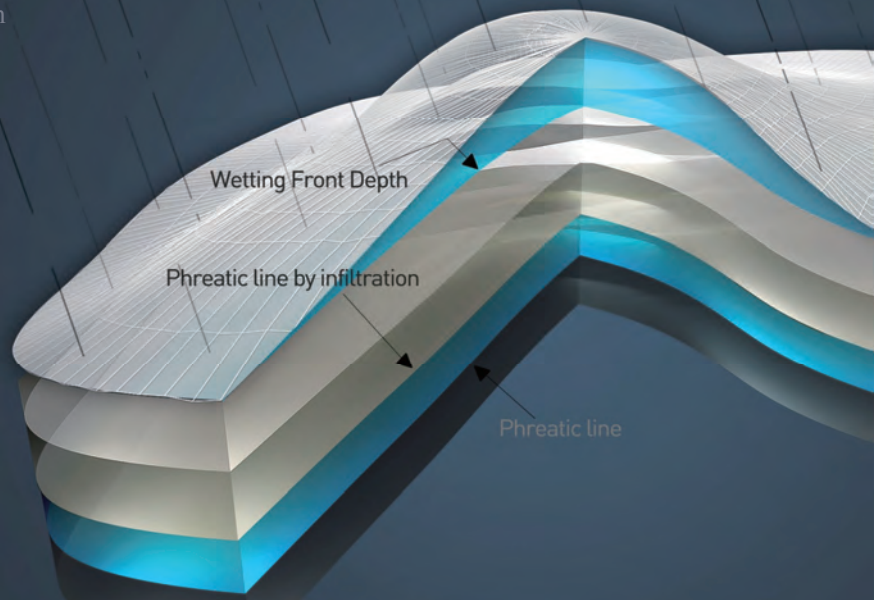


[アニメーションは *.avi ファイルに保存可能]

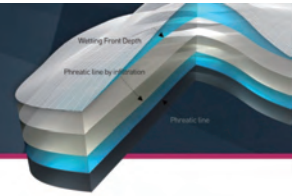


SoilWorks 圧密解析

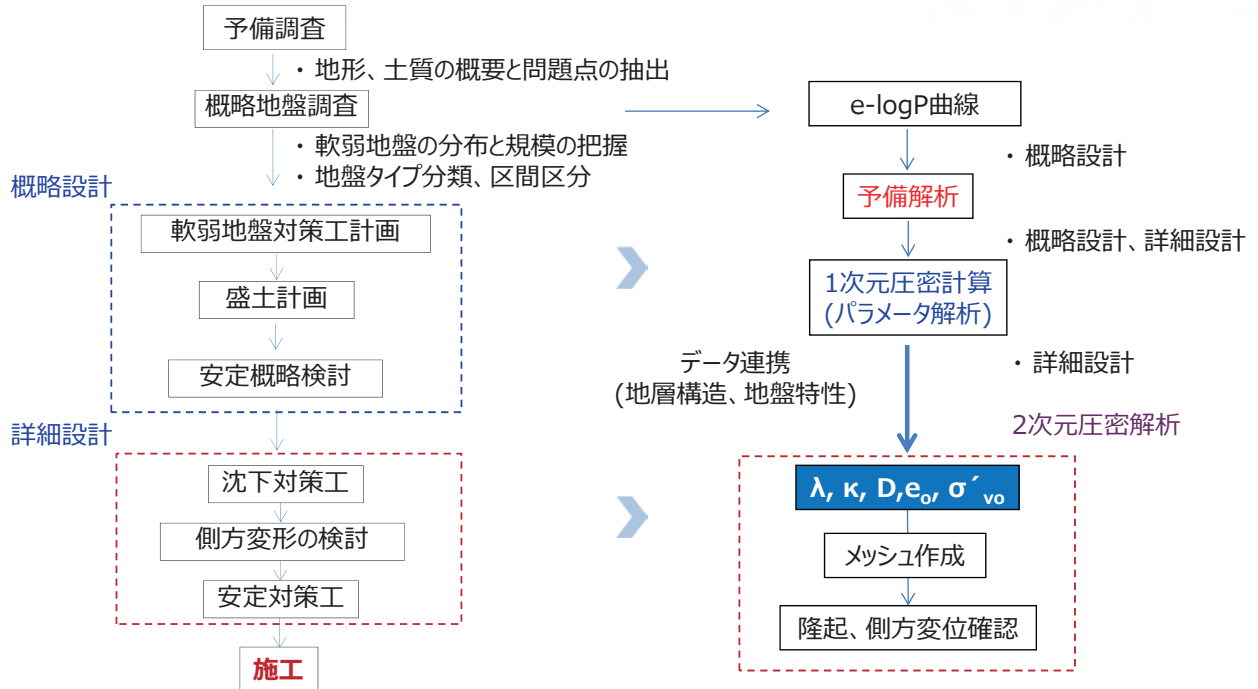
Create Your Competitive Design



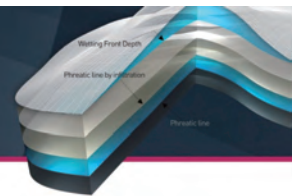
01.軟弱地盤対策



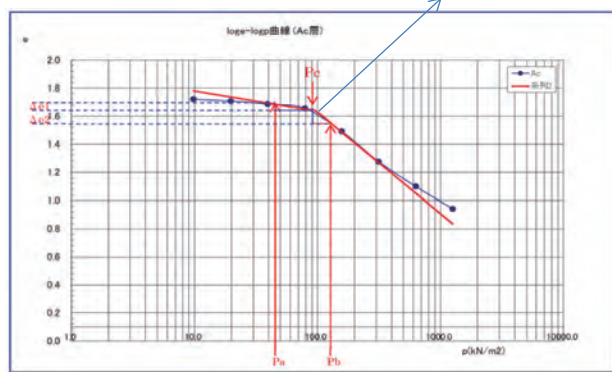
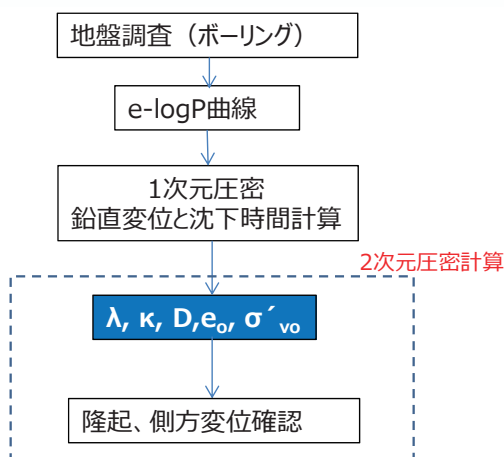
軟弱地盤対策の設計流れ



