



# PLAXIS+tijモデルの現状

JIPテクノサイエンス株式会社  
解析ソリューション事業部 大阪技術営業部技術課  
高橋 寛臣

## Contents

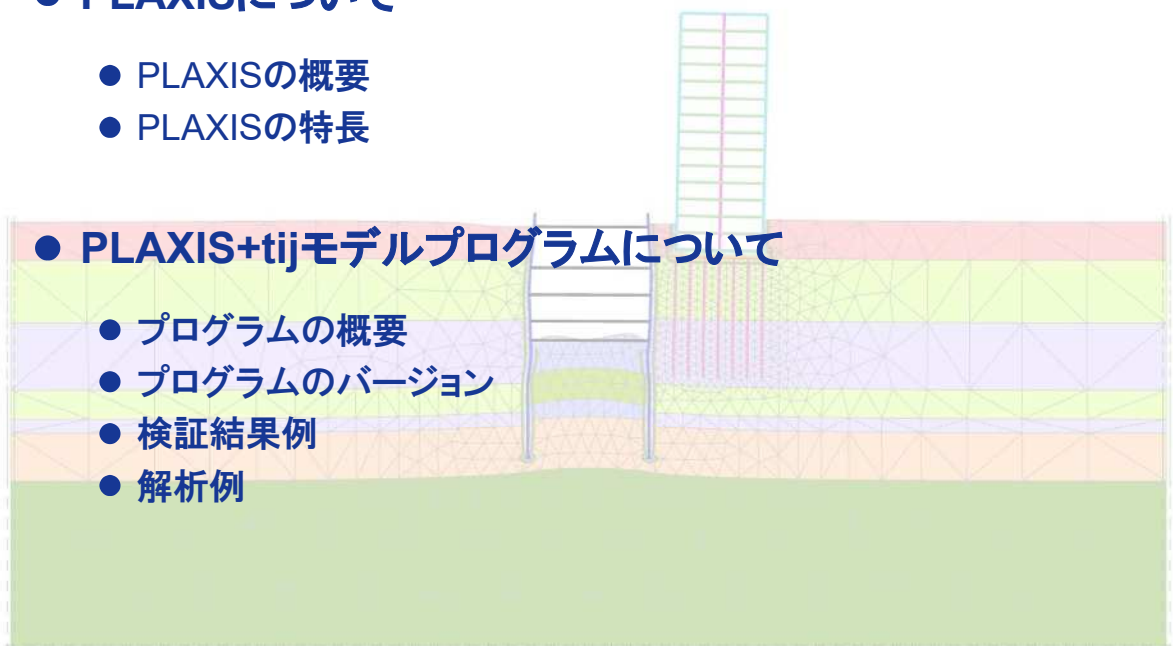
2

### ● PLAXISについて

- PLAXISの概要
- PLAXISの特長

### ● PLAXIS+tijモデルプログラムについて

- プログラムの概要
- プログラムのバージョン
- 検証結果例
- 解析例



## ● PLAXISの概要

### ● 有限要素法による地盤解析専用ソフトウェア

- Bentley Systems が開発したFEM地盤解析ソフトウェア
- 販売代理店: JIPテクノサイエンス(株)
- 全世界で約18,000ライセンスの販売実績

### ● 製品ラインアップ

- 2次元FEM地盤解析ソフトウェア: PLAXIS 2D
- 3次元FEM地盤解析ソフトウェア: PLAXIS 3D
- モノパイル基礎の最適化設計ツール: PLAXIS MoDeTo



