

**MIDAS  
CONSTRUCTION  
TECHNICAL  
DOCUMENT  
COLLECTION**

**動解析・液状化分野 1**



# MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

動解析・液状化分野

# 1.

## MIDAS GTSを プリポストに活用した 3次元動的有効応力解析

株式会社 NOM 大河内 保彦 様





# MIDAS GTSをプリポストに活用した 三次元動的有効応力解析

(株)NOM 大河内保彦

1

## Contents



1. 液状化対策工法の開発  
遠心模型実験
2. 三次元動的有効応力解析のための環境整備  
UWLC3D、LIQCA3DのプリポストとしてMIDAS GTSを活用する。
3. 解析結果(遠心模型実験)
4. 設計例

2

## 三次元動的有効応力解析の工法開発への適用

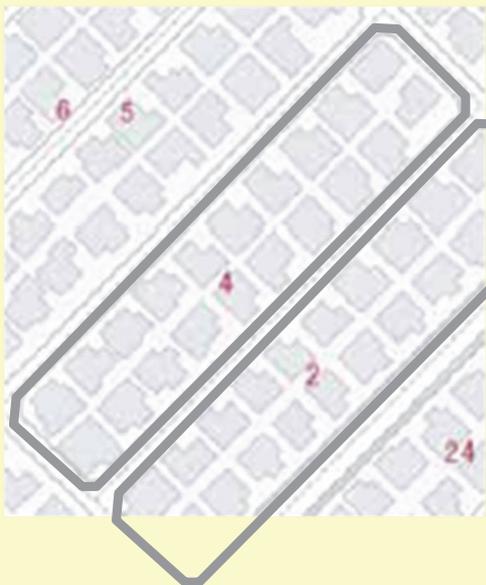
- ・ 液状化対策工法の開発において、対策工法の性能照査は大きな問題
  - a) 現場実験 → ほぼ不可能 (加振が問題)
  - b) 振動台実験 (1G下模型実験) → ほどほどの大きさの土槽では相似則が問題。実大に近い巨大な実験は費用、期間的に非現実的、地盤条件もシンプルな必要がある。
  - c) 遠心模型実験 ( $X > 1G$ 下模型実験) → 最も現実的だが、それでも時間、費用が掛かる。地盤、模型もシンプルな必要がある。

→ 現実的な照査手法としてきちんとValidationのされた動的有効応力解析手法の要望はますます高まっている。また、地盤改良の形状、配置の効果を検討するには三次元液状化解析が不可欠。

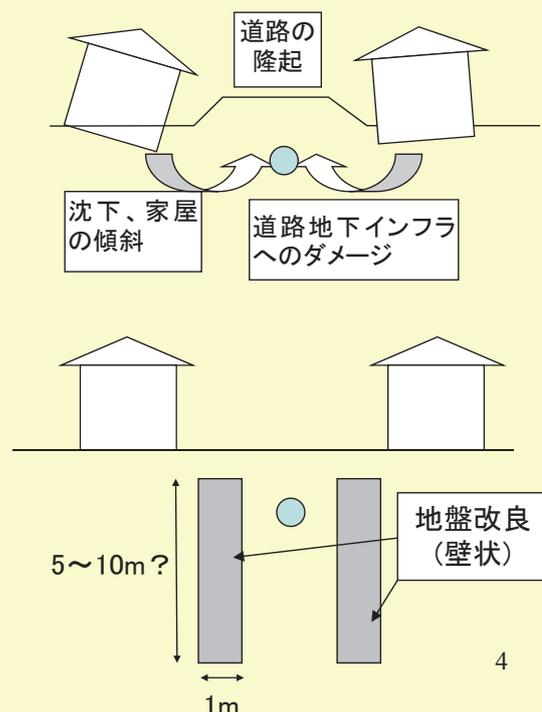
3

### 1. 液状化対策工法の開発 遠心模型実験

大型化した格子状改良 (TOFT) の液状化時の沈下抑制効果を検証した。



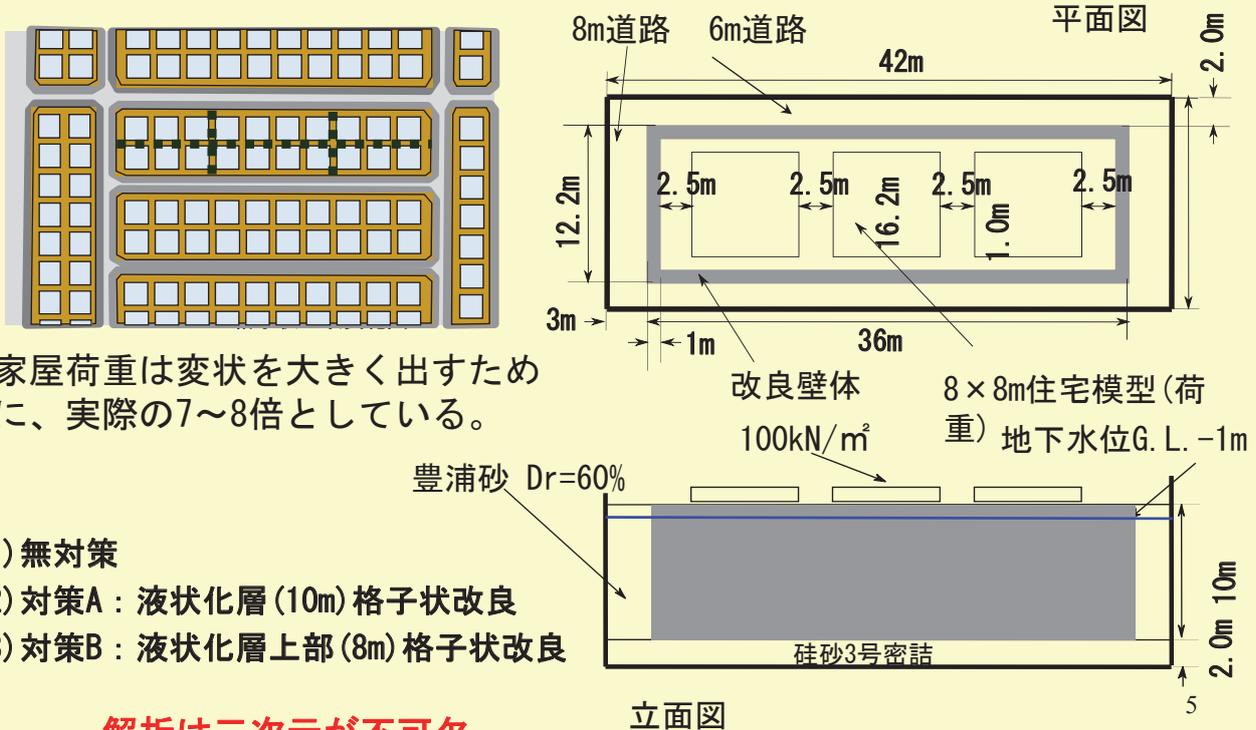
道路地下インフラは確実に  
**防御**  
民地の**減災**効果もある。



4

# 1. 液状化対策工法の開発 遠心模型実験

遠心加速度60G、1/60の模型で通常より大幅に格子間隔を大きくした格子状改良の対策効果を調べた。

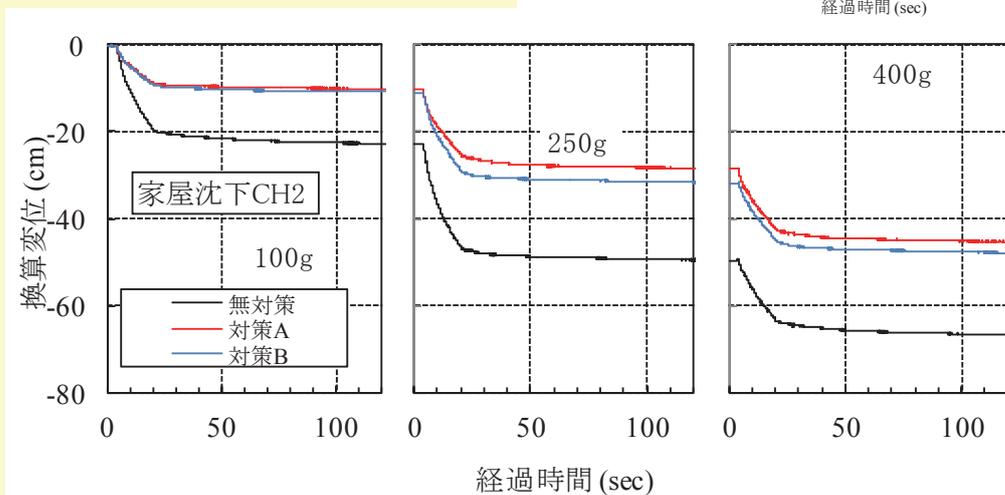
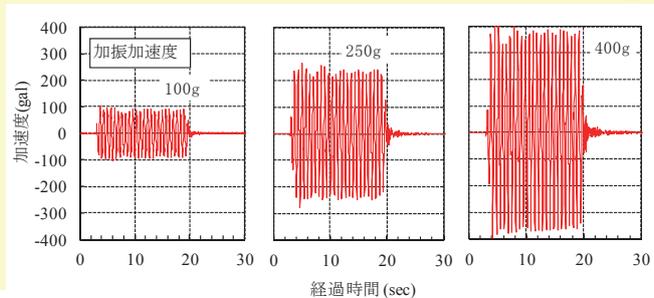


