

# MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

圧密・浸透(軟弱地盤)分野 8



# MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

圧密・浸透(軟弱地盤)分野

## 8.

### 盛土の近接施工問題に対する 三次元FEMの適用事例

株式会社ワールド測量設計 花本 孝一郎 様



# 盛土の近接施工問題に対する 三次元FEMの適用事例

(株)ワールド測量設計 花本孝一郎

## Contents

---

- ① 背景・経緯
- ② 現地状況(地形、地質)
- ③ 課題と対応方針
- ④ 三次元FEM 解析モデル
- ⑤ 三次元FEM 解析結果
- ⑥ まとめと今後の課題

## 背景・経緯

- 鉄道軌道に近接して谷部に道路盛土が計画される。
- 盛土が軟弱地盤上に計画されることから、盛土施工に伴い基礎地盤の破壊・変形と、鉄道軌道への影響が懸念された。

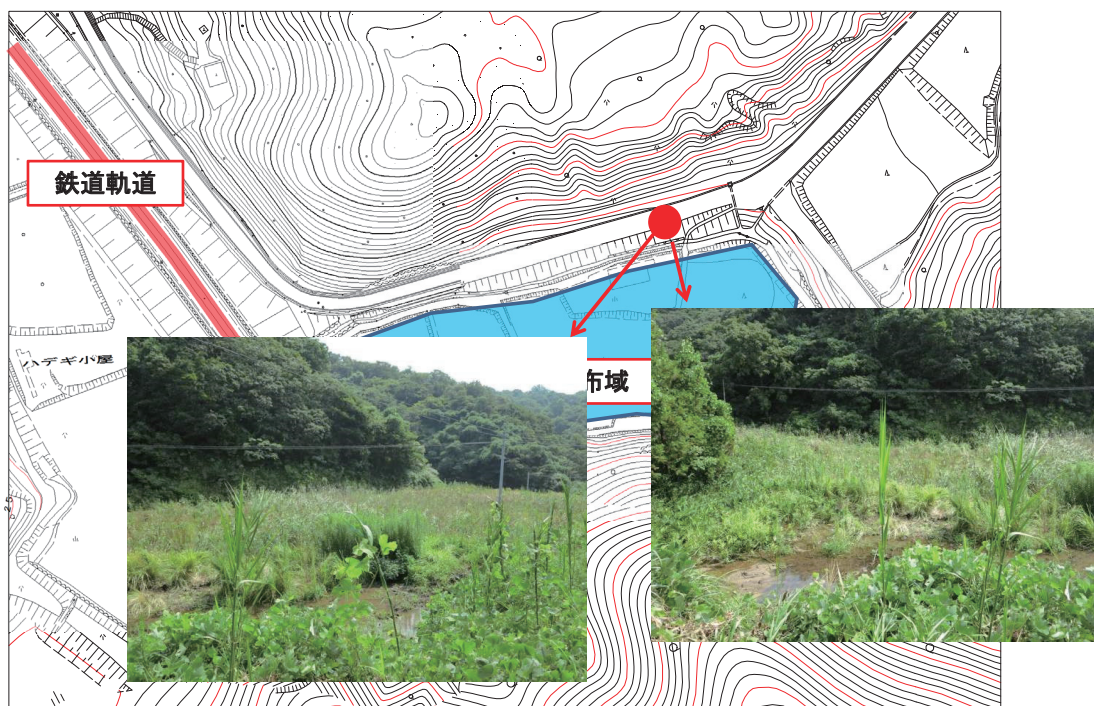


「基礎地盤に対する盛土の影響を、  
FEMによる変形解析で定量的に評価する」

3

## 現地状況(地形・地質)

### ● 現地平面図

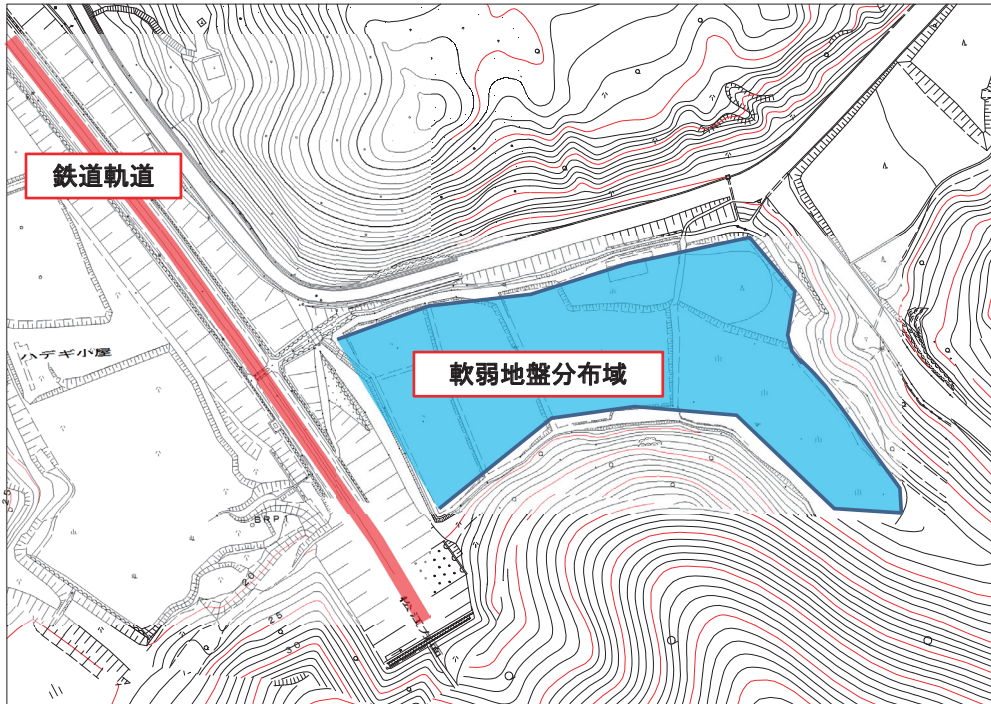


4



## 現地状況(地形・地質)

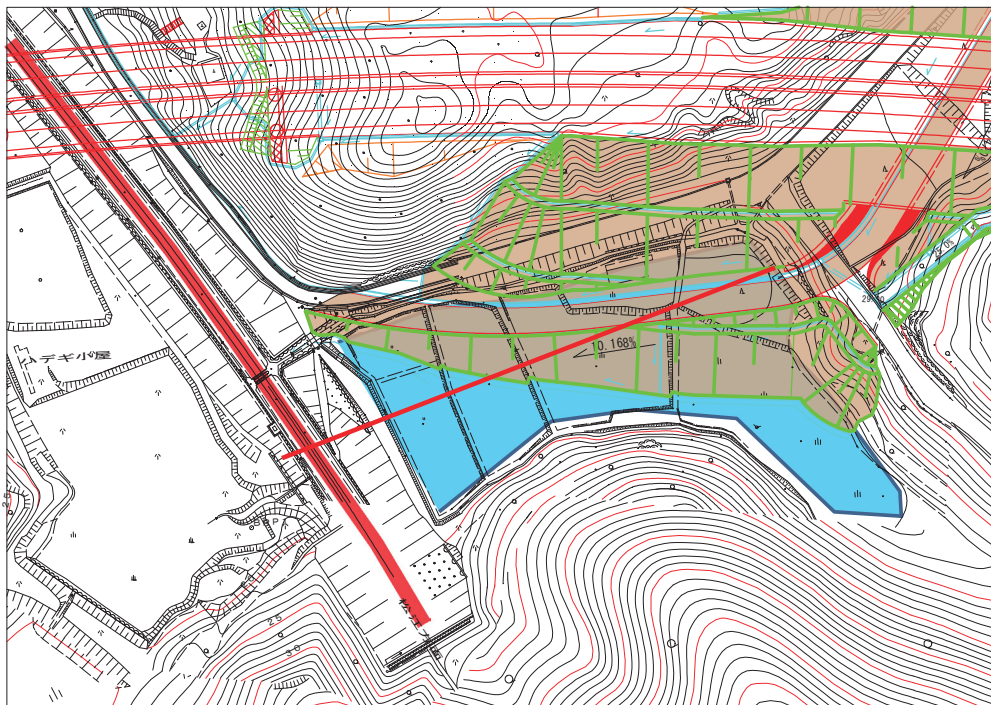
### ●現地平面図



5

## 現地状況(地形・地質)

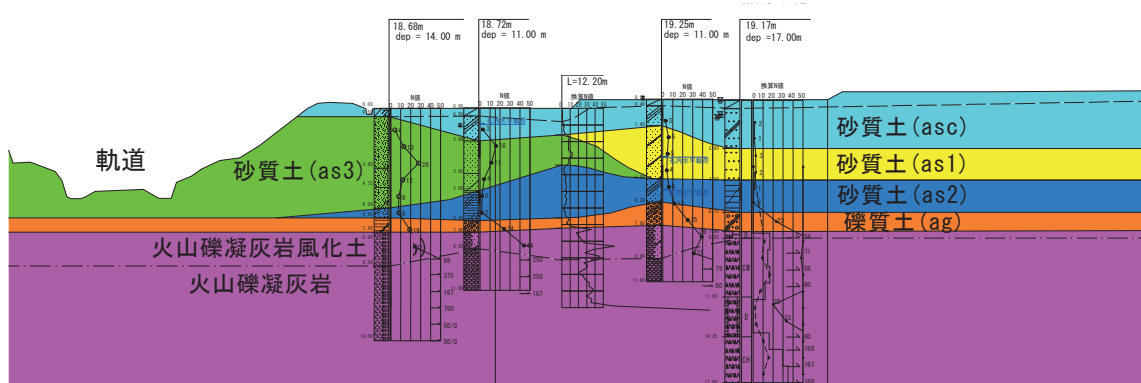
### ●現地平面図



6

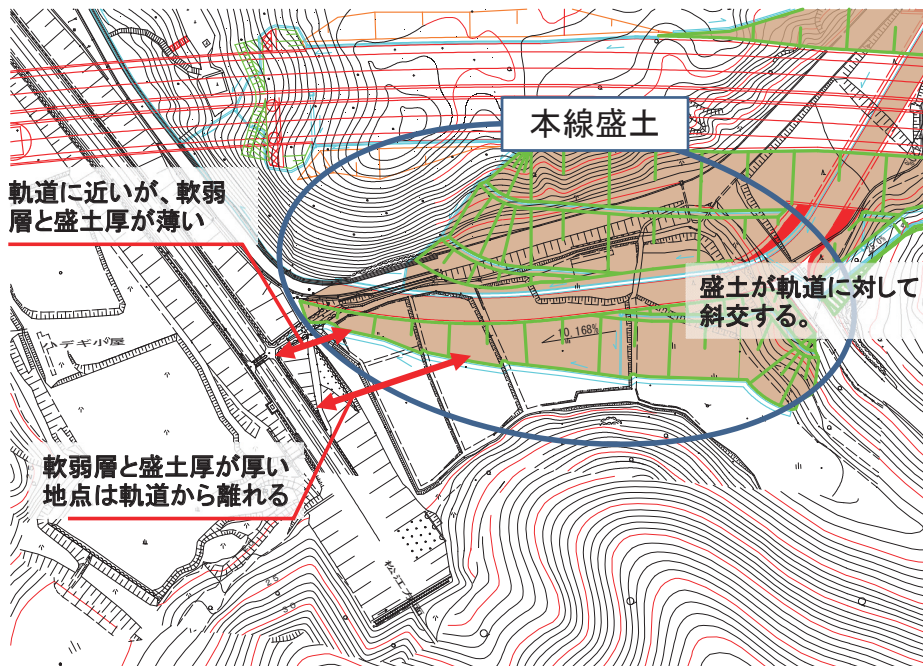
# 現地状況(地形・地質)

地質時代	地質記号	層相および岩層	特徴および分布
第四紀 完新世	asc	砂質土	表層0.4~0.5mは粘性土状の旧耕作土 細粒分を多く含む砂質土で一部は粘性土状 N=1~3と非常に緩い
	as1	砂質土	細砂主体で不均質に細粒分を含む 所々に塊を含む N=2~9と緩い締り
	as3	砂質土	細~中砂で細粒分は比較的少ない 粒径の揃った部分と不均一な部分が認められる N=4~28でやや締まっている
	as2	砂質土	細粒分を多く含む砂質土 腐植物を多く含む暗色を呈し一部は粘性土状 N=0~6と緩い締り
	ag	礫質土	φ5~30mmの軽質礫を含む粘土質砂礫 不均質ながら細粒分を多く含む一部は礫混り粘土状 N=12~25でやや締まっている