## ● PLAXISの特長

### ● モデル作成

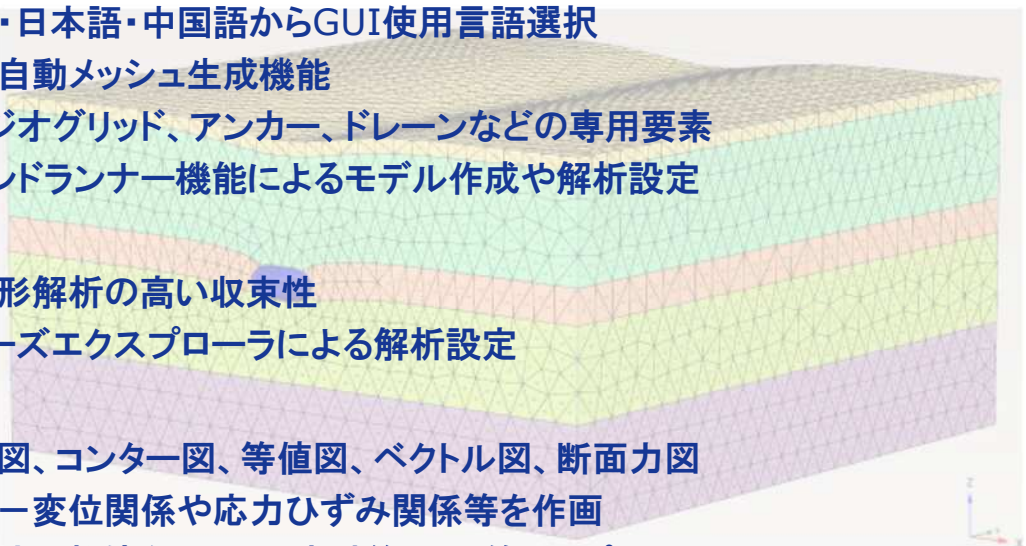
- **使いやすい操作画面**(PLAXIS 2DとPLAXIS 3Dで共通)
- 英語・日本語・中国語からGUI使用言語選択
- 完全自動メッシュ生成機能
- 梁、ジオグリッド、アンカー、ドレーンなどの専用要素
- コマンドランナー機能によるモデル作成や解析設定

### ● 計算

- 非線形解析の高い収束性
- フェーズエクスプローラによる解析設定

### ● 出力

- 変形図、コンター図、等値図、ベクトル図、断面力図
- 荷重-変位関係や応力ひずみ関係等を作画
- 表形式で数値を出力し、表計算ソフト等にコピー&ペースト



## ● PLAXISの特長

### ● 様々な材料モデル

- 線形弾性
- モール・クーロン
- Hardening Soil
- HS Small
- UBC3D-PLM
- Soft Soil
- ユーザ定義モデル
- Soft Soil Creep
- Jointed rock
- 修正カムクレイ
- NGI-ADP
- Hoek-Brown
- 関口・太田(弾塑性/弾粘塑性)

### ● 様々な解析機能

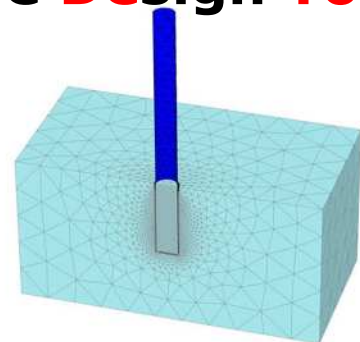
- 段階施工解析
- 圧密解析
- せん断強度低減法
- 大変形解析
- 浸透流解析(定常/非定常)
- 動的解析



# PLAXISの機能紹介

## MoDeTo: PLAXIS Monopile Design Tool

- モノパイル基礎の最適化設計プログラム  
(洋上風力発電設備の基礎)
- PISA手法を用いた初の市販プログラム
- 計算効率の高い一次元のソフトウェア
- PLAXIS3Dとの連動
- PISAの野外実験との検証  
(オックスフォード大学と協力)
- 数値解析的研究  
(フグロ社と協力)

