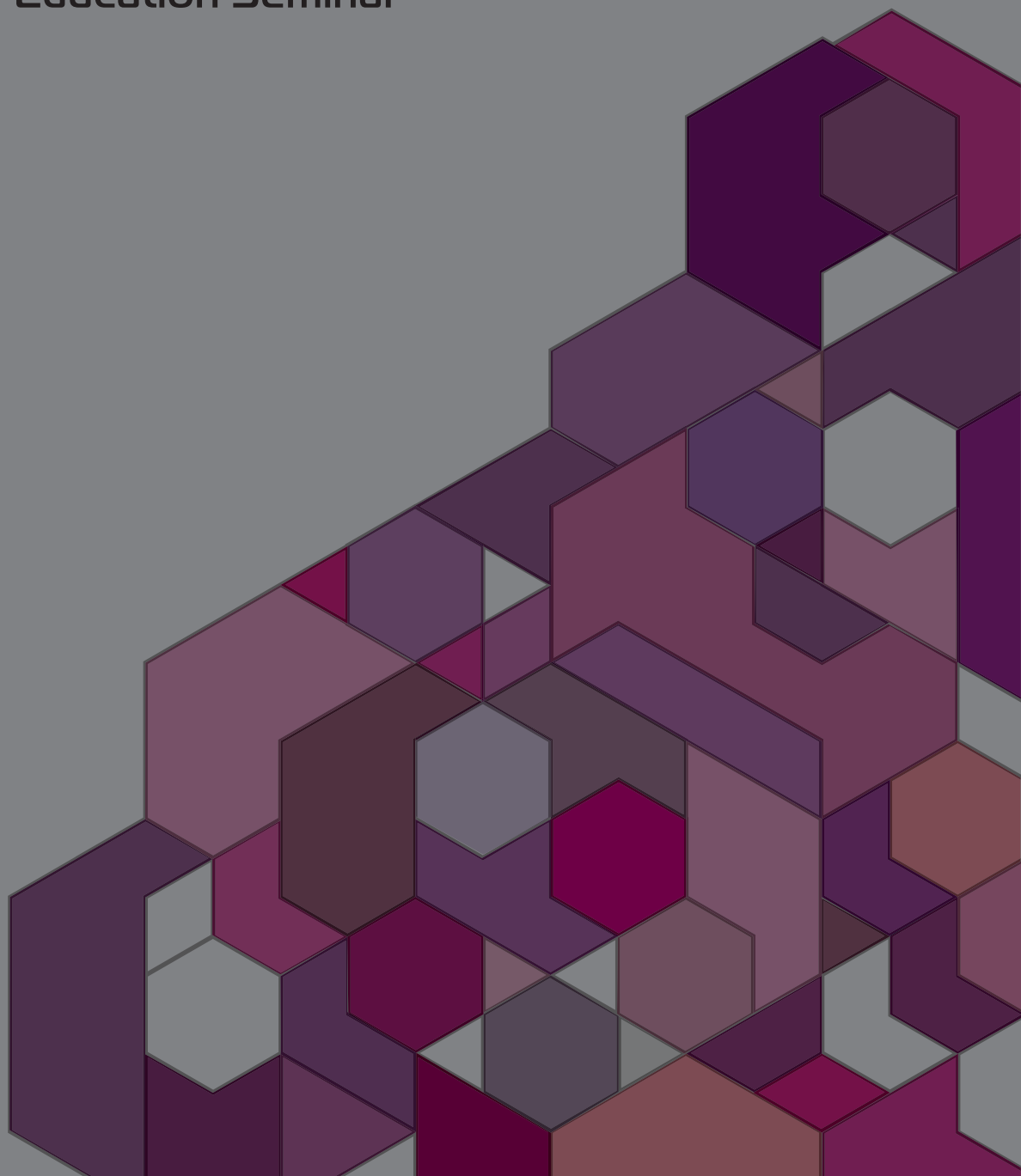




浸透・圧密・斜面問題への適用 技術教育セミナー

December, 2018
MIDAS Construction
Technical Education Seminar

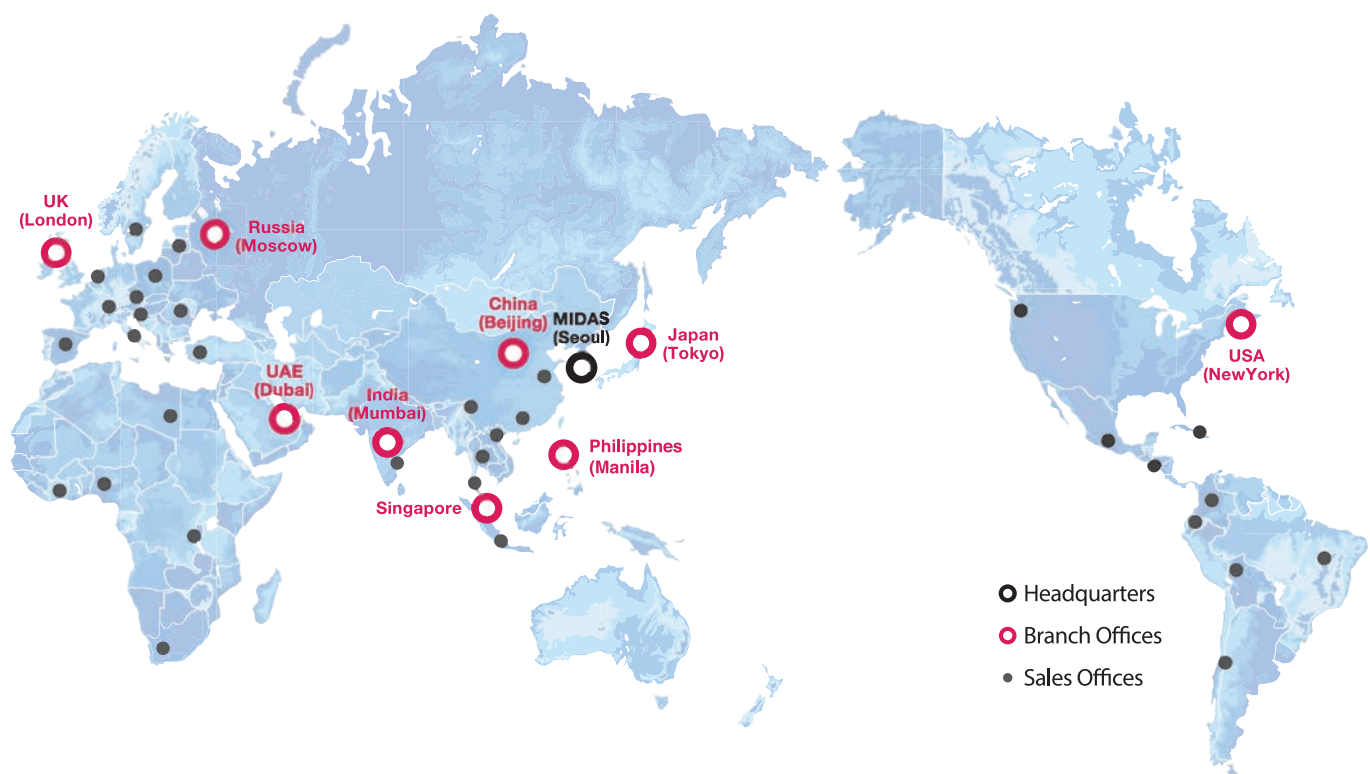


WE WILL CHANGE THE WORLD

a total of over 30,000 licenses used worldwide in over 110 countries

The Largest CAE Software Developer
in Civil Engineering

建設業界	No.1
現地法人	9
海外代理店	35
輸出国	110



MIDAS IT

MIDAS ITは、工学技術用ソフトウェア開発および普及、そして構造分野のエンジニアリングサービスとウェブビジネス統合ソリューションを提供する会社です。

1989年から活動を開始し、2000年9月にマイダスイティを設立、現在は約600名の世界的な専門技術者を保有し日本、アメリカ、中国、インド、ロシア、イギリス、ドバイ、シンガポール、フィリピンの現地法人や35ヶ国の代理店などの全世界ネットワークを通し、110ヶ国に工学技術用ソフトウェアを販売する世界的な企業として成長しました。