第三紀 中新世		火山礫凝灰岩	基盤岩に入って上部1~2mは固結粘土状の風化土(DL~DM級) それより下位はN=50の固結土状~短柱状の風化岩(DH~OL級) 火山礫凝灰岩が主体で一部は細粒凝灰岩



7

# 課題と対応方針



8



## 課題と対応方針

### 【限界状態】

- ①安定：基礎地盤に破壊が生じない
- ②変形：鉄道軌道の限界変形量を超えない  
→ 定量的に設定する必要がある。

～今回は、鉄道軌道の変形量に着目して報告する～

- 変形(鉄道軌道変位量)の限界状態  
→ 軌道の絶対変位量5mm  
※管理者協議による

11

## 三次元FEM 解析モデル

- 解析プログラム：MIDAS GTS\_NX ※初期にはGTS
- 解析モデル：
  - ・要素数：82847要素
  - ・境界条件：端部固定(面の垂直方向固定)
  - ・解析手法：土／水連成変形解析(圧密解析)
- 解析手順
  - ①自重解析
  - ②盛土施工：1年間(840時間/Step × 10Step)
  - ③放置期間：1年間(840時間/Step × 10Step)

12



## 三次元FEM 解析モデル

### 【ソリッドモデル作成手順】

- ①現況地形サーフェスモデルの作成
- ②基盤面サーフェスモデルの作成
- ③計画盛土サーフェスモデルの作成
- ④長方体ソリッドを各サーフェスの組み合わせでカット。  
→基盤ソリッド、計画盛土ソリッド、堆積層ソリッド
- ⑤地質断面図をもとに地質境界面のサーフェス作成
- ⑥堆積層ソリッドを地質境界面の三次元サーフェスでカット  
→各地層のソリッドモデルを作成

13

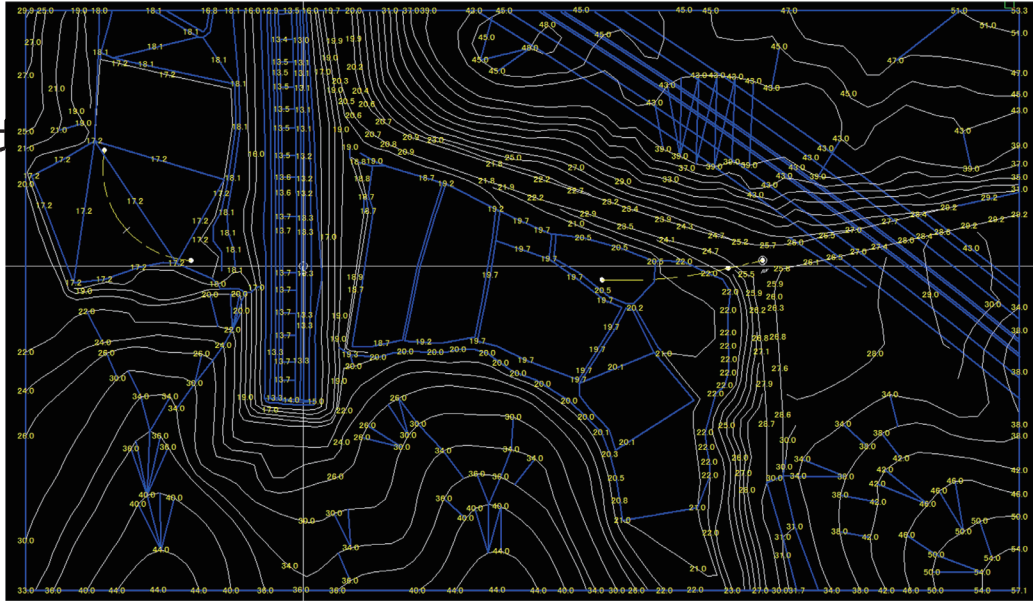
## 三次元FEM 解析モデル

### 【解析モデル作成手順】

- ①ソリッドモデルをメッシュ分割  
→6面体などのボクセルモデルにしたかったが、  
モデルが複雑なため、オートメッシュでメッシュ作成
- ②各地層のパラメータ、地下水面の設定
- ③境界条件設定
- ④施工条件の設定

14

## 三次元FEM 解析モデル(地形CAD)

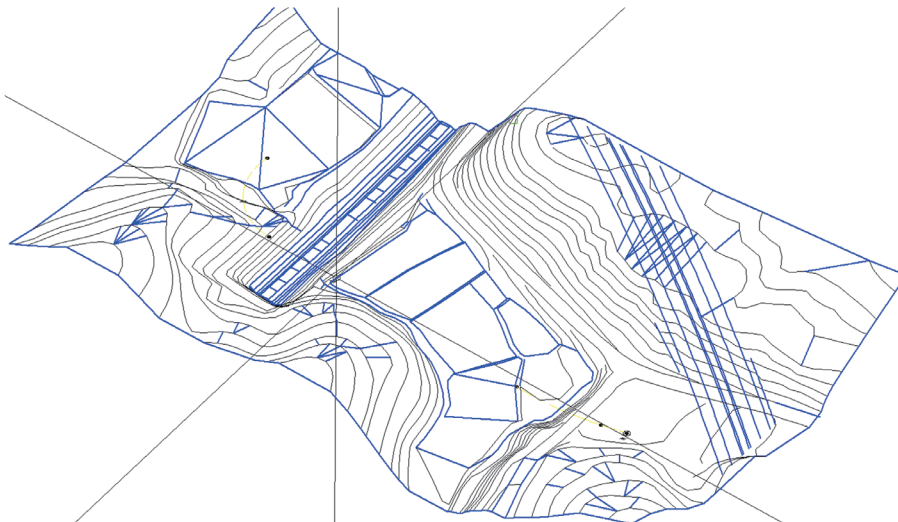


<3D-CADで平面図作成(地表面モデルと、基盤面モデル)>

- 1mコンターなので、1m未満の高さは基本的に持っていない。
- 谷より上部の斜面の等高線は2m間隔とし、さらにノードも間引いて簡略化
- 必要に応じて、実測値をもとに10cm単位で標高設定(青い線)