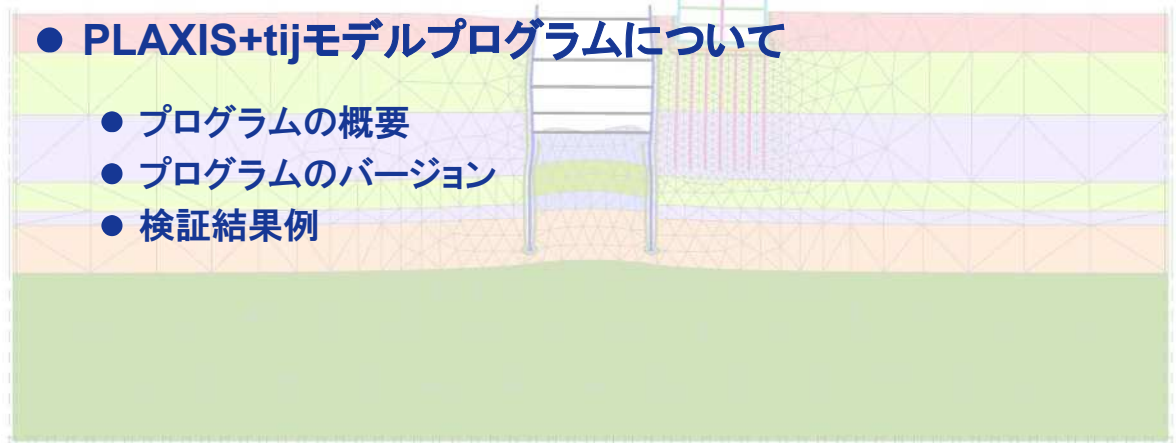


- PLAXISについて

- PLAXISの概要
- PLAXISの特長

- PLAXIS+tijモデルプログラムについて

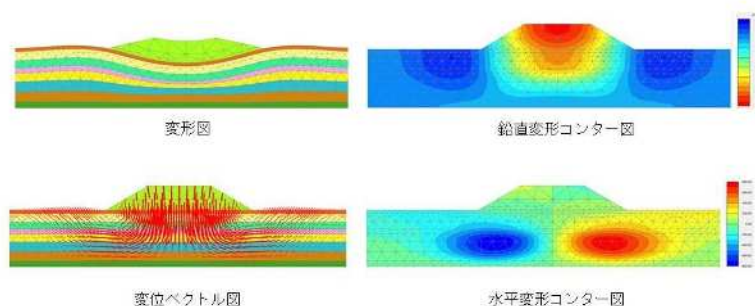
- プログラムの概要
- プログラムのバージョン
- 検証結果例



## PLAXIS+tijモデルプログラム

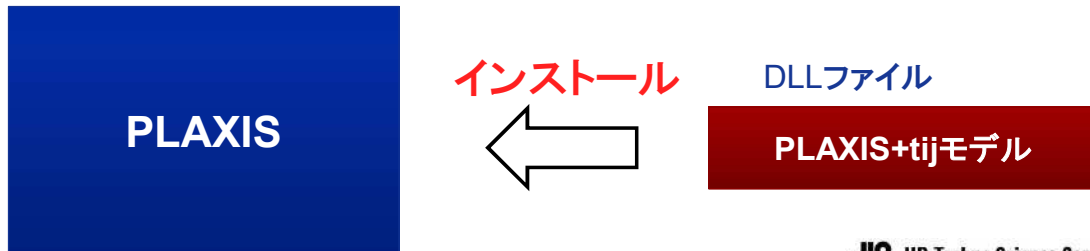
### ▶ プログラムの概要

- PLAXIS+tijプログラムは以下のようなPLAXISの特徴と, tijモデルを組み合わせた弾塑性解析が可能です
  - 操作明快なモデル作成・自動メッシュ生成
  - 応力図・変形図の描画
  - 高速な計算ソルバー, 安定した収束性
  - その他の材料構成則



## ▶ プログラムの概要

- PLAXIS+tijモデルプログラムとは、PLAXIS上において土の弾塑性構成則「Subloading tijモデル」を使用可能にしたものです
- 中井先生のご指導のもと構成則プログラムを開発、検証を行ったもの
- DLLファイルをインストールすることにより、PLAXISの機能を拡張することができる  
すでにインストール済みの  
PLAXISプログラム本体



