

建設分野 ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による盛土の安定対策 CGI工法による設計

株式会社加藤建設

ジオテクノロジー事業部 企画設計課 菅野 航太 氏



中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

目次

1. CGI工法とは

地盤改良体による未改良地盤の拘束効果

2. 現場概要

3. 三次元FEMでの設計

4. まとめ



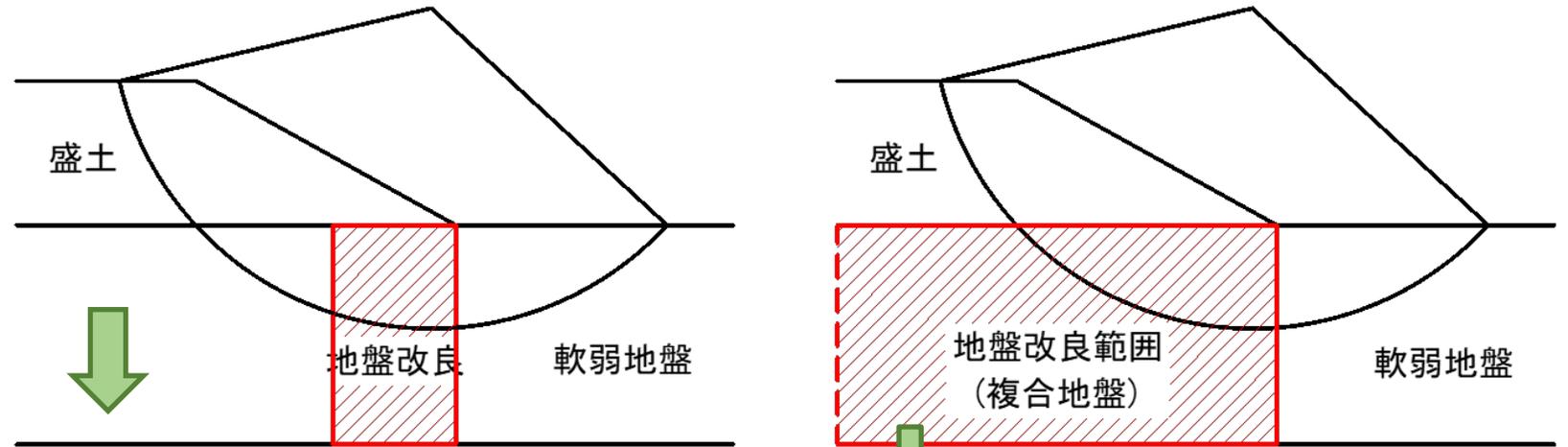
session.1

CGI工法とは

地盤改良体による未改良地盤の拘束効果

CGI工法とは

地盤改良体の**形状**や**配置**により、変形への抑制効果が異なることは従来から知られている。



×安全率から
沈下量の予測は難しい

×複合地盤強度には形状
や配置が反映されない

円弧すべり法の安全率による照査では課題¹⁾が残る。

1) 令和2年度土木学会第75回年次学術講演会 VI-52
「地盤改良体の配置の違いの効果を円弧すべり法で簡易的に評価する手法の基礎的検討」

CGI工法とは

- 地盤改良体の形状や配置による変形抑制への効果を考慮した地盤改良工法
 - クリエイティブ地盤改良サークル日本
「CGI工法設計・施工マニュアル」,平成26年11月
 - マニュアルでは, 変形抑制の効果を「**地盤改良体による拘束効果**」として示されている.
 - 拘束効果には, 地盤改良体の特性である「圧縮に強い」「曲げ引張に弱い」を考慮する必要がある.
- ⇒設計には**変形照査**と**土の特性の表現**が必要

CGI工法とは

拘束効果を適切に評価するには変形解析が必要。
そのため、FEMを用いた設計となる。

⇒二次元FEMでは解析モデルの作製が容易。
ただし、奥行方向の変化が表現できないため、
拘束効果を適切に評価することができない。

⇒三次元FEMであれば奥行方向の変化も表現され、
形状や配置の違いによる拘束効果を適切に評価
することができる。

CGI工法とは

拘束効果の評価には，土の特性を表現することができる地盤の構成モデルの選択が不可欠.

- a) 土の破壊と塑性域におけるダイレーション
- b) 変形係数の拘束圧依存性
- c) 弾性域において，処女載荷と除荷・再載荷における挙動の違い

例) 修正カムクレイ
関口・太田モデル
修正Mohr Coulomb
Hardening Soil with small strain stiffness

MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

CGI工法とは

Hardening Soil with small strain stiffness

$$E_{50} = E_{50}^{ref} \left(\frac{-\sigma_1 + p_x}{p^{ref} + p_x} \right)^m, E_{ur} = E_{ur}^{ref} \left(\frac{-\sigma_1 + p_x}{p^{ref} + p_x} \right)^m, E_{oed} = E_{oed}^{ref} \left(\frac{-\sigma_3 + p_x}{p^{ref} + p_x} \right)^m$$
$$p_x = c \cot \phi \quad (4.2.141)$$