15

## 三次元FEM 解析モデル(地形サーフェス)

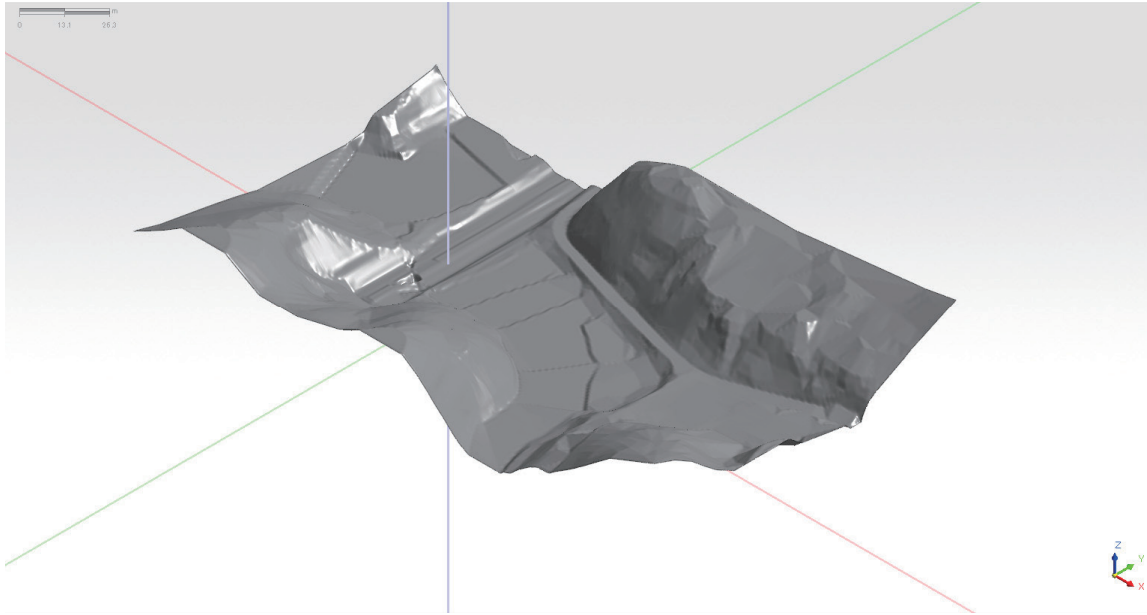


<地表面CADデータの作成>

- 青い線が新たに追加した線(標高を持った線)。
- TIN・メッシュ作成時に意図しない形状にならないように、Rのきつい等高線や、幅の変わるコンター上のノードを繋げる。

16

## 三次元FEM 解析モデル(地形サーフェス)

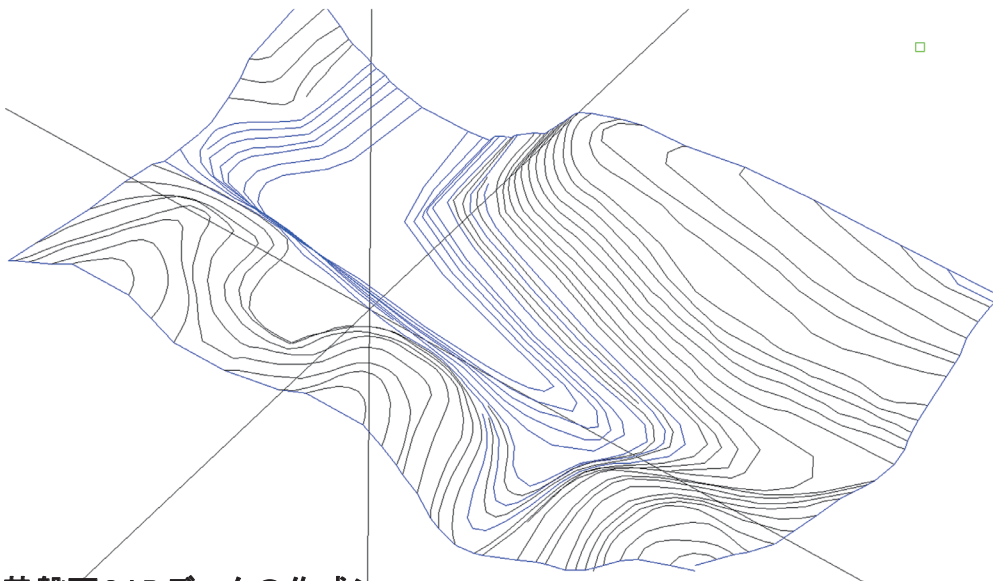


＜地形サーフェスモデルの作成＞

- 8枚のサーフェスを貼りあわせた地形サーフェス

17

## 三次元FEM 解析モデル(基盤面CAD)



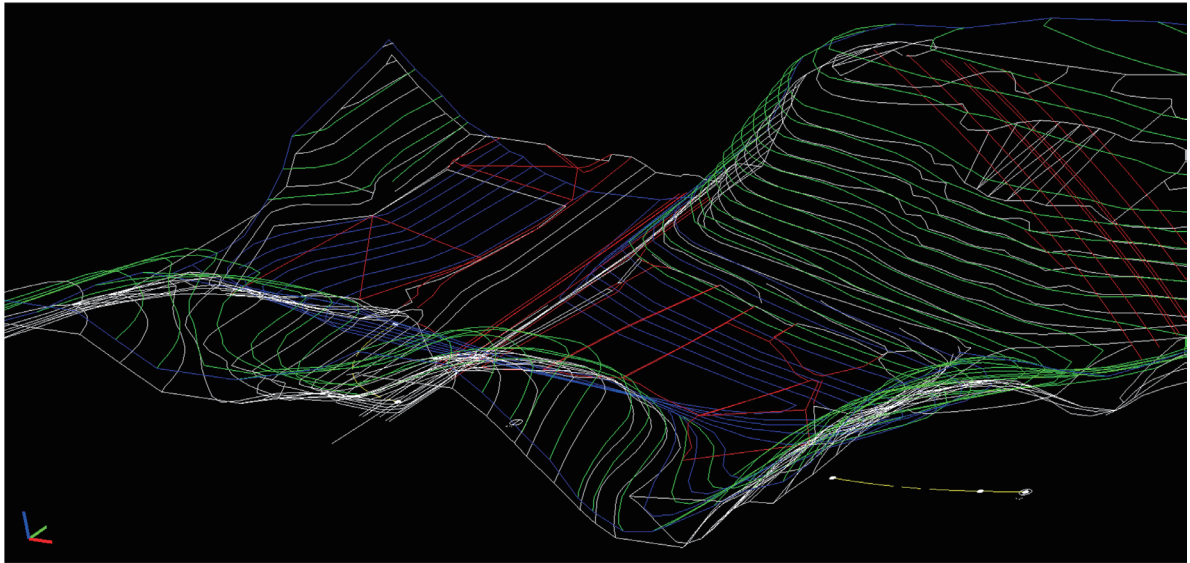
＜基盤面CADデータの作成＞

- 地表面の斜面の地形勾配や地質調査結果をもとにモデル化(青い等高線)
- 現況地表面のモデルと差分を取るために、山の等高線を高く設定する。  
→現況地形と同様にモデル化

18



## 三次元FEM 解析モデル(地形CAD)

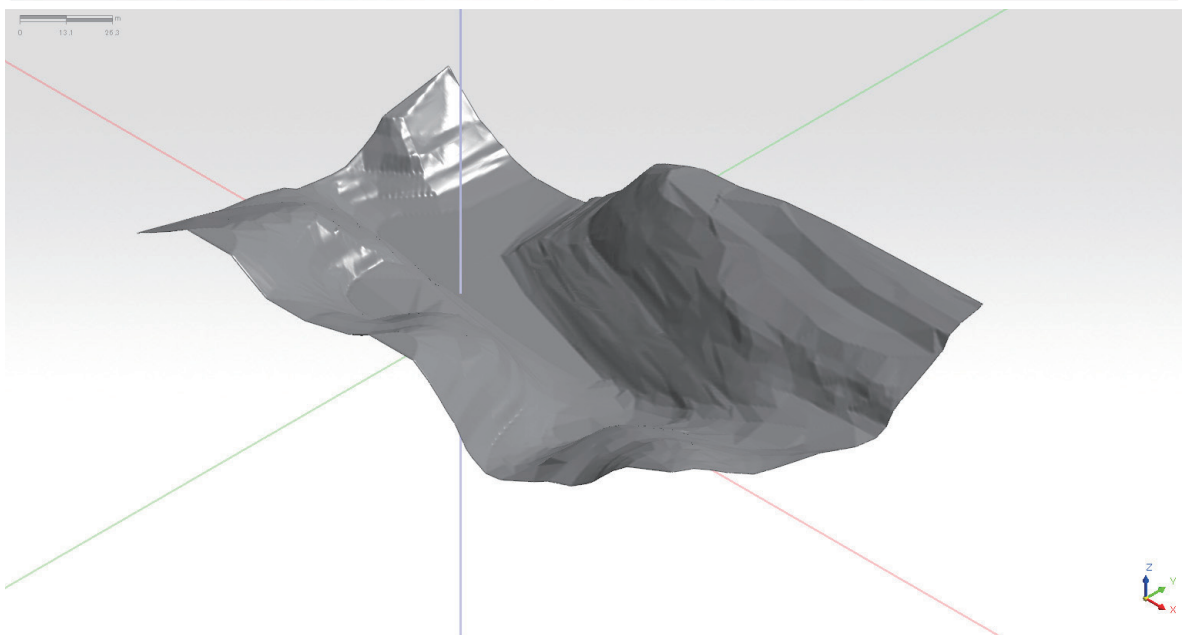


〈現況地形CADと基盤面CADとの比較チェック〉

- 現況地形(山地部=白色、谷部=赤色)
- 基盤面モデル(山地部=緑色+基盤面=青色)

