



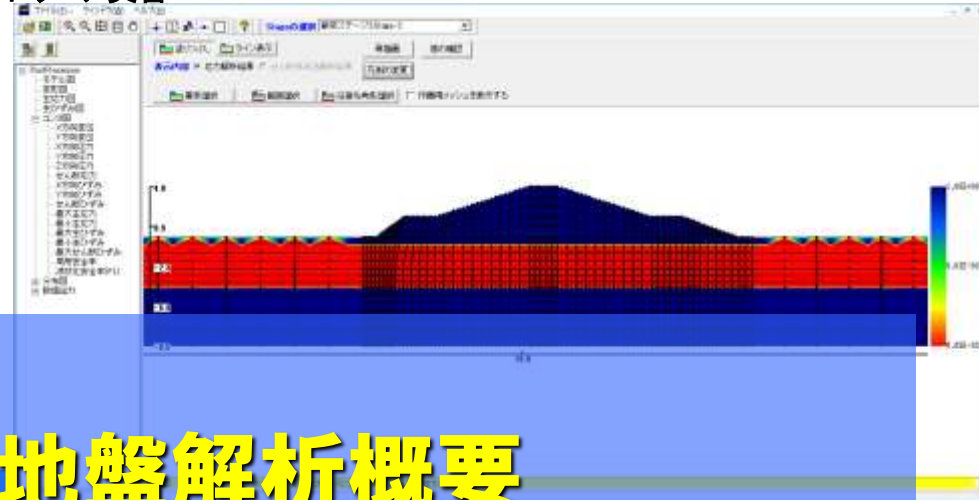
建設ICTマスター養成講座
基礎養成編 選択分野別ソフトウェア実習



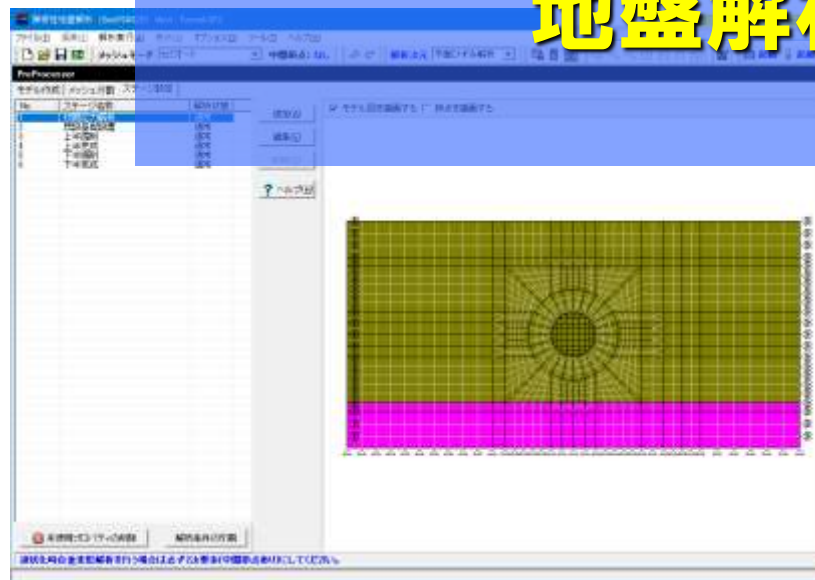
地盤・地形

2020年10月7日
株式会社 フォーラムエイト





地盤解析概要



地盤工学会CPD

スケジュール

9:30~9:50

I. 地盤解析概要

9:50~10:50

II. FEM解析の手順

- ・ 解析の手順、解析の実行、解析結果について
- ・ 土の力学特性と地盤材料特性とパラメータについて
- ・ 地盤ソリッド要素のプロパティ設定

11:00~11:50

III. トンネル掘削に伴う近接杭基礎への影響検討

- ・ 「Geo Engineer's Studio」基本操作
- ・ 「Geo Engineer's Studio」操作実習

13:00~13:50

IV. トンネル掘削に伴う近接杭基礎への影響検討

- ・ 「Geo Engineer's Studio」操作実習

14:00~15:30

V. 斜面の安定解析・河川構造物の耐震性能照査

- ・ せん断強度低減法による斜面の安定解析
- ・ 河川構造物の耐震性能照査事例

15:40~16:20

VI. 三次元弾塑性地盤解析

- ・ 「GeoFEAS Flow3D」紹介
- ・ 「GeoFEAS Flow3D」操作デモ

16:20~16:30

VII. 質疑応答

UC-1 地盤解析シリーズ



Geo Engineer's Studio

弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D

GeoFEAS Flow3D

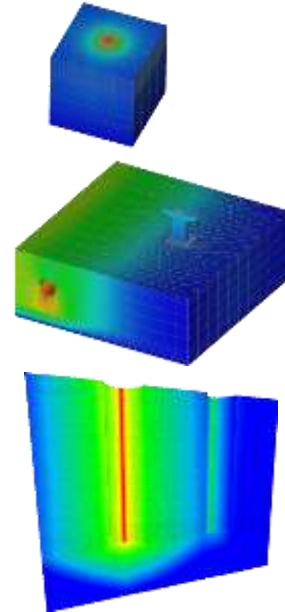
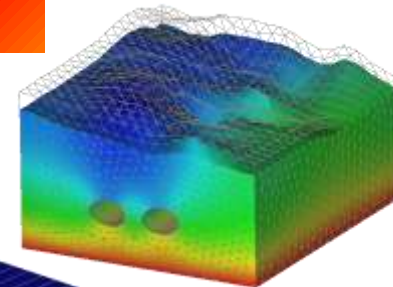
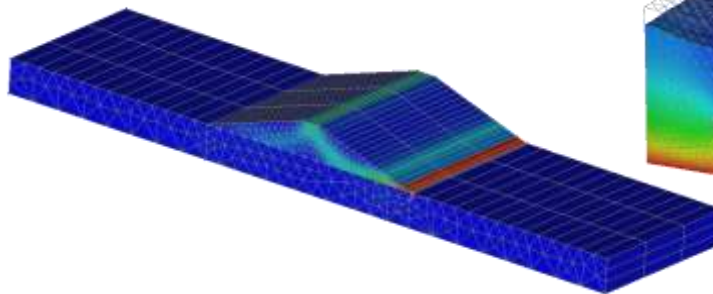
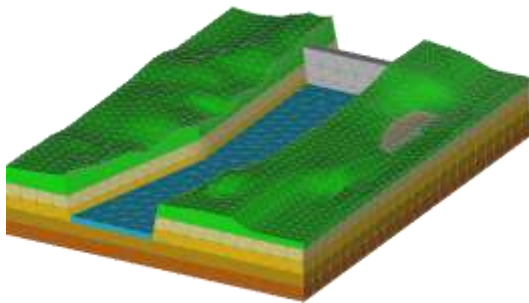
地盤の動的有効応力解析 (UWLC)

二次元浸透流解析 (VGFlow2D)

3次元地すべり斜面安定解析・3DCAD(LEM)

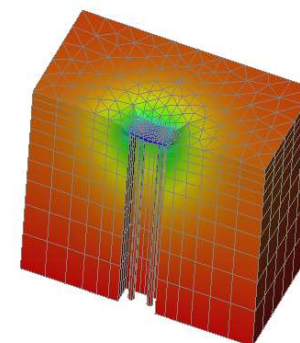
落石シミュレーション

土石流シミュレーション

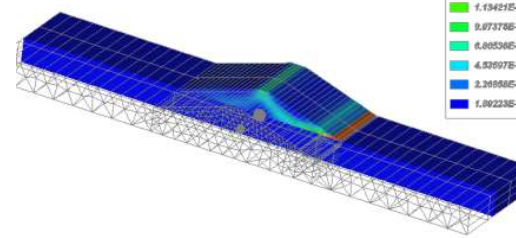
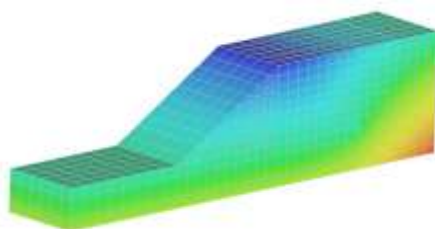


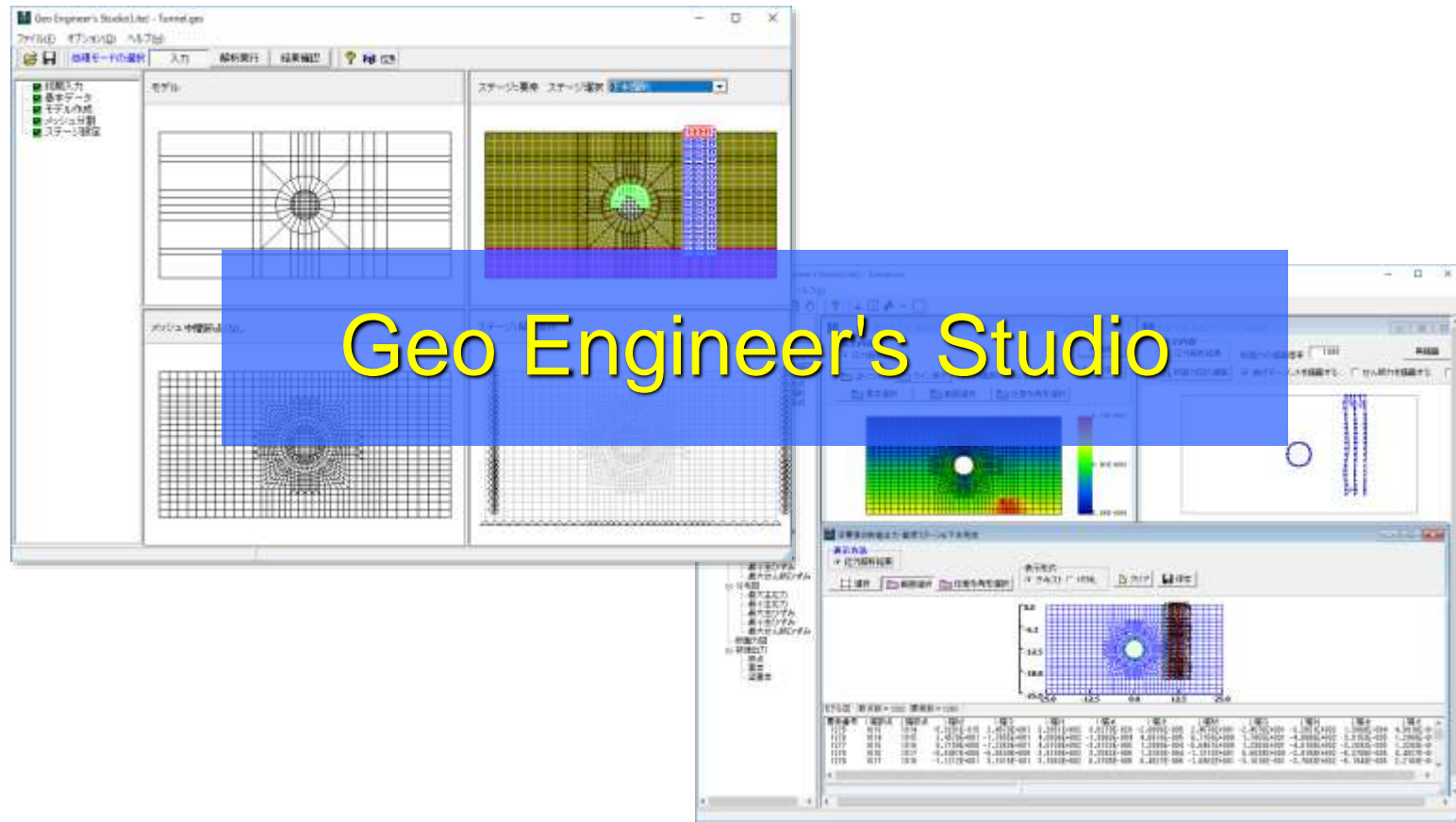
製品ラインアップと価格

製品名	製品定価	アカデミー価格
<u>Geo Engineer's Studio Standard</u>	¥580,000	¥464,000
<u>Geo Engineer's Studio Lite (線形解析限定版)</u>	¥450,000	¥360,000
<u>弾塑性地盤解析(GeoFEAS2D)</u>	¥650,000	¥217,000
<u>GeoFEAS Flow3D</u>	¥1,670,000	¥1,336,000
<u>GeoFEAS Flow3D (浸透流解析限定版)</u>	¥790,000	¥632,000
<u>GeoFEAS Flow3D (弾塑性地盤解析限定版)</u>	¥1,050,000	¥840,000
<u>地盤の動的有効応力解析(UWLC)</u>	¥630,000	¥217,000
<u>2次元浸透流解析(VGFlow2D)</u>	¥284,000	¥114,000
<u>3次元地すべり斜面安定解析・3DCAD (LEM)</u>	¥336,000	¥112,000
<u>落石シミュレーション</u>	¥296,000	¥236,800
<u>土石流シミュレーション</u>	¥336,000	—



