



第2回 PLAXISによる洋上風力基礎構造物の解析セミナー

JIPテクノサイエンス株式会社 **Bentley**[®]
Advancing Infrastructure

内容

- PLAXIS Monopile Designerの概要について
- PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について
- PLAXISの新機能
- Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

PLAXIS Monopile Designerの概要について

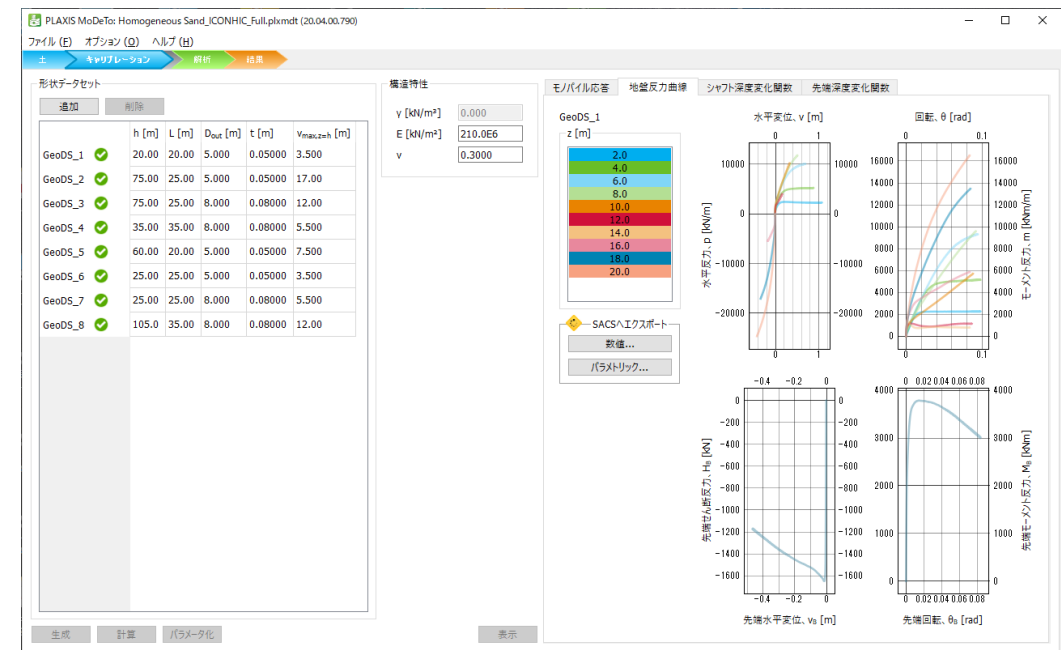
PLAXIS Monopile Designerとは・・・

- モノパイル基礎の最適化設計ツール

特長

- PISA Method^[1]に基づく1次元解析
- PLAXIS 3Dと連動
 - 解析モデル自動作成
 - 非線形地盤バネの自動設定
- 日本語GUIを利用可能

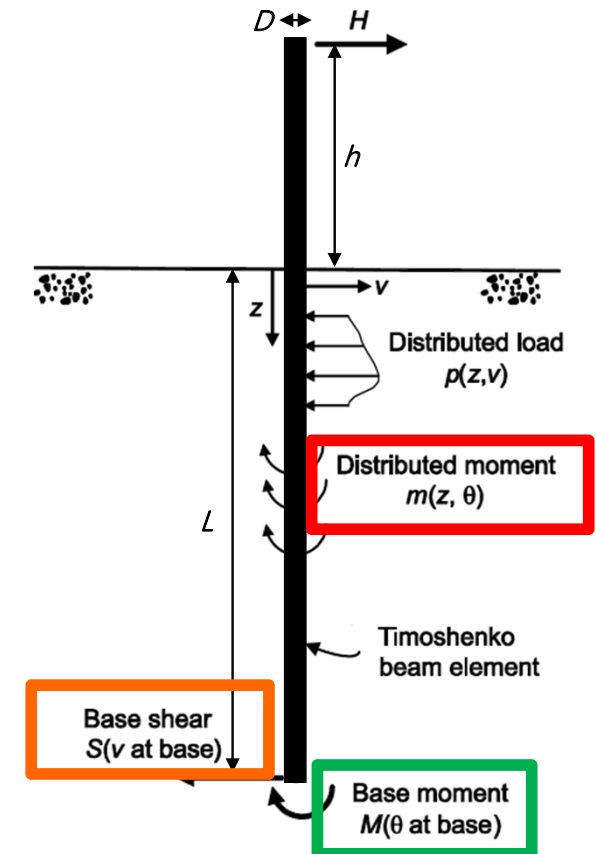
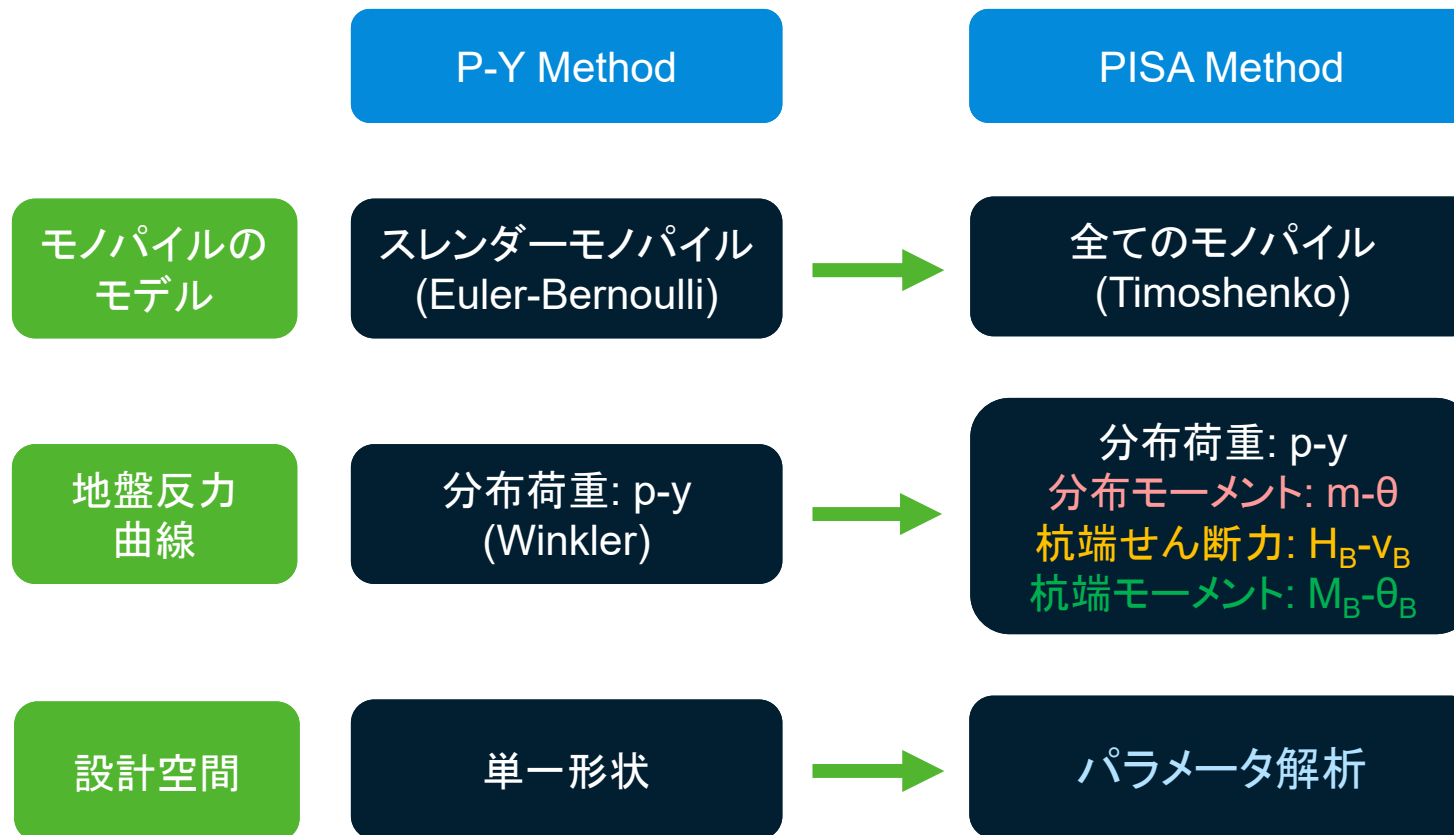
ファイル (F) オプション (O) ヘルプ (H)



[1] Byrne, B. et al. (2017). PISA: New Design Methods for Offshore Wind Turbine Monopiles. *8th International Conference for Offshore Site Investigation and Geotechnics*, London, UK.

PLAXIS Monopile Designerの概要について

PISA Methodに基づく1次元解析

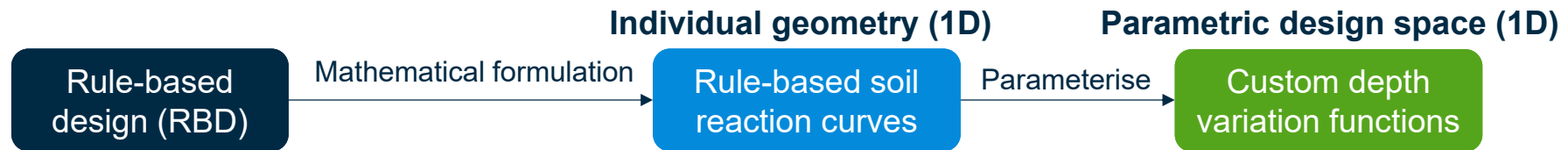


全てのモノパイル

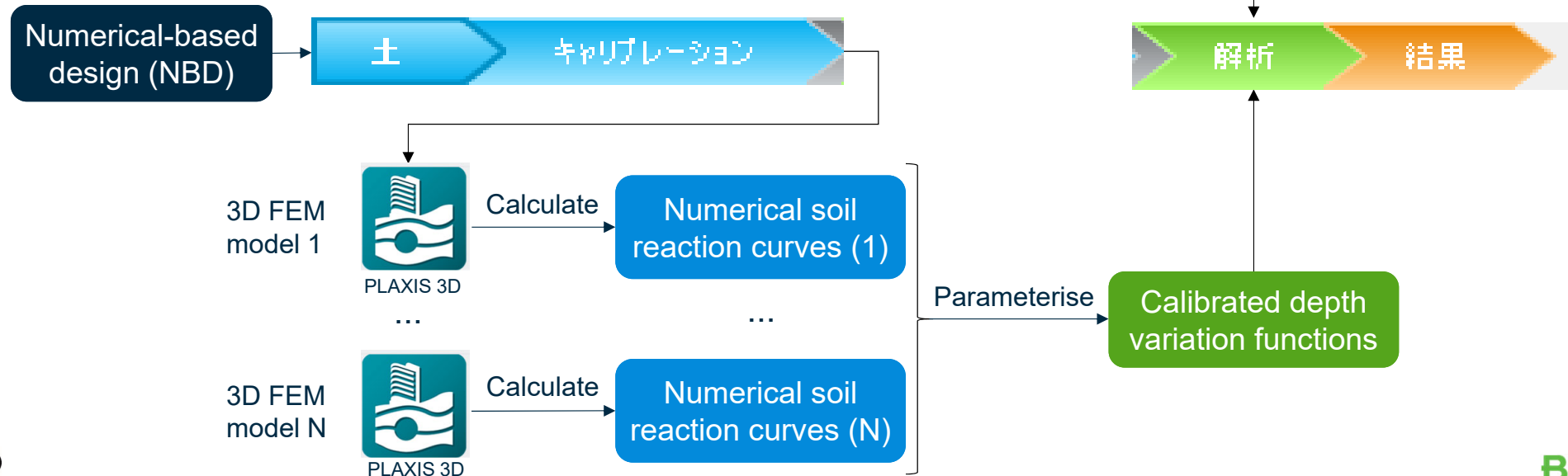
PLAXIS Monopile Designerの概要について

PLAXIS Monopile Designerのワークフロー

- 方法①: PLAXIS 3Dを使用しない場合 (Rule-based design)



- 方法②: PLAXIS 3Dを使用する場合 (Numerical-based design)