c : 粘着力

p^{ref} : 基準圧力

ϕ : 内部摩擦角

m : 非線形弾性モデル power law 指数

E_{50}^{ref} : 基準圧力下の三軸試験時の弾性係数

E_{ur}^{ref} : 基準圧力下の除荷再載荷時の弾性係数

E_{oed}^{ref} : 基準圧力下の oedometer 載荷試験時の弾性係数



session.2

現場概要

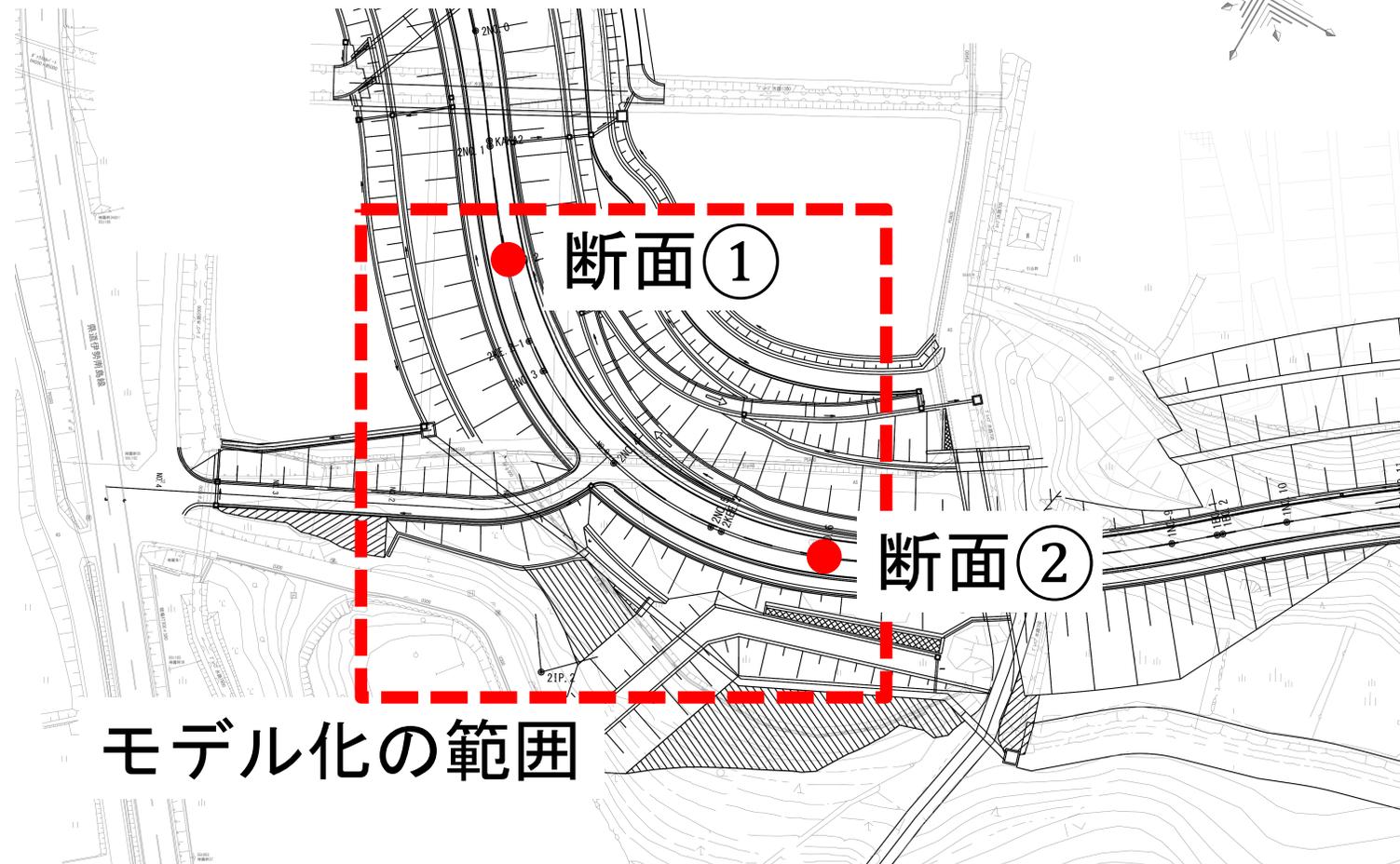
現場概要

MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

曲線部の内側と外側で連続性が異なる
⇒ 枠線範囲内を対象にモデル化



現場概要

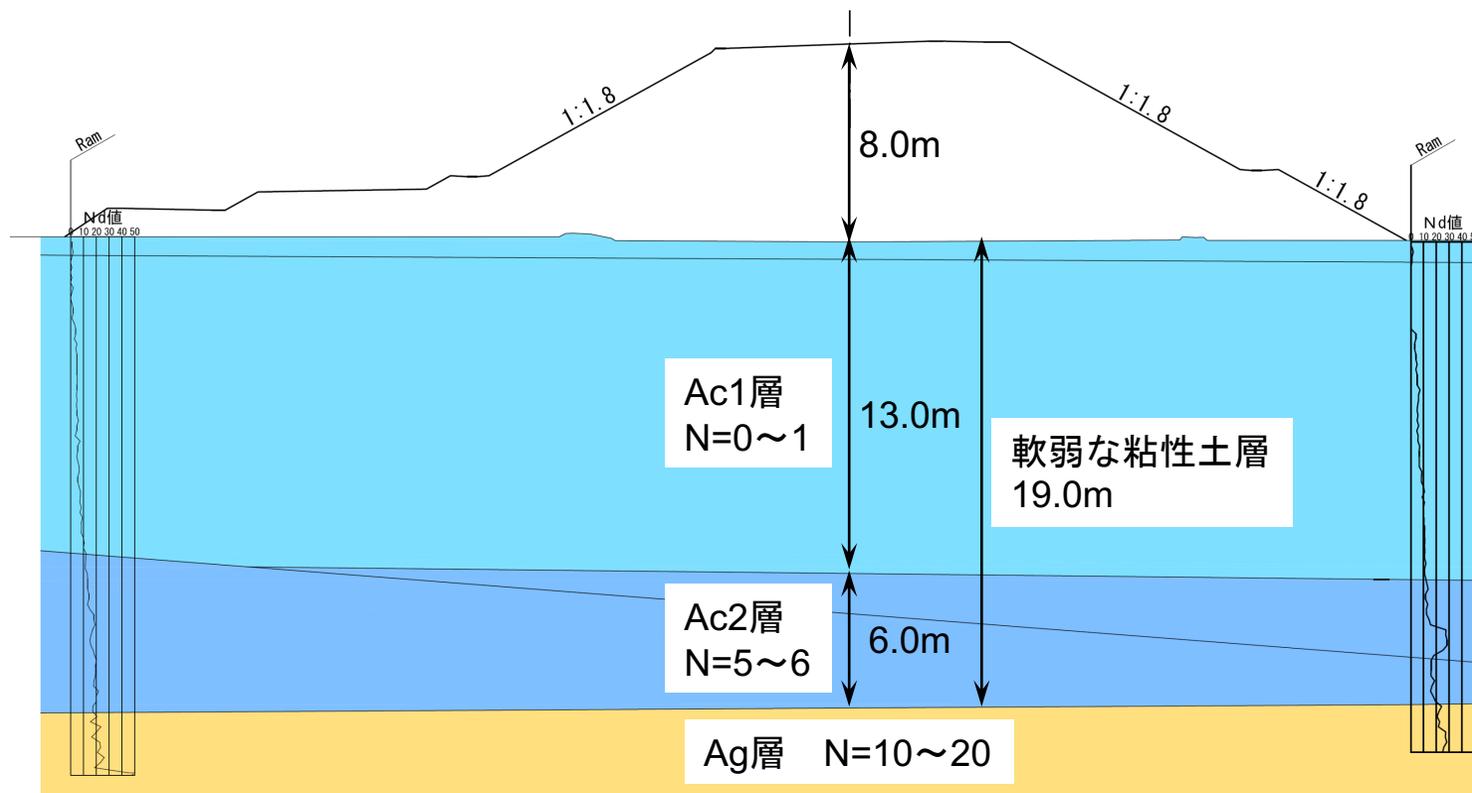
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

【断面①】

- ・ 盛土高さ 8 m
- ・ 20 m程度の粘性土が堆積



現場概要

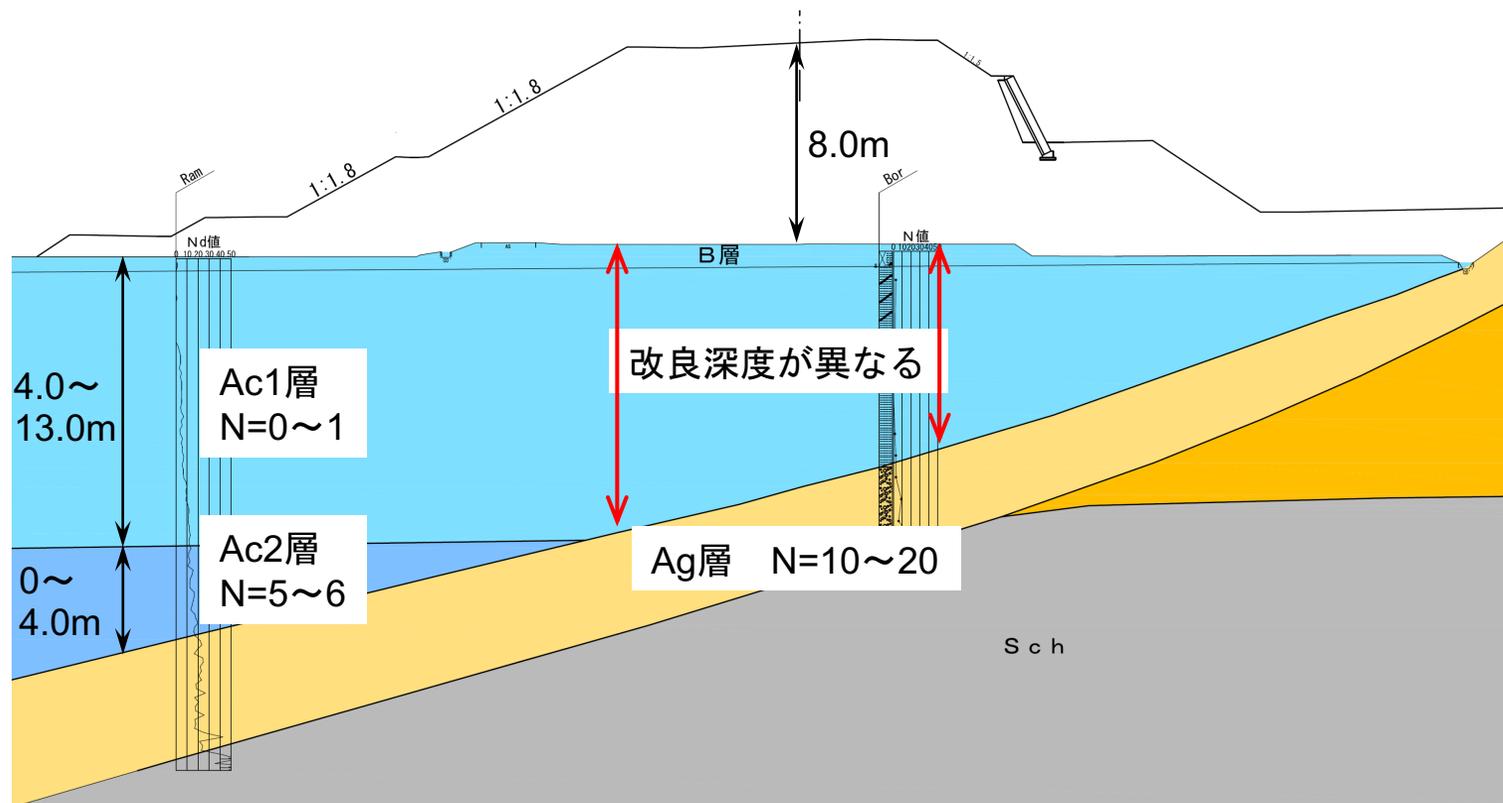
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