※税別





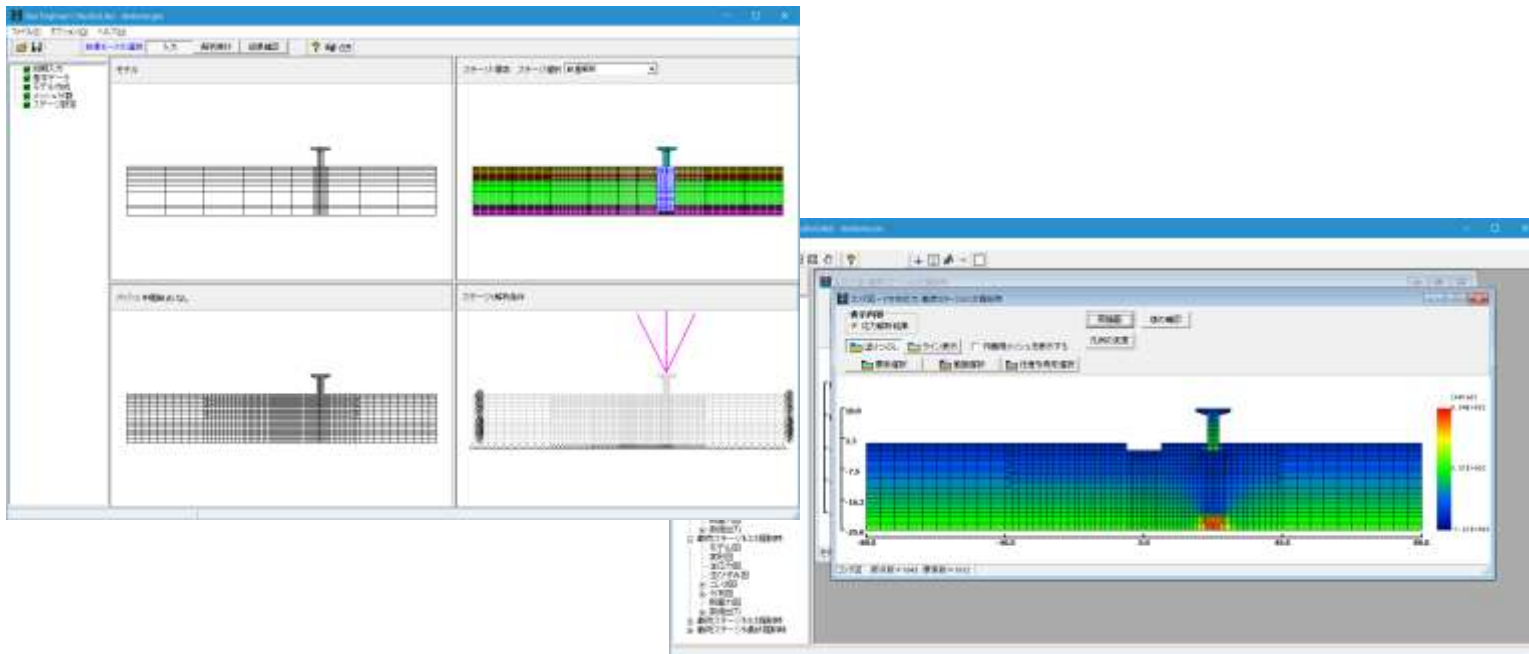
Geo Engineer's Studio:製品概要

- 土留め、トンネル、液状化等の地盤に連動した土木構造物において弾塑性地盤解析が可能な汎用FEM解析プログラム
- 平面ひずみ問題、軸対称問題および液状化解析など、設計指針ならびに耐震照査指針等に準拠して実務で必要とされる変形解析が可能
- 静的な条件下での地盤の応力～変形解析を行うことが可能
- モデル作成や解析ステージの設定を行うプリプロセッサ、解析処理を行うプロセッサ、図や数値の可視化の結果処理を行うポストプロセッサの3部構、それぞれ単独起動も可能



Geo Engineer's Studio:製品概要

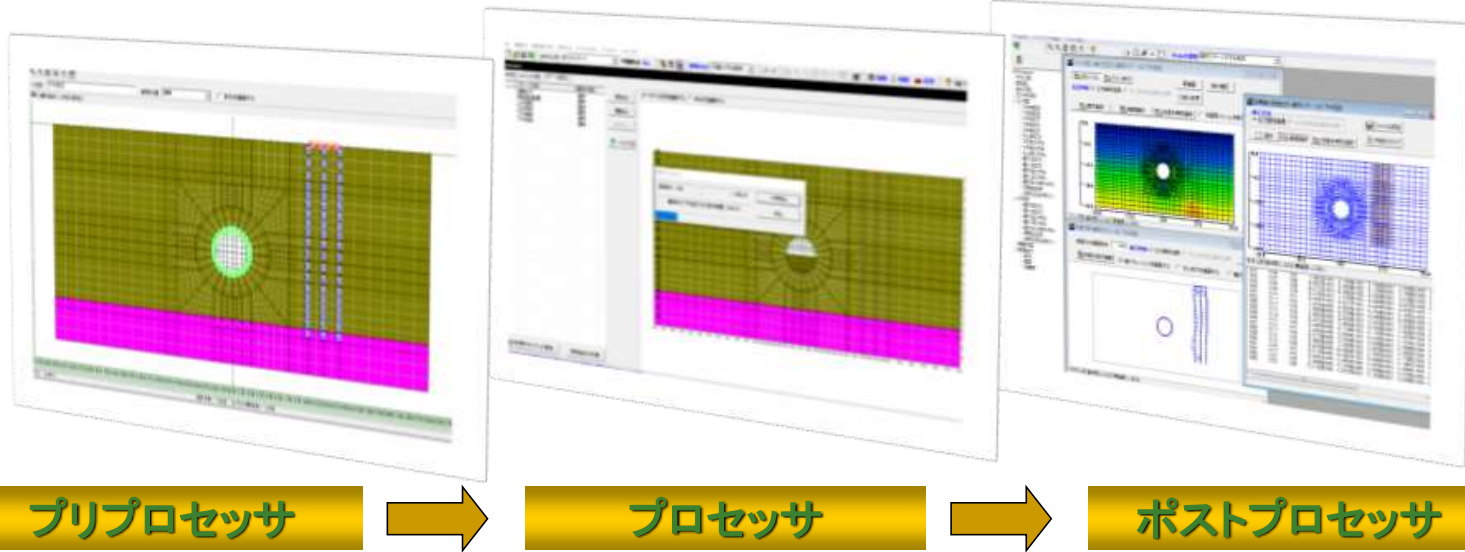
- 解の安定性や、理論解との検証などを踏まえ信頼性を向上
- 2次元弾塑性およびバイリニア梁など非線形解析に対応し、梁要素は弊社汎用構造解析プログラム“Engineer's Studio”の“M- ϕ ”要素と完全一致
- 従来のGUIを見直し、入力画面を刷新
- 100%自社開発ソルバーによる高速かつ安定した解析を実現



弾塑性地盤解析(GeoFEAS)2D

弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D:製品概要

- GeoFEAS: Geotechnical Finite element Elastoplastic Analysis Software
- 斜面、土留め、トンネル等、地盤に関係した多くの分野において弾塑性地盤解析が可能な汎用FEM解析プログラム
- 静的な条件下での地盤の応力～変形解析を行うことが可能
- モデルの作成や解析ステージの設定を行うプリプロセッサ・解析処理を行うプロセッサ(群馬大学 地盤工学研究室開発による)・結果処理を行い図や数値の可視化を行うポストプロセッサのプログラム構成



弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D:解析機能

項目	主な解析能力	説明
解析種別	■ 静的全応力解析	
解析次元	■ 平面ひずみ解析	
	■ 軸対称解析	
解析機能	■ ステージ解析	ステージごとに、材料定数の変更、境界条件の変更、掘削時の応力解放率の設定が可能。
	■ 局所安全率	積分点ごとに局所安全率を算出
	■ 河川構造物の耐震性能 照査指針(案)・同解説	「液状化時自重変形解析」「液状化後の体積圧縮による変形量の計算」
	■ 節点水圧	全応力解析を行うプログラムだが、水圧を節点荷重として考慮することにより水圧の変化が地盤に及ぼす影響を検討できる。
	■ 解析機能の併用	ステージ解析とせん断強度低減法といった解析機能を併用することにより、掘削・盛土、斜面安定、支持力問題など地盤に関係する幅広い問題に変形解析と安定解析を同時に実行可能
	■ 構成則の混在	材料毎に構成則を与えることができる。

弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D:土の構成モデル

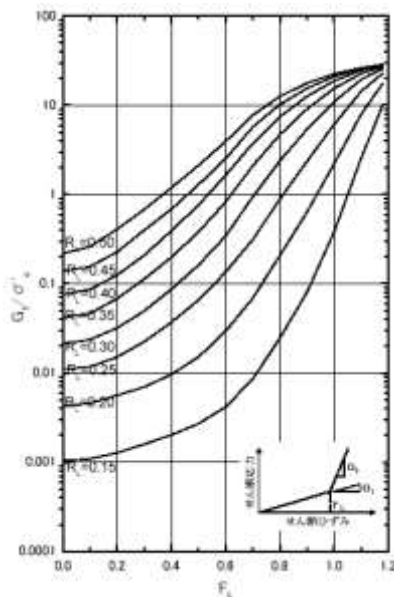
モデル種類	構成モデル	備考	GeoES	G2D
弾性モデル	① 線形弾性	等方性	○	○
	② せん断剛性低減材料1	H19	○	○
	③ せん断剛性低減材料2	H28	○	○
非線形弾性モデル	④ 破壊接近度法	電中研方式		○
非線形モデル	⑤ R0			○
	⑥ HD			○
	⑦ UW-Clay			○
弾・完全塑性モデル	⑧ MC		○	○
	⑨ DP			○
	⑩ MC/DP			○
弾塑性モデル	⑪ PZ-Sand			○
	⑫ PZ-Clay			○
No-Tensionモデル	⑬ 線形弾性			○
バイリニア弾性	⑭ 液状化材料1	H19	○	○
	⑮ 液状化材料2	H28	○	○

弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D: 梁、棒要素の構成モデル

モデル種類	構成モデル	GeoES	G2D
梁要素のM- ϕ	①線形弾性モデル	○	○
	②バイリニアモデル	○	○
	③トリリニアモデル	×	×
棒要素	①線形弾性モデル	○	○
	②バイリニアモデル	○	○
	③トリリニアモデル	×	×
バネ要素	①線形弾性モデル	○	○
	②バイリニアモデル	×	○
	③トリリニアモデル	×	×
ジョイント要素	①線形弾性モデル	×	○
	②Mohr-Coulomb方式	×	○

弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D:液状化解析 河川構造物耐震照査用構成モデル

モデル種類	構成モデル	備考
弾性モデル	①せん断剛性低減材料1	液状化層上層
	②せん断剛性低減材料2	液状化層上層
バイリニア弾性モデル	③液状化材料1 ④液状化材料2	液状化強度比RLが得られていて、FLの値に従って、河川耐震性能指針(案)図-解6.3.1液状化が生じる土層のせん断剛性の低減率 $G1/\sigma'c$ を推定する。



2つの解析手法を選択可能
解析状態を[通常]とすると弾塑性解析、
[液状化前]とすると液状化解析に切り替わる

解析状態	液状化前
	通常
	液状化前

弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D:境界条件、荷重条件

境界条件

- 節点自由度拘束(水平ローラ、鉛直ローラ、固定、ピン、強制変位)
- 多点拘束(MPC)・・・G2Dのみ対応
- バネ支点
- ピン結合・・・・・・・G2Dのみ対応

荷重

- 集中荷重 : 節点集中荷重(2次元・軸対称)
- 等分布荷重、分布荷重 : 線形分布荷重(2次元・軸対称)
- 体積荷重(自重) : 鉛直加速度(2次元・軸対称)
- 地震荷重
水平応答加速度(2次元)
鉛直応答加速度(2次元)
- 節点水圧(2次元・軸対称)
全応力解析(地盤の透水現象を考慮しない解析)を行うプログラムだが水圧を節点荷重として考慮することにより、水圧の変化が地盤に及ぼす影響を検討可能。

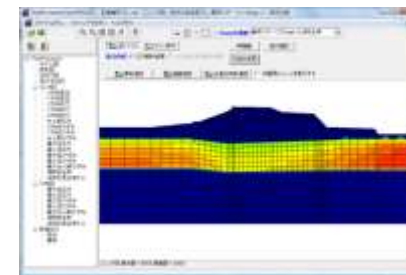
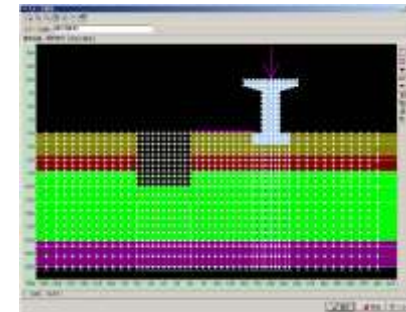
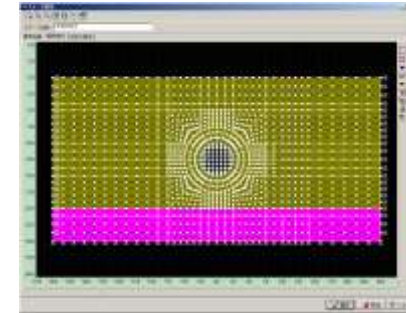
弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D:適用範囲およびPost機能

適用範囲

- 地盤の応力・変形解析
- 斜面安定解析 ……G2Dのみ
- 土留め掘削解析
- トンネル掘削時の周辺地盤影響解析
- NATM工法におけるトンネル施工検討解析
- 水圧の変動が地盤に及ぼす影響の検討
- 河川耐震性能照査(液状化検討)
- 地盤と構造物の相互作用の検討
- 応答震度法

ポストプロセッサ機能

- モデル図
- 変形図
- ベクトル図
- コンタ図
- 分布図
- 数値出力





三次元彈塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D

三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D:機能概要

項目	主な解析能力	2D	3D	説明
解析種別	■ 静的全応力解析	○	○	
解析次元	■ 平面ひずみ解析	○	×	
	■ 3次元解析	×	○	
	■ 軸対称解析	○	—	
ソフトウェアの特長	■ ステージ解析	○	○	ステージごとに、材料定数の変更、境界条件の変更、掘削時の応力解放率の設定が可能。
	■ 局所安全率	○	○	積分点ごとに局所安全率を算出
	■ 節点水圧	○	○	GeoFEASは全応力解析を行うプログラムですが、水圧を節点荷重として考慮することにより水圧の変化が地盤に及ぼす影響を検討できる。
	■ 解析機能の併用	○	○	ステージ解析とせん断強度低減法といった解析機能を併用することにより、掘削・盛土、斜面安定、支持力問題など地盤に関係する幅広い問題に変形解析と安定解析を同時に実行
	■ 構成則の混在	○	○	材料毎に構成則を与えることができる。

三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D:要素ライブラリ

節点質量
要素



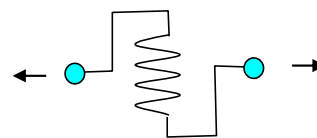
部材要素
(梁・棒)



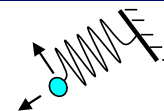
軸方向バネ要素



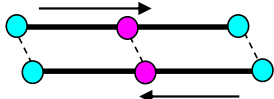
せん断バネ要素



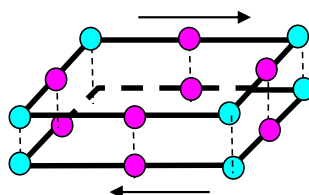
支点バネ要素



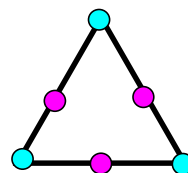
線ジョイント要素



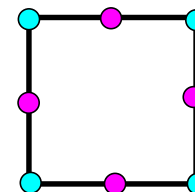
面ジョイント要素
(3Dのみ)