MIDAS IT JAPAN

マイダスイティジャパンは、マイダスイティの日本法人です。

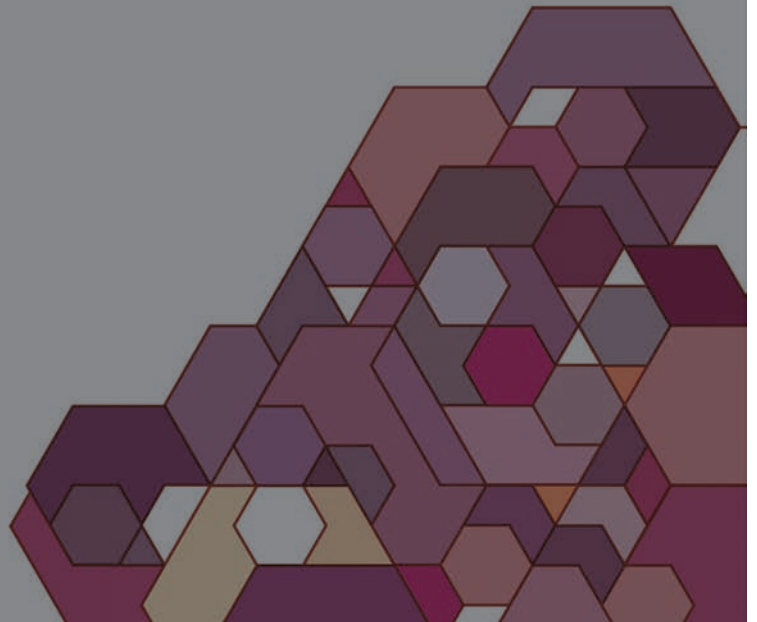
2008年に建築工学技術用ソフトウェアの普及からスタートし、土木/地盤/機械の分野まで事業を拡張しています。

日本国内では1,300社6,500ライセンスが使用されており、土木/地盤分野（橋梁、トンネル、地下構造物、土構造物等）、機械分野（自動車、精密機器、医療等）、建築分野にかけて、多分野で活用されるまでに成長しました。



