

GTS NX

実務適用事例集 I

MIDAS
CONSTRUCTION
TECHNICAL
DOCUMENT
COLLECTION



1	降雨浸透に対しての斜面安定性評価手法に関する新しい考え方	3-24
	岡山大学 西垣 誠 名誉教授	
2	GTS NXを用いた広域三次元浸透流解析	25-38
	基礎地盤コンサルタンツ株式会社 吉丸 哲司 様	
3	盛土の近接施工問題に対する三次元FEMの適用事例	39-62
	株式会社ワールド測量設計 花本 孝一郎 様	
4	MIDAS GTSをプリポストに活用した3次元動的有効応力解析	63-80
	株式会社 NOM 大河内 保彦 様	
5	GTS NXを活用した爆発解析	81-98
	株式会社 マイダスアイティジャパン	

MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

GTS NX 実務適用事例集

1. 圧密・浸透(軟弱地盤)分野

降雨浸透に対しての斜面安定性評価手法に関する新しい考え方

岡山大学 西垣 誠 名誉教授



「降雨浸透に対しての斜面安定性 評価手法に関する新しい考え方」

岡山大学 名誉教授

西垣 誠

岡山大学大学院環境生命科学研究科

博士課程 笹井友司

至近年頻発するゲリラ豪雨により、毎年
のように全国各地で斜面崩壊が発生

【降雨により発生する斜面崩壊の主因】

- ① 降雨浸透による土層重量の増加
- ② 間隙水圧の上昇による有効重量の低下
- ③ 飽和度の上昇による土層の見かけの
粘着力の低下
- ④ 地下水の浸透水圧の発生によるせん断
力の増加

疑問

- (1)原因は分かっているが、これに対して現状の設計は正しいのか？
- (2)自然斜面は仕方がないと諦めていないか？
- (3)人工斜面でも？

2

斜面崩壊に関する解析技術の高度化

- ① 浸透流解析による降雨時の地下水位上昇を考慮した斜面安定性評価
 - ⇒2次元が主であるが3次元の検討事例も有
 - ⇒斜面安定性評価は、簡易的なフェレニウス法等が主流
 - ⇒前頁の斜面崩壊の主因全てを安定性評価に取り入れた研究事例も有
- ② 透水性の低い土層を対象に、間隙空気圧も考慮した3相系解析ツールの開発・適用性の研究事例有

3

マイダスアイティジャパン社のMIDASでは？

- ① 降雨による斜面崩壊の主因，ならびに地盤の破壊を考慮したすべり安全率の算定が可能かも？
- ② 斜面安定解析法としては，せん断強度低減法(Griffith等，1999)に対応

高度解析機能

- ・ 非線形時刻歴解析
- ・ 応力/浸透の完全連成解析
(Fully coupled stress-seepage)
- ・ 非線形時刻歴解析 + せん断強度低減法の連携解析
- ・ 応力 - 浸透 - 斜面の完全連成解析

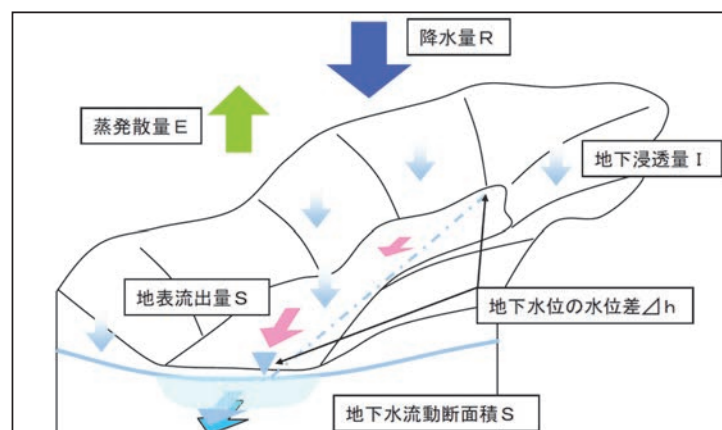
実際の条件を考慮した解析条件の設定

- ・ 水位の変動による浸透力自動考慮
- ・ 3次元の地下水面生成機能
- ・ 降雨強度を考慮した浸透解析
- ・ 静的荷重を動的荷重として自動置換
- ・ 動的解析時の水位及び自重考慮

4

斜面安定性評価における2次元解析と3次元解析の違い(その1, 浸透問題)

- ・ 谷部には，上流＋側方からの地下浸透水が流入するため，谷部の地下水位の上昇は，2次元より3次元の方が早い(保守的)。



(環境省HPより)

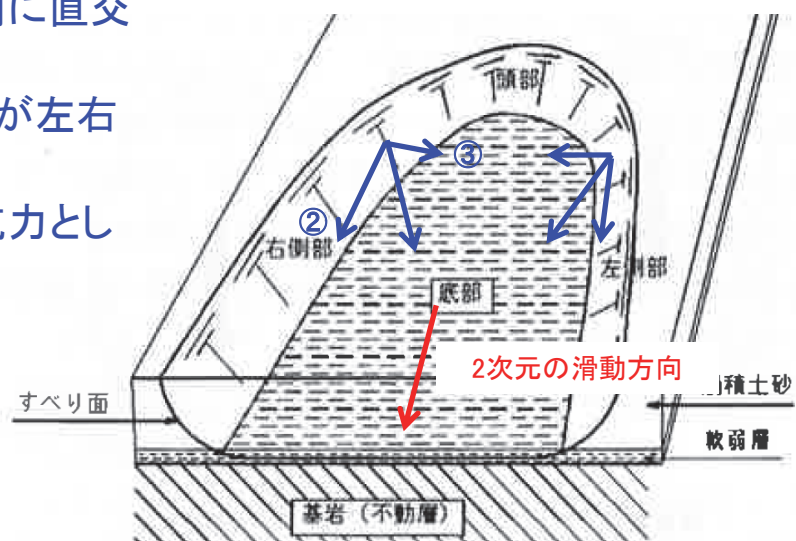
5

降雨浸透による斜面安定性評価における
2次元解析と3次元解析の違い(その2，
安定問題)を検討してみよう？

- ・斜面の安定性評価は、**2次元**の方が**3次元**より危険側を考える。

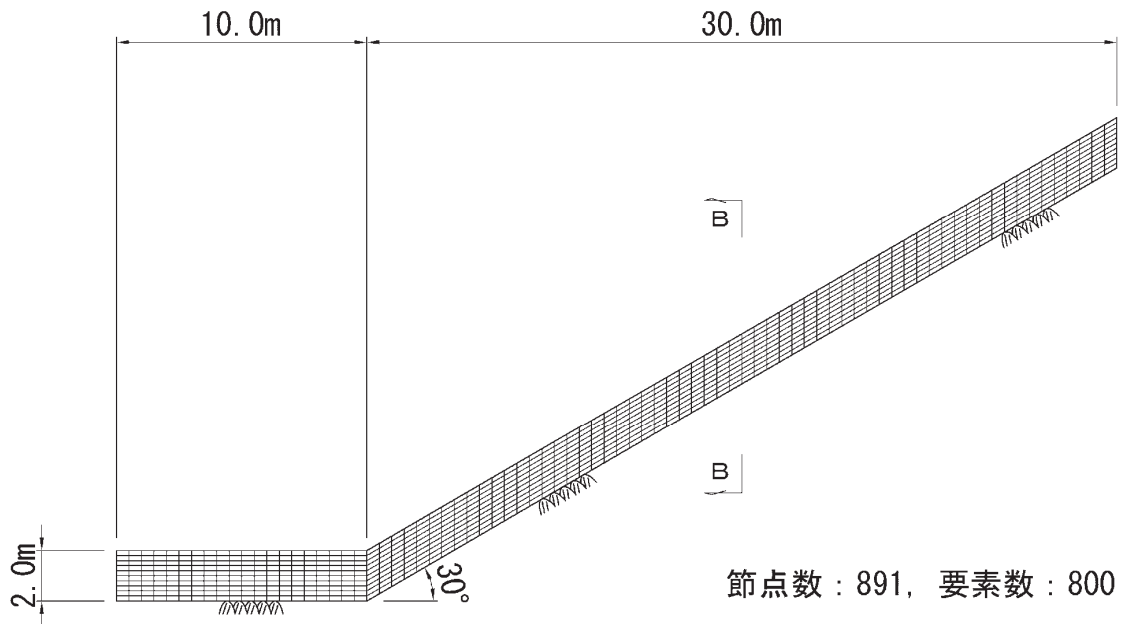
6

- ① 3次元の滑動方向
- ② 2次元と同様の滑動方向
⇒ ①の分力 となり, 2次元に比べて滑動力が小さくなる。
- ③ 2次元の滑動方向に直交する谷側への
分力 ⇒ この分力が左右側部から作用し,
すべりに対する抵抗力として寄与する。



7

2次元浸透流解析モデルでは？

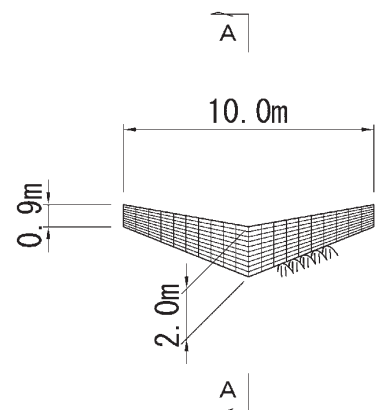
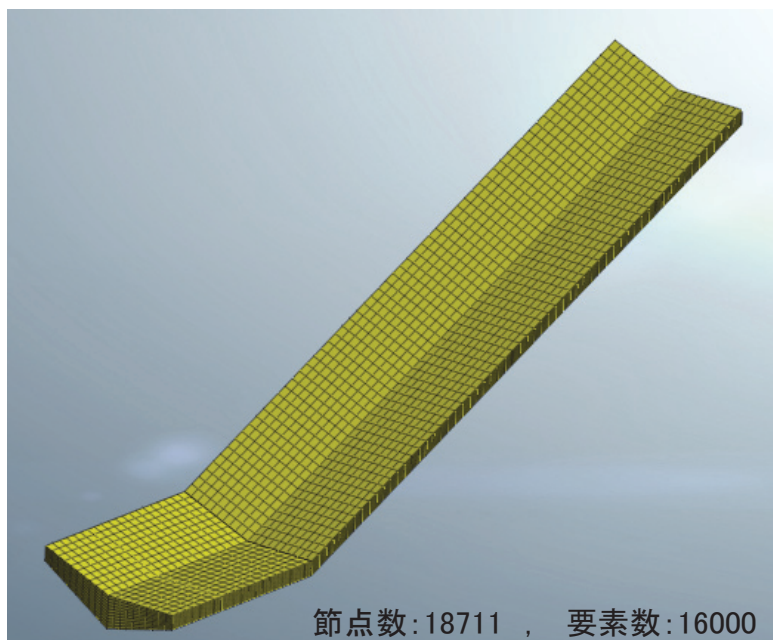


A-A断面

8

3次元浸透流解析モデルでは？

2次元モデルとB-B断面を組み合わせた谷地形モデル



節点数 : 231

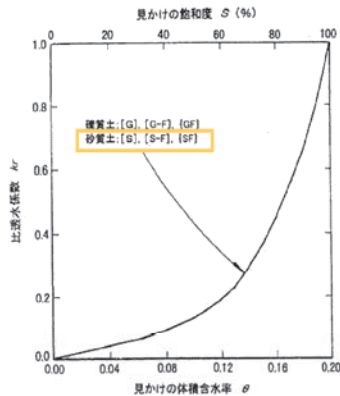
要素数 : 200

B-B断面

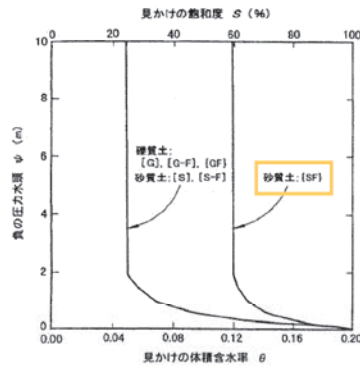
9

解析条件(浸透流解析)

- ① 飽和透水係数: 18mm/hr ($5 \times 10^{-4}\text{cm/s}$)
- ② 降雨条件: 10mm/hr を地表面全域に考慮
- ③ 不飽和特性



【体積含水率 θ - 比透水係数 kr の関係】



【体積含水率 θ - 負の圧力水頭 ψ の関係】

※出典:『河川堤防の構造検討の手引き (改訂版), (財)国土技術研究センター, H24.2』

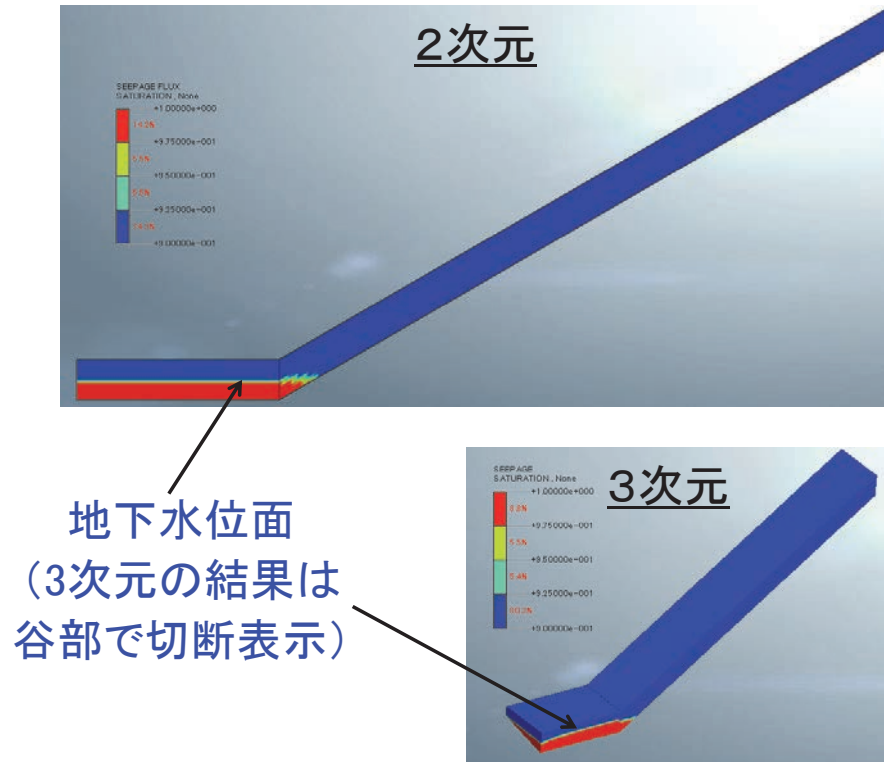
10

解析条件(応力解析)

- ① 単位体積重量
(湿潤) 18kN/m^3 , (飽和) 20kN/m^3
- ② 強度特性(H11.6.29広島災害1崩壊地の値)
内部摩擦角 $\phi: 28^\circ$, 粘着力 $C: 3\text{kN/m}^2$
(降雨浸透を考慮した斜面崩壊の3次元評価, 第36回地盤工学研究発表会, 2001.6より)
- ③ 変形特性
弾性係数: $50,000\text{kN/m}^2$, ポアソン比: $1/3$

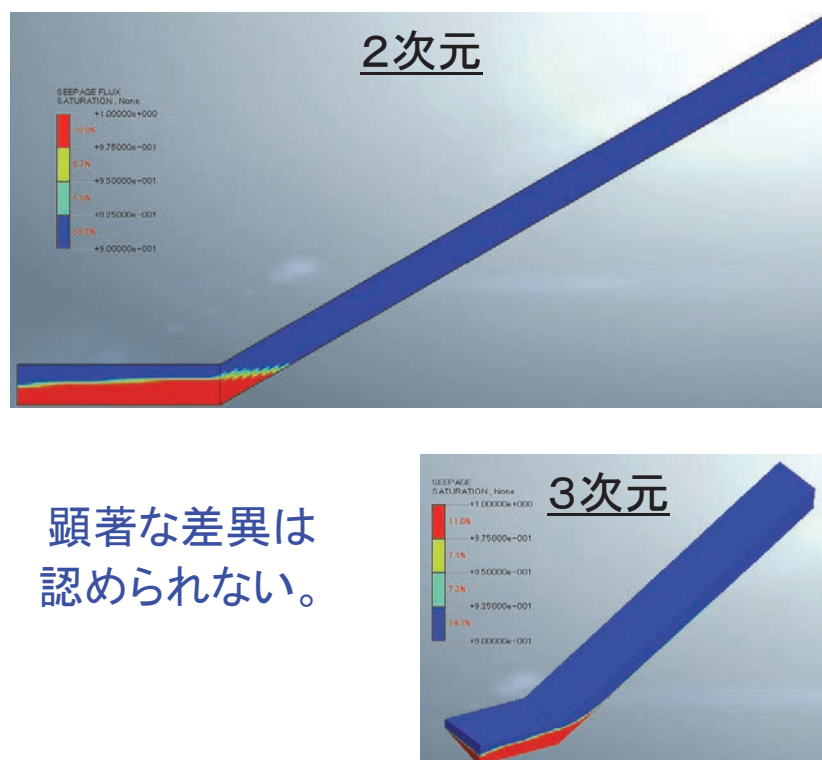
11

定常解析結果【浸透流解析(飽和度分布)】



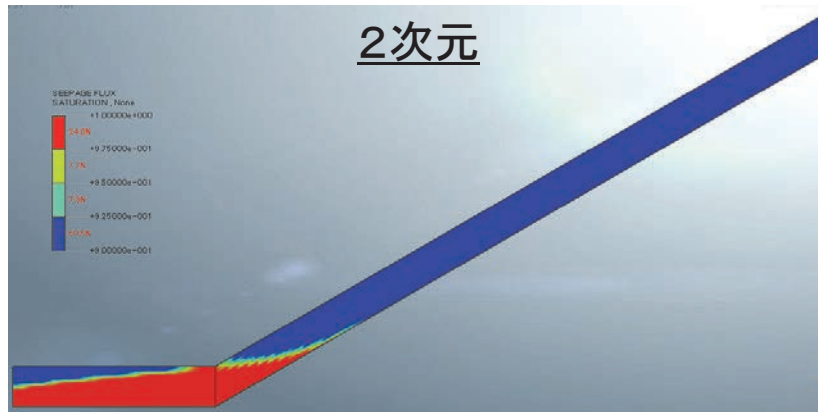
12

非定常解析結果【浸透流解析(飽和度分布), 降雨開始2hr後】

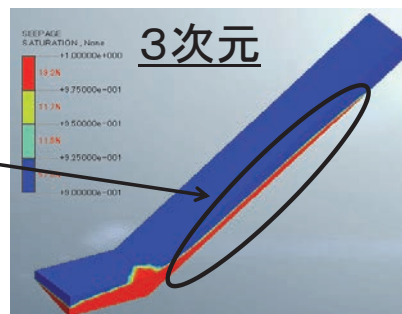


13

非定常解析結果【浸透流解析(飽和度分布), 降雨開始4hr後】

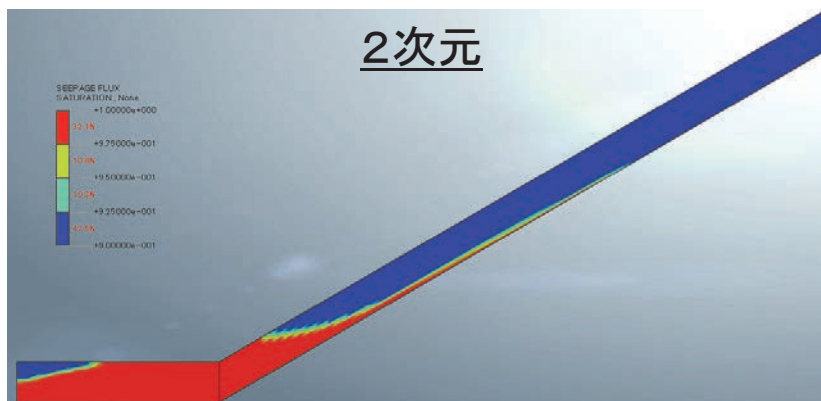


法尻付近に顕著な差異は認められないが、3次元は上流域に向け地下水位面が形成されている。

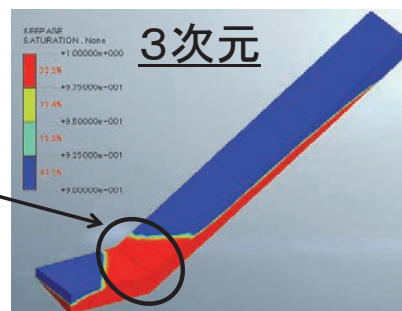


14

非定常解析結果【浸透流解析(飽和度分布), 降雨開始6hr後】

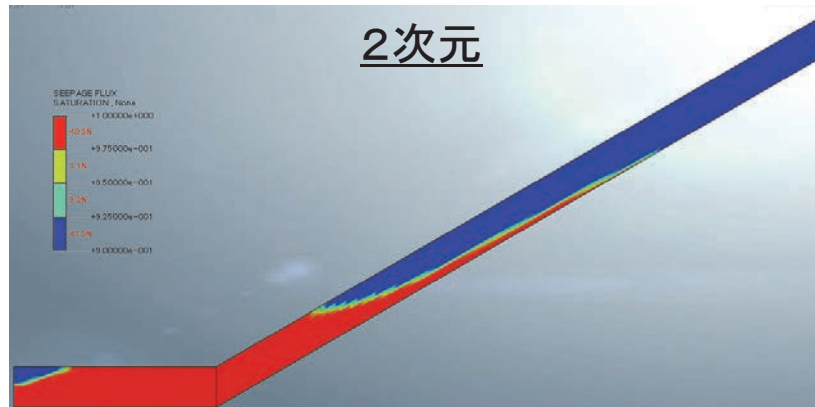


3次元の法尻付近では、横断方向へ浸潤面が拡大

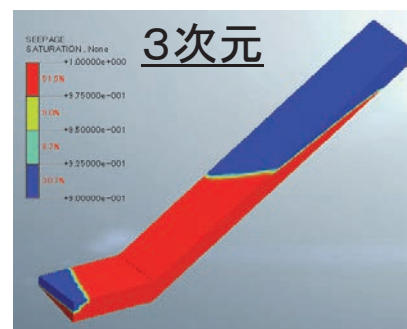


15

非定常解析結果【浸透流解析(飽和度分布), 降雨開始8hr後】

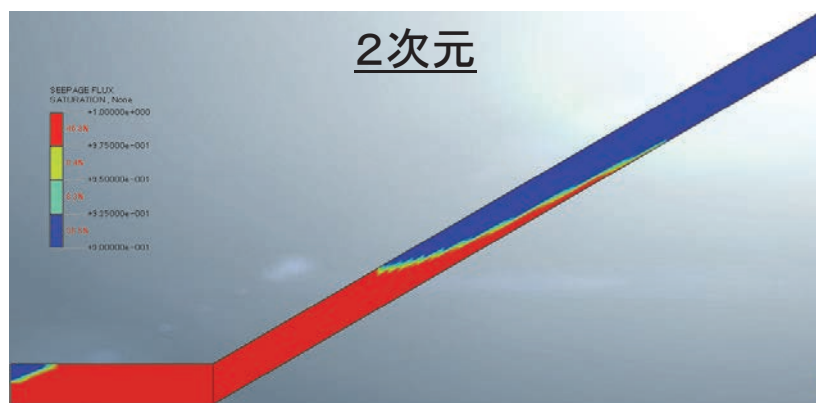


上流域への飽和領域の進展速度に顕著な差が認められる(3次元の方が早い)。

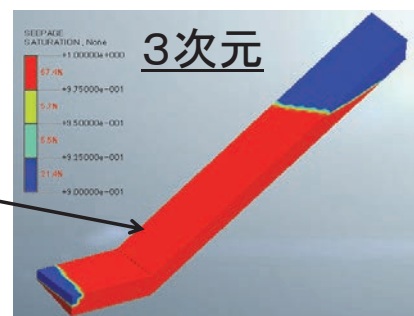


16

非定常解析結果【浸透流解析(飽和度分布), 降雨開始10hr後】



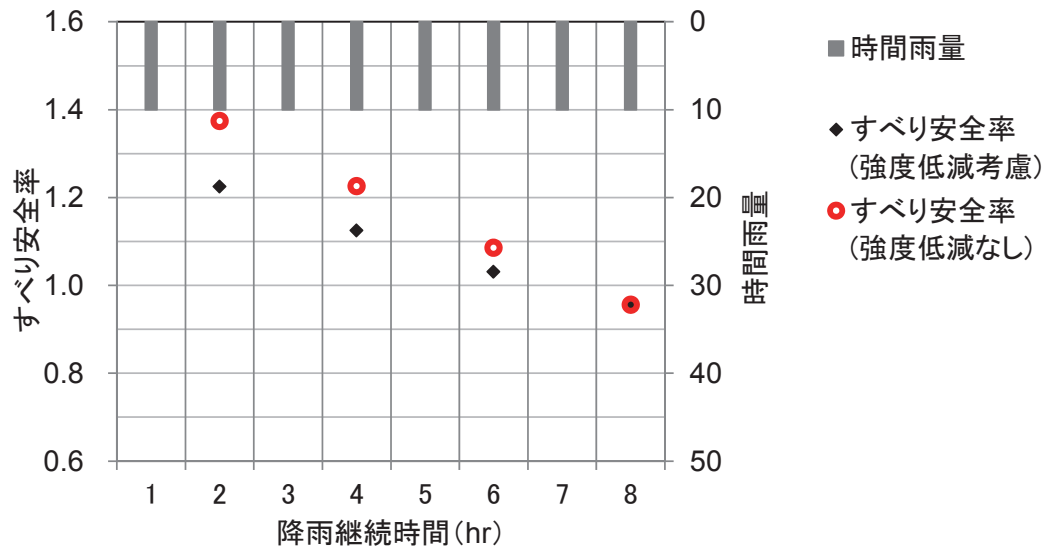
100mm(10mm/hr × 10hr)
の降雨量で斜面全体が
ほぼ完全飽和状態



17

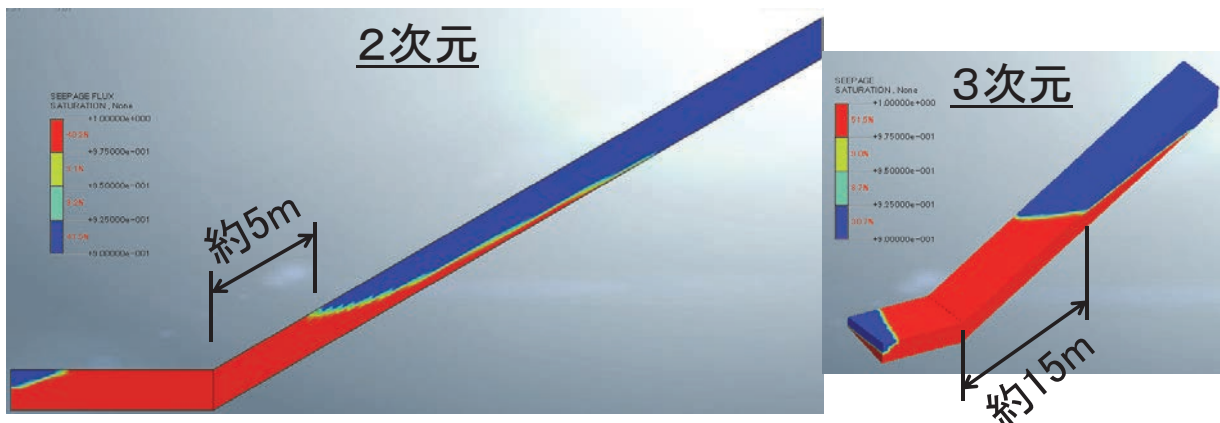
非定常解析結果【2次元応力－浸透－斜面連成】

- ① すべり安全率は、降雨開始7～8時間後に1.0を下回る(崩壊する)。



18

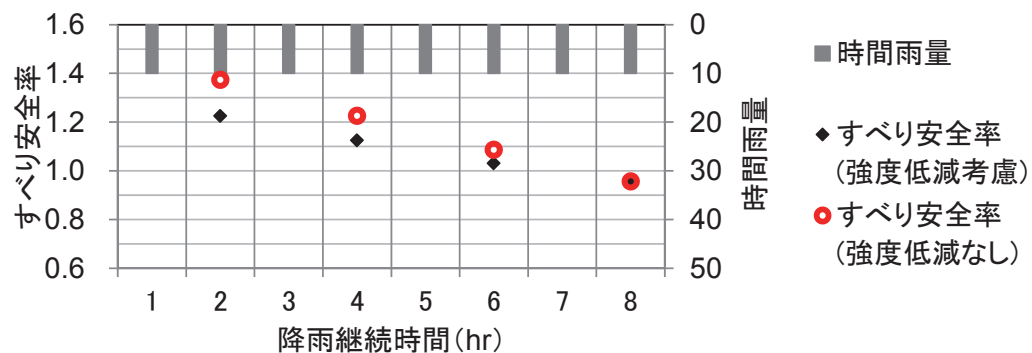
- ② この時、地表面まで飽和した領域は、2次元では法尻から上流域へ5m程度である。
一方、3次元では約15m(3倍)に達している。
2次元では、斜面内完全飽和を仮定しては？



19

- ③ 降雨開始2時間後は，強度低減の有無によりすべり安全率が10%程度異なるが，時間の経過とともに差異は小さくなり，すべり安全率が1.0を下回る時刻では概ね一致。