【断面②】

- ・ 粘性土の層厚が変化。
⇒ 傾斜により粘性土の変状も異なる。



現場概要

【無対策時の検討結果】

従来から多く用いられる照査方法による結果

◇ 一次元圧密沈下 $S=0.8\sim 1.0\text{m}$ 程度

◇ 円弧すべり法 $F_s=0.6\sim 0.8$ 程度

⇒ 対策工が必要

【対策工法に求められる性能】

- ① 低コストな対策工法
- ② 盛土の安定と沈下を兼ねる対策
- ③ 盛土施工時・完成時の天端沈下量10cm以内
- ④ 供用開始後の残留沈下10cm以内



session.3

三次元FEMでの設計

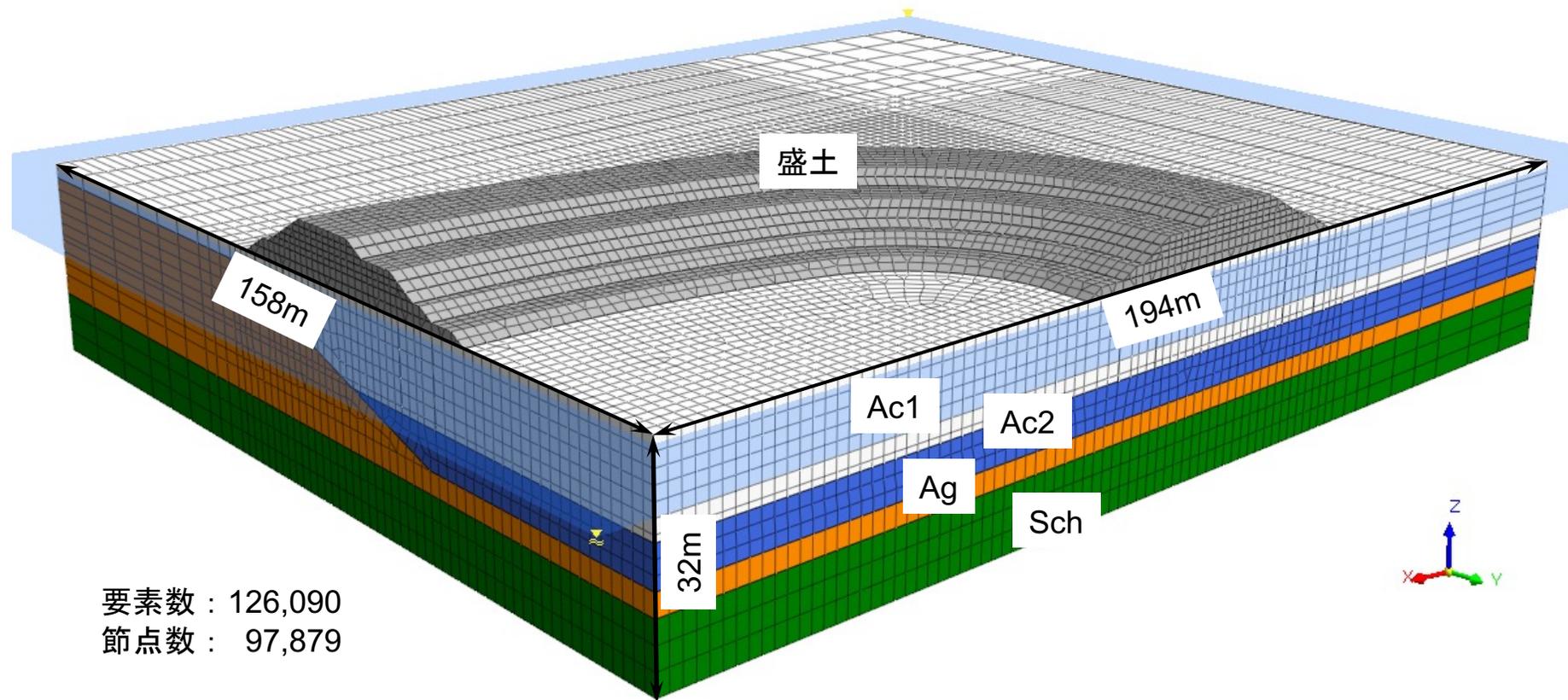
三次元FEMでの設計

MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

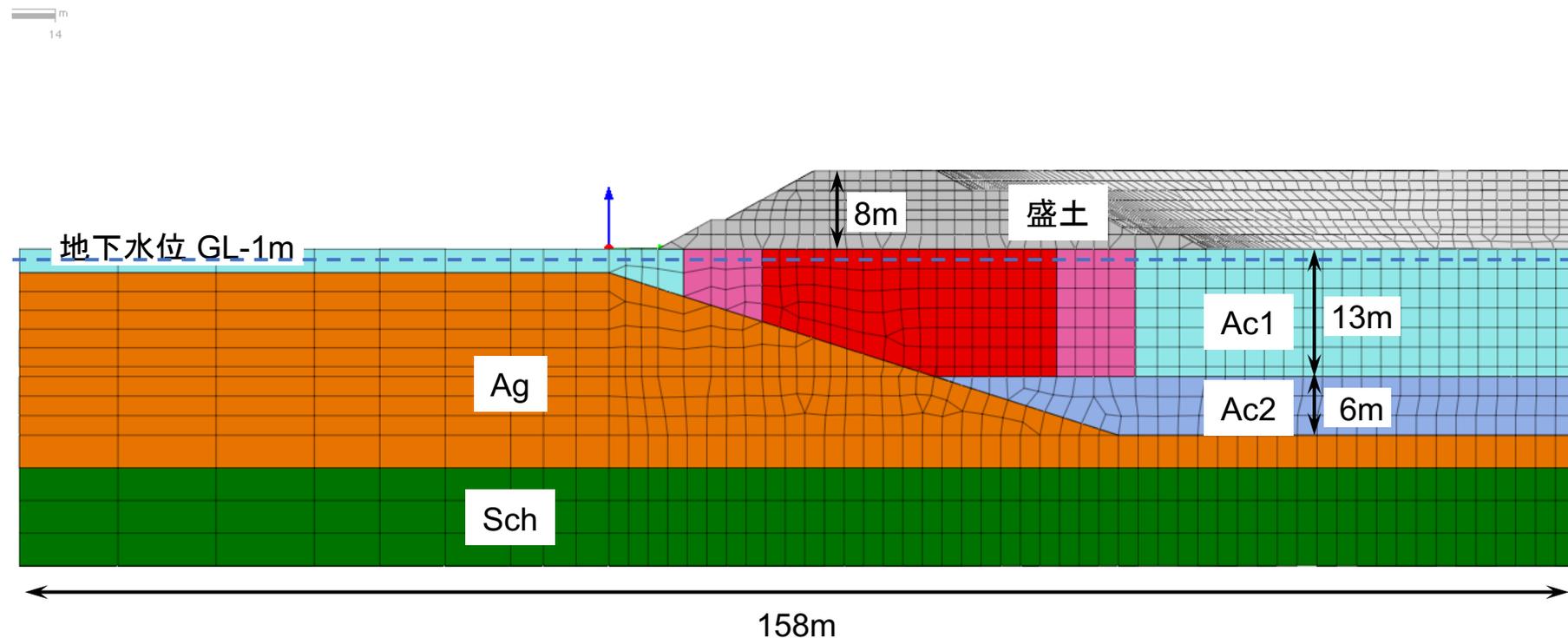
株式会社加藤建設
菅野 航太

解析モデルの全景



三次元FEMでの設計

解析モデル (X側面)