内容

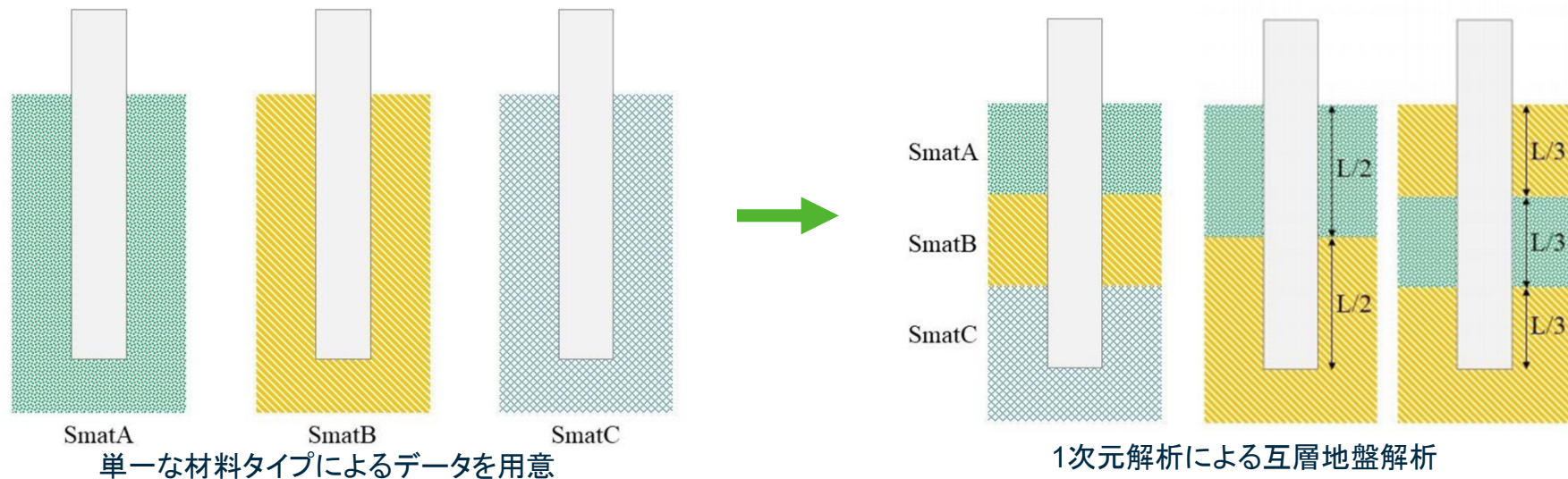
- PLAXIS Monopile Designerの概要について
- PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について
- PLAXISの新機能
- Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

PLAXIS Monopile Designerによる互層地盤解析

- 互層地盤対応の概要

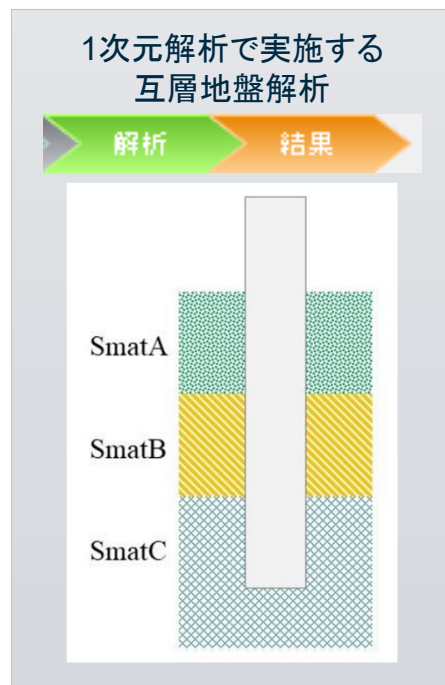
- 粘土または砂の**単一な材料タイプ**での**地盤反力曲線データ**(dvfファイル: **depth variation functionsファイル**)を用意
⇒Rule-based design、もしくは、Numerical-based designによりdvfファイルを作成
- 1次元解析にて、dvfファイルを組み合わせることで互層地盤解析が可能
- 1次元解析の互層地盤の解析条件による3次元解析の検証が可能(1次元解析との比較と最終的な3次元解析での確認)



PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

PLAXIS Monopile Designerによる互層地盤解析

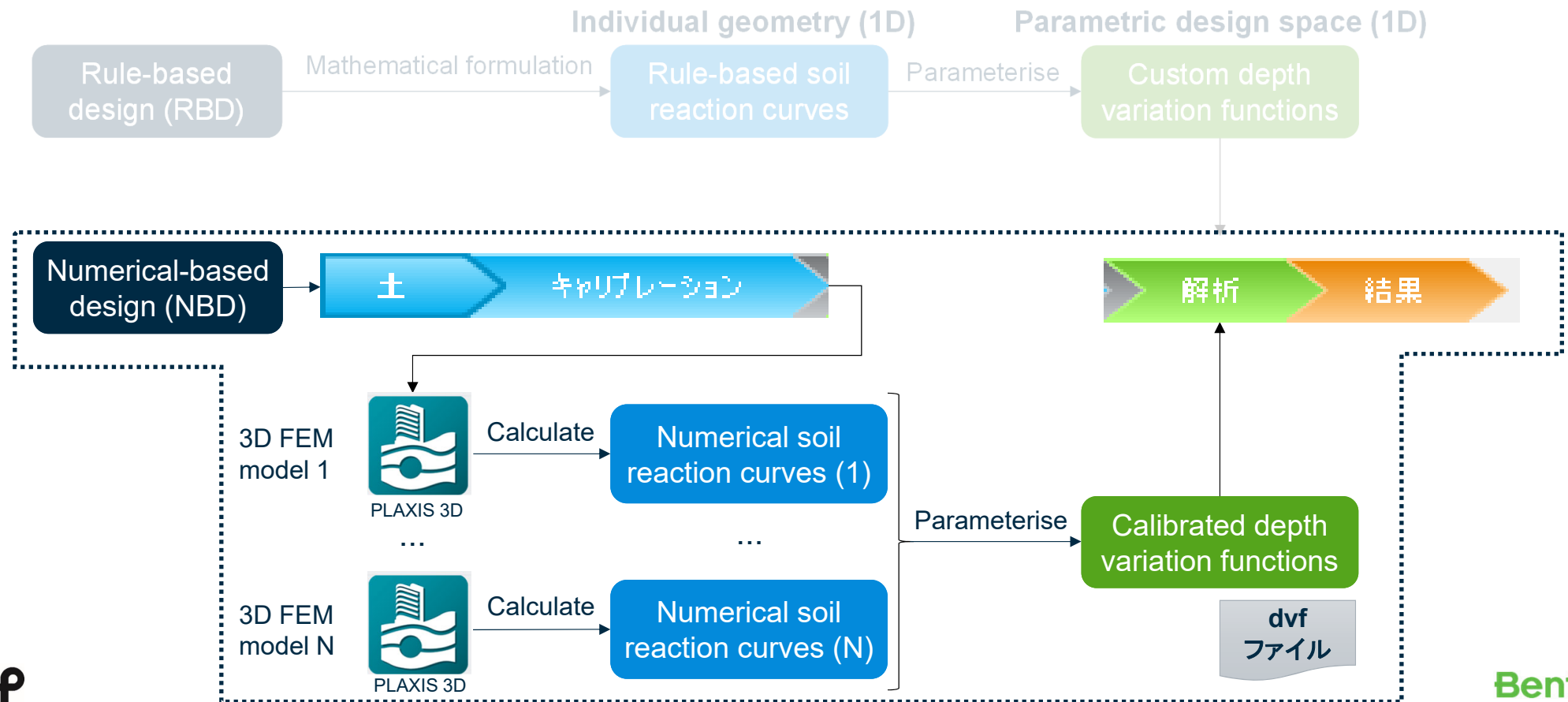
- 3層の互層地盤解析を想定した場合のワークフロー
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析



PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Numerical-based designでの互層地盤解析のワークフロー

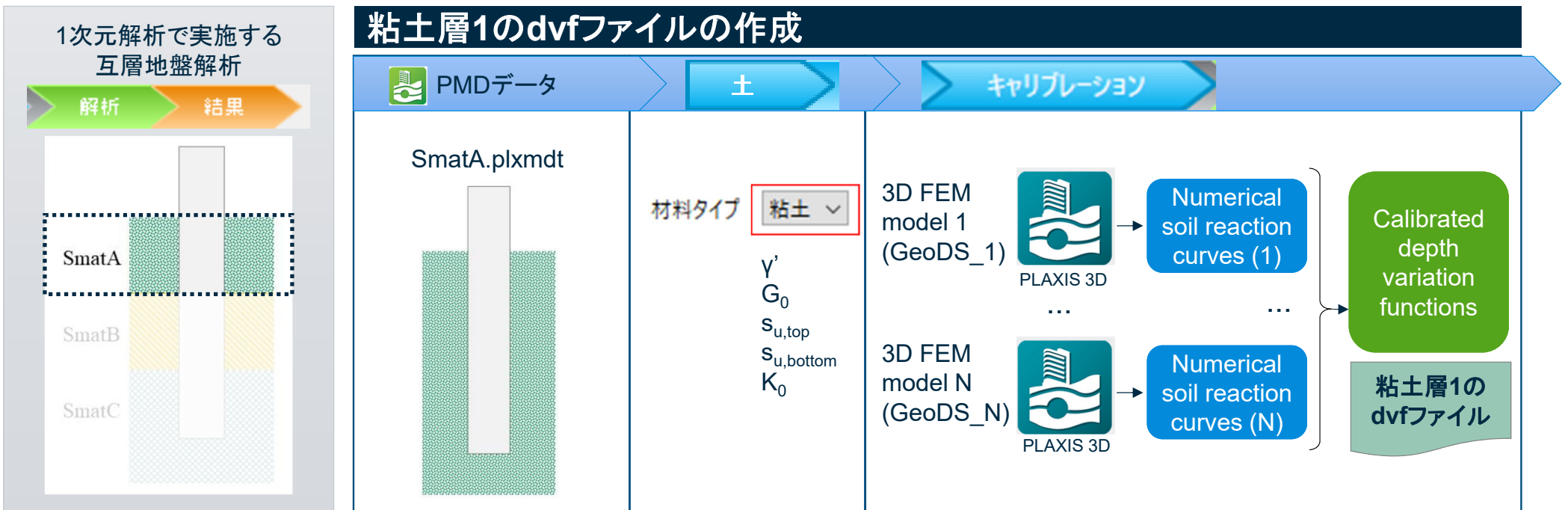
- PLAXIS 3Dを使用する場合 (Numerical-based design) による互層地盤



PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Numerical-based designでの互層地盤解析のワークフロー

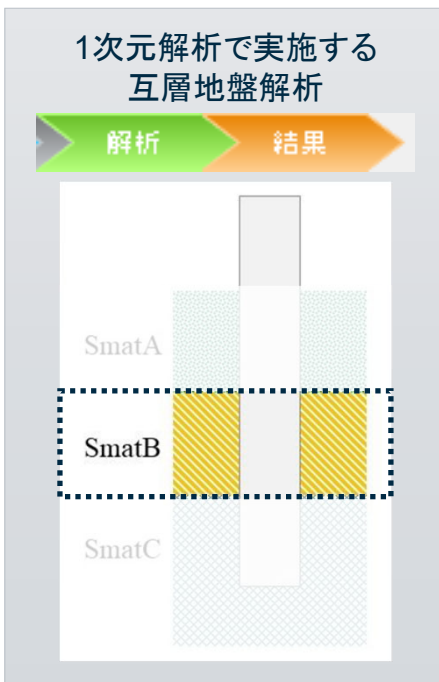
- 3層の互層地盤解析を想定した場合
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析
 - PLAXIS 3Dによる地盤反力曲線を生成するため、**各材料タイプでのPLAXIS Monopile Designer(PMD)のデータを作成**



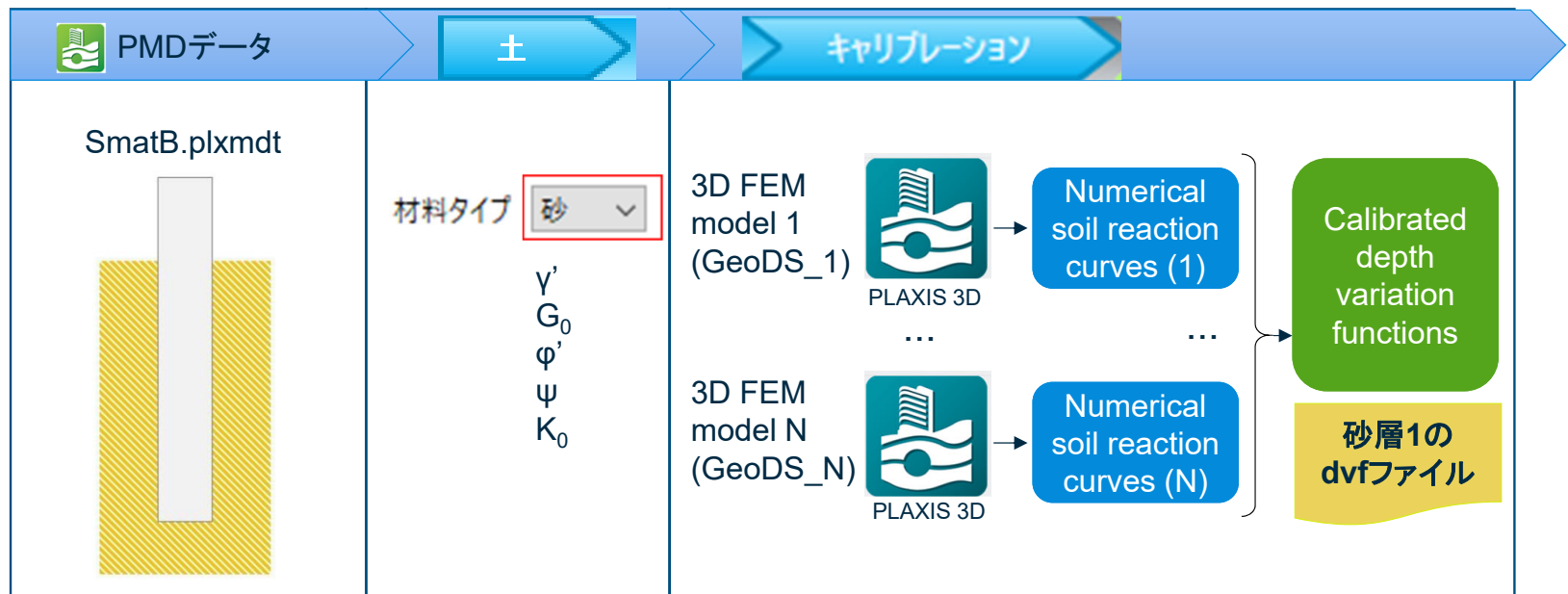
PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Numerical-based designでの互層地盤解析のワークフロー