家屋荷重は変状を大きく出すために、実際の7~8倍としている。

- 1) 無対策
- 2) 対策A：液状化層(10m) 格子状改良
- 3) 対策B：液状化層上部(8m) 格子状改良

# 1. 液状化対策工法の開発(その2) 実験結果：基礎沈下

正弦波1.5Hzを27波、100gal(中規模)、250gal(巨大地震相当)、400gal(超巨大)と3回载荷

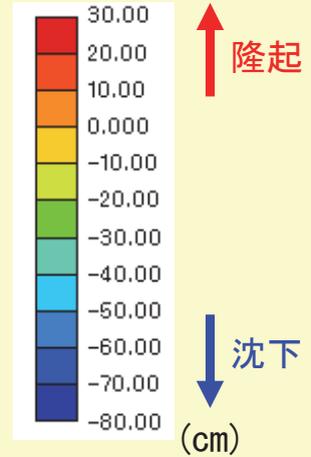
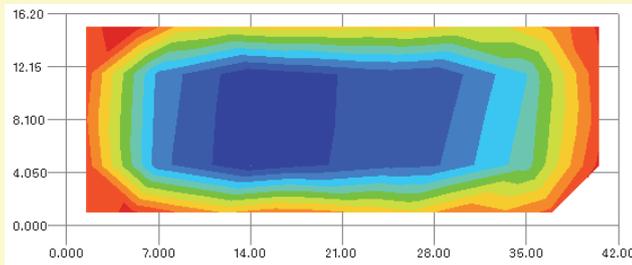


家屋(中央位置)の沈下は、半分~60%程度に抑制されている。  
液状化層を全部改良しない対策Bでもほとんど同じ効果。

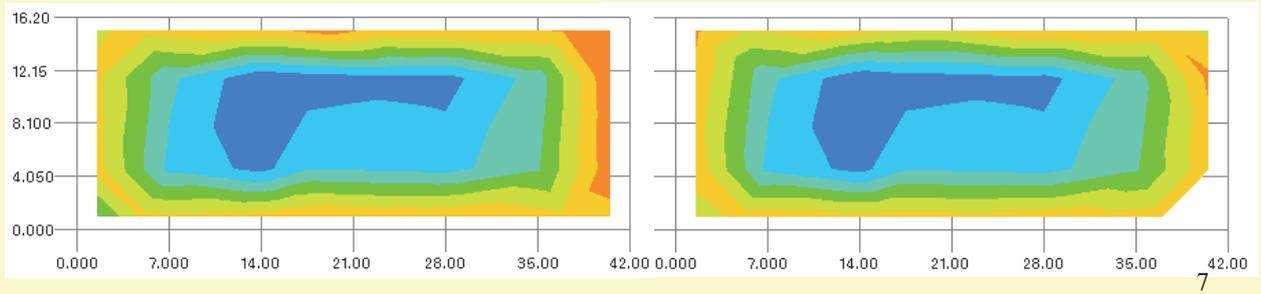
# 1. 液状化対策工法の開発(その2) 実験結果: 地盤隆起



無対策は、家屋模型部分が最大約80cmと大きく沈下し、道路部分も最大約30cmもの隆起が生じる。



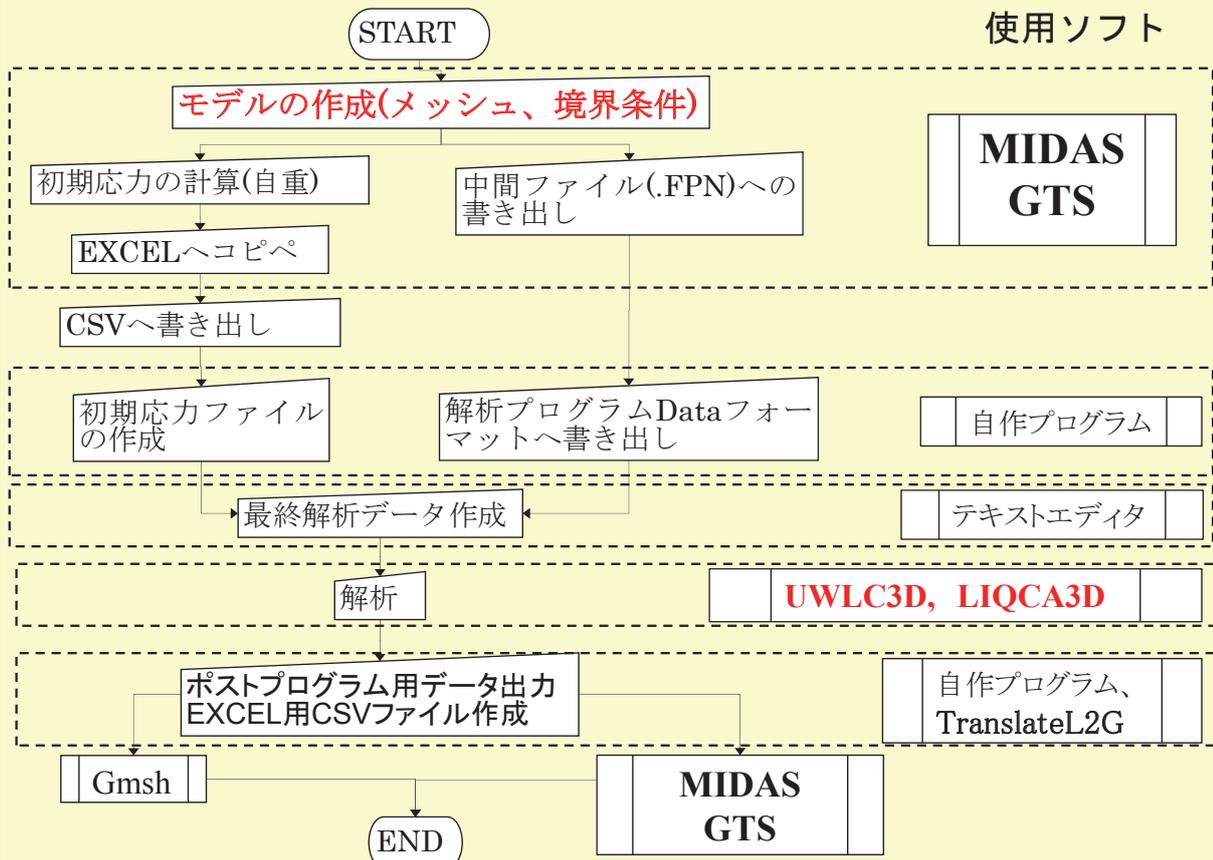
一方、対策はA, Bとも、家屋模型の沈下が小さい上に、道路部の隆起はほとんど無い。