浸透・圧密・斜面問題への適用 技術教育セミナー

MIDAS
CONSTRUCTION
TECHNICAL
EDUCATION
SEMINAR



2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

浸透・圧密・斜面問題への適用 技術教育セミナー

AGENDA

Session 1

2次元地盤のモデリング方法

Session 2

3次元地盤のモデリング方法

Session 3

2次元浸透・圧密・斜面解析の適用方法

Session 4

3次元浸透・圧密・斜面解析の適用方法

GTS NXの紹介

3

GTS NX

New eXperience of Geo-Technical analysis System

地盤FEM解析トータルソリューション



パソコン能力の活用



最先端Pre-Post



統合解析システム

4

GTS NX

パソコン能力の活用

5

パソコン能力の活用

パソコン能力の進化

MULTICORE**EM64T****GPU**

プログラムの進化



並列処理
1. メッシュ作成
2. 計算時間短縮

+

大規模対応可能
1. 節点数、要素数
2. 施工段階数

+

ソルバー
計算速度向上

6

GTS NX

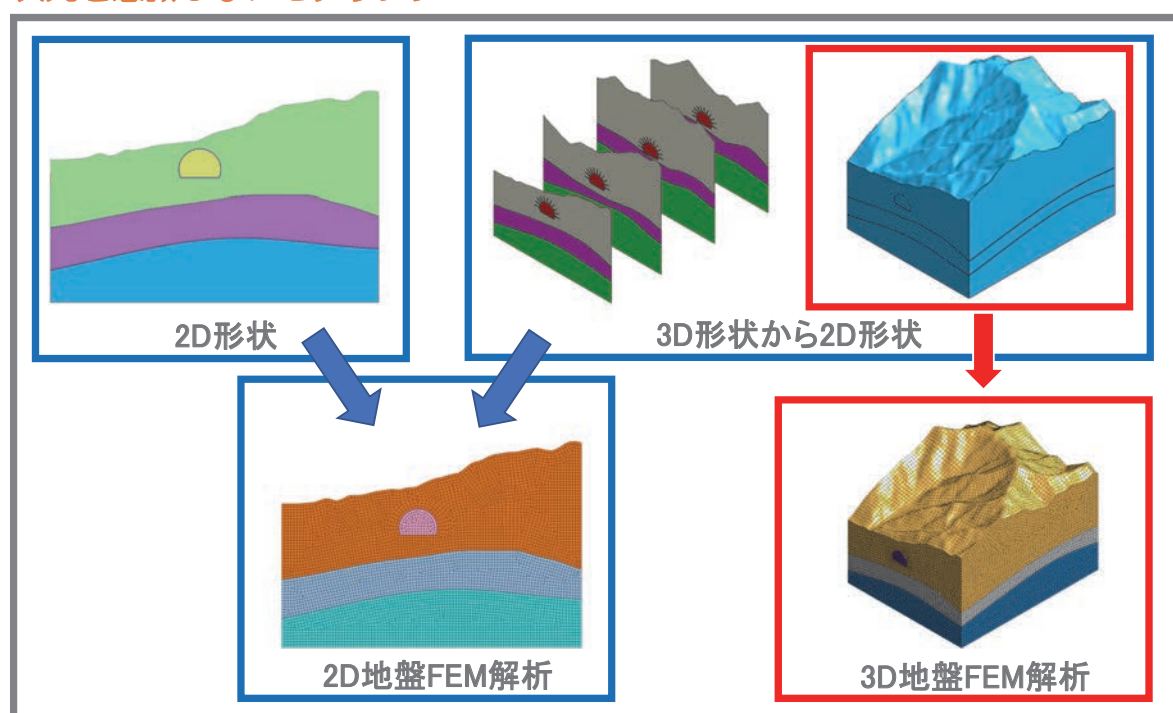


最先端Pre-Post

7

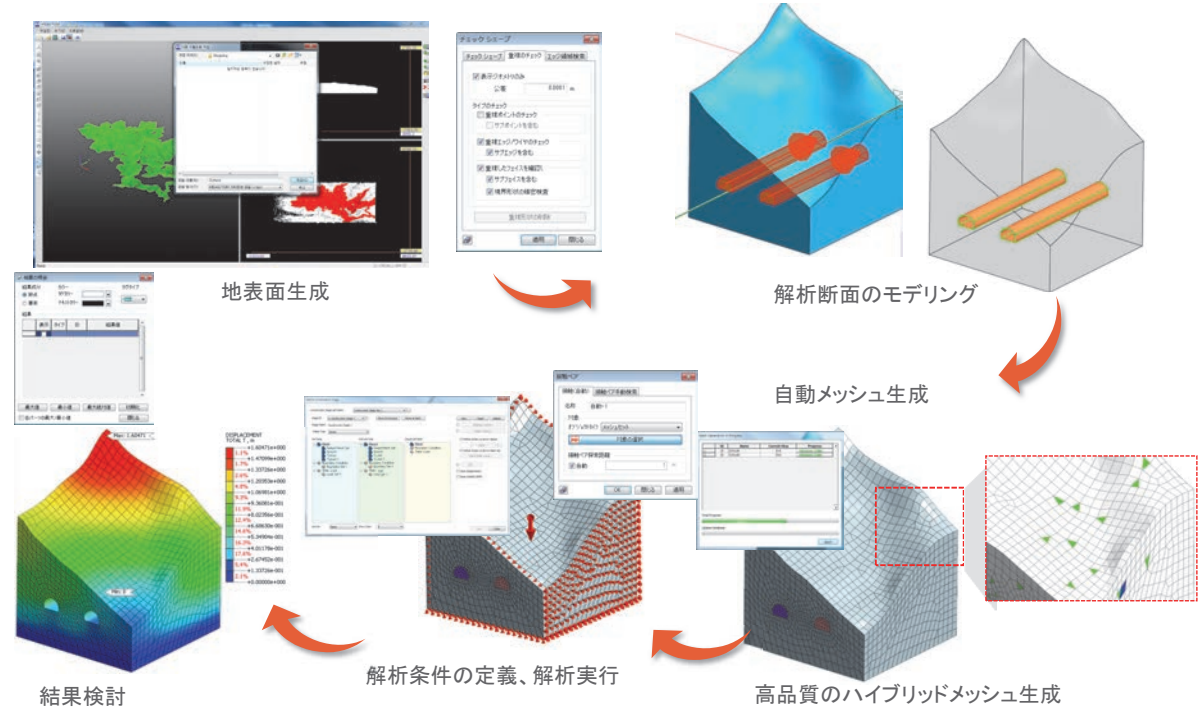
解析の次元の選択

次元を意識しないモデリング



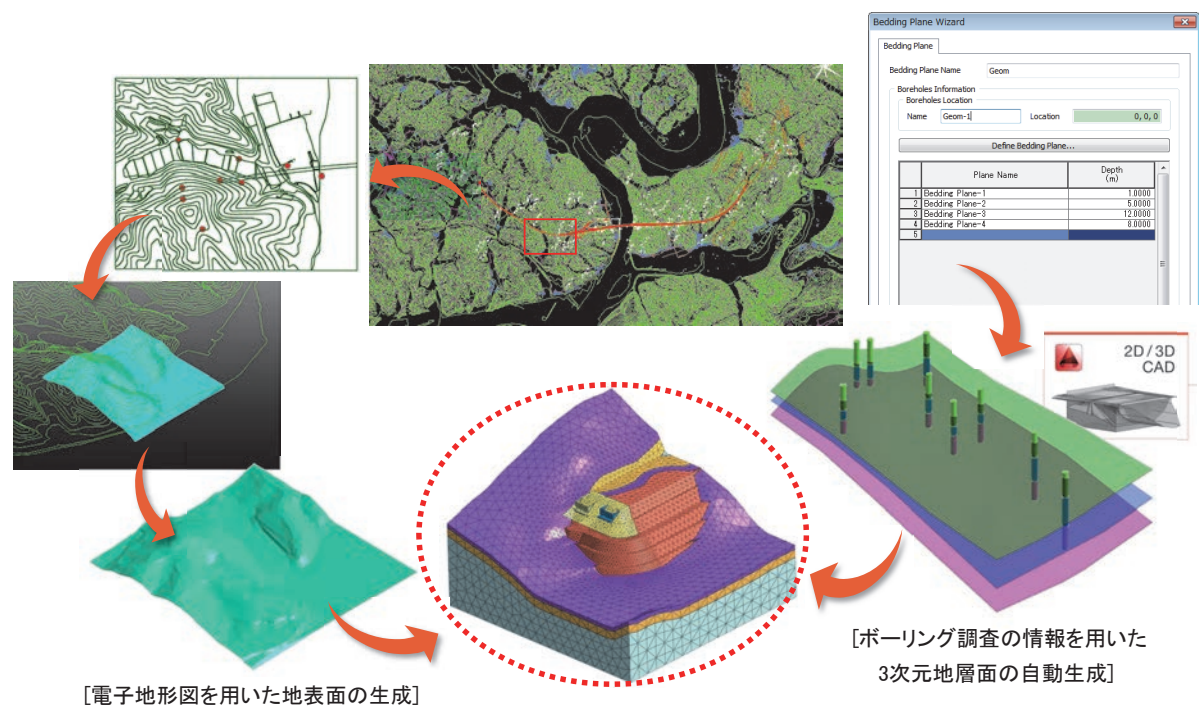
8

解析作業の流れ



9

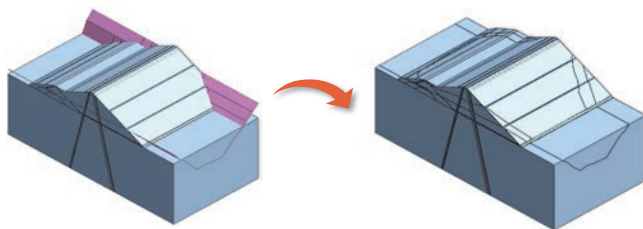
ジオメトリモデリング - 地表面・地層境界の作成



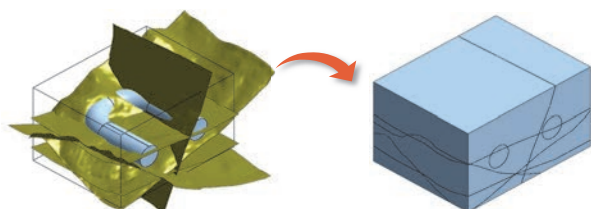
10

ジオメトリモデリング – ジオメトリ演算処理能力の向上

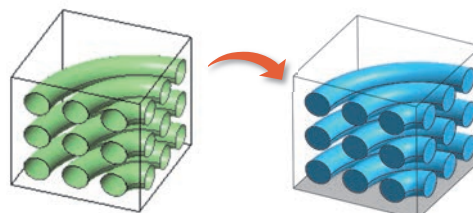
Parasolidカーネルで複雑なソリッドモデリングが可能に！



Version	形状分割速度
旧製品 (2007年)	200 sec
GTS NX	5 sec (Completed 100%)



Version	形状分割速度
旧製品 (2007年)	390 sec
GTS NX	22 sec (Completed 100%)



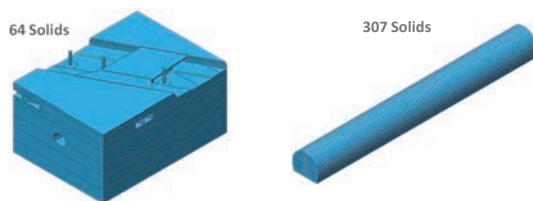
Version	形状分割速度
旧製品 (2007年)	89 sec
GTS NX	Less than 1 sec (Completed 100%)

90%
↓
短縮

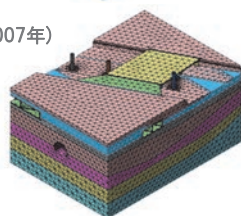
11

メッシュモデリング – メッシュ生成の高速化

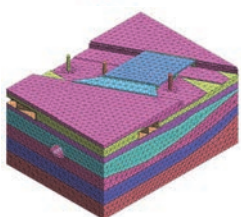
並列処理+64ビット化



旧製品(2007年)