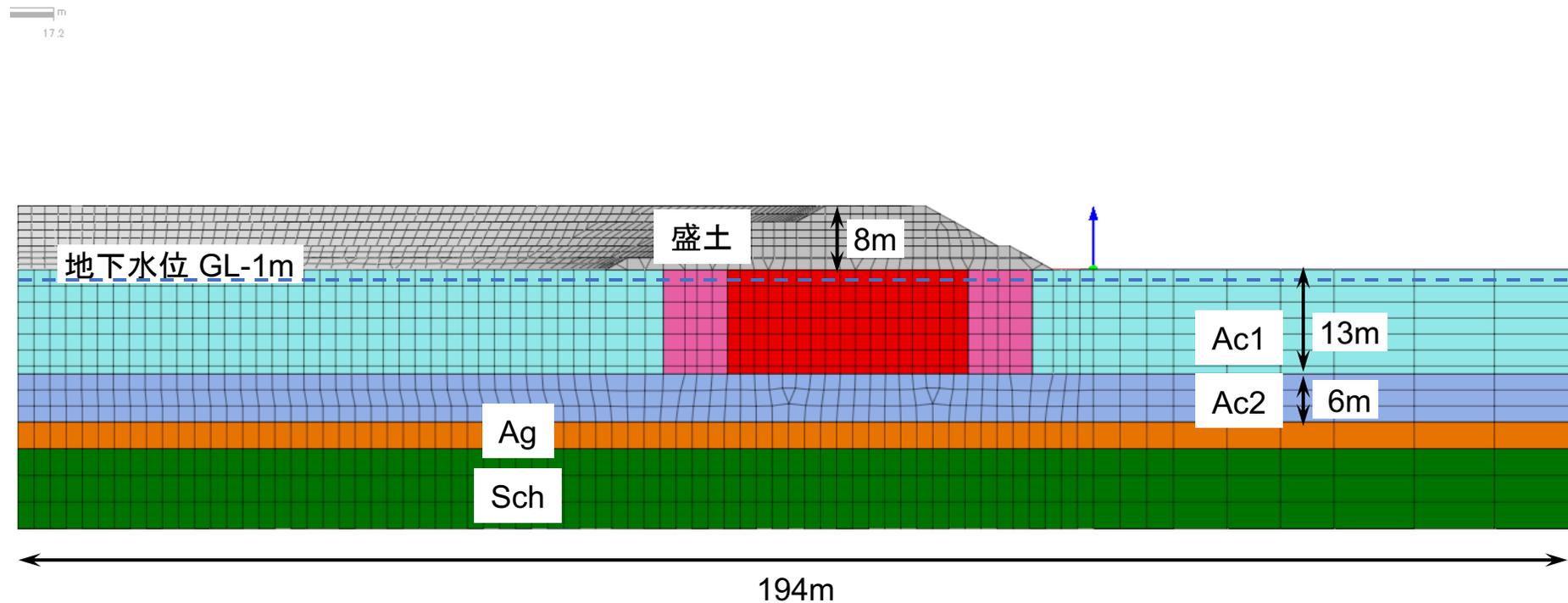
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

解析モデル（Y側面）



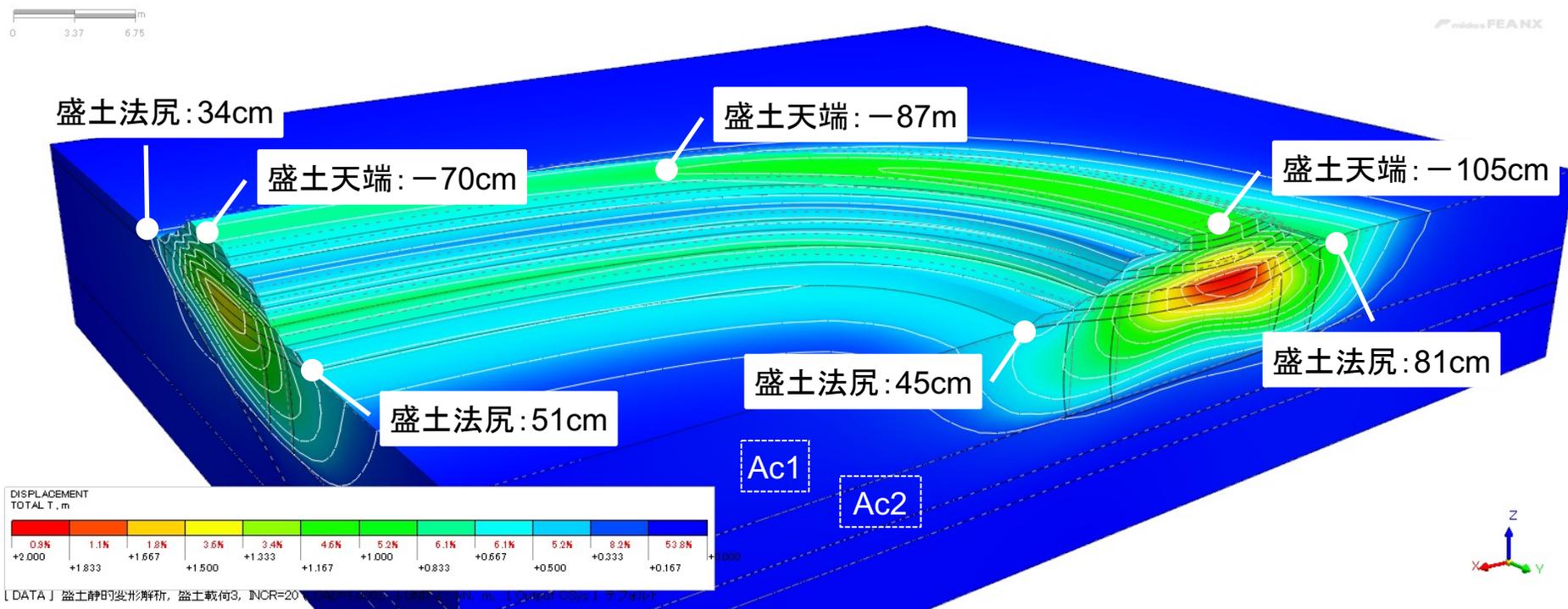
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

無対策時の変形図



盛土下部の粘性土地盤が大きく変形していることを確認。（最大沈下量2.0m程度）

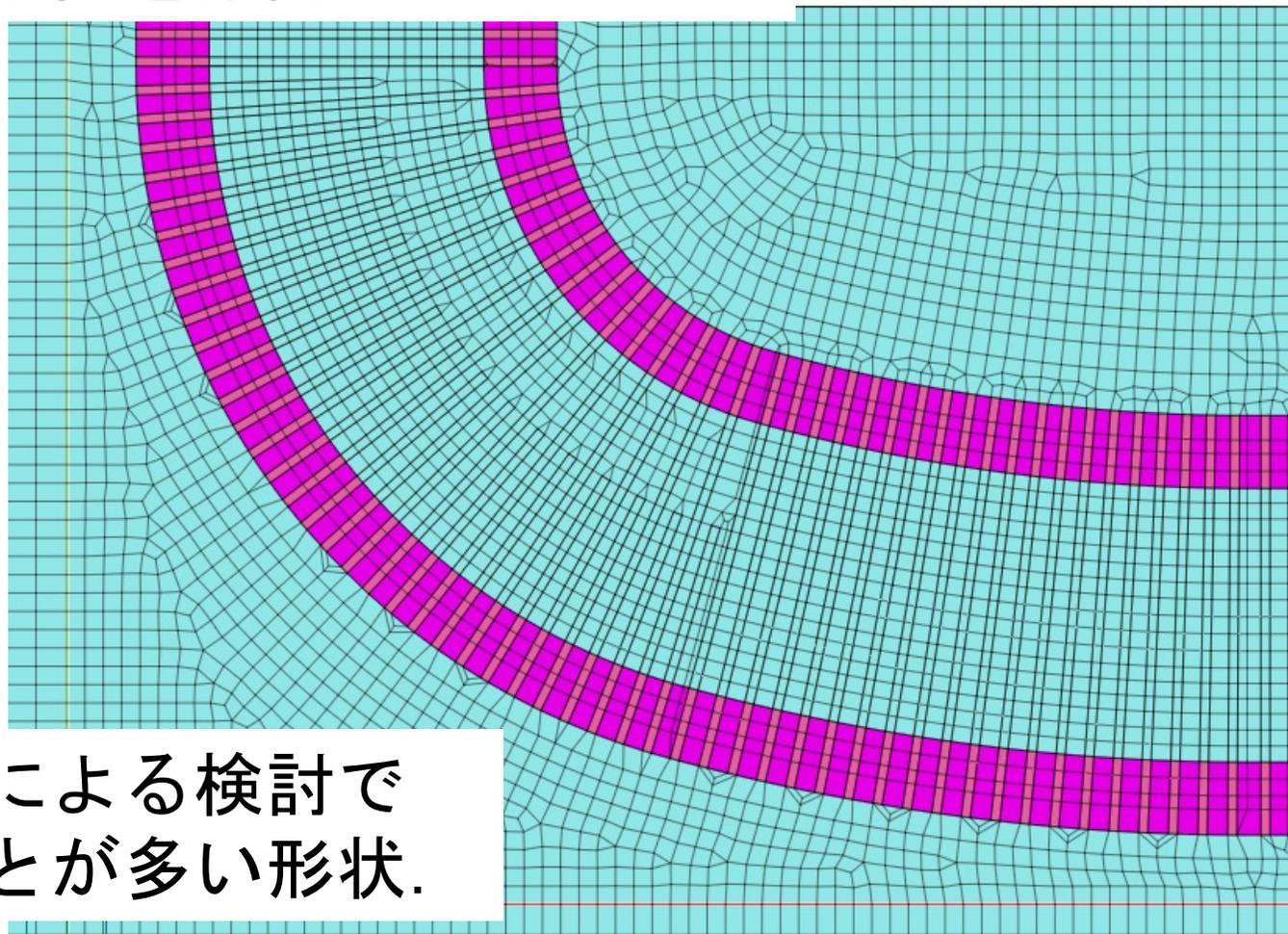
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