04.圧密沈下計算の流れ



➤ 圧密沈下計算の流れ

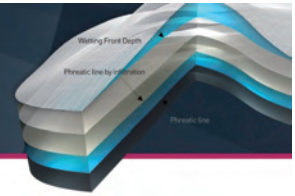


e-logP曲線

e-logP曲線による、パラメータ決定方法

$$\lambda = \frac{C_c}{2.303} \quad \kappa = \frac{C_s}{2.303} \quad M = \frac{6 \sin \phi'}{3 - \sin \phi'} \quad D = \frac{\lambda - \kappa}{M(1 + e_0)}$$

05. パラメータ自動算定



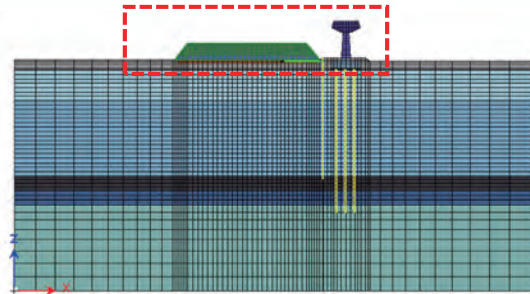
➤ 軽部式と経験式による地盤定数の自動算定

➤ 非圧密境界

追加パラメータ	
<input checked="" type="checkbox"/> 追加パラメータの自動計算	
計算方法	経験式
塑性指数 (IP)	101
<input checked="" type="checkbox"/> 圧縮指数 (Cc)	1.437
<input type="checkbox"/> 膨脹指数 (Cs)	0.01
排水距離 (H)	9 m
過圧密比 (OCR)	1.8
圧縮指数 (λ)	0.624
膨脹指数 (κ)	0.062
ダイレイタンス係数 (D)	0.206
先行静止土圧係数 (K0)	0.657
二次圧密係数 (α)	0.023
初期体積歪速度 (v0)	5.575E-11 1/min

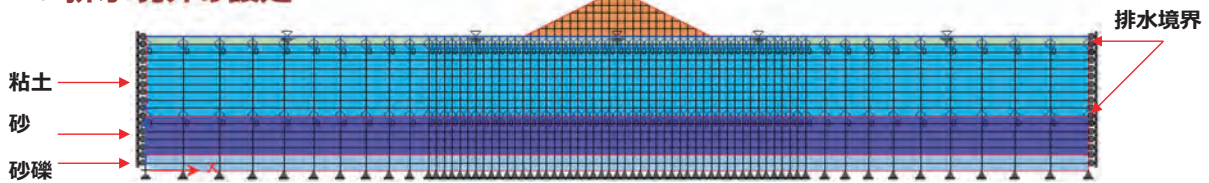
入力パラメータ

自動算出パラメータ



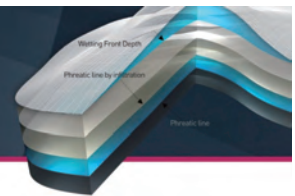
全応力要素：過剰間隙水圧、静水圧を考慮しない要素

➤ 排水境界の設定

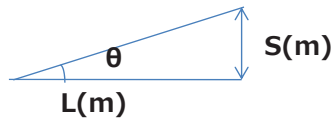
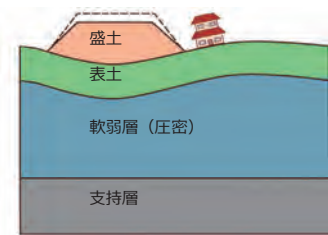


