

MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

圧密・浸透(軟弱地盤)分野 2



MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

圧密・浸透(軟弱地盤)分野

2.

拘束効果を考慮した 地盤改良工法

株式会社 NOM 大河内 保彦 様



拘束効果を考慮した地盤改良工法 - 3 DFEMによる設計例 -

(株) NOM 大河内保彦



1

Contents

1. 新しい地盤改良設計手法の必要性
2. 拘束効果とは？
3. 拘束効果を適切に評価する地盤の構成モデル
4. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (Mohr-Coulomb)
5. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (修正Mohr-Coulomb)
6. 従来から良く行われる二次元化の問題点 (M-C)



2

1. 新しい地盤改良設計法の必要性

現状の設計法は以下の2種類に大別される。

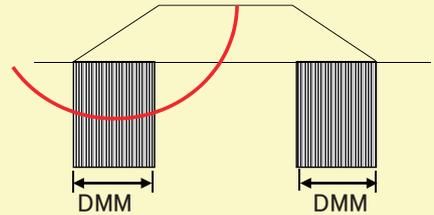
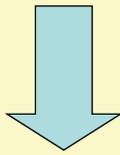
複合地盤的設計手法

構造的設計手法

両者ともに、**未改良部の土の強度や変形特性の評価が不十分**

例えば、複合地盤強度と円弧すべり法を用いた設計においても、改良体の配置による未改良土の拘束効果は全く考慮できない。

改良体が円弧の通る場所であれば、安全率は同一だが、実際の改良効果は配置で大きく異なる。



拘束圧によって変化する土の強度・変形特性を考慮に入れる設計法とすれば、より合理的な設計が可能となる。

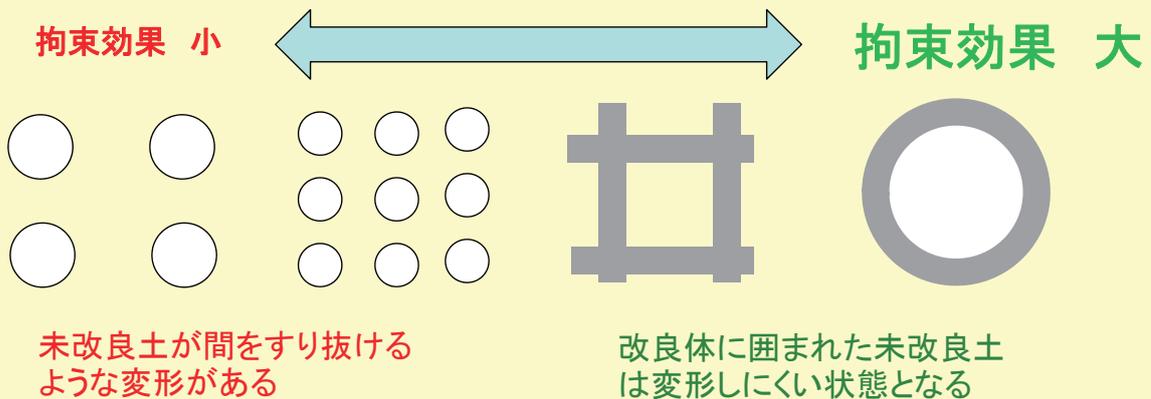


3

2. 拘束効果とは？

地盤改良体により、未改良部の変形が阻害される効果

改良率が同一だとすると、拘束効果は以下のようなになる



形状、配置だけでなく、地盤改良体は、圧縮に強く、曲げ引っ張りに弱いという特性も考慮する必要がある。

一> **設計には3DFEMと適切な土の構成モデルが不可欠**



4

3. 拘束効果を適切に評価する地盤の構成モデル

実務設計では、あまり複雑な構成モデルは使いたくないが、最低限の条件は？

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

モデルの例(日本における実務分野では少ない)