対策時の解析は，要求性能を満足する
地盤改良体の配置を確認．



CASE-1

円弧すべり法による検討で
採用されることが多い形状．

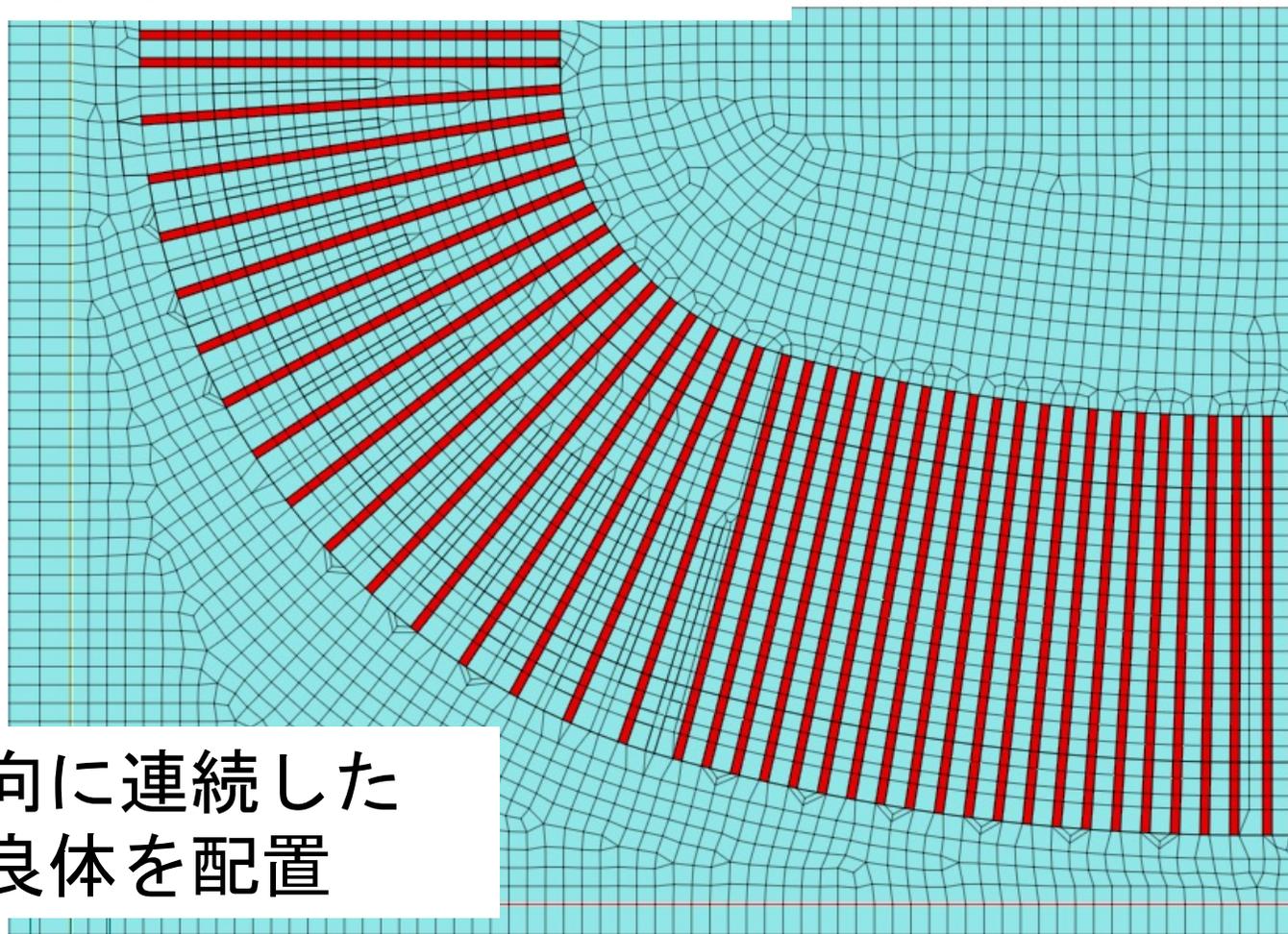
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

対策時の解析は，要求性能を満足する
地盤改良体の配置を確認．



CASE-2

道路の横断方向に連続した
壁状の地盤改良体を配置

MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

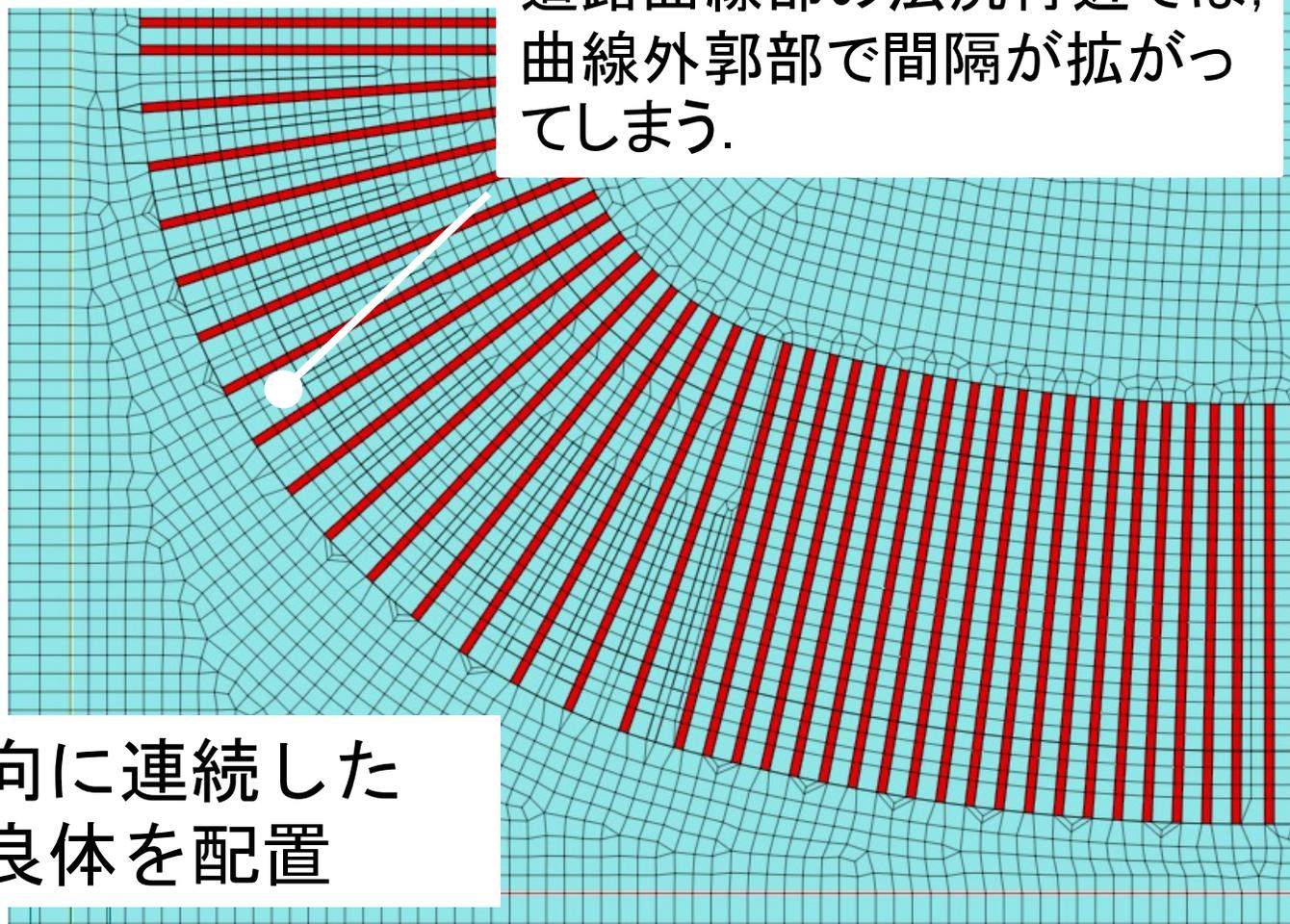
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