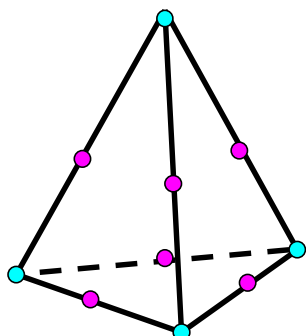
3角形要素
(2D:土要素、
3D:板要素)



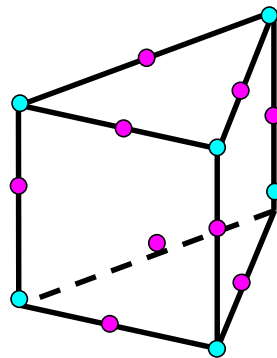
4角形要素
(2D:土要素、
3D:板要素)



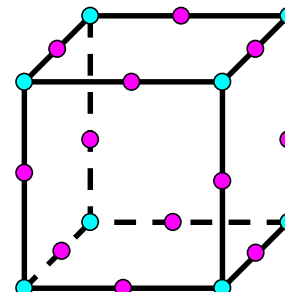
4面体要素
(3Dのみ)



5面体要素
(3Dのみ)



6面体要素
(3Dのみ)



注意:

● 2次要素があるとき
の中間節点

三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D:地盤の構成モデル

モデル種類	構成モデル	2D	3D	備考
弾性モデル	①線形弾性モデル	○	○	
非線形弾性モデル	⑤破壊接近度法	○	○	電中研方式
非線形モデル	⑥Hardin-Drnevichモデル	○	○	
	⑦Ramberg-Osgoodモデル	○	○	
	⑧鵜飼・若井モデル(UW-Clay)	○	○	
弾・完全塑性モデル	⑨Mohr-Coulomb方式	○	○	
	⑩Drucker-Prager方式	○	○	
	⑪Mohr-Coulomb／Drucker-Prager方式	○	○	
弾塑性モデル	⑫Pastor-Zienkiewicz砂モデル	○	○	
	⑬Pastor-Zienkiewicz粘土モデル	○	○	
No-Tensionモデル	⑭線形弾性モデル	○	○	

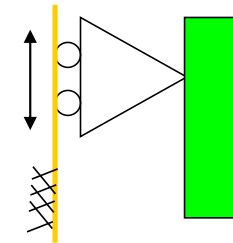
三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D: 梁、棒要素の構成モデル

モデル種類	構成モデル	2D	3D	備考
面要素	①線形弾性モデル	×	○	板要素(シェル要素×)
梁要素のM-φ	①線形弾性モデル	○	○	
	②バイリニアモデル	○	×	
	③トリリニアモデル	×	×	
棒要素	①線形弾性モデル	○	○	
	②バイリニアモデル	○	○	
	③トリリニアモデル	×	×	
バネ要素	①線形弾性モデル	○	○	
	②バイリニアモデル	○	—	
	③トリリニアモデル	×	×	
ジョイント要素	①線形弾性モデル	○	○	
	②Mohr-Coulomb方式	○	○	

三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D:境界条件

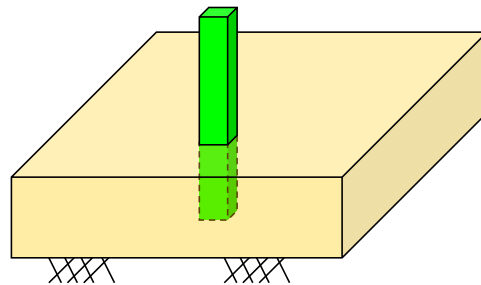
境界条件		2D	3D
単点拘束	水平ローラ	○	○
	鉛直ローラ	○	○
	固定	○	○
	ピン	○	○
多点拘束	MPC	○	○
	ヒンジ	○	○
強制変位	強制変位	○	○

ローラ



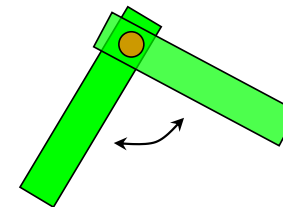
x方向のみ、y方向のみ、z方向のみ

固定



回転・変位なし

ピン(ヒンジ)

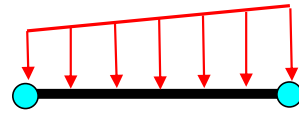
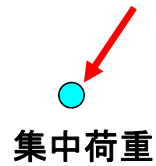


軸力のみが伝達

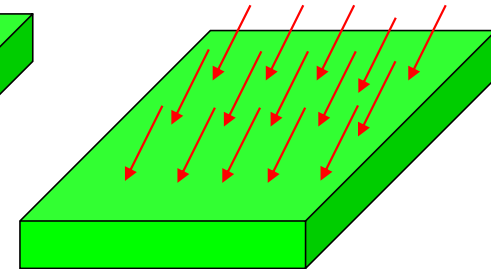
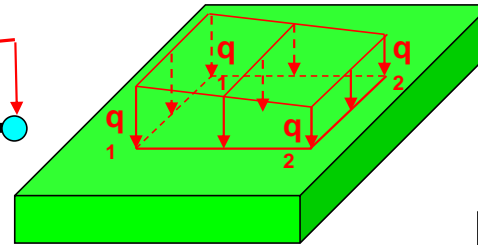
三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D:荷重条件

荷重		2D	3D
質点荷重	節点集中荷重	○	○
分布荷重	等分布荷重	○	○
	分布荷重	○	○
自重	水平加速度	○	○
	鉛直加速度	○	○
地震荷重	深度方向一定水平震度	○	○
	深度方向一定鉛直震度	○	○
	深度方向分布水平震度	○	×
	深度方向分布鉛直震度	×	×
水压荷重	節点水压	○	○

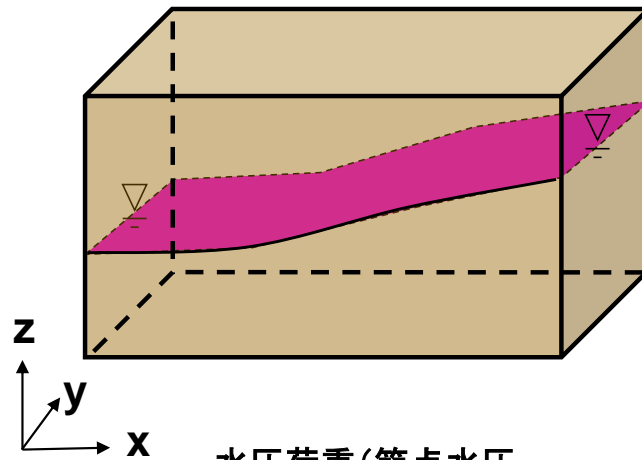
弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D/3D: 荷重条件



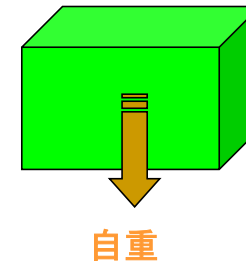
等分布・台形分布荷重



斜め等分布荷重

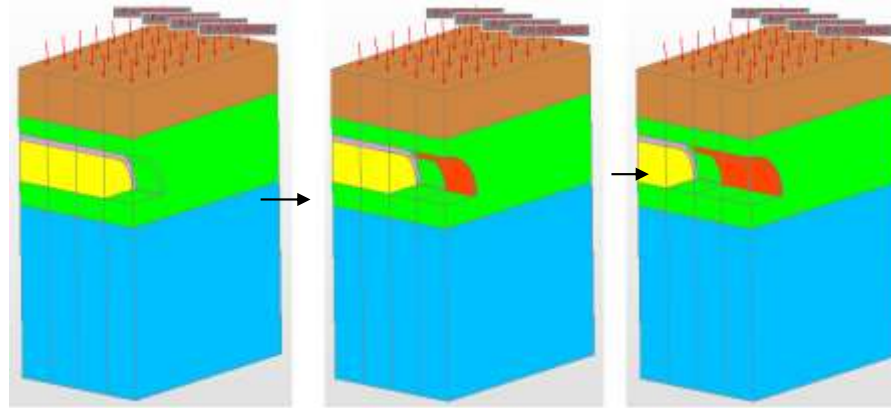


水压荷重(節点水压
荷重に換算)

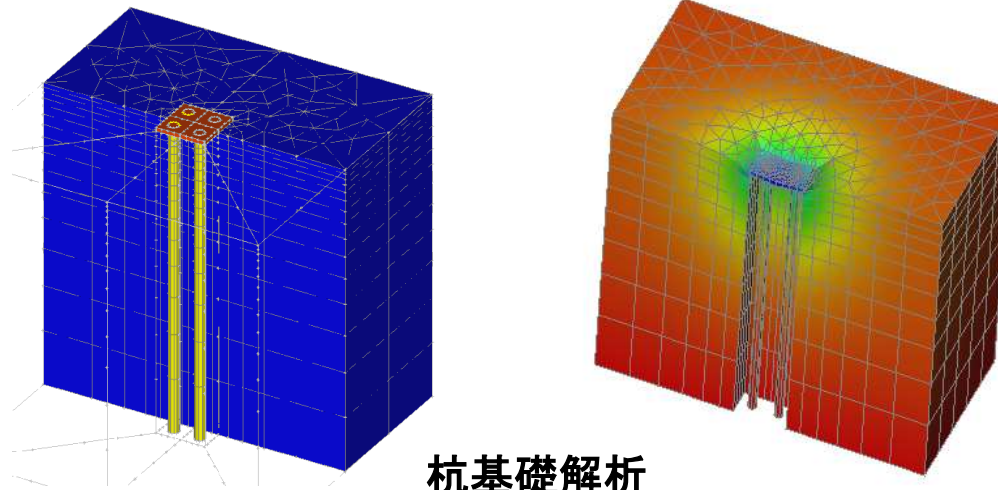


静的地震荷重

三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D: 検討例

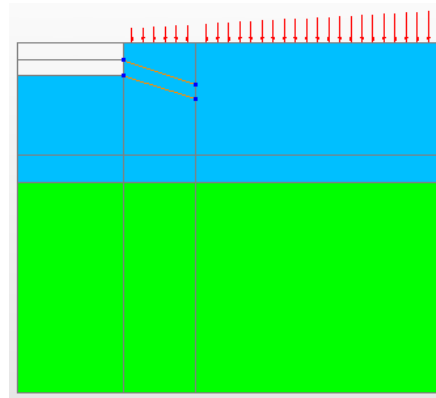
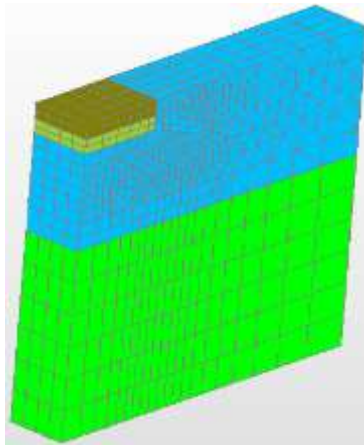


トンネル掘削解析

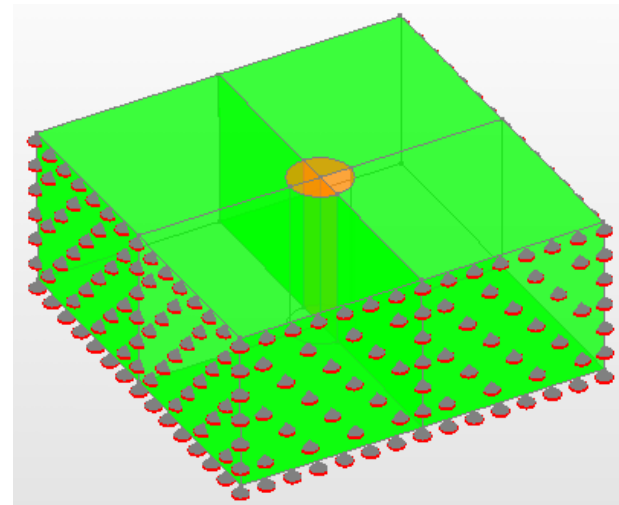
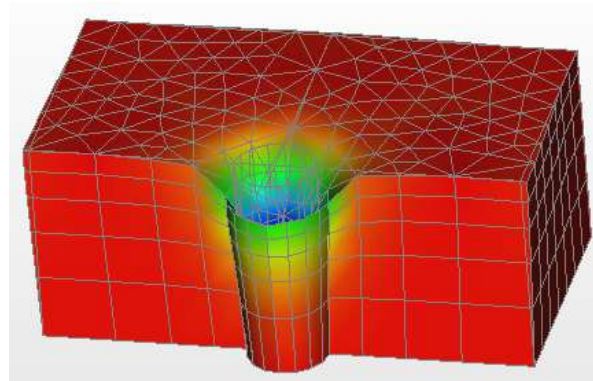
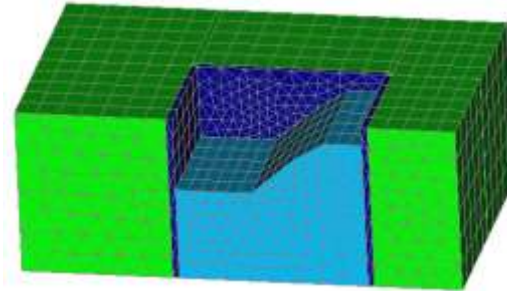