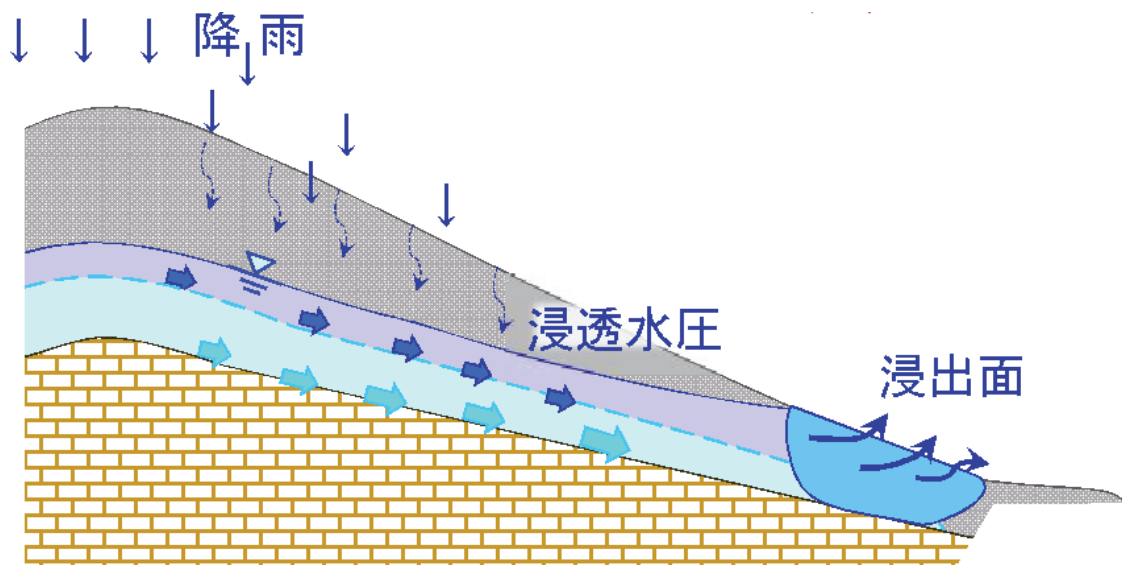
崩壊予測において，強度低減の影響は間隙水圧（浸透水圧）に比べて小さい。



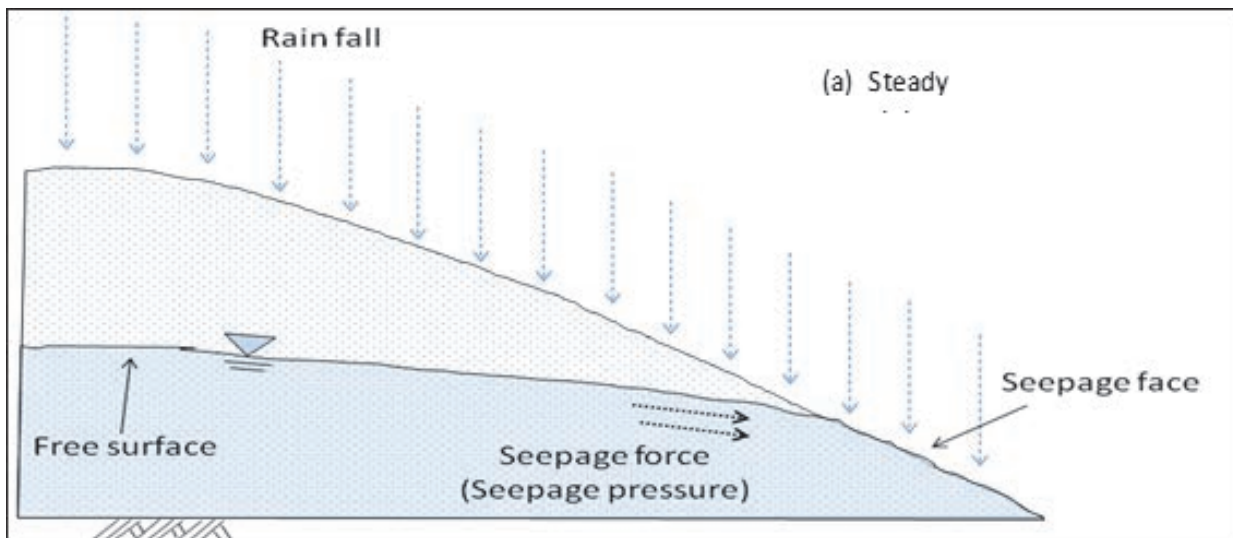
20

降雨が浸透すると浸透水圧が発生

⇒ 法尻には斜面外向きの浸透水圧が作用

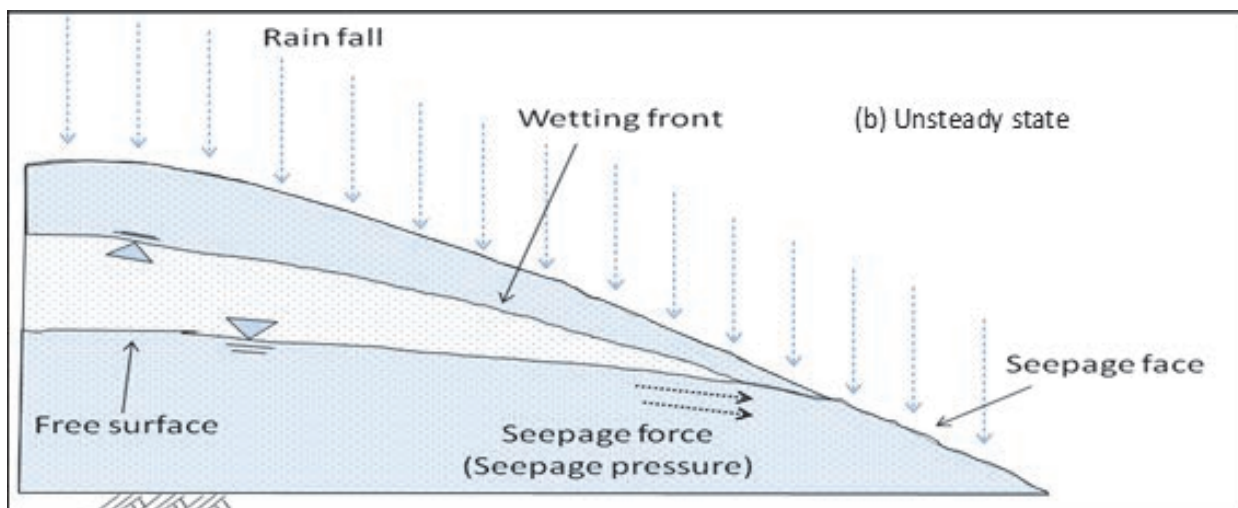


21



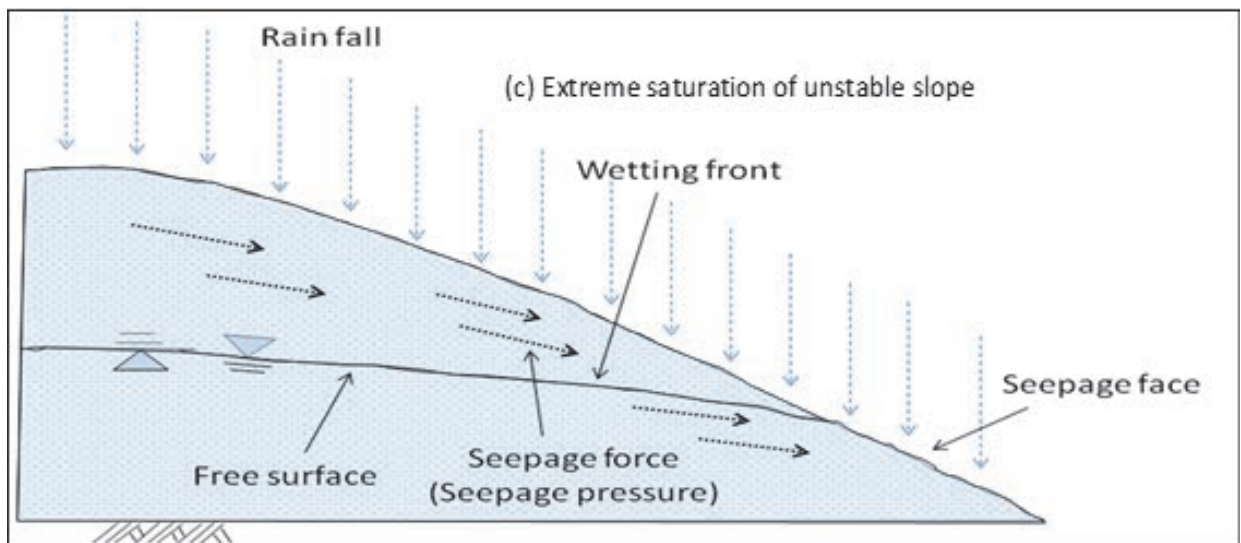
降雨の斜面への浸透(1)

22



降雨の斜面への浸透(2)

23



降雨の斜面への浸透 (3)

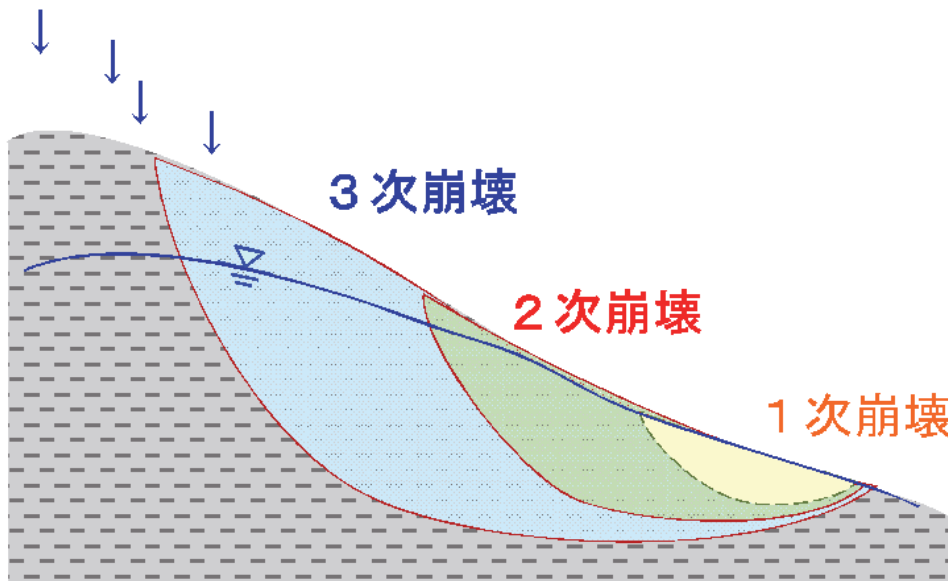
24

豪雨時の斜面安定の検討

- (1) 斜面内はすべて飽和と考える
- (2) 鉛直浸透が水平方向に急に変化して下流方向に大きな浸透水圧が発生する
- (3) 力学特性も飽和状態の物性で検討する

25

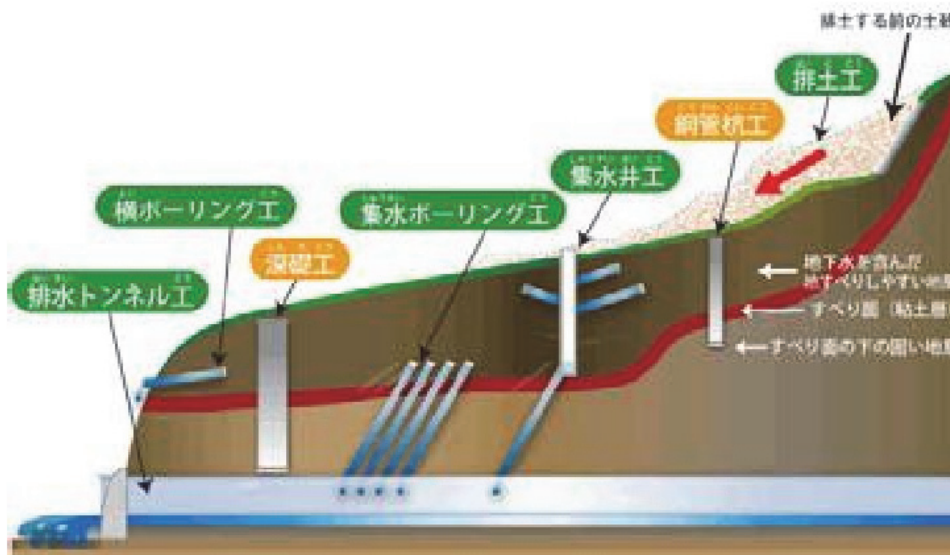
解析結果：法尻から上流域に向けて飽和が
進展(進行性の斜面崩壊を示唆)



1次崩壊の主因は浸透水圧によるパイピング

26

降雨浸透による斜面崩壊を防ぐには？



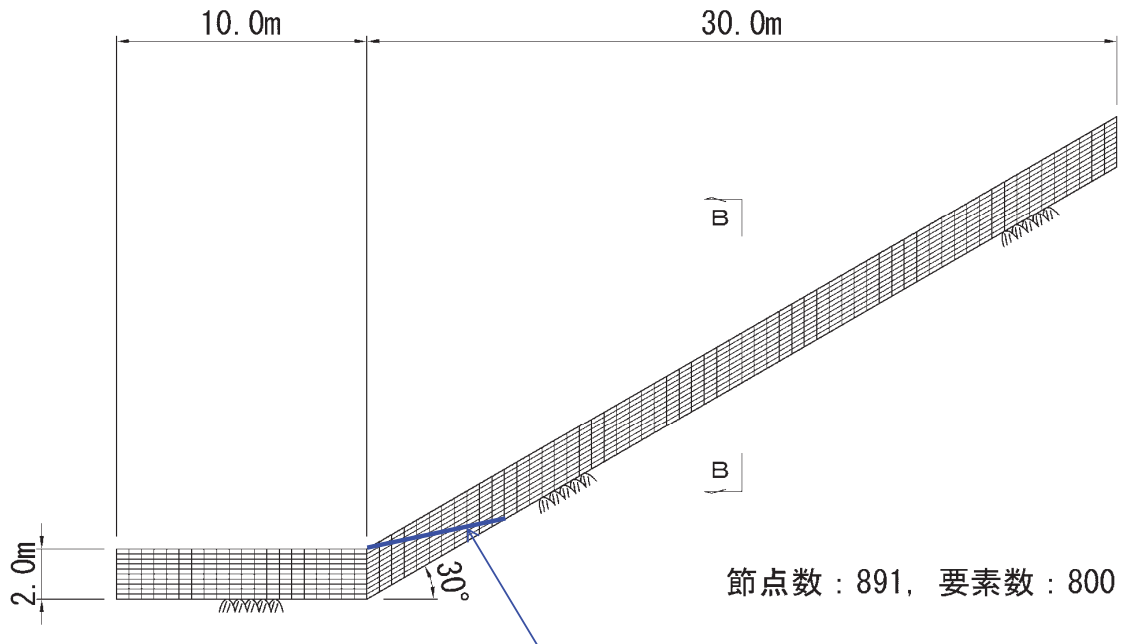
斜面内に排水工を設置する。

(国交省大和川河川事務所HPより)

⇒排水状況(目詰まりの有無)の監視が必須

27

排水工の効果検討(2次元)

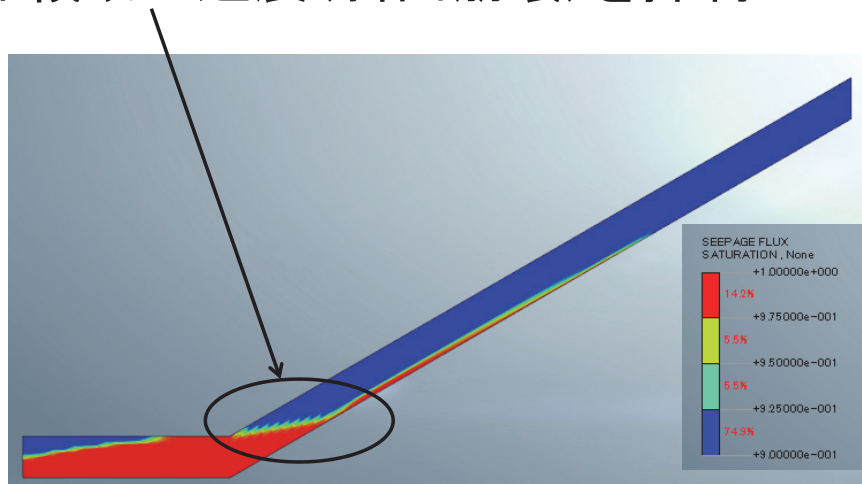


法尻に排水工設置を仮定し、2次元モデルの
排水工沿いの節点を圧力水頭(ゼロ)固定

28

排水工の効果検討(2次元)

排水工なしのモデルですべり安全率が1.0を
下回った降雨開始8時間後も、上流域への
飽和領域の進展(斜面崩壊)を抑制



29

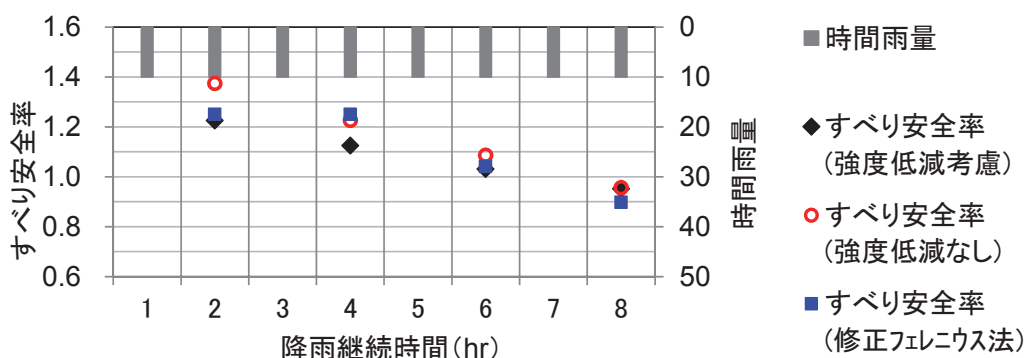
疑問

- ① 果たしてFEM解析や3次元解析のように、モデル化や解析に多大な労力と時間を要する高度な解析手法は精度が高いのか？
- ② 安価な手法で合理的に評価できないか？
- ③ 設計安全率の割り増しで対応できないか？

30

簡易法(2次元修正フェニウス)による評価

- ① すべり安全率が1.0を下回る(崩壊する)時刻は、応力連成や強度低減を考慮した場合と同様、降雨開始7～8時間後となる。
- ② 簡易法による降雨開始8時間後のすべり安全率は0.90で、斜面内完全飽和の場合0.81



31

今回の解析を通じた新しい考え方の提案

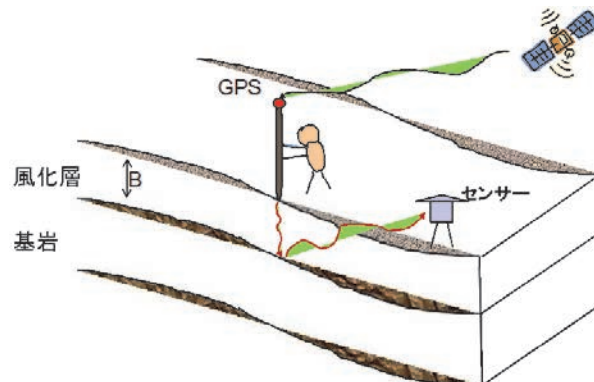
- ① 2次元と3次元の浸透流解析結果より，解析は実施せずに斜面内は完全飽和と考える。
⇒ 浸透問題はゲリラ豪雨等を踏まえ，
保守的な3次元的评价を採用
- ② 斜面の安定性は，これまでに広く適用されてきた簡易的な2次元フェニウス法等で評価する。
⇒ 安定問題は保守的・簡易的な2次元評価手法を採用
- ③ この考え方による今回の検討結果は，見かけの粘着力の低下や浸透水圧の作用によるすべり安全率の低下を評価できている。
⇒ ただし，崩壊地の傾斜角，土層厚，透水性，地盤強度等の違いによる評価が必要
⇒ 各種条件による検討の結果，今回提案手法が危険側の評価結果になる場合には
設計安全率の割り増しで考慮しては？

32

33

斜面崩壊予測の高度化に向けた課題等

- ① 地形だけではなく、層厚や風化の進展を把握・計測する技術の開発



簡易物理探査(弾性波)とGPSによるマサ土斜面の層厚分布調査

34

- ② 地盤物性値の簡易的な評価方法や推定方法の確立
- ③ 斜面内の間隙水圧，空気圧のモニタリング技術
- ④ 目指すは，斜面の豪雨時のハザードマップ化
- ⑤ 崩壊地の傾斜角，土層厚，透水性，地盤強度等に応じた排水工規模の設計基準化 ⇒ これにより，斜面の安定性評価が不要となるのでは？

35

次に何をすべきか？

- (1) 降雨浸透と力学のカップリング解析だけで、現場計測結果を再現できるのか？
- (2) 降雨が浸透する場合は、地盤内の間隙空気が降雨の浸透を防いでいる。
- (3) したがって、現場の計測結果から斜面崩壊は予測できない。
- (4) 斜面安定の設計では、現状では解析が困難な2相流の間隙空気の影響を無視して安全の評価をしてもいいのではと思う。

36

しかし、これからこんな事がしたい

- (1) 今年の9月に3次元の二相流の浸透解析ソフトを公開したい。
- (2) 地表流と地下水との関係を考慮した3次元の数値解析を来年には公開したい。
- (3) 降雨浸透による間隙水圧の変化を現地で計測する方法を一般的にする。当然、間隙空気圧を計測したい。
- (4) 降雨の予測が可能になっている今日(ゲリラ豪雨の予測はまだ無理だが)、降雨に対応した避難勧告を出すシステムを構築したい。

37

- (5) 各降雨に対応した斜面安定の評価をリアルタイムで解析できるだけの数値解析システムが欲しい。
- (6) それが無理なら、世界中の過去の降雨パターンを用いて、事前にすべての条件で、すべての斜面の降雨に対する安定解析を実施しておく。
現状の降雨の将来予測から、これから斜面がどうなるかをパターン判断して、住民に警告を発するように出来ないか？

38

御清聴
ありがとうございました

39

MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

GTS NX 実務適用事例集

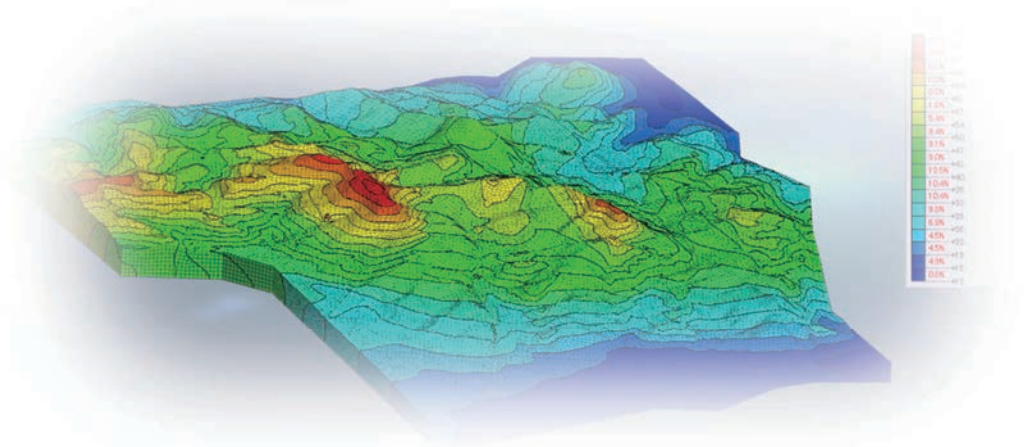
2. 圧密・浸透(軟弱地盤)分野

GTS NXを用いた 広域三次元浸透流解析

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 吉丸 哲司 様



GTS-NXを用いた 広域三次元浸透流解析



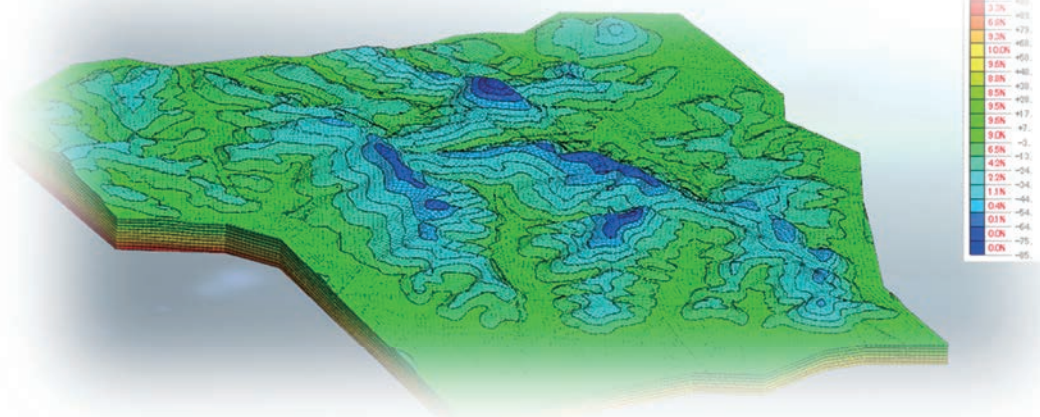
2016/06/09

基礎地盤コンサルタンツ(株)

吉丸 哲司

発表内容

- 解析の概要
- 解析用データ作成にあたって
 - 1) 解析モデル作成編
 - 2) 解析メッシュ作成編
 - 3) 境界条件設定編



● 解析の概要

目的 : トンネル掘削工事に伴う周辺地下水の影響検討

解析種類: 定常解析

解析範囲:



2

● 解析の概要

境界条件: 南北に存在する河川に沿って水頭固定

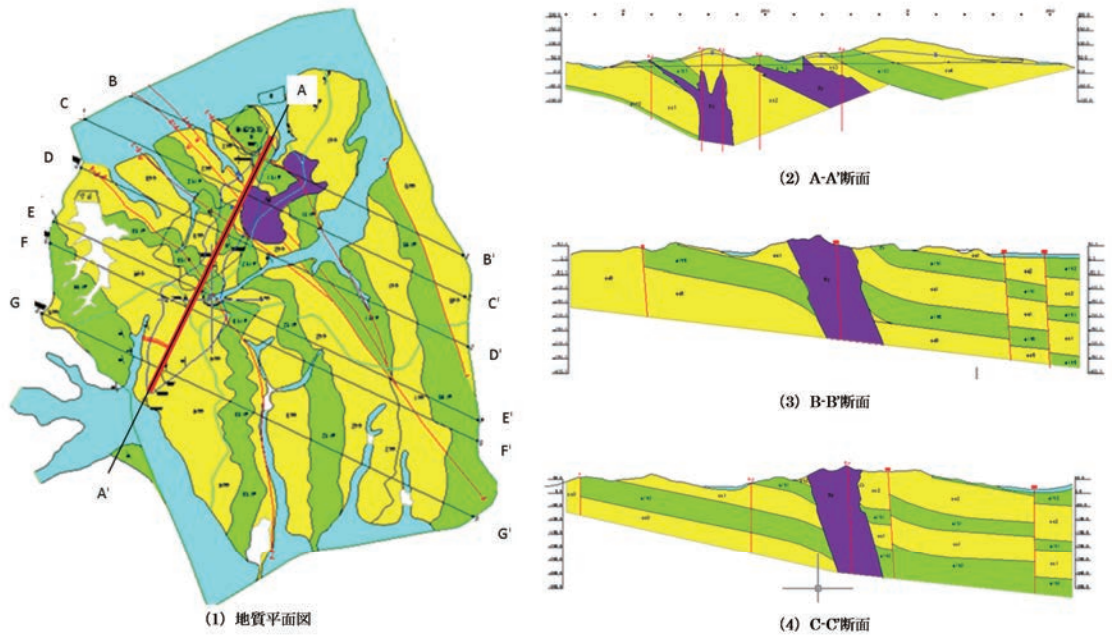
降雨条件: 年平均降水量、蒸発散量から設定



3

● 解析の概要

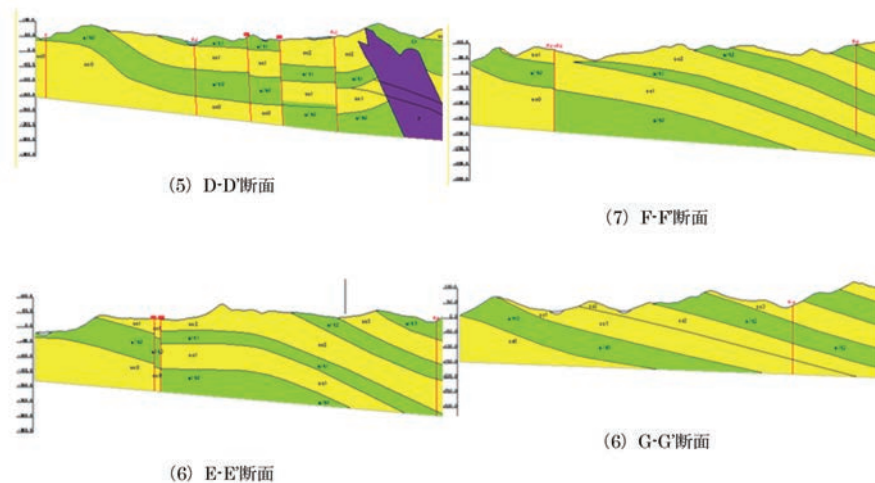
地層構成: 砂層、砂層・泥岩の互層、断層、貫入岩



4

● 解析の概要

地層構成: 砂層、砂層・泥岩の互層、断層、貫入岩



透水係数:

地質	透水係数 k(m/day)	有効間隙率 n	比貯留係数 Ss(1/m)	不飽和 特性曲線
砂岩	6.05E-02	0.1	2.00E-06	粘性土
砂岩泥岩互層	4.15E-01	0.1	4.00E-06	粘性土
貫入岩	2.07E-01	0.1	4.00E-05	粘性土
断層(遮水)	5.18E-03	0.1	3.00E-06	粘性土
断層(透水)	5.18E+00	0.2	8.00E-05	礫

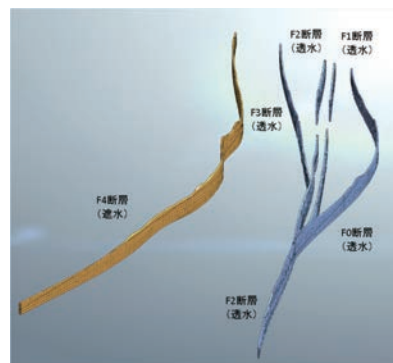
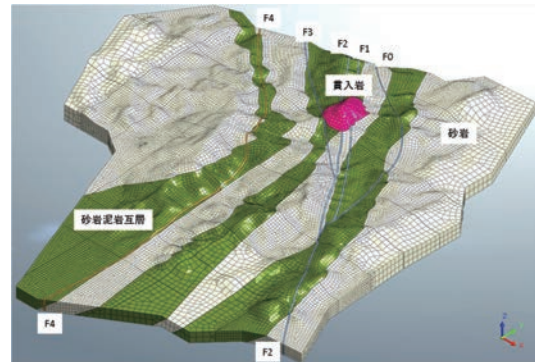
5

● 解析の概要

解析メッシュ:



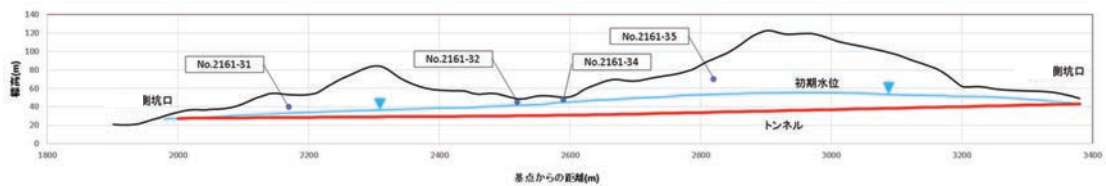
節点数: 335,859
要素数: 994,595



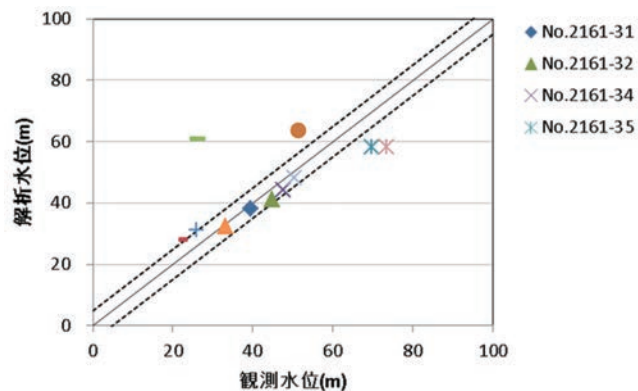
6

● 解析の概要

解析結果: トンネル縦断面における初期水位分布



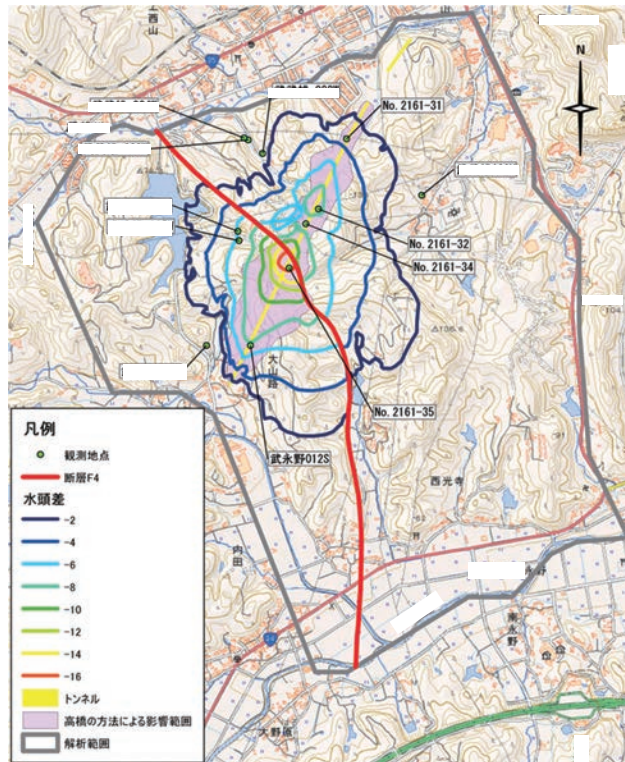
解析結果: 既存ボーリング孔水位との比較



7

● 解析の概要

解析結果:トンネル施工前後における圧力水頭差分コンター



8

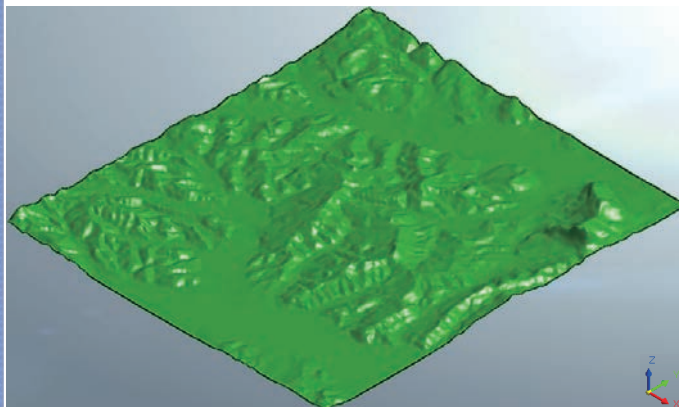
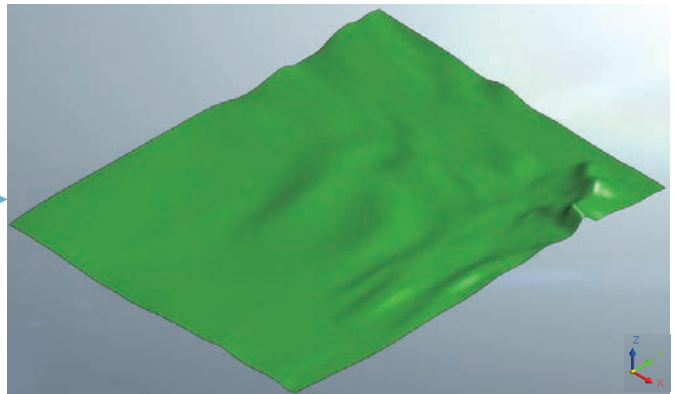
● 解析用データ作成にあたって(モデル作成)