- 3層の互層地盤解析を想定した場合
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析
 - PLAXIS 3Dによる地盤反力曲線を生成するため、**各材料タイプでのPLAXIS Monopile Designer(PMD)のデータを作成**



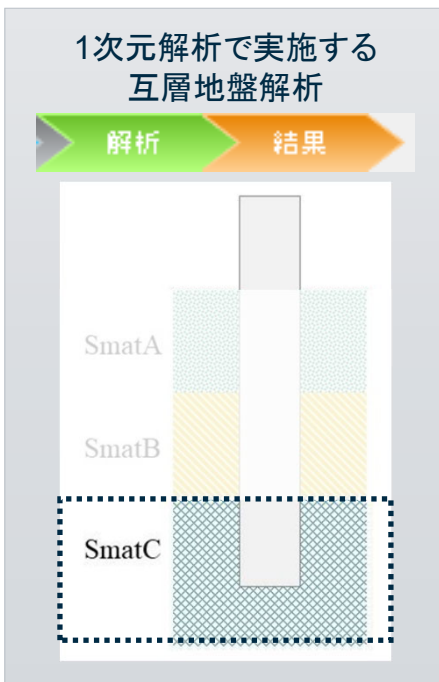
砂層1のdvfファイルの作成



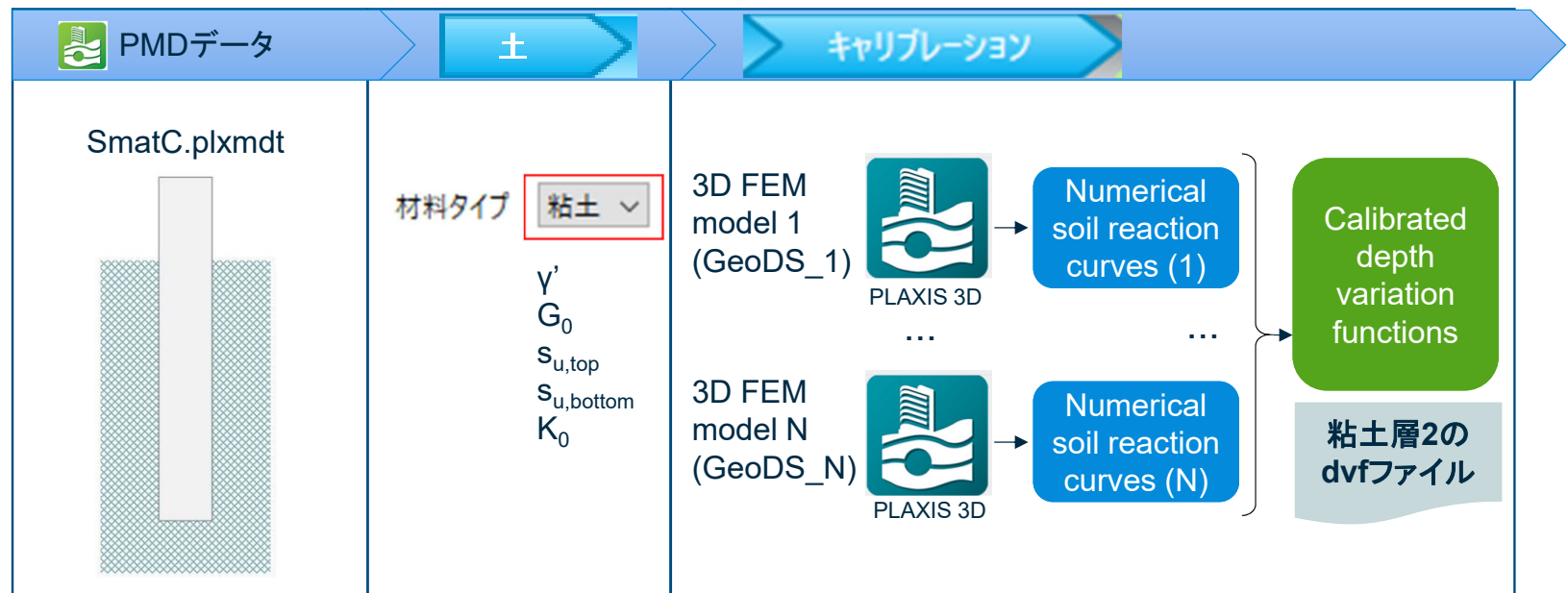
PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Numerical-based designでの互層地盤解析のワークフロー

- 3層の互層地盤解析を想定した場合
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析
 - PLAXIS 3Dによる地盤反力曲線を生成するため、**各材料タイプでのPLAXIS Monopile Designer(PMD)のデータを作成**



粘土層2のdvfファイルの作成

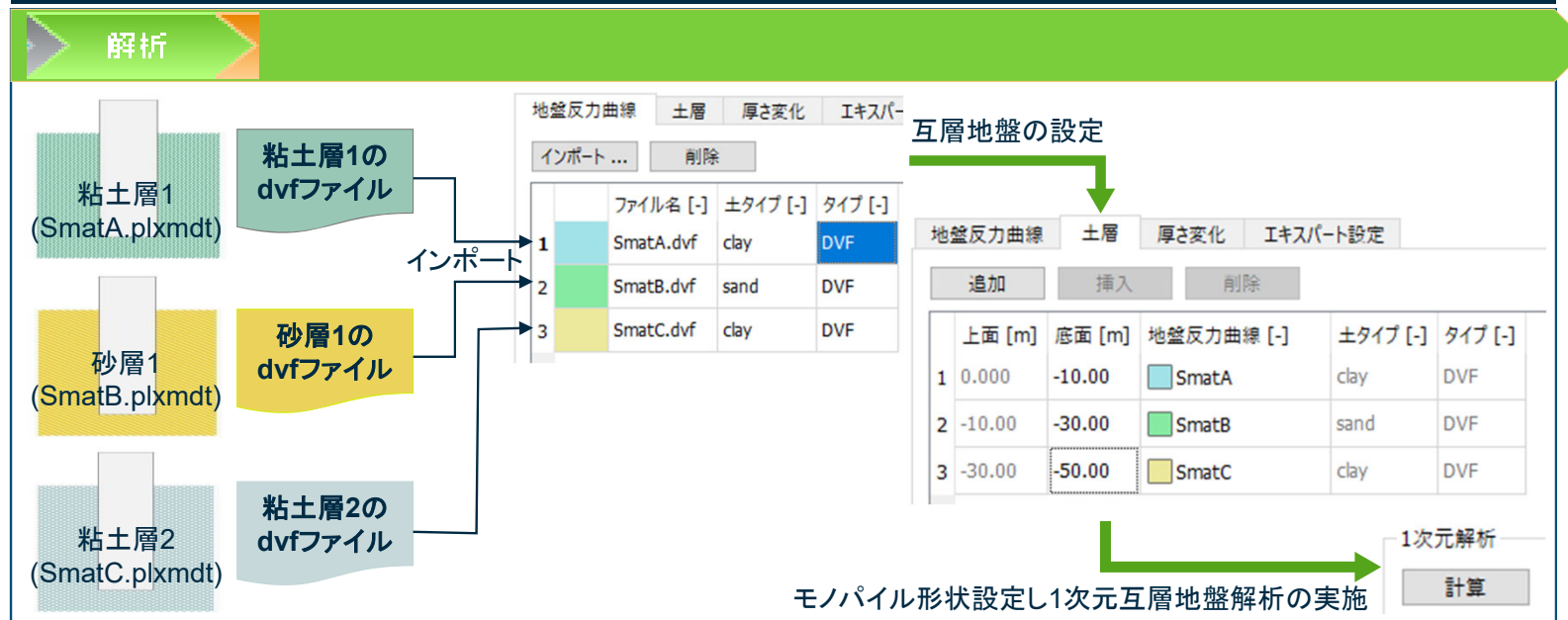


PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

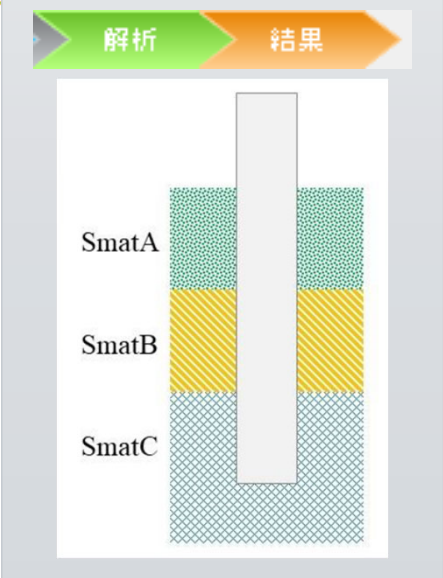
Numerical-based designでの互層地盤解析のワークフロー

- 3層の互層地盤解析を想定した場合
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析
 - 作成した各dvfファイルをインポートし、1次元解析で互層地盤を設定

1次元互層地盤解析の設定



1次元解析で実施する
互層地盤解析

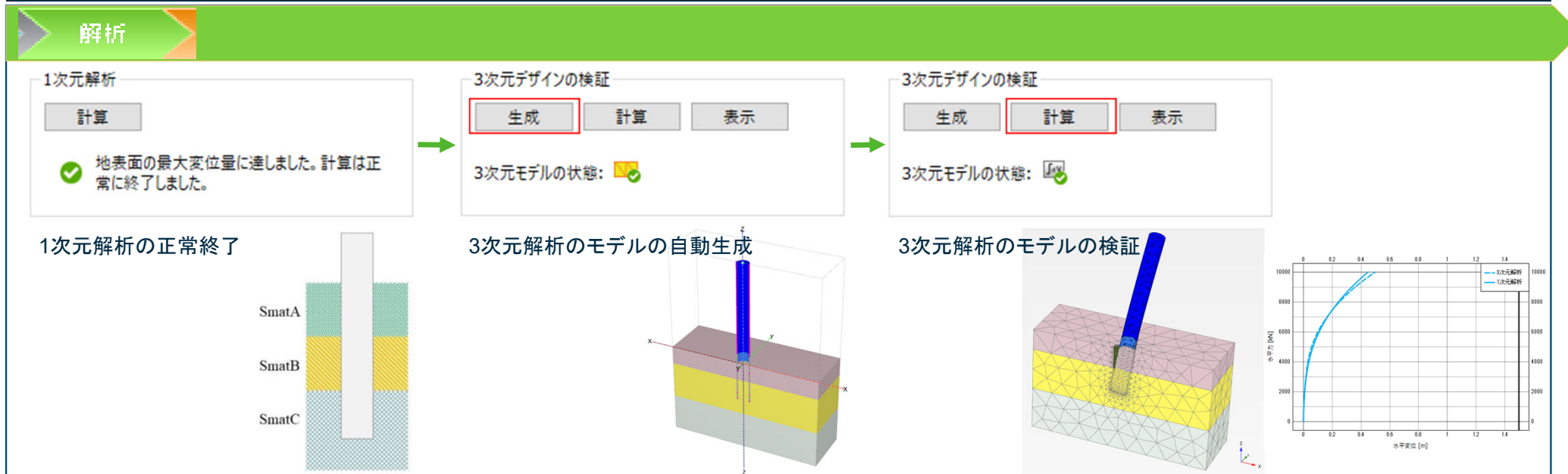


PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Numerical-based designでの互層地盤解析のワークフロー

- 3層の互層地盤解析を想定した場合
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析
 - 解析実施した1次元解析の互層地盤条件を用いて3次元モデルの自動生成と計算実行