- ・ 関口・太田モデル (修正Cam-Clay) ・ ・ ・ 粘性土
- ・ 修正Mohr-Coulomb

その他

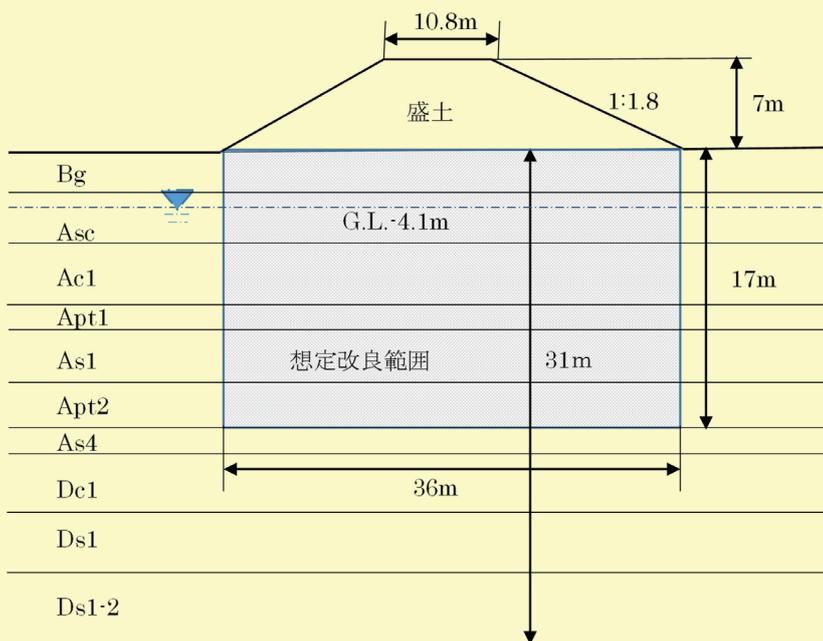


5

4. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (Mohr-Coulomb) -1

下記のような地盤、盛土で、法尻水平変位の抑制対策を検討する。

- ・ 要求性能：周辺への影響を考慮し、30mm以内とする。



6

4. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (Mohr-Coulomb) -2

設計用地盤モデル

表-2.2-1 設計用地盤モデル

	層厚 (m)	深度 (m)	N値	モデル	γ_t (kN/m ³)	E (MN/m ²)	ν	C (kN/m ²)	ϕ (°)	ψ (°)
Bg	3.2	3.2	3	MC	19.0	2.0	0.33	1.0	32.0	27.0
Asc	2.95	6.15	0~1	MC	17.0	1.0	0.49	1.0	32.0	27.0
Ac1	3.95	10.1	0~1	MC	15.0	1.0	0.49	15.8	20.3	15.3
Apt1	1.0	11.1	0~1	MC	12.0	1.0	0.49	14.8	19.5	14.5
As1	3.1	14.2	12	MC	16.0	8.4	0.33	1.0	30.0	25.0
Apt2	2.5	16.7	4	MC	14.0	2.8	0.50	29.8	20.2	15.2
As4	1.45	18.15	20	MC	17.0	14.0	0.33	1.0	32.0	27.0
Dc1	3.1	21.25	10	MC	17.0	21.0	0.49	125.0	0.0	0.0
Ds1	4.75	26	45	MC	17.0	42.0	0.33	1.0	32.0	17.0
Ds1-2	5.0	31	45	MC	17.0	42.0	0.33	1.0	32.0	17.0
盛土	-	-	-	MC	19.0	2.5	0.33	1.0	30.0	25.0
改良体	-	-	-	MC	17.0	390.0	0.26	650	0.0	0

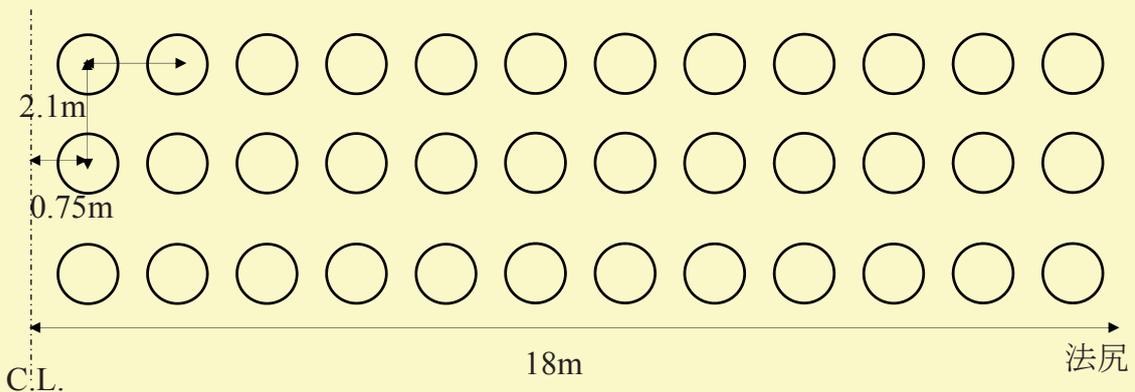
注: 改良体の $q_{uck}=1300\text{kN/m}^2$ 、 $E=300q_u$ とした。また、引張強度は 0 (テンションカットオフ) としている。

7

4. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (Mohr-Coulomb) -3

対策工法の改良パターン

従来工法 : ALiCC工法 (改良率24.9%)