1) 地表面サーフェスの作成・・・国土地理院10mメッシュ利用

A) ポイントサーフェス

10mDEMデータを
Csv形式に修正し
直接読み込み

(座標系をどうするかを
最初に決めておくこと！)



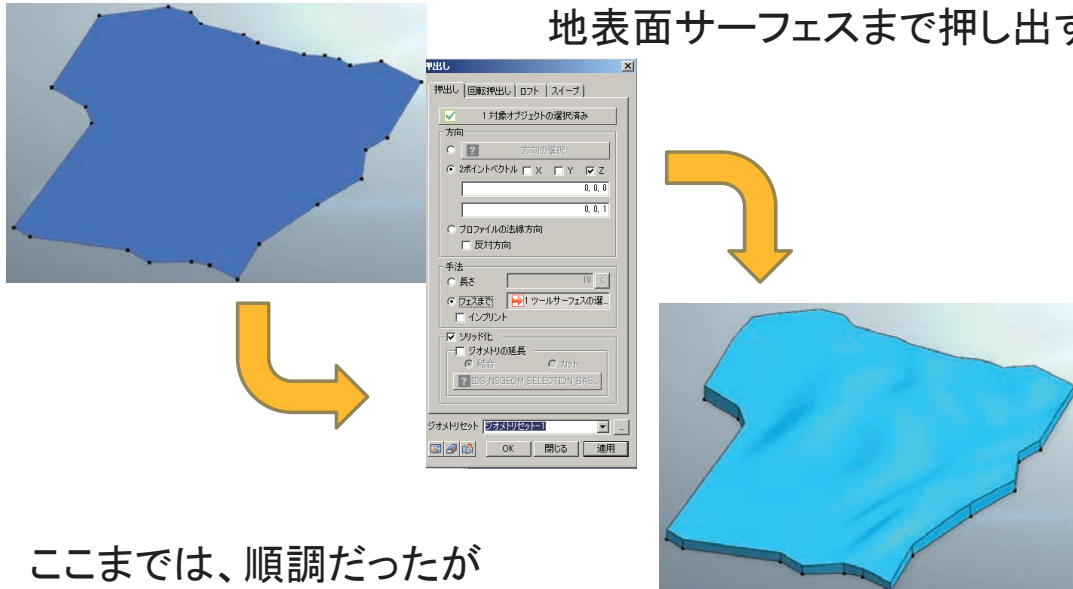
B) TGM利用

他ソフトを利用し
標高の等高線
ファイルを作成

9

● 解析用データ作成にあたって(モデル作成)

- 2) 解析範囲の設定・・・トンネル位置や河川、山等を考慮してGIS上で範囲設定
- 3) 解析全体モデルの作成・・・2)で作成した解析領域(サーフェス)を、1)で作成した地表面サーフェスまで押し出す。



10

● 解析用データ作成にあたって(モデル作成)

1) トンネルのモデル化

トンネル線形(ステーション位置)をGIS上で読み取り
(座標系をどうするかを最初に決めておくこと)
ポイントデータ(csvファイル)として入力

↓
ポイント間を「ライン」で結ぶ

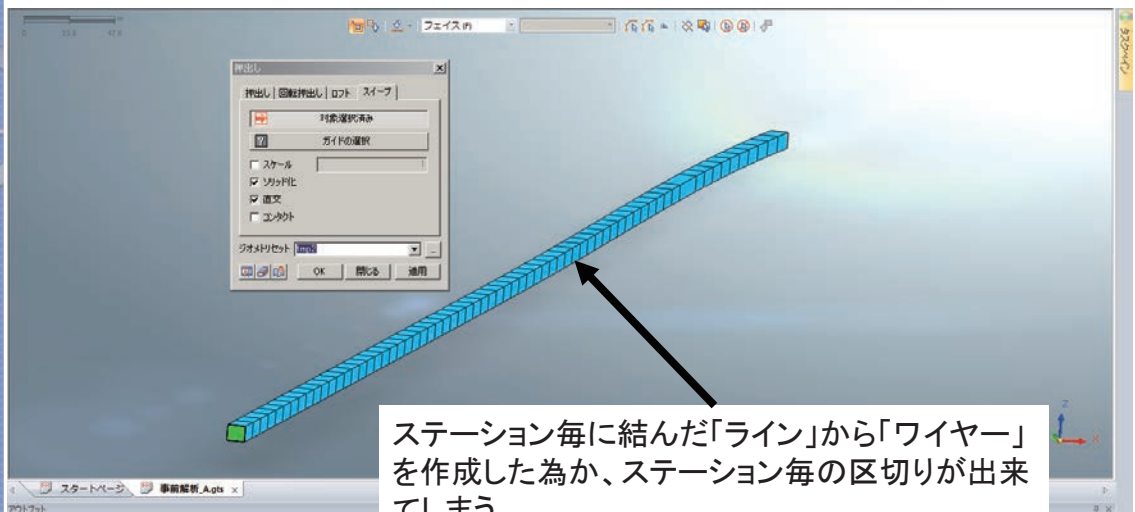
↓
トンネル断面(四角形で単純化)を「ライン」に沿って
押し出す。

↓
曲率が高い部分で押し出しソリッドの接続に**問題!**

↓
「ライン」を「ワイヤ」に変換、「ワイヤ」に沿って
押し出し(「スイープ」)で曲率が大きくても**問題なし**

11

● 解析用データ作成にあたって(モデル作成)



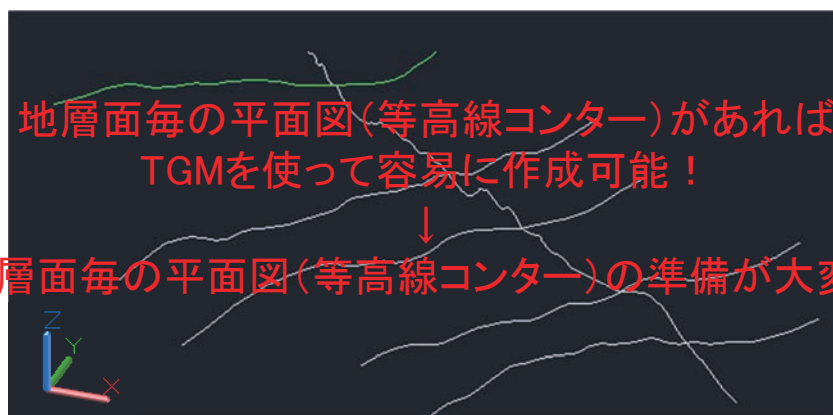
↓
ソリッド分割やメッシュ作成時に予期しないエラー等が生じ思ったような作成が出来ない場合もある。

12

● 解析用データ作成にあたって(モデル作成)

2) 地層分割線(面)のモデル化

CADで作られた縦断面、横断面から該当する線を指定して「サーフェス」の作成(「スイープ」又は、線上のポイントからの作成等)



但し、上記のような複数の断面線を用いても、意図する地層分割面が出来ない場合もある。

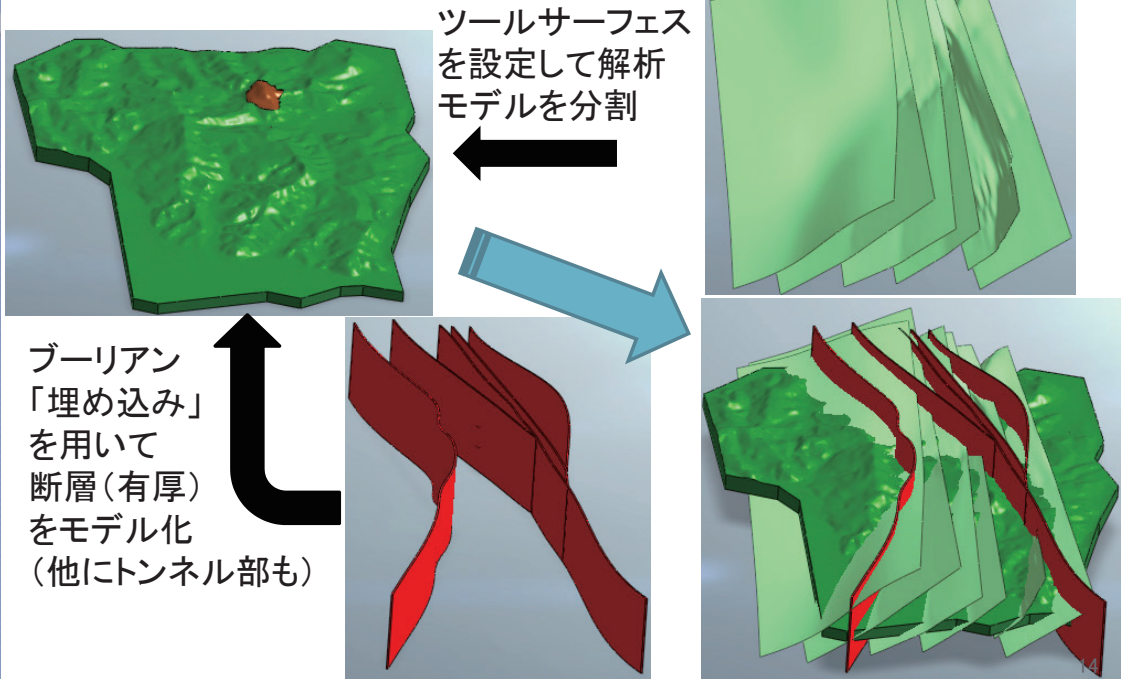
(地表面や他の地層分割面との優先度に関する規定が無い)

13

● 解析用データ作成にあたって(モデル作成)

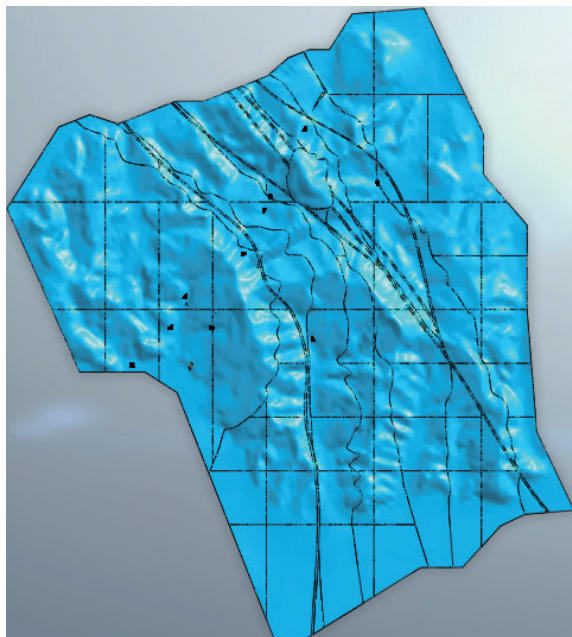
3)ソリッドの分割

解析モデル(全体)を地層分割面等で分割し各層のソリッドを作成。



● 解析用データ作成にあたって(モデル作成)

3)ソリッドの分割



この後、全ソリッドを対象に共有面自動作成実行。

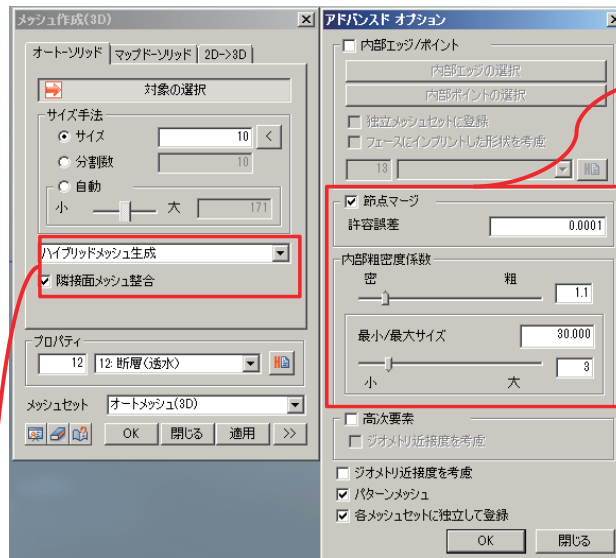
地層分割面による分割だけではソリッドの凹凸が大き過ぎてメッシュ分割に失敗する事もあるので、補助分割を行う。

トンネル沿いに徐々に間隔を広げていく様な分割が望ましい

トンネル線形作成に用いた「ワイヤー」を用いて分割を行うと、ステーション毎の分割線が生じて、メッシュ分割時に不都合！
(「ワイヤー」の押出しが可能ならうまく行くかも)

● 解析用データ作成にあたって(メッシュ作成)

1) メッシュ作成



- ・「節点マージ」
- ・内部粗密度係数
- ・最少/最大サイズ

うまく使えばメッシュ作成が容易になりそうだが、使い熟せていない。

- ・「ハイブリッドメッシュ作成」を利用→「基本メッシュ生成」よりも要素数を少なく出来る。
- ・隣接面メッシュ整合にチェック→同一面上の節点座標のズレを制御

16

● 解析用データ作成にあたって(メッシュ作成)

2) メッシュ作成過程

・対象ソリッドを選択

・複数のソリッドを指定して実行可能

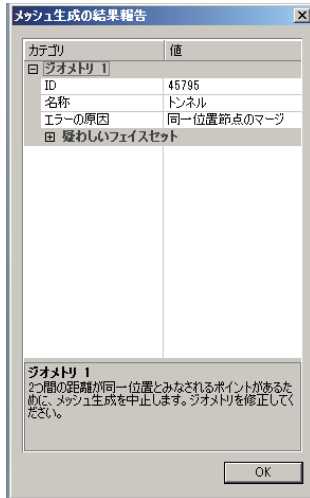
・作成はメッシュサイズの小さなソリッドから順次実行！
(サイズ大→小はエラー！)

ID	名称	電入ステップ	進行中
1	45655 F4-G	終了	100%
2	45656 F4-D	終了	100%
3	45657 F4-F	フェーズにメッシュ生成	99.99%
4	45658 F4-B	終了	100%
5	45659 F4-B	エッジにメッシュ生成	99%
6	45660 F4-A	エッジにメッシュ生成	99%

17

● 解析用データ作成にあたって(メッシュ作成)

3) メッシュ作成(エラー時)



メッシュ生成に失敗すると左図のようなエラー報告が表示される。



エラー原因について通知されるが、具体的な解決法に結びつかない(場合もある)。



もっぱら、ソリッド分割を変更してから再度メッシュ作成を実行！



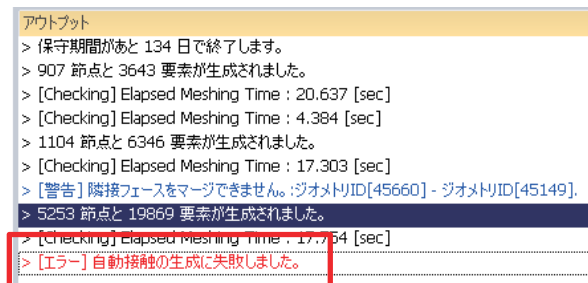
但し、ソリッド分割を再度行った場合、**共有面自動作成も再度行う必要あり！**
また、既存メッシュとの整合性についても保障されないので、場合によっては既存メッシュもやり直し

18

● 解析用データ作成にあたって(メッシュ作成)

4) メッシュの確認

メッシュの生成を終えたら、共有面上での節点不一致等の確認を、「接触定義」→「接触(自動)」を実行し、**接触ペアが生成されない事**を確認する。**(接触ペアが生成される＝節点不一致等エラーありの意味)**



“[エラー]自動接触の生成に失敗しました。”

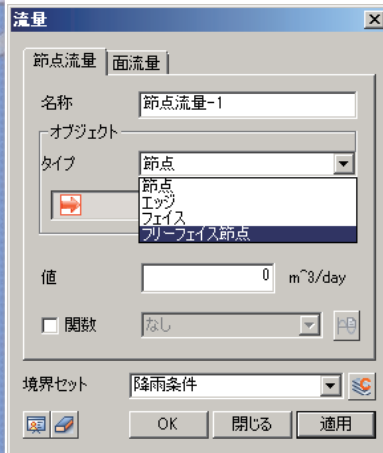


メッシュは正常に生成されている！

19

● 結果整理にあたって(境界条件設定)

1) 地表面への降雨条件設定等



地表面等への境界条件(浸出面、水頭、流量等)設定を行う場合、

↓
対象オブジェクトとして、「節点」、「エッジ」、「フェイス」等の選択が可能。

↓
通常は「フェイス」(メッシュ生成を行ったソリッドの面)を選択するが、極稀に「フェイス」で指定した条件が節点に反映されない場合がある。

↓
テーブル形式で節点に設定された境界条件の確認が行えると良いが・・・
(近々修正される?)

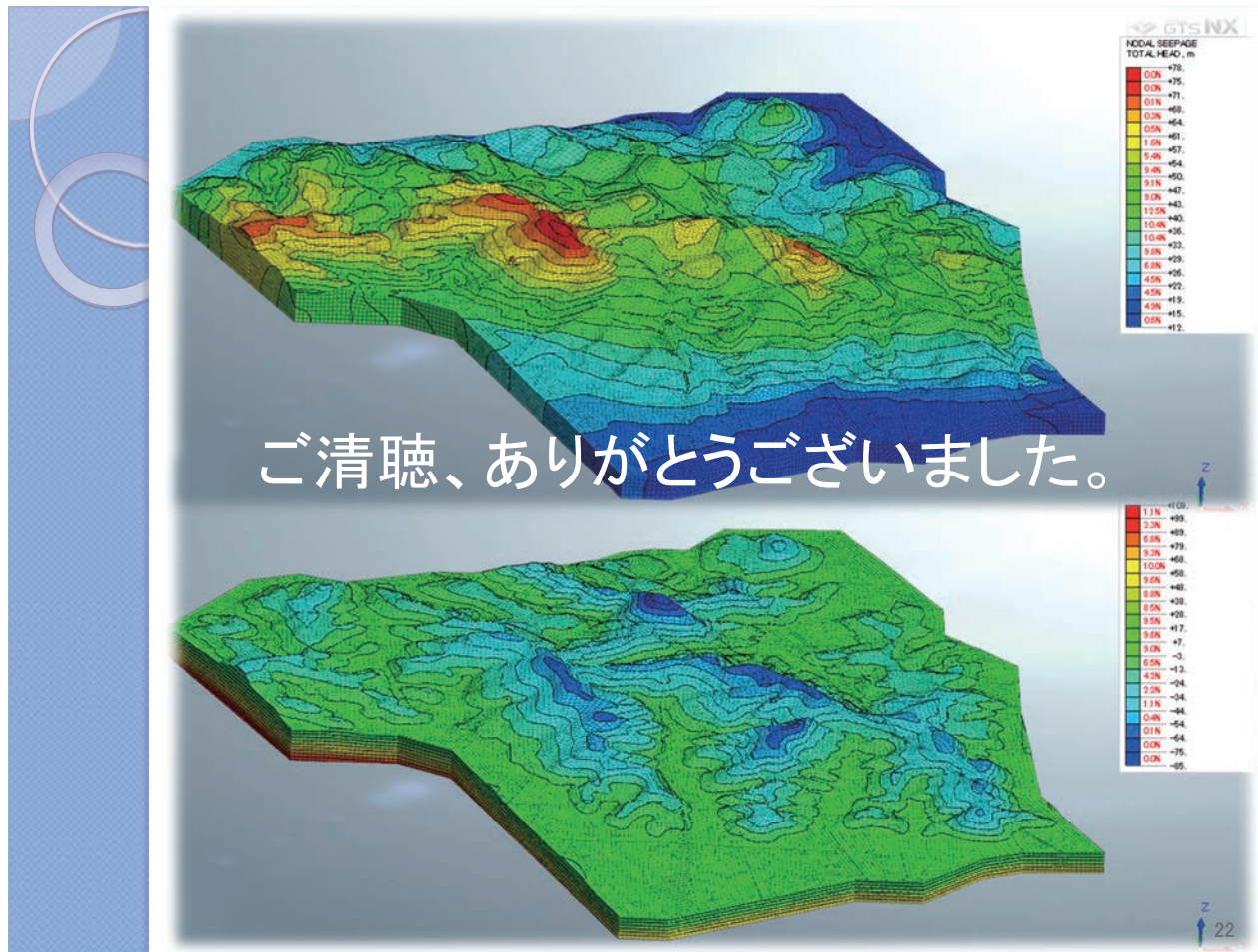
20

● まとめ

GTS-NXを用いた広域三次元浸透流解析を行った際の感想を以下に記す。

- 1) 地表面作成・・・・・・ 国土地理院(10mDEM)データから比較的容易に作成可能(但し、他ソフトの助け必要)
- 2) 地層境界面作成・・・かなり手間！地層平面図があれば何とかなる(?)
(境界面の優先度を設定できるようにしてほしい。)
- 3) モデル作成・・・・・・ ソリッド分割(粗密の設定等)が意外と手間
- 4) メッシュ作成・・・・・・ 生成の成否はハイブリッド、基本メッシュ共にソリッド形状に依存するところが多い。
節点間の接続確認は必須！
- 5) 境界条件設定・・・・・・ サーフェスに設定した条件が節点に反映されているかの確認手段が現状ではない。

21



MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

GTS NX 実務適用事例集

3. 圧密・浸透(軟弱地盤)分野

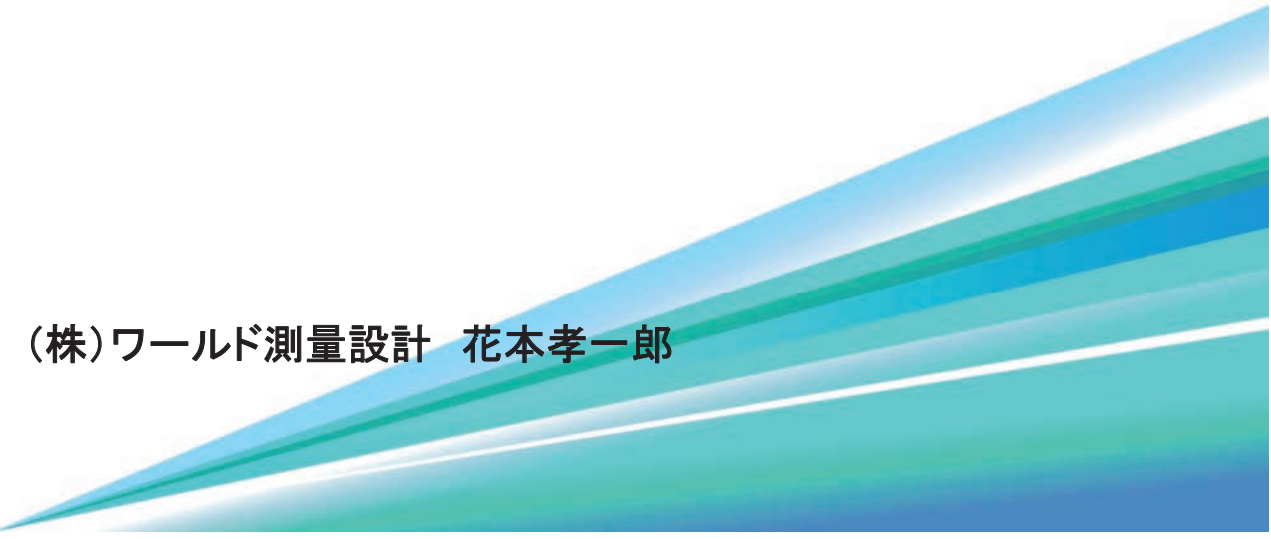
盛土の近接施工問題に対する 三次元FEMの適用事例

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。

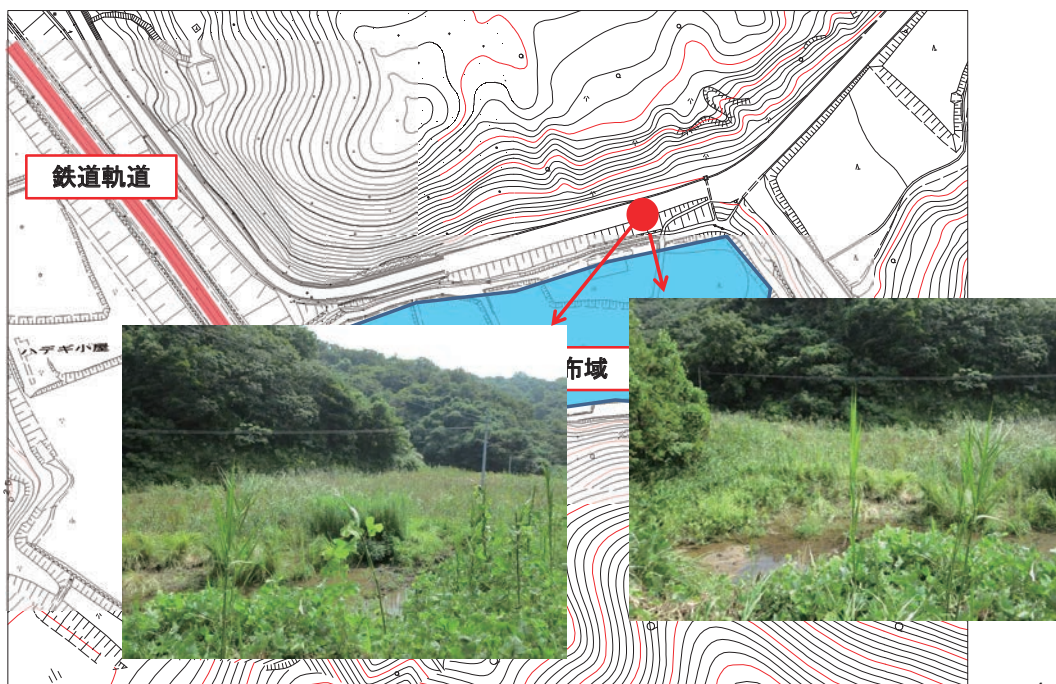


「基礎地盤に対する盛土の影響を、
FEMによる変形解析で定量的に評価する」

3

現地状況(地形・地質)

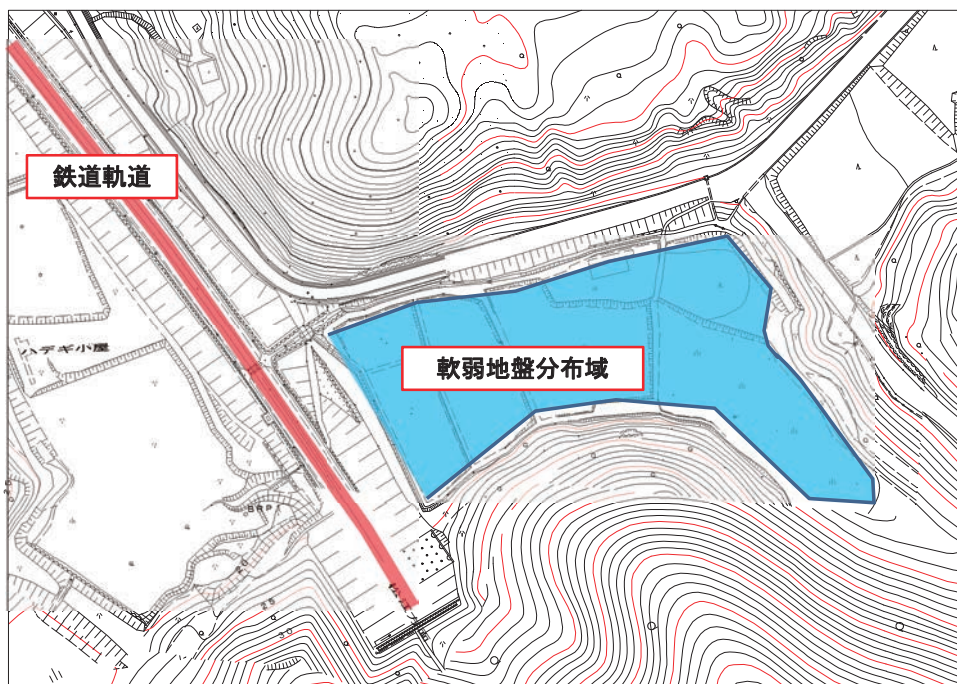
● 現地平面図



4

現地状況(地形・地質)

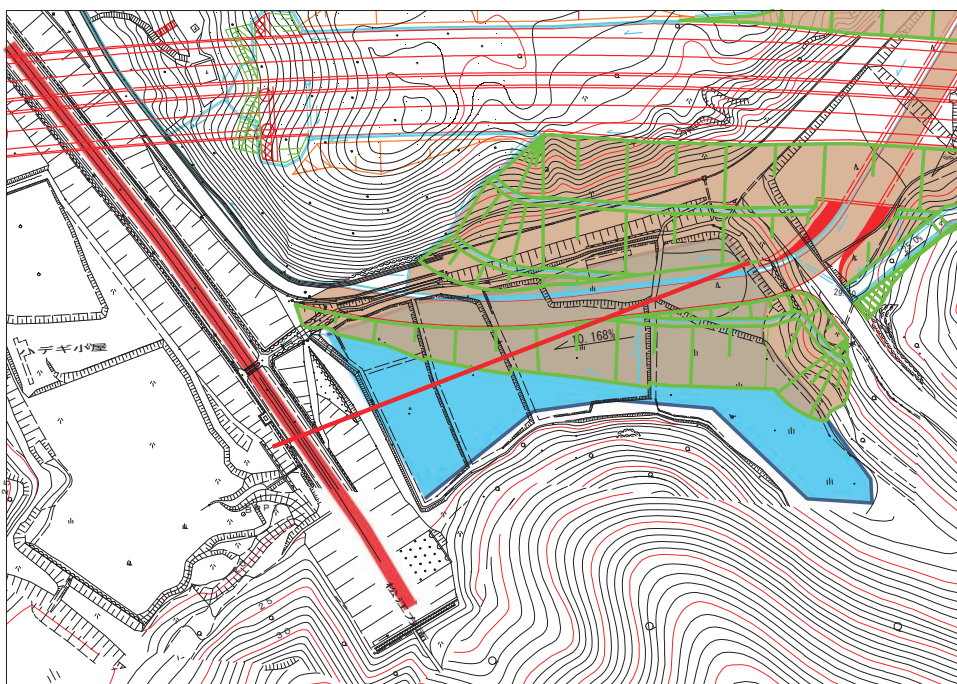
●現地平面図



5

現地状況(地形・地質)