粘土層の上下に過剰間隙水圧が0になるように設定する機能

06. 近接施工問題

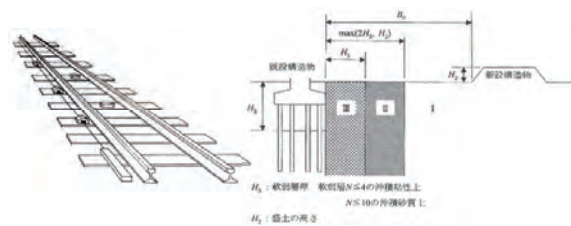


① 近接する家屋への影響

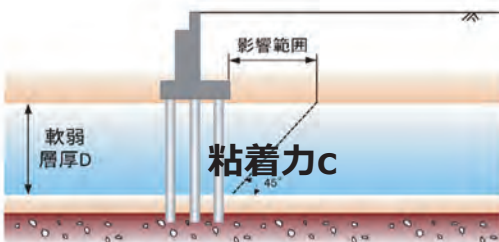


傾斜角 = $\tan\theta = s/L$

② 近接する鉄道線路への影響

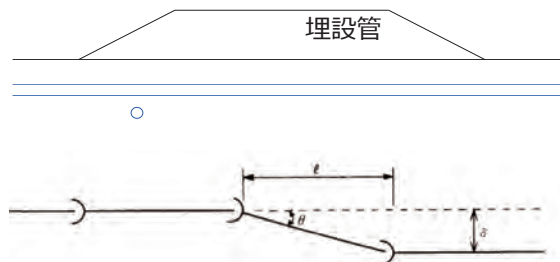


③ 近接する構造物基礎への影響



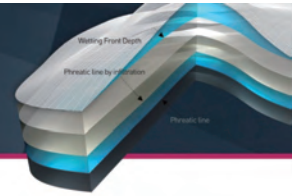
杭の許容水平移動量 ≤ 約1cm → 周辺地盤が弾性地盤

④ 近接する埋設管等への影響

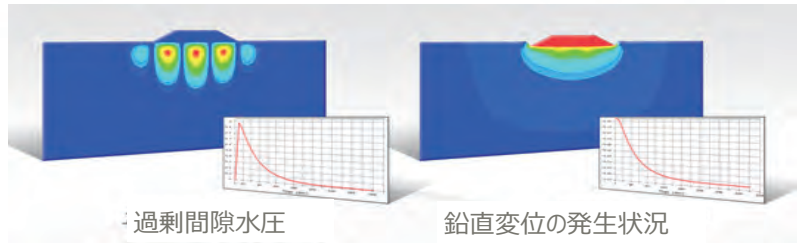
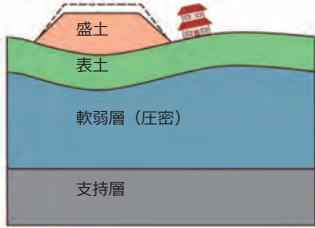


Part 2.圧密モジュール

07.圧密(FEM)検討例

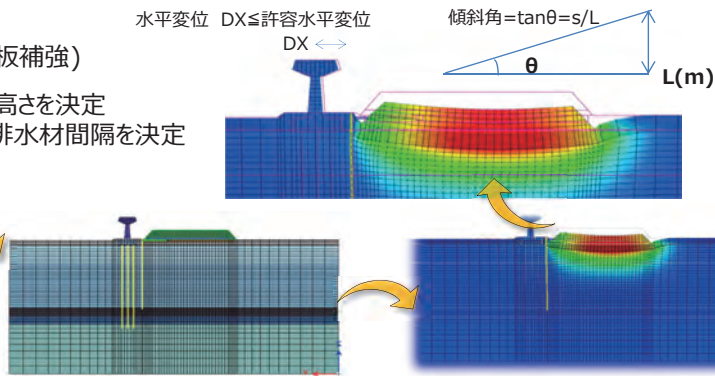
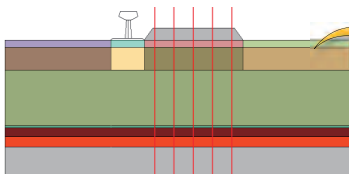


①近接する家屋への影響(SCP改良)



②近接する鉄道線路への影響(鋼矢板補強)

- ・ 盛土高さをパラメータに最適な盛土高さを決定
- ・ 候補の排水工法に対して、最適な排水材間隔を決定
- ・ 鉛直変位と沈下時間の確認



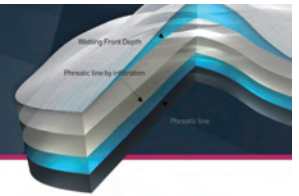
■ 1次元圧密計算
(Δε法・Mv法・Cc法/Barron)

・ 近接構造物への影響を検討するために、側方変位を確認



Part 2.圧密モジュール

08.圧密(2次元、お客様検証)



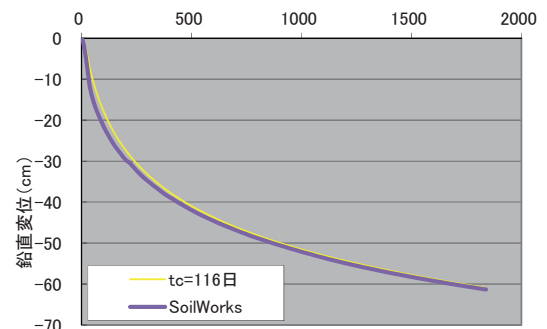
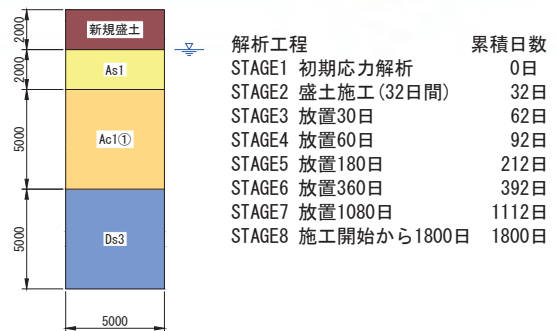
※ 検証：いであ株式会社

- 1次元的な動きをする単純モデルを対象に、DACSARを搭載した他社製品と「関口-太田モデル」の弾粘塑性性について検証
- 32日間の盛土の後、1768日間放置して沈下量を計算

・ 地盤物性の特性

ステージ	As1	Ac1①	Ds3	新規盛土
材料モデル	線形弾性	関口-太田	線形弾性	線形弾性
過圧密比	-	1.80	-	-
圧縮指数	-	0.266	-	-
膨潤指数	-	0.027	-	-
ダイレイタンス係数	-	0.088	-	-
初期体積歪速度	-	2.67e-4	-	-

※2 Iizuka and Ohta(1987)より、塑性指数Ipから算定
 $\log(C_v) = -0.025 \times I_p - 0.25$ 【cm²/min】
 $t_c = 90 = H^2 \cdot T_v / C_v$
 (90%圧密に対する $T_v = 0.848$)
 $V_0 = \alpha / t_c$



盛土節点の圧密沈下量



Part 2.圧密モジュール

09.一斉解析(2次元)