# 2. 三次元動的有効応力解析のための環境整備

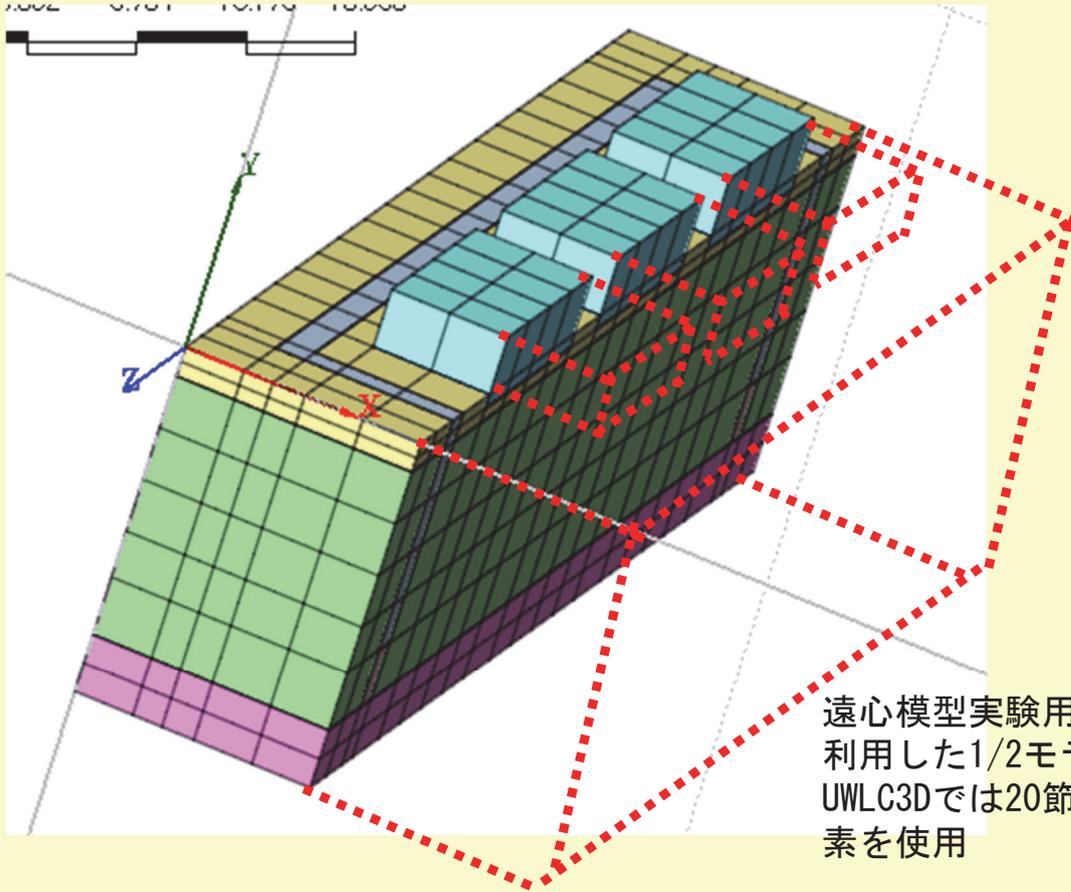


プリ・ポストの準備が必要。





### 3. 解析結果 (遠心模型実験) 3Dメッシュ



遠心模型実験用の対称性を利用した1/2モデル  
UWL3Dでは20節点8面体要素を使用

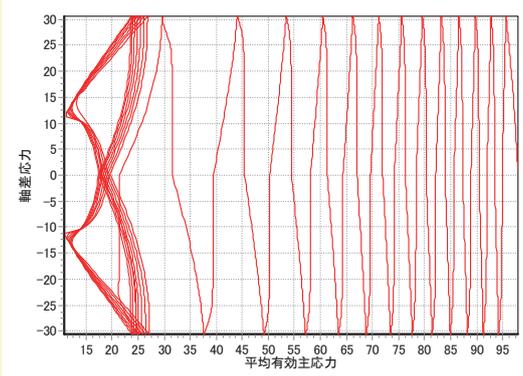
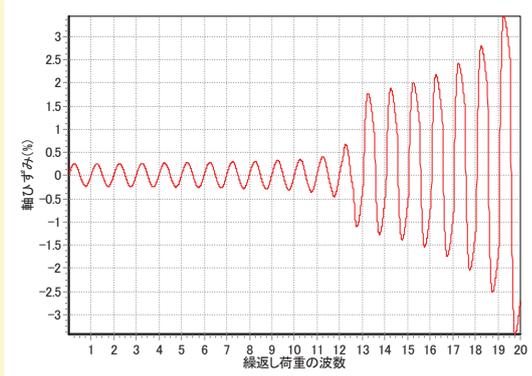
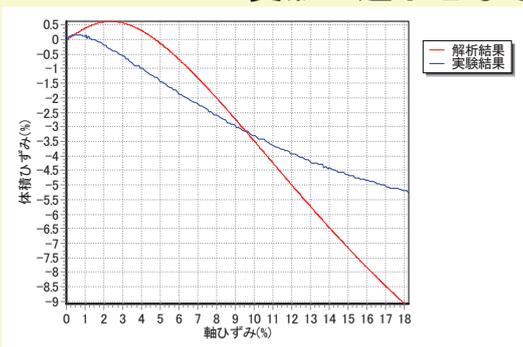
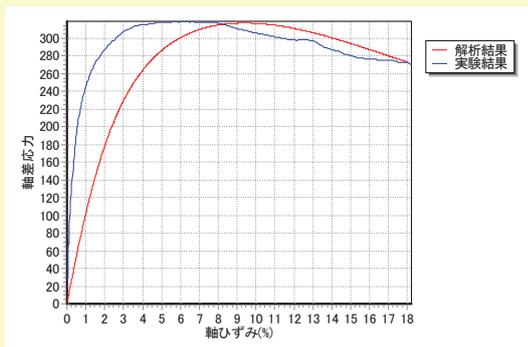
9

### 3. 解析結果 (遠心模型実験)



PZ-Sandのパラメータは、要素シミュレーションで、CD、繰り返し三軸試験と近似させた。

剛性をやや小さくしないと変形が過小となる

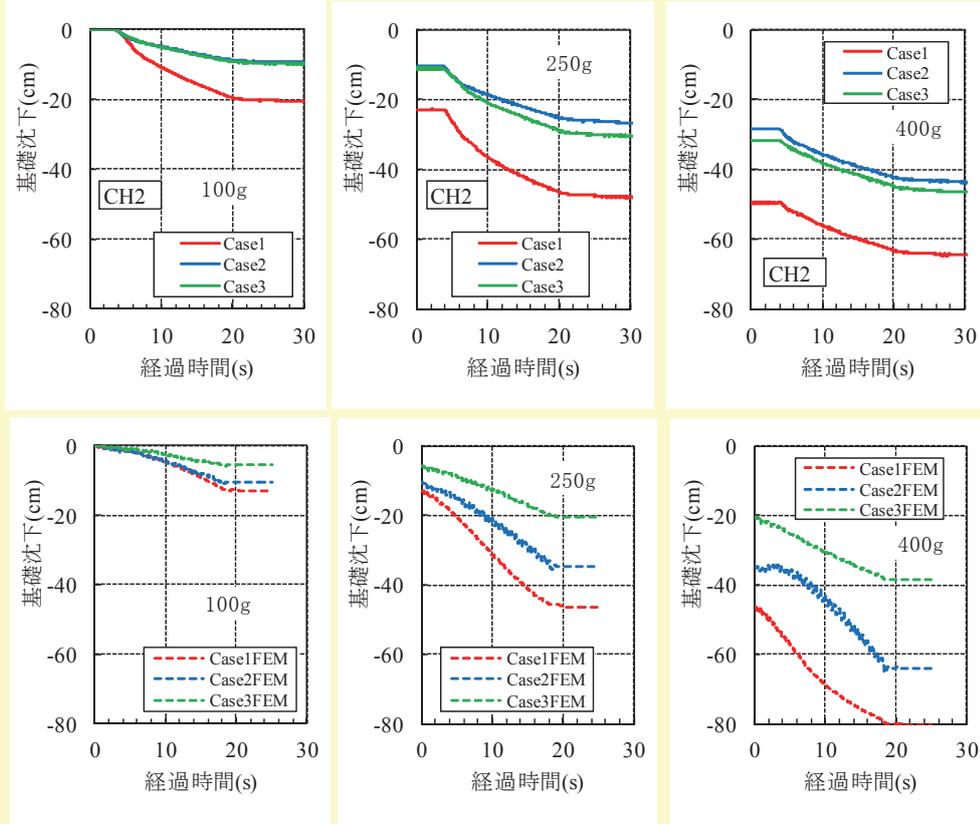


10



### 3. 解析結果 (遠心模型実験) UWLC3D基礎変位

基礎沈下結果：設計には使える (安全側)