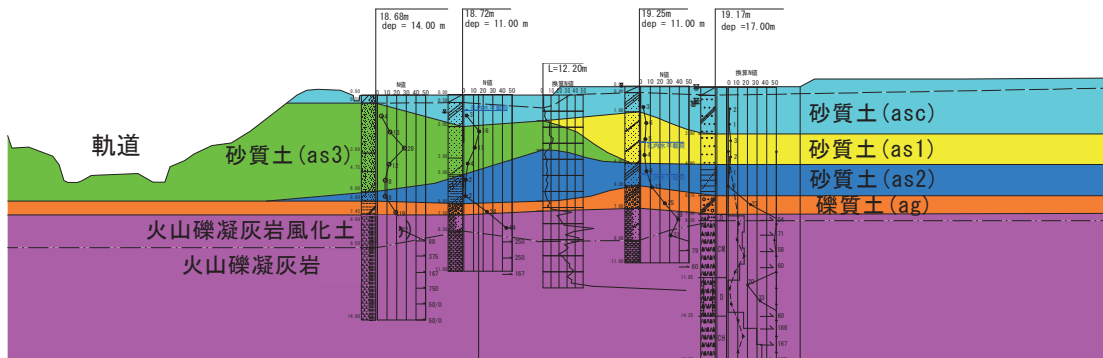
●現地平面図



6

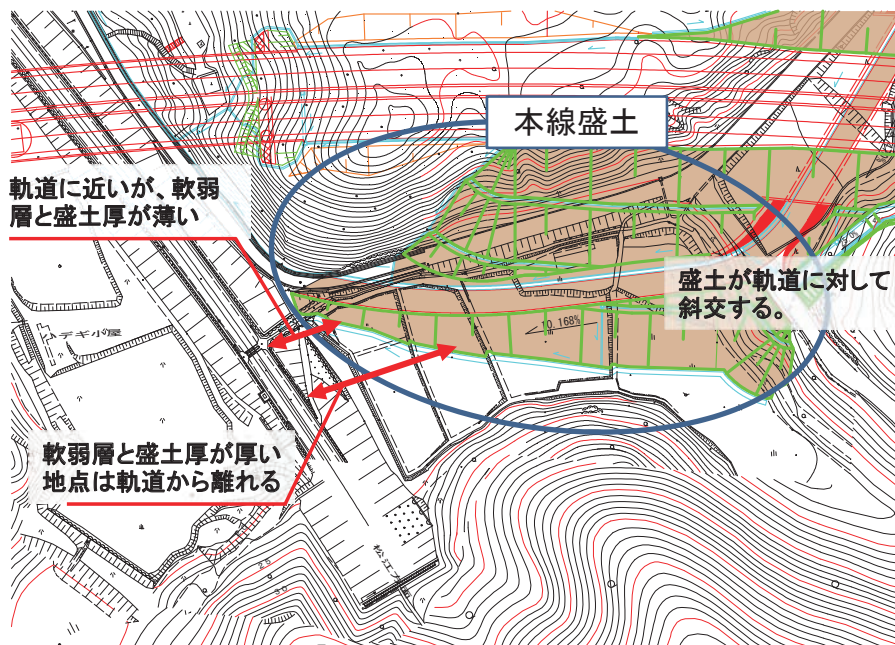
現地状況(地形・地質)

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と非常に低い
	as1	砂質土	細砂主体で不均質に細粒分を含む 所々に礫を含む N=2~6と低い値
	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=4~25でやや揃っている
	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と低い値
	ag	礫質土	φ5~30mmの硬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でやや揃っている
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~CL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

- 課題: 盛土による鉄道軌道の変位が許容値を超えないこと。
基礎地盤が破壊しないこと。
- 検討上の問題点:
 - ・鉄道軌道に本線盛土が斜交
 - ・鉄道軌道に近い部分は盛土高が低く、軟弱地盤も薄い
 - ・鉄道軌道から離れると盛土高が厚く、軟弱地盤も厚い
- 二次元では最適断面を決められない。
- **三次元FEM**による変形解析を実施

9

課題と対応方針

・性能の照査方法: 性能1を照査

※基礎地盤の変形安定が限界状態を超えないことを照査

要求性能	盛土の限界状態	構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査手法
性能1	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が盛土の機能を確保でき得る限界の状態	基礎地盤	基礎地盤の力学特性に大きな変化が生じず、盛土、路面から要求される変位にとどまる限界の状態	変形	変形照査
				安定	安定照査
		盛土	盛土の力学特性に大きな変化が生じず、かつ路面から要求される変位にとどまる限界の状態	変形	変形照査
				安定	安定照査
性能2	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が修復を容易に行い得る限界の状態	基礎地盤	復旧に支障となるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		盛土	損傷の修復を容易に行い得る限界	変形	変形照査
性能3	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が隣接する施設等へし得る限界の状態	基礎地盤	隣接する施設へ甚大な影響を与えないような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		盛土	隣接する施設へ甚大な影響を与えないような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査

10

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

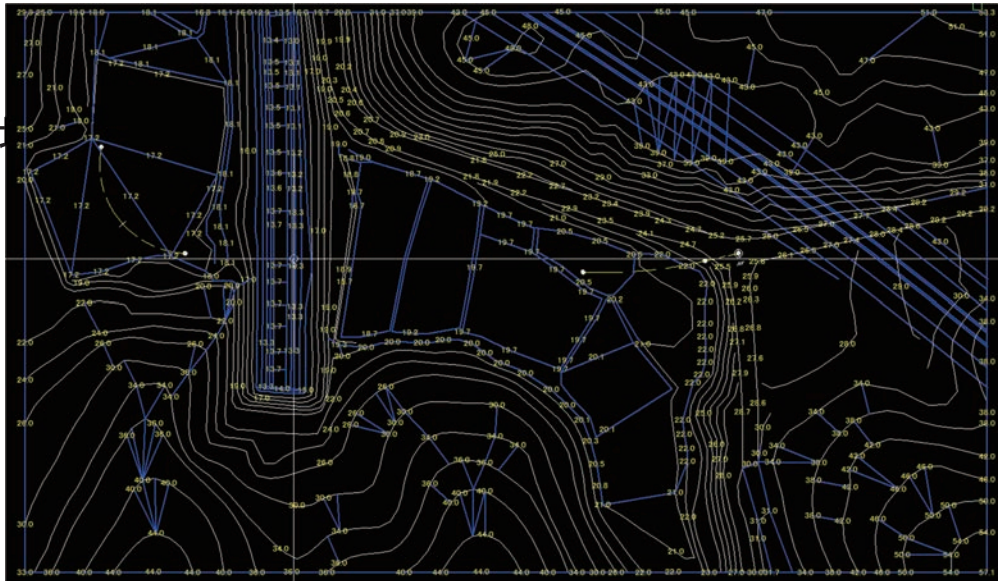
三次元FEM 解析モデル

【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)

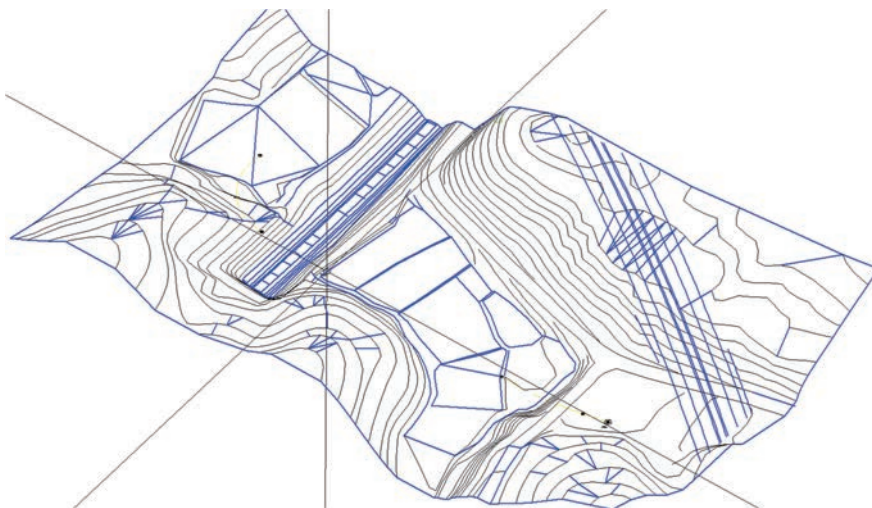


＜3D-CADで平面図作成(地表面モデルと、基盤面モデル)＞

- 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)

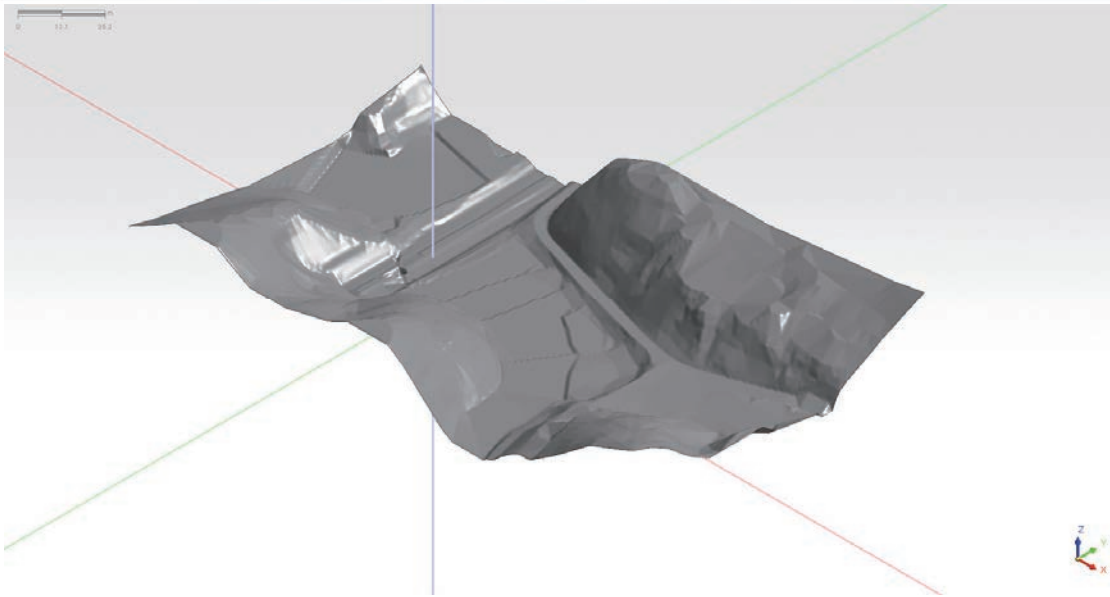


＜地表面CADデータの作成＞

- 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)

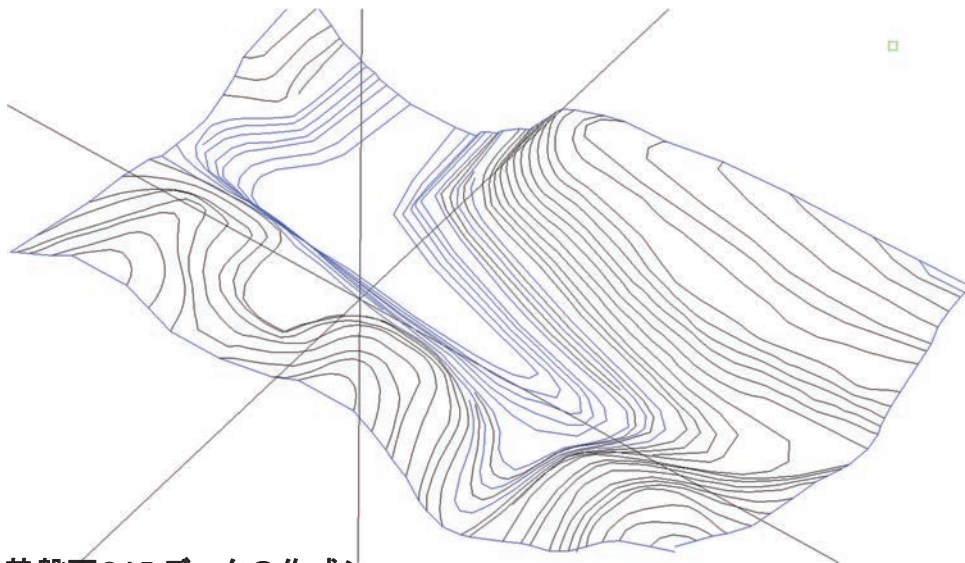


＜地形サーフェスモデルの作成＞

- 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)

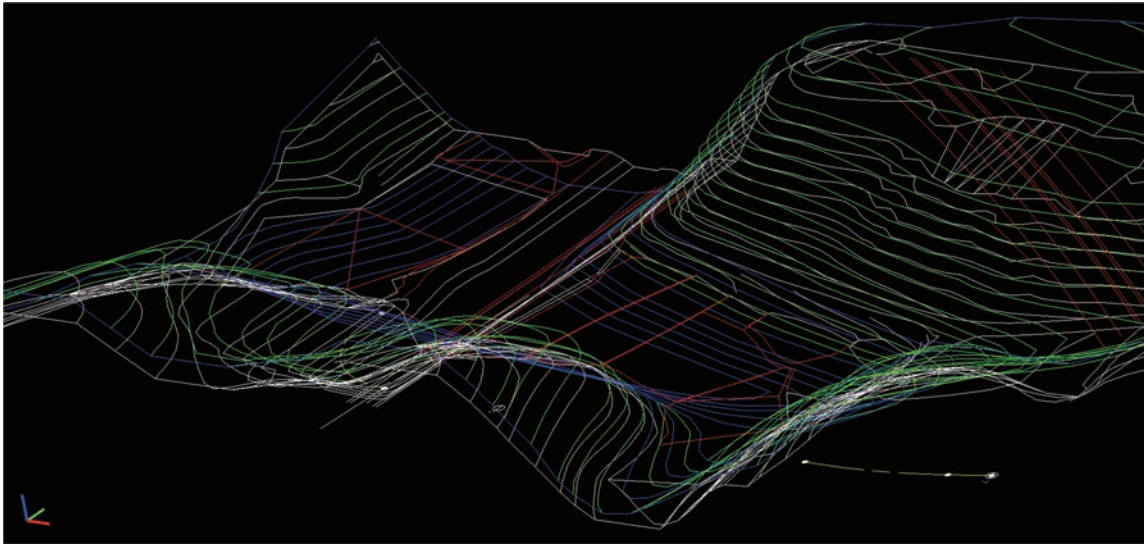


＜基盤面CADデータの作成＞

- 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)

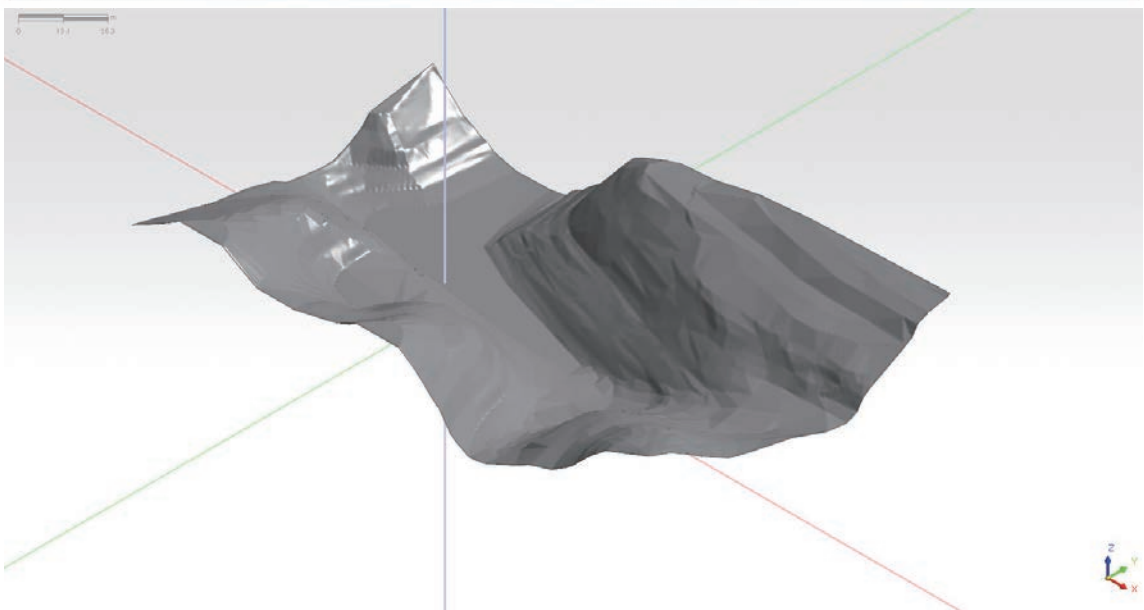


＜現況地形CADと基盤面CADとの比較チェック＞

- 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)

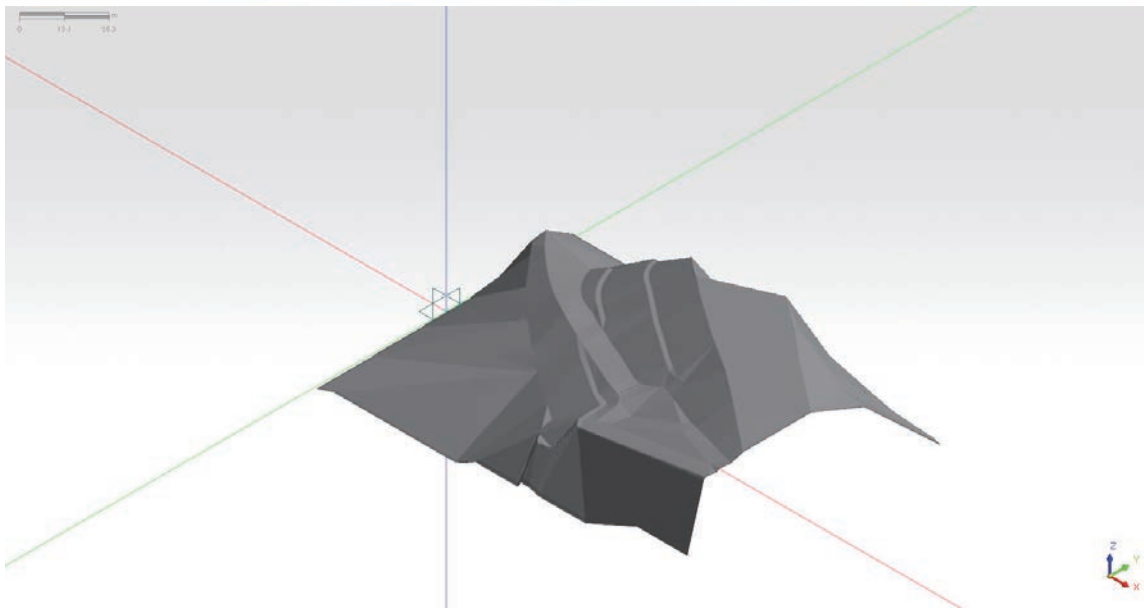


＜基盤面サーフェスモデルの作成＞

- 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)

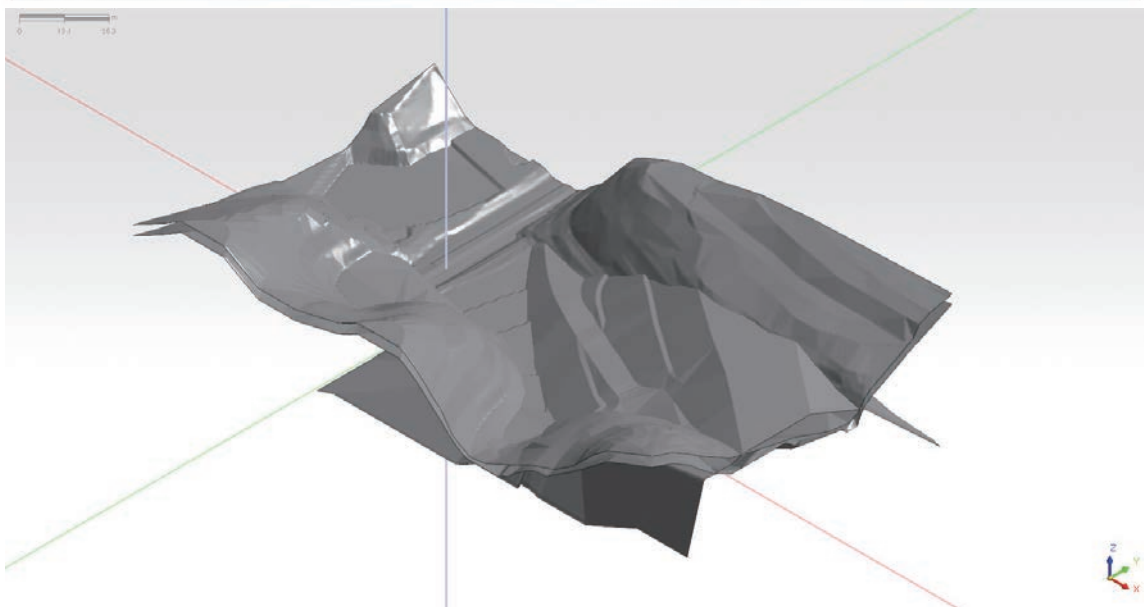


＜計画盛土のサーフェスモデル＞

- 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

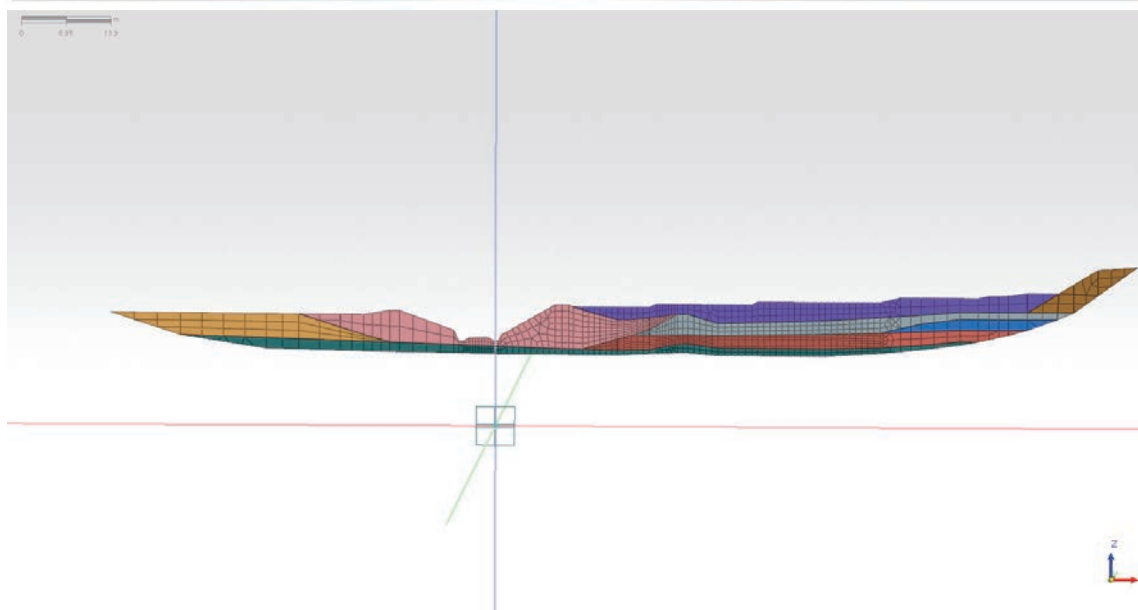
三次元FEM 解析モデル(3要素サーフェス)



＜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)

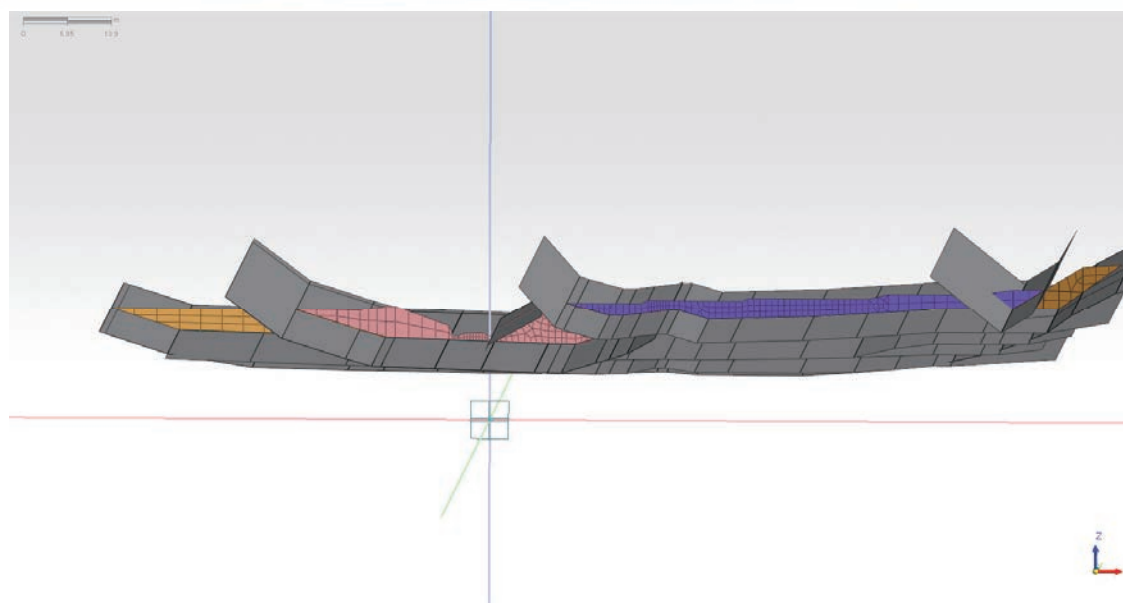


＜地層断面(主断面)＞

- 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)

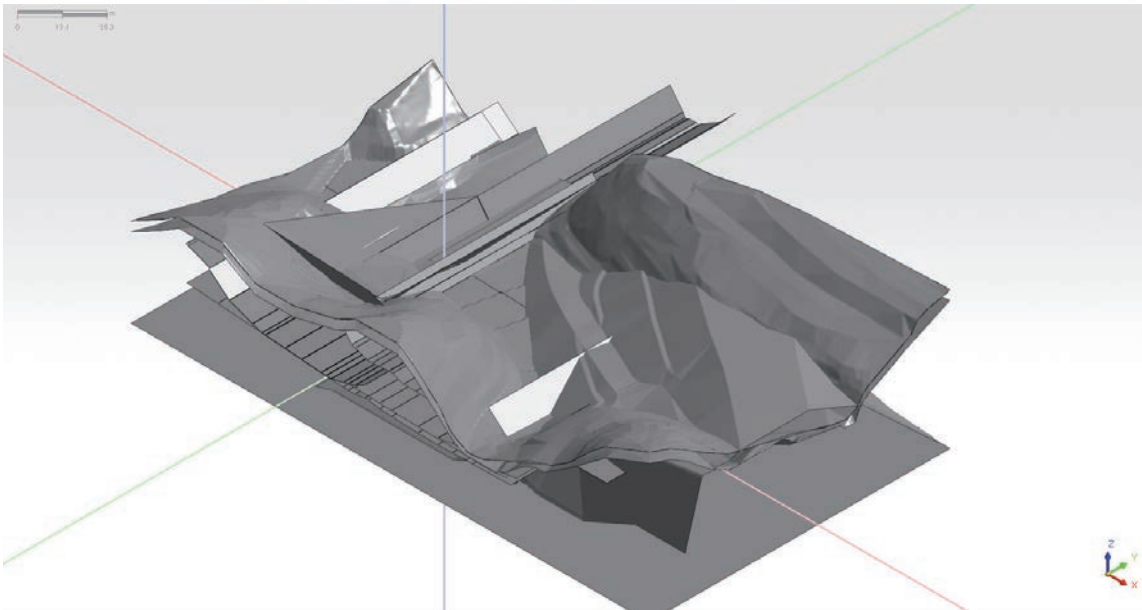


＜地層境界面サーフェス＞

- 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)

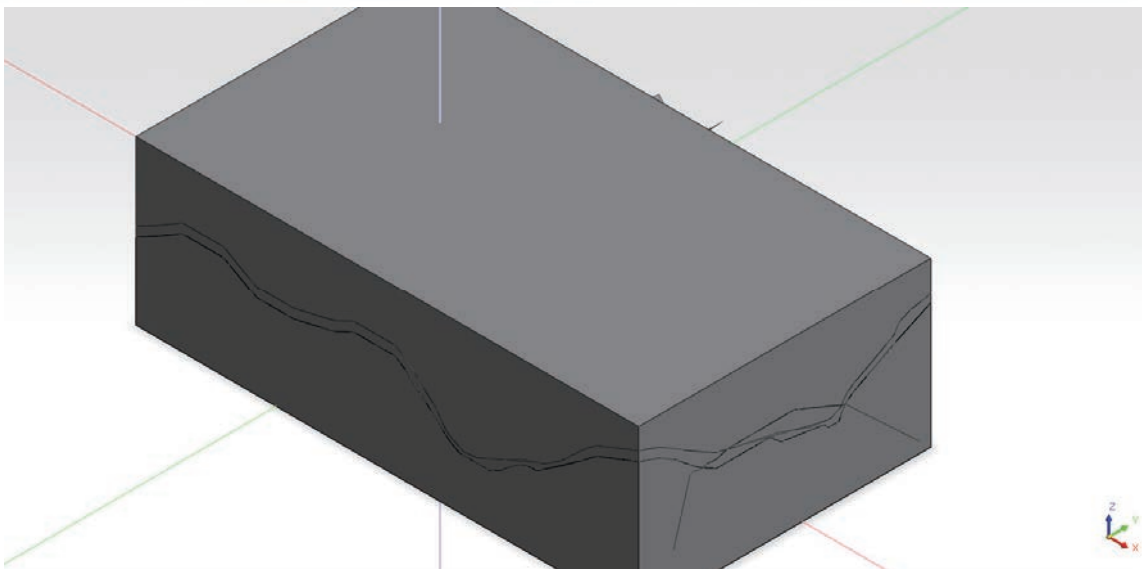


＜全てのサーフェス＞

- 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)

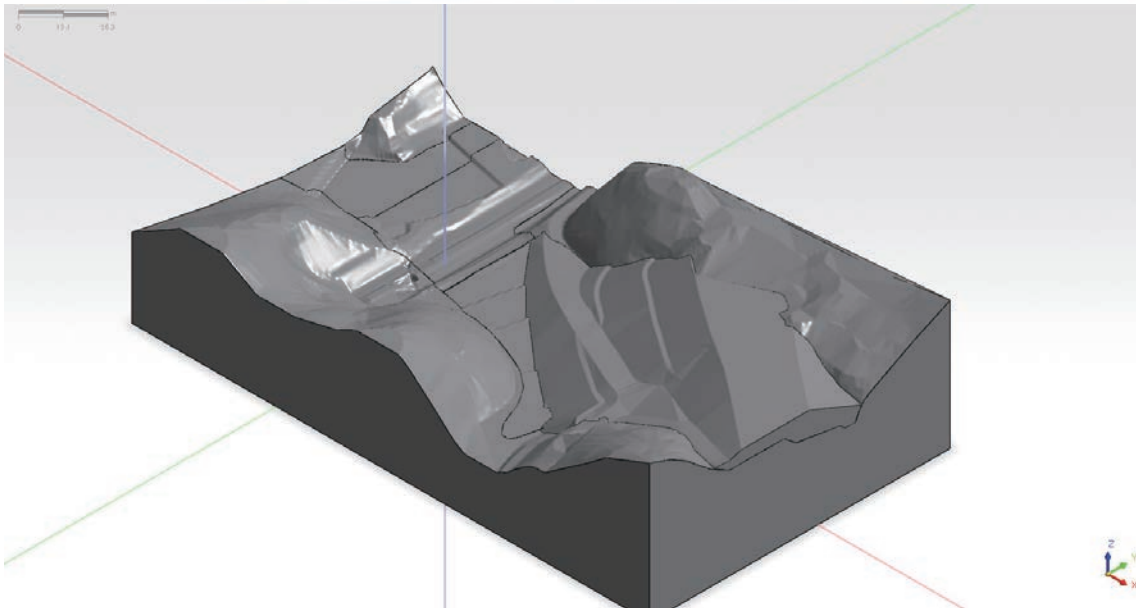


＜長方形6面体ソリッドから現況地形＞

- 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)