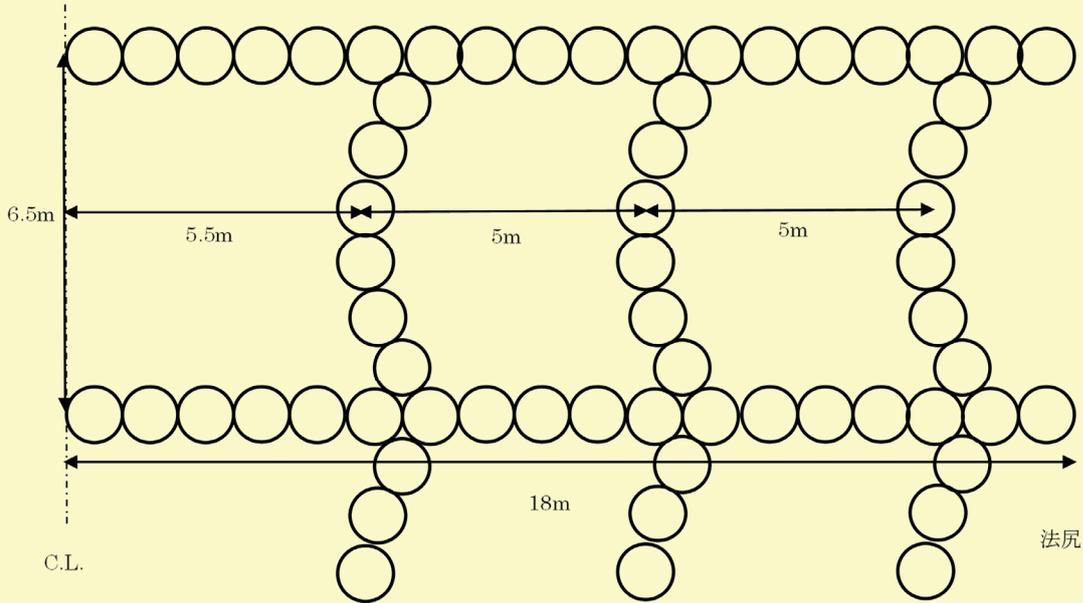


8

4. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (Mohr-Coulomb) -3

対策工法の改良パターン

拘束効果を考慮 : CGI工法 (改良率24.3%)



9

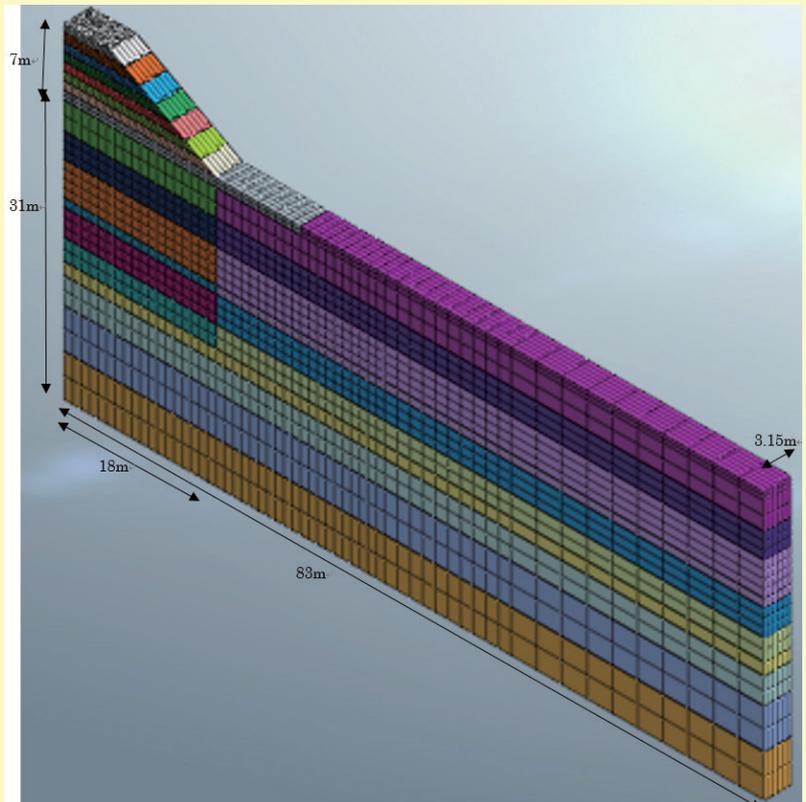
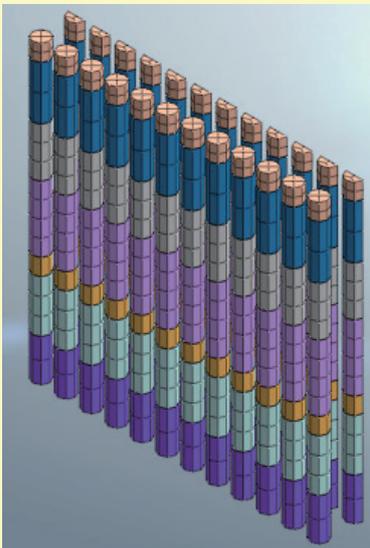
4. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (Mohr-Coulomb) -4

モデルメッシュ (ALiCC)