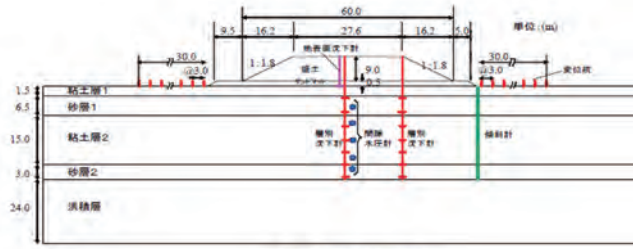
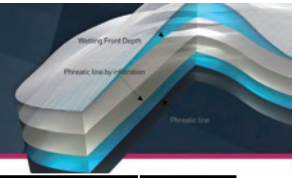
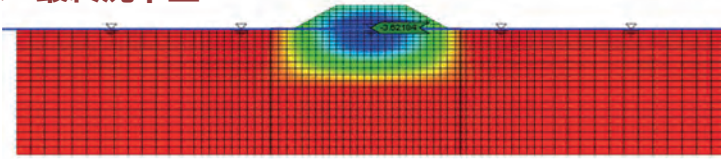


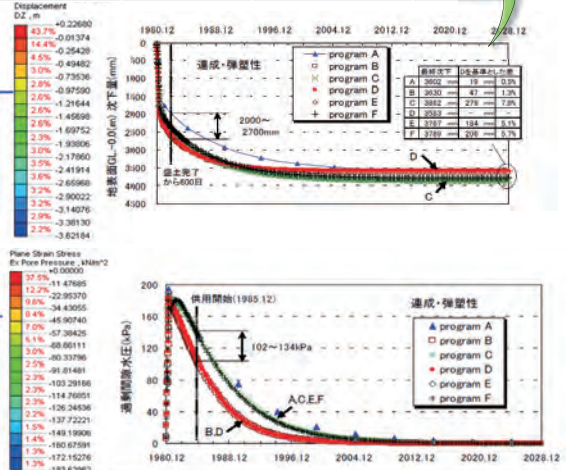
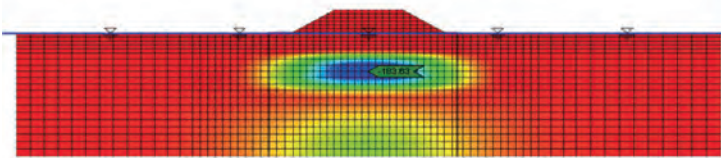
図-1 盛土断面

プログラム	最終沈下量	Dを基準とした差	誤差
A	3602mm	19mm	0.5%
B	3630mm	47mm	1.3%
C	3862mm	279mm	7.8%
D	3583mm	-	%
E	3767mm	184mm	5.1%
F	3789mm	260mm	5.7%
SoilWorks	3622mm	39mm	1.08%

➤ 最終沈下量



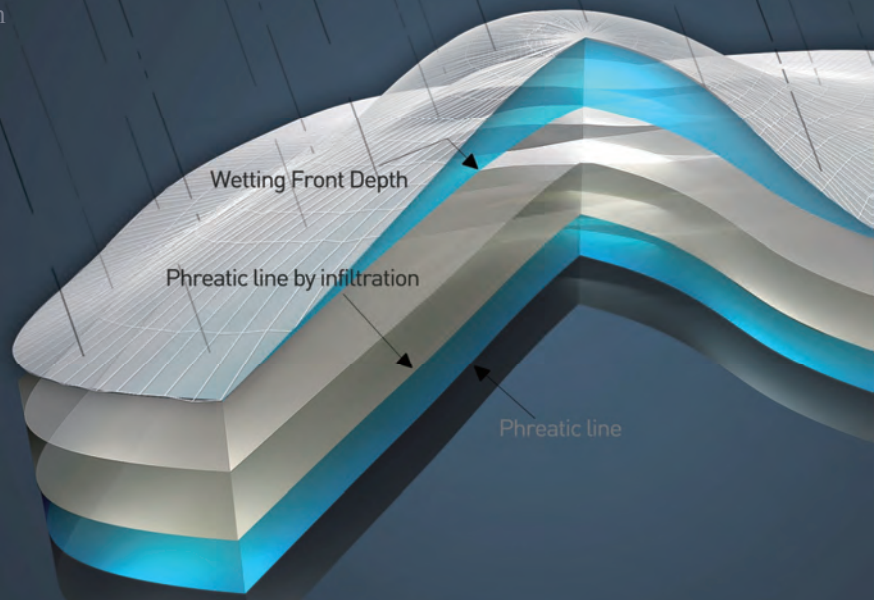
➤ 過剰間隙水圧



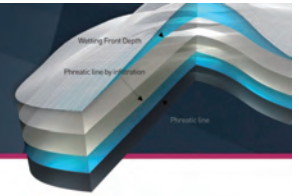
MIDAS

SoilWorks 浸透流・斜面解析

Create Your Competitive Design

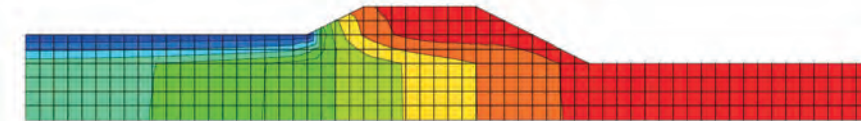


01. 浸透流解析モジュール

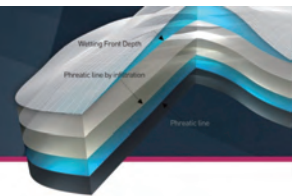


■ 解析機能

- 飽和・不飽和状態における定常/非定常解析
- 施工段階の考慮
- 透水係数の異方性の考慮
- van Genuchten、水分特性曲線・不飽和透水係数の直接入力による不飽和浸透特性の設定
- 各種境界条件(水頭、流量、浸出点、降雨など)
- 浸透流解析結果を利用した各種連携解析