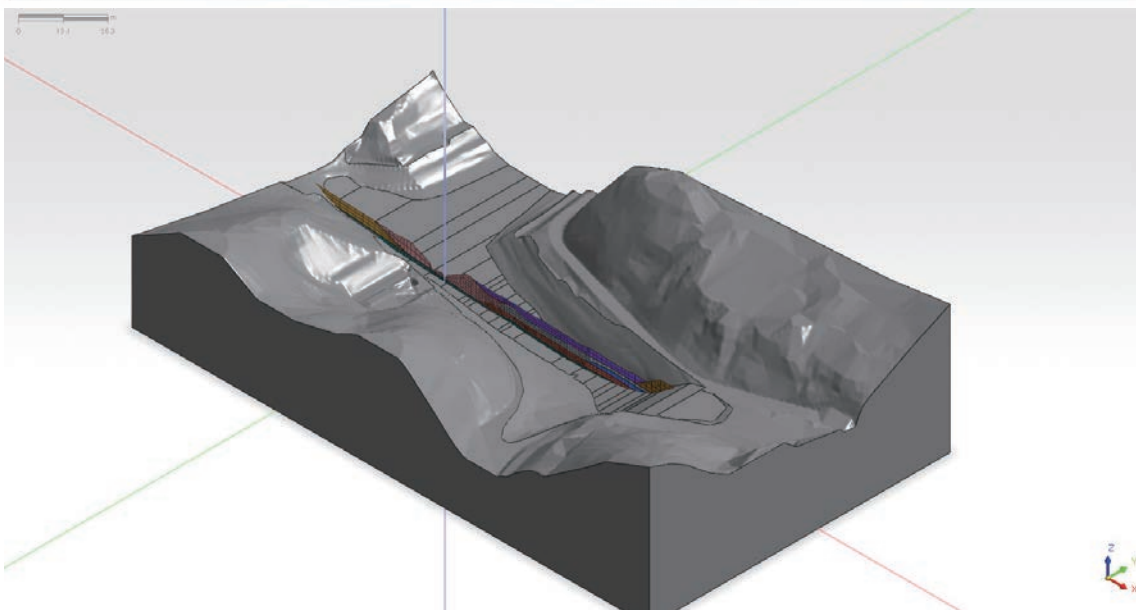


＜計画盛土ソリッド＞

- 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)

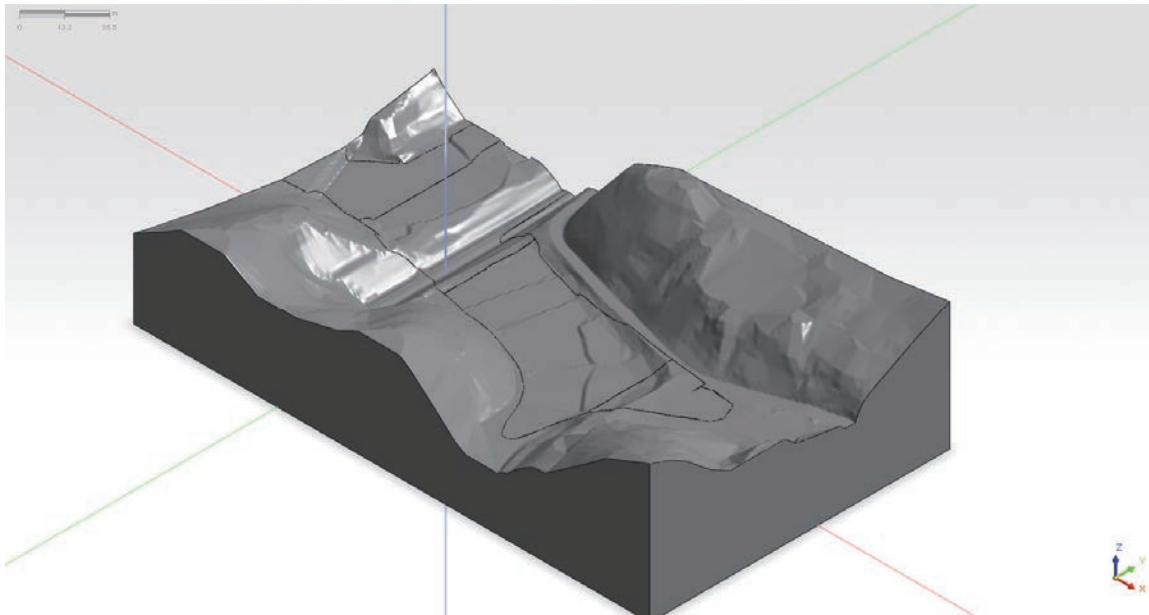


＜堆積層ソリッドモデル＞

- 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

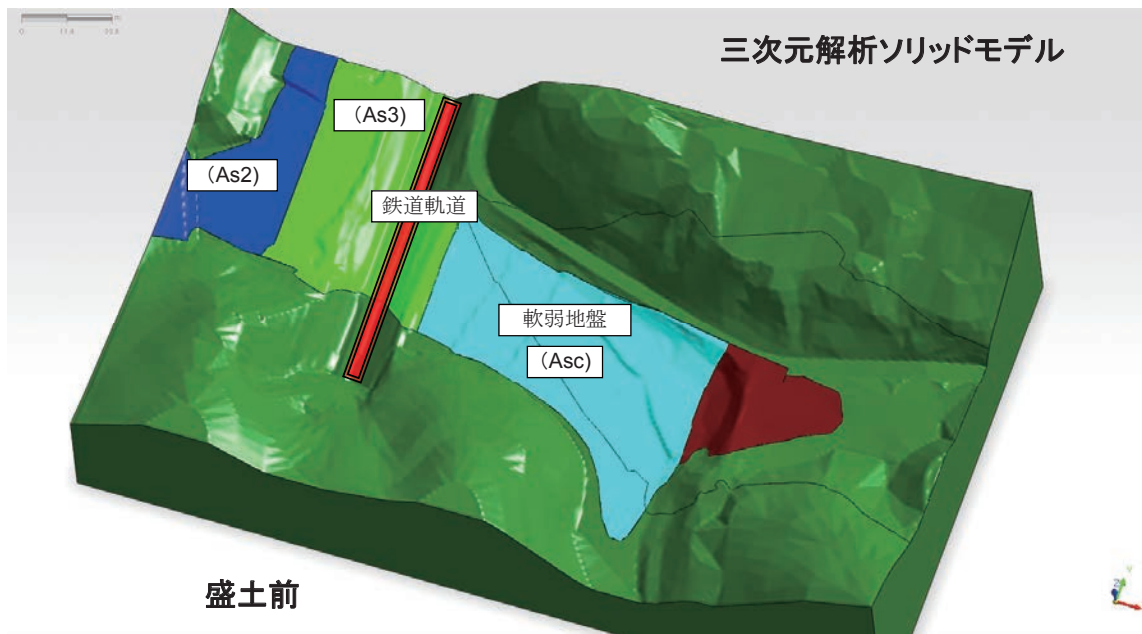
29

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

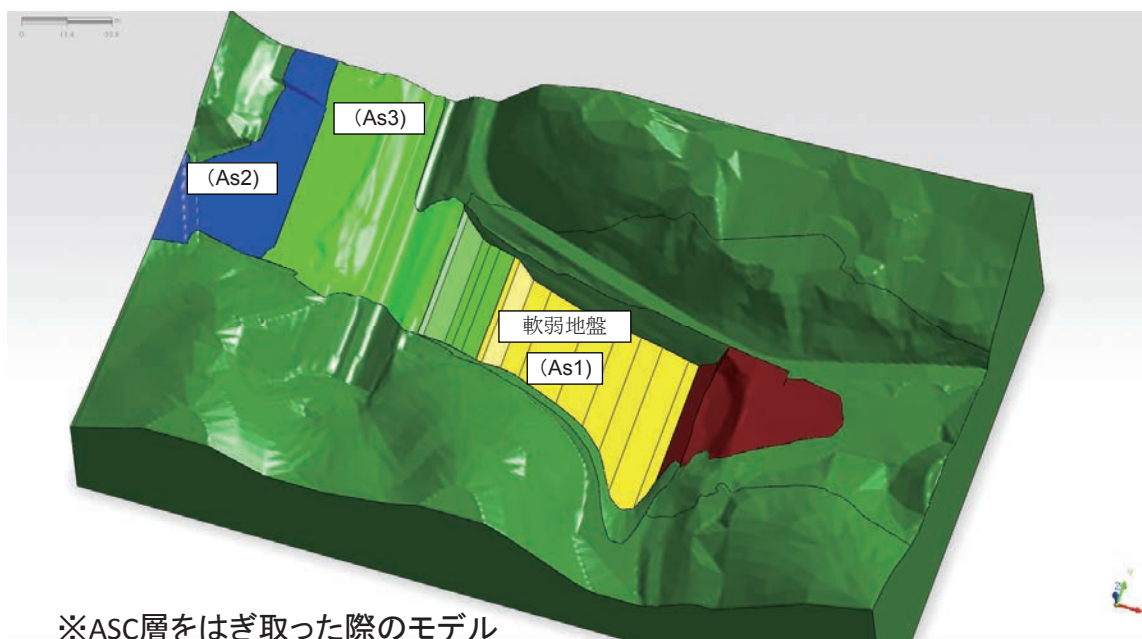
30

三次元FEM 解析モデル



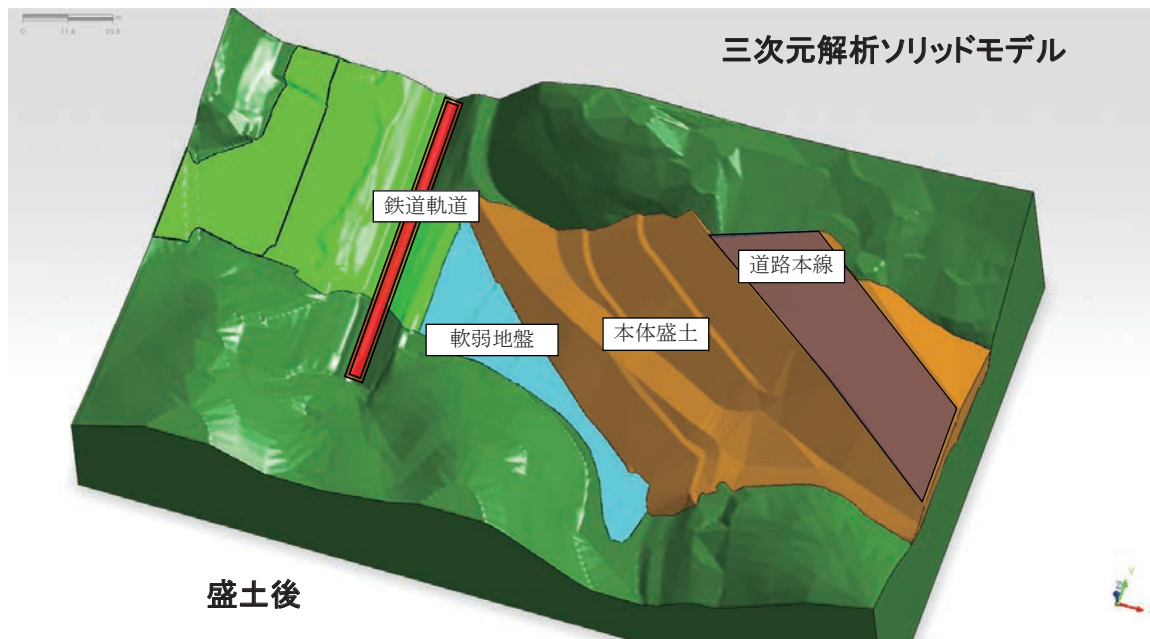
31

三次元FEM 解析モデル



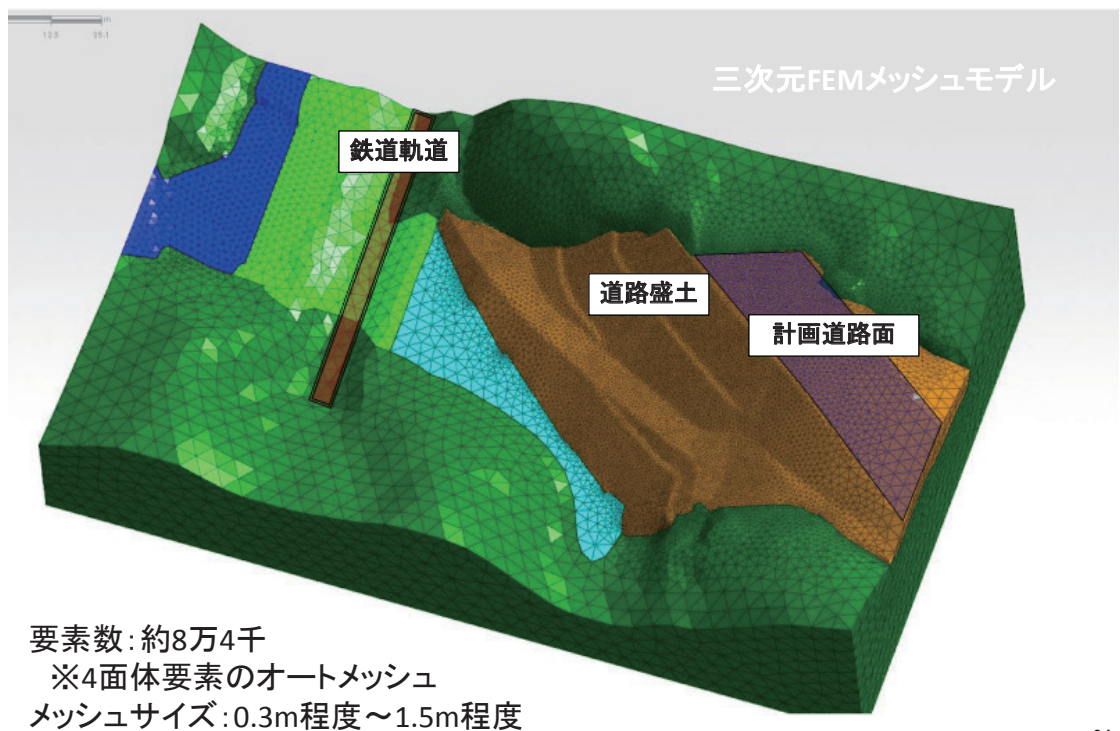
32

三次元FEM 解析モデル



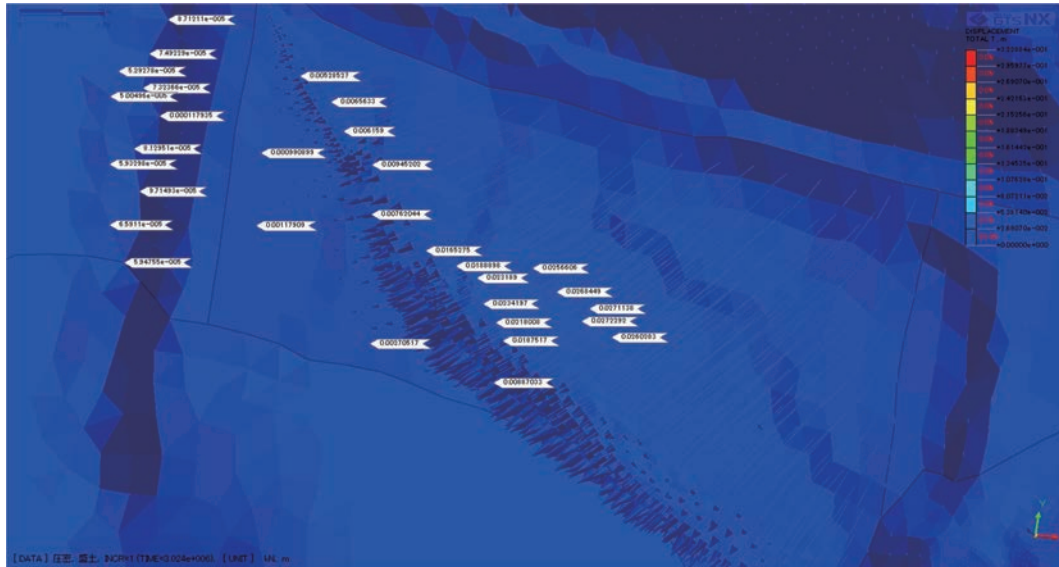
33

三次元FEM 解析モデル



34

三次元FEM 解析結果

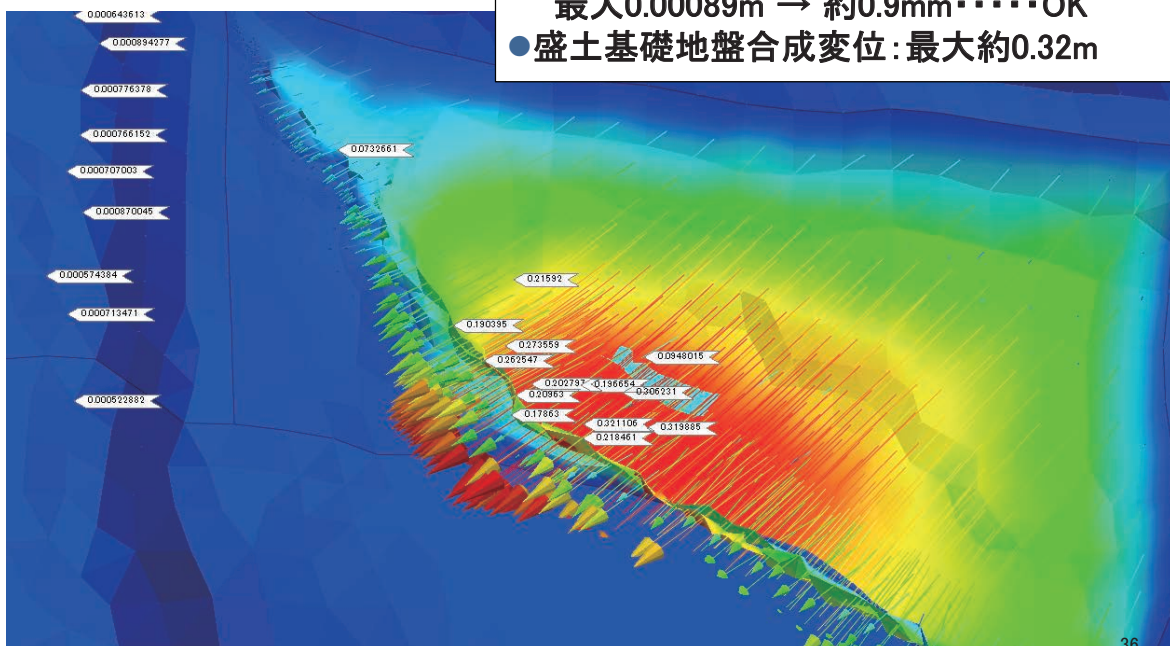


35

三次元FEM 解析結果

解析結果

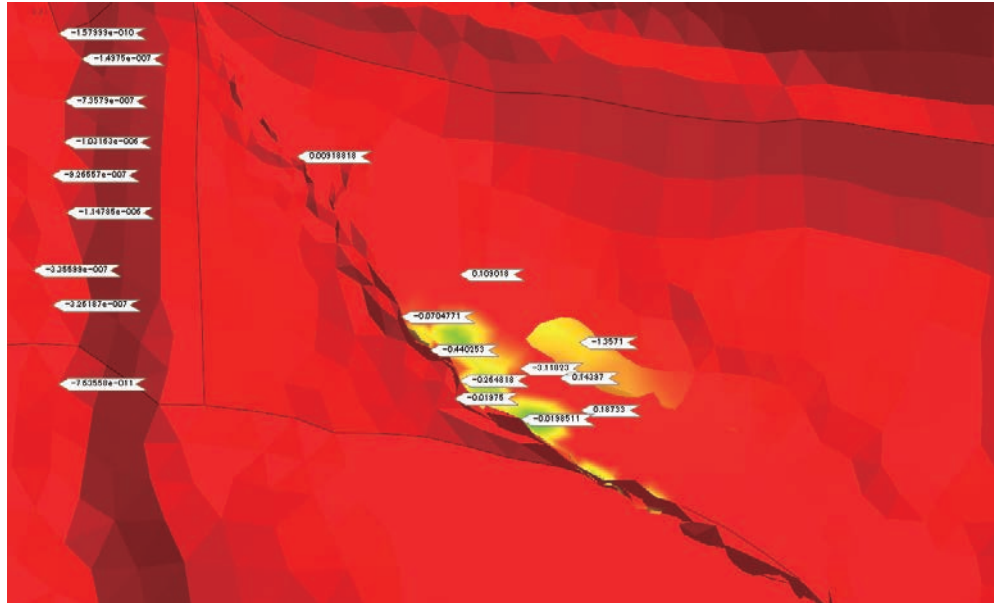
- 鉄道軌道合成変位:
最大0.00089m → 約0.9mm.....OK
- 盛土基礎地盤合成変位: 最大約0.32m



36

三次元FEM 解析結果

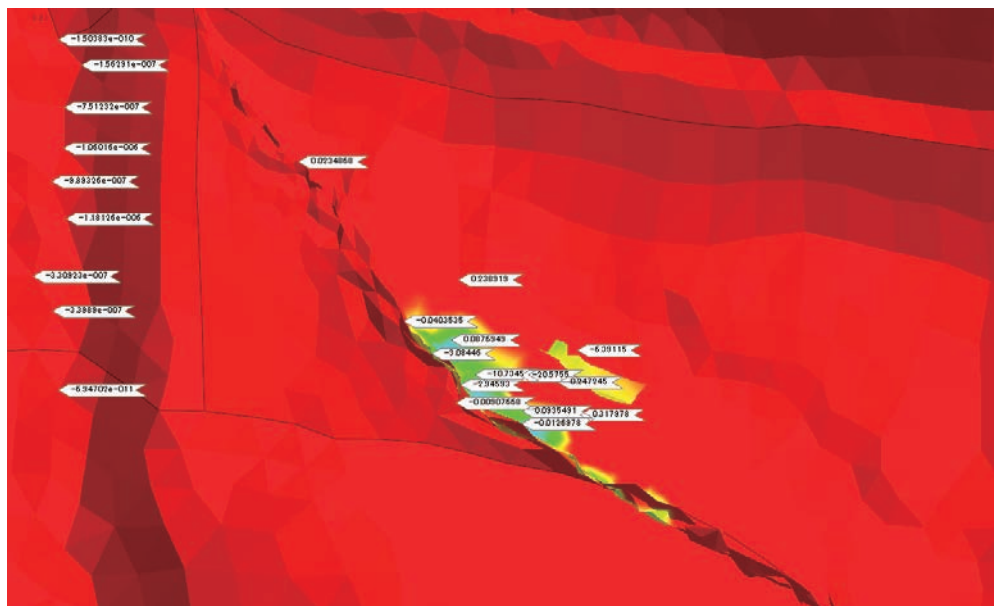
【過剰間隙水圧: 盛土施工step1】 最大値 = -1.36 kN/m^2



37

三次元FEM 解析結果

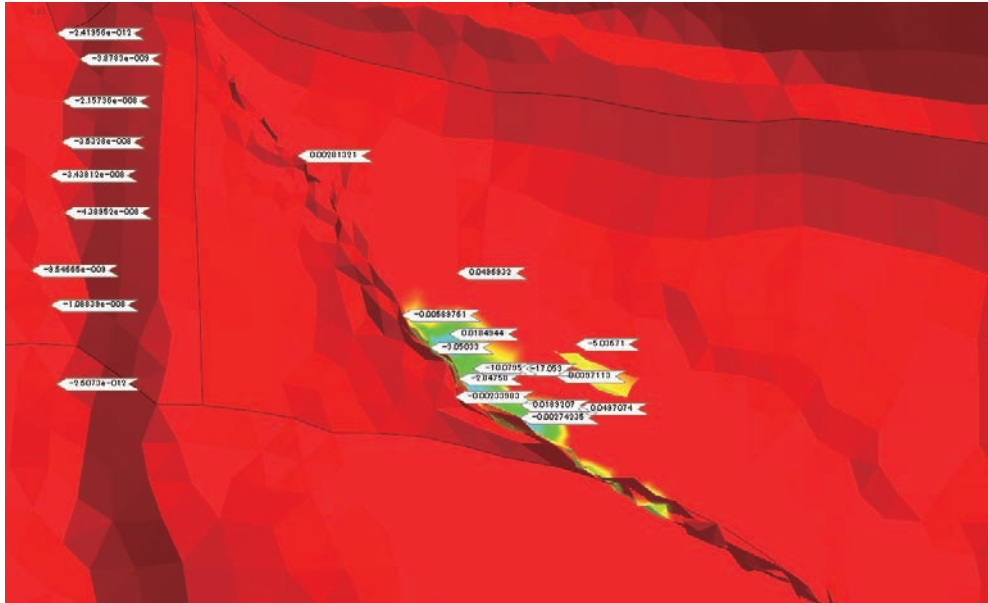
【過剰間隙水圧: 盛土施工step10】 最大値 = -6.4 kN/m^2



38

三次元FEM 解析結果

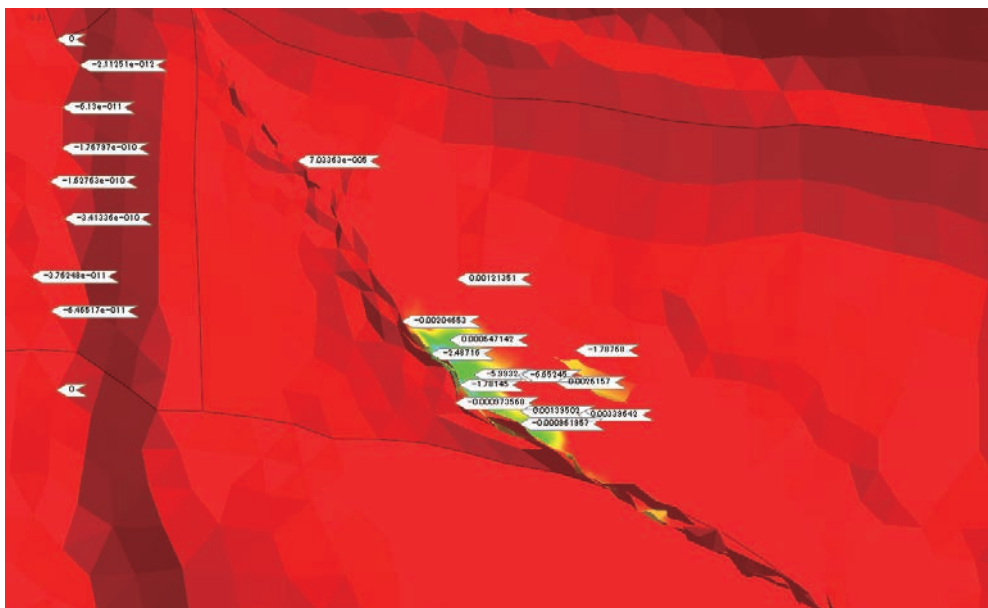
【過剰間隙水圧: 放置期間step1】 最大値 = -5.04 kN/m^2



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 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
 - 何を持って品質を担保するのか？基準が必要

42

ご清聴ありがとうございました

MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

GTS NX 実務適用事例集

4. 動解析・液状化分野

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

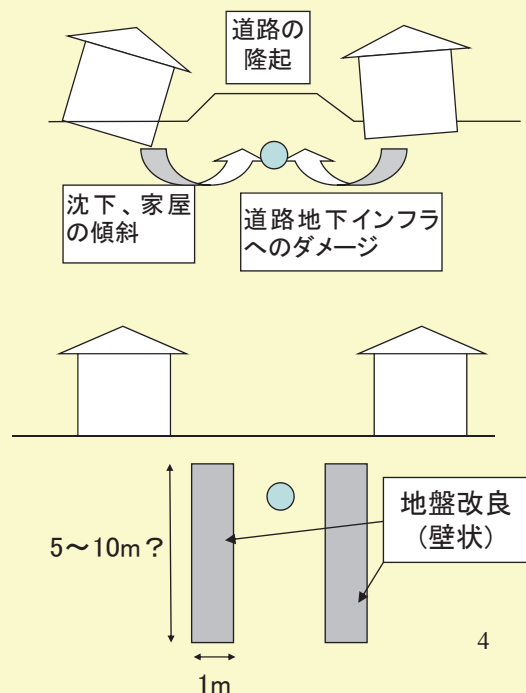
1. 液状化対策工法の開発 遠心模型実験



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。

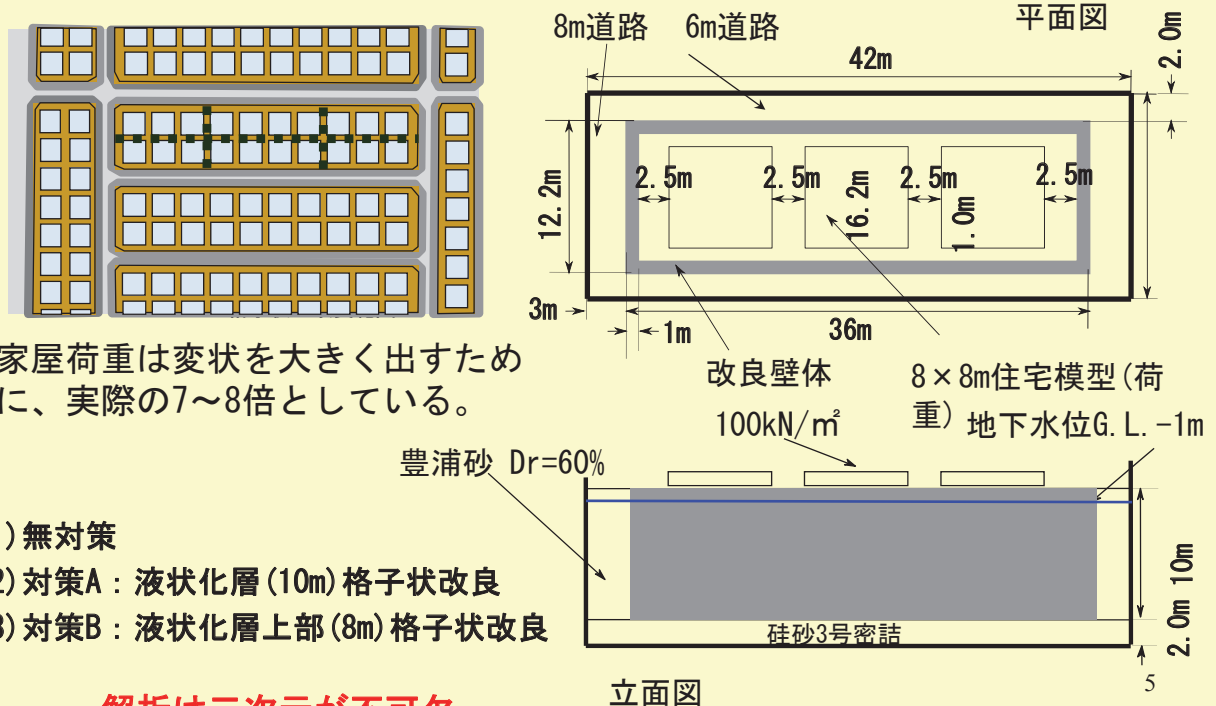


4

1. 液状化対策工法の開発 遠心模型実験



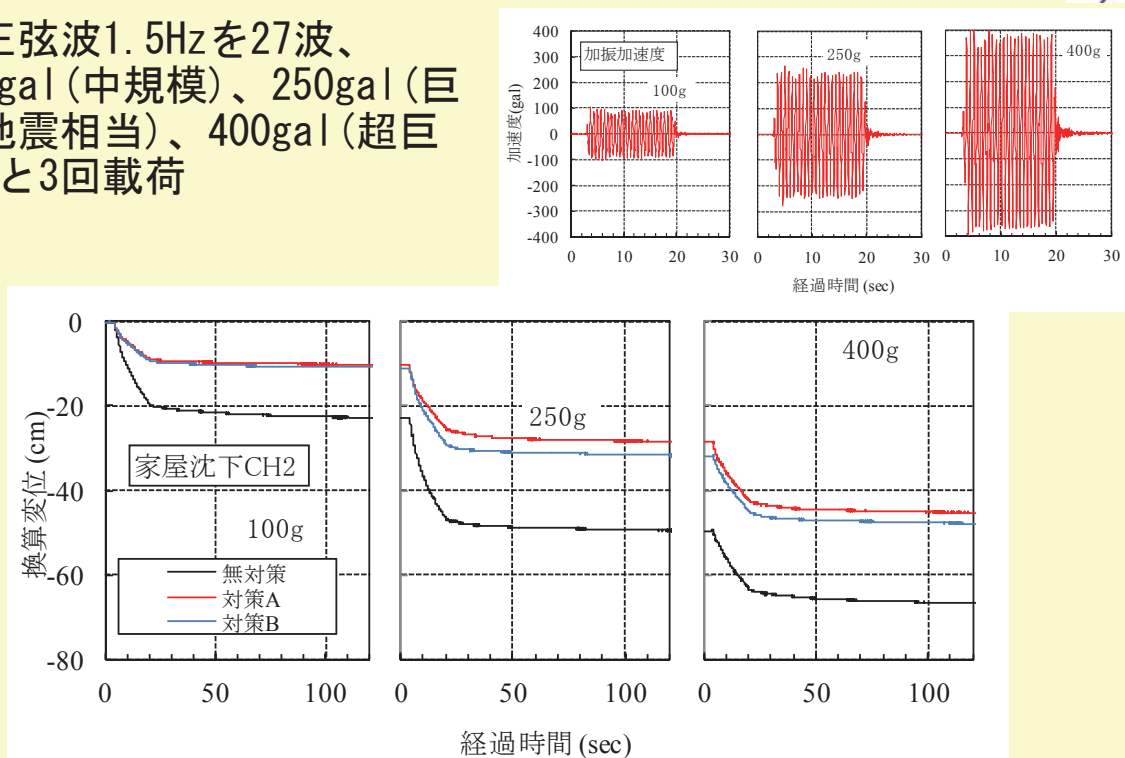
遠心加速度60G、1/60の模型で通常より大幅に格子間隔を大きくした格子状改良の対策効果を調べた。