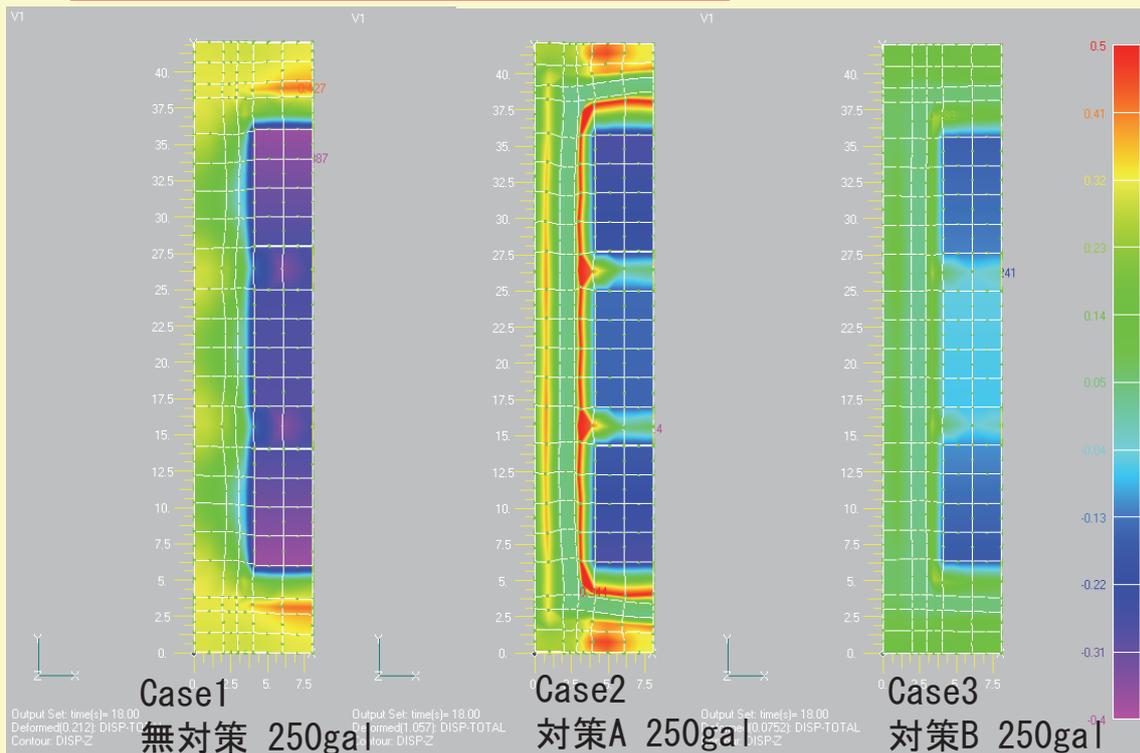
遠心模型  
実験

UWLC3D

このケースでは、  
地下水面があっても、完全非排水でも大きな差がない

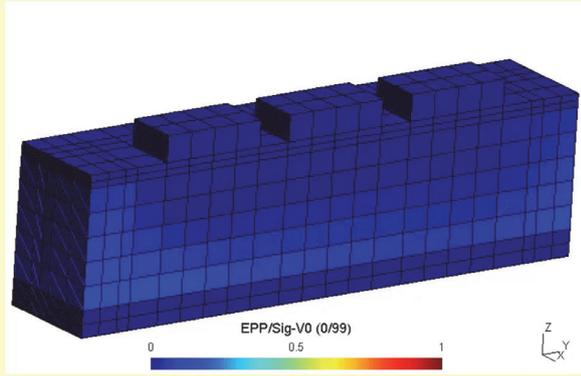
### 3. 解析結果 (遠心模型実験) UWLC3D地盤隆起

地表面変位も実験と同様、道路部の隆起がほとんど発生しない  
=> **対策効果をうまく表現できている**

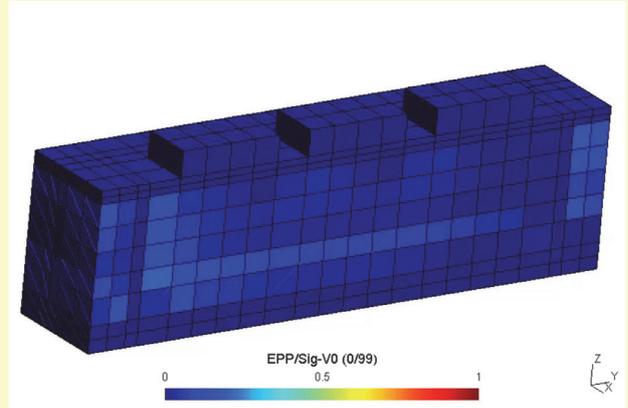


### 3. 解析結果 (遠心模型実験)

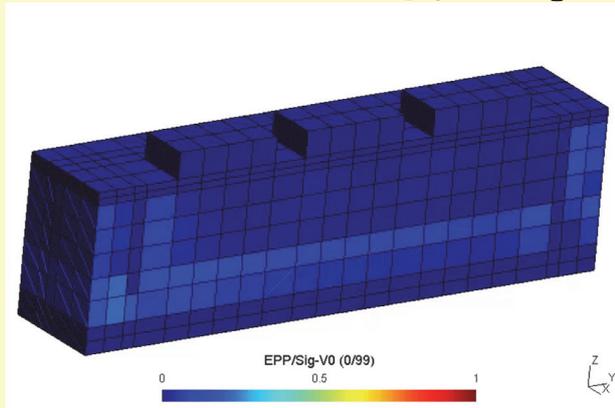
### UWLC3Dアニメ (Gmsh)



Case1  
無対策 250gal



Case2  
対策A 250gal



Case3  
対策B 250gal

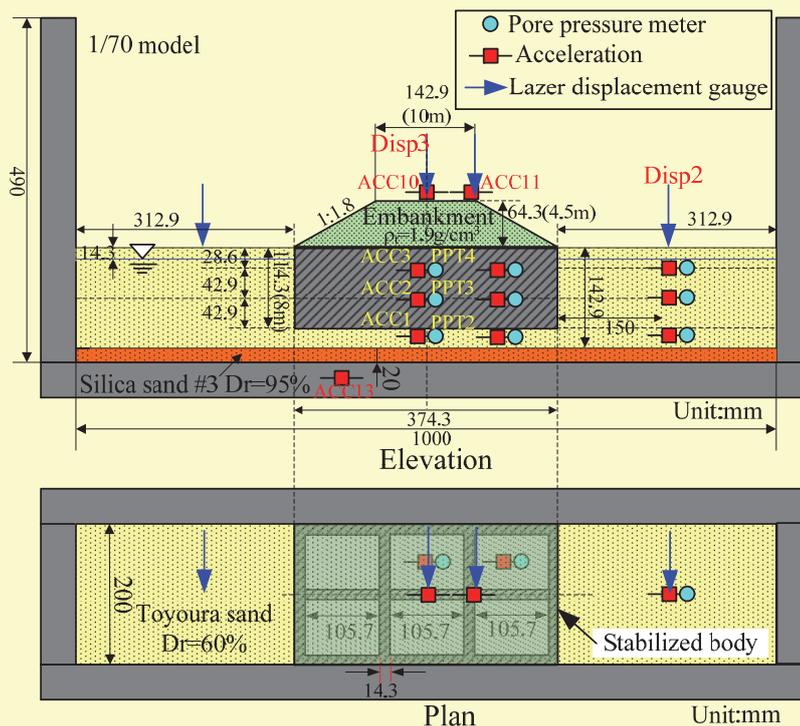
### 3. 解析結果 (遠心模型実験盛土)