19

## 三次元FEM 解析モデル(基盤面サーフェス)

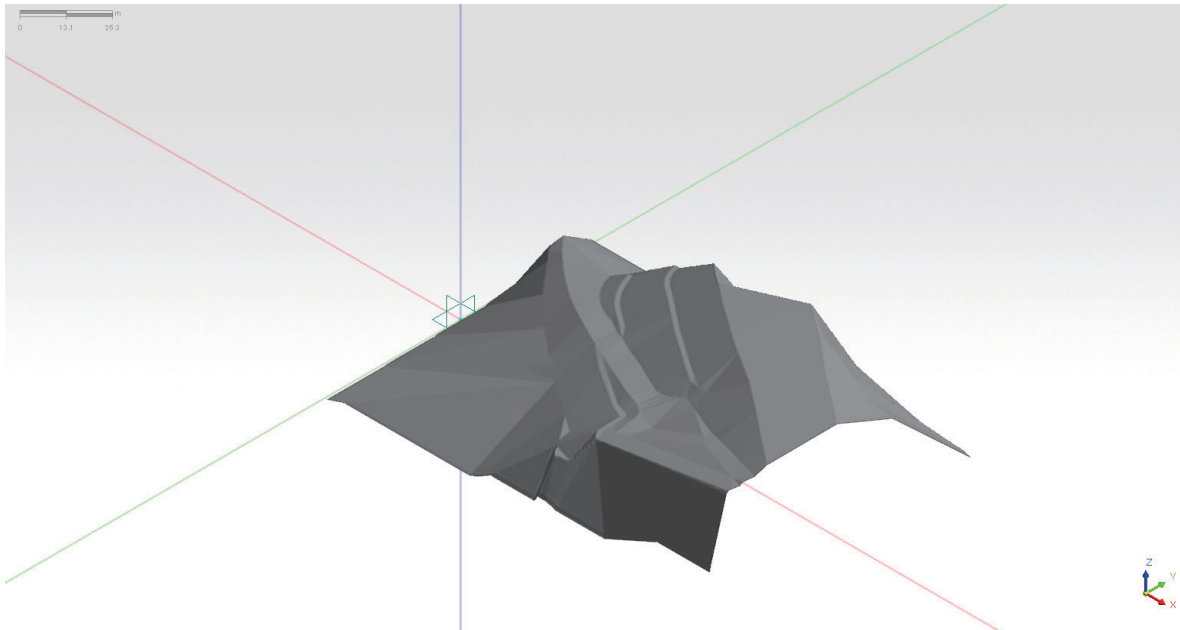


〈基盤面サーフェスモデルの作成〉

- 地形と同様な手法でサーフェスを作成する。
- 現況地形と差分を取るため、山地部は現況よりも高く設定する。

20

## 三次元FEM 解析モデル(計画盛土サーフェス)

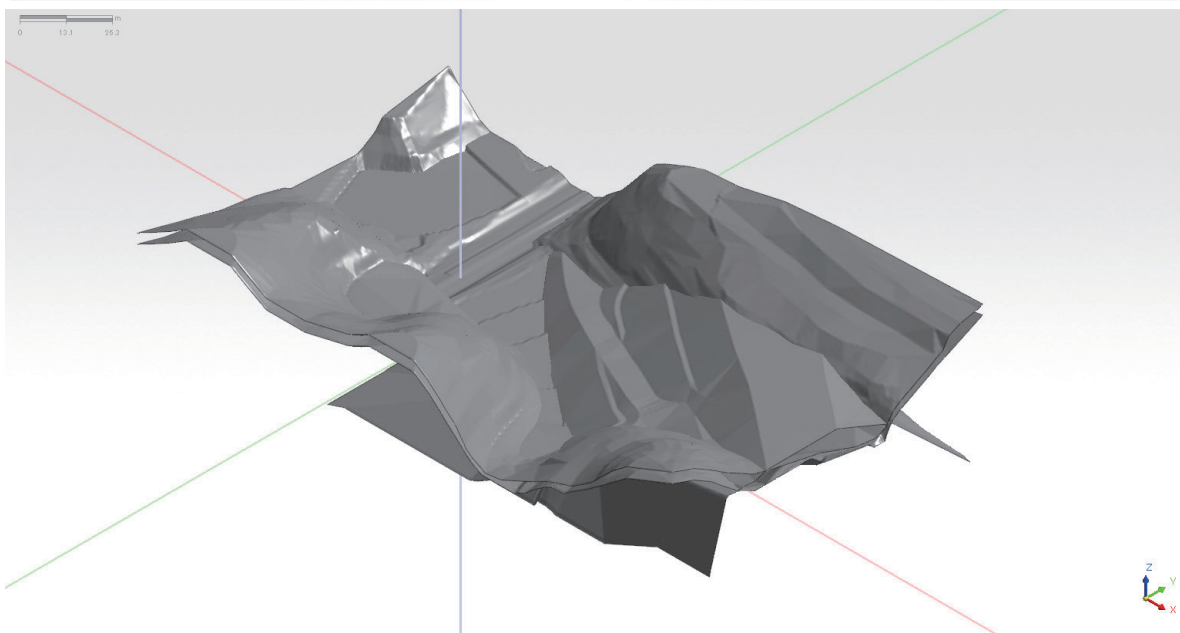


＜計画盛土のサーフェスモデル＞

- 3D-CADで作成したサーフェス作成
- 現況地表面との差分をとるため、地表面下に延長する

21

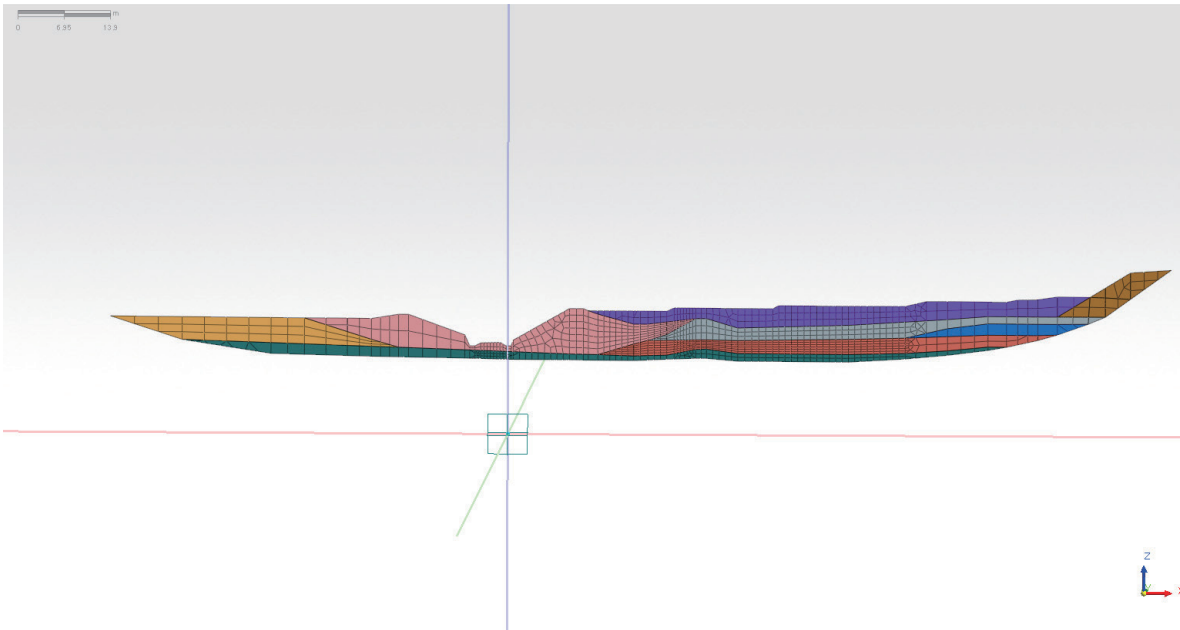
## 三次元FEM 解析モデル(3要素サーフェス)