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

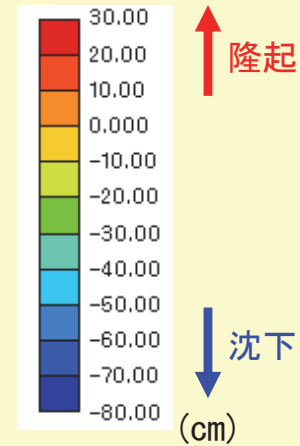
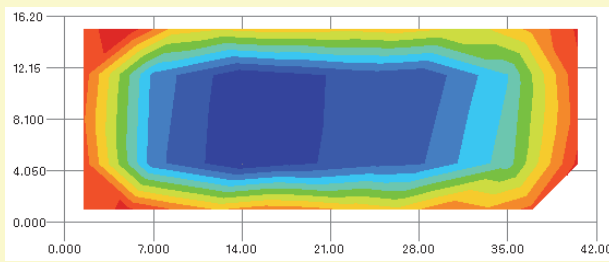


家屋(中央位置)の沈下は、半分~60%程度に抑制されている。
液状化層を全部改良しない対策Bでもほとんど同じ効果。

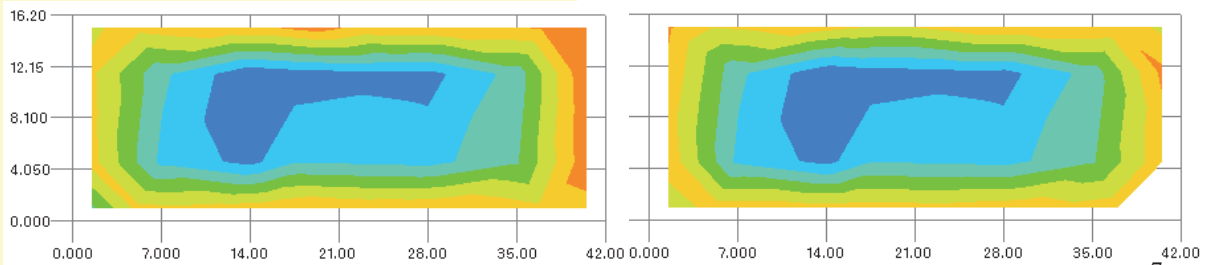


1. 液状化対策工法の開発(その2) 実験結果: 地盤隆起

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。

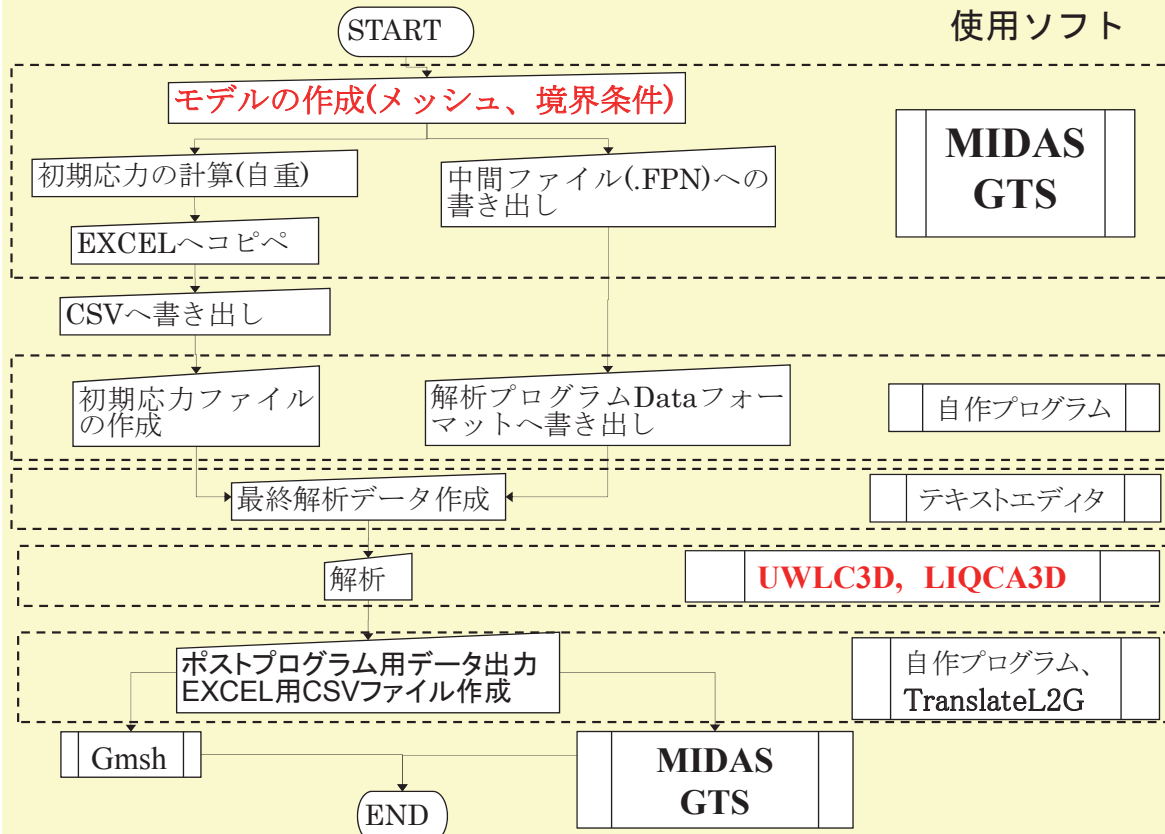


一方、対策はA,Bとも、家屋模型の沈下が小さい上に、道路部の隆起はほとんど無い。



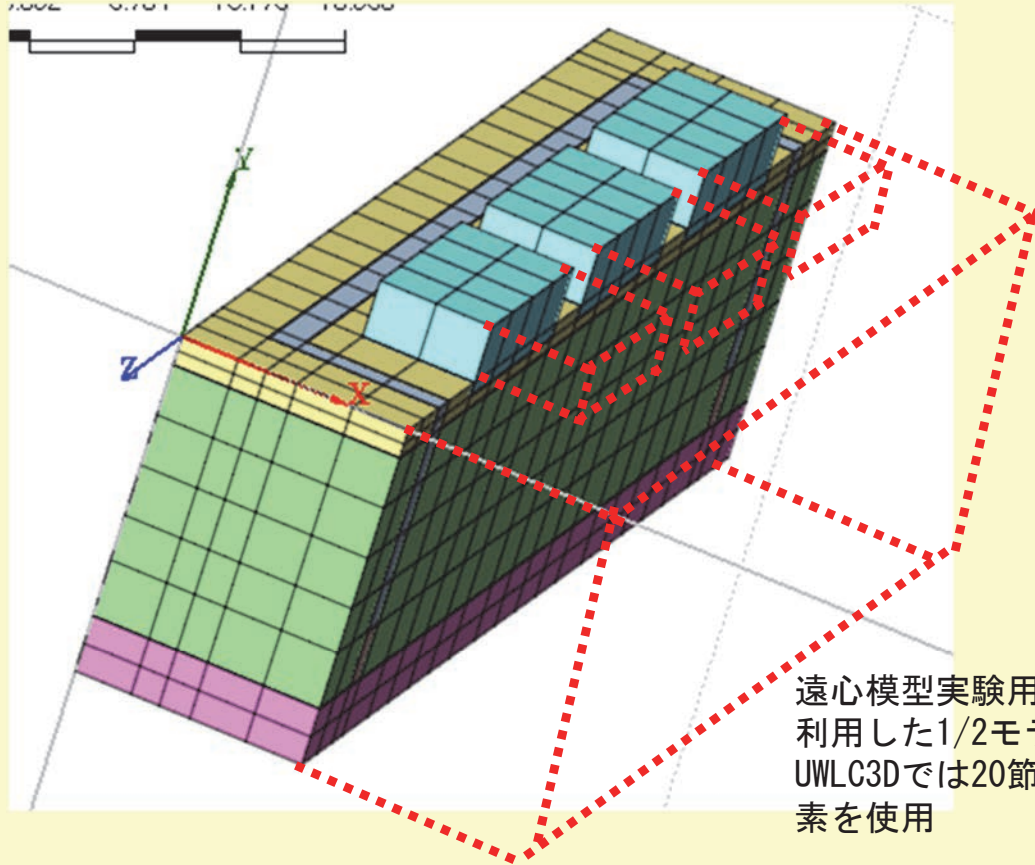
7

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。



8

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
UWLC3Dでは20節点8面体要素を使用

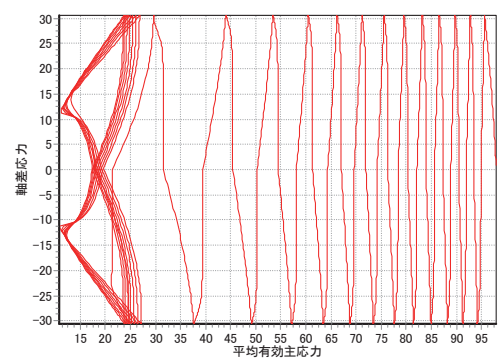
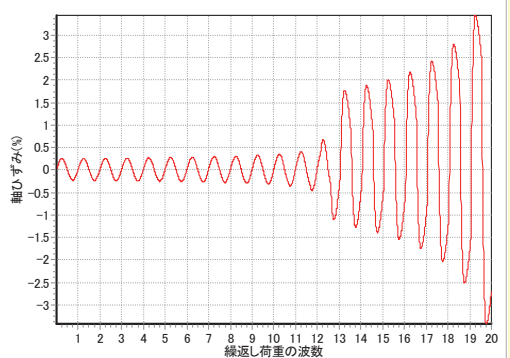
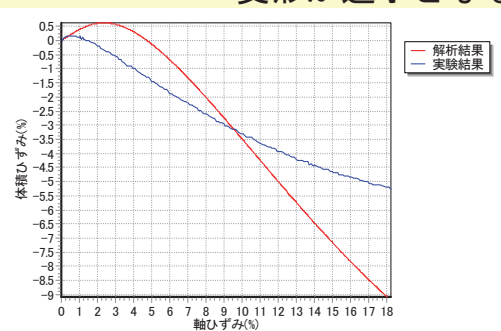
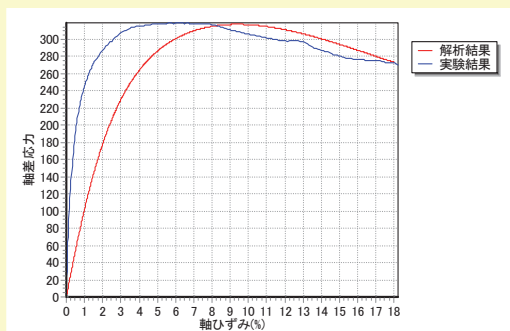
9

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

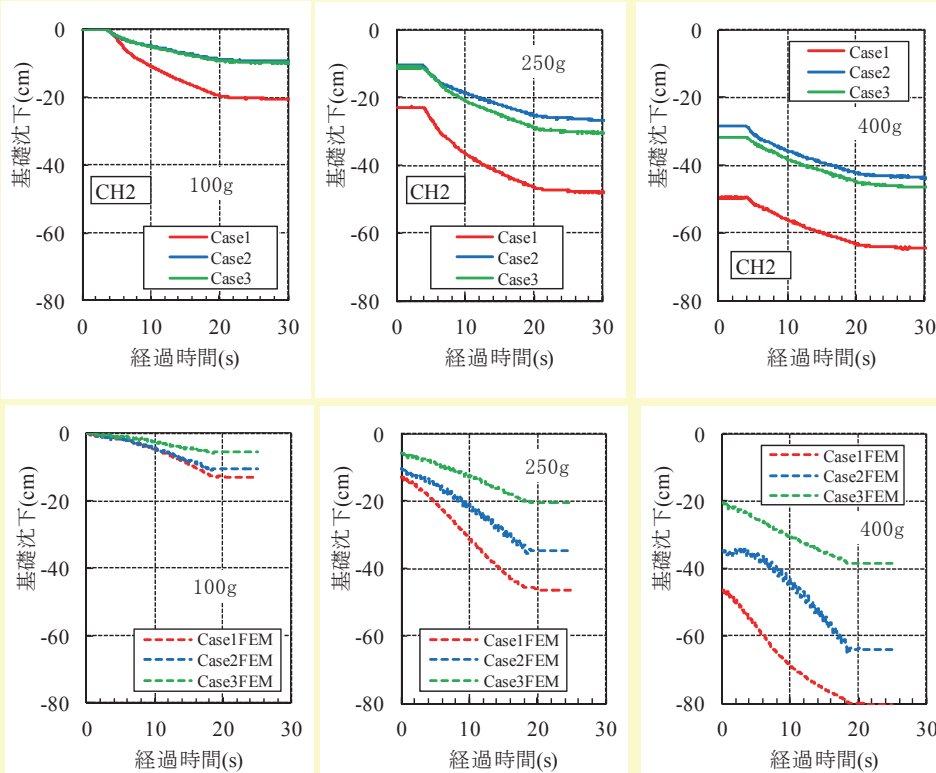


10



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

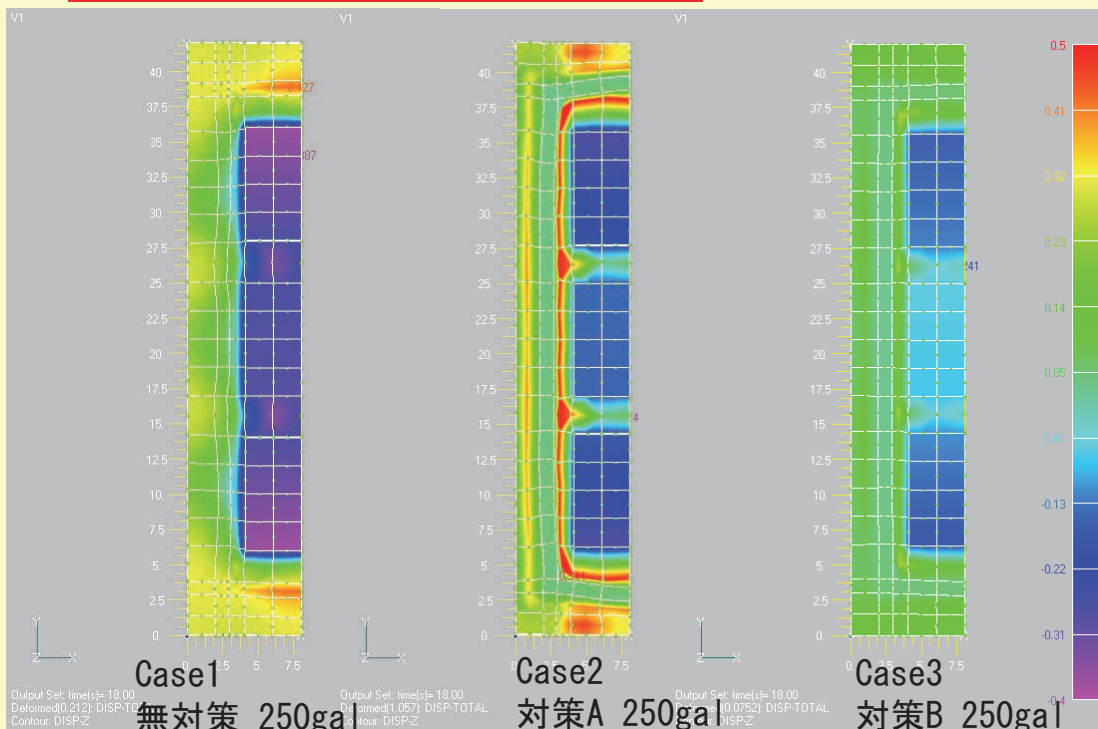
UWLC3D

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

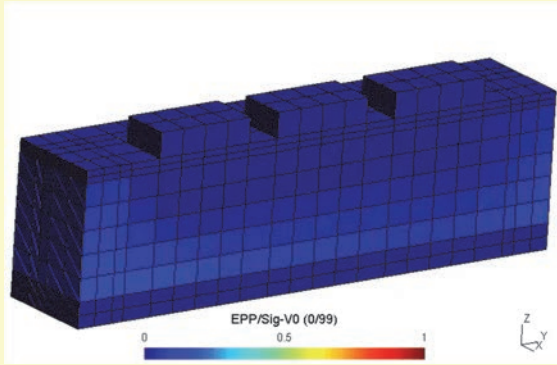


地表面変位も実験と同様、道路部の隆起がほとんど発生しない
⇒ 対策効果をうまく表現できている

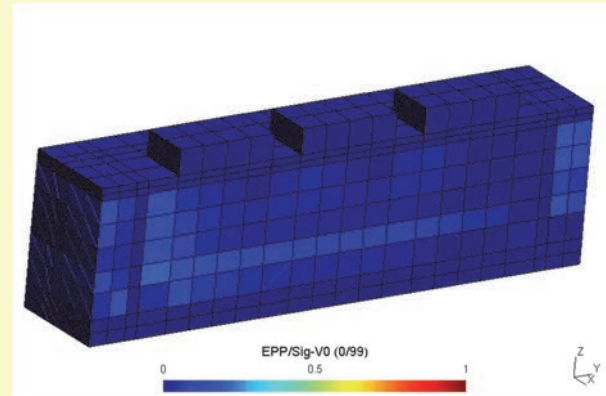


12

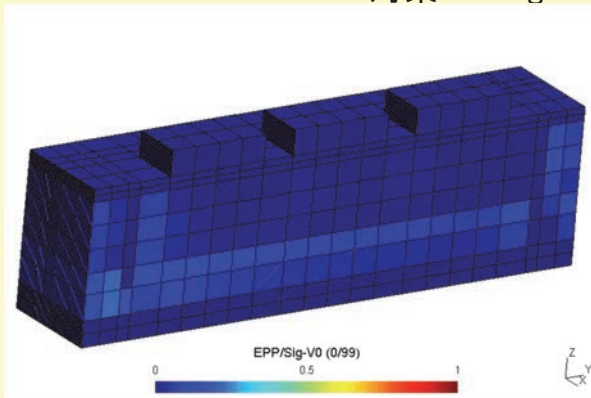
3. 解析結果 (遠心模型実験) UWLC3Dアニメ (Gmsh)



Case1
無対策 250gal



Case3
対策B 250gal



Case2
対策A 250gal

13

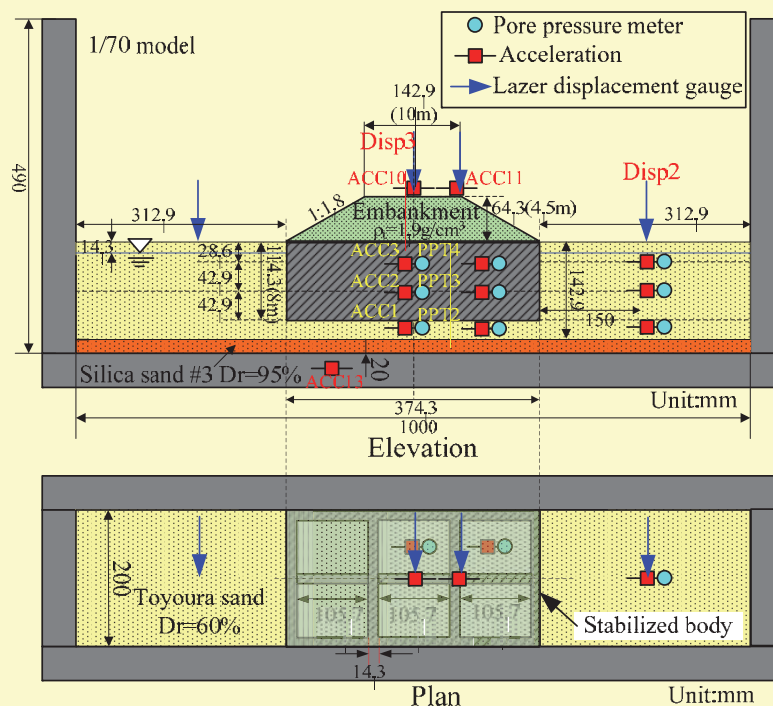
3. 解析結果 (遠心模型実験盛土)



70G (1/70) 加振 2Hz正弦波350gal30波

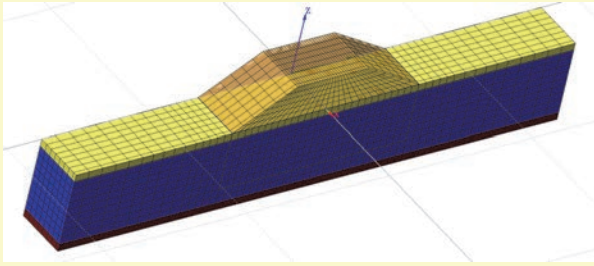
Case1 無対策

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

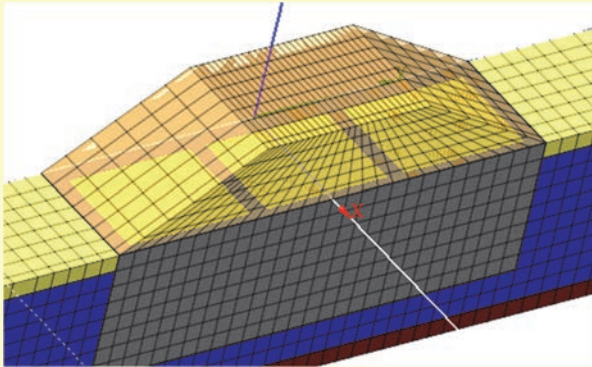


14

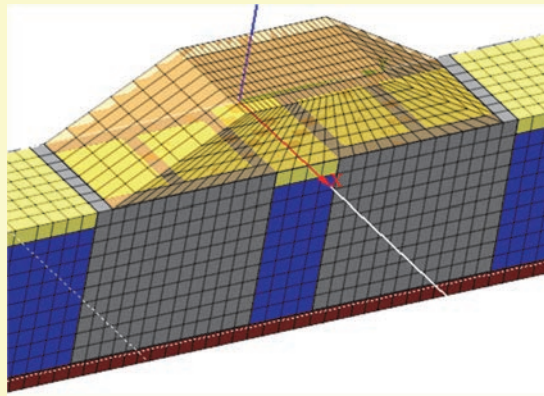
3. 解析結果 (遠心模型実験盛土) LIQCA3D



CaseA-1
無対策



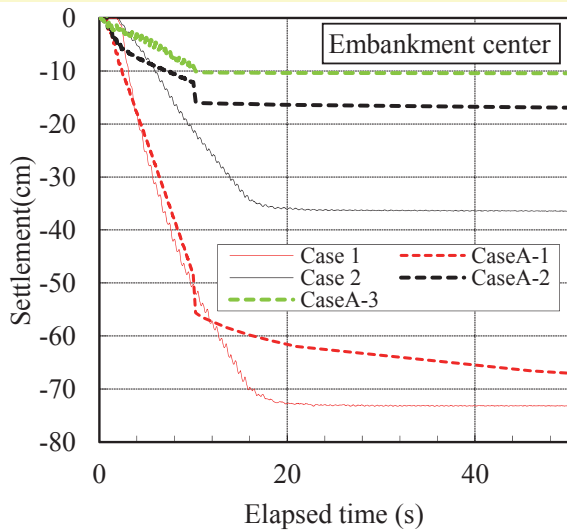
CaseA-2
CGI $a_p=33\%$ 、非着底



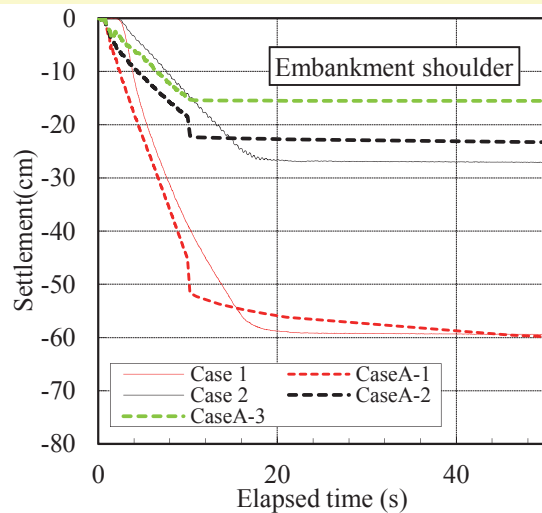
CaseA-3
TOFT $a_p=38\%$ 、着底
改良数量はCGIの約60%増

15

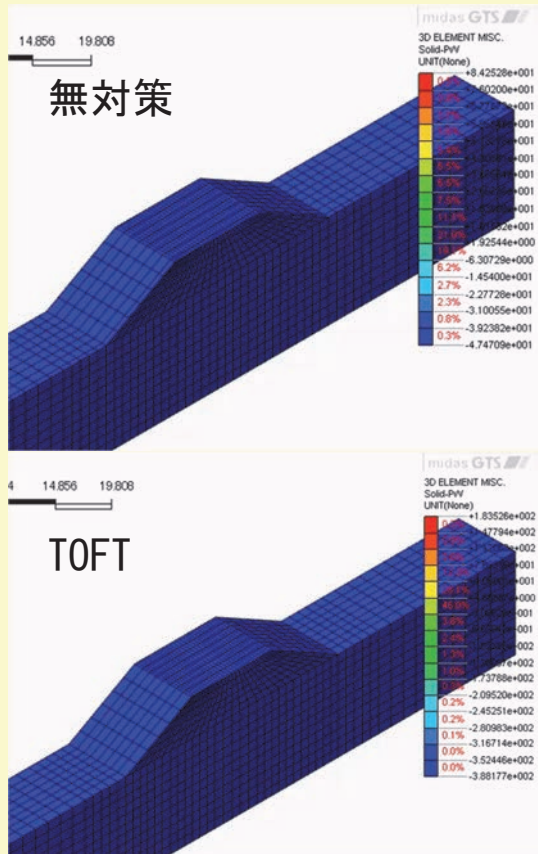
3. 解析結果 (遠心模型実験盛土) LIQCA3D



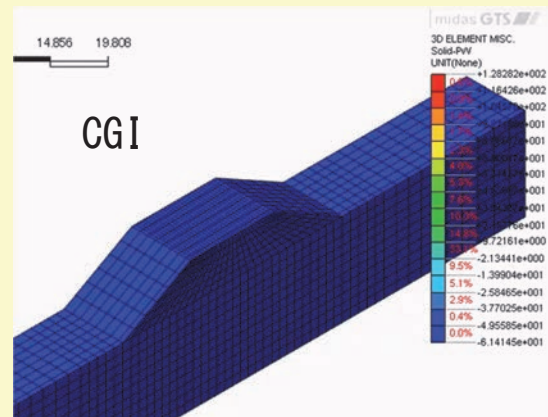
- ・ 無対策は比較的良く合っている
- ・ 対策における変形抑制効果は、やや効果がありすぎ(危険側)だが、法肩沈下は比較的一致度が高い
- ・ CGIはTOFTの63%の改良数量かつ非着底の割には変形抑制効果が高い