杭基礎解析

三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D: 検討例

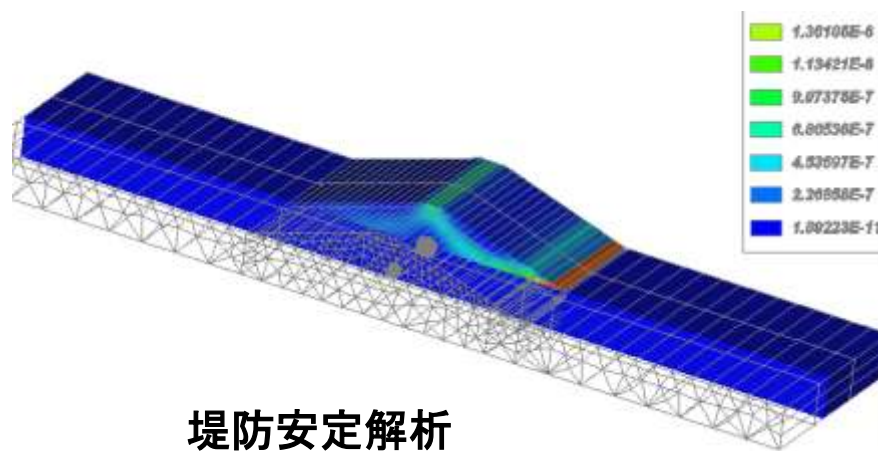
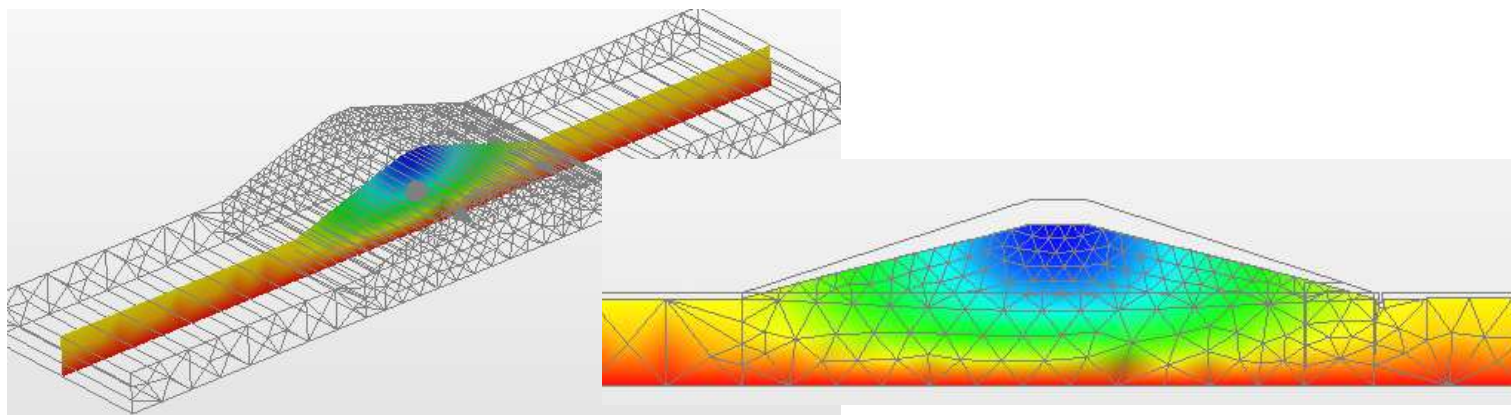


土留め工解析



タンク沈下解析

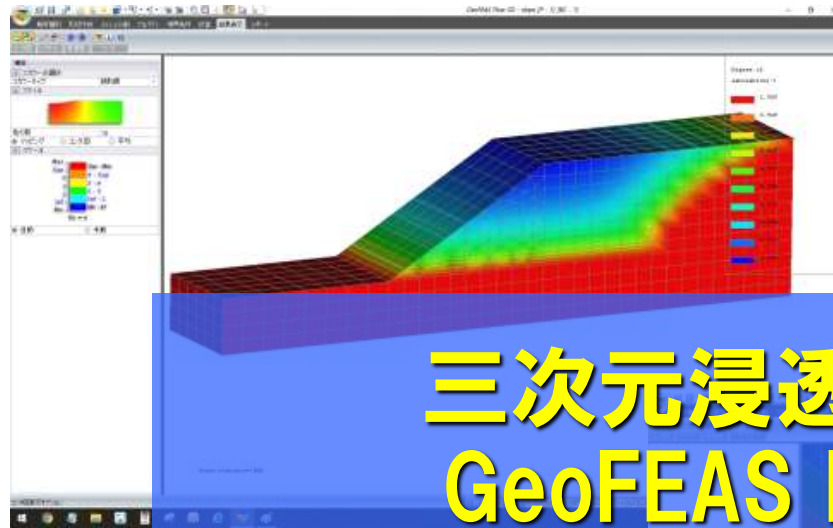
三次元弾塑性地盤解析 GeoFEAS Flow3D: 検討例



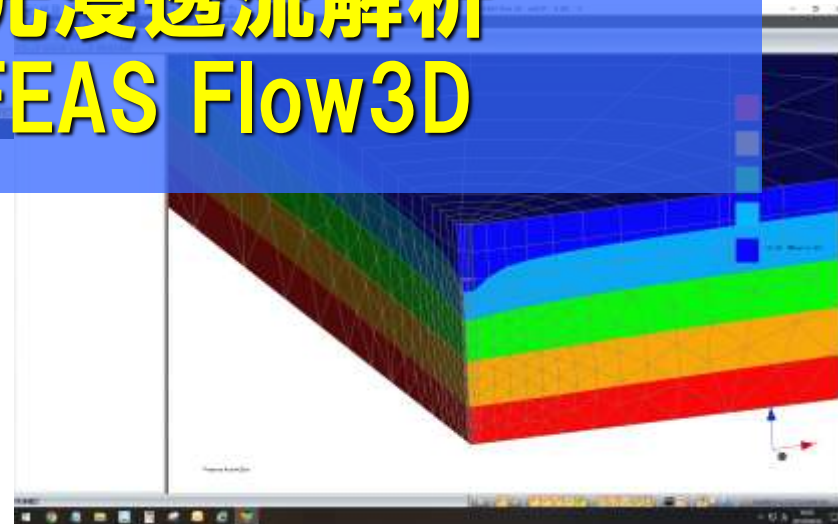
堤防安定解析



レポート出力

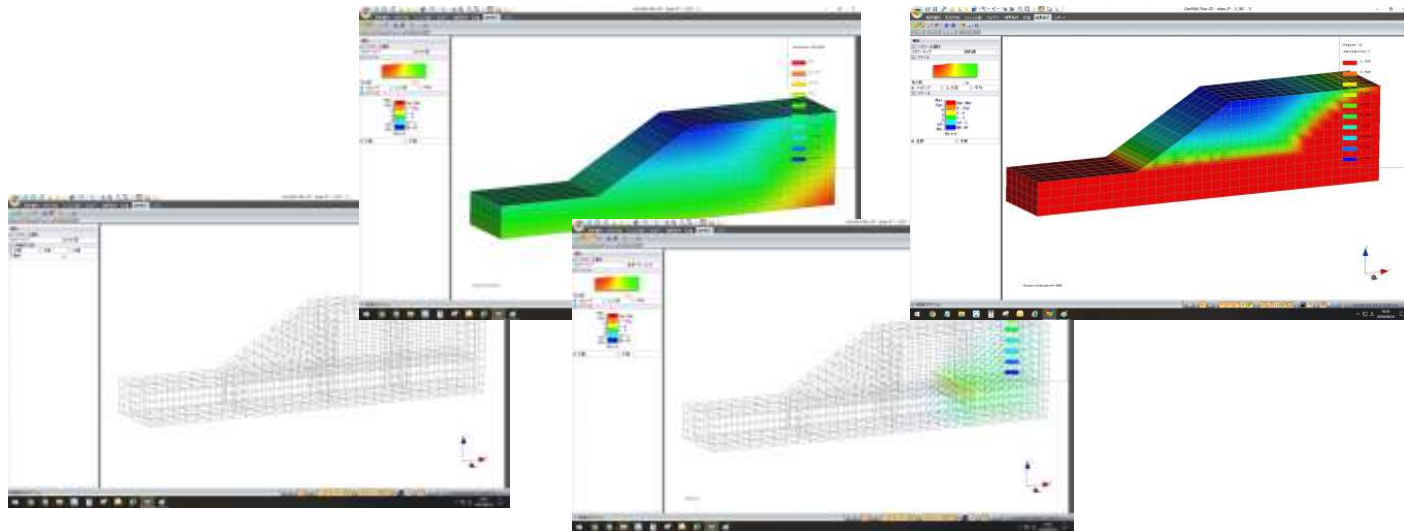


三次元浸透流解析 GeoFEAS Flow3D

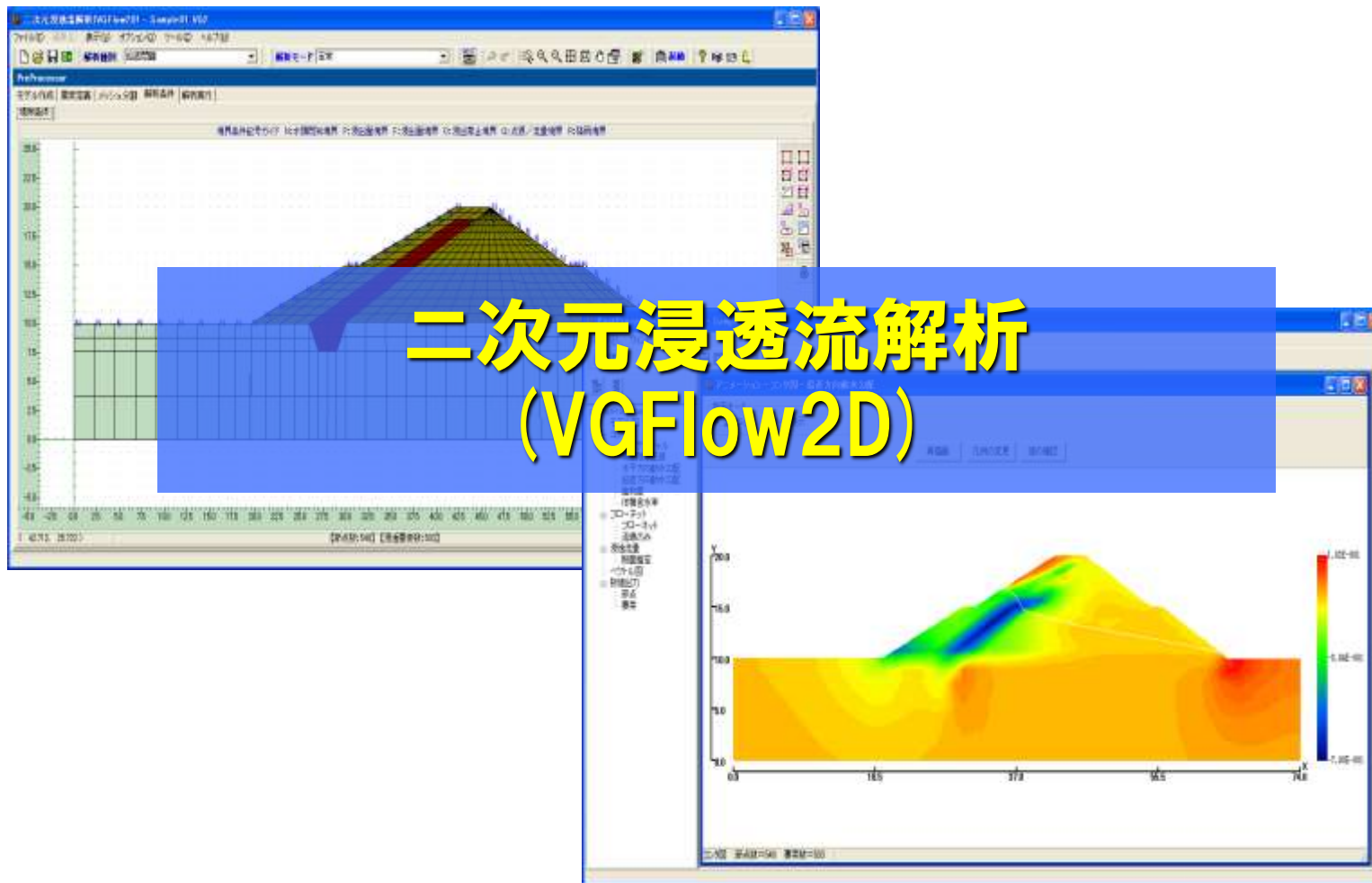


三次元浸透流解析 GeoFEAS Flow3D:機能概要

- GeoFEAS Flow3Dの**飽和-不飽和浸透流**解析機能。
- 解析種別は**定常解析及び非定常解析**が可能。
- 解析区分は三次元解析に対応。
- 不飽和浸透特性としては、代表的な経験式であるvan-Genuchtenモデルによる計算あるいは水分特性曲線等試験値の表入力による計算が可能。

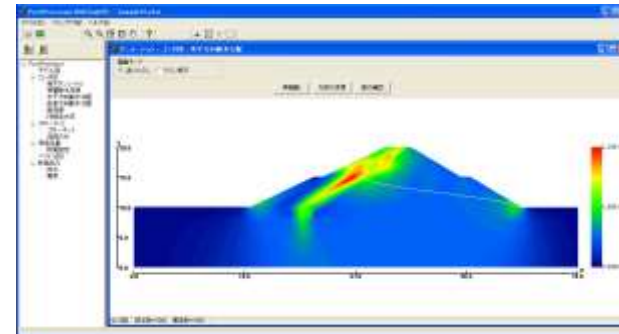
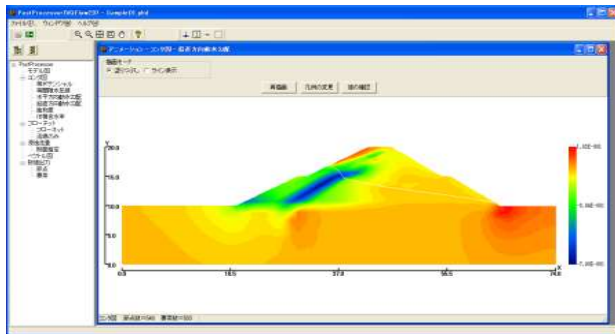
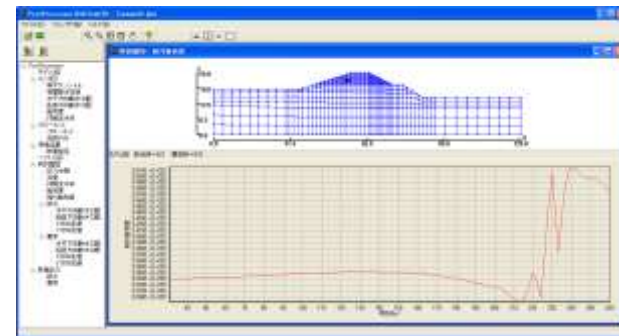
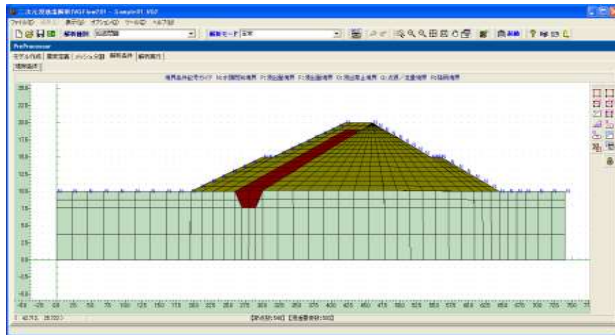