＜現況地形面、基盤面、計画盛土面の3つのサーフェス重ね図＞

22

## 三次元FEM 解析モデル(地層境界サーフェス)

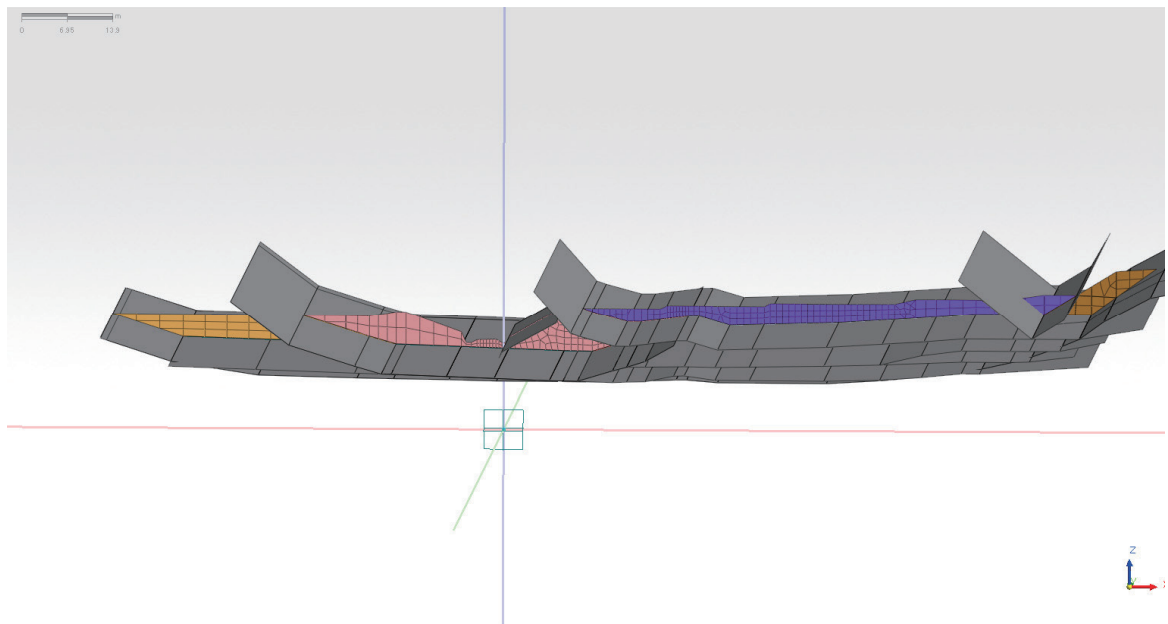


<地層断面(主断面)>

- 主断面での地質断面図をモデル化 ※Soil Worksの解析地質断面

23

## 三次元FEM 解析モデル(地層境界サーフェス)

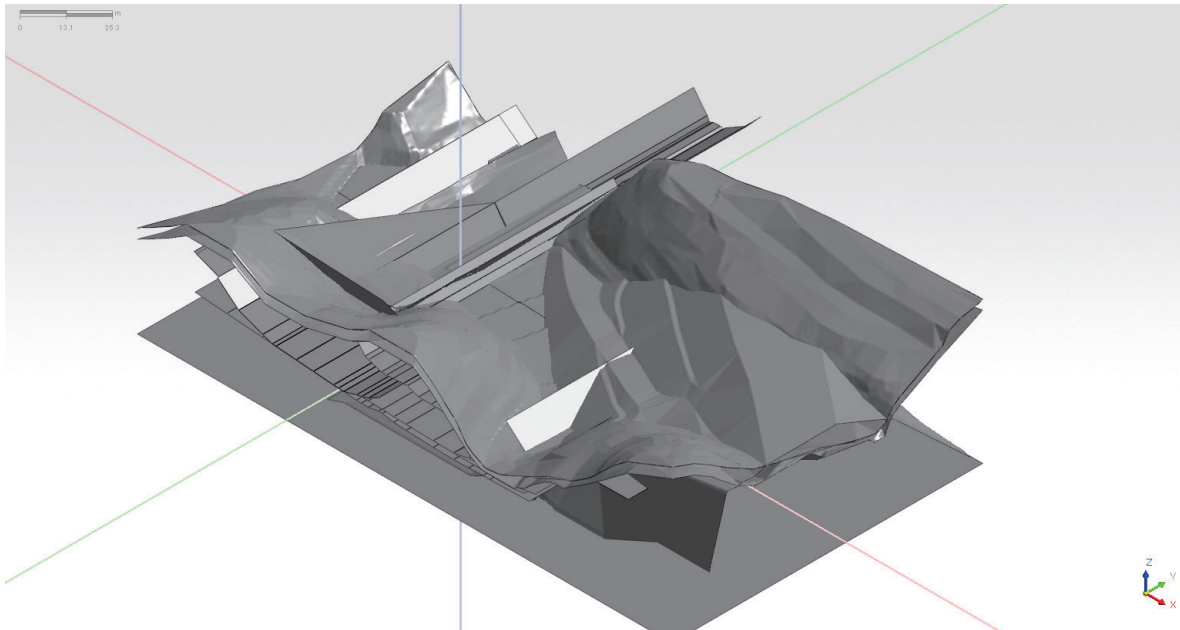


<地層境界面サーフェス>

- 主断面の地層境界を直交方向(谷横方向)に押し出し  
※面の組み合わせで作成

24

## 三次元FEM 解析モデル(サーフェスモデル)

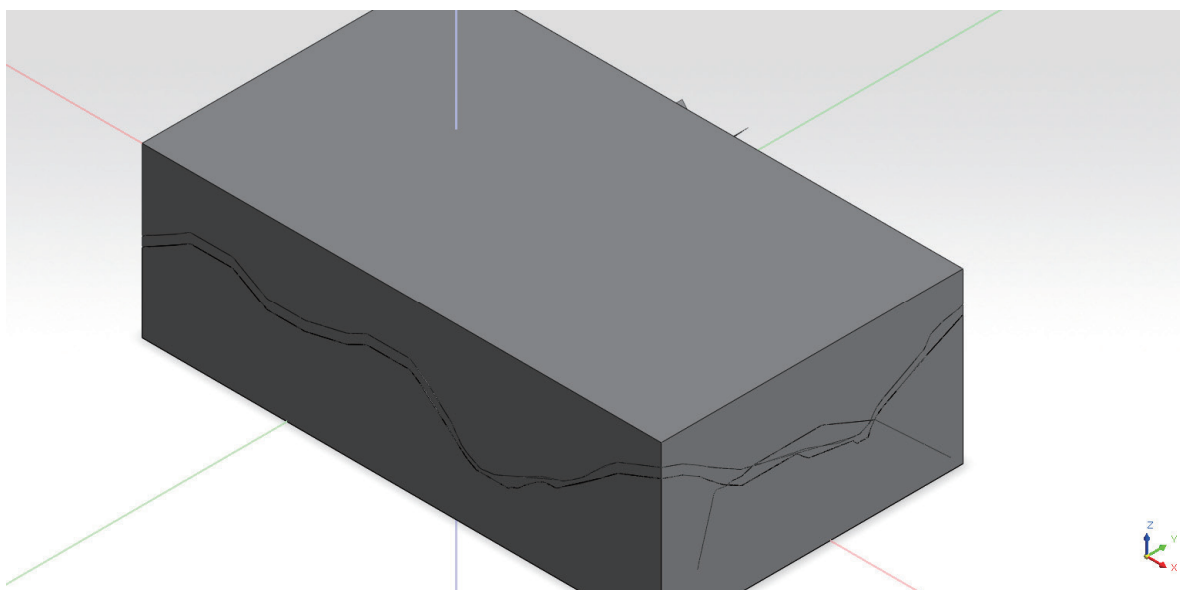


＜全てのサーフェス＞

- これらの中から必要なサーフェスを組み合わせてカットすることでソリッドモデルを作成する。

25

## 三次元FEM 解析モデル(ソリッドモデル)

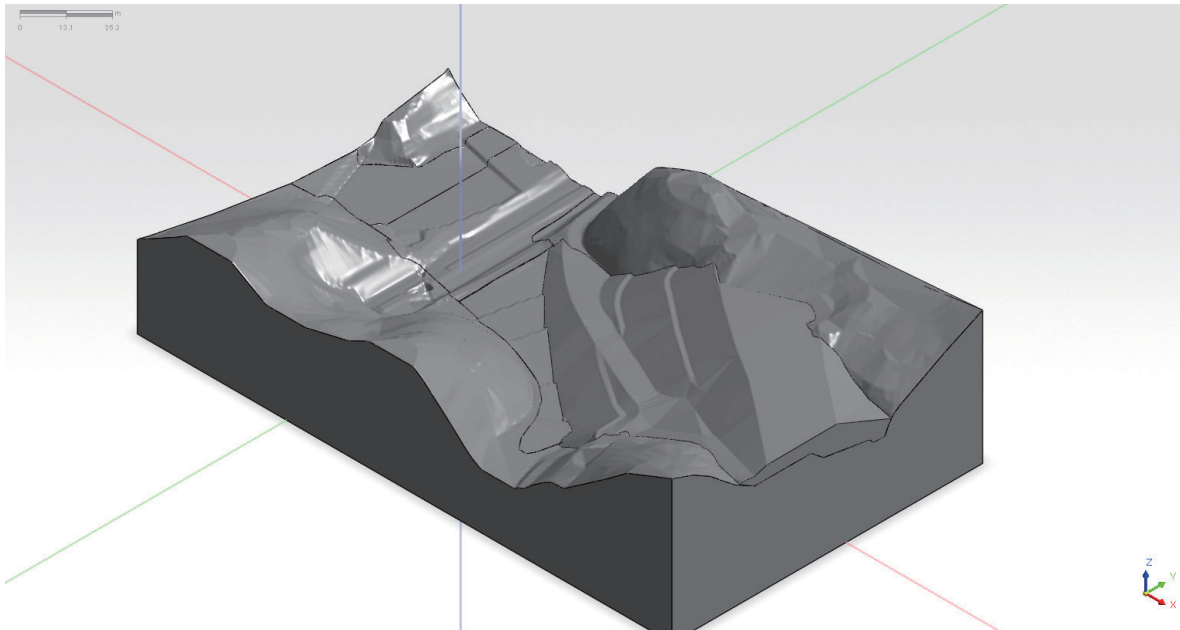


＜長方形6面体ソリッドから現況地形＞

- 長方体ソリッドを作成し、対応するソリッドをサーフェスでカットすることで基盤ソリッド、堆積層ソリッド、計画盛土ソリッドを作成する。