GTS NX



ID	Name	Current Step	Progress
1	Box	Start	0%
2	Box	Geometry Mesh Refinement	100%
3	Box	End	100%
4	Box	Healing Solid	100%
5	Box	Start	0%
6	Box	Start	0%
7	Box	Start	0%
8	Box	Start	0%
9	Box	Start	0%
10	Box	Start	0%
11	Box	Start	0%
12	Box	Start	0%
13	Box	Start	0%
14	Box	Start	0%
15	Box	Start	0%

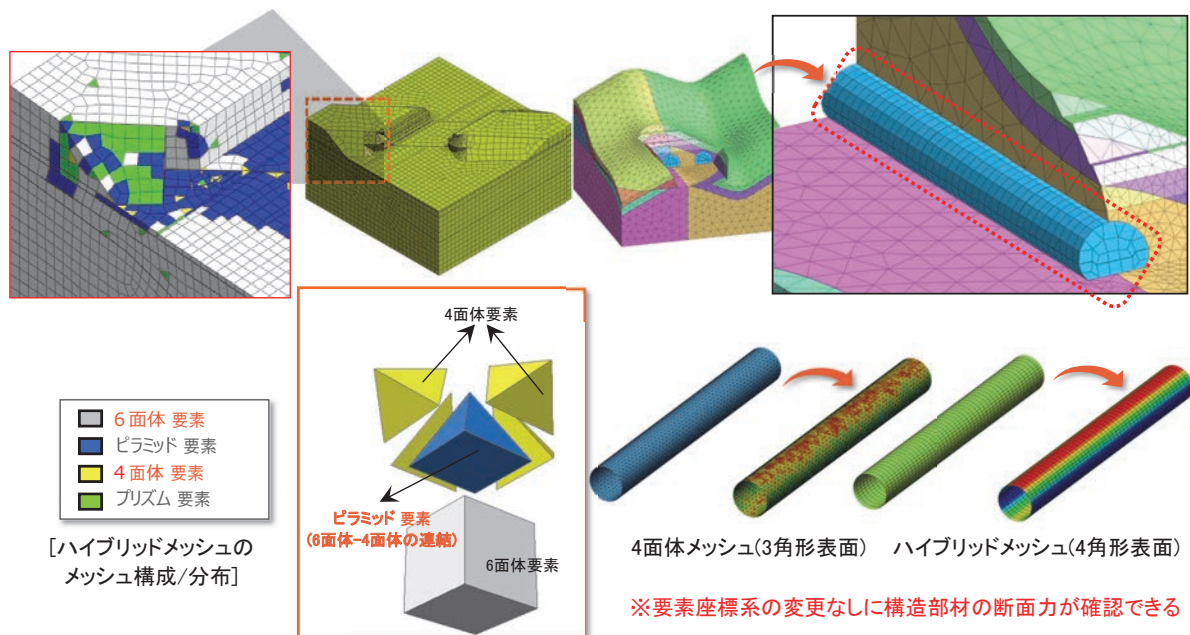
メッシュ生成に並列処理を適用

Version	64 Solids	307 Solids
旧製品 (2007年)	326.5 sec (Completed 100%)	58.4 sec (2 solids failed)
GTS NX	21.7 sec (Completed 100%)	9.1 sec (Completed 100%)

90%
↓
短縮

12

メッシュモデリング - ハイブリッドメッシュ



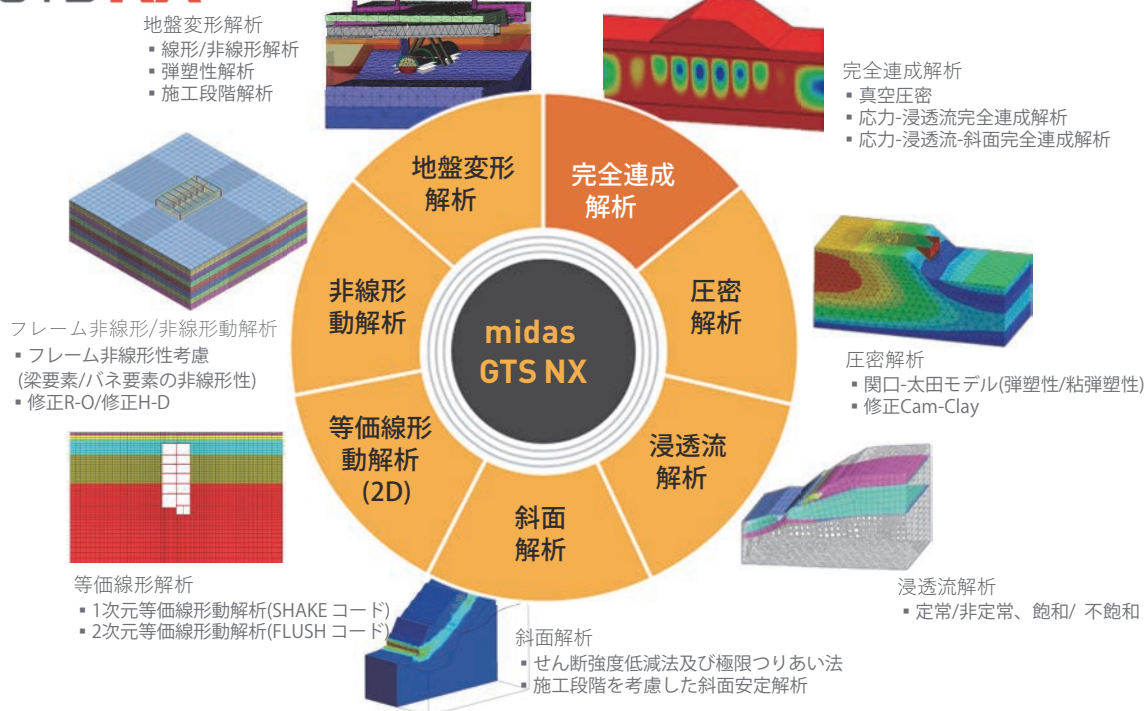
13

GTS NX



14

GTS NX



15

解析機能 - 演算処理の高速化

並列処理+64ビット化 + α (GPU による演算)

GPU model used: Tesla C2075(1.146 GHz, 448 CUDA Core)

Elements	1,113,497
Nodes	197,692
DOF	593,076
Linear static analysis	

Elements	834,293
Nodes	394,802
DOF	1,184,406
Linear static analysis	

Software	Analysis time
旧製品 (2007年)	29 min 20 sec (+23 min)
GTS NX 並列, 64bit	5 min 10 sec (+40 sec)
GTS NX (GPU)	2 min 30 sec (+40 sec)

9.3~16.6 倍
高速化

Software	Analysis time
旧製品 (2007年)	30 min 10 sec (+2min30sec)
GTS NX 並列, 64bit	6 min 45 sec (+20 sec)
GTS NX (GPU)	3 min 5 sec (+35 sec)

4.6~8.9 倍
高速化

16

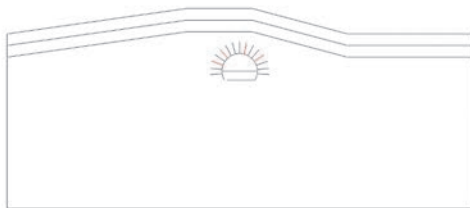
Session.1

2次元地盤のモデリング方法

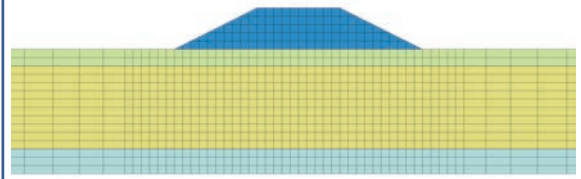
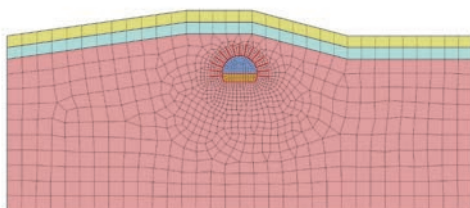
2次元地盤のモデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