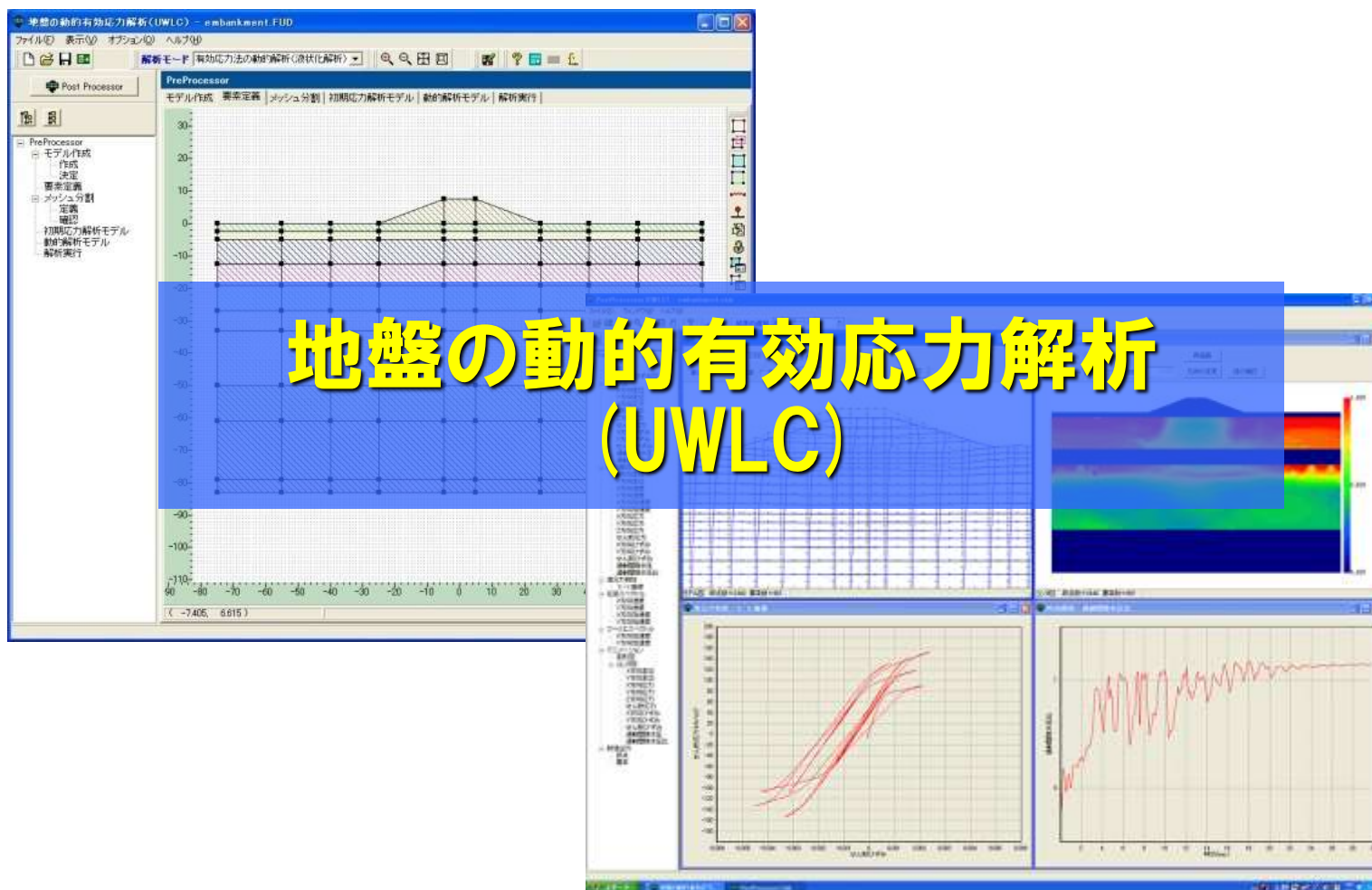
二次元浸透流解析 (VGFlow2D)



二次元浸透流解析(VGFlow2D):機能概要

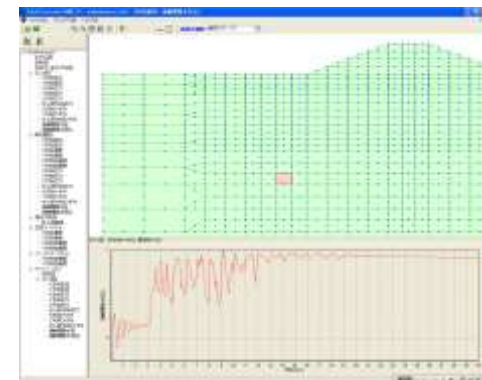
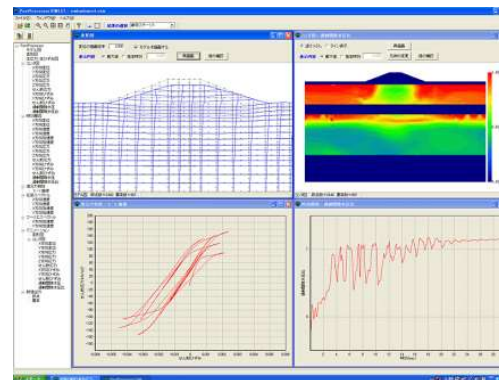
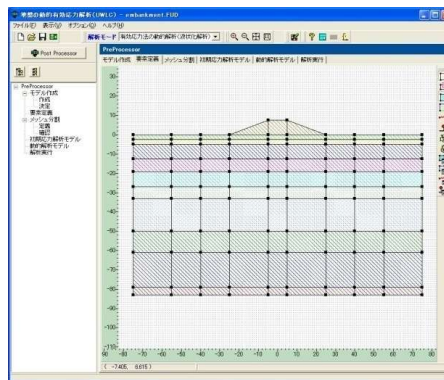
- 有限要素法(FEM)による**飽和—不飽和浸透流**解析プログラム。
- 二次元平面ひずみ問題(鉛直方向)、二次元平面問題(平面方向)、軸対称問題に対応
- 不飽和浸透特性としては、代表的な経験式であるvan-Genuchtenモデルによる計算あるいは水分特性曲線等試験値の表入力による計算が可能。





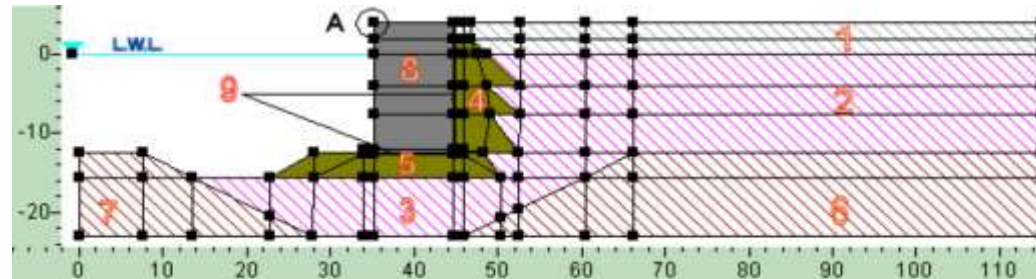
地盤の動的有効応力解析(UWLC):機能概要

- 有限要素法(FEM)を用いた地盤の**2次元動的変形解析**プログラム。
- 有効応力に基づく弾塑性理論による方法、地震時の過剰間隙水圧の発生、剛性の低下を考慮し、**地盤の変形を時刻歴で計算**可能。
- 解析対象は、土構造物(堤防・盛土)の地震時安定性の検討、地中構造物の浮上りの検討、**地盤と構造物の動的相互作用の検討**等に適用可能です。
- 液状化パラメータ決定機能プログラムおよび最適化手法による同定解析プログラムを付属。FEMモデルの作成はCAD的な入力方法で、簡単に作成可能です。CADファイルからの読み込みにも対応しています。

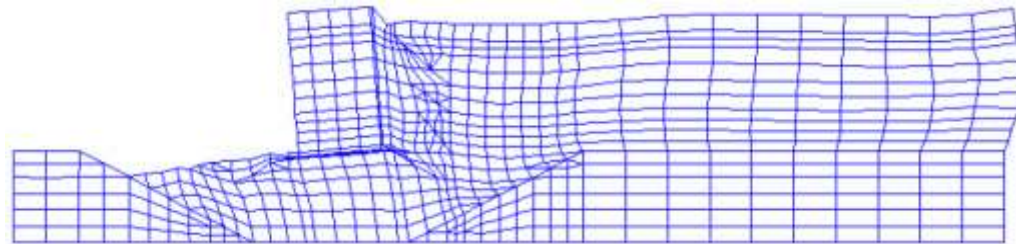


地盤の動的有効応力解析(UWLC):機能概要

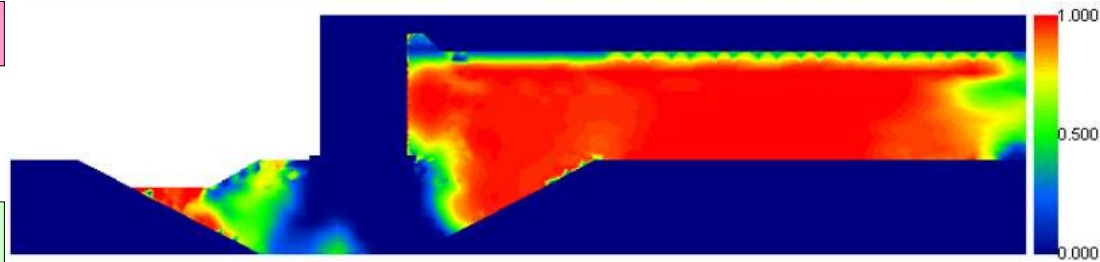
解析モデル図



変形図



過剰間隙水圧図



UWLC 紹介文献

高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(H12.3) リバーフロント整備センター
48~49ページに、砂質土層の液状化現象を考慮できる代表的な解析コードとして紹介されています

地盤の動的有効応力解析(UWLC):機能概要

付属プログラム

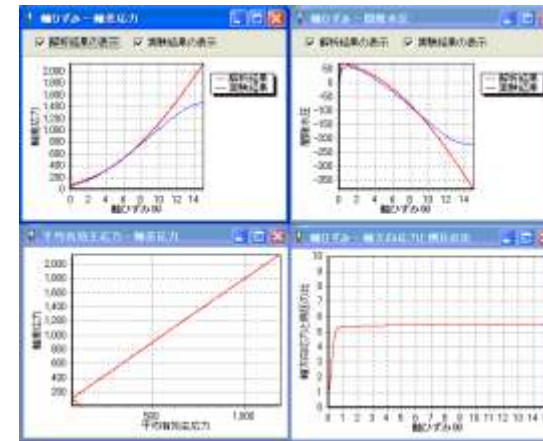
■要素試験シミュレーション

PZ-Sand モデルならびにPZ-Clay
モデルのパラメータを同定するプロ
グラム。

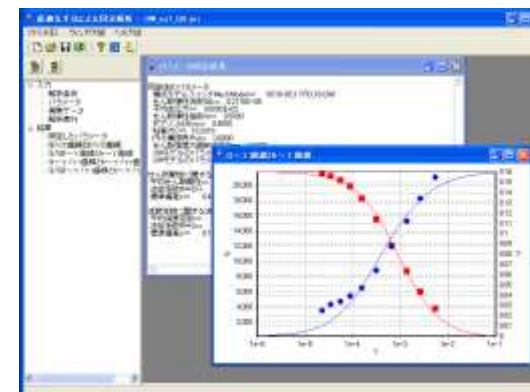
■最適化手法による同定解析

以下の構成モデルの材料パラメータを最適化
手法により同定するプログラム。

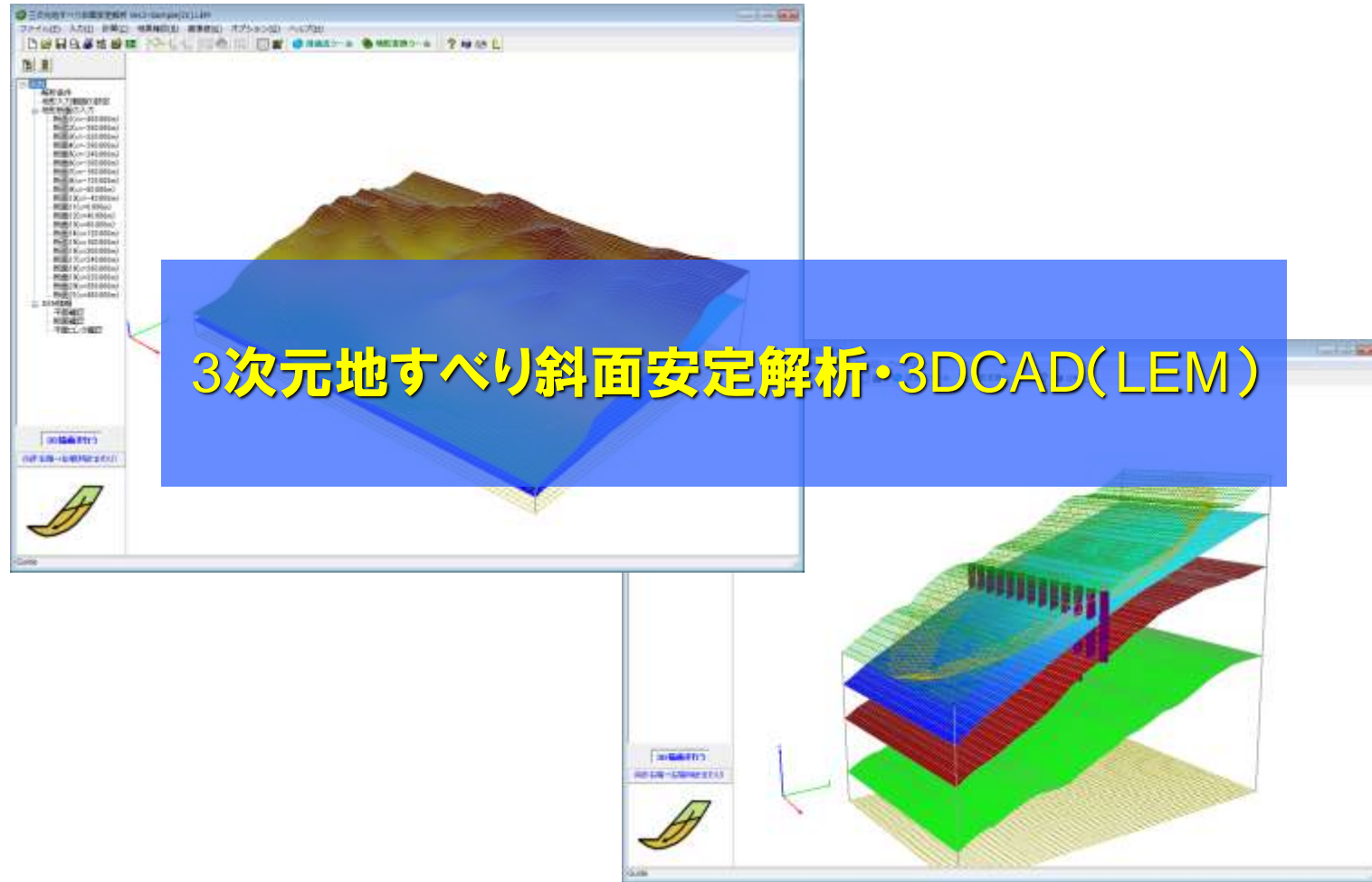
- 1.修正 Ramberg-Osgoodm モデル(ROモデル)
- 2.修正 Herdin-Drnevich モデル(HDモデル)
- 3.鵜飼・若井モデル(UW-Clayモデル)