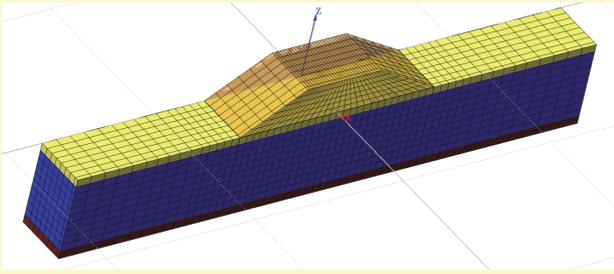
70G (1/70) 加振 2Hz正弦波350gal 30波

Case1 無対策

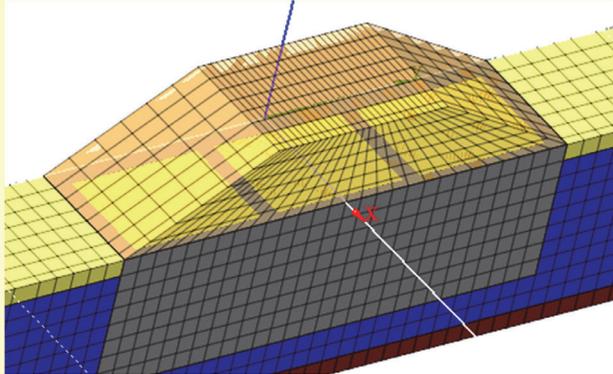
Case2 CGI (大型格子状改良、非着底) 改良率 $a_p=33\%$



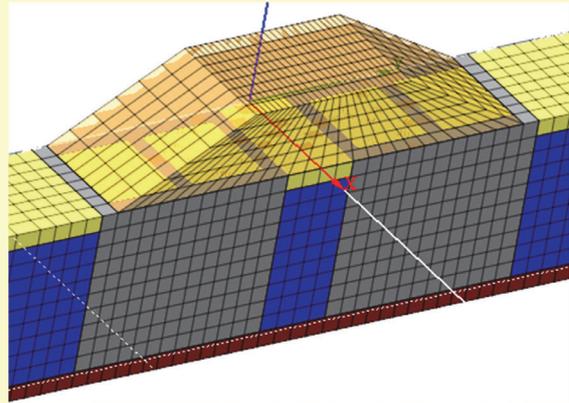
### 3. 解析結果 (遠心模型実験盛土) LIQCA3D



CaseA-1  
無対策



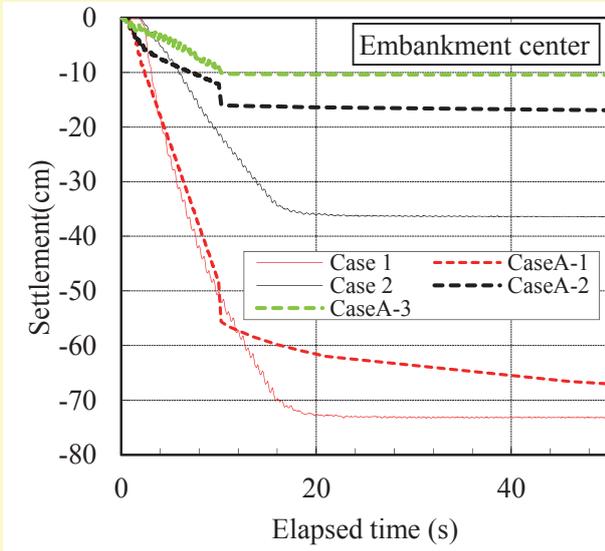
CaseA-2  
CGI  $a_p=33\%$ 、非着底



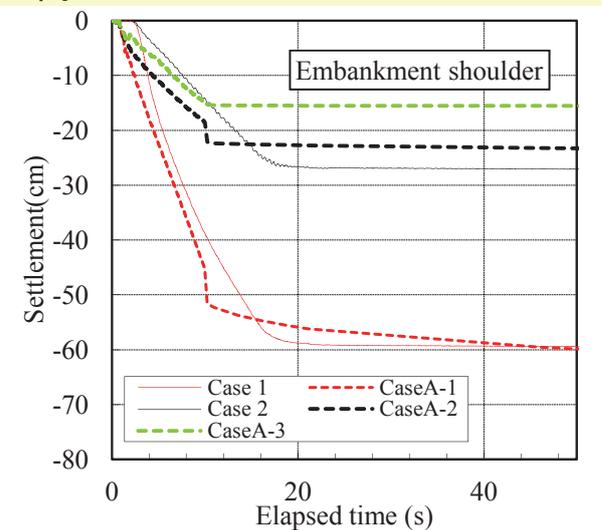
CaseA-3  
TOFT  $a_p=38\%$ 、着底  
改良数量はCGIの約60%増