ジオメトリモデリング



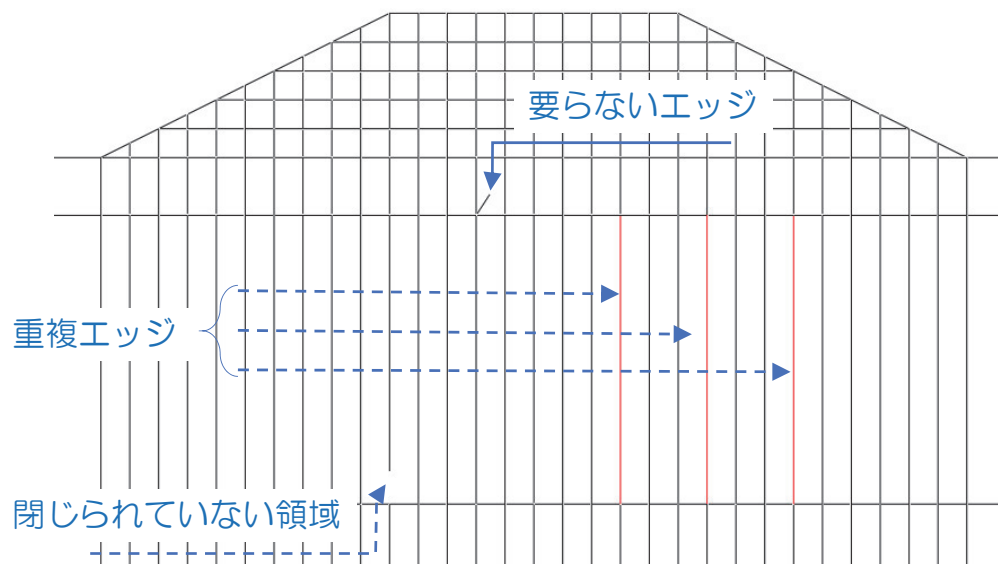
メッシュモデリング



2次元ジオメトリの確認

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 2次元ジオメトリの問題
メッシュ作成ができない原因

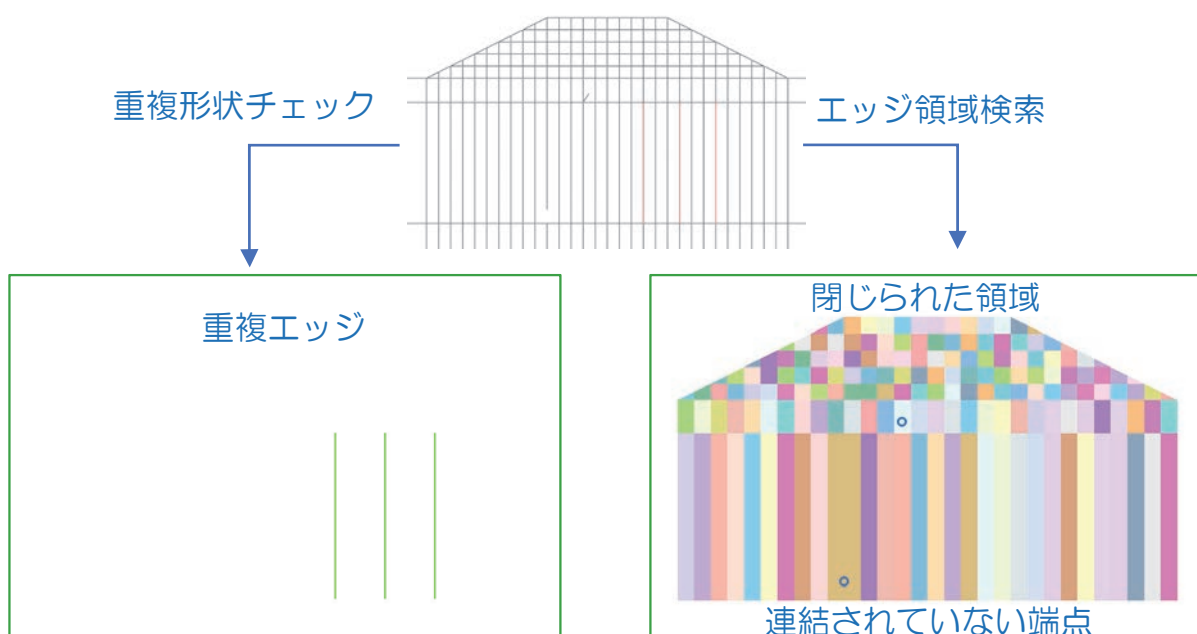


19

2次元ジオメトリの確認

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 2次元ジオメトリの確認方法

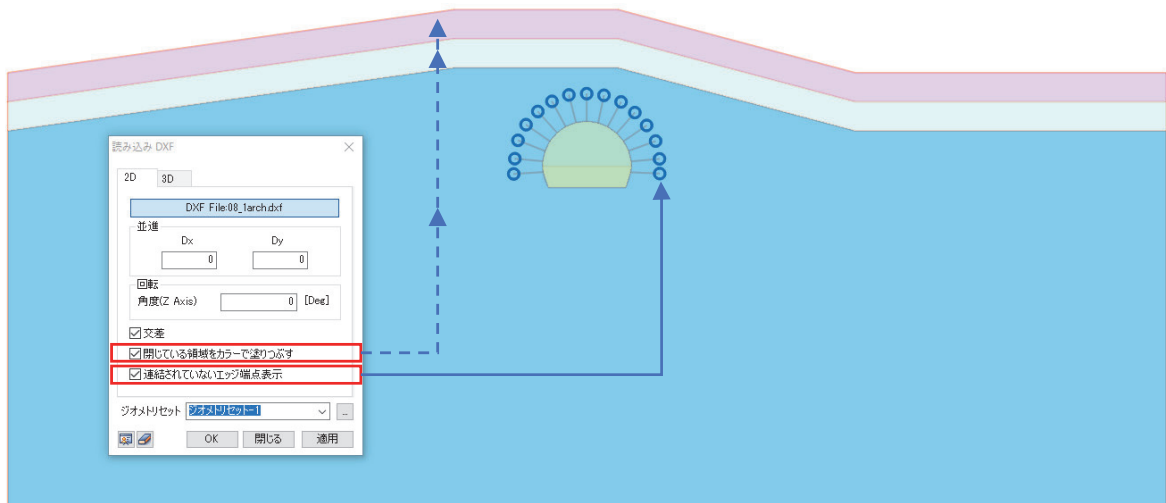


20

2次元ジオメトリの確認

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 読込時のジオメトリ確認方法
 - 閉じられていない領域のチェック
 - 連結されていないエッジ端点のチェック