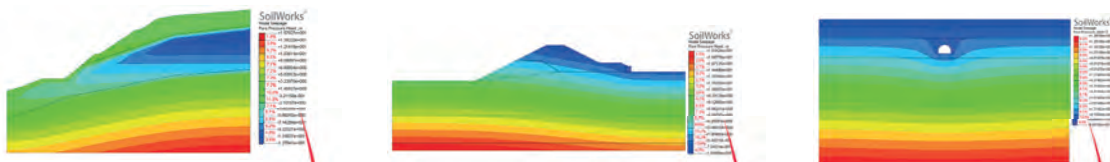
02. 浸透流解析結果を利用した連携解析



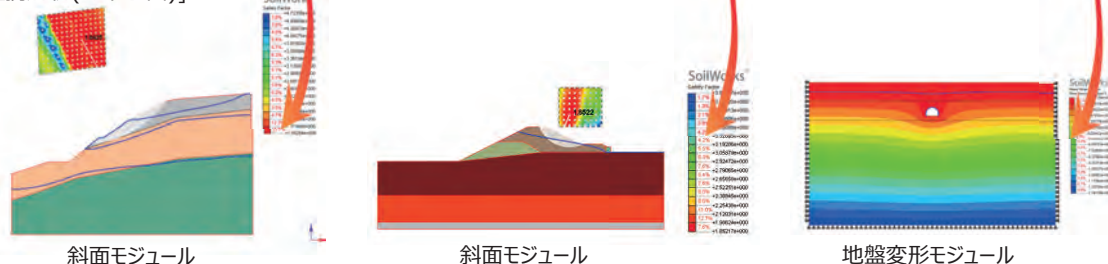
■ 地下水面位置を共有

- 各節点で計算された間隙水圧を利用した連携解析

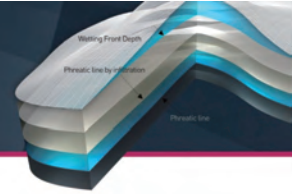
[浸透流解析結果 (間隙水圧分布)]



[連携解析(地下水面)]

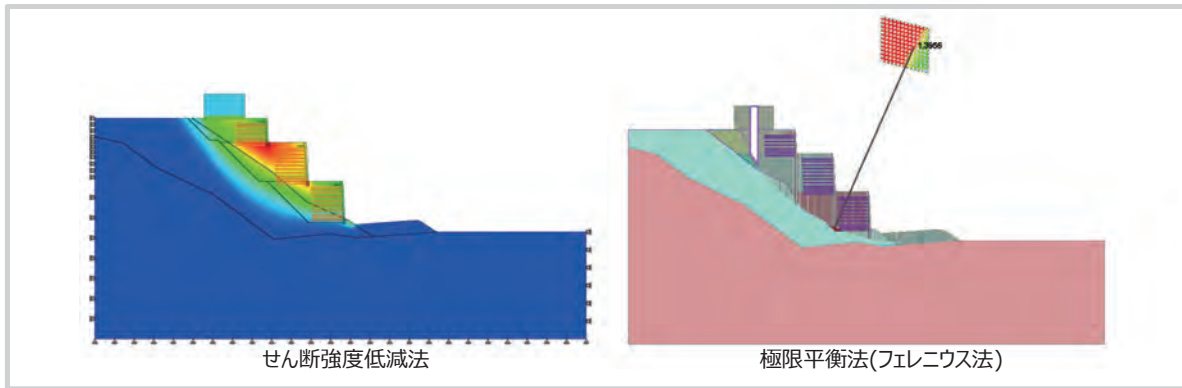


03. 斜面モジュール

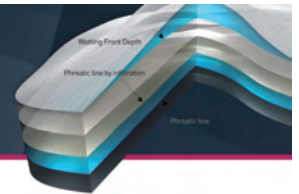


■ 解析機能

- 極限平衡法(フェレニウス法、簡易ビショップ法など)
 - テンションクラックの考慮
 - パラメータ解析(盛土高さ)
- FEMによる斜面安定評価(せん断強度低減法)
- 圧密解析・浸透流解析結果を利用した連携解析