対策時の解析は，要求性能を満足する
地盤改良体の配置を確認．

道路曲線部の法尻付近では，
曲線外郭部で間隔が広がっ
てしまう．

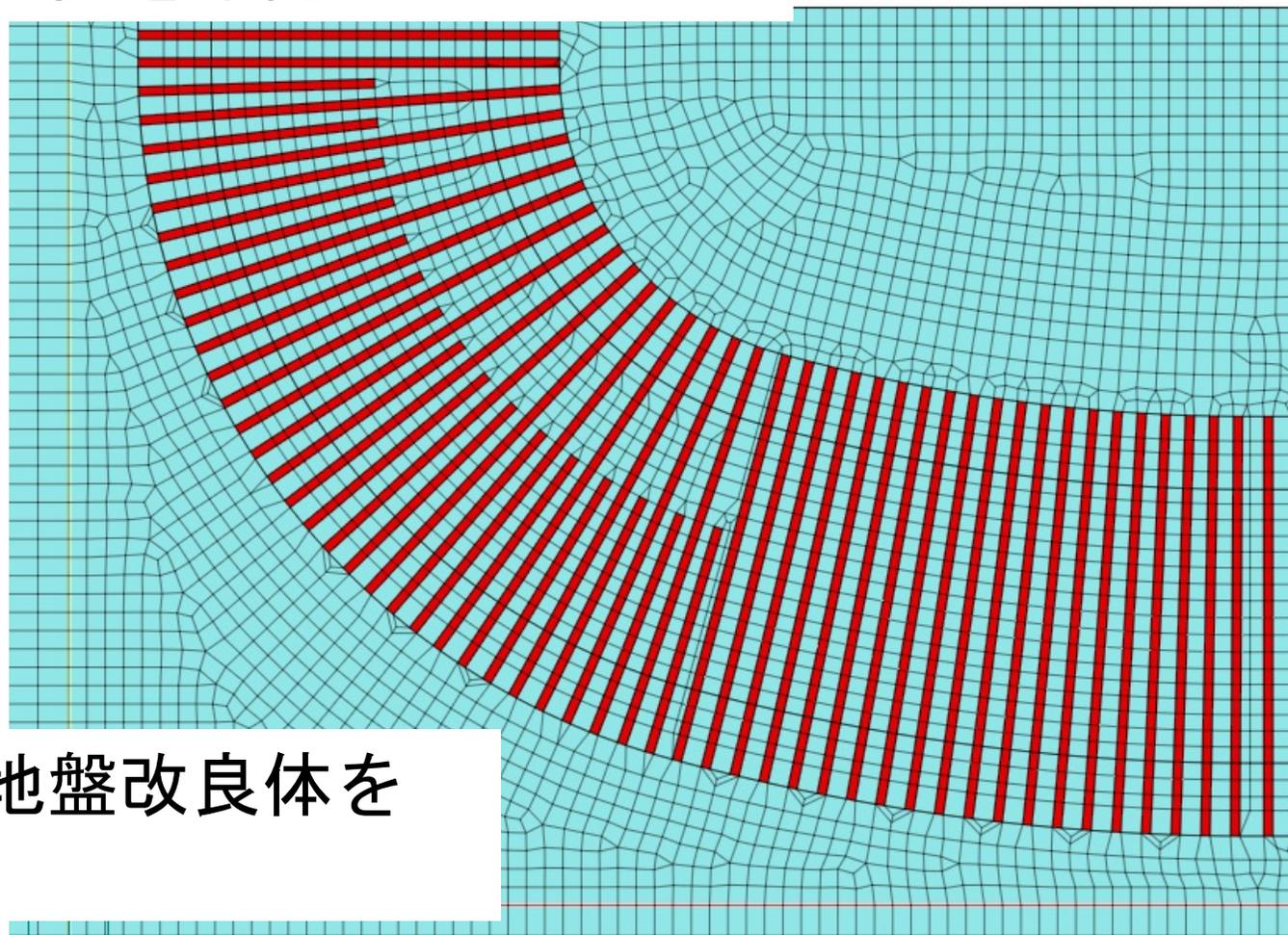


CASE-2

道路の横断方向に連続した
壁状の地盤改良体を配置

三次元FEMでの設計

対策時の解析は，要求性能を満足する
地盤改良体の配置を確認．



CASE-3

曲線外郭部に地盤改良体を
追加配置

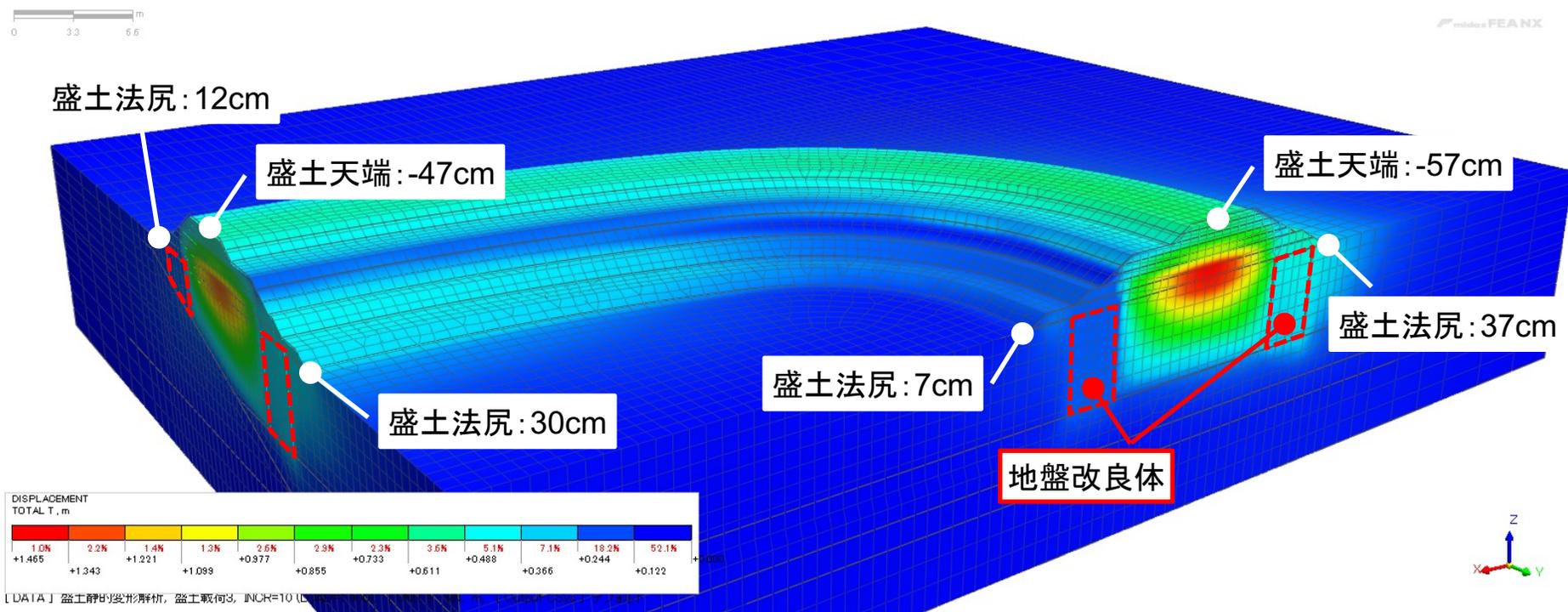
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