1/4モデル

節点数 : 15160

要素数 : 13355



10

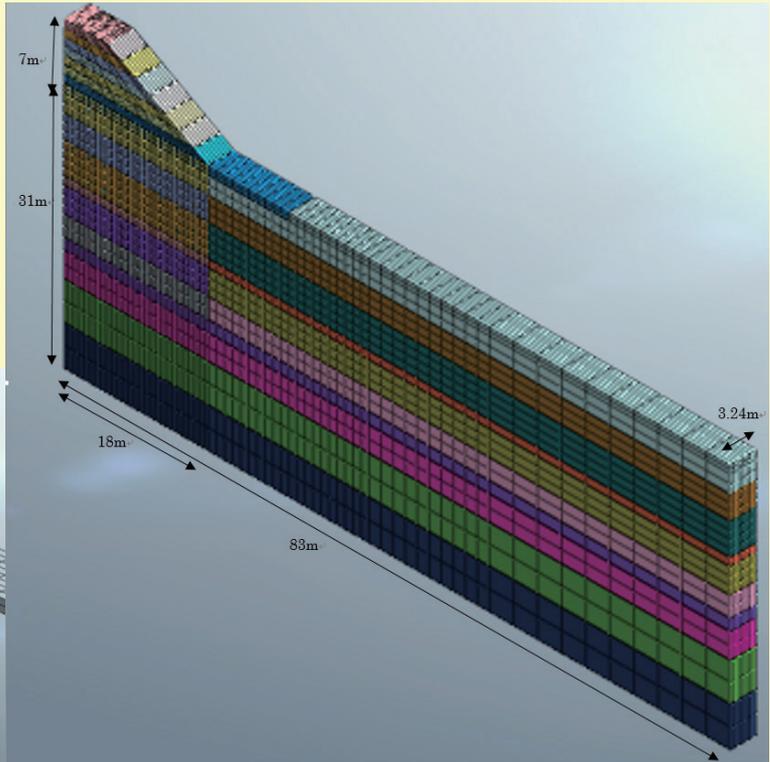
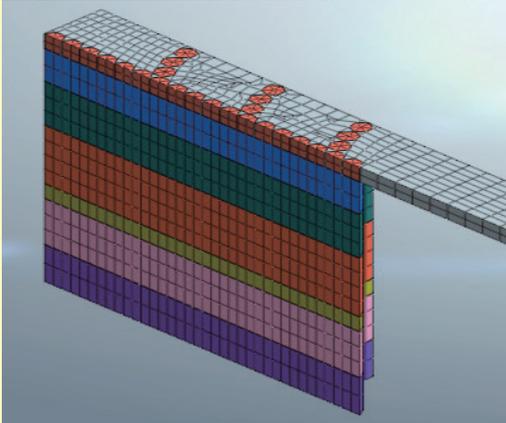
4. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (Mohr-Coulomb) -5

モデルメッシュ (CGI)

1/4モデル

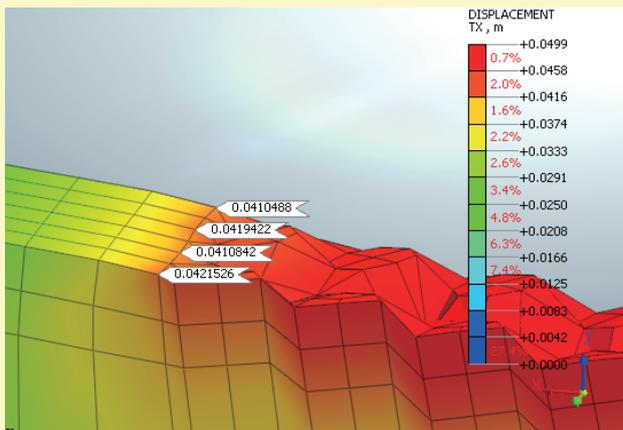
節点数 : 19016

要素数 : 18592



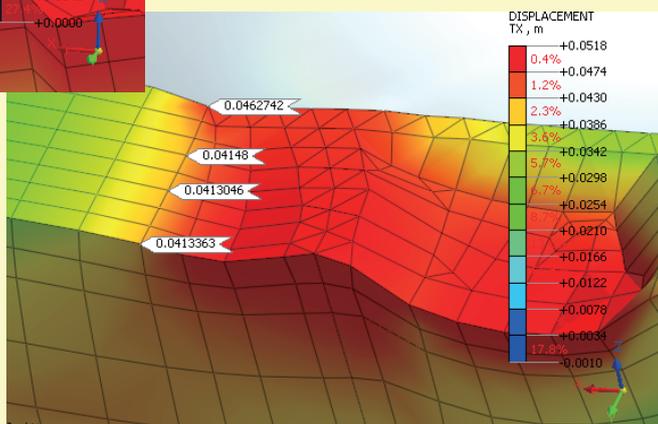
4. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (Mohr-Coulomb) -6

解析結果 : 変形抑制効果はほとんど同じ 本当???