## ▶ プログラムのバージョン

PLAXIS+tijモデルは「陽解法」のバージョンと開発中の「陰解法」のバージョンがあります

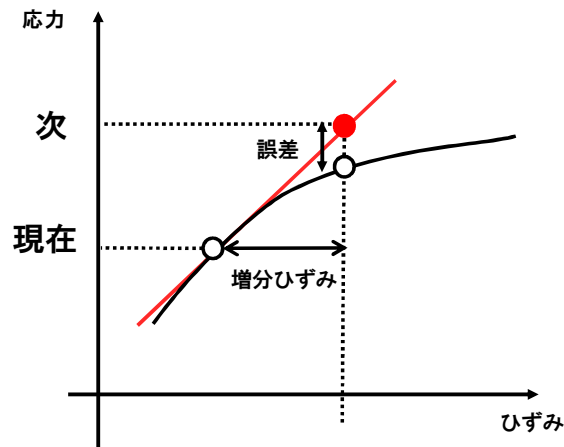
陽解法 PLAXIS+tijモデル

(リリース済)

陰解法 PLAXIS+tijモデル

(開発中)

## 陽解法のイメージ



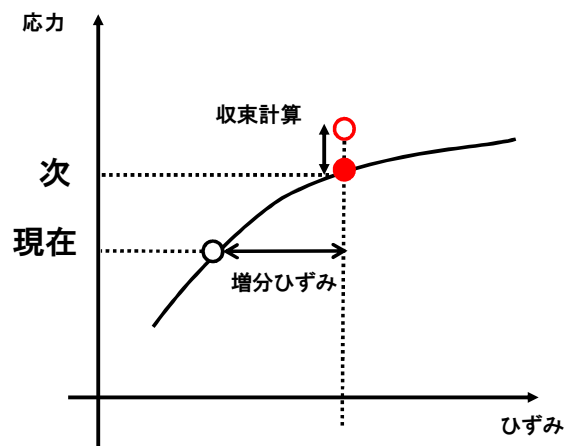
## 長所

必ず1度の計算で次ステップの値が求まる

## 短所

誤差が発生するため、増分ひずみを小さく設定する必要がある

## 陰解法のイメージ



## 長所

繰り返し計算で誤差のない値を計算するため、増分ひずみを大きく設定できる

## 短所

計算前に何度繰り返し計算を行うかわからない

収束しない可能性がある

## ➤ 陽解法に含まれる構成則

- 4バージョンのSubloading tijモデルが使用可能
  - 1. Subloading tij model AF + IC
    - 標準モデル
  - 2. Subloading tij model AF
    - 標準モデル(関連流動則)
  - 3. Subloading tij model AF + IC (Alt.)
    - 改良型モデル
  - 4. Subloading tij model AF + IC (Alt2.)
    - 最新モデル

## ➤ 陽解法に含まれる構成則

- 弾性式を変更したモデル
  - 5. NoTensionElastic/Subloading tij model AF + IC
    - 標準モデル
  - 6. NoTensionElastic/Subloading tij model AF
    - 標準モデル(関連流動則)
  - 7. NoTensionElastic/Subloading tij model AF + IC (Alt.)
    - 改良型モデル
  - 8. NoTensionElastic/Subloading tij model AF + IC (Alt2.)
    - 改良型モデル

4つのモデルとも引張り応力の発生しない**弾性式**を使用することができます。

## ➤ 陰解法に含まれる構成則

- 1. NoTensionElastic/Subloading tij model AF + IC (Alt2.)