21

2次元ジオメトリの編集

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

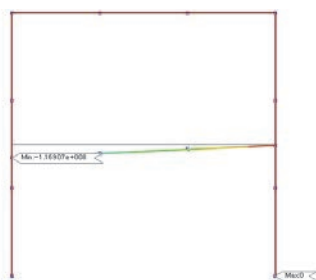
- 2次元ジオメトリの交差
 - メッシュ作成が繋がらない原因



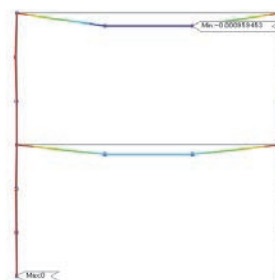
交差しない



交差する



異常な結果



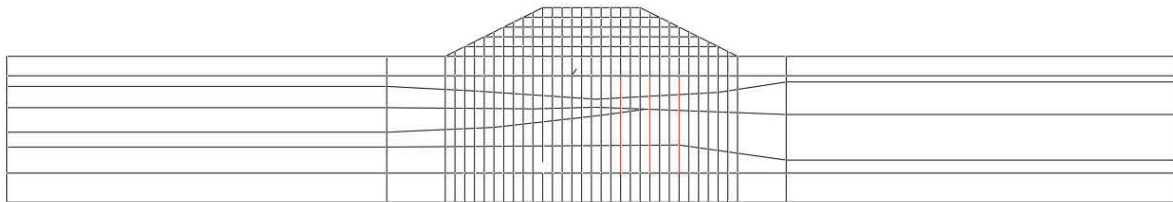
妥当な結果

22

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- ファイルを開く：1_2D形状編集.gts

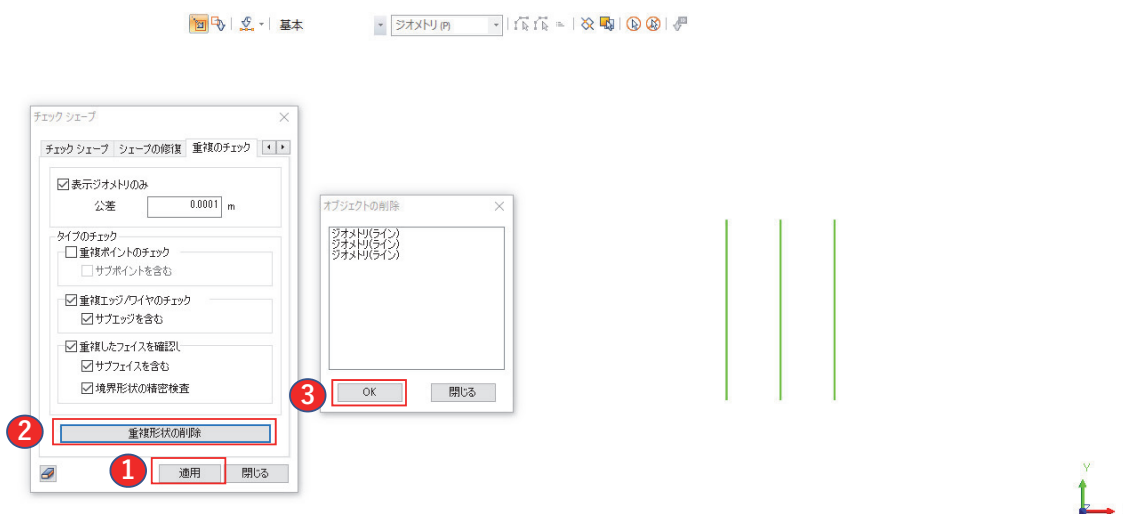


23

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 形状チェック：ジオメトリ→重複形状のチェック

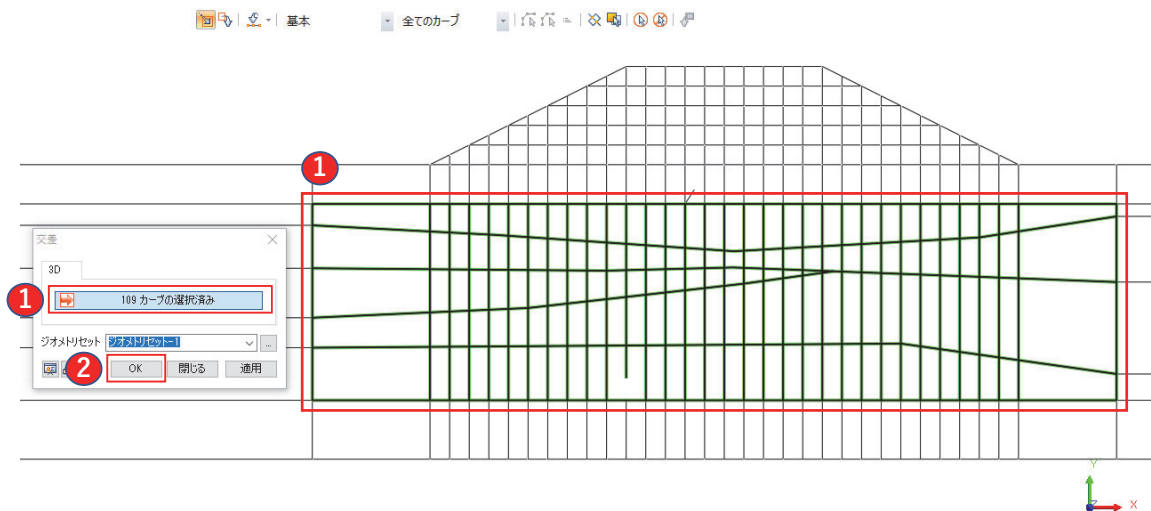


24

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- メッシュ領域作成：ジオメトリ→交差

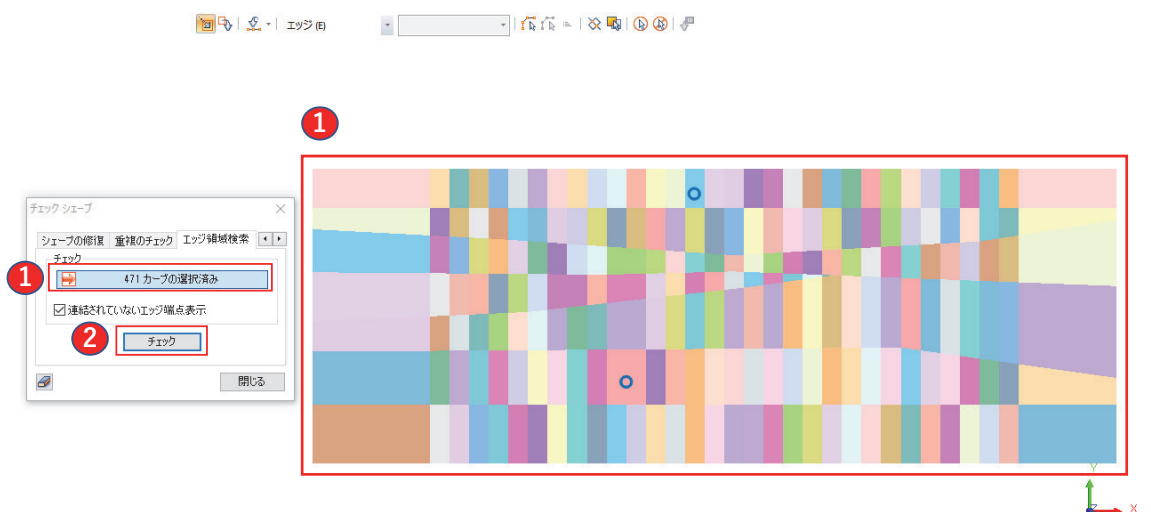


25

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 形状チェック：ジオメトリ→形状チェック→エッジ領域検索