ALiCC : 約42mm NG

CGI : 約41~46mm NG

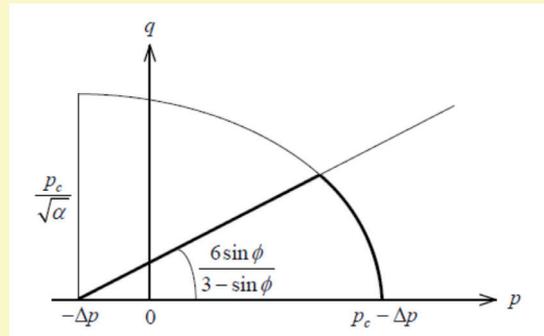
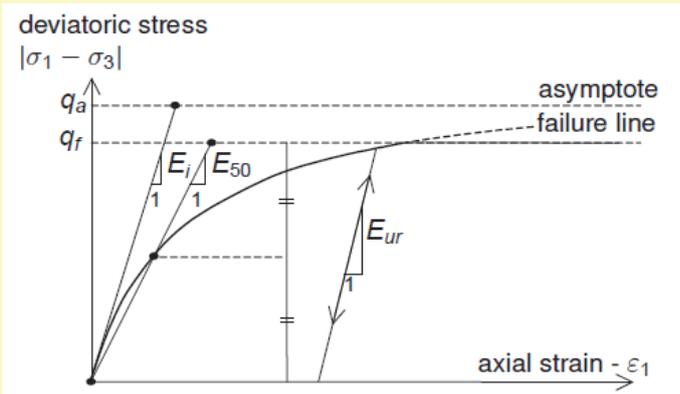


5. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (修正Mohr-Coulomb) -1

土の挙動をより良く表現した構成関係を用いたら、結果は変わる？

修正Mohr-Coulombとは

- ・ 降伏関数はMohr-Coulomb (厳密にはDrucker-Prager)
- ・ Capで、弾性域でも、Hardeningする (処女載荷、除荷・再載荷の違いを表現)
- ・ 拘束圧によって、剛性が変化



5. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (修正Mohr-Coulomb)

設計用地盤モデル—無対策時の沈下量はほぼ同じになる

-2

表-2.1-1 設計用地盤モデル

	層厚 (m)	深度 (m)	N値	モデル	γ_t (kN/m ³)	E, E_{ref} (MN/m ²)	E_{uref} (MN/m ²)	m	ν	C (kN/m ²)	ϕ (°)	ψ (°)
Bg	3.2	3.2	3	MMC	19.0	3.6	10.7	0.5	0.33	1.0	32.0	27.0
Asc	2.95	6.15	0~1	MMC	17.0	0.95	2.9	0.5	0.33	1.0	32.0	27.0
Ac1	3.95	10.1	0~1	MMC	15.0	0.82	2.5	1.0	0.49	15.8	20.3	15.3
Apt1	1.0	11.1	0~1	MMC	12.0	0.86	2.6	1.0	0.49	14.8	19.5	14.5
As1	3.1	14.2	12	MMC	16.0	5.3	15.8	0.5	0.33	1.0	30.0	25.0
Apt2	2.5	16.7	4	MMC	14.0	1.8	5.3	1.0	0.49	29.8	20.2	15.2
As4	1.45	18.15	20	MMC	17.0	12.7	38.1	0.5	0.33	1.0	32.0	27.0
Dc1	3.1	21.25	10	MC	17.0	21.0	-	-	0.49	125.0	0.0	0.0
Ds1	4.75	26	45	MC	17.0	42.0	-	-	0.33	1.0	32.0	17.0
Ds1-2	5.0	31	45	MC	17.0	42.0	-	-	0.33	1.0	32.0	17.0
盛土	-	-	-	MMC	19.0	2.5	7.4	0.5	0.33	1.0	30.0	25.0
改良体	-	-	-	MC	17.0	390.0	-	-	0.26	650.0	0.0	0

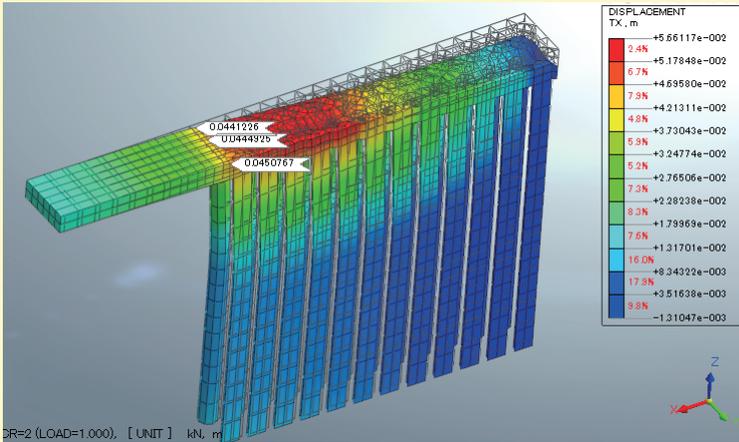
注: MMCにおける $\sigma'_{ref}=98\text{kN/m}^2$ 、改良体の $q_{uck}=1300\text{kN/m}^2$ 、 $E=300q_u$ とした、 m は、変形係数の拘束依存性を表す指数 ($E=E_{ref}(\sigma'/\sigma'_{ref})^m$ 、改良体の引張強度は0 (テンションカットオフ)としている。



5. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (修正Mohr-Coulomb)

-3

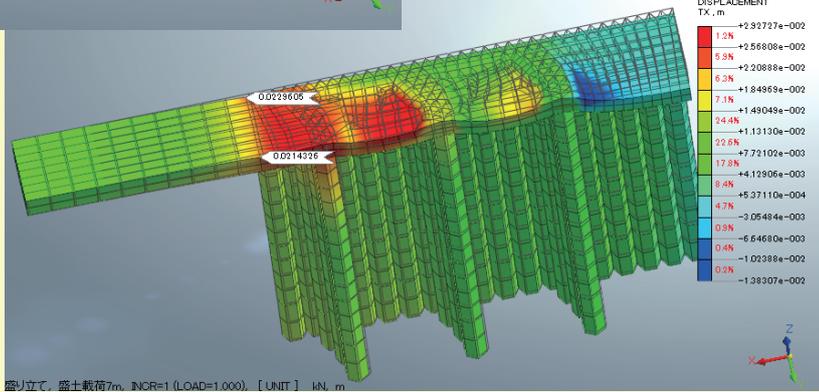
解析結果：拘束効果による変形量の違いが表現されている



ALiCC : 約44mm

CGI : 約23mm

修正MCは、別実験だが、遠心模型実験結果の近似度がMCより良いことは確認されている。



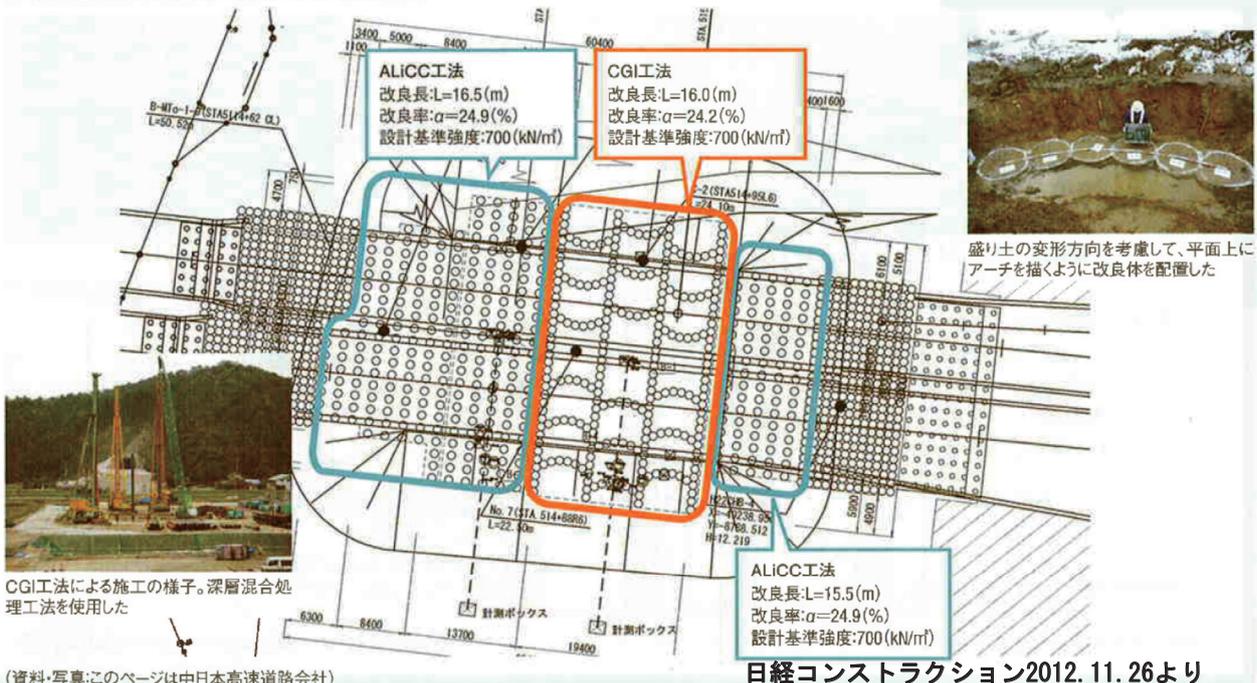
15

5. 3DFEM (GTS NX) を用いた設計例 (修正Mohr-Coulomb)

-4

現場施工でも拘束効果による変形挙動の違いは確認されている (設計例と盛土規模、高さ等同一条件ではない)。

■ 舞鶴若狭自動車道で適用したCGI工法の概要



(資料・写真:このページは中日本高速道路会社)