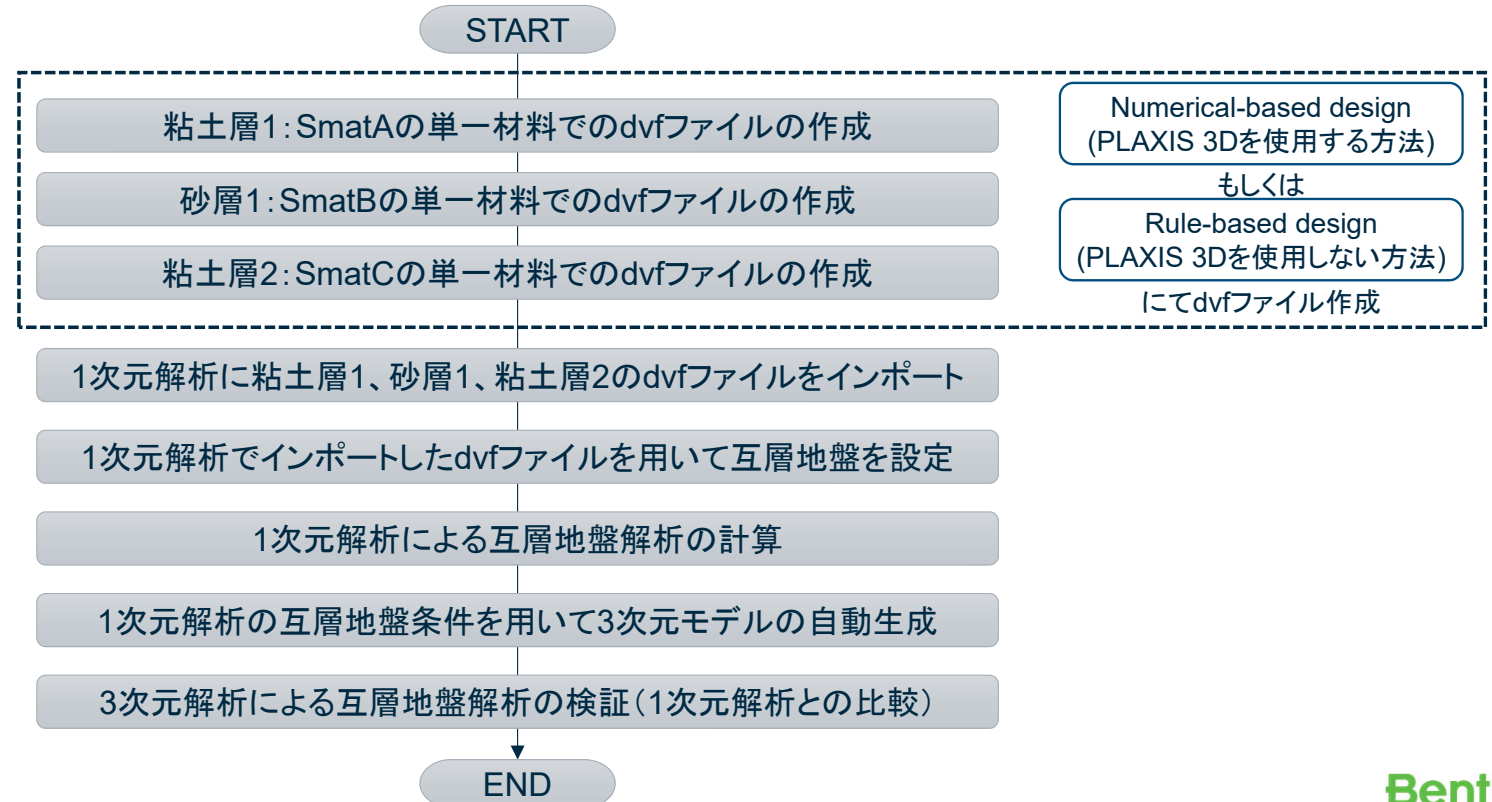
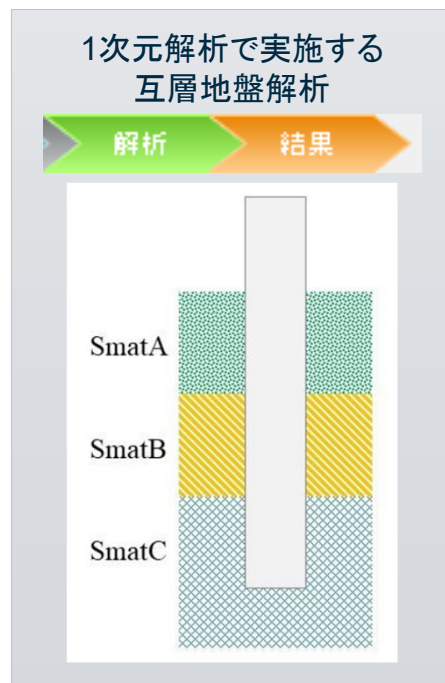
3次元互層地盤解析の自動生成と検証解析



PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

PLAXIS Monopile Designerによる互層地盤解析

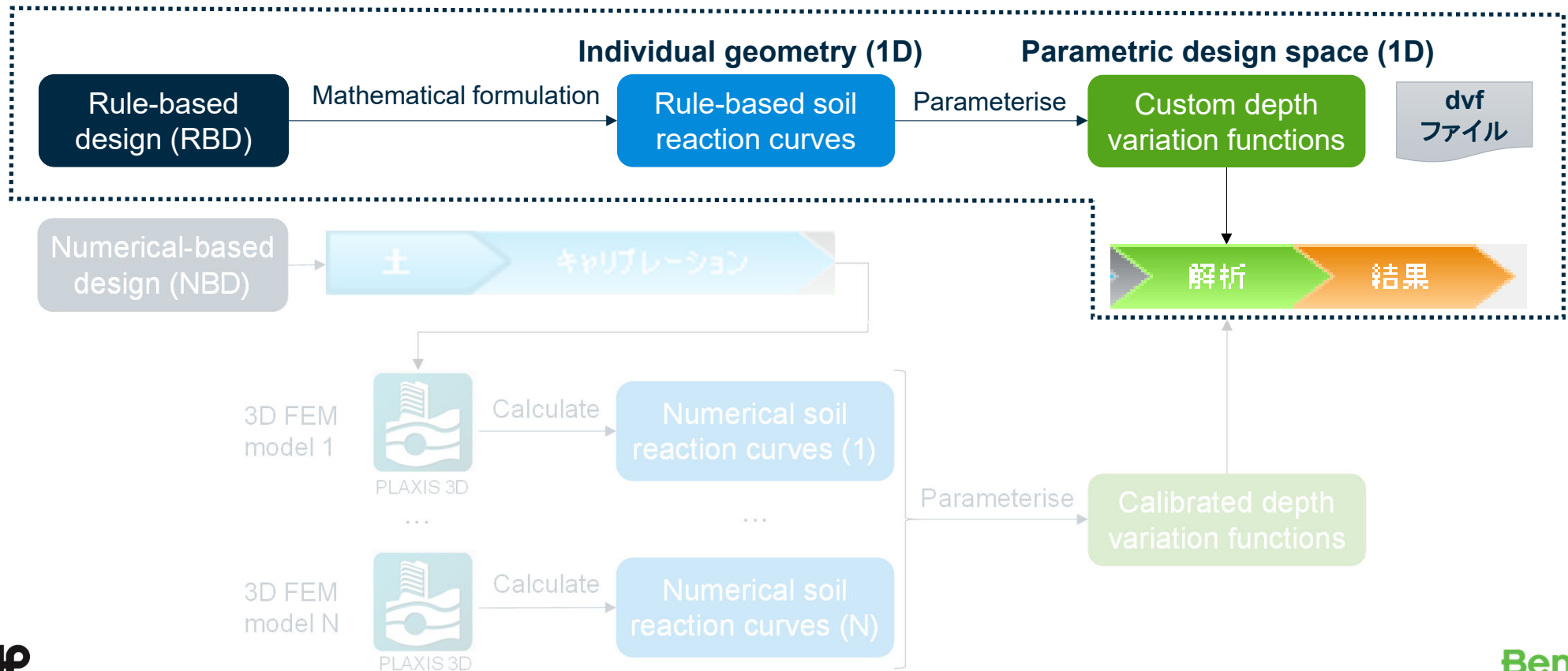
- 3層の互層地盤解析を想定した場合のワークフロー
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析



PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Rule-based designでの互層地盤解析のワークフロー

- PLAXIS 3Dを使用しない場合 (Rule-based design) による互層地盤



PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Rule-based designでの互層地盤解析のワークフロー

- 3層の互層地盤解析を想定した場合
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析
 - テキストエディターにて、各材料タイプのdvfファイルを作成

Rule-based designでのdvfファイルの作成

- dvfファイルのフォーマット ※スペース区切り
 - バージョンナンバー (PLAXIS Monopile Designerのバージョンに対応)
 - パラメータ化の関数タイプ (Conic function)
 - 材料タイプ (砂/粘土) と排水タイプ (排水/非排水)
 - 各層の層厚と地盤材料パラメータ
 - キャリブレーション時で使用したモノパイルの形状データセット (L 、 h 、 t 、 D_{out} 、 E)
 - キャリブレーション時の海底面での最大変位と最大回転角
 - フィッティングパラメータ (砂タイプは24パラメータ/粘土タイプは28パラメータ)

粘土層1の
dvfファイル

砂層1の
dvfファイル

粘土層2の
dvfファイル

```
1 rule-based Clay.dvf
2 # Depth variation functions Flag
3 PLAXIS MONOPILE DESIGNER V22 DEPTH VARIATION FUNCTIONS
4 # Version number
5 3
6 # Parameterisation function type
7 conic
8 # Material type
9 clay
10 # Drainage type
11 undrained
12 # Number of soil layers
13 1
14 # Soil layer ztop(m) zbottom(m) gammasubmerged(kN/m3) G0(kN/m2)
15 1 0.0 -50.0 8.0 150000.0 70.0 150.0 1.0
16 # Number of Geometry data sets
17 11
18 # h(m) L(m) Dout(m) t(m) E(kN/m2)
19 50 20 10 0.091 2.10E+08
20 150 20 10 0.091 2.10E+08
21 50 20 10 0.125 2.10E+08
22 150 20 10 0.091 2.10E+08
23 25 10 5 0.045 2.10E+08
24 25 10 5 0.083 2.10E+08
25 25 30 5 0.045 2.10E+08
26 75 30 5 0.045 2.10E+08
27 37.5 15 7.5 0.068 2.10E+08
28 37.5 45 7.5 0.068 2.10E+08
29 # Max displacement reached at ground level (m)
30 1.50
31 # Max rotation reached at ground level (rad)
32 0.10
33 # Fitting parameters
34 241.4000000
35 10.6000000
36 -1.6500000
37 0.9390000
38 -0.0334500
39 10.7000000
40 -7.1010000
41 -0.3085000
42 0.2041549
43 1.4200000
44 -0.0964300
45 0.0000000
46 0.2899000
47 -0.0477500
48 235.7000000
49 2.7170000
50 -0.3575000
51 0.8793000
52 -0.0315000
53 0.4038000
54 0.0481200
55 173.1000000
56 0.2146000
57 -0.0021320
58 1.0790000
59 -0.1087000
60 0.8192000
61 -0.0858800
62 # kp_min
63 1.0
```

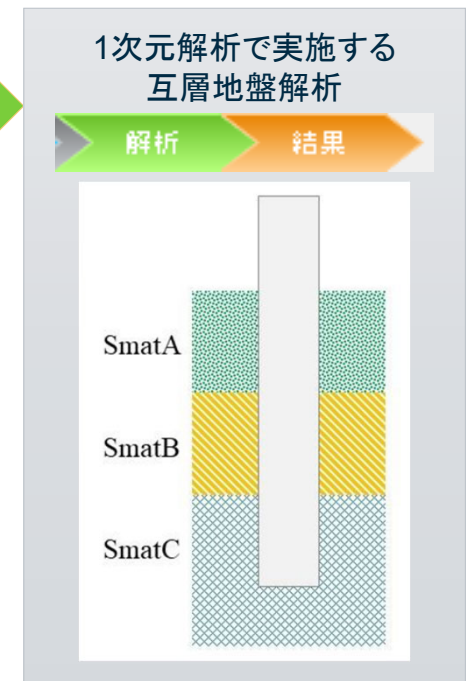
粘土タイプの例

PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Rule-based designでの互層地盤解析のワークフロー

- 3層の互層地盤解析を想定した場合
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析
 - 作成した各dvfファイルをインポートし、1次元解析で互層地盤を設定