▲要素試験シミュレーション

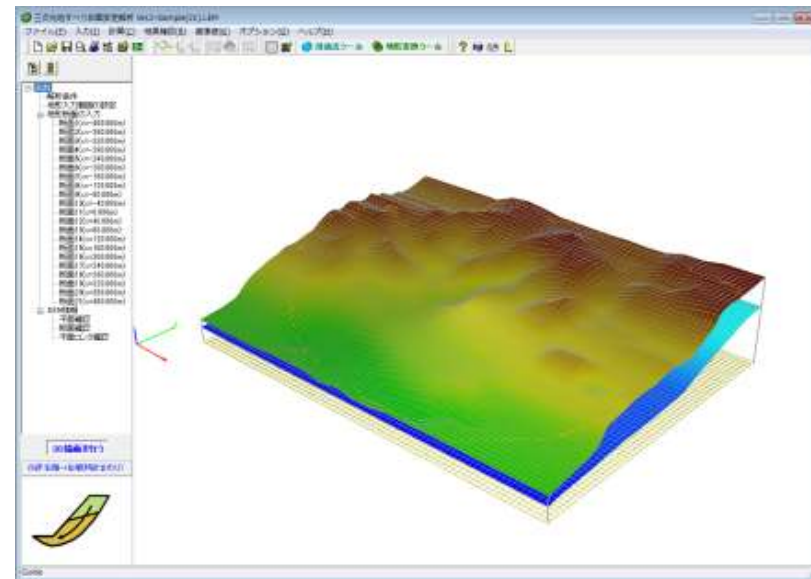


▲最適化手法による同定解析

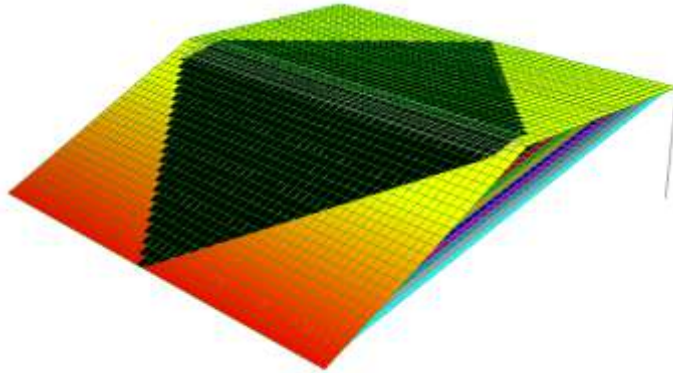


三次元地すべり斜面安定解析：機能概要

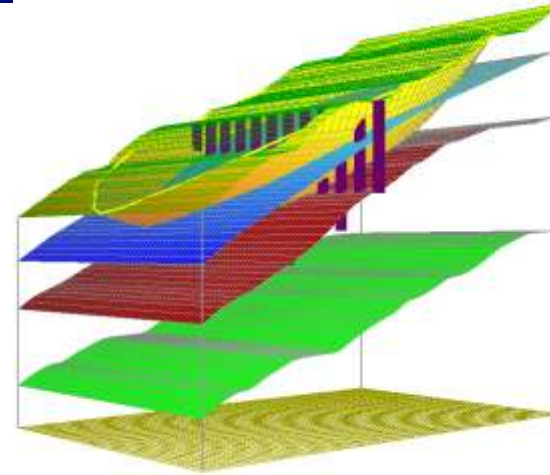
- 斜面安定計算は、二次元断面状態による解析が一般的ですが、本製品は、実際の地形形状や地すべり面を**三次元形状で再現した斜面安定解析**を行う事ができます。
- 二次元極限平衡分割法を三次元に拡張した以下の3手法を扱うことができます。
 - (1)Hovland法
 - (2)Hovland(水中重量)法
 - (3)簡易Janbu法
- 対策工として、三次元抑止力を用いた杭工の設計が可能であり、平面的な杭配置に配慮。



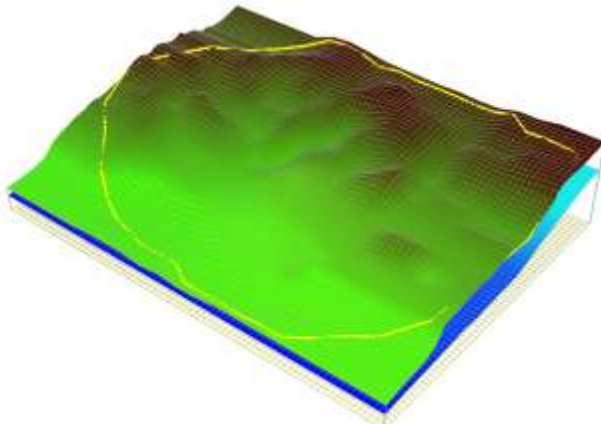
三次元地すべり斜面安定解析：検討例



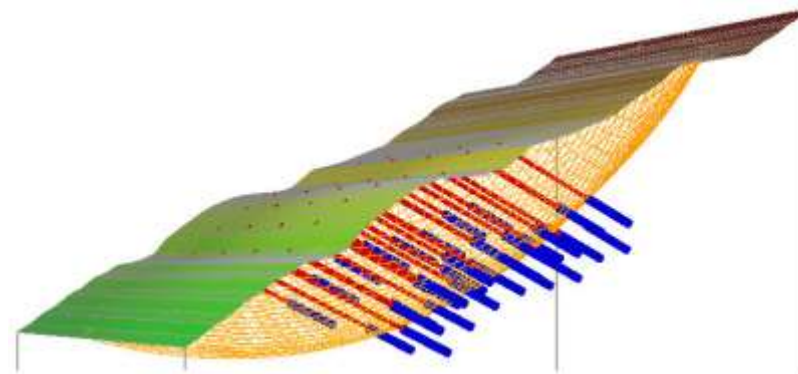
▲くさび形



▲杭工

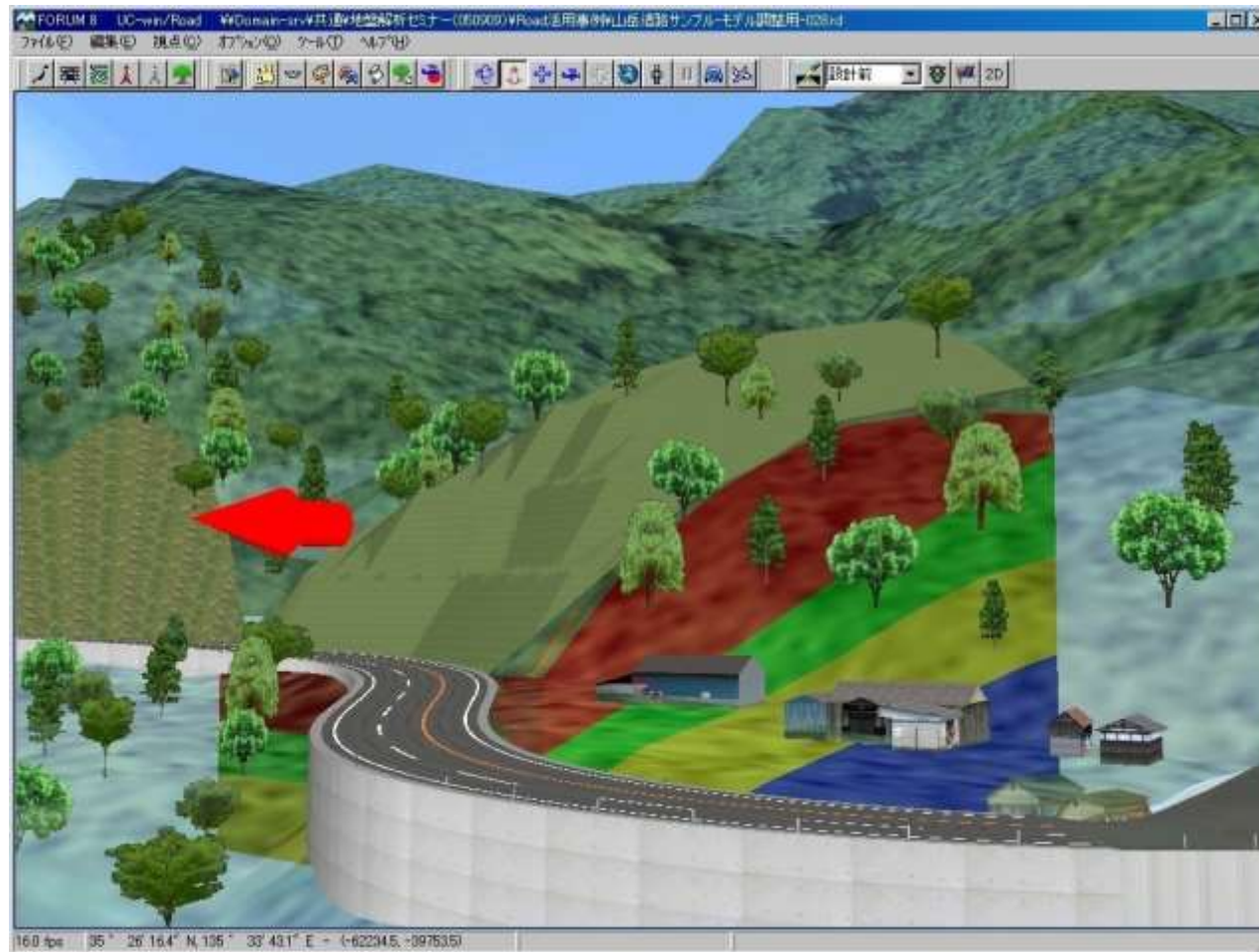


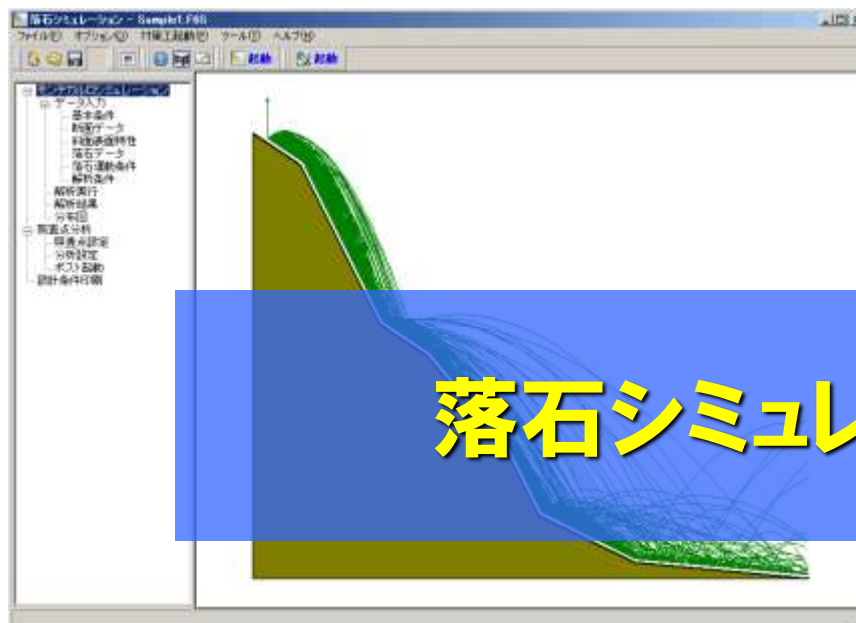
▲大規模斜面



▲アンカー工

三次元地すべり斜面安定解析:UC-win/Roadへ



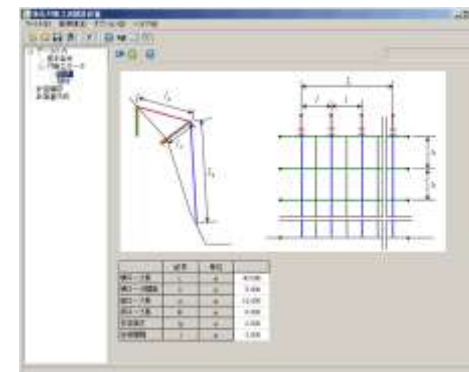
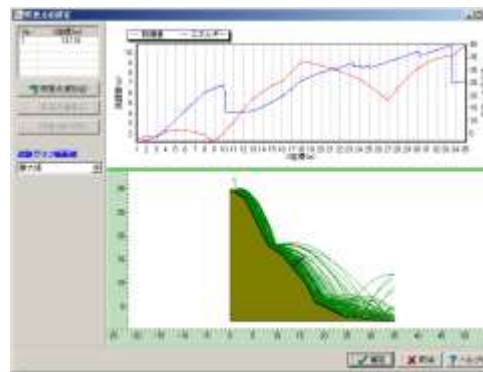
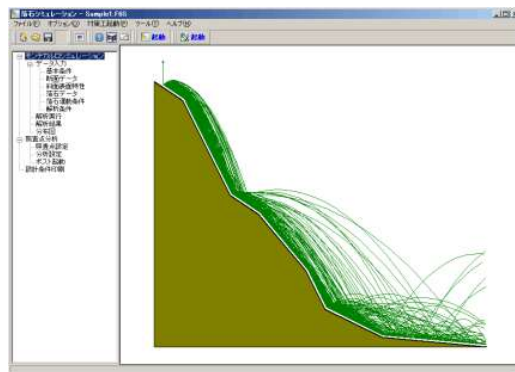