対策時（CASE-1）の変形図



地盤改良体による変形抑制効果が不十分であり、要求性能を大きく超える変形量となった。

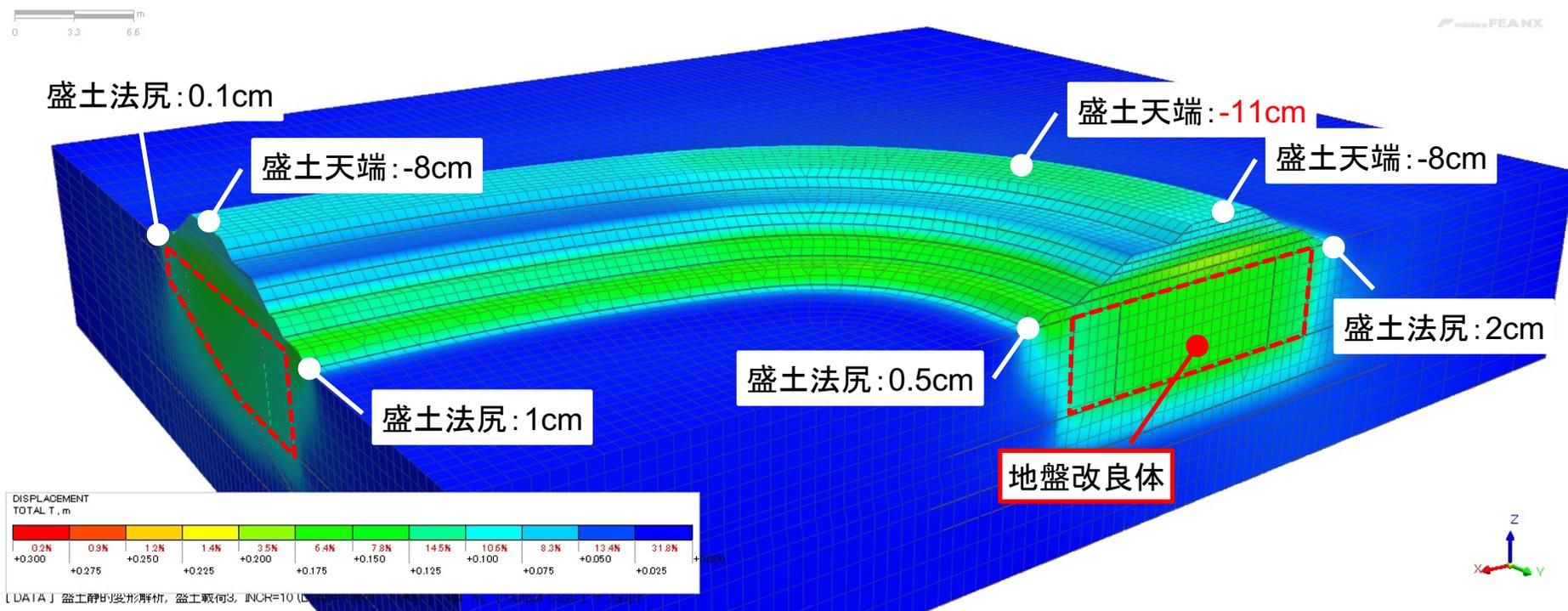
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

対策時（CASE-2）の変形図



地盤改良体による変形抑制効果が確認されるが、
曲線部の盛土天端で要求性能を超えた値となる。

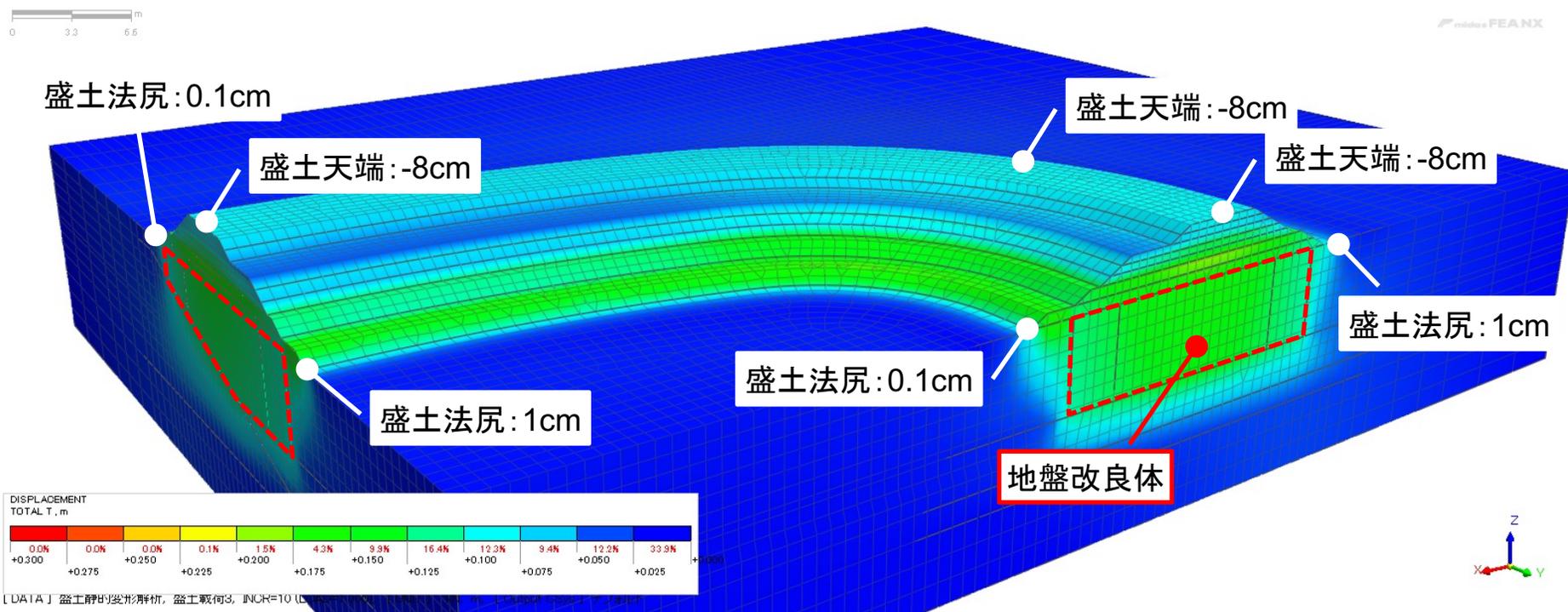
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

対策時（CASE-3）の変形図



曲線部の地盤改良体を配置したことで、曲線部の盛土天端でも要求性能を確保している。

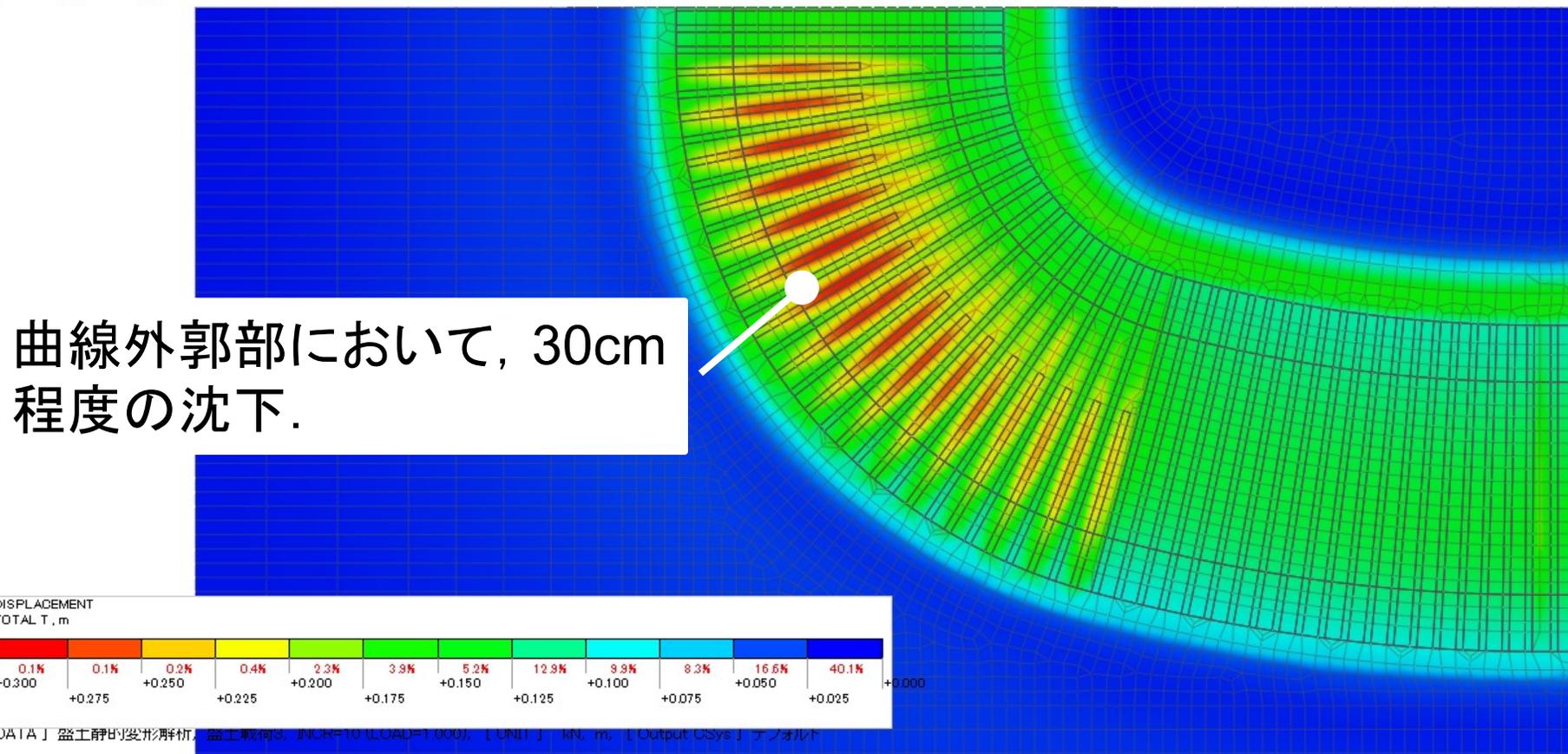
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