1次元互層地盤解析の設定

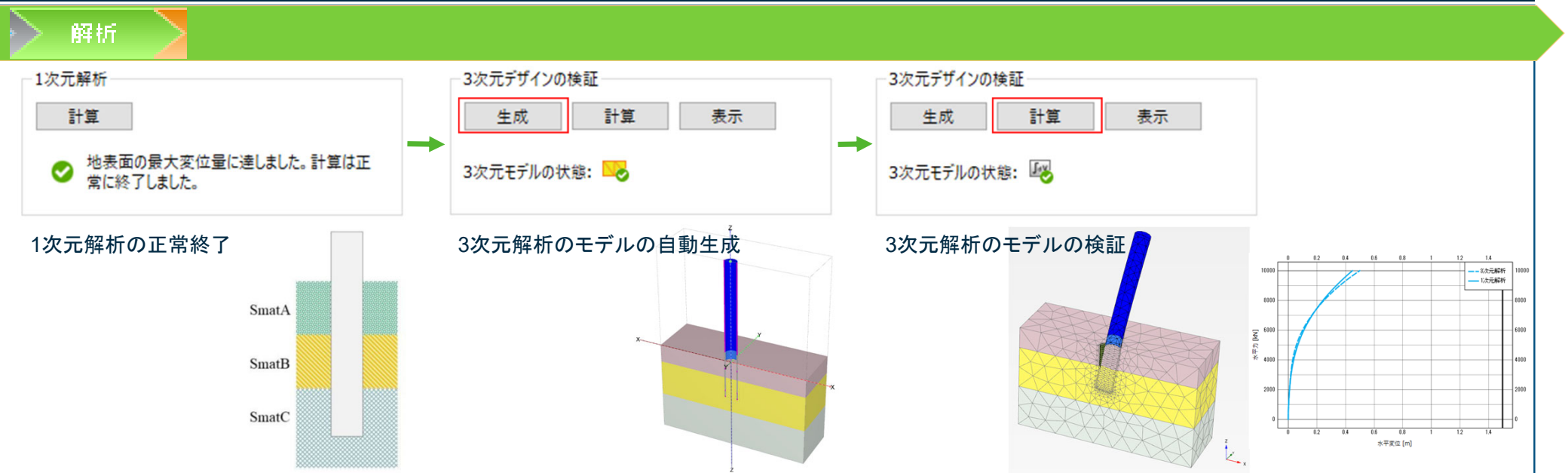


PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

Rule-based designでの互層地盤解析のワークフロー

- 3層の互層地盤解析を想定した場合
 - SmatA: 粘土層1、SmatB: 砂層1、SmatC: 粘土層2での互層地盤解析
 - 解析実施した1次元解析の互層地盤条件を用いて3次元モデルの自動生成と計算実行

3次元互層地盤解析の自動生成と検証解析

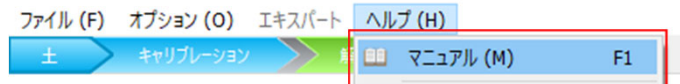


PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について

PLAXIS Monopile Designerによる互層地盤解析の例題

4. Tutorial 2 – Layered Soilsの参照

– 「ヘルプ」→「マニュアル」



– <https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/plaxis-soilvision-wiki/45428/manuals---plaxis-monopile-designer>



4

Tutorial 2 - Layered Soils

This tutorial is built in two parts:

- [Rule based-design](#) (on page 89) uses the published depth variation functions for the Cowden till model and the general Dunkirk sand model.
- [Numerical-based design](#) (on page 99) calibrates site-specific depth variation functions from 3D FEM analyses.

The soil profile, monopile geometry, and workload are the same in both parts. Thus, this tutorial will demonstrate the differences between rule-based design (RBD) and numerical-based design (NBD) in layered soil.

The location consists of two interbedded soil units, a stiff clay and a very dense sand (RD = 90%).

Table 14: Layered soil profile

Top(m)	Bottom (m)	Soil unit
0.0	-3.0	Clay
-3.0	-6.0	Sand
-6.0	-12.5	Clay
-12.5	-22.5	Sand
-22.5	-50.0	Clay

For simplicity, each of the soil units is modelled as a homogeneous single-layer profile, with the following depth variation profiles for the small strain shear modulus, G_0 .

内容

- PLAXIS Monopile Designerの概要について
- PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について
- PLAXISの新機能について
- Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

PLAXISの新機能について

PLAXIS Monopile Designerの新機能

- 1次元解析においてPython スクリプトが使用可能

PLAXIS 3Dの新機能とベータ版機能

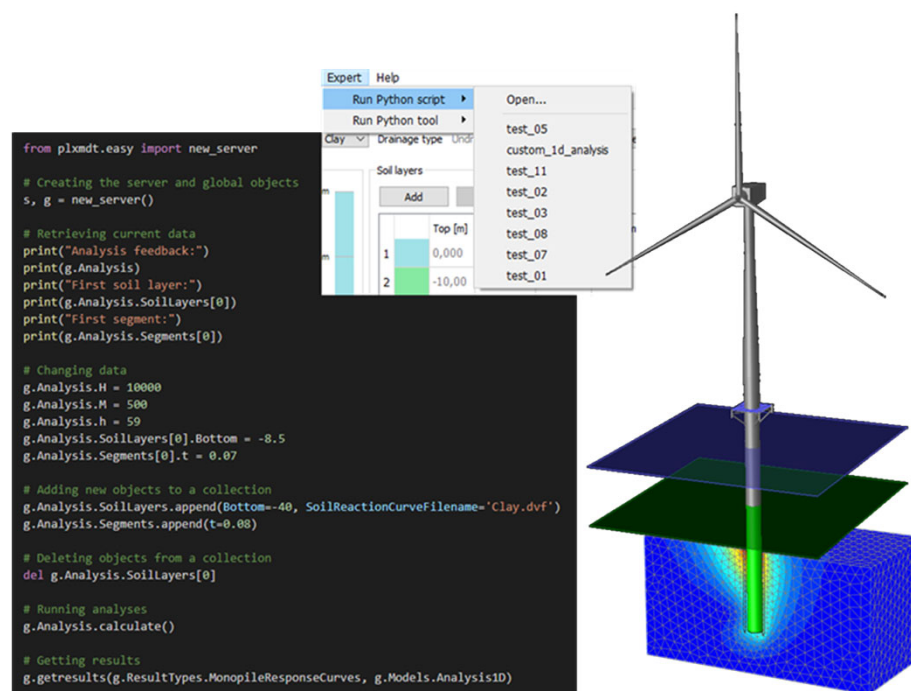
- 材料データベースの構造が刷新
- 不連続要素の追加
- PLAXIS-SACS Suction Bucket Analysis tool  Technology Preview (ベータ版機能)
- Soil structure interaction with RAM Elements  Technology Preview (ベータ版機能)

PLAXISの新機能について

PLAXIS Monopile Designerの新機能

- 1次元解析においてPython スクリプトが使用可能
 - PLAXIS Monopile Designerプロジェクト作成やファイルオープンと保存
 - 1次元解析データの作成(dvfファイルのインポート、地層の設定、モノパイルの形状の設定など)
 - 1次元解析の計算や結果の表示

のちほどご紹介



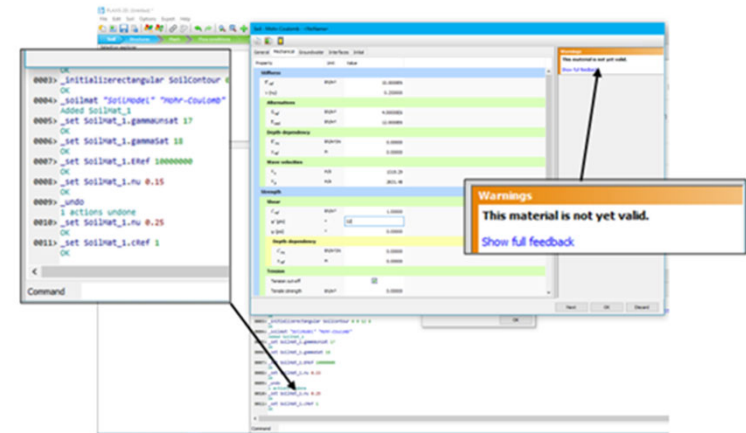
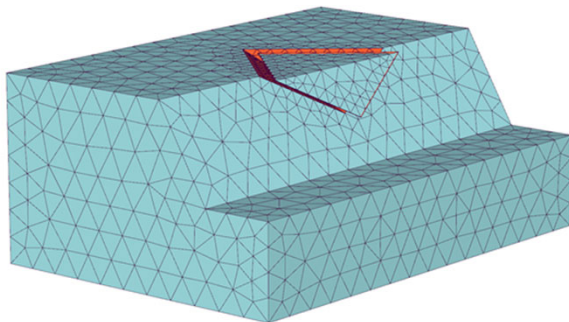
PLAXISの新機能について

PLAXIS 3Dの新機能とベータ版機能

- 材料データベースの構造が刷新
 - 材料設定画面の変更
 - Pythonスクリプトやコマンドランナーによる材料設定の使用性向上



V21以前の旧バージョンのPLAXISデータを開くと
「(ファイル名)_converted」として別ファイルとして開かれる

- 不連続要素の追加
 - 弱層や破壊面といった岩盤の不連続を解析するための不連続要素の追加



PLAXISの新機能について

PLAXIS 3Dの新機能とベータ版機能

- PLAXIS-SACS Suction Bucket Analysis tool  Tech.Preview
 - SACS (オフショア構造解析および設計ソフトウェア) のサクシヨンバケット情報を、PLAXIS 3Dにインポートし形状生成
 - PLAXISで非線形静的解析を行った解析結果をSACSに非線形バネとしてインポートし、SACSでサクシヨンバケットの解析
- Soil structure interaction with RAM Elements  Tech.Preview
 - RAM Elements (3D構造解析および設計ソフトウェア) の上部構造情報を、PLAXIS 3DのSuper Elementとしてインポート
 - RAM Elementsの上部構造の剛性マトリクスがPLAXISに組み込まれ、完全連成な非線形地盤－構造相互作用による解析

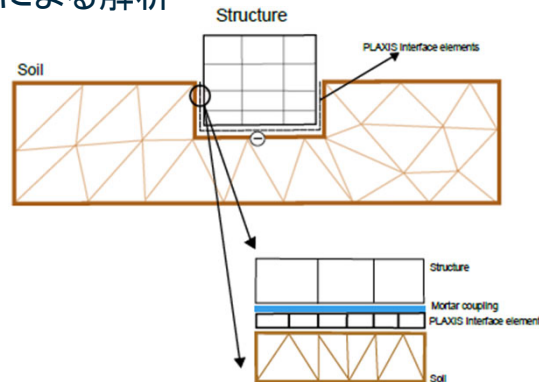


Figure 342: Soil/Structure Model

Soil structure interaction with RAM Elements

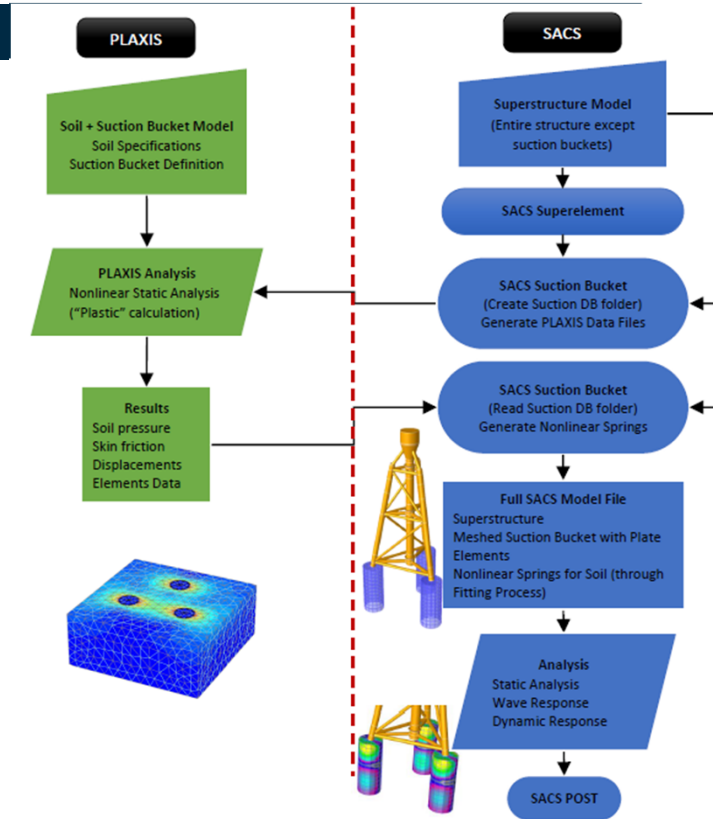


Figure 2: The user workflow to generate a SACS model with suction buckets and soil nonlinear springs using SACS and PLAXIS

PLAXIS-SACS Suction Bucket Analysis tool

内容

- PLAXIS Monopile Designerの概要について
- PLAXIS Monopile Designerの互層地盤対応について
- PLAXISの新機能について
- Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

PLAXISにおけるコマンドでの制御

- コマンドライン

- PLAXISのコマンドによる制御形式
- プログラミング知識がなくても操作が容易
- モデル情報や結果を参照したコマンド操作が不可
- 数値データの出力がコマンドラインのコンソール上のみで煩雑

(X,Y)=(1,2)にポイント作成コマンド(コマンドライン)