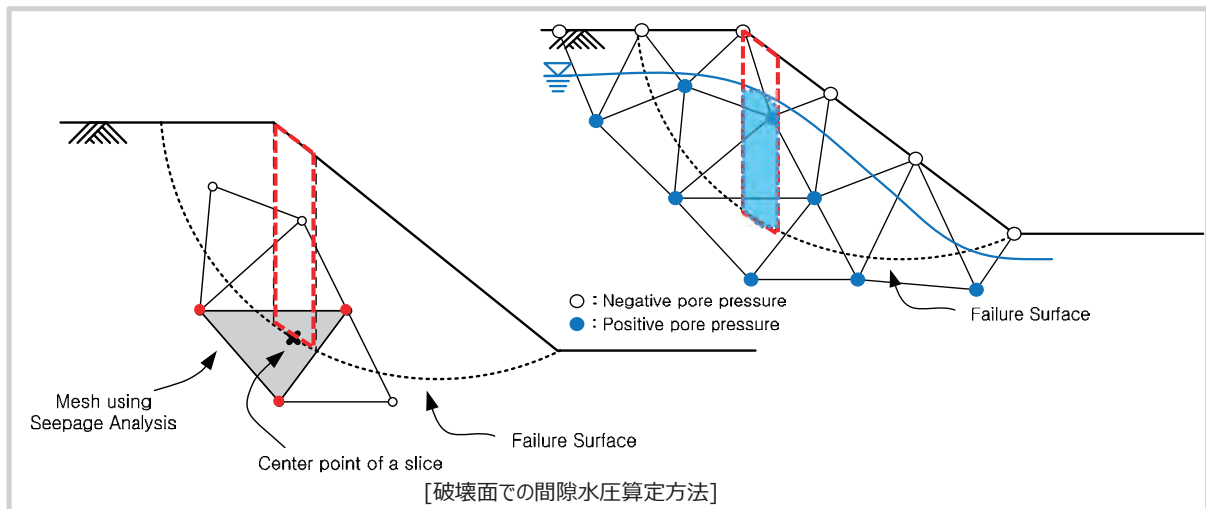


04. 浸透流・斜面連携

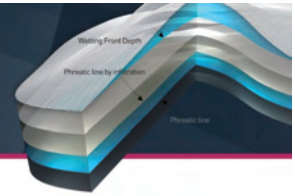


■ スライス内の間隙水圧と地下水面

- 破壊面での間隙水圧の計算
- 飽和領域は、飽和単位体積重量、不飽和領域は湿潤単位体積重量

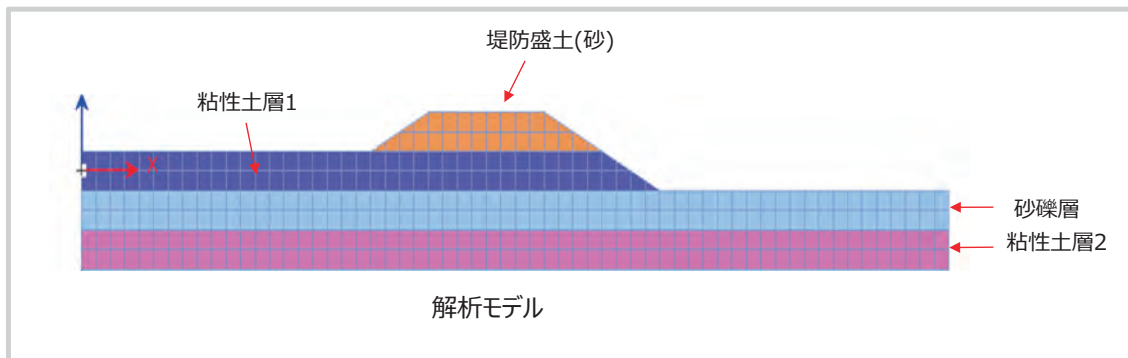


05. 浸透流・斜面連携

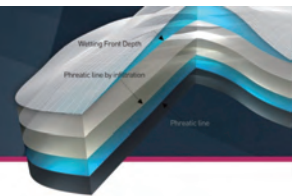


■ 浸透流解析

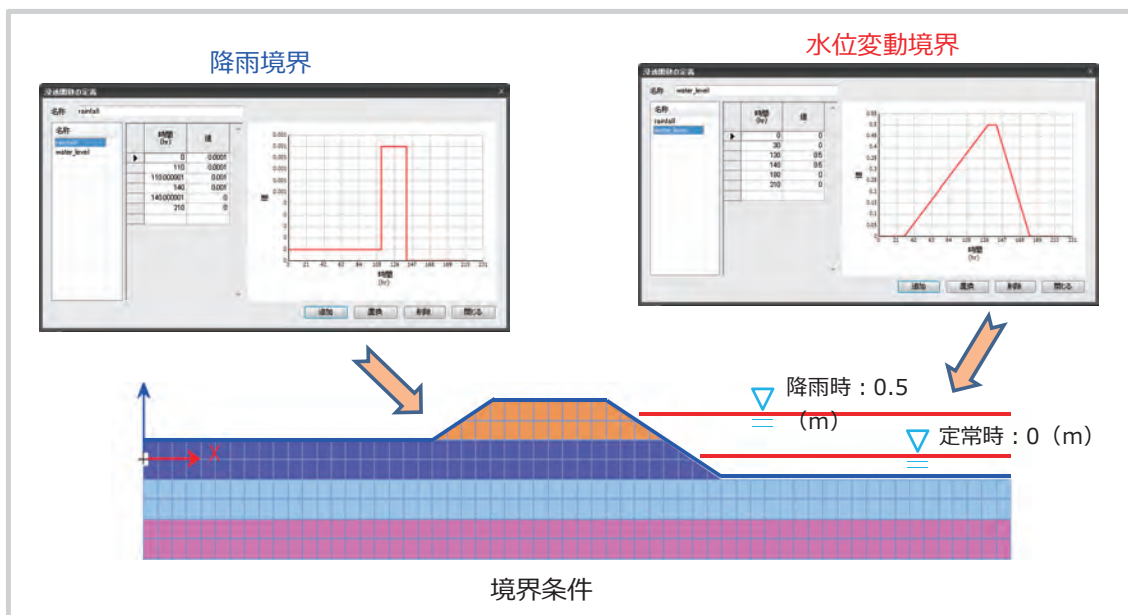
- 飽和・不飽和を考慮した非定常解析
- 考慮した境界条件
 - 水位の変動境界
 - 降雨境界