26

## 三次元FEM 解析モデル(ソリッドモデル)

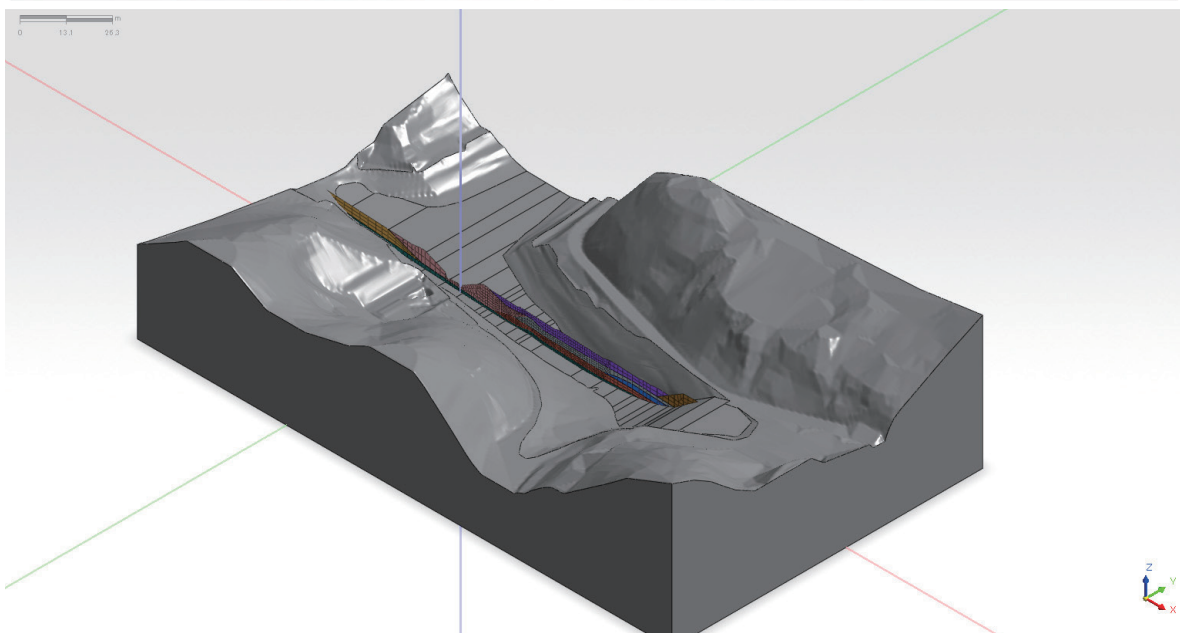


### <計画盛土ソリッド>

- 直方体ソリッドー現況地形サーフェス
- 上部ソリッドー計画盛土サーフェス

27

## 三次元FEM 解析モデル(ソリッドモデル)



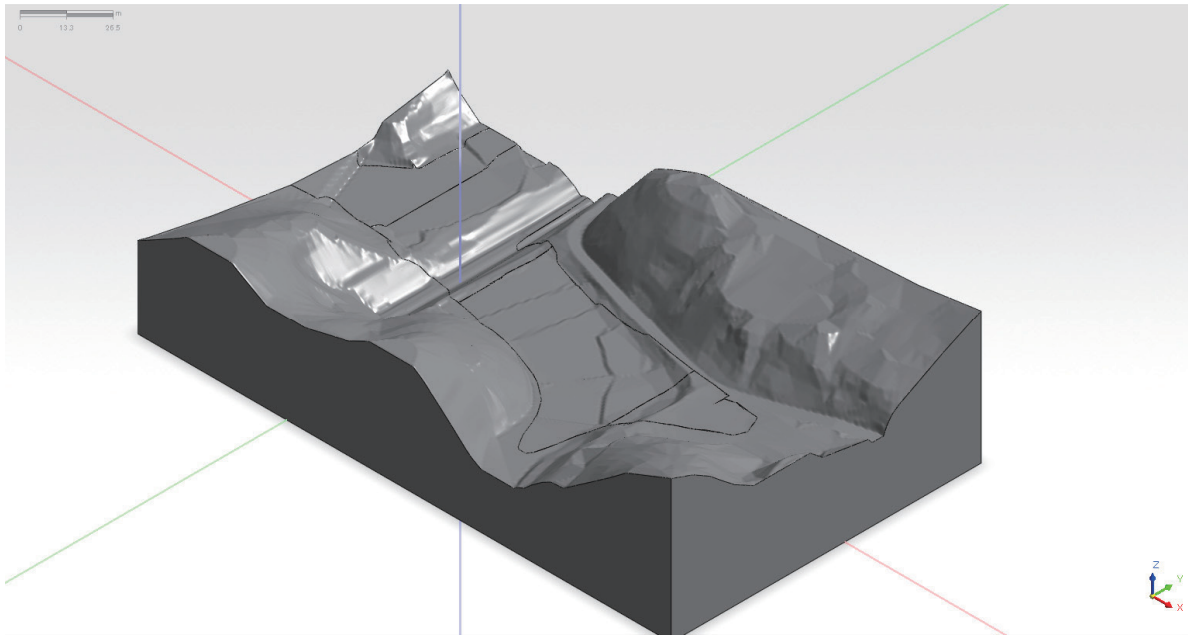
### <堆積層ソリッドモデル>

- 地層断面をもとに境界面サーフェスを作成し、堆積層ソリッドを分割して作成

28



## 三次元FEM 解析モデル(ソリッドモデル)



### <モデル修正>

- 順次、各地層をソリッド化
- 鉄道軌道周辺のディテールを修正

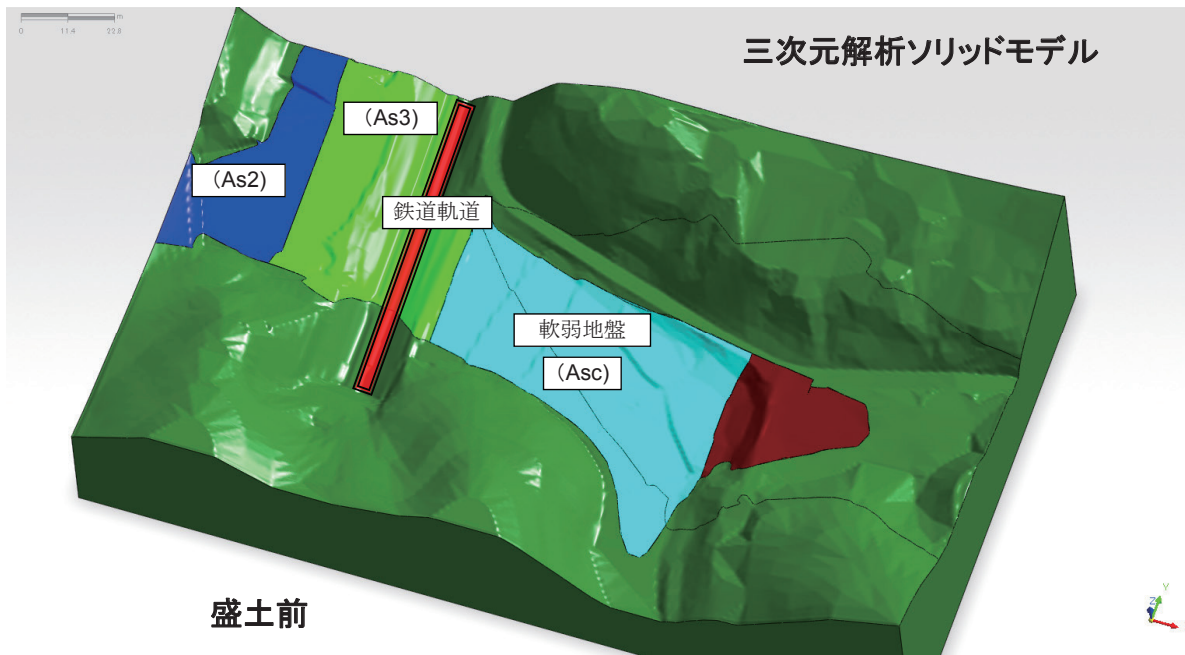
29

## 三次元FEM 解析モデル

- 作成したソリッドモデルの各地層にパラメータを与える。
- 三次元FEMで用いる土の構成則
  - ・ 盛土、As1、As3、Ag: Mohr-Coulomb model  
※応力による弾塑性変形
  - ・ Asc, As2 (粘性土多い砂質土)  
: 修正Cam-Clay model  
※応力による圧密変形