6. 従来から良く行われる二次元化の問題点 (M-C) -1

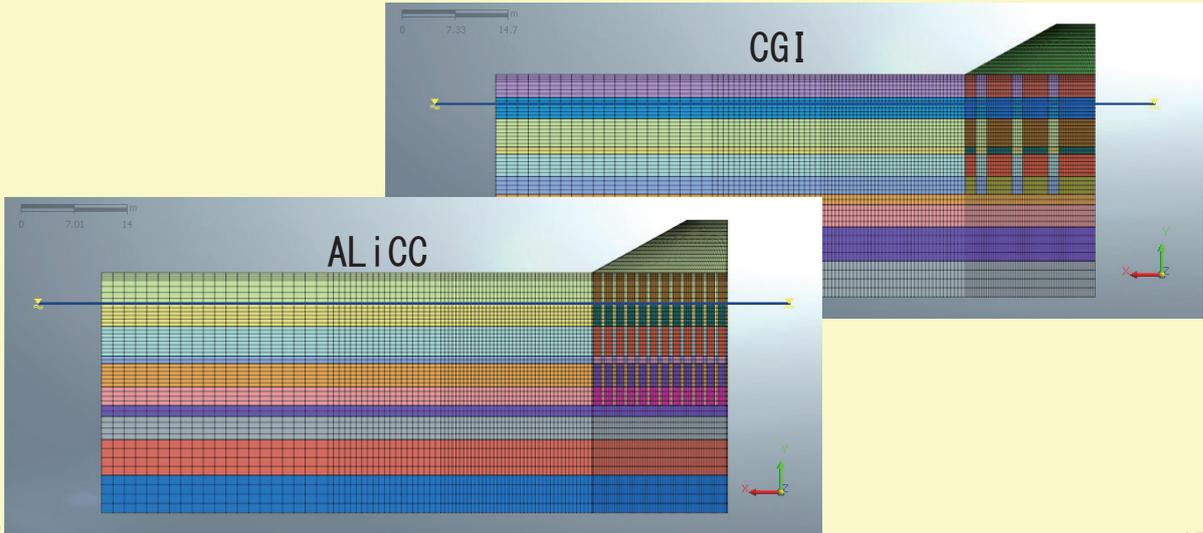
二次元解析でなんとかならないか???

改良体を奥行き方向の重み付平均で弱化させる方法。

$$E = E_{sb} * a_{sb} + E_{soil} (1 - a_{sb}) \dots\dots\dots(2)$$

$$S = S_{sb} * a_{sb} + S_{soil} (1 - a_{sb}) \dots\dots\dots(3)$$

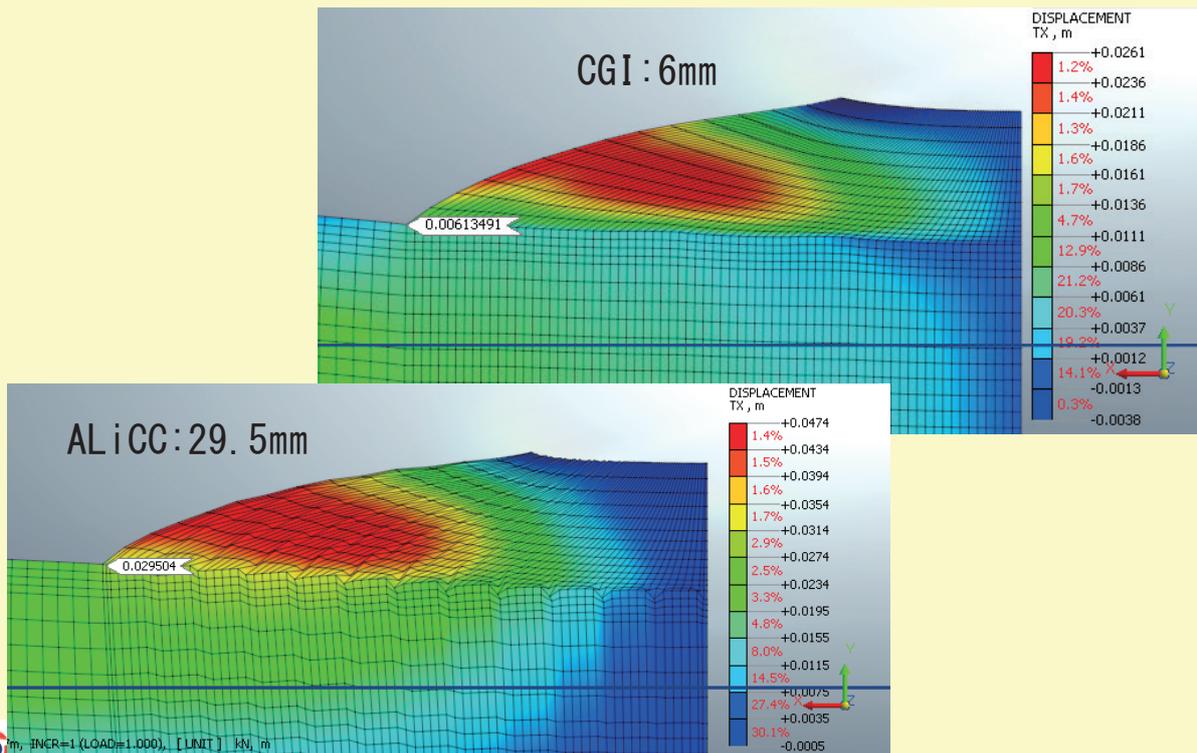
このモデル化は安全側では???