15

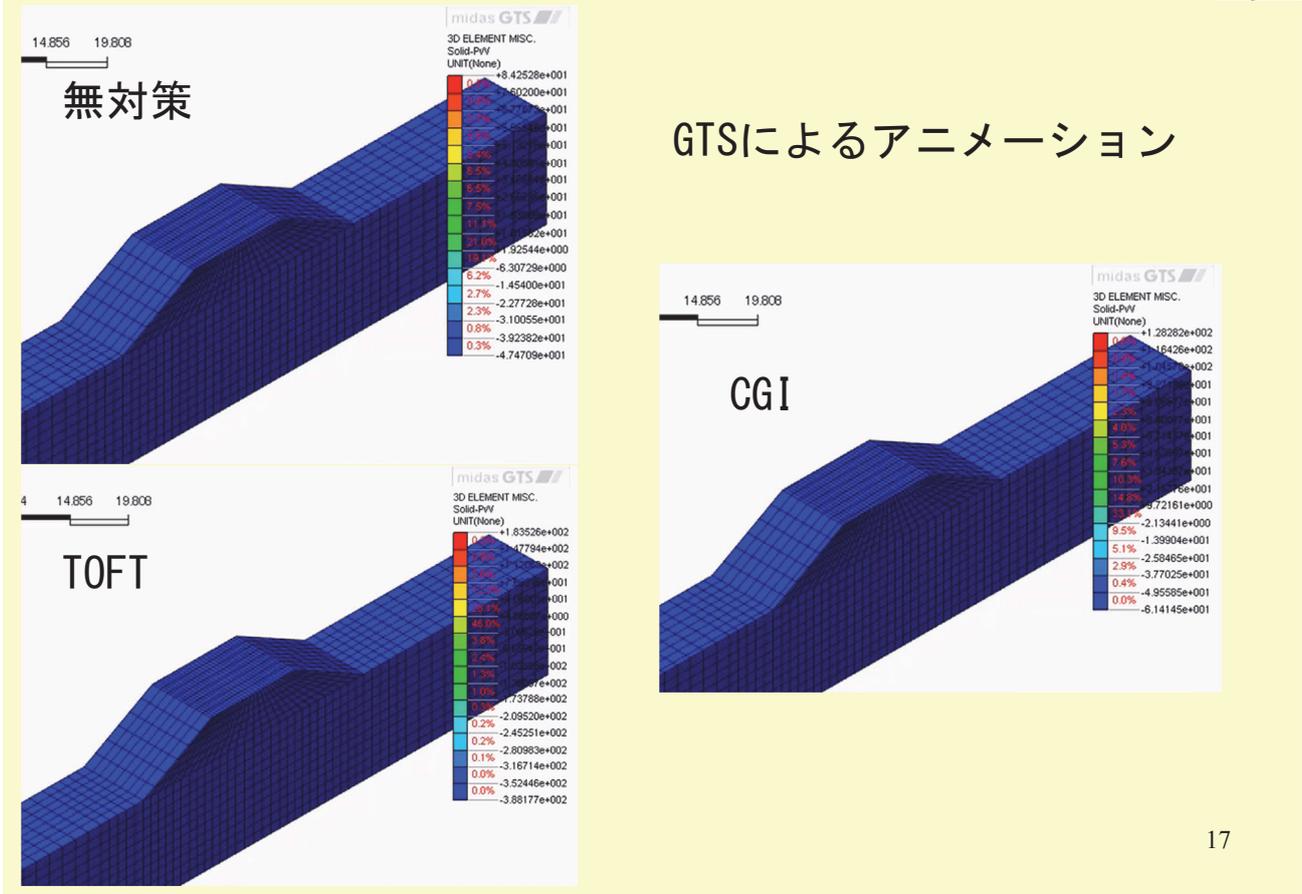
### 3. 解析結果 (遠心模型実験盛土) LIQCA3D



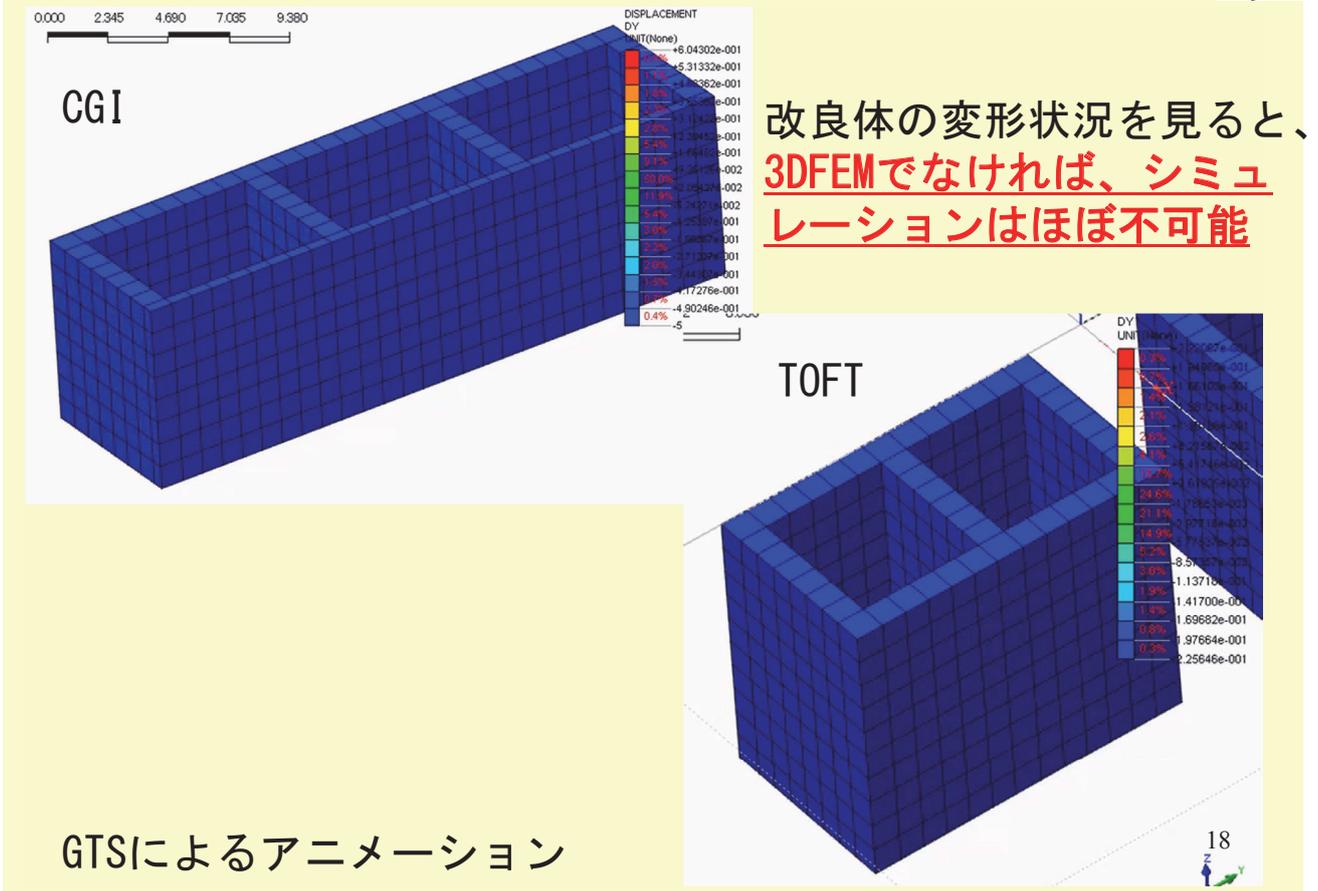
- ・ 無対策は比較的良く合っている
- ・ 対策における変形抑制効果は、やや効果がありすぎ(危険側)だが、法肩沈下は比較的一致度が高い
- ・ CGIはTOFTの63%の改良数量かつ非着底の割には変形抑制効果が高い