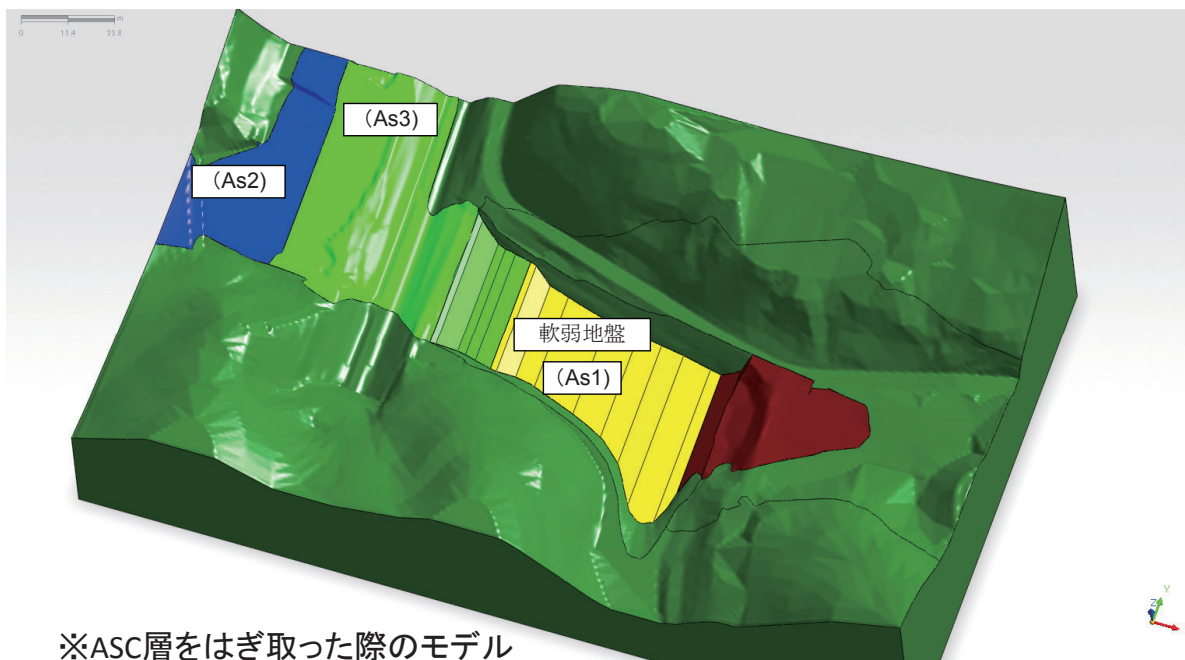
30

## 三次元FEM 解析モデル



31

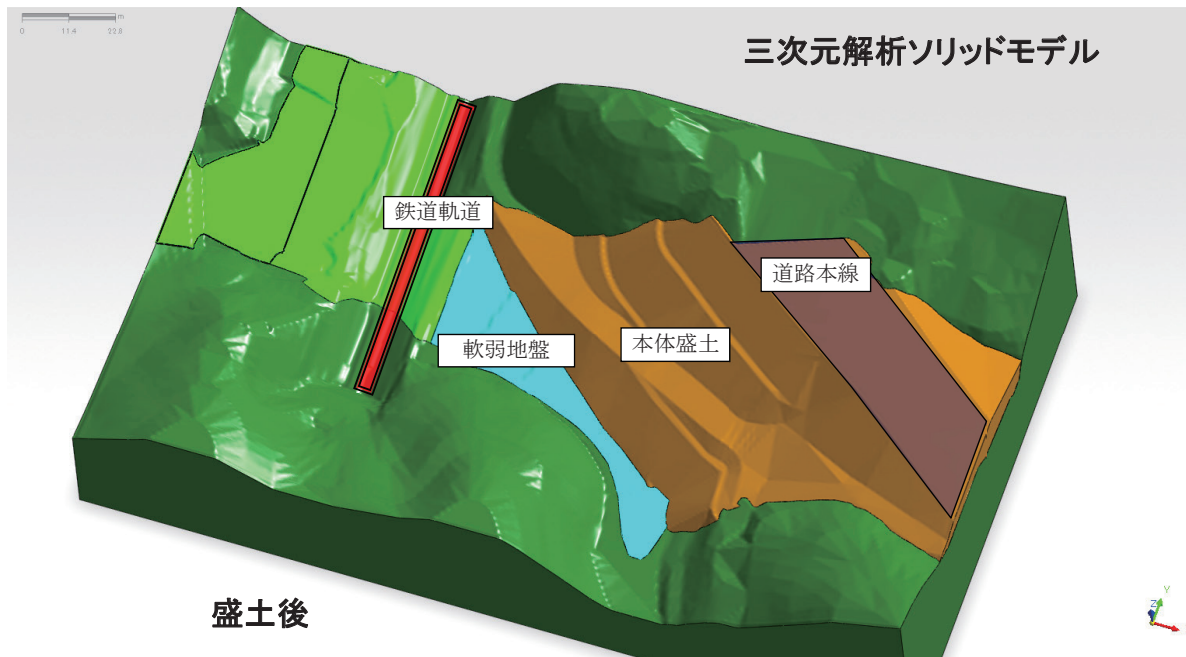
## 三次元FEM 解析モデル



32

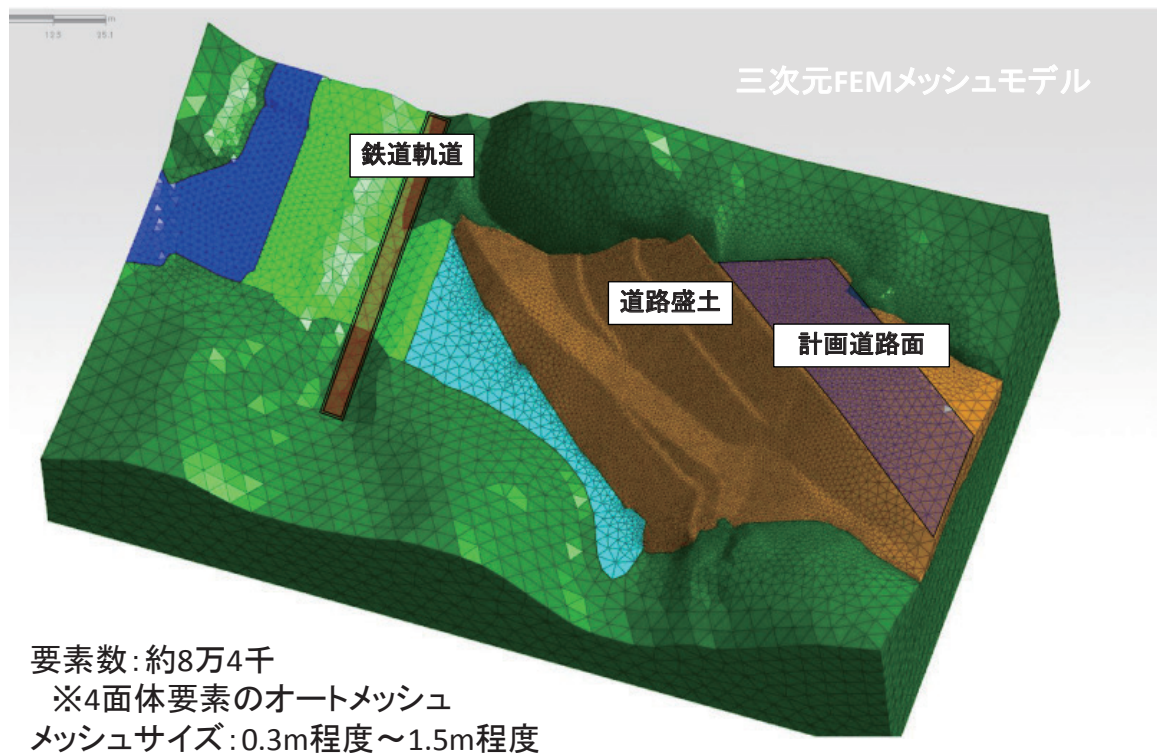


## 三次元FEM 解析モデル



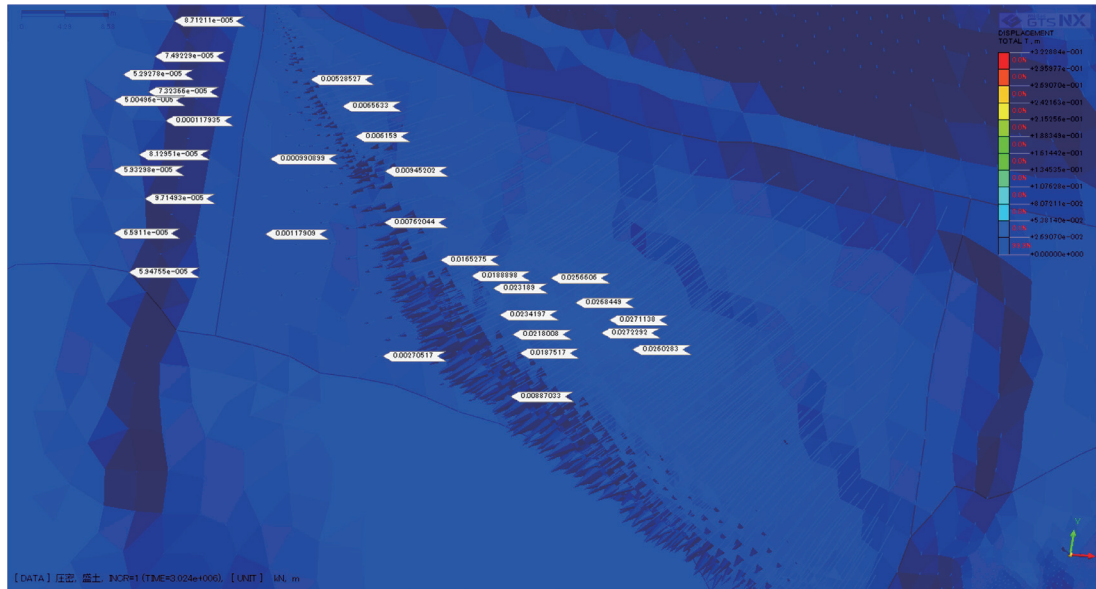
33

## 三次元FEM 解析モデル



34

# 三次元FEM 解析結果

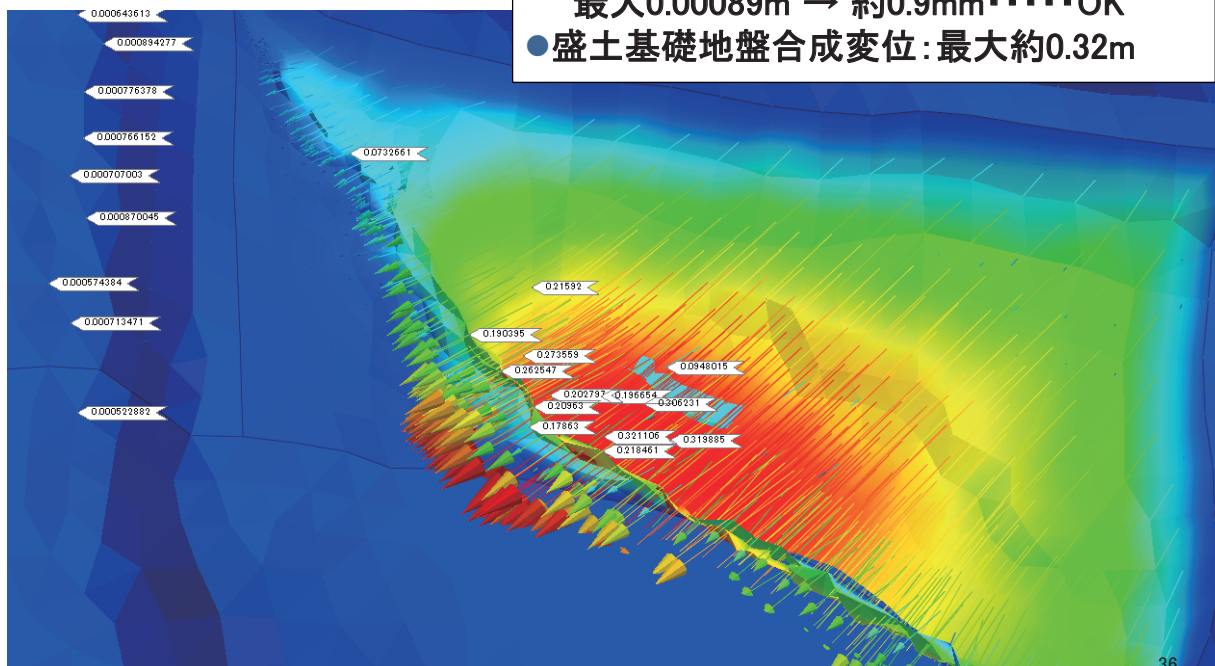


35

# 三次元FEM 解析結果

## 解析結果

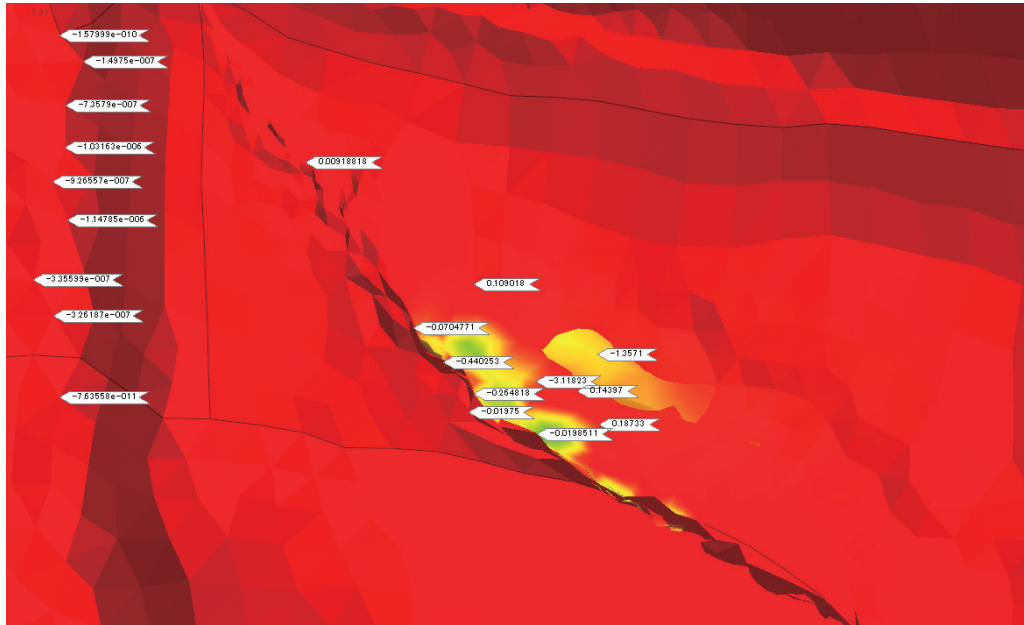
- 鉄道軌道合成変位：  
最大0.00089m → 約0.9mm.....OK
- 盛土基礎地盤合成変位：最大約0.32m



36

## 三次元FEM 解析結果

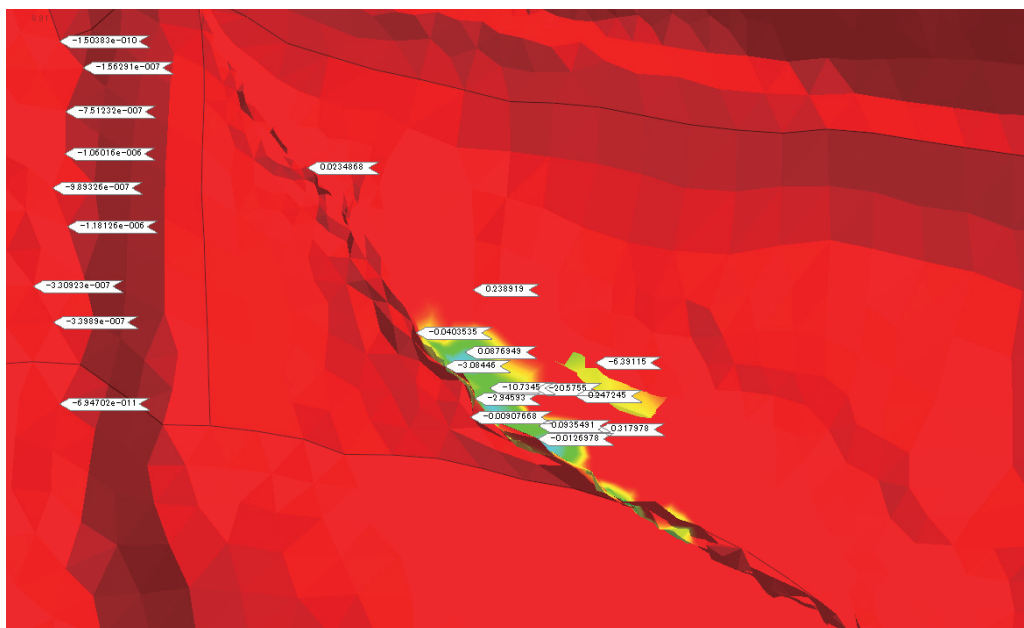
【過剰間隙水圧: 盛土施工step1】 最大値 =  $-1.36\text{kN/m}^2$



37

## 三次元FEM 解析結果

【過剰間隙水圧: 盛土施工step10】 最大値 =  $-6.4\text{kN/m}^2$

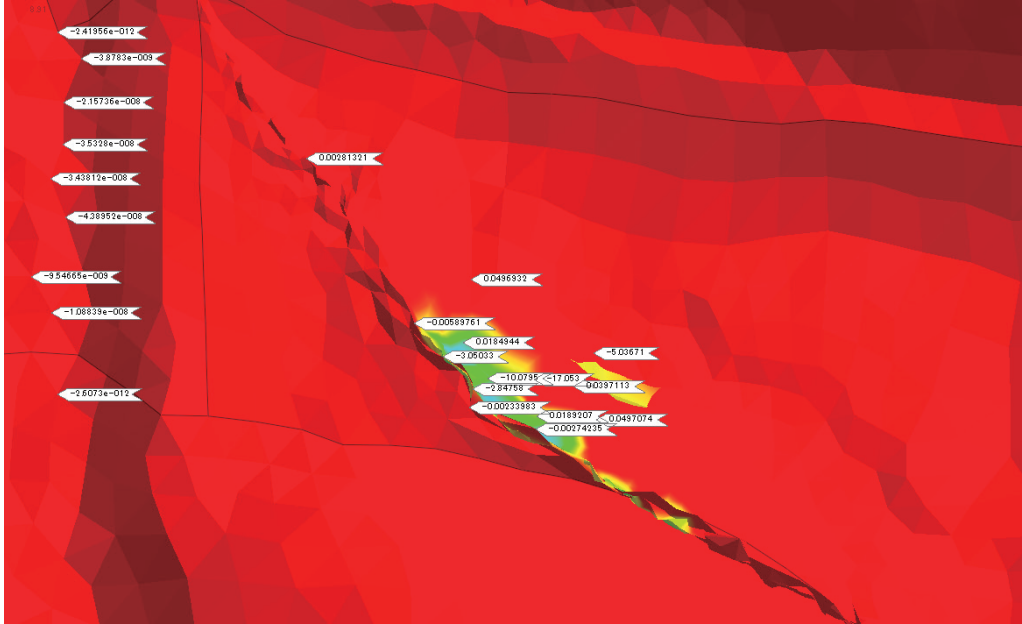


38



## 三次元FEM 解析結果

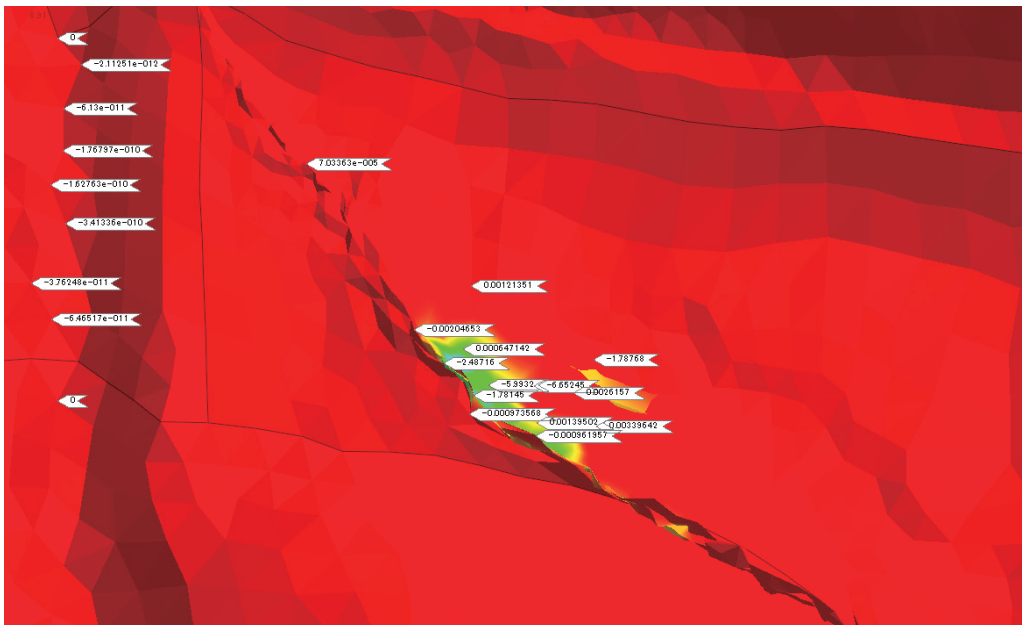
【過剰間隙水圧：放置期間step1】 最大値 =  $-5.04\text{kN/m}^2$