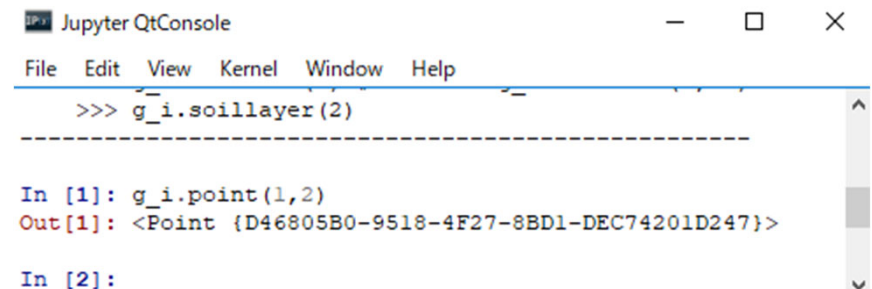


```
コマンドライン
セッション モデル履歴
0004> _gotostructures
OK
0005> point 1 2
Point_1 を追加
<
コマンド point 1 2
```

- Pythonスクリプト

- PLAXISのコマンド+Pythonプログラミングによる制御形式
- プログラミングをベースとしてるため、反復制御や条件分岐が可能
- モデル情報や結果を参照したコマンド操作が可能
- Pythonの様々なモジュールを利用することが可能
- Pythonやプログラミングの知識が必要

(X,Y)=(1,2)にポイント作成コマンド(Pythonスクリプト)

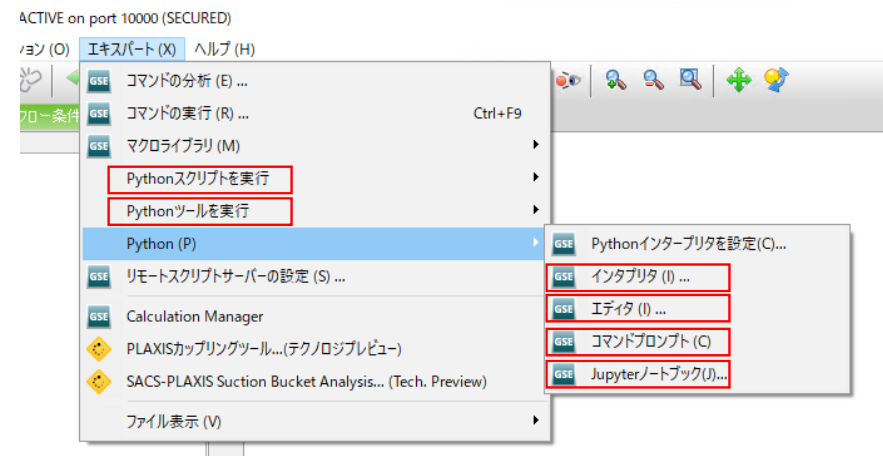


```
Jupyter QtConsole
File Edit View Kernel Window Help
>>> g_i.soillayer(2)
-----
In [1]: g_i.point(1,2)
Out[1]: <Point {D46805B0-9518-4F27-8BD1-DEC74201D247}>
In [2]:
```

Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

PLAXISのPythonスクリプトの使用方法

- インタプリタ
 - PLAXIS をPythonをインタプリタとして利用
 - コマンド入力方式でPythonコードを入力
- Jupyterノートブック
 - PLAXISのPythonをJupyterノートブックを用いて利用
 - Pythonコードを埋め込みドキュメント作成が可能
- エディタ
 - エディタからコードテキストを作成・修正して実行する方法
- PythonスクリプトおよびPythonツール
 - 作成したPythonコードを読み込んで利用
 - コードに誤りがある場合、実行状況確認が不可能
- コマンドプロンプト
 - PLAXISのPythonの環境設定されたWindowsコマンドプロンプトを利用
 - PLAXISのPython環境でPythonのサードパーティーをインストール



Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

PLAXISリモートスクリプトサーバー

- PLAXIS－Python APIについて
 - PLAXIS 3D、PLAXIS 2Dではリモートスクリプトサーバーの起動が必要（Input画面とOutput画面それぞれで設定）
 - PLAXIS Monopile Designerではリモートスクリプトサーバーの起動は不要
 - リモートスクリプトサーバーの設定では、任意のポート番号とパスワードを設定しサーバー起動
 - プログラムコード内に、リモートスクリプトサーバーで設定したポート番号とパスワードを記述

リモートスクリプトサーバーの設定

GSE 現在の状態

❌ サーバーが稼働していません。
✅ パスワードが設定されました。強度: 強固

ポートの設定

ポート 10000 利用可能

利用可能を検索 (F) 既定値にリセット (R)

パスワードの設定

..... 強固

☐ パスワードを表示

サーバーアクション

サーバーを起動 (R)
サーバーを停止 (P)

閉じる (C)

PLAXIS側でのPythonを利用するためのサーバー設定

```
# PLAXIS 2D and PLAXIS 3D
# [...]
localhostport_input = 10000
localhostport_output = 10001
from plxscripting.easy import *
s_i, g_i = new_server('localhost', localhostport_input, password='yourpassword')
s_o, g_o = new_server('localhost', localhostport_output, password='yourpassword')
```

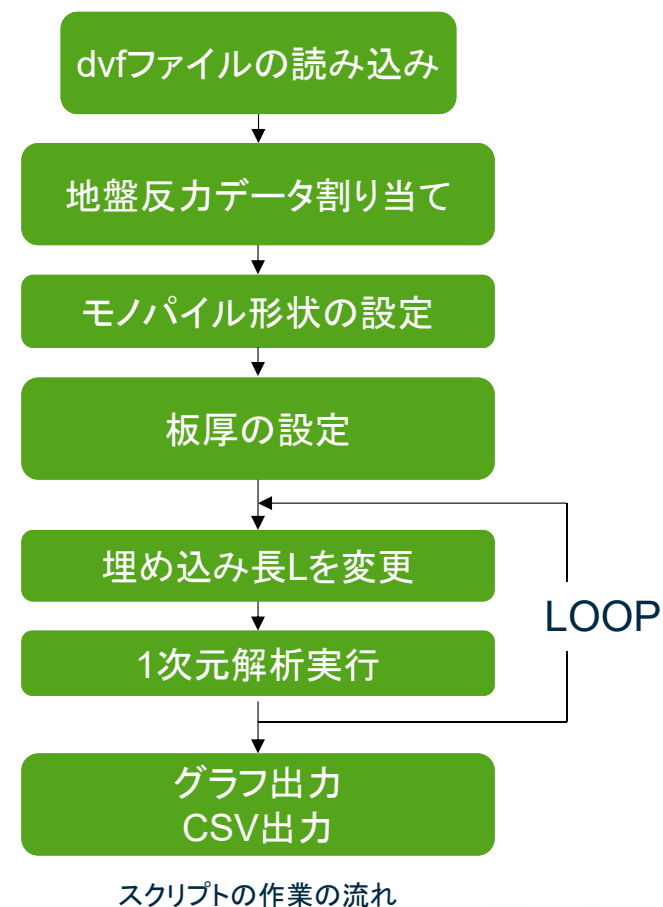
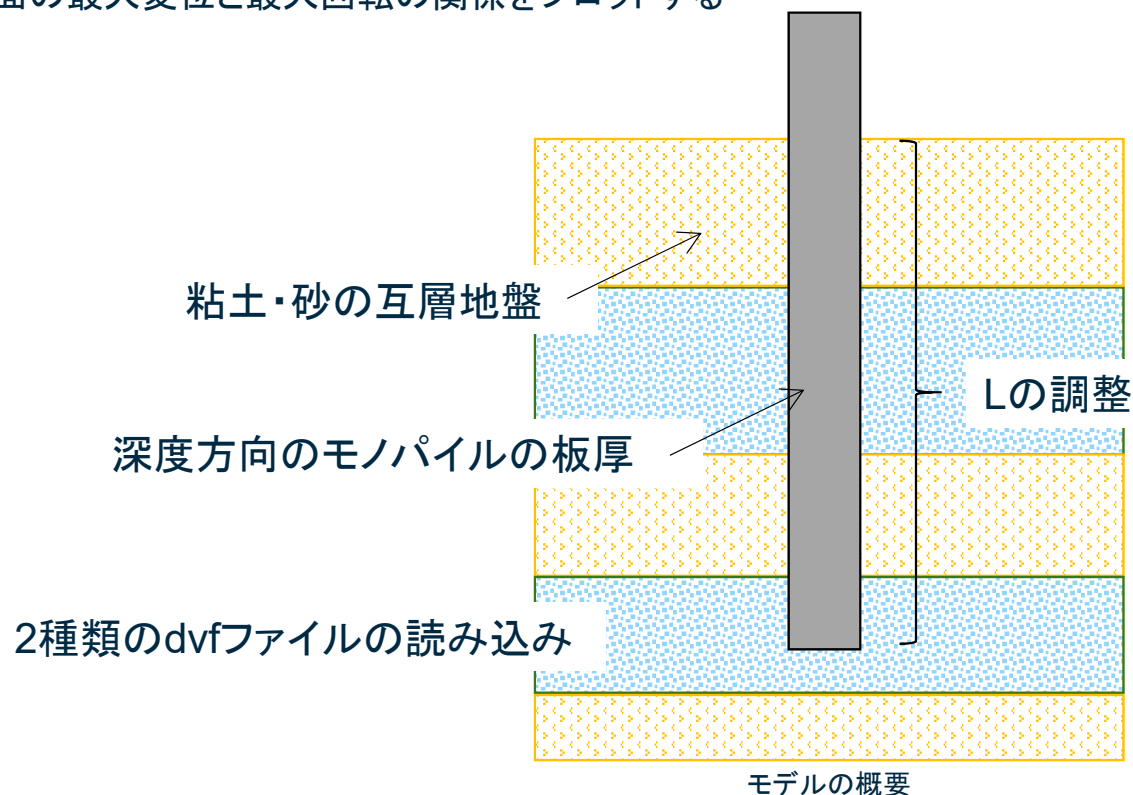
Python側からPLAXISを利用するためのプログラムコードの書き方

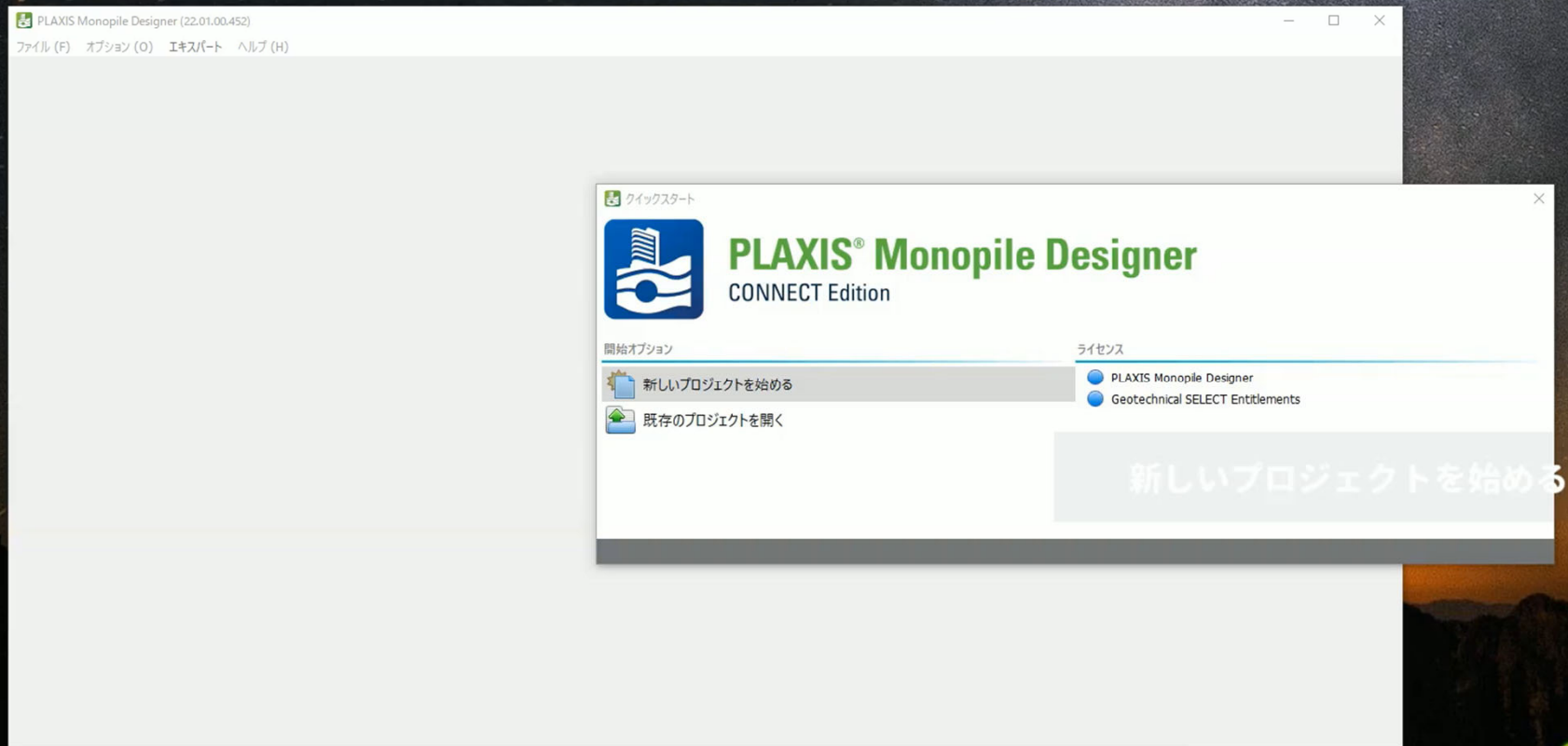
Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