落石シミュレーション



落石シミュレーション:機能概要

- 「落石対策便覧に関する参考資料－落石シミュレーション手法の調査研究資料－」の中で紹介されている質点系シミュレーション手法に基づき、斜面を落下する落石運動の軌道予測と統計解析を行う数値シミュレーションプログラムです。
- 吉田らの手法に対応。
- シミュレーションの結果を用いて対策工の計算を行う「落石対策工の設計計算」が同梱されています。

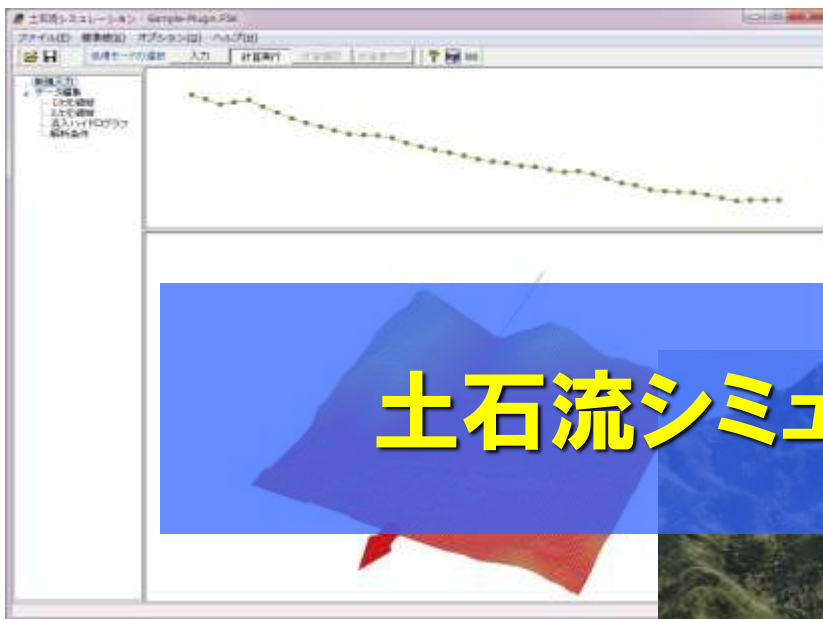


落石シミュレーション:UC-win/Roadへ

シミュレーションの結果を、OpenMicroSimファイルを介してUC-win/Roadにて3次元で確認することが可能です。



[画像クリックで動画再生](#)

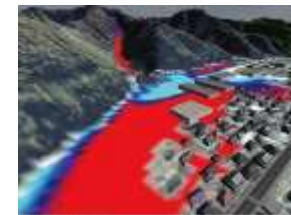
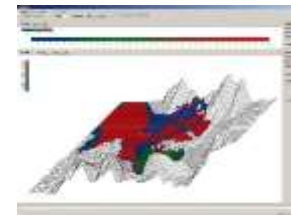
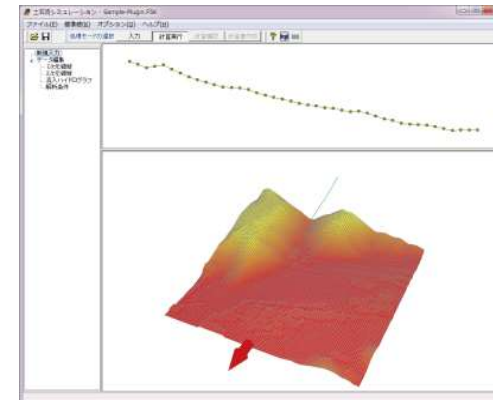
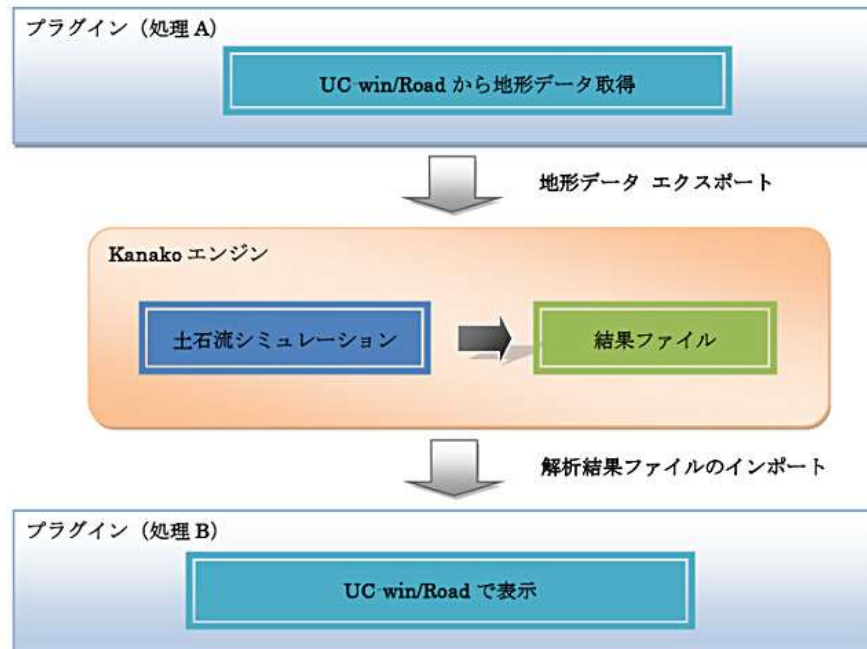


土石流シミュレーション

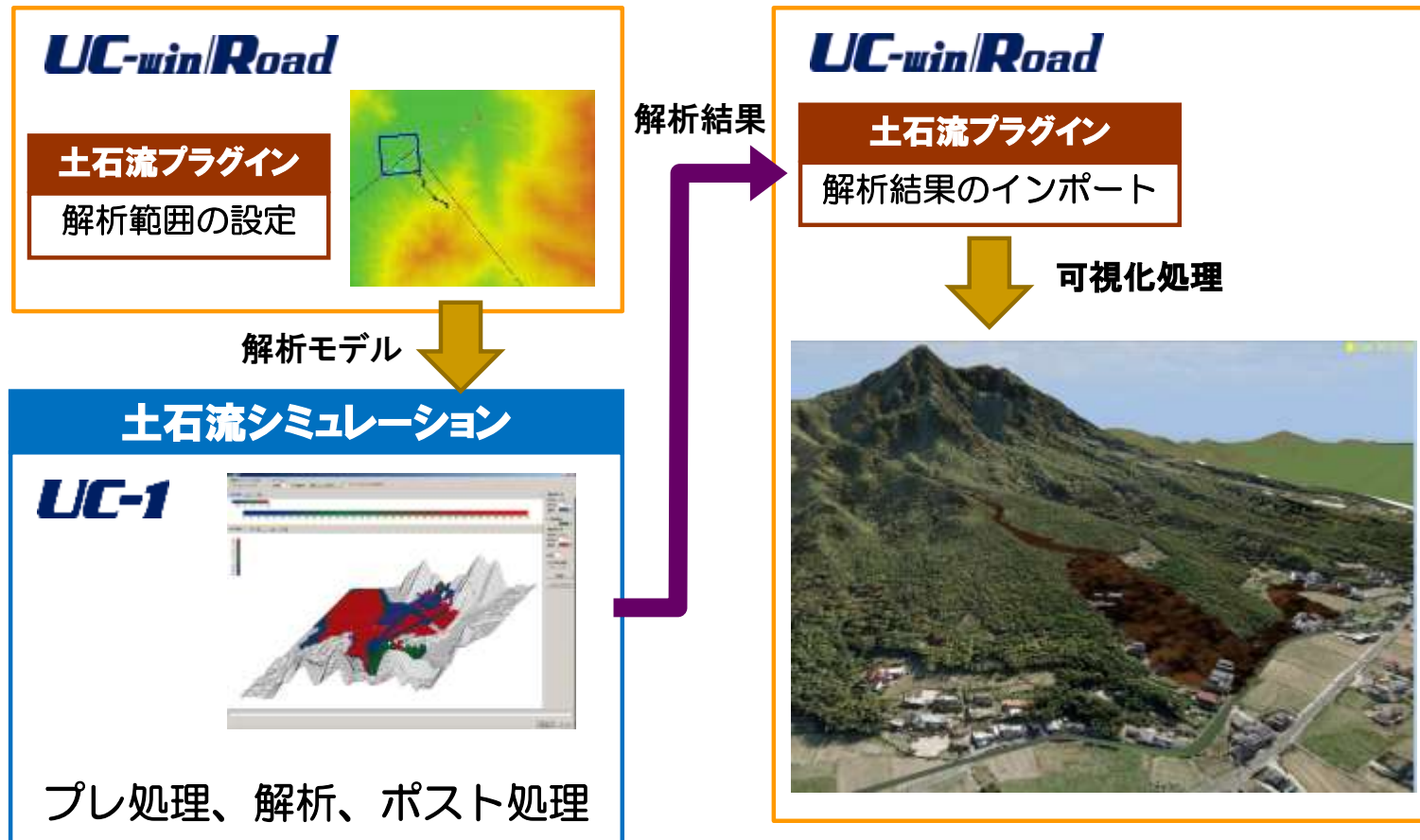


土石流シミュレーション：機能概要

- 京都大学大学院農学研究科で開発された『土石流シミュレータ(Kanako)』をソルバーとして、弊社にて別途、プリ部およびポスト部を用意し、一連の処理で土石流解析を行うことができる『UC-1 土石流シミュレーション』と、解析用インプットデータの作成および解析結果を可視化するための『UC-win/Road 土石流プラグイン』を統合したシステムです。



土石流シミュレーション:システムの流れ



土石流シミュレーション: 検討例

山口県防府市石原地区のシミュレーション



シミュレーション動画

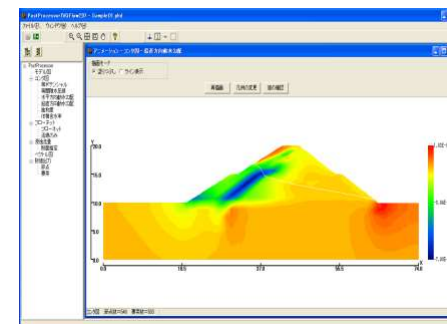
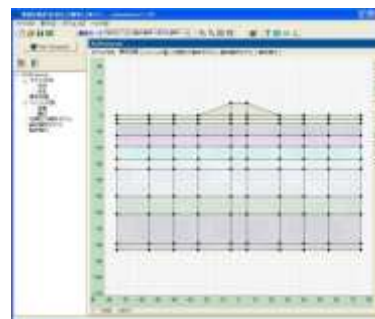
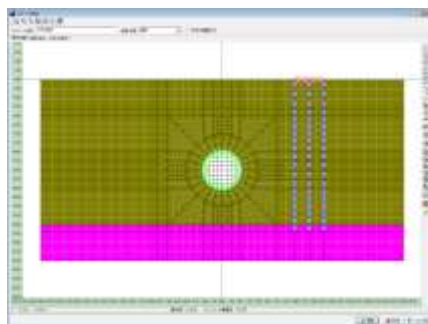
動画1



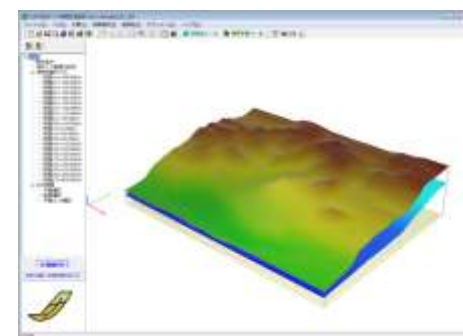
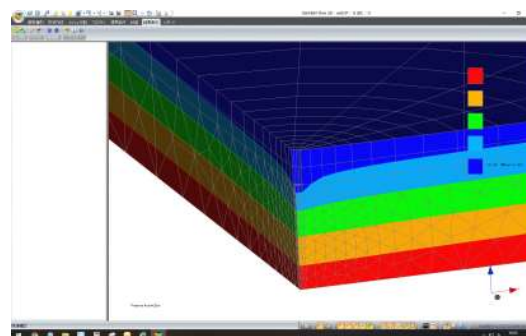
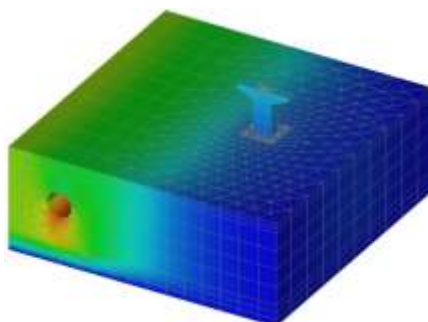
動画2