### 3. 解析結果 (遠心模型実験盛土) LIQCA3D

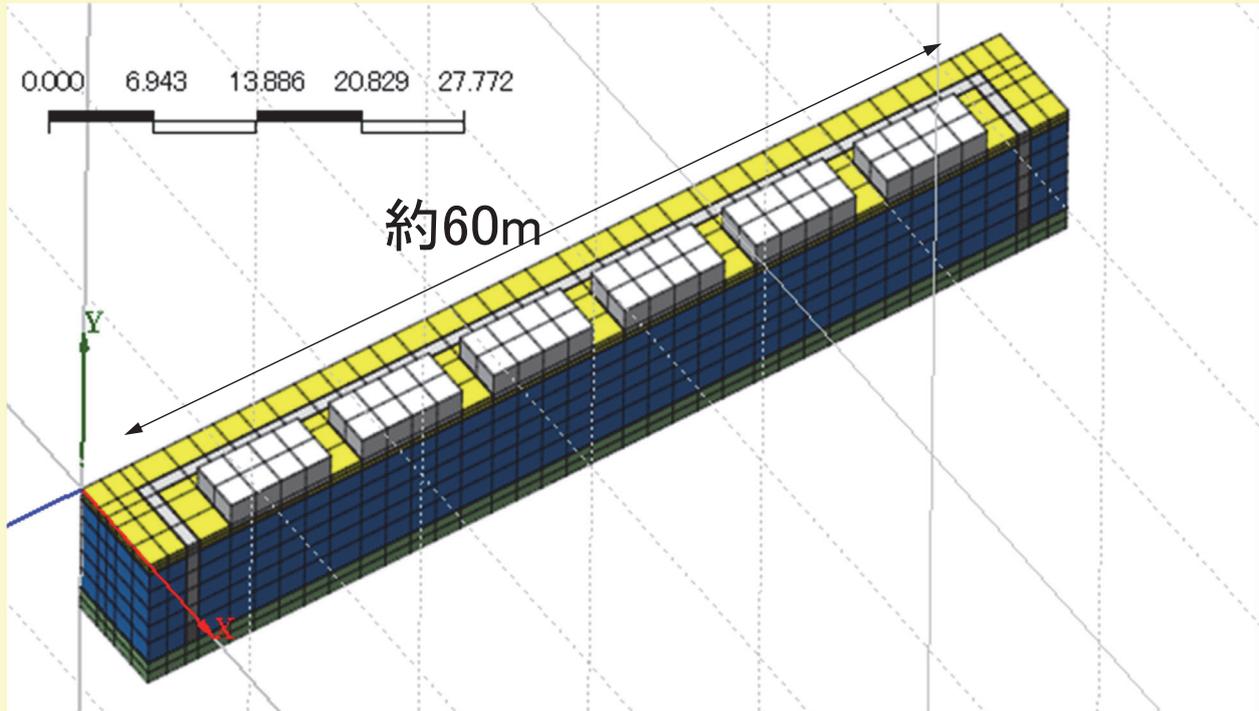


### 3. 解析結果 (遠心模型実験盛土) LIQCA3D



## 4. 設計例 (シミュレーション) UWLC3D

格子間隔をもっと大きくしたらどうなるか？-シミュレーション

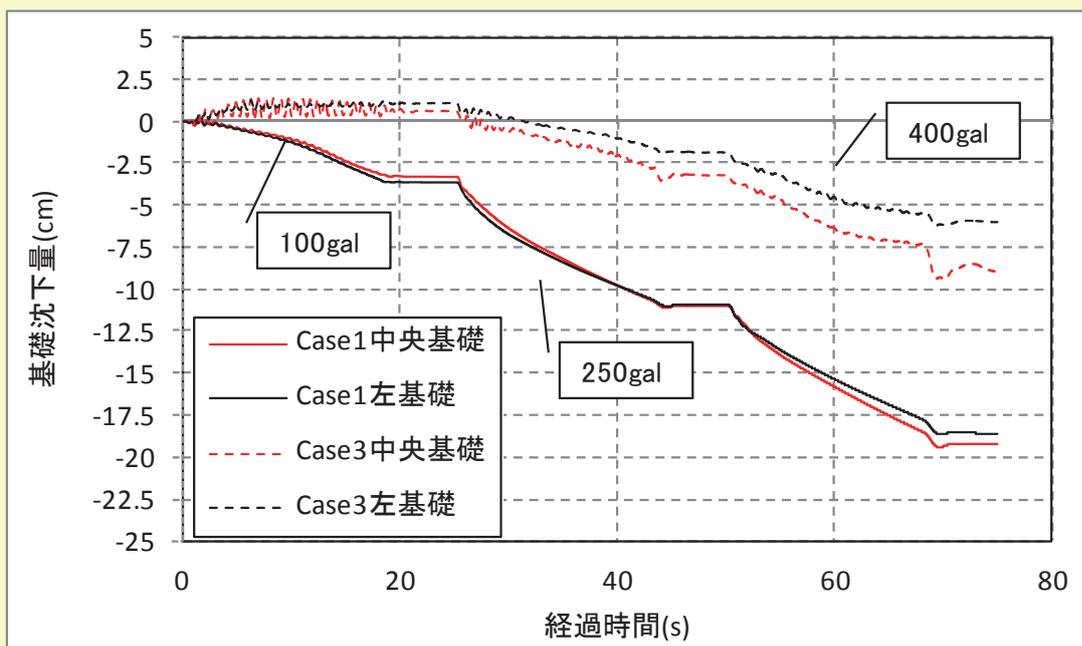


19

## 4. 設計例 (シミュレーション) UWLC3D

格子間隔をもっと大きくしたら(約60m) どうなるか？-シミュレーション  
対策B(非着底)で、10cm以下に収まる(家屋荷重36kN/m<sup>2</sup>)。

格子間隔がかなり大きくても、沈下に効果あり！

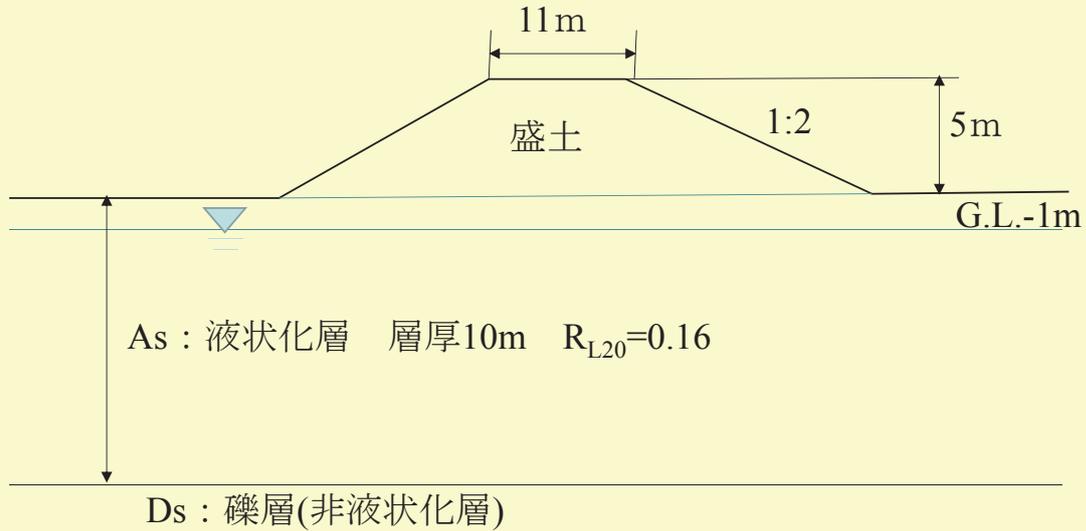
Case1  
無対策Case3  
対策B

20



## 4. 設計例 UWLC3D

図に示すような盛土(堰堤)の液状化対策を設計する。  
 要求性能：レベル2地震時において、沈下量50cm以下。  
 地震波：神戸海洋気象台  
 照査方法：UWLC3D

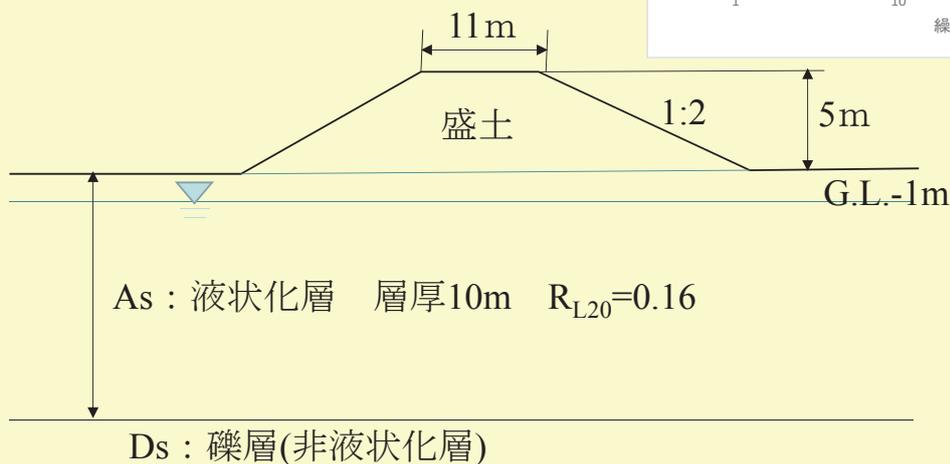
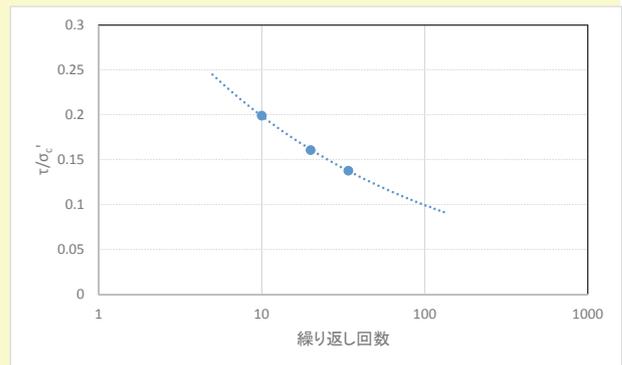


21

## 4. 設計例 UWLC3D



図に示すような盛土(堰堤)の液状化対策を設計する。  
 要求性能：レベル2地震時において、沈下量50cm以下。  
 地震波：神戸海洋気象台  
 照査方法：UWLC3D

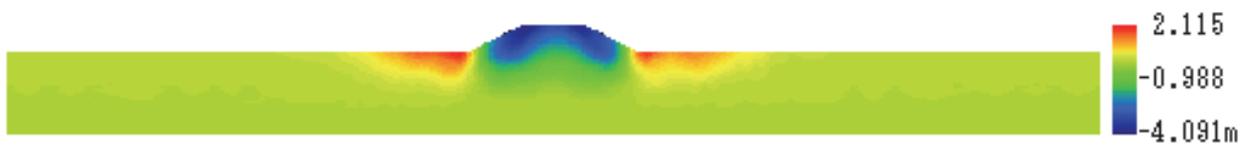


22

## 4. 設計例 UWLC3D

UWLC2Dで照査すると、下図のように、まったく要求性能を満足しない

- 対策工法の検討が必要
- これだけ変形が大きいと固化系の対策でない
- と要求性能を満足するのが難しい
- TOFT?