Pythonスクリプトの例(PLAXIS Monopile DesignerのBentley Systemsの例題)

- Pythonスクリプトの概要

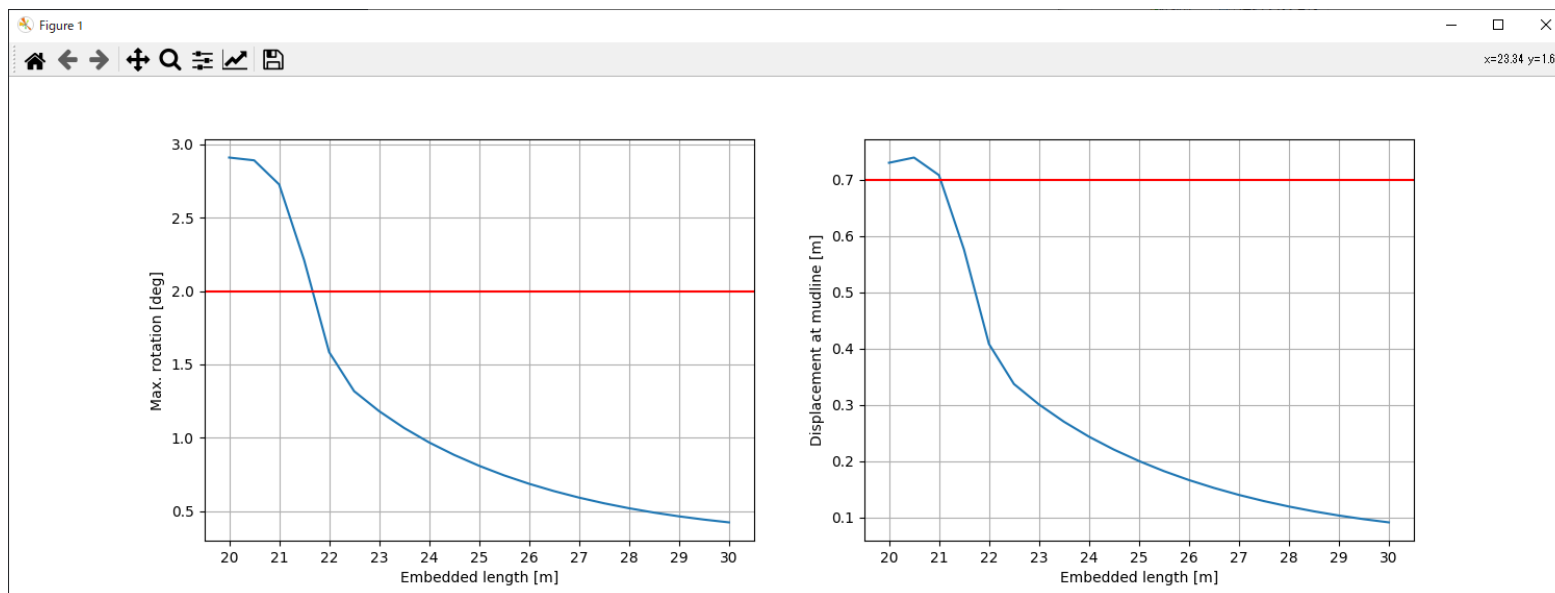
- 1次元解析において、埋め込み長 L を複数のパターンで実行し、埋め込み長 L と地表面の最大変位と最大回転の関係をプロットする





Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

Pythonスクリプトの例(PLAXIS Monopile DesignerのBentley Systemsの例題)



グラフ出力結果

	A	B	C	D
1	L [m]	vg [m]	Rot [deg]	
2	30	0.091282	0.422481	
3	29.5	0.096951	0.441564	
4	29	0.10345	0.463673	
5	28.5	0.110893	0.489241	
6	28	0.11941	0.518772	
7	27.5	0.129095	0.55266	
8	27	0.140058	0.591367	
9	26.5	0.152456	0.635507	
10	26	0.166422	0.685659	
11	25.5	0.182272	0.742993	
12	25	0.200229	0.808406	
13	24.5	0.220439	0.882602	
14	24	0.243443	0.967597	
15	23.5	0.269952	1.066135	
16	23	0.300636	1.180816	
17	22.5	0.336887	1.317038	
18	22	0.407993	1.583364	
19	21.5	0.575797	2.210361	
20	21	0.707613	2.726309	
21	20.5	0.738871	2.890662	
22	20	0.729546	2.909685	
23				

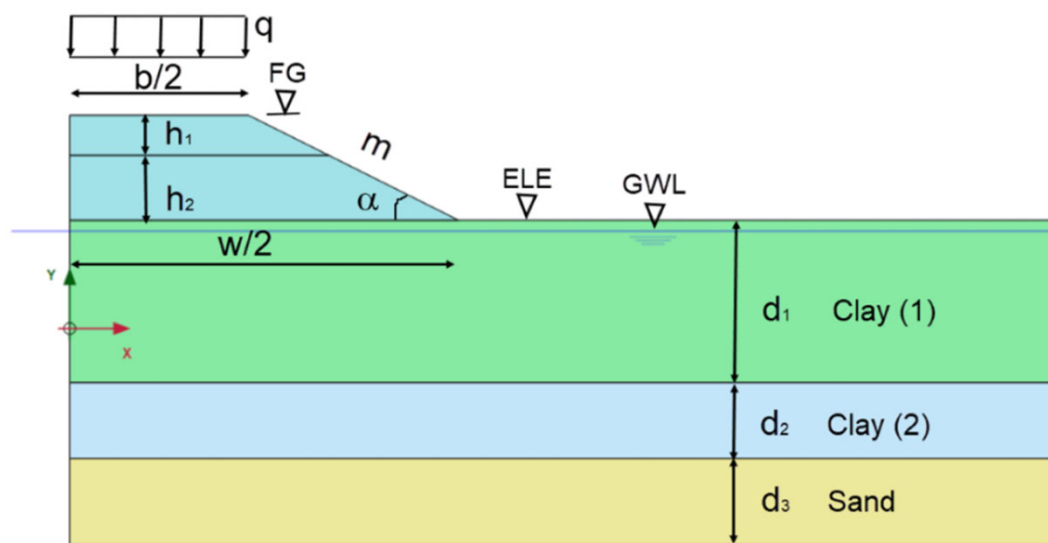
CSV出力結果

Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

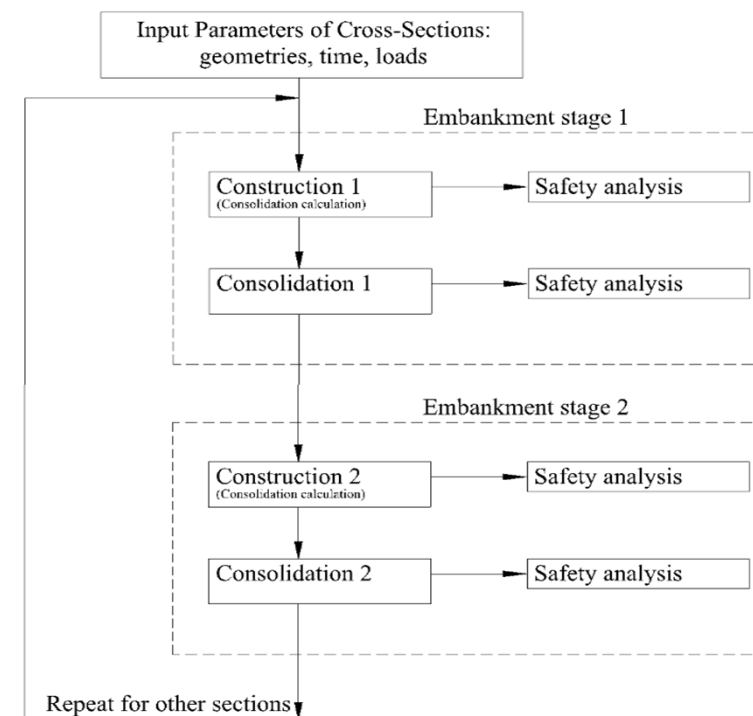
Pythonスクリプトの例(PLAXIS2DのBentley Systemsの例題)

- Pythonスクリプトの概要

- PLAXIS 2Dによる盛土の圧密解析にて、幾何条件などを数値入力することで、自動的にモデル作成から解析実行、結果をまとめる

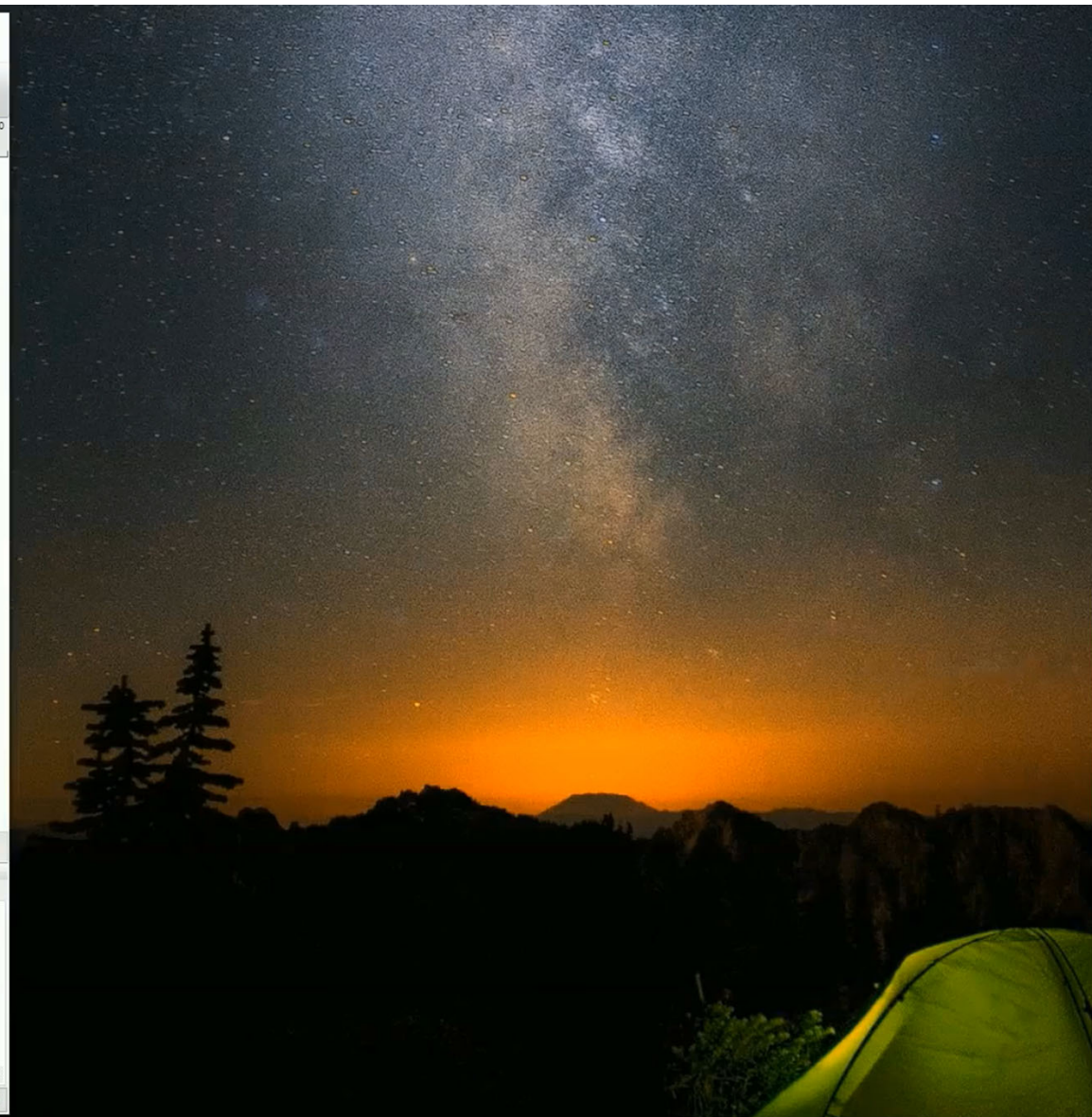
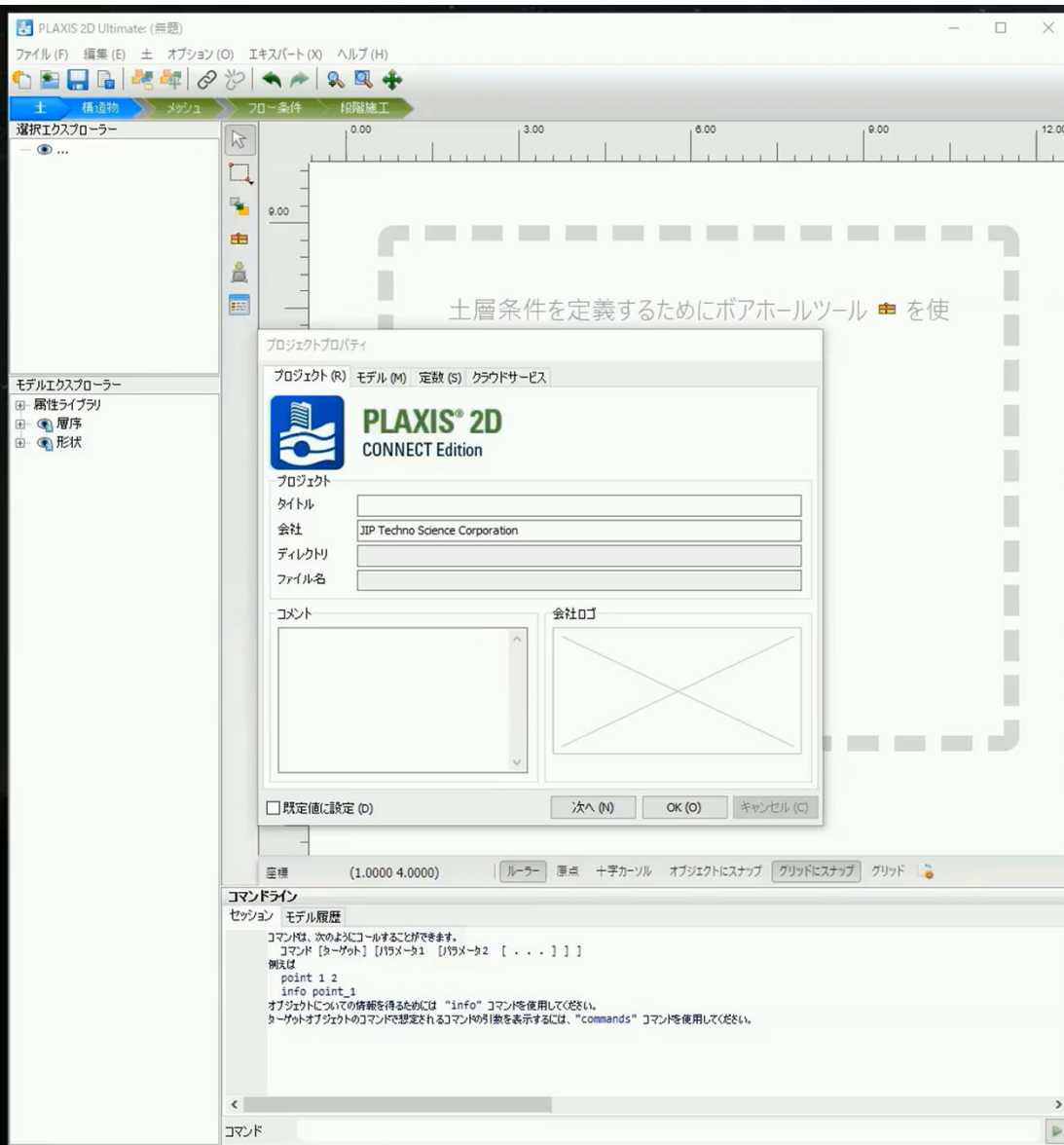