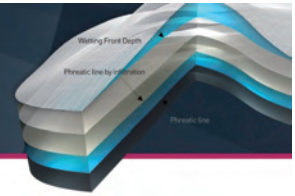
05. 浸透流・斜面連携



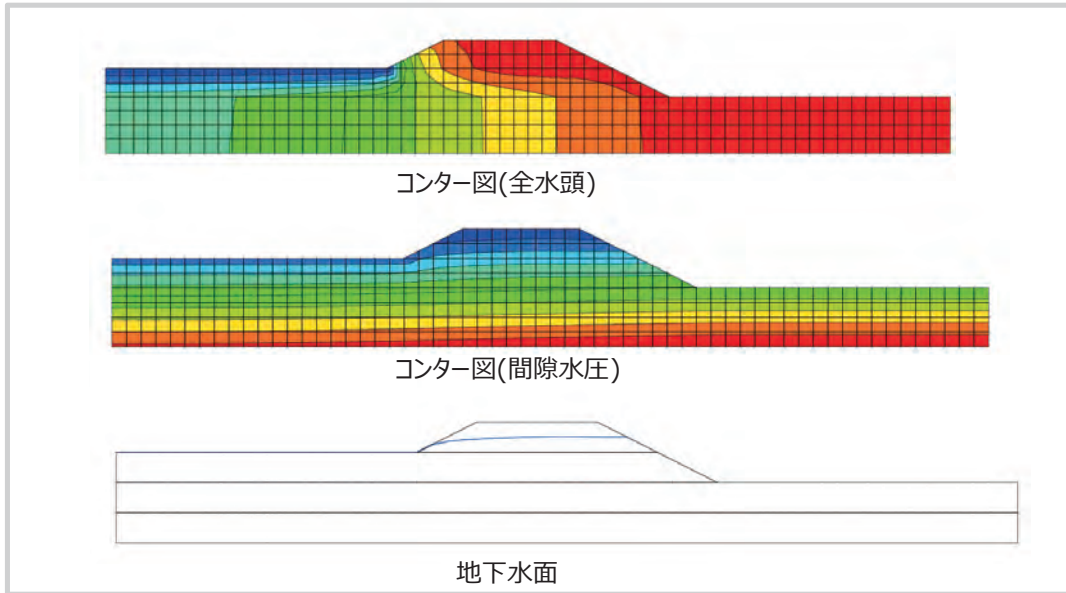
■ 浸透流解析



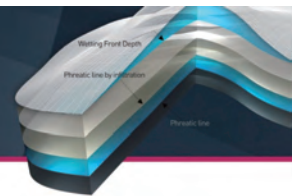
06. 浸透流・斜面連携



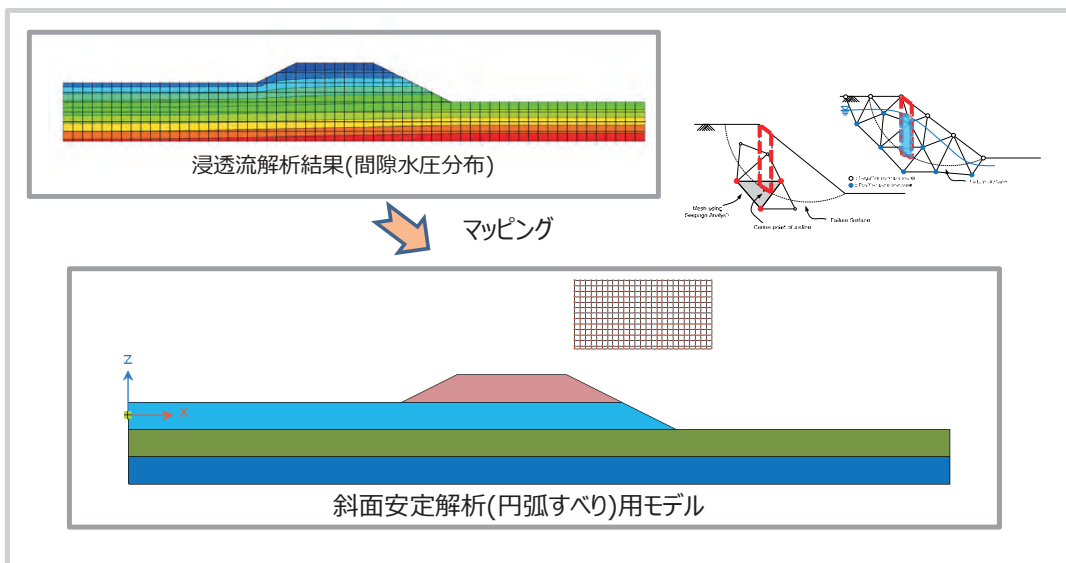
■ 浸透流解析結果



07. 浸透流・斜面連携



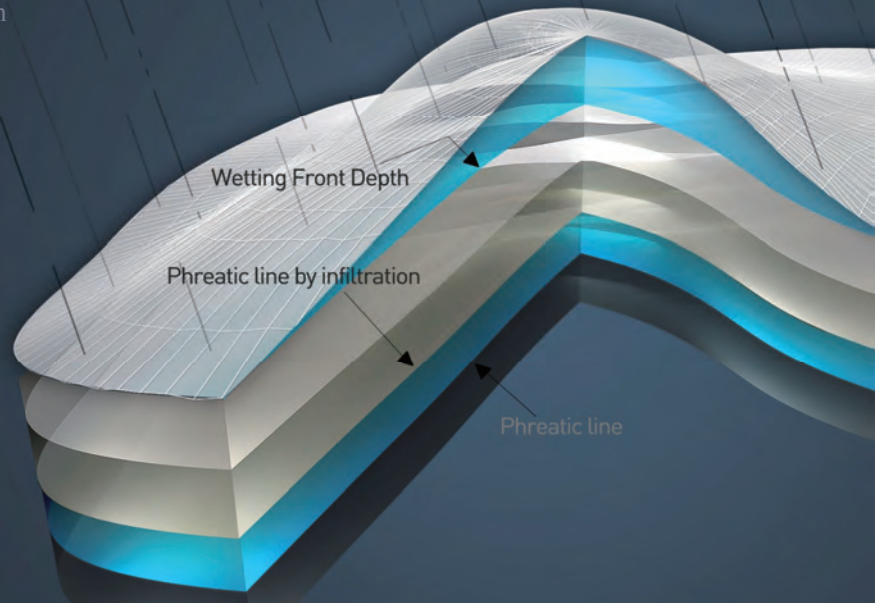
■ 斜面安定解析(円弧すべり)



SoilWorks

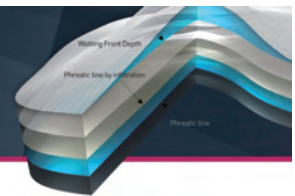
動的解析

Create Your Competitive Design



Part 5. 概要

01.動的解析モジュール

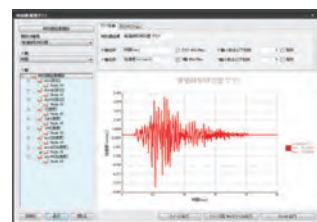
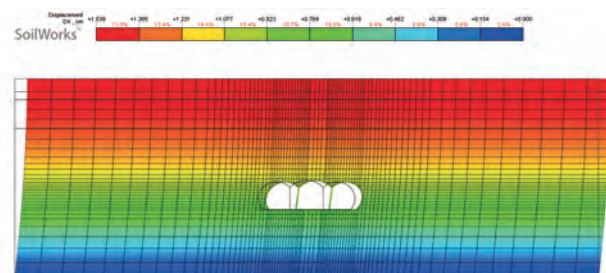