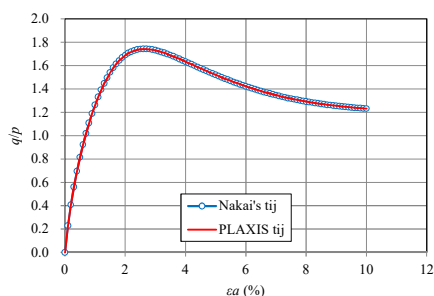
- 最新モデル

陰解法のバージョンでも最新モデルでの解析が可能です。  
(今後も随時バージョンアップの予定)

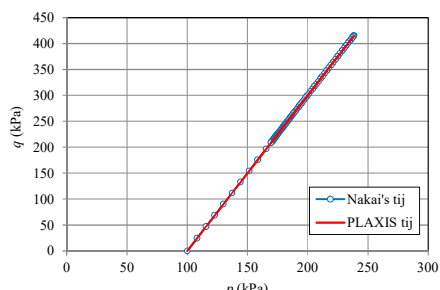
## 検証結果

### ➤ 検証結果のご紹介(陽解法)

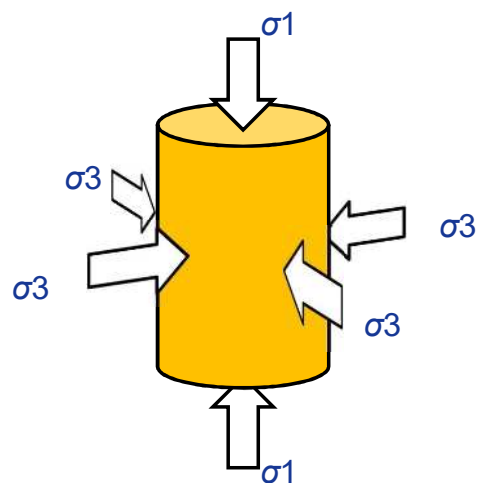
- 三軸圧縮試験(排水条件)の応力経路を用いた検証例



$(p/q)$  - 軸ひずみ関係



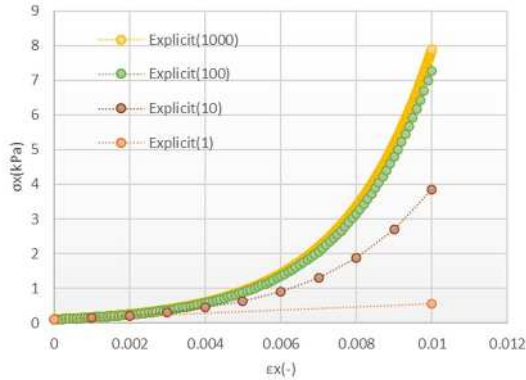
$p - q$  関係



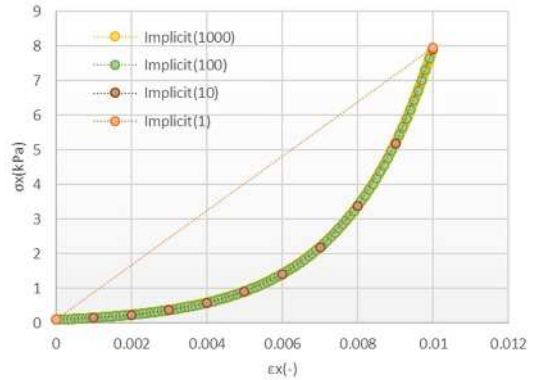


## 増分の違いによる結果の違い

無応力からの等方圧縮(0.001%, 0.01%, 0.1%, 1%)