無対策時の沈下量コンター (UWLC2D)

23

## 4. 設計例 UWLC3D

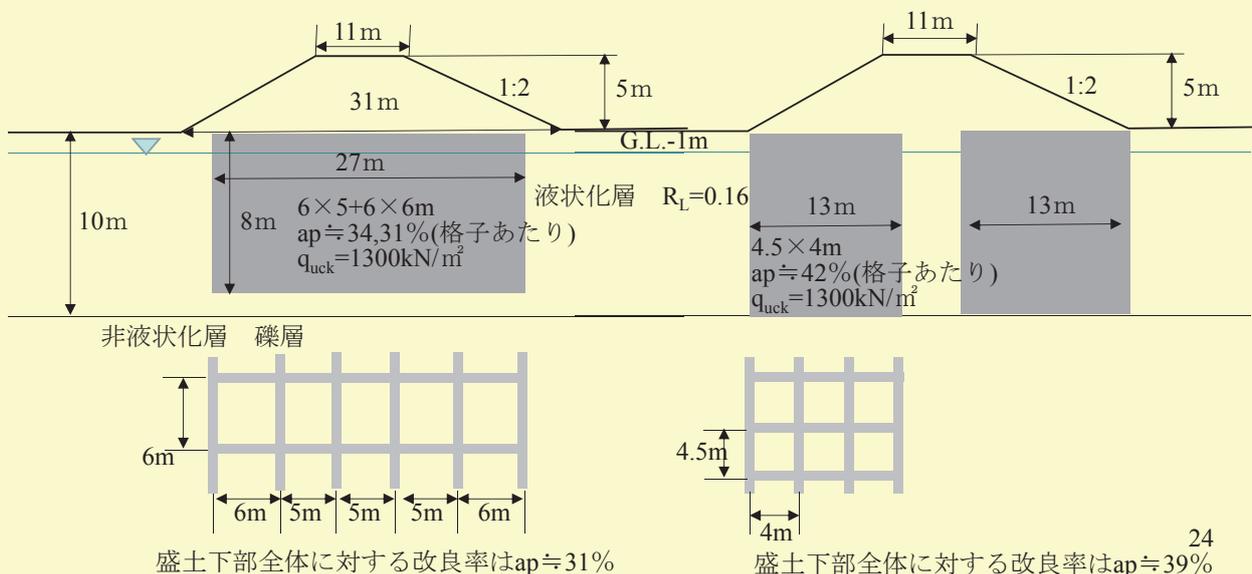
固化系で2種類の対策工法を検討

### (1) CGI工法

大型格子を用いて盛土下を改良(低改良率)、非着底

### (2) TOFT工法

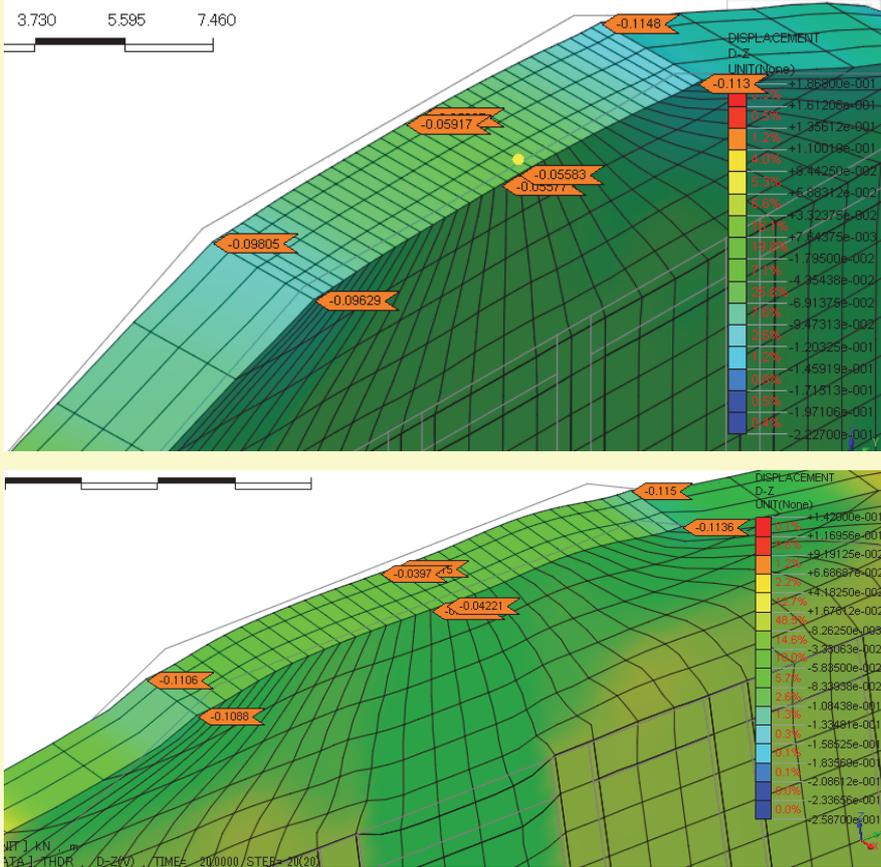
法尻から必要な領域を改良(TOFTの設計法に準拠)、着底



24



## 4. 設計例 UWLC3D



### CGI工法

中央沈下約6cm  
法肩沈下約10~11cm

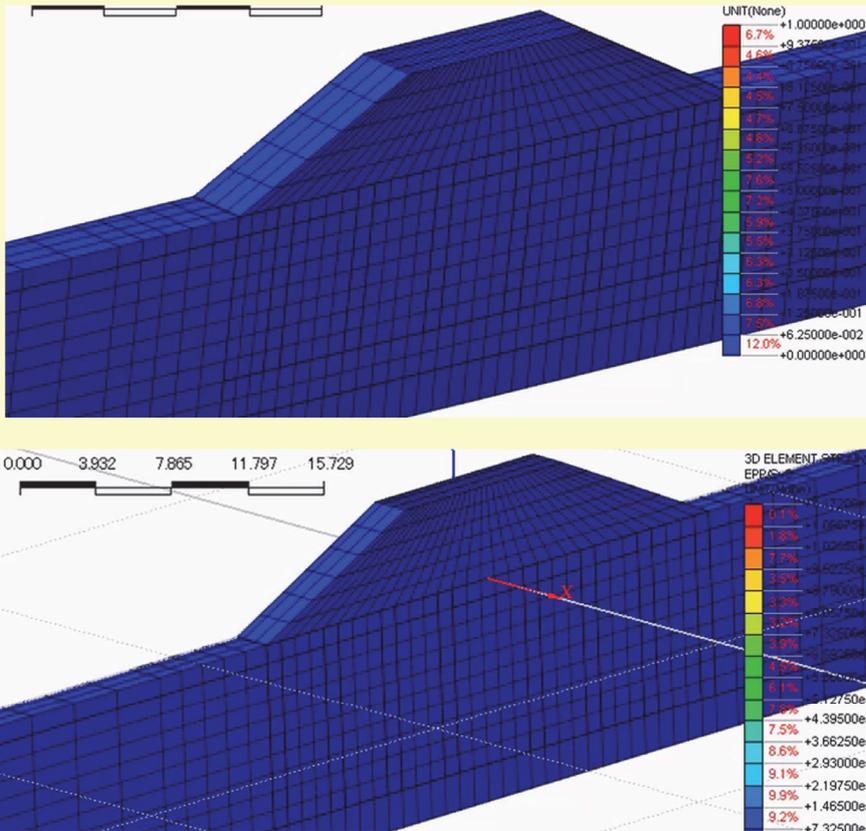
### (2) TOFT工法

中央沈下約4cm  
法肩沈下約11~12cm

双方とも要求性能を満足しているが、CGIの方が、低コスト(64%)

25

## 4. 設計例 UWLC3D GTSアニメーション



### (1) CGI工法

- ・ 周囲、未改良層は液状化、改良体内部はTOFTより間隙水圧小

- ・ 盛土の応答加速度は相対的に小さい

### (2) TOFT工法

- ・ 改良体頭部が外側に倒れるような変形
- ・ 液状化は改良体内部、中央の未改良部も生じる

- ・ 盛土の応答加速度はCGIの1.5倍

- ・ 改良対応力も約2倍 ( $q_{uck}$  以下)

26



## まとめ

1. MIDAS GTSをプリに用いることにより、UWLC3D、LIQCA3D等の効率的なモデリング、初期応力の設定が可能になった。
2. MIDAS GTSをポストに用いることにより、可視化が柔軟に行え、結果の評価、整理が非常に効率的になった。
3. 合理的な液状化対策の検討には、2Dによるモデル化は、無理があり、3D動的有効応力解析が不可欠と思われる。
4. 遠心模型実験結果を解析してVerificationを行った3D動的有効応力解析を実施することで、より合理的な設計照査が可能になり、ますます必要性が増すと考えられる。
5. MIDAS GTS NXへの早期な動的有効応力解析の導入を望みたい。

27

## おわりに



CGI工法は、地盤改良体による未改良地盤の拘束効果を考慮することによって、合理的な地盤改良を設計するものです。

以上の液状化対策を含めて、CGIサークル(下記8社共同研究)で、CGI工法設計施工マニュアルを作成済(和文・英文)です。

(株)三木地盤環境工学研究所※

(株)NOM※

(株)加藤建設※

中日本高速道路(株)

応用地質(株)

日本工営(株)

東亜建設工業(株)

不動テトラ(株)

28

# 動解析・液状化分野

## 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.