3. 解析結果(遠心模型実験盛土) LIQCA3D

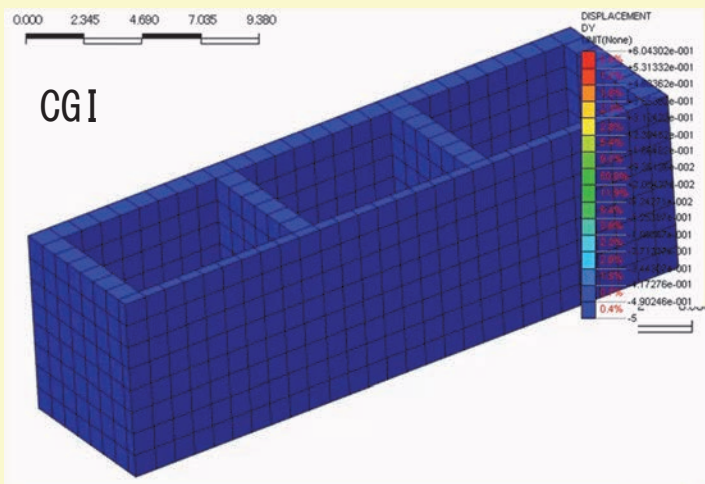


GTSによるアニメーション



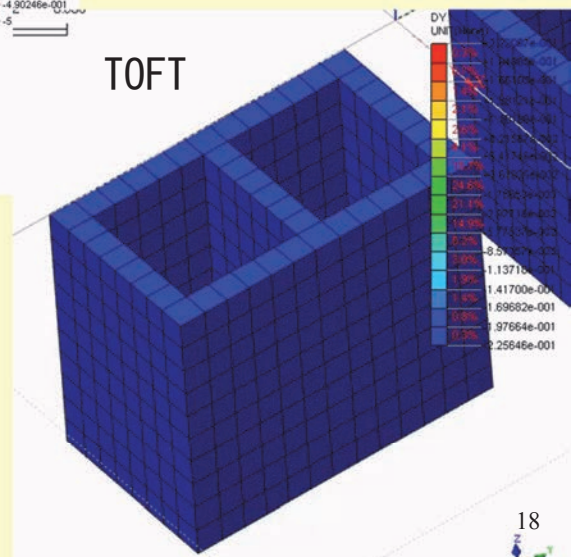
17

3. 解析結果(遠心模型実験盛土) LIQCA3D



改良体の変形状況を見ると、
3DFEMでなければ、シミュレーションはほぼ不可能

TOFT



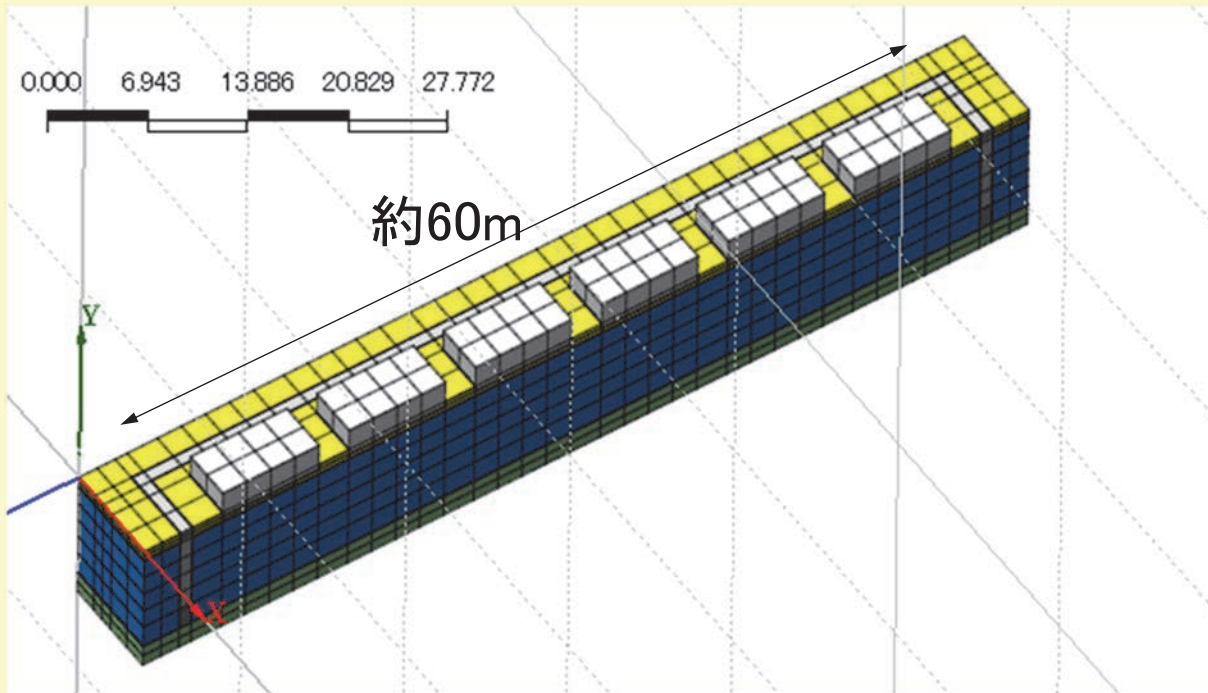
GTSによるアニメーション

18

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

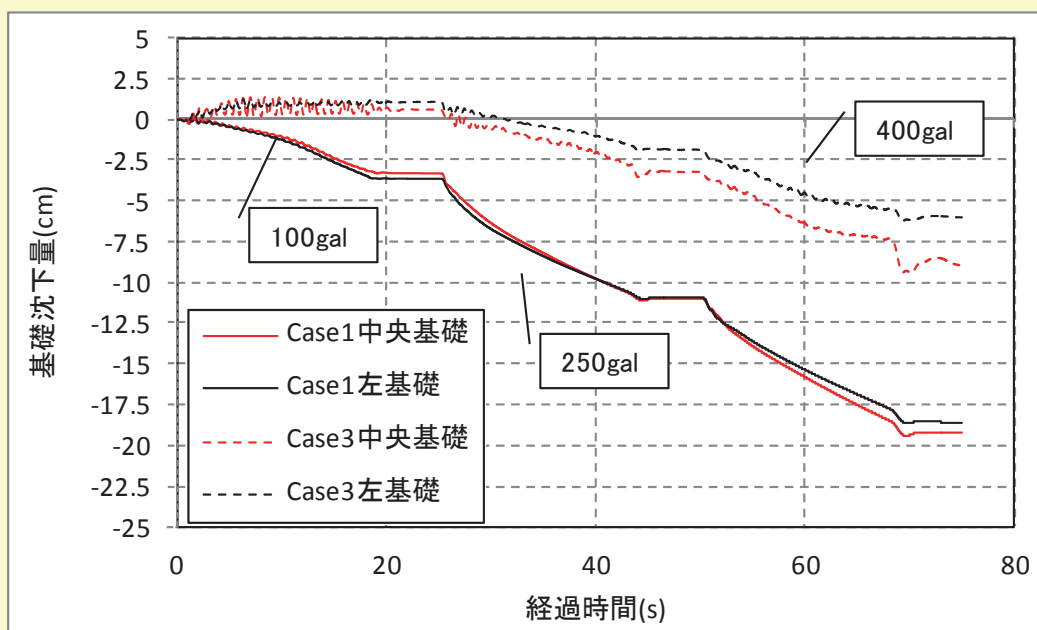
4. 設計例(シミュレーション) UWLC3D



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^2)。

格子間隔がかなり大きくても、沈下に効果あり！



Case1
無対策

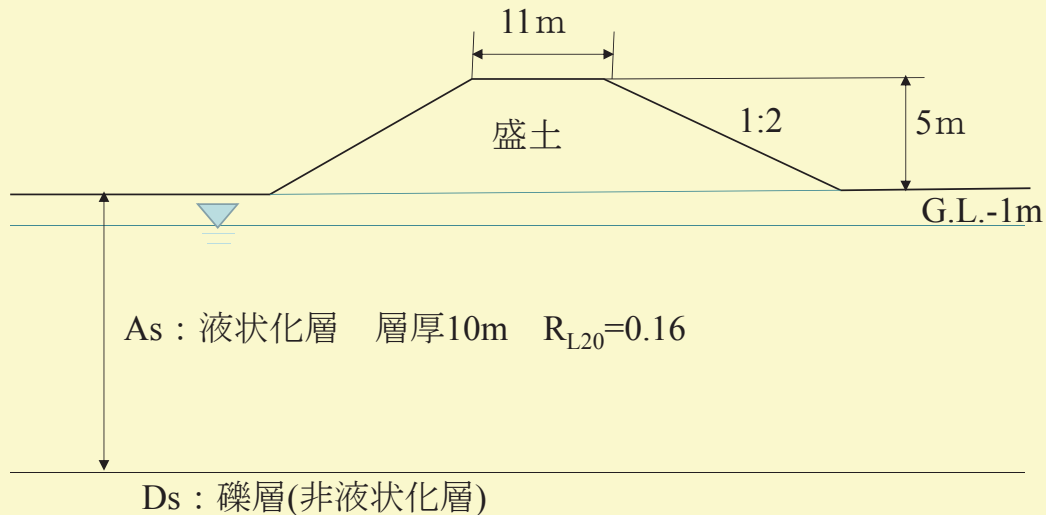
Case3
対策B

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

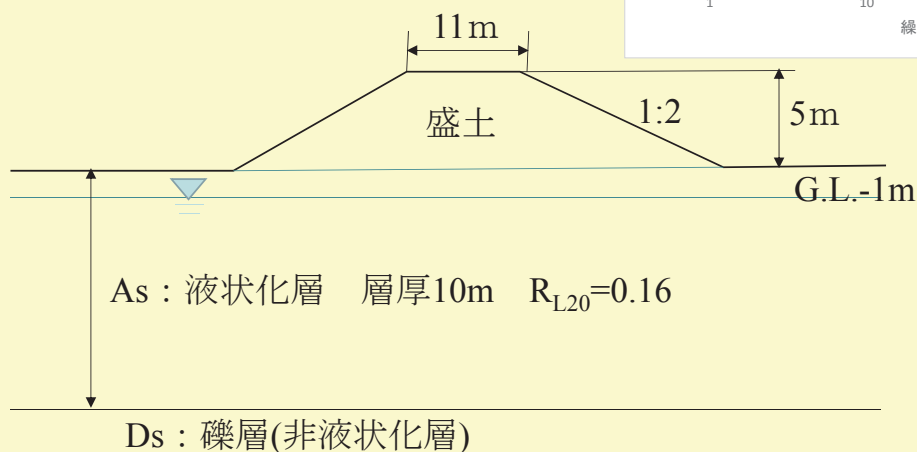
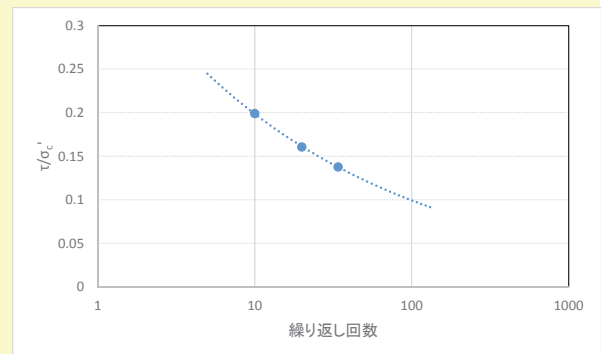


21

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



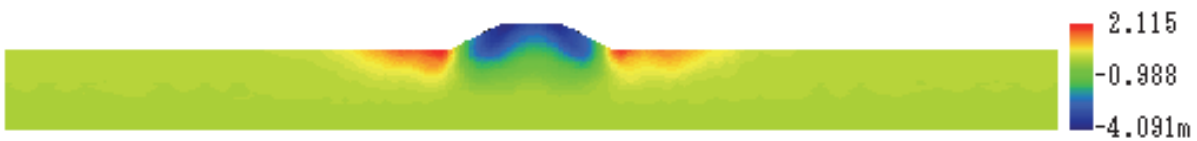
22

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



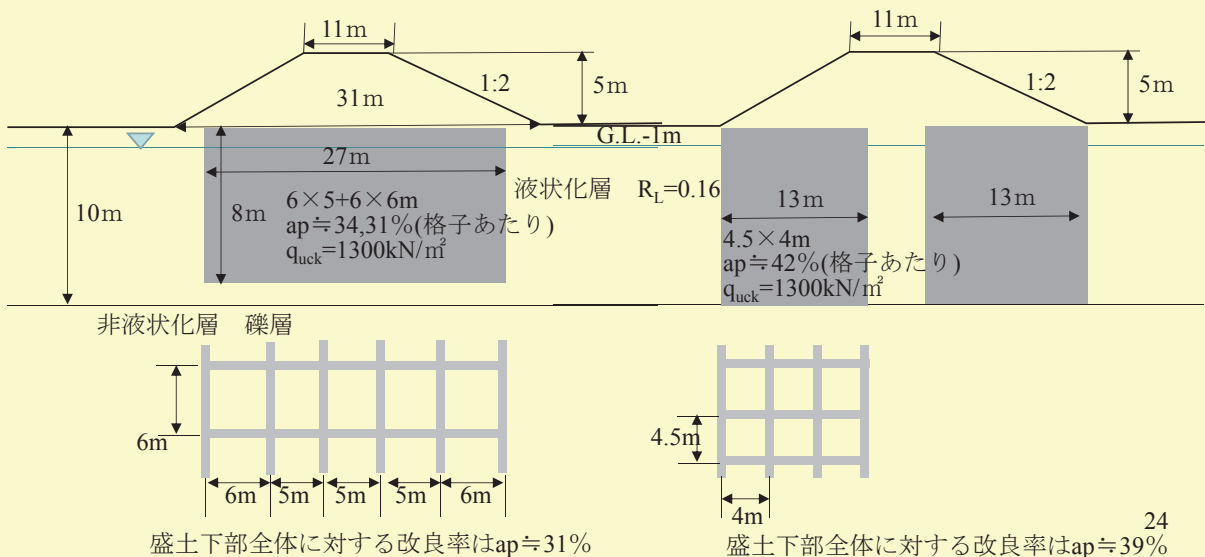
固化系で2種類の対策工法を検討

(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

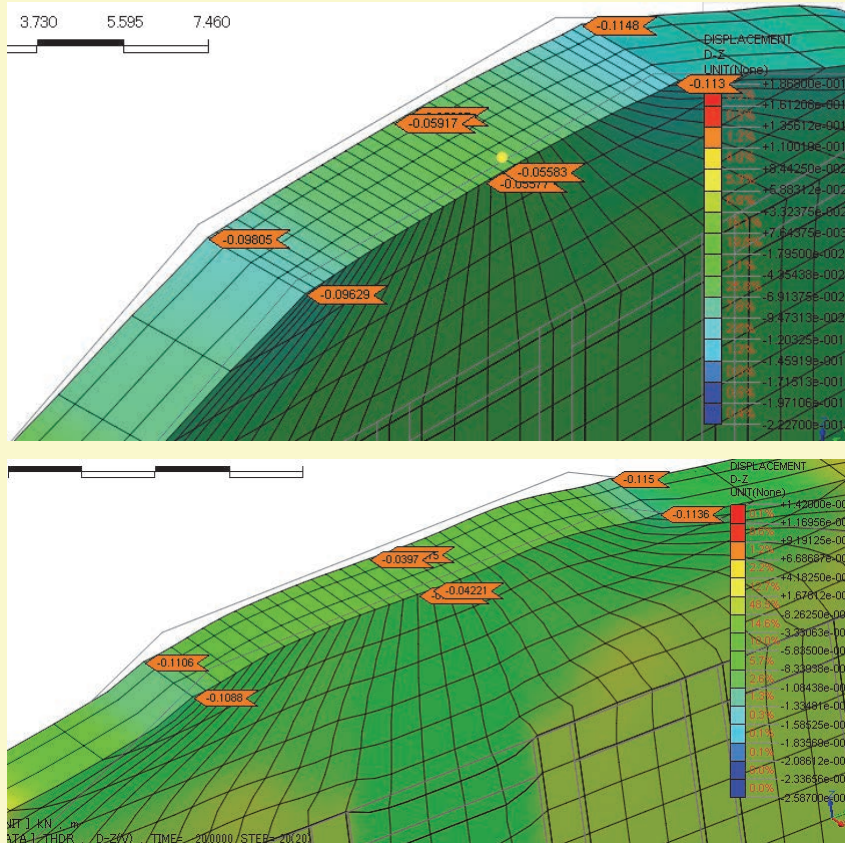
(2) TOFT工法

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

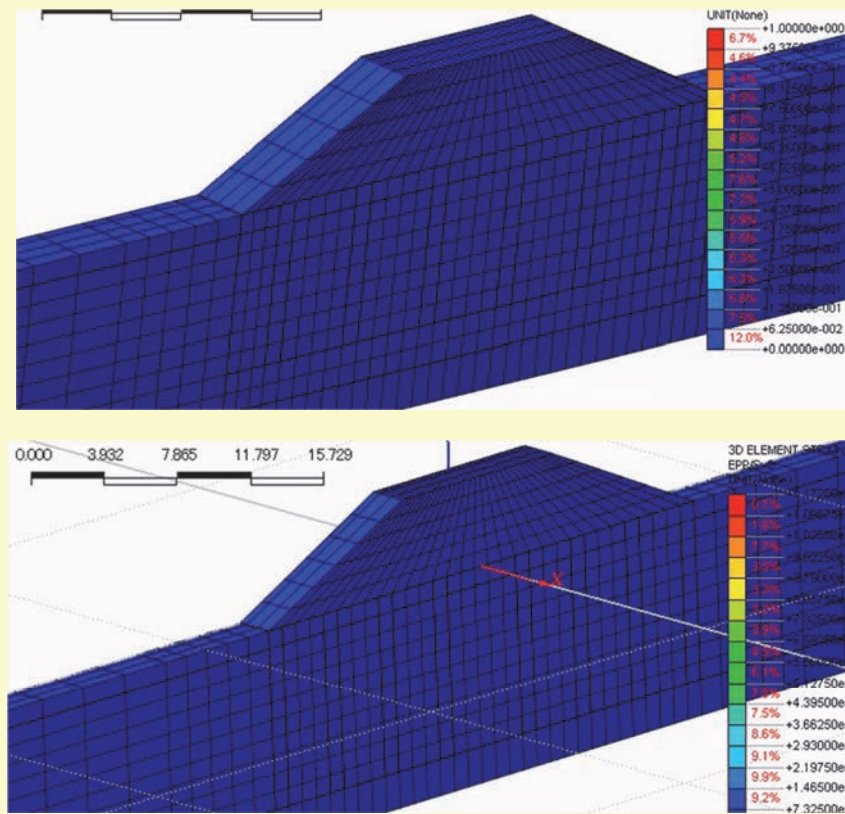
中央沈下約4cm

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



ご清聴ありがとうございました。

MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

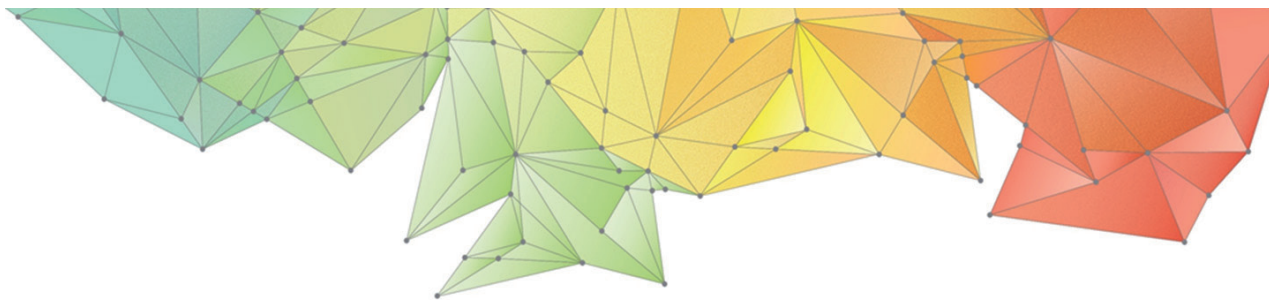
GTS NX 実務適用事例集

5. 動解析・液状化分野

GTS NXを活用した爆発解析

株式会社 マイダスアイティジャパン





GTS NXを活用した爆発解析

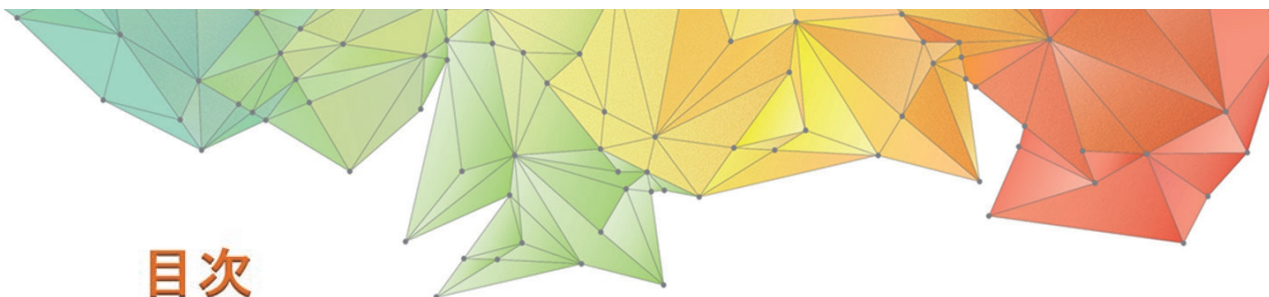
地盤-RC建屋一体モデル

MIDAS IT Japan TSS事業パート
田 長雄



Integrated Solver Optimized for the next generation 64-bit platform
Finite Element Solutions for Geotechnical Engineering

1 **MIDAS**



目次

Part 1 爆発解析とは？

Part 2 爆発解析事例

Part 3 事例の適用効果と検証

2 **MIDAS**

Part 1 爆発解析とは？

爆発は何らかの化学的または物理的な原因で、気体が急速的に膨張することを指す。



石油精製プラント、可燃性ガス製造・貯蔵施設
製粉工場、火薬類製造・貯蔵施設

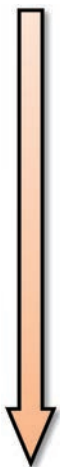
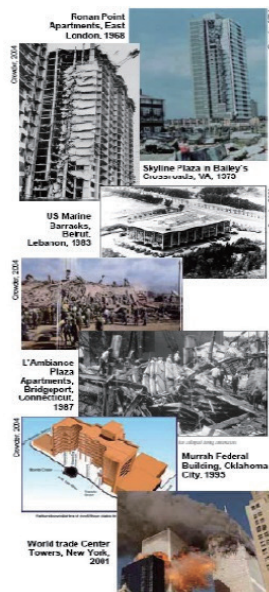
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

3

Part 1 爆発解析とは？

爆発荷重の作用の下、抵抗の弱い建物が崩壊する

爆発荷重の作用に対して壊れない性能

Figure 1.1
Murray Building, Oklahoma CityFig. Duhaim, Saudi Arabia,
Not CollapseFigure 7.8
Kansallis House, City of London

「耐爆」設計のため、爆発解析を行う。

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

4

Part 1 爆発解析とは？

耐爆設計の現状と今後の趨勢

日本の従来の耐爆設計方法：

RC壁を等価な1質点系構造物に置換
爆発荷重を等価静荷重に置換

曲げ耐力照査

その他：実験方法、エネルギー耐爆設計法

アメリカの耐爆設計方法の進化

等価静荷重を利用する従来の静的設計方法



動的特性と構造物の靱性を考慮する簡略な動的設計方法



特性づける爆発荷重と非線形の多自由度系での動的分析方法

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

5

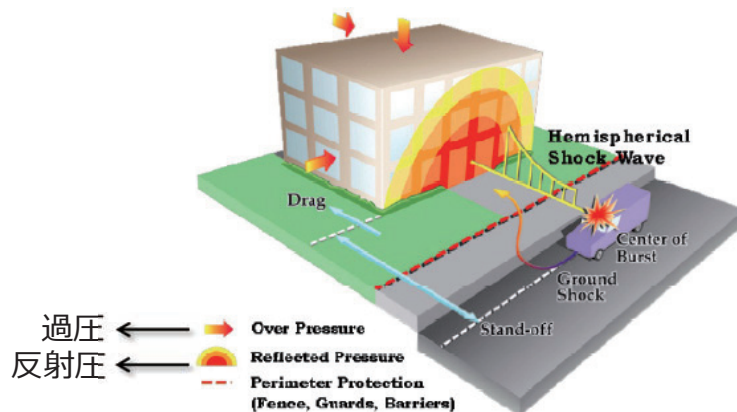
Part 2 爆発解析事例

日揮株式会社様と共同に行ったプロジェクトの耐爆分析方法

爆発荷重：ASCE 7(アメリカ建築基準) - 時間依存の圧力荷重

構造物：ACI-318(アメリカRC造基準) - 非線形特性+3Dモデル

更に：地盤を考慮 - 線形3Dソリッド



プラントのRC建屋



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

6

Part 2 爆発解析事例

解析方法のフローチャート



7

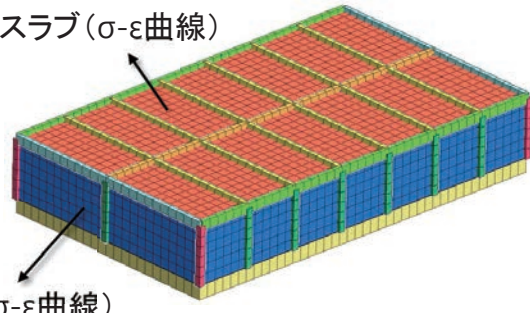
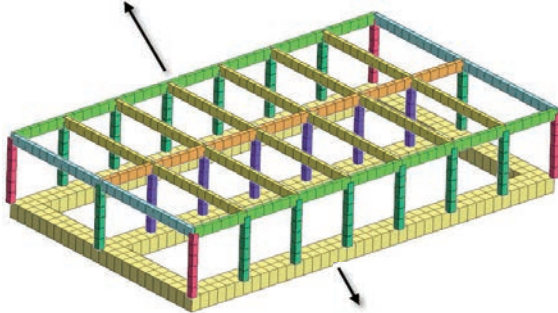
Part 2 爆発解析事例

RC建屋のモデル



梁・柱 (M-φ関係、P-M相関関係)

スラブ (σ-ε曲線)



ベタ基礎

FRAME要素

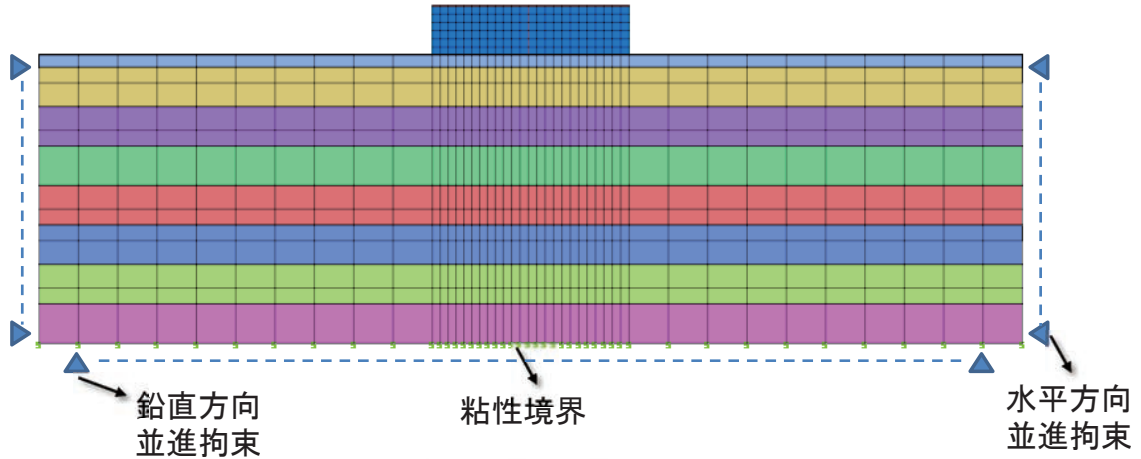
+

SHELL要素

8

Part 2 爆発解析事例

境界条件の設定 - 地盤と建物を一体としたモデル

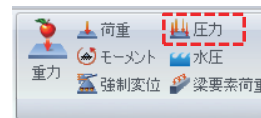


MIDAS Information Technology Co., Ltd.

9

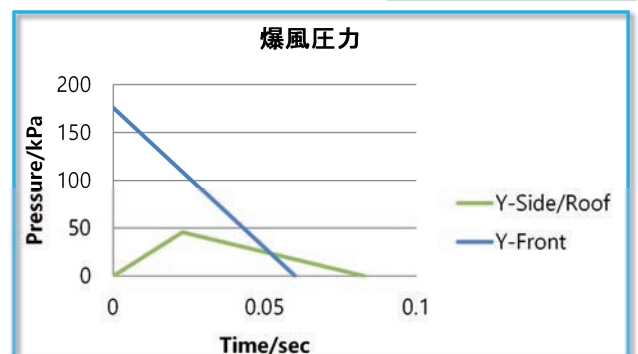
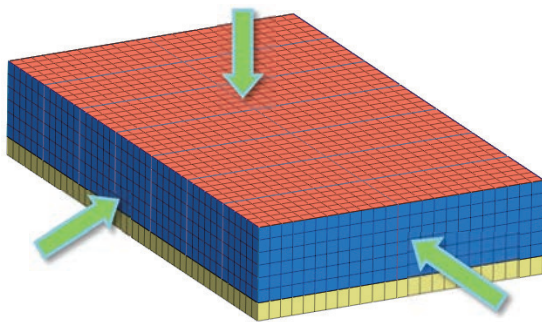
Part 2 爆発解析事例

爆発荷重の定義 (ASCE 7)



大きさ
☒ 均一
 関数依存 なし

P or P1	1200	N/m ²
P2	0	N/m ²
P3	0	N/m ²
P4	0	N/m ²



PA: 側面と屋上の圧力

PR: 正面の圧力

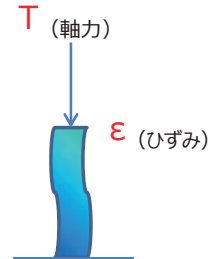
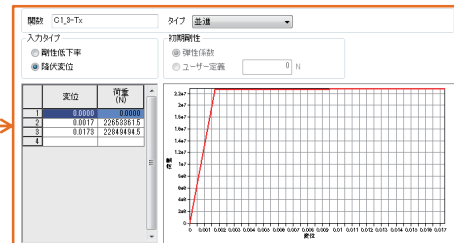
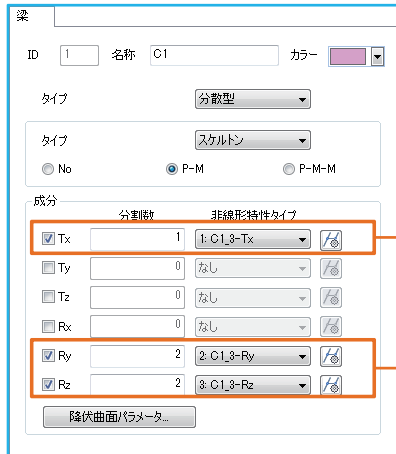
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

10

Part 2 爆発解析事例

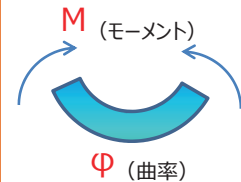
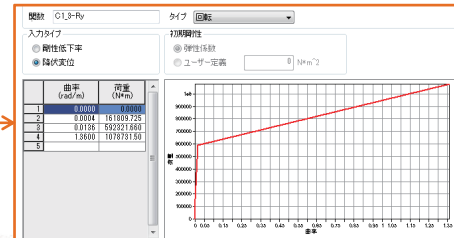
柱の非線形特性 (ACI-318)

軸力-ひずみ曲線 バイリニア

1、コンクリートと鉄筋降伏 ; 2、 ∞ 

M-φ曲線 トリニア

1、ひび割れ ; 2、引張鉄筋降伏 ; 3、極限強度



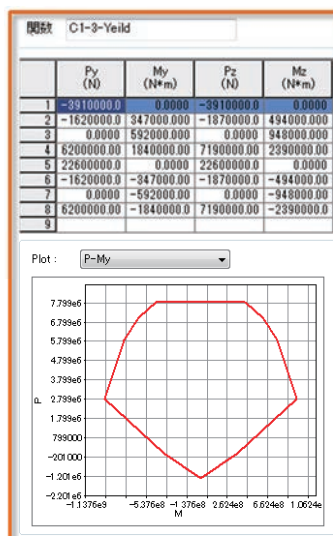
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

11

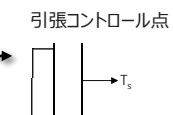
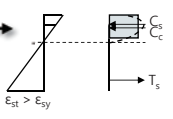
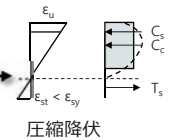
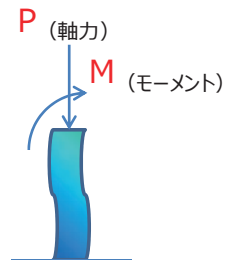
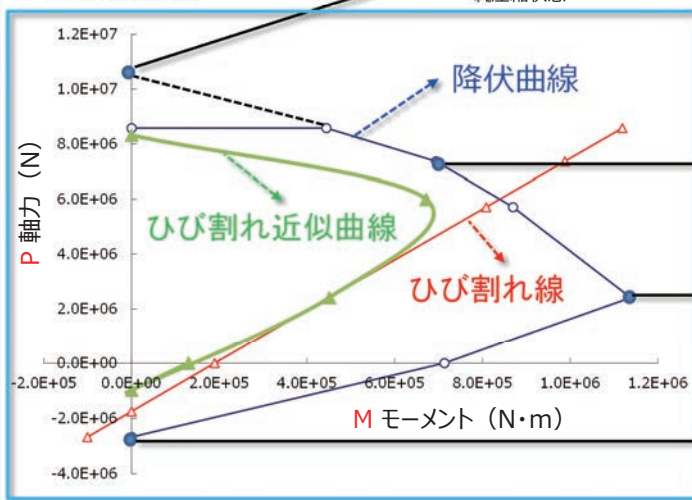
Part 2 爆発解析事例

柱の非線形特性 (ACI-318/midas Civil used)

曲げモーメントと軸力が同時に作用する柱の曲げ強度は軸力より変わる



P-M-φ曲線



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

12

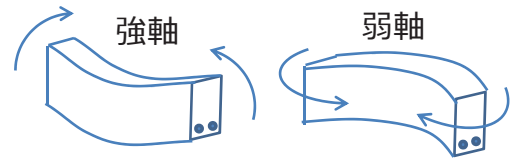
CHANGE is CHANCE

GTS NX

Part 2 爆発解析事例

梁の非線形特性 (ACI-318)

梁は曲げ成分だけ非線形特性を割り当てる



M-φ曲線 トリリニア

梁

ID: 6 名称: RG1 カラー: [選択]

タイプ: 分散型

タイプ: スケルトン

成分: No P-M P-M-M

成分 分割数 非線形特性タイプ

☐ Tx 0 なし

☐ Ty 0 なし

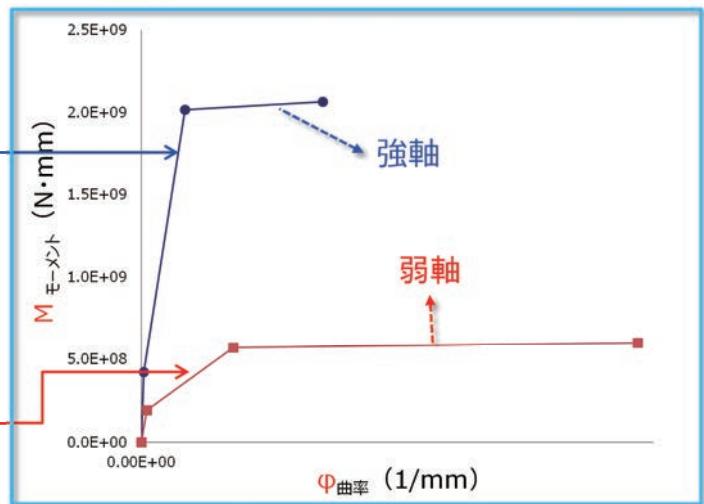
☐ Tz 0 なし

☐ Rx 0 なし

☒ Ry 2 8. RG1-Str

☒ Rz 2 9. RG1-Wea

降伏曲面/パラメータ...