*Explicit*



*implicit*

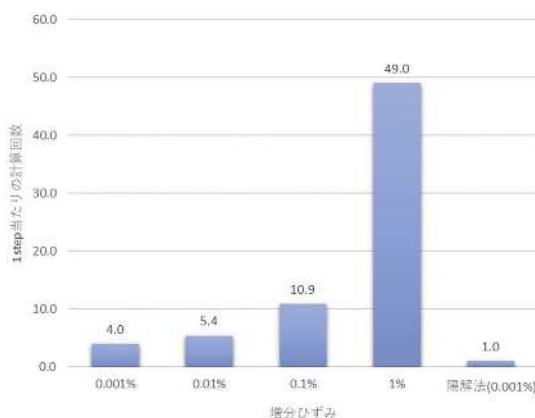
陰解法は増分の刻みによって結果が変わらない

※開発中の結果のため変わる可能性があります

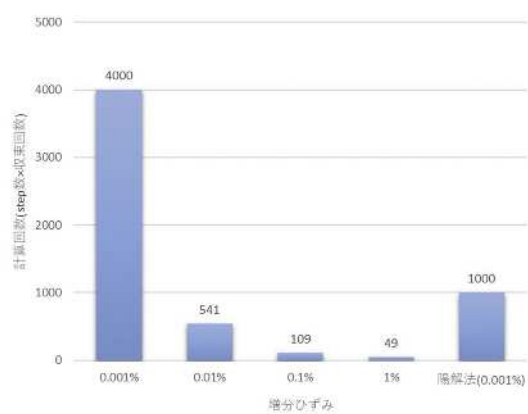
# 要素シミュレーション 結果検証

## 増分の違いによる計算速度の違い

無応力からの等方圧縮(0.001%, 0.01%, 0.1%)