6. 従来から良く行われる二次元化の問題点 (M-C) -2

解析結果

このモデル化は明らかに危険側!!!

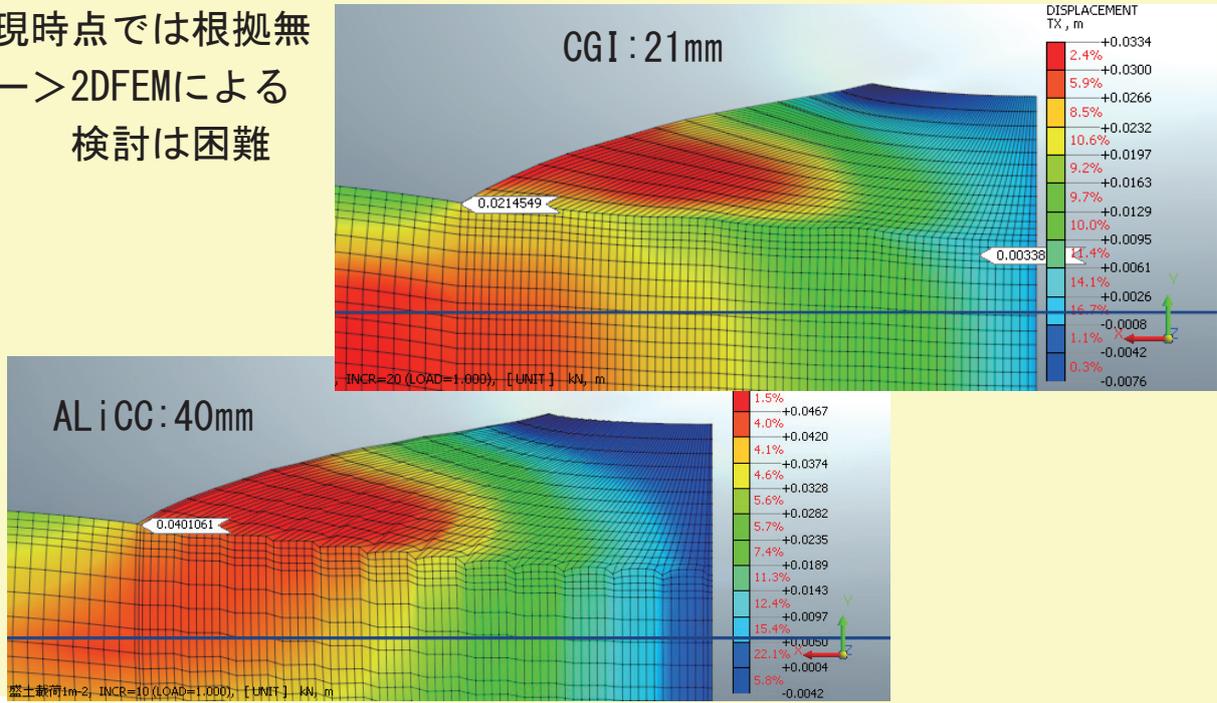


6. 従来から良く行われる二次元化の問題点 (M-C) -3

解析結果

改良体部のEをさらに1/5とすると、なぜか修正M-Cと近くなる

現時点では根拠無
→2DFEMによる
検討は困難



19

まとめ

1. 地盤改良をより合理的に設計するためには、3DFEMと土の特性を比較的良く表現できる構成モデルの使用が不可欠である。
2. 設計例では、M-Cは、改良体配置の違いによる拘束効果がほとんど表現されなかった。
3. 一方、修正M-Cでは、拘束効果が反映され、変形抑制効果に大きな差が出た。
4. このような低改良率の地盤改良に関する変形予測を2DFEMでモデル化することは困難であり、3DFEMが不可欠となる。

20

CGIサークル日本について

地盤改良に拘束効果を実現するための日本国内特許は取得済みであり、いくつかの国に国際特許を取得済み(一部審査中)である。

CGIサークル日本は拘束効果を考慮した地盤改良設計手法を確立するためのグループである。

日本語マニュアル、英語マニュアルは完成済み

Members:

Central Nippon Expressway Co. Ltd.

Nippon Koei Co. Ltd.

OYO Corporation

TOA Corporation

Fudo Tetra Corporation

MIKI Environmental Geo-technology Research Institute Co. Ltd.

Kato Construction Co. Ltd.

NOM Co. Ltd.

中日本高速道路(株)

日本工営(株)

応用地質(株)

東亜建設工業(株)

不動テトラ(株)

(株)三木環境地盤工学研究所

(株)加藤建設

(株)NOM



21

ご清聴ありがとうございました。



22

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ィジャパン

〒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 | URL <http://jp.midasuser.com/geotech>

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