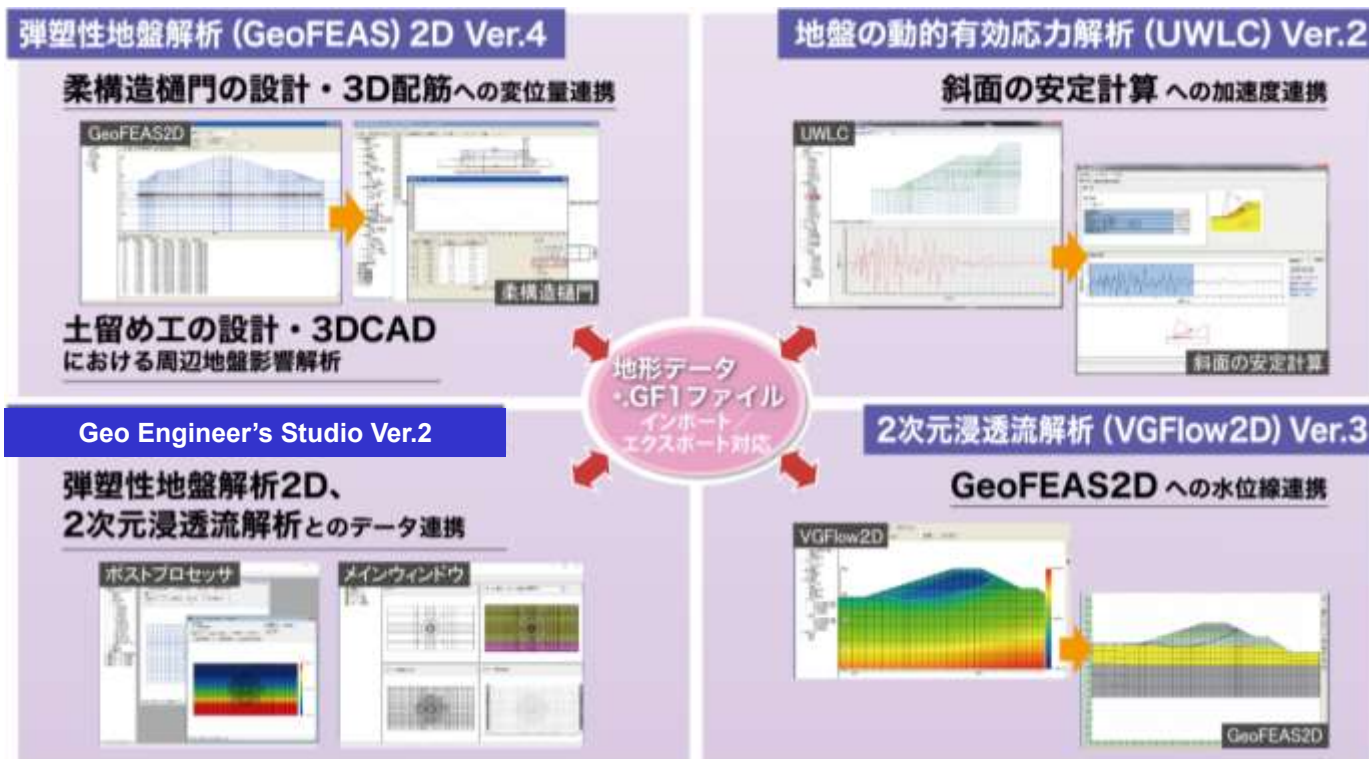
壩堤が1時間土石流を抑え、被害が大幅に軽減される結果となった。

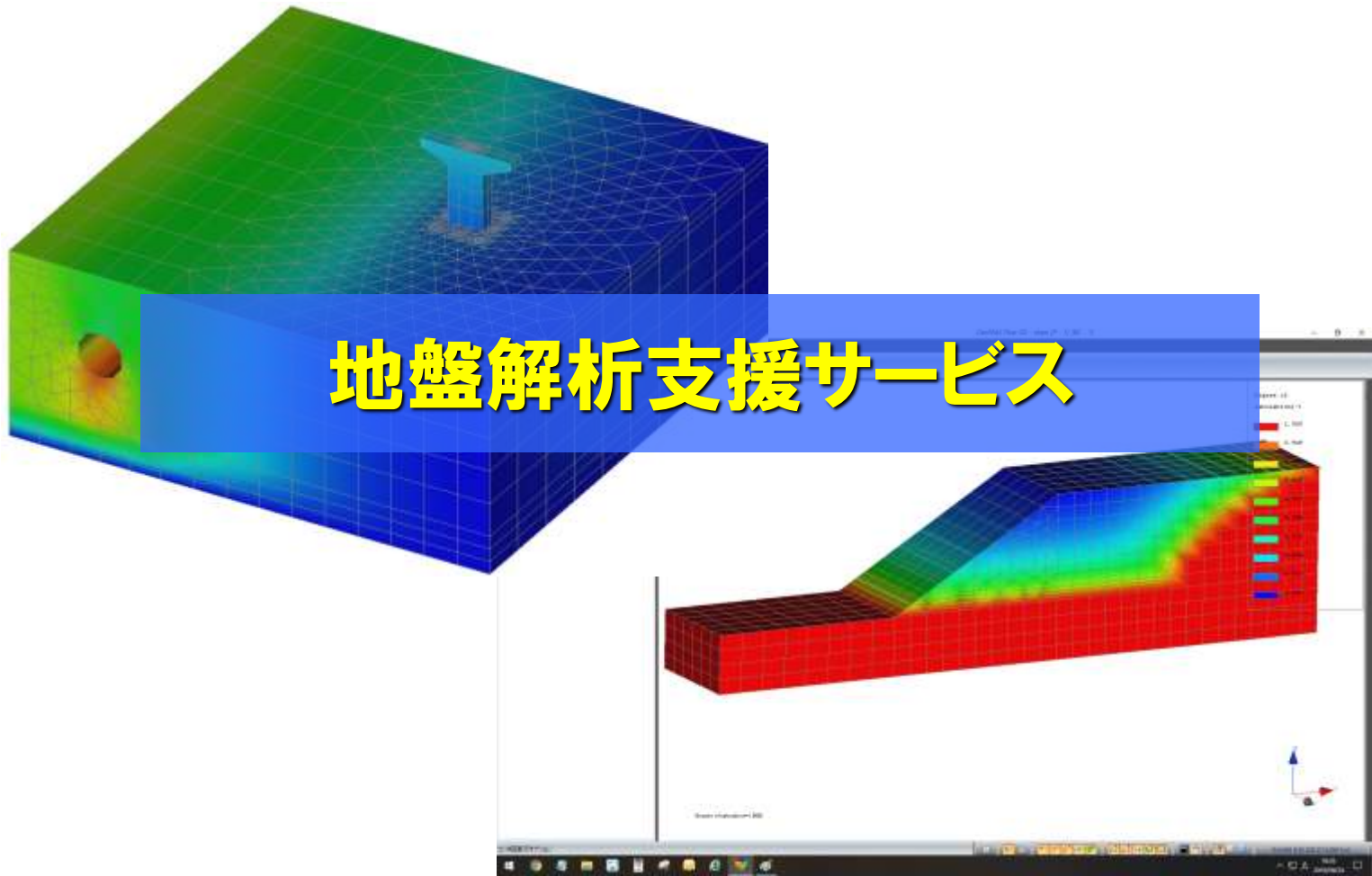


地盤解析シリーズの連携



地盤解析シリーズの連携

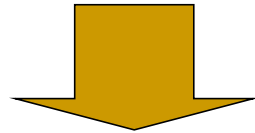




地盤解析支援サービス

- ・地盤解析シリーズ製品のラインナップが充実！

地盤解析などのFEM解析では、
モデル作成に要する時間が非常大きい



地盤解析シリーズユーザを対象に

地盤解析支援サービス（データ作成、報告書作成等）を提供いたします。

地盤解析支援サービス

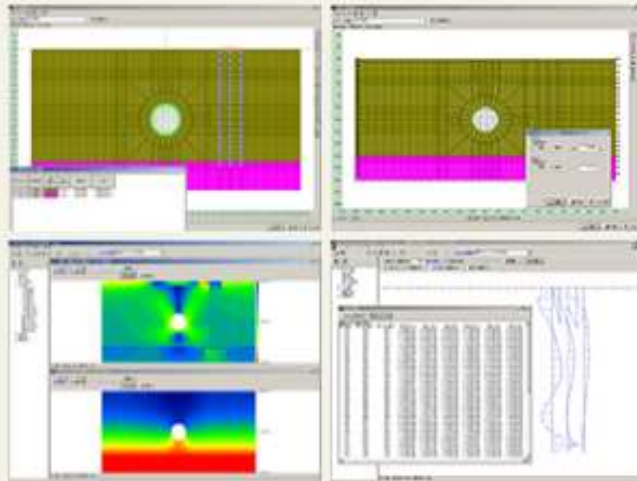
■ 二次元弾塑性地盤解析: GeoEnginner's Studio, 弾塑性地盤解析(GeoFEAS2D)

トンネル掘削解析

- 節点数=1260 ●ステージ数=6
- 梁要素使用 ●2次元通常モデル

解析支援サービス費

¥917,398 (税別)

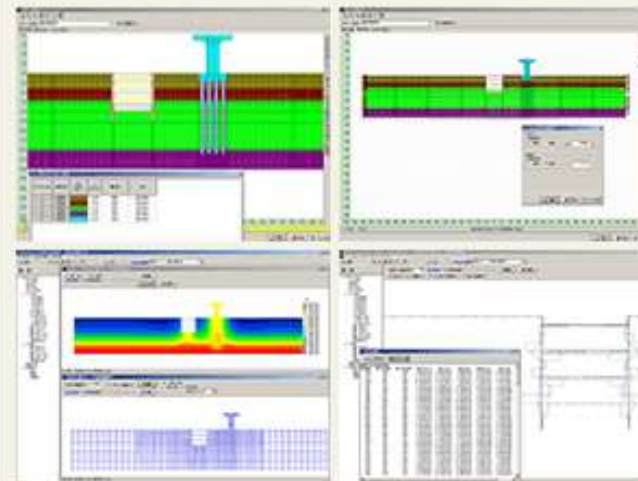


土留め掘削近接施工解析

- 節点数=1640 ●ステージ数=6
- 載荷荷重あり ●梁要素使用 ●2次元通常モデル

解析支援サービス費

¥965,699 (税別)



地盤解析支援サービス

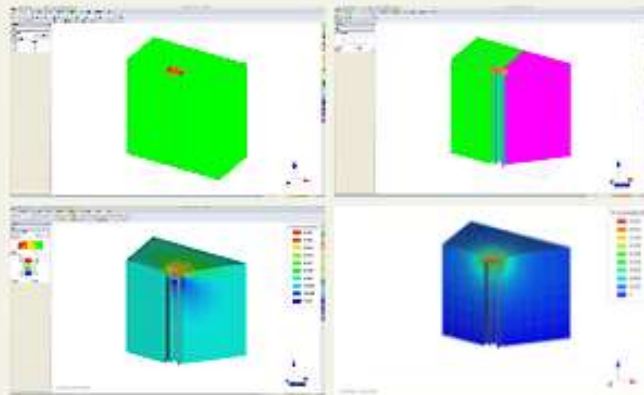
■ GeoFEAS Flow3D(弾塑性地盤解析)

杭基礎解析

- 節点数=2180 ●ステージ数=2
- 梁要素未使用 ●3次元通常モデル

解析支援サービス費

¥1,097,077 (税別)

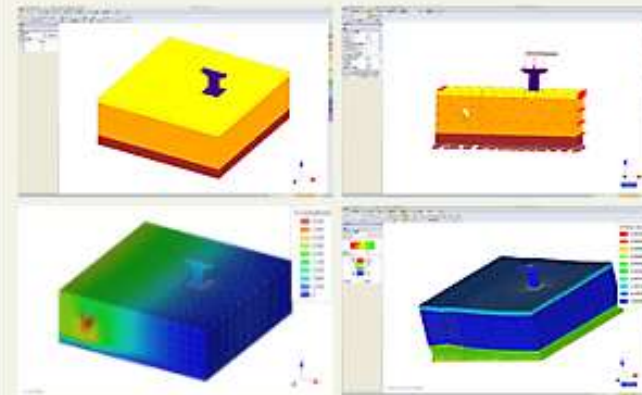


橋脚とトンネル解析

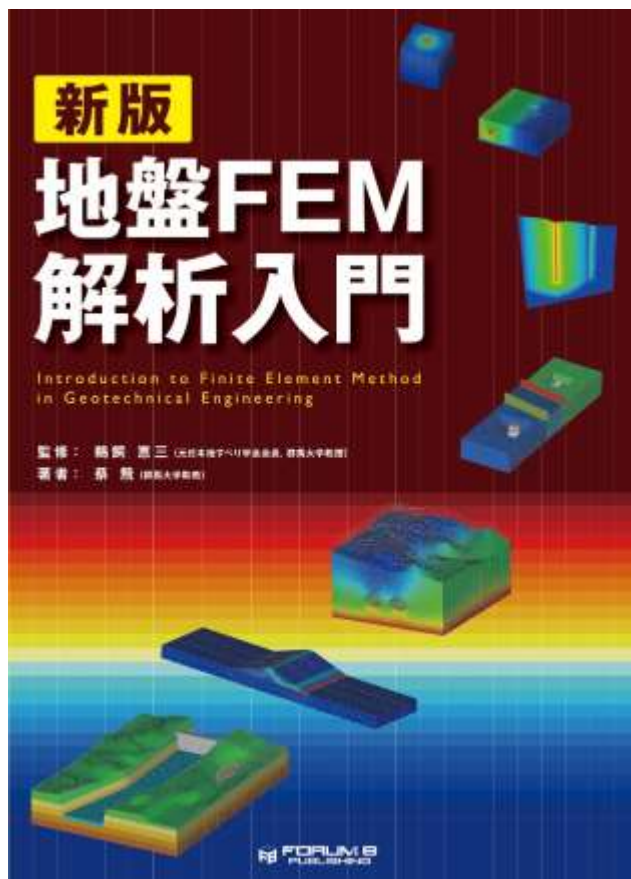
- 節点数=10347 ●ステージ数=2
- 梁要素未使用 ●3次元通常モデル

解析支援サービス費

¥1,889,213 (税別)



書籍紹介



■監修: 鵜飼 恵三

(元日本地すべり学会会長、元群馬大学教授)

■著者: 蔡 飛(群馬大学准教授)

■発行: 2013年9月19日

■価格: ¥3,800(税別)

- 第1章 地盤工学におけるFEM解析
- 第2章 地盤FEM解析の基礎理論
- 第3章 地盤FEM解析のためのモデリング技術
- 第4章 地盤材料の構成則
- 第5章 材料パラメータの決め方
- 第6章 地盤と構造物の相互作用
- 第7章 非線型解析
- 第8章 せん断強度低減法による安定解析
- 第9章 液状化に伴う自重による変形解析
- 第10章 解析事例
- 第11章 GeoFEAS操作方法
- 第12章 地中熱解析について

地盤解析概要

『Ⅰ．地盤解析概要』編の説明は以上となります。