対策時（CASE-2）の地表面変形図



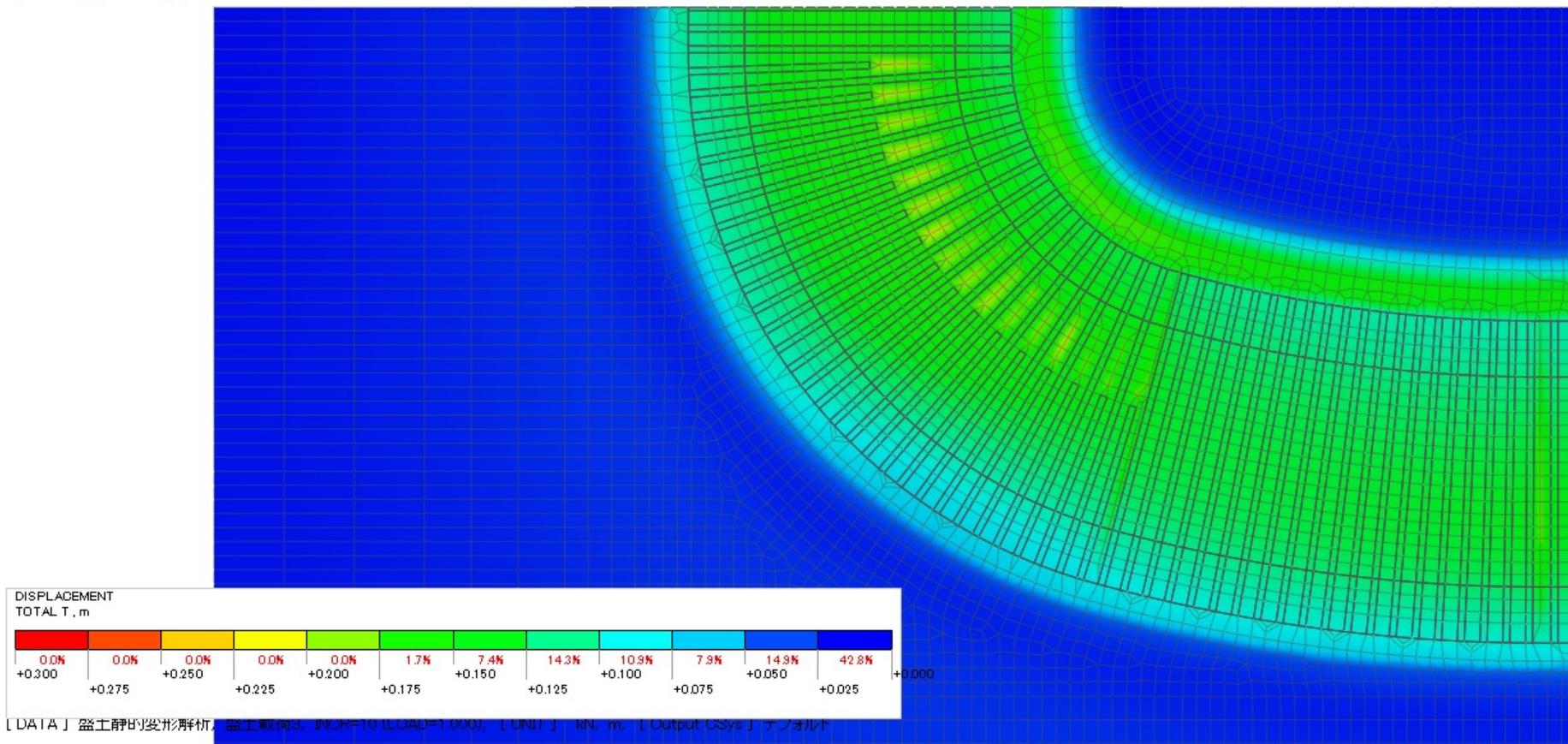
MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太

三次元FEMでの設計

対策時（CASE-3）の地表面変形図



MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太



session.4

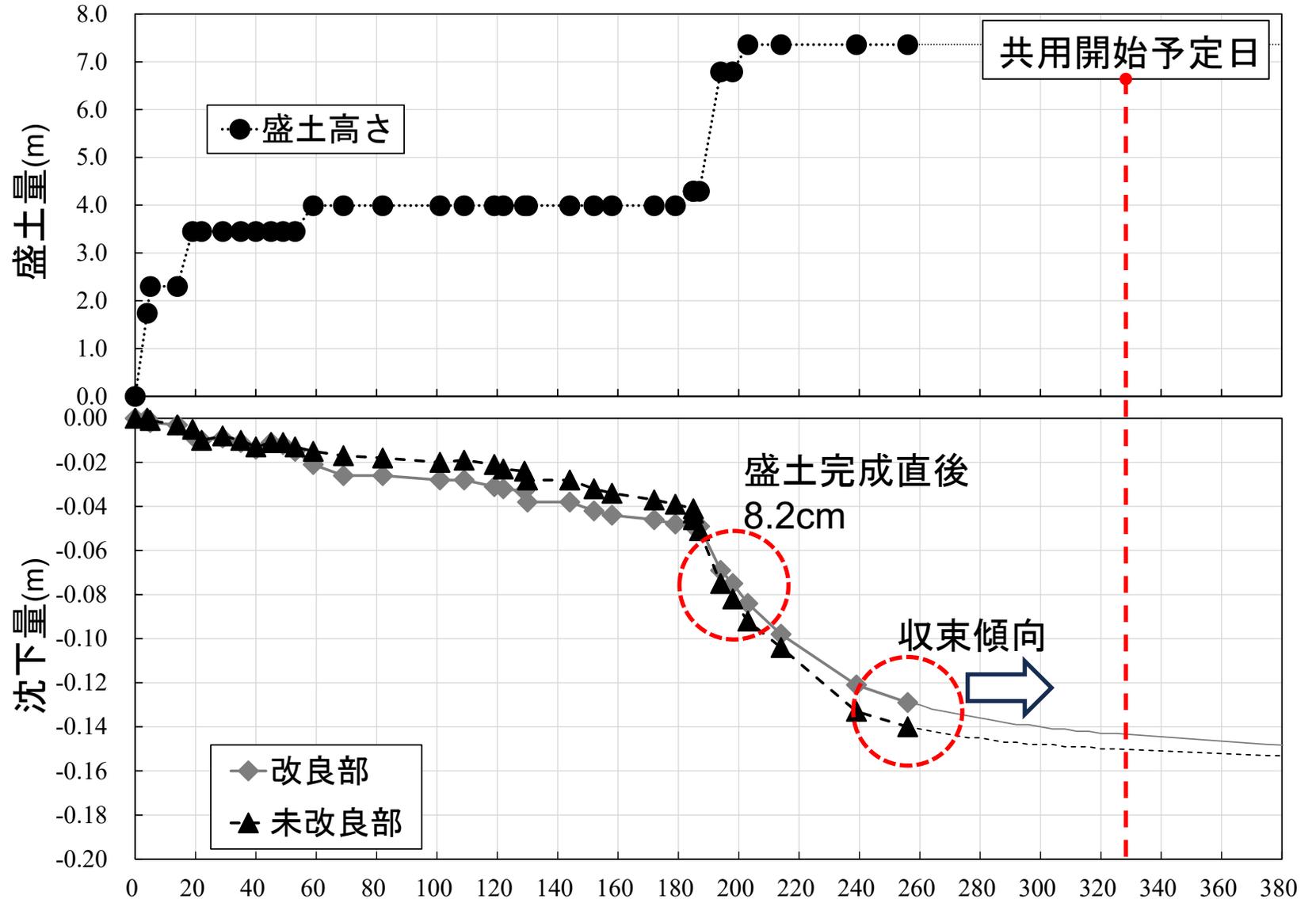
まとめ

まとめ

MIDAS 建設分野
ユーザー解析事例発表会

中層混合処理工法による
盛土の安定対策
CGI工法による設計

株式会社加藤建設
菅野 航太



まとめ

- 地盤改良工の合理的な検討を行う上では、円弧すべり法や圧密沈下での設計には課題がある。
- CGI工法であれば、合理的な地盤改良工の設計を行うことができる。
- 形状や配置の違いによる拘束効果を評価するには三次元FEMと、土の特性を表現できる地盤の構成モデルの使用が不可欠。
- 上記の影響を適切に評価すれば、円弧すべり法や二次元FEMでも簡易的に設計²⁾することが可能。

2) 性能設計・土工技術検討会
「土構造物における性能設計の実務と展望」 pp.259～262

ご清聴ありがとうございました