1Step当たりの平均計算回数

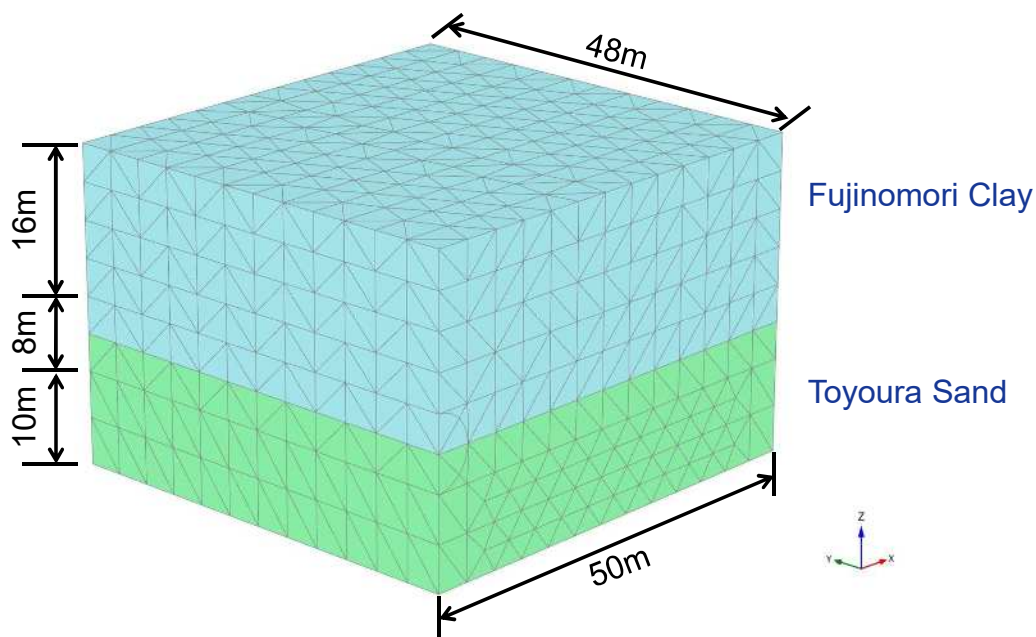


1%までの合計計算回数

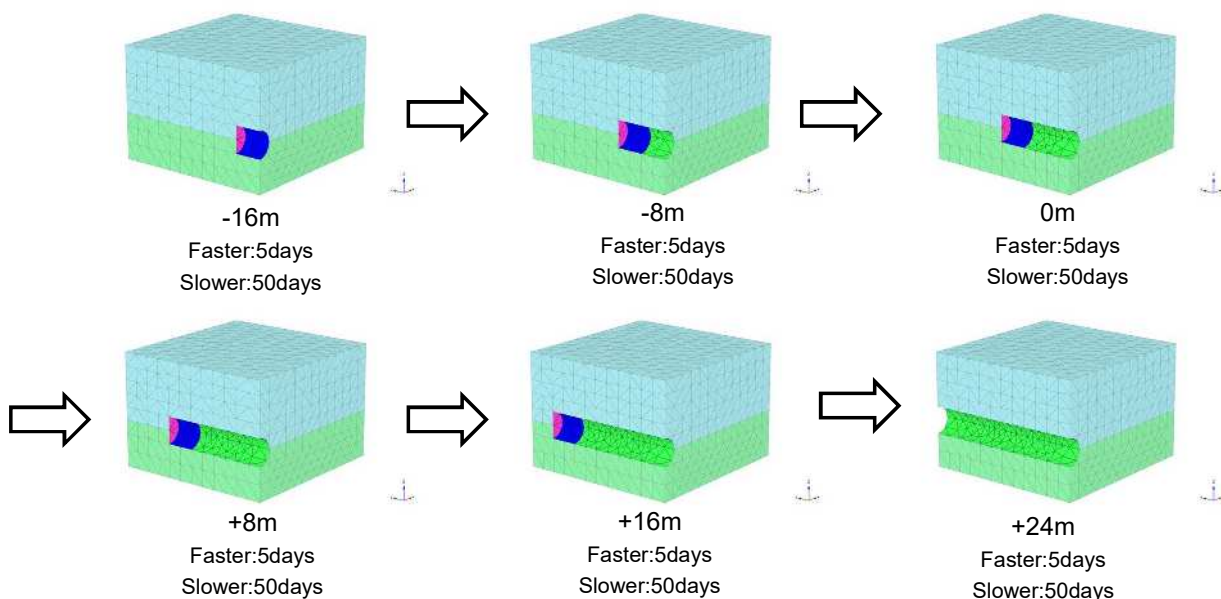
陰解法は精度を変えずに計算回数を減らすことができる

※開発中の結果のため変わる可能性があります

## 【 Analysis on TBM (Explicit) 】



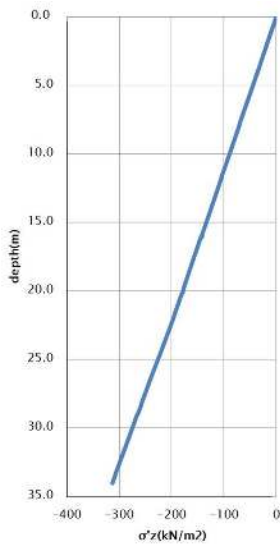
## 【Phase】



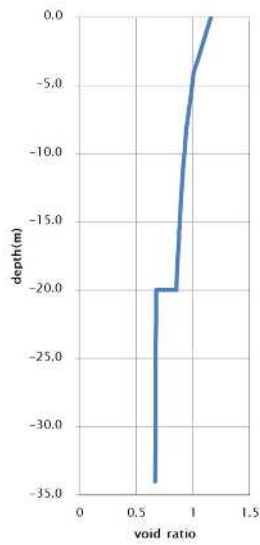
CASE1: Faster excavation rate of 1.6m/day. Total 30 days

CASE2: Slower excavation rate of 0.16m/day. Total 300 days

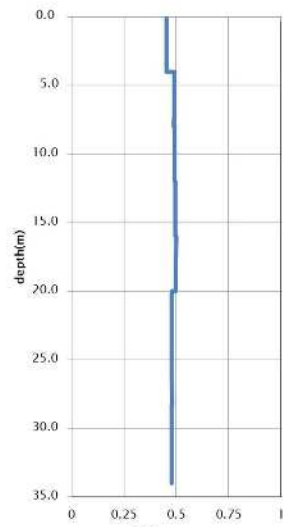
## 【Initial Soil Condition】



Vertical Stress  $\sigma_z$   
(Output value)

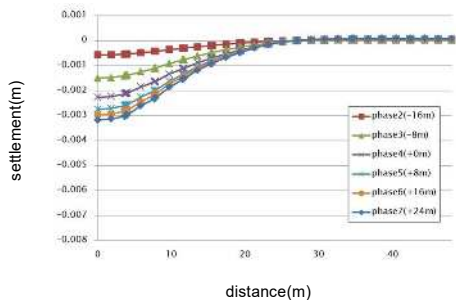


Initial Void ratio  $e_0$   
(Input value)