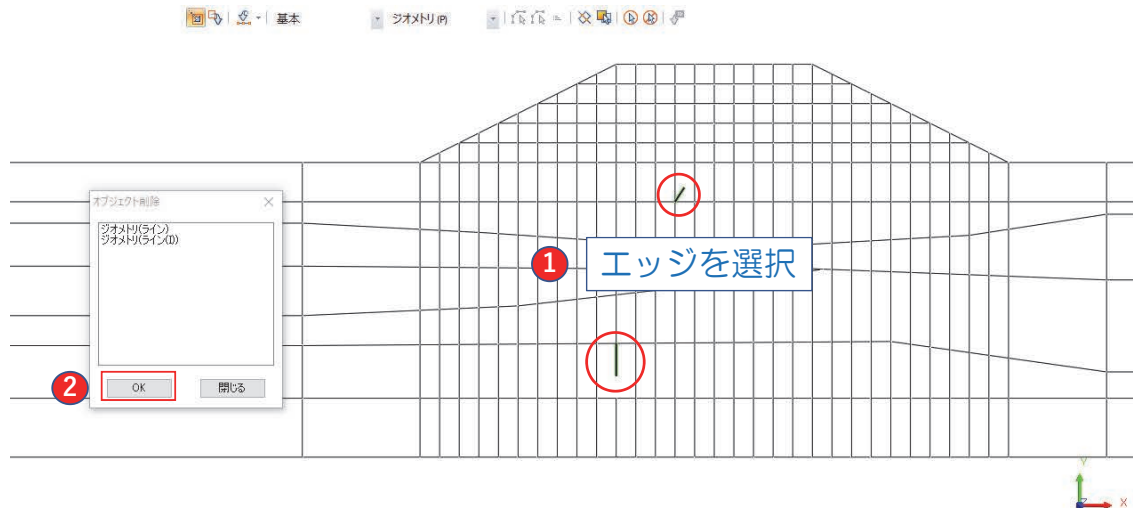


26

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

• 形状編集：エッジ削除

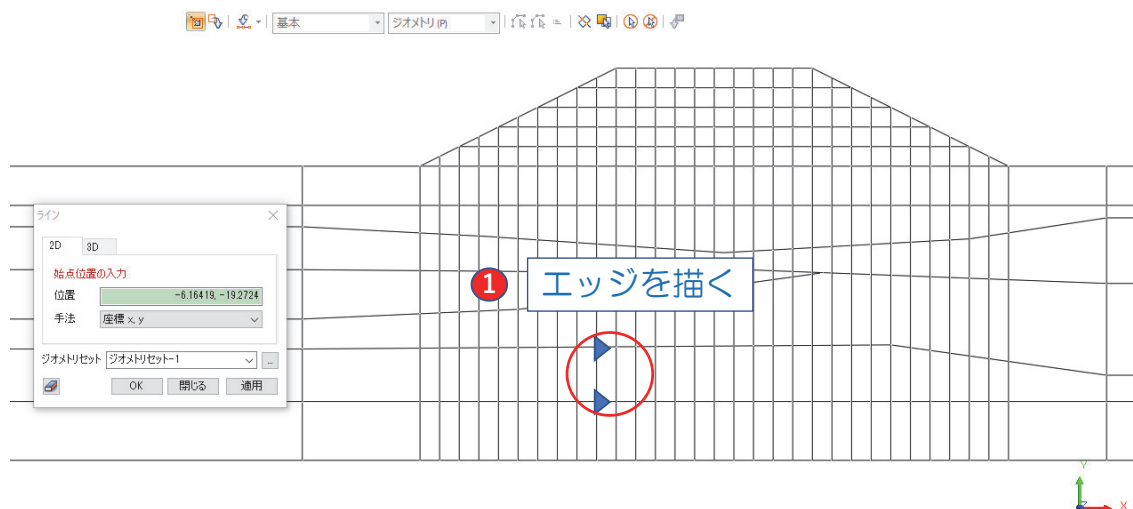


27

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

• 形状編集：エッジ追加

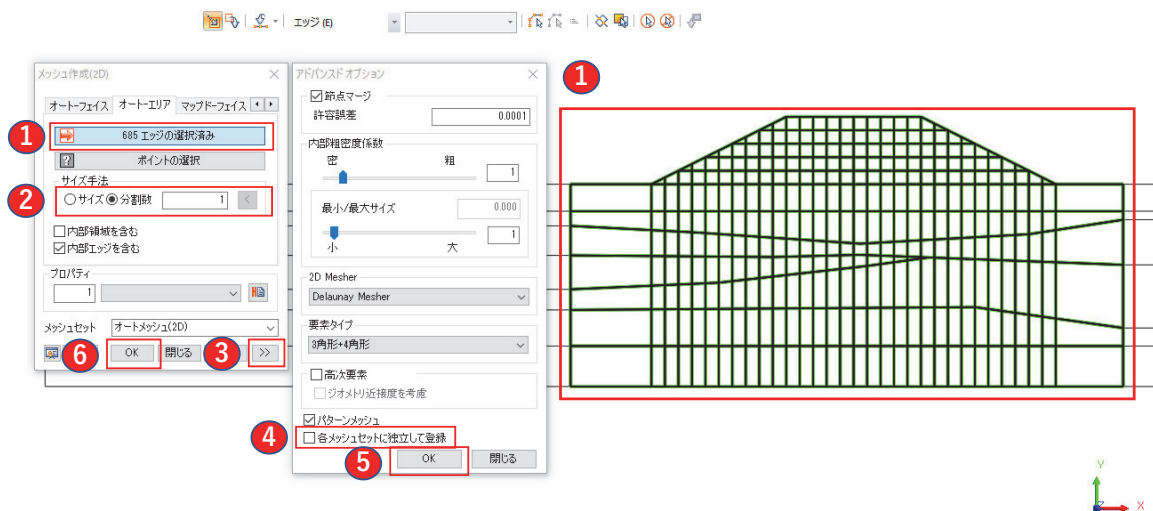


28

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- メッシュ仮作成：メッシュ→2Dメッシュ→オートーエリア

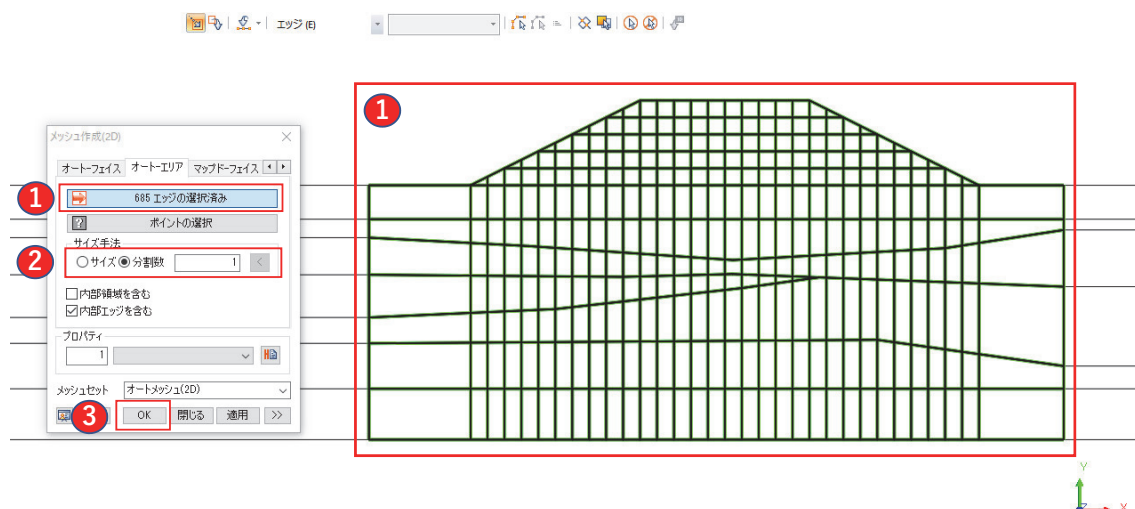


29

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- メッシュ仮作成：メッシュ→2Dメッシュ→オートーエリア