39

## 三次元FEM 解析結果

【過剰間隙水圧：放置期間step6】 最大値 =  $-1.79\text{kN/m}^2$



40

## まとめと評価

- 近接施工問題で、二次元断面での評価が難しい地形・計画形状において、三次元FEMにより、近接施工の影響を定量的に評価することができた。
- 軟弱層が砂質土主体であったため、盛土とほぼ同時に圧密度が100%近くなった。このため、圧密変形解析と弾塑性解析では、変位に大きな差はなかった。
- 圧密変形解析により、基礎地盤の過剰間隙水圧の発生と消散過程を定量的に評価することができた。

41

## 今後の課題

- 解析モデルの精度を向上
  - 密なボーリングと適切な探査でクロスチェック。
  - 簡便に広範囲の地盤状況を把握できる 調査手法の開発。
- 数値解析に用いるパラメータ
  - 容易に精度よくパラメータ設定する手法の開発が必要。
- オートメッシュの改善  
(メッシュ形状、適切なLODの設定とモデルへの反映)
- 解析モデルの品質確保
  - 何を以って品質を担保するのか？ 基準が必要

42

圧密・浸透(軟弱地盤)分野

MIDAS CONSTRUCTION  
TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION



株式会社マイダスイテュジャパン

〒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](mailto:g.support@midasit.com) | URL <http://jp.midasuser.com/geotech>

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