■ 特長

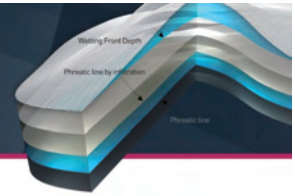
- 1次元・2次元の等価線形解析から液状化判定までを統合
- モジュール内、モジュール間のデータ連携で作業を効率化

解析機能

- 等価線形解析(1次元・2次元)
- 固有値解析(2次元)
- 応答スペクトル解析(2次元)
- 線形動解析(2次元)
- 液状化判定(1次元:簡易法、せん断応力法、2次元)



02. LiFA

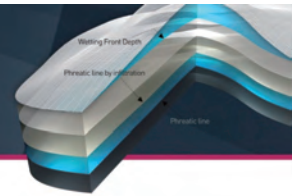


■ [動的解析モジュール] LiFa(Liquefaction & Free field analysis)

- 液状化判定と1次元等価線形解析を統合
- 1次元等価線形解析プリ・ポストを一新

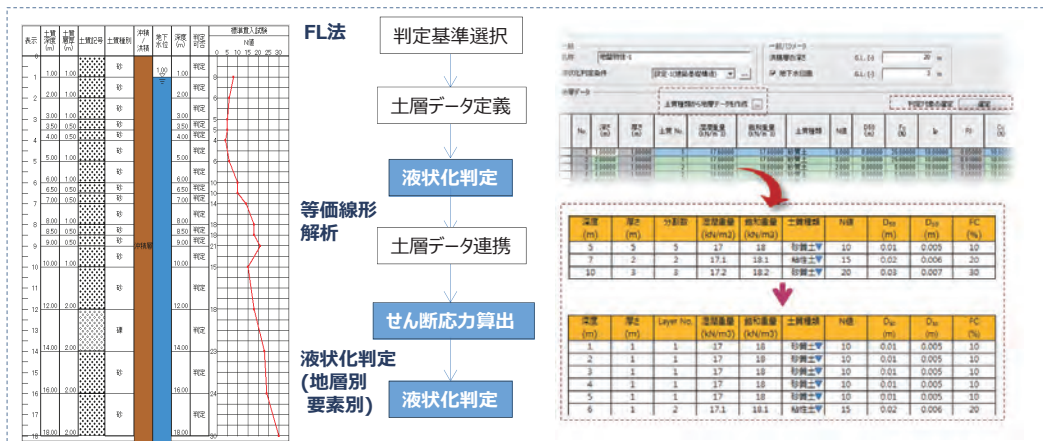


03. 1D液状化判定

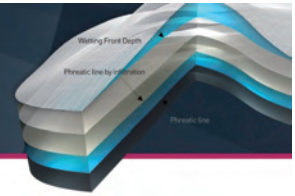


■ [動的解析モジュール] 1D(地層別)液状化判定(LiFA)

- 簡易法だけではなく、等価線形解析と連携した液状化判定が可能
- 報告書の自動作成
- 地層データのMS Excelとのデータ互換
- 等価線形用パラメータの自動算定

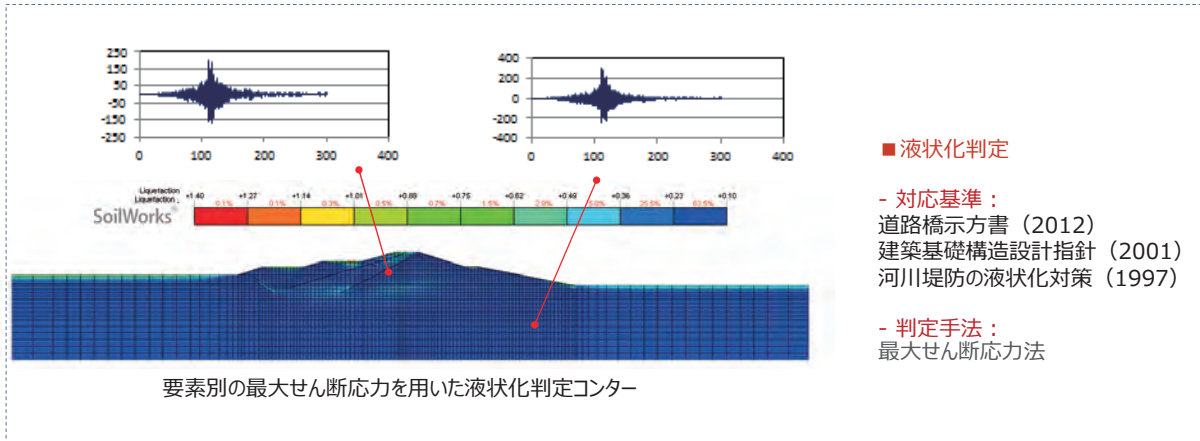


04. 2D液状化判定



■ [動的解析モジュール] 2D(要素別)液状化判定

- 1Dデータの共有・再利用
- 2次元等価線形解析の結果を用いた、要素別の液状化判定が可能
- 静解析と連携した2次元地盤の応力状態を考慮
- 等価線形解析での位置による応答の違いを考慮



動解析・液状化分野

MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION



株式会社マイダスイテジヤパン

〒101-0021 東京都千代田区外神田5-3-1 秋葉原OSビル7F

TEL 03-5817-0787 | FAX 03-5817-0784 | e-mail g.support@midasit.com | URL <http://jp.midasuser.com/geotech>

Copyright © Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.