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

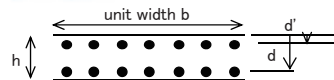
13

CHANGE is CHANCE

GTS NX

Part 2 爆発解析事例

スラブと壁の非線形特性 (ACI-318)

単位長さ幅の梁としてM-φを計算し
等価降伏応力・ひずみを計算する

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{6M}{bh^2}$$

$$\varepsilon = \frac{\phi h}{2}$$

σ-ε曲線

モデルタイプ: von Mises [] 構造 []

一般 非線形 時間依存性

完全塑性

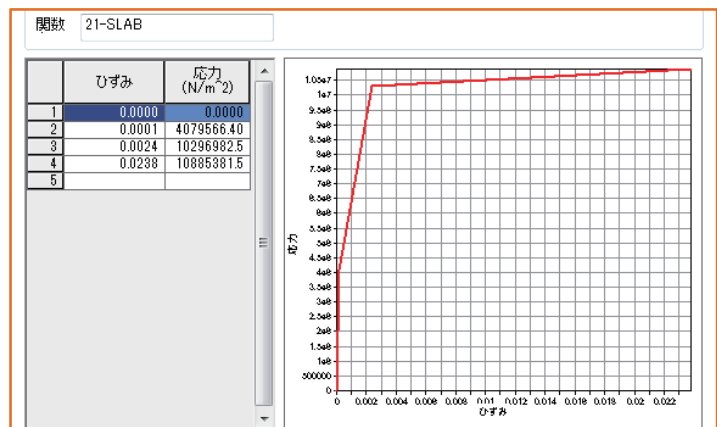
降伏応力: 1.96133e+011 N/m²

硬化関数: なし

応力-ひずみ関係: 21-SLAB

硬化則: 運動力学

硬化関数組合せ (0~1): 0



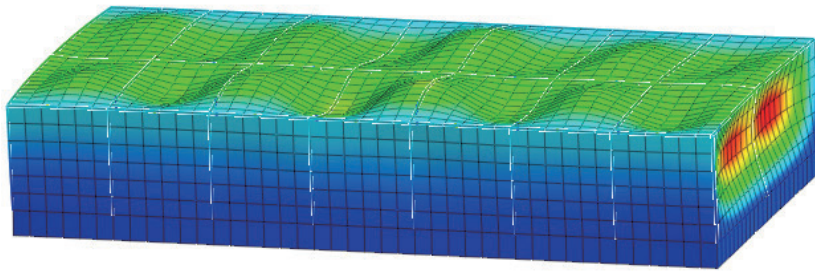
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

14

Part 2 爆発解析事例

減衰の設定

固有周期の減衰定数（剛性比例型）を設定する。
固有周期は構造物の固有値解析で求める。



材料別のレーリー減衰

- 固有周波数 : 11.92Hz
- 構造物 : 減衰定数0.03
- 地盤 : 減衰定数0.05

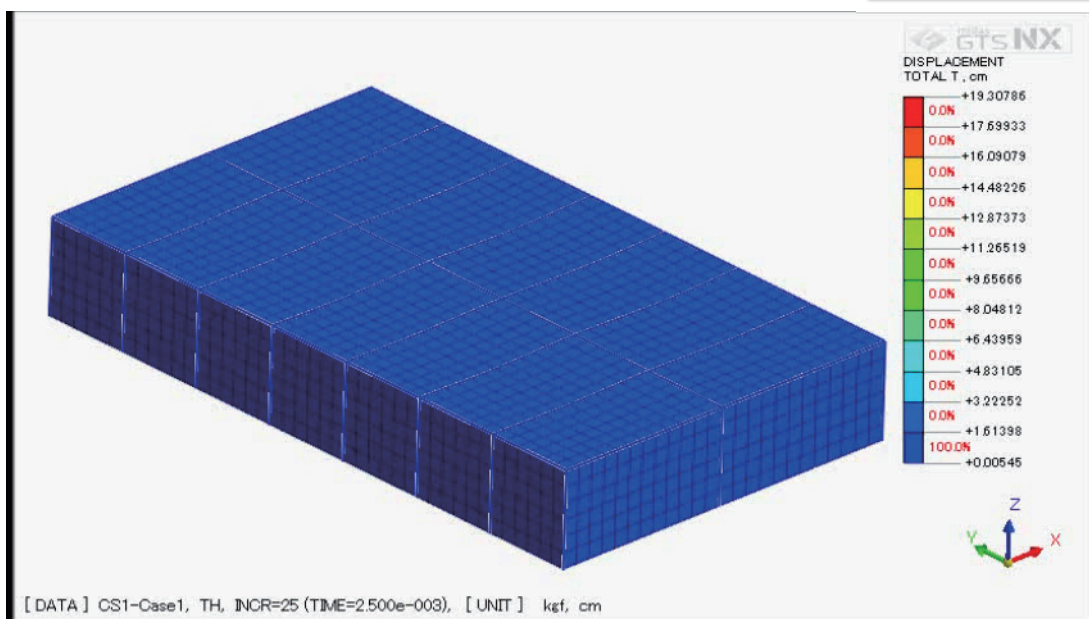
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

15

Part 2 爆発解析事例

結果アニメーション

スケール : 10倍



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

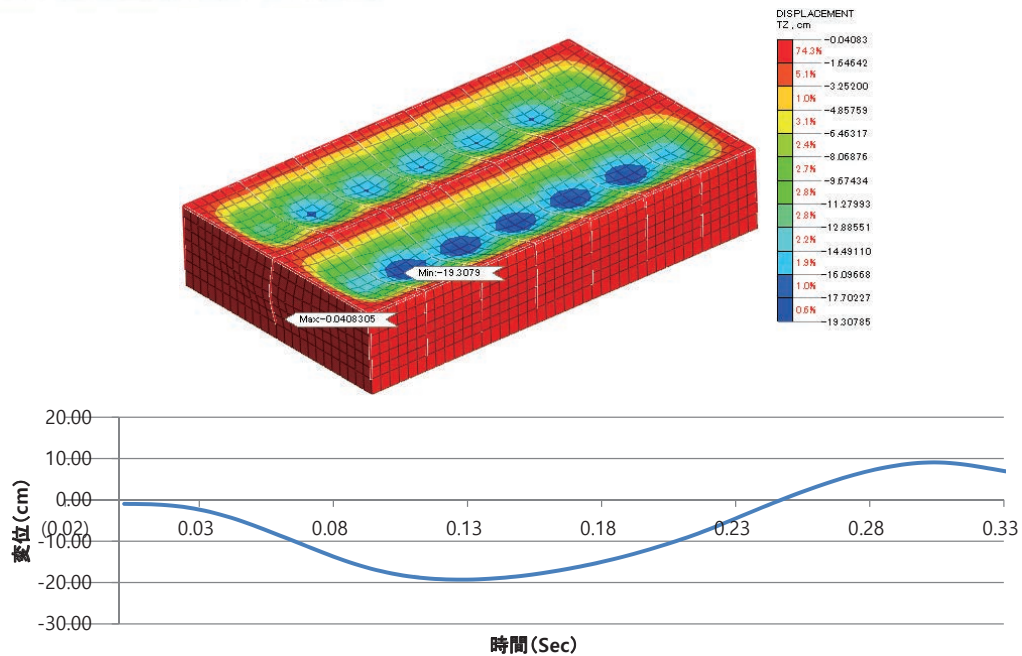
16

CHANGE is CHANCE

GTS NX

Part 2 爆発解析事例

最大変位結果 Z方向



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

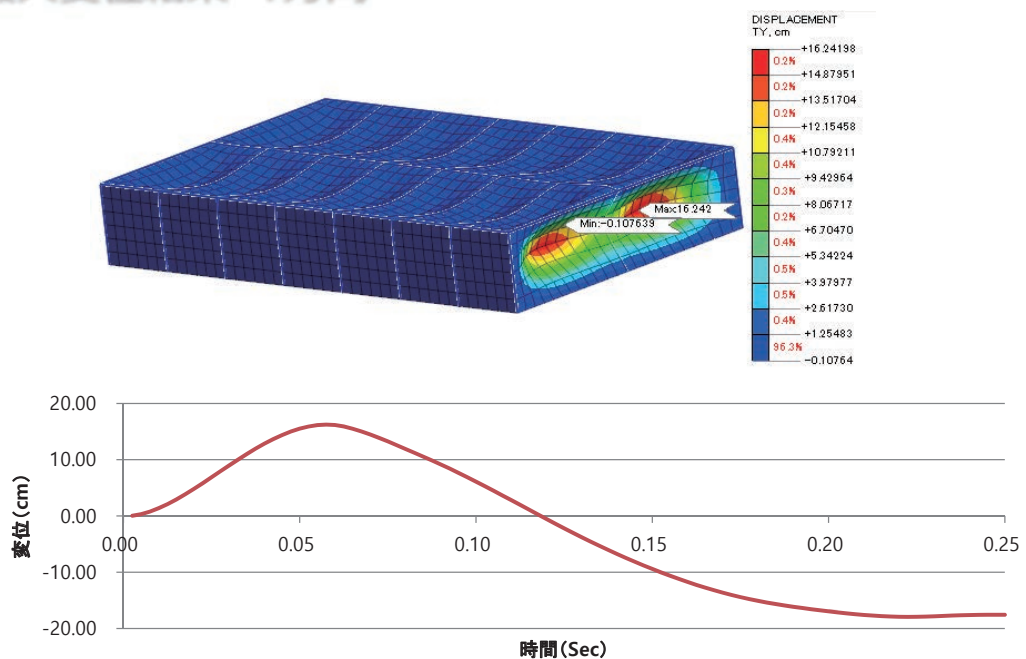
17

CHANGE is CHANCE

GTS NX

Part 2 爆発解析事例

最大変位結果 Y方向



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

18

Part 2 爆発解析事例

動的解析結果の検討は変形と塑性率で判断する（ASCE基準）

事例の建屋の設計は爆発荷重を考慮していないので、NGの部材が多い。
爆発に耐えるため、補強は必要

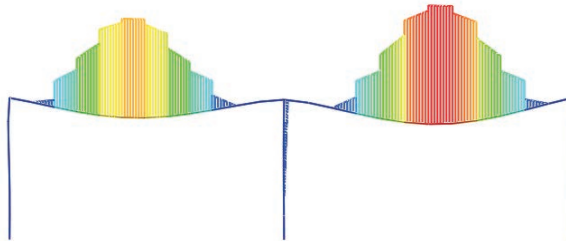
変形： 支持端部の回転角度（梁、柱、スラブと壁）



塑性率： 結果変形量と降伏変形量の比率（梁、柱、スラブと壁）

梁の曲げ方向の塑性率：

$$\mu = \frac{\varphi}{\varphi_r}$$



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

19

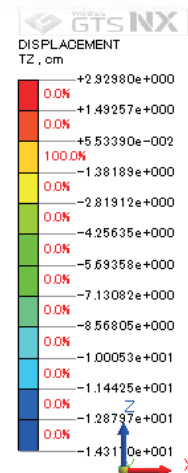
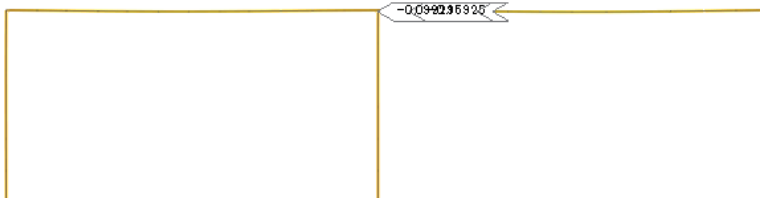
Part 2 爆発解析事例

梁の支持端回転角度

$$\theta = \text{ATAN}(\Delta Z/L) = 1.176^\circ > 1^\circ \quad \text{NG}$$



スケール：10倍



[DATA] CS1-Case1, TH, INCR=25 (TIME=2.500e-003), [UNIT] kgf, cm

結論： 梁は補強する必要がある

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

20

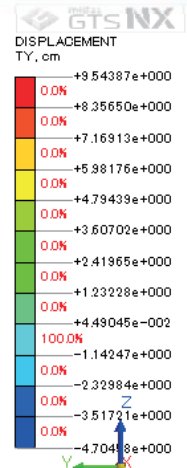
Part 2 爆発解析事例

柱の支持端回転角度

$$\theta = \text{ATAN}(\Delta Y/L) = 2.237^\circ > 1^\circ \quad \text{NG}$$



スケール : 10倍



[DATA] CS1-Case1, TH, INCR=25 (TIME=2.500e-003), [UNIT] kgf, cm

結論 : 柱は補強する必要がある

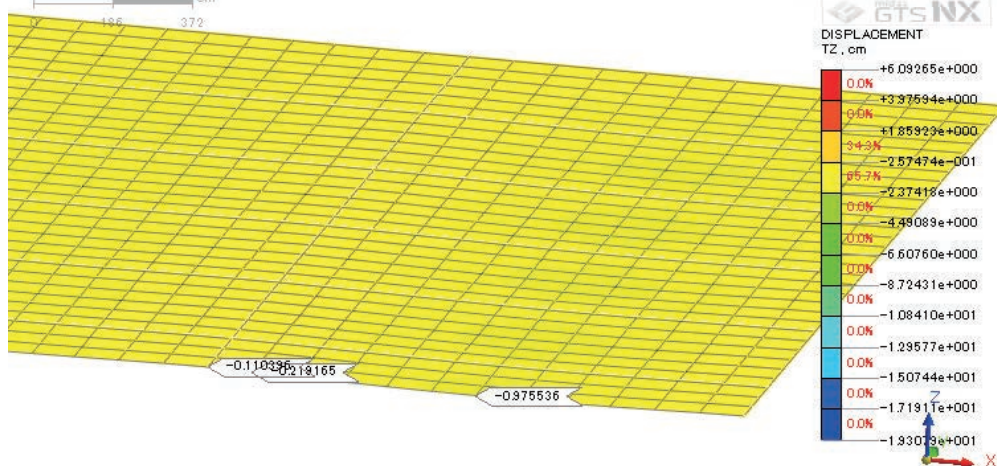
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

21

Part 2 爆発解析事例

スラブの支持端回転角度

$$\theta = \text{ATAN}(\Delta Z/L) = 1.333^\circ < 2^\circ \quad \text{OK}$$



スケール : 10倍

[DATA] CS1-Case1, TH, INCR=25 (TIME=2.500e-003), [UNIT] kgf, cm

結論 : スラブの強度は十分である

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

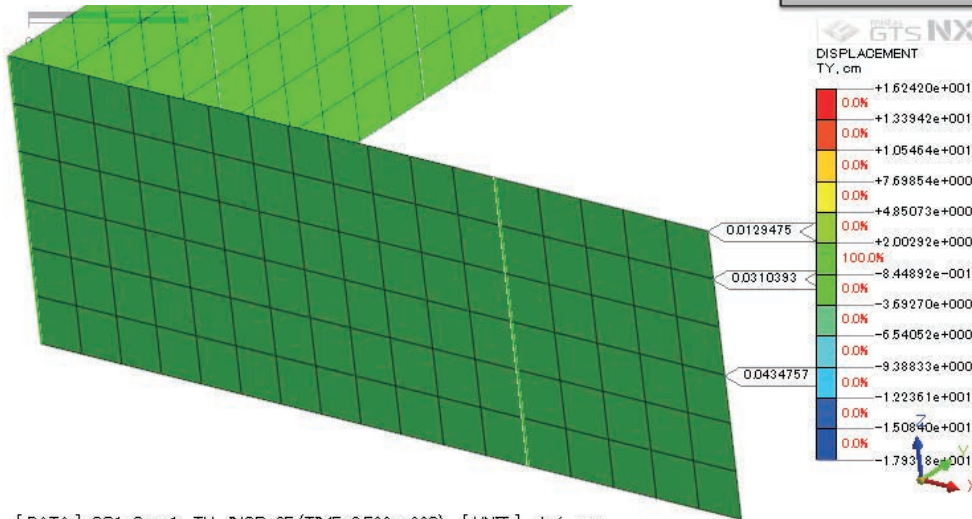
22

Part 2 爆発解析事例

壁の支持端回転角度

$$\theta = \text{ATAN}(\Delta Y/L) = 3.305^\circ > 1^\circ \quad \text{NG}$$

スケール : 10倍



[DATA] CS1-Case1, TH, INCR=25 (TIME=2.500e-003), [UNIT] kgf, cm

結論 : 壁は補強する必要がある

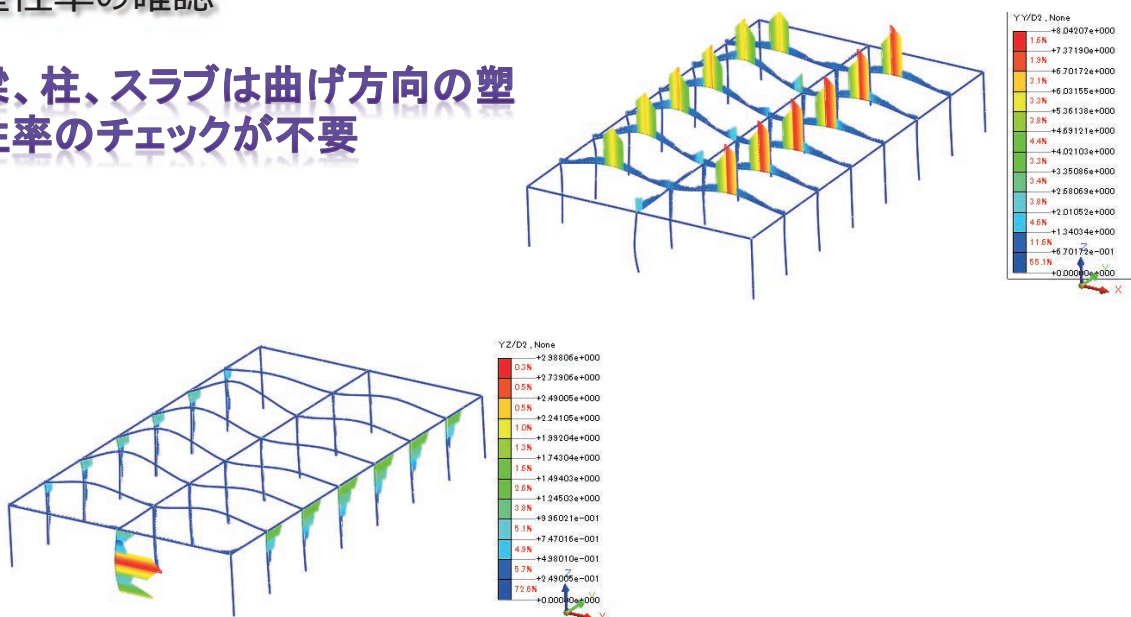
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

23

Part 2 爆発解析事例

塑性率の確認

梁、柱、スラブは曲げ方向の塑性率のチェックが不要



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

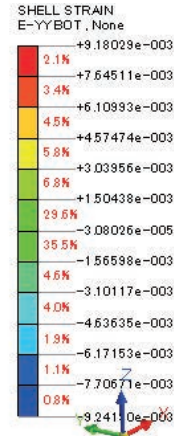
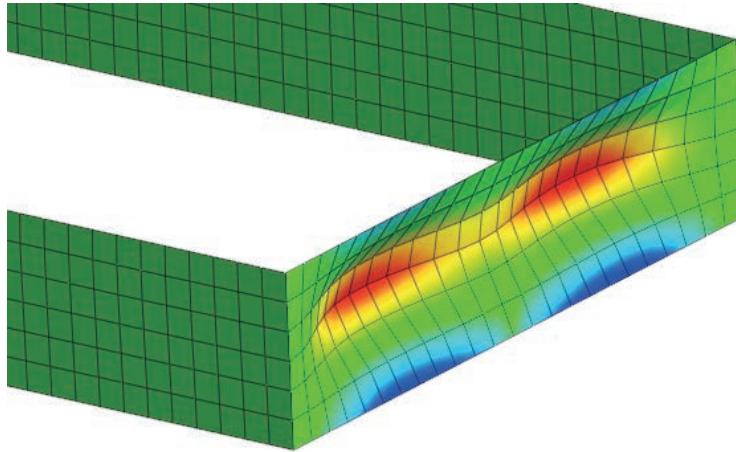
24

Part 2 爆発解析事例

壁の塑性率の確認

$$\mu = \varepsilon / \varepsilon_r = 4.863 > 3 \quad \text{NG}$$

スケール：10倍

結論：壁は補強する必要がある

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

25

Part 3 事例の適用効果

日揮株式会社様：海外プラントの耐爆設計ジョブが増えている

従来の静的分析方法は過剰設計になりやすい

部材のサイズは必要以上に大きく、費用が高い

費用を抑え、競争力を向上するため、
動的分析方法で設計を行うニーズが高まっている

耐爆設計は過剰な結果になる原因：

- 1、静的荷重で評価する
- 2、スラブや壁をモデリングせず解析する（もしくは、スラブや、壁を線形で解析する）
- 3、地盤を考慮せず、基礎固定モデルで解析する

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

26

Part 3 事例の適用効果

GTS NXを活用し現実と近い爆発解析ができる

耐爆設計は過剰な結果になる原因：

- 静的荷重で評価する
- スラブや壁をモデリングせず解析する（もしくは、スラブや、壁を線形で解析する）
- 基礎固定モデルで解析する

GTS NX機能：

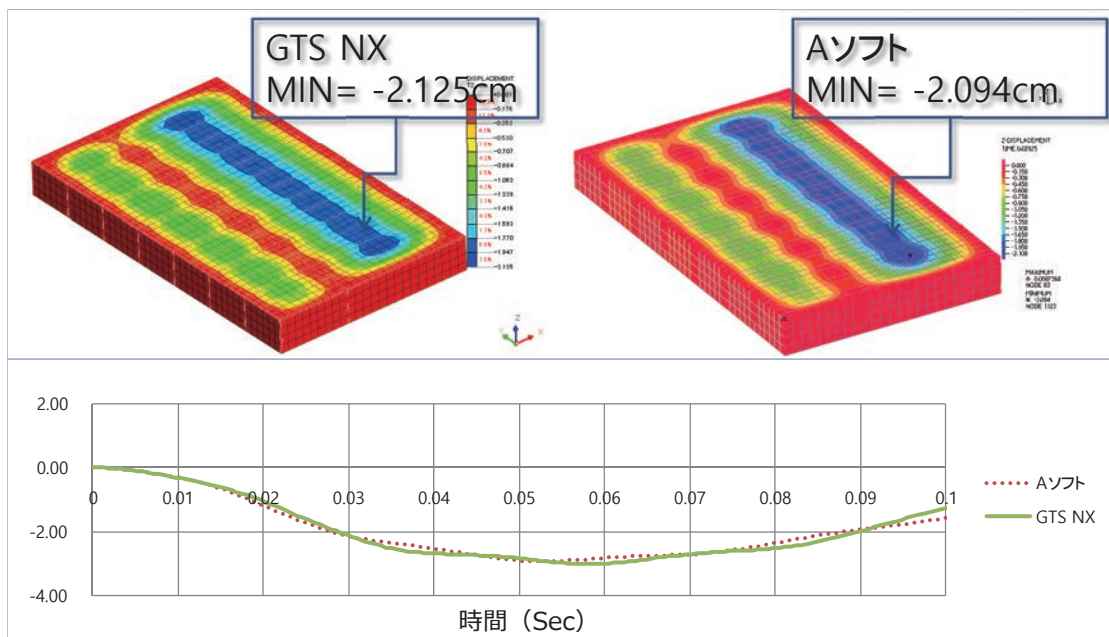
- 動的解析をサポート。静的の近似荷重より実際と近い動的荷重で解析できる。
- 非線形シェル要素をサポート。壁とスラブのエネルギーを吸収する影響が考慮できる。
- 地盤+建築機能をサポート。建物と地盤を一体モデルにして解析できる。

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

27

Part 3 事例の検証

GTS NXと業界に著名なAソフトとの比較 - Z方向変位



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

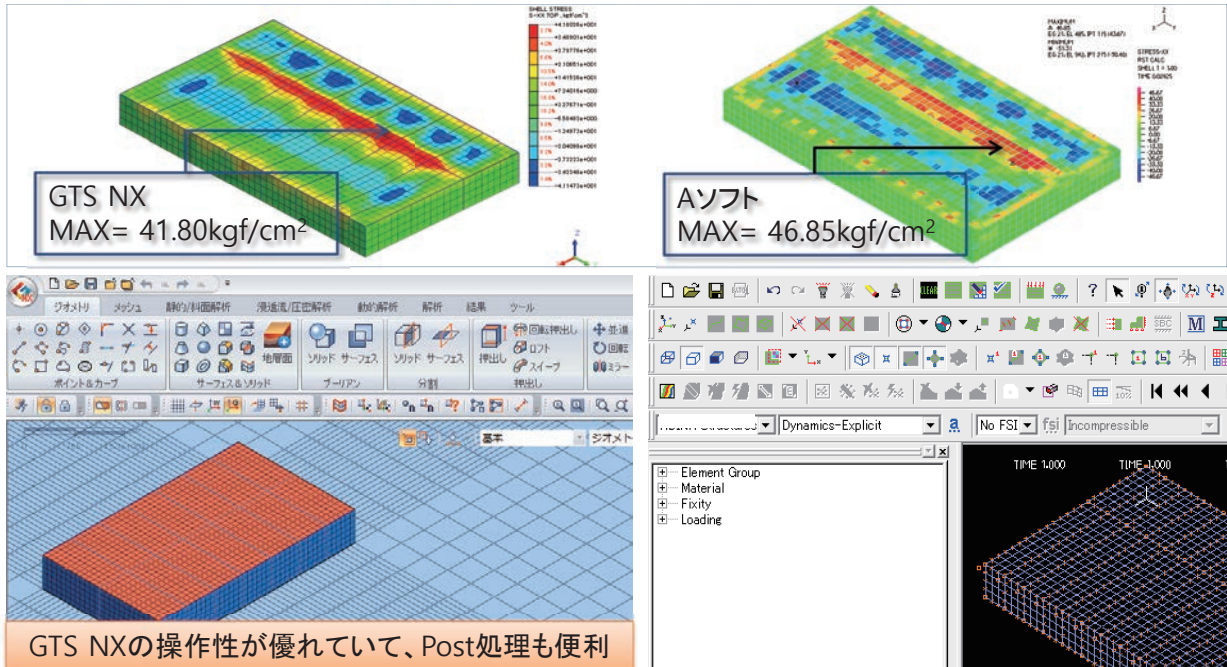
28

CHANGE is CHANCE

GTS NX

Part 3 事例の検証

GTS NXとAソフトとの比較 - 応力分布



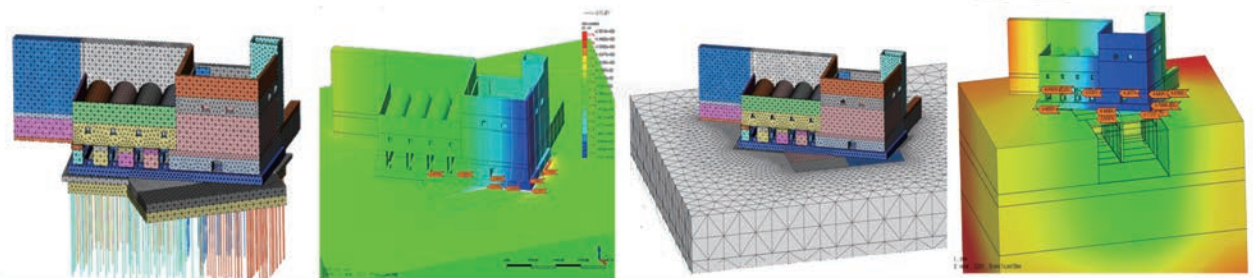
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

29

CHANGE is CHANCE

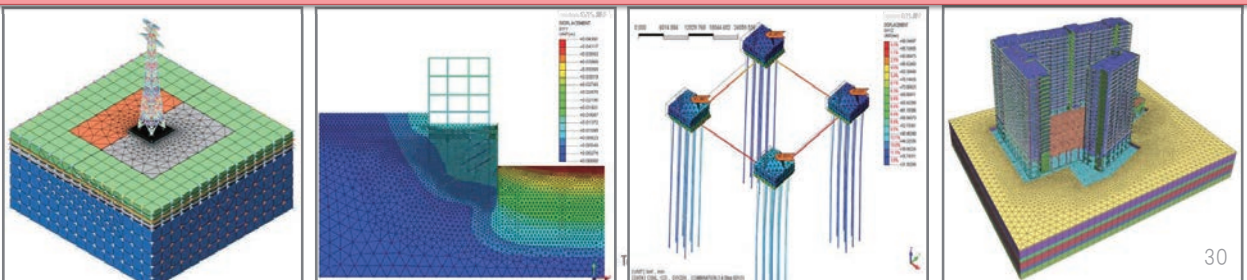
GTS NX

構造 (Structural) と地盤 (Geotechnical) 分野の融合



GTS NX 提供価値

上部と下部構造物の統合解析と設計環境をサポートし
プロジェクトの成果の品質と技術競争力の向上の価値を提供する



30

CHANGE is CHANCE

GTS NX

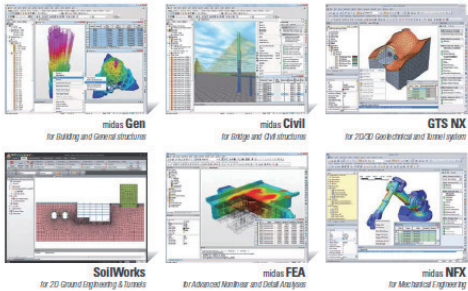
GTS NX は MIDAS Family 製品との交換性

MIDAS Family Program間の連携解析と設計機能を通じた技術競争力の確保

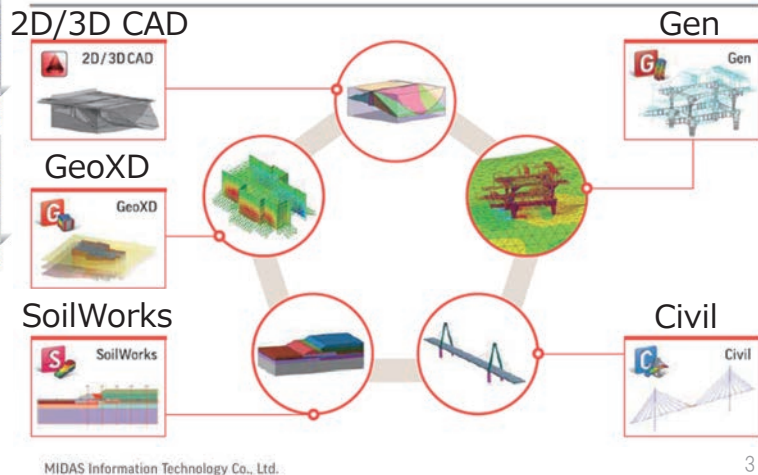
プログラム連携を通じた“モデル情報の生成機能”

GTS NXはCADだけでなく、マイダスプログラム (Gen, Civil, SoilWorks, GeoXD)間のモデル情報を連動して幾何形状を生成することができます。

MIDAS Family 製品



MIDAS 製品間のデータ連携



31



ご清聴ありがとうございました。

32