盛土断面形状自動的作成のための入力値



解析フロー

参照元: <https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/plaxis-soilvision-wiki/53143/automatically-generated-cross-sections-of-embankments>



Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

Pythonスクリプトの例(PLAXIS2DのBentley Systemsの例題)

出力データ
解析データ、レポートデータ

python
Report
JTS_TEST_ver_1.p2dxdat
JTS_TEST_ver_1.p2dx

レポートデータの内容

```
report.log - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
Report created: 2022-07-08 10:38:34.451964
Project path:
*****
Running model: 1
*****
SETTLEMENT for CONSTRUCTION STAGES

Phase_1: Stage 1 - Construction [Phase_1]
s0 = -0.355077027251856 m
s1 = -0.0061523596155438 m
s2 = -0.254685738421879 m
Embankment Settlement Area 1, [1-0]: 2.4382983613535987 m2
Embankment Settlement Area 2, [2-1]: 1.760657161752604 m2

Phase_2: Stage 1 - Consolidation [Phase_2]
s0 = -0.56760817392304 m
s1 = -0.0688594142045037 m
s2 = -0.579358400520205 m
Embankment Settlement Area 1, [1-0]: 4.29615621986092 m2
Embankment Settlement Area 2, [2-1]: 4.375470249391784 m2

Phase_3: Stage 2 - Construction [Phase_3]
s0 = -0.662583635149611 m
s1 = -0.0716512927513308 m
s2 = -0.600817484648346 m
Embankment Settlement Area 1, [1-0]: 4.956085763331357 m2
Embankment Settlement Area 2, [2-1]: 4.539164247447817 m2

Phase_4: Stage 2 - Consolidation [Phase_4]
s0 = -0.71921144824591 m
s1 = -0.0807510907523702 m
s2 = -0.633574360696048 m
Embankment Settlement Area 1, [1-0]: 5.399745090144489 m2
Embankment Settlement Area 2, [2-1]: 4.8216967972768225 m2

*****
SAFETY FACTORS

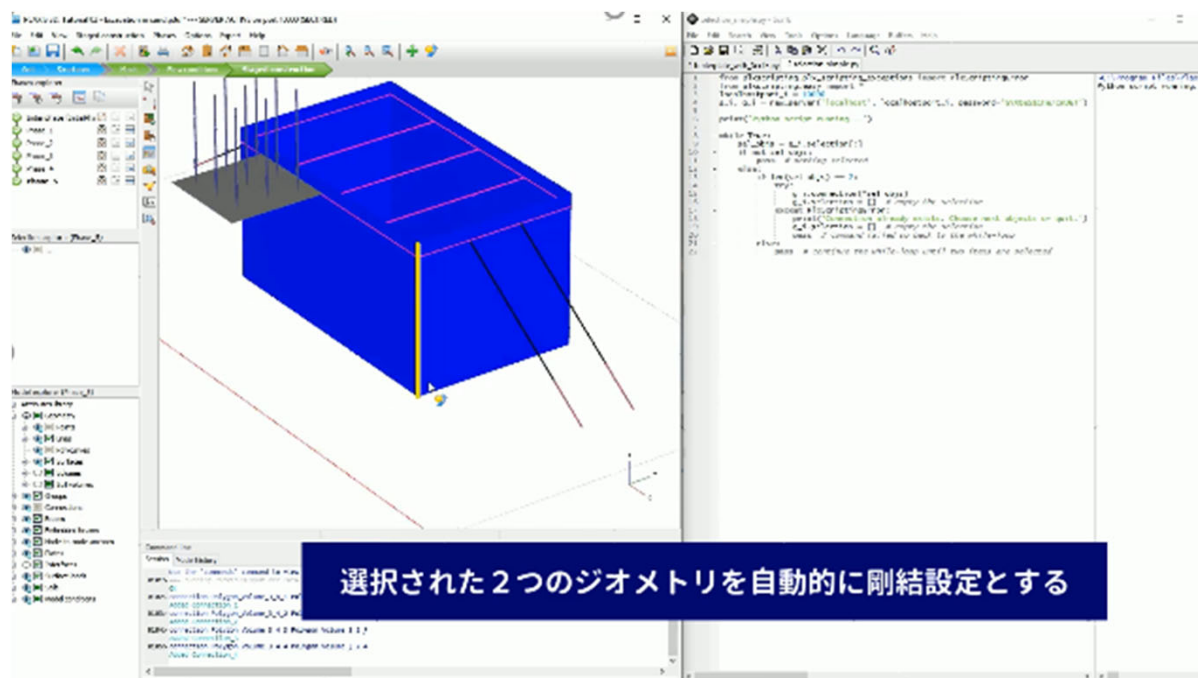
Phase_6.Reached.SumMsf: 1.2007486878445472
Phase_8.Reached.SumMsf: 1.9242154115983139
Phase_10.Reached.SumMsf: 1.7408974432976752
Phase_12.Reached.SumMsf: 1.8977270584644816
```

参照元: <https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/plaxis-soilvision-wiki/53143/automatically-generated-cross-sections-of-embankments>

Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

Pythonスクリプトの例(PLAXIS3DのBentley Systemsの例題)

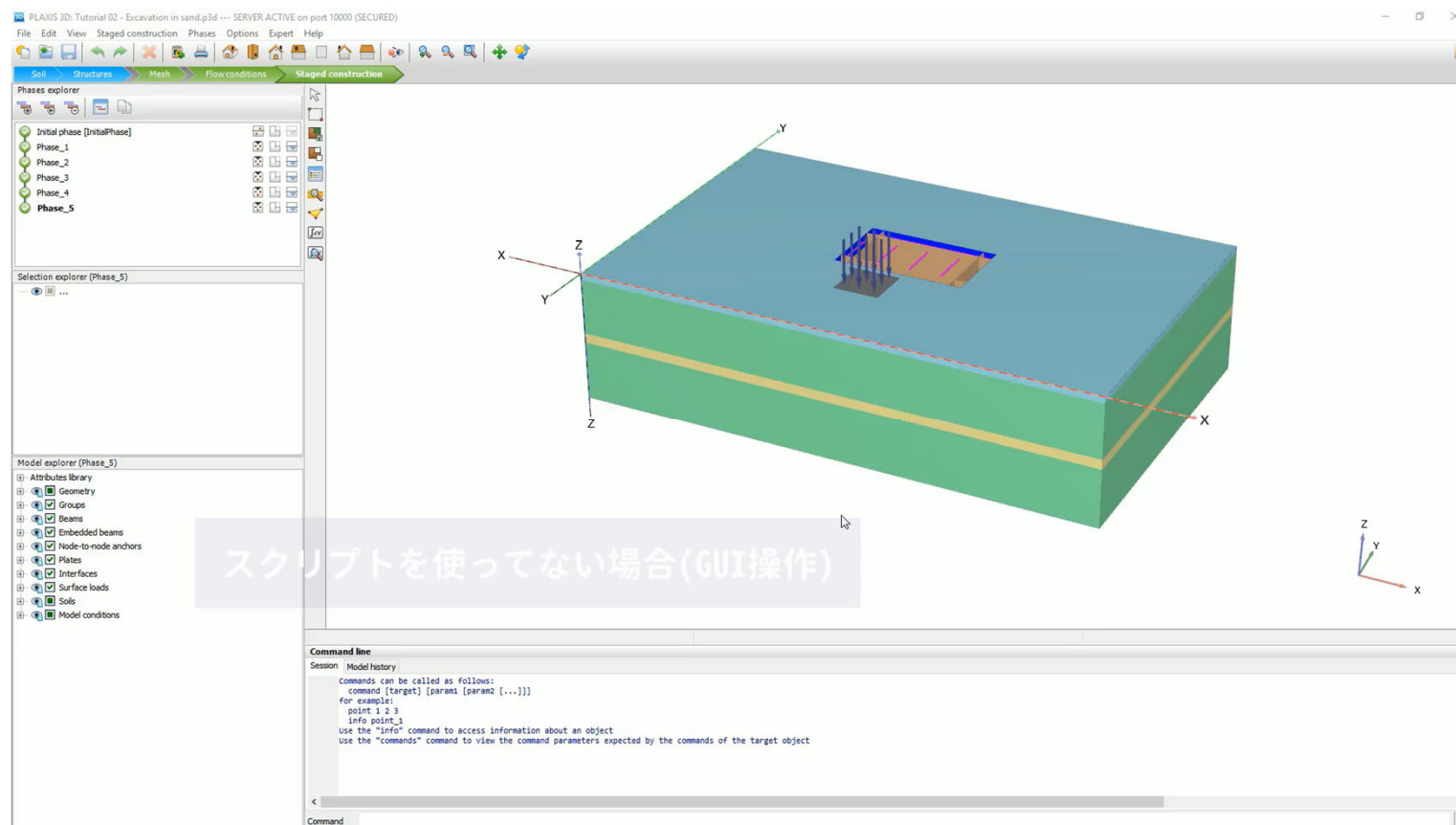
- Pythonスクリプトの概要
 - PLAXIS 3Dにて板要素の間にカスタム接続の条件(剛結設定・ヒンジ設定)を付与する際にジオメトリを選択するだけで設定



参照元: <https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/plaxis-soilvision-wiki/45445/create-custom-connection-with-selection-api>

Pythonスクリプトの説明と計算事例の紹介

Pythonスクリプトの例(PLAXIS3DのBentley Systemsの例題)



参照元: <https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/plaxis-soilvision-wiki/45445/create-custom-connection-with-selection-api>