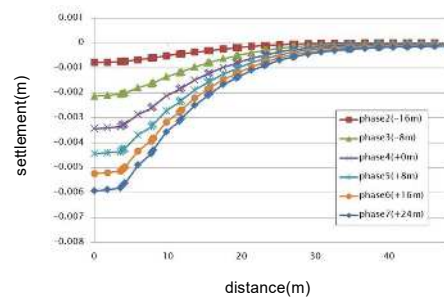


$K_0$   
(Input value)

## 【Ground surface settlement】

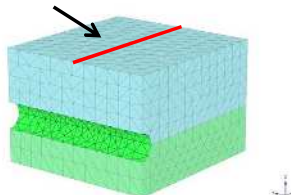


Fast Excavation(8m/5days)

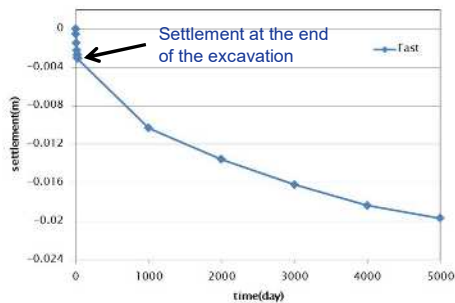


Slow Excavation(8m/50days)

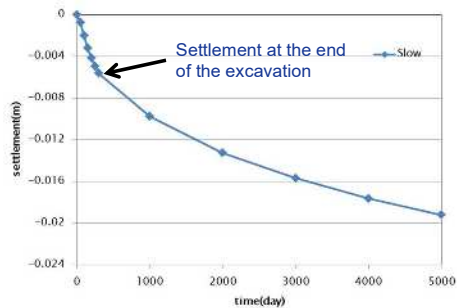
Ground surface settlement on Red Line



【5000days past】

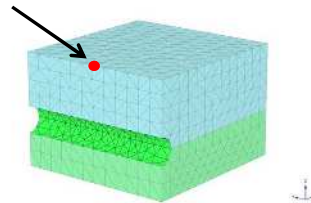


Fast Excavation(8m/5days)

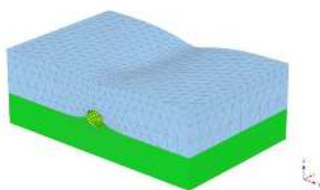


Slow Excavation(8m/50days)

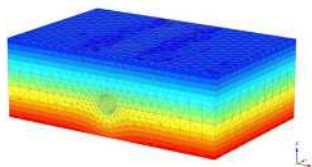
Ground surface settlement on Red Point



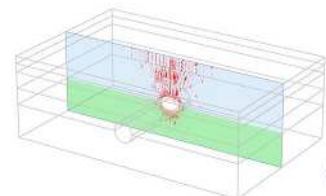
【結果の表示】



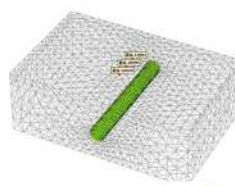
変形図



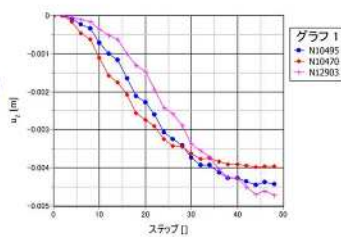
応力コンター図



ベクトル図



グラフの出力



表の出力

➤ 陰解法(Return mapping)のリリース

大規模なモデルをより高速に

PLAXIS+tijモデルプログラム

Subloading tijモデルについてもっと知りたい……

tij地盤解析研究会(2か月に1回)

地盤構成モデル講習会(2週間に1回)

PLAXISについてさらに詳しく知りたい……

『モノパイル基礎の最適化設計ツールPLAXIS MoDeToの製品紹介』

2020年11月26日(木) 13:00~13:30

『オンラインイベント:解析ソフトウェアPLAXISの製品紹介』

2020年12月15日(火) 13:00~13:30

ご清聴ありがとうございました