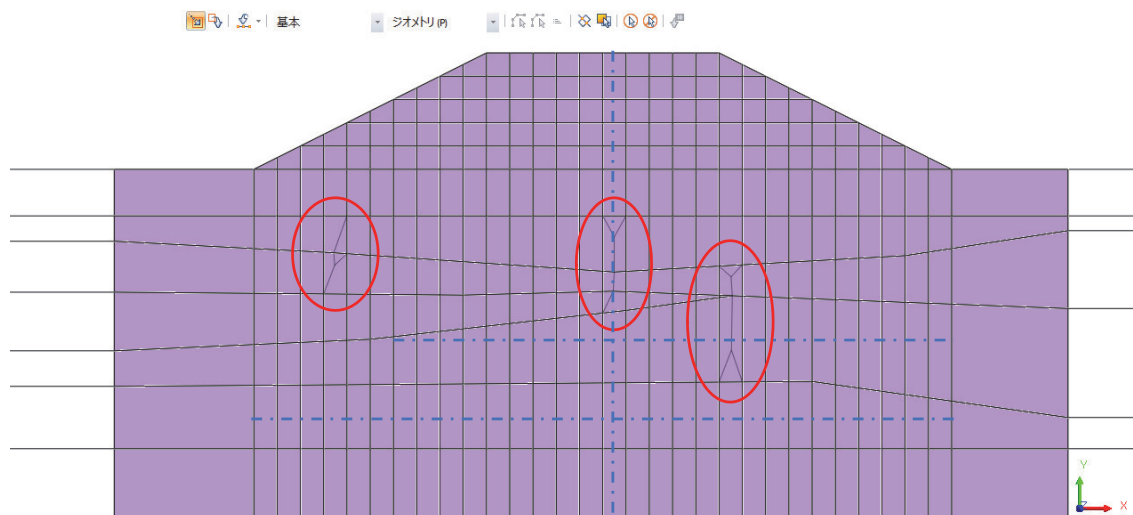


30

体験：2次元メッシュの作成

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

• メッシュの確認と修正

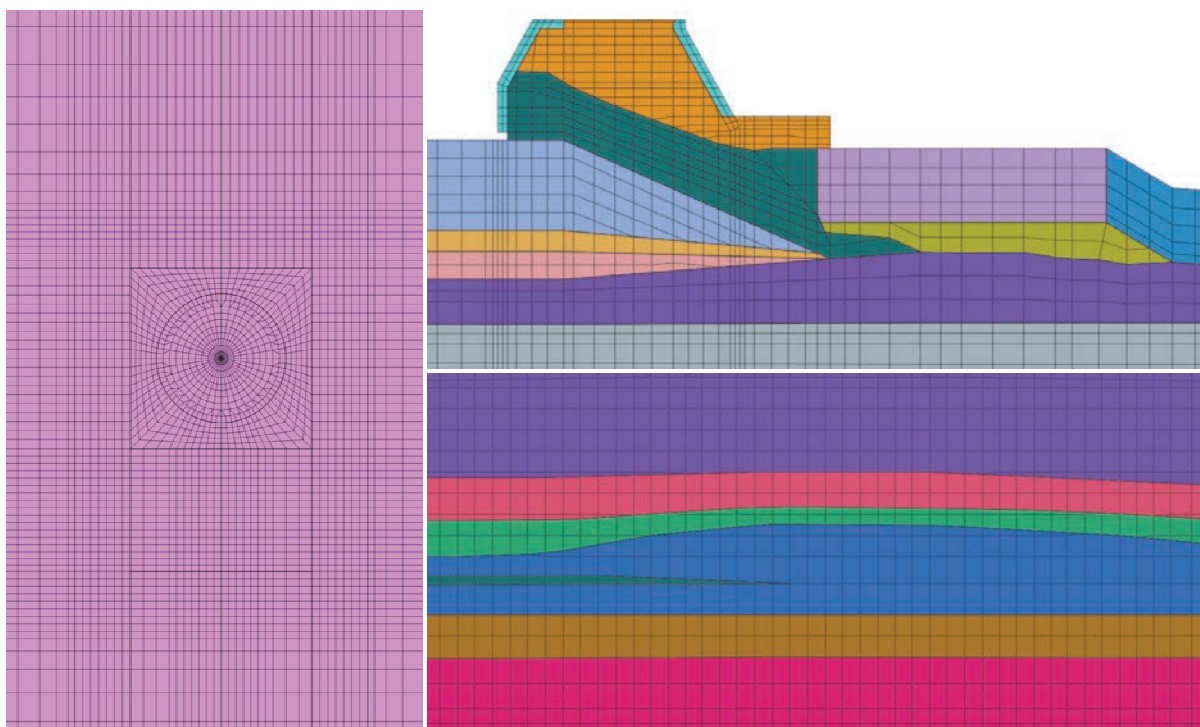


31

2次元メッシュ例 手動メッシュ

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

• 形状編集：GTS NX (or SoilWorks)



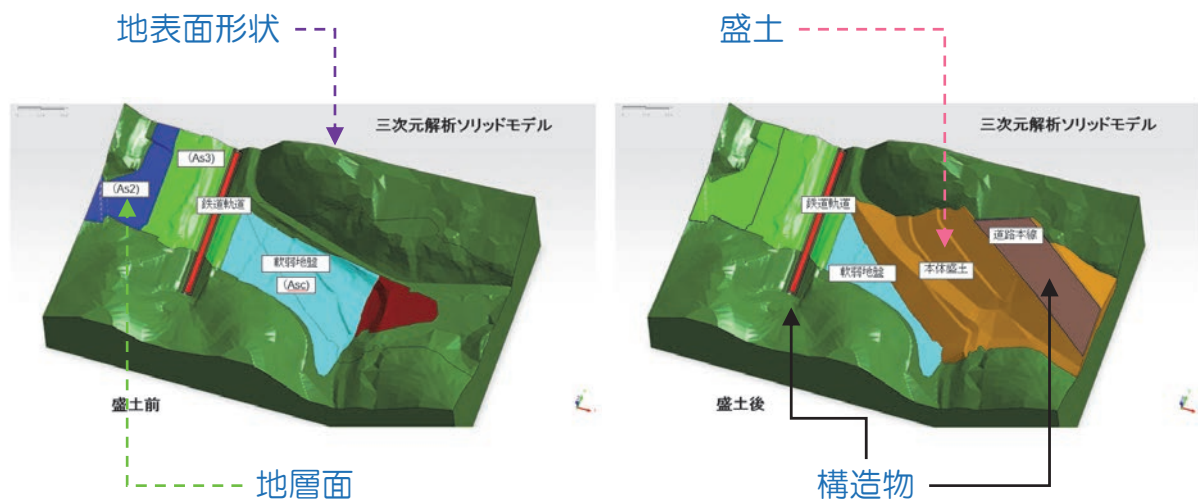
32

Session.2

3次元地盤のモデリング方法

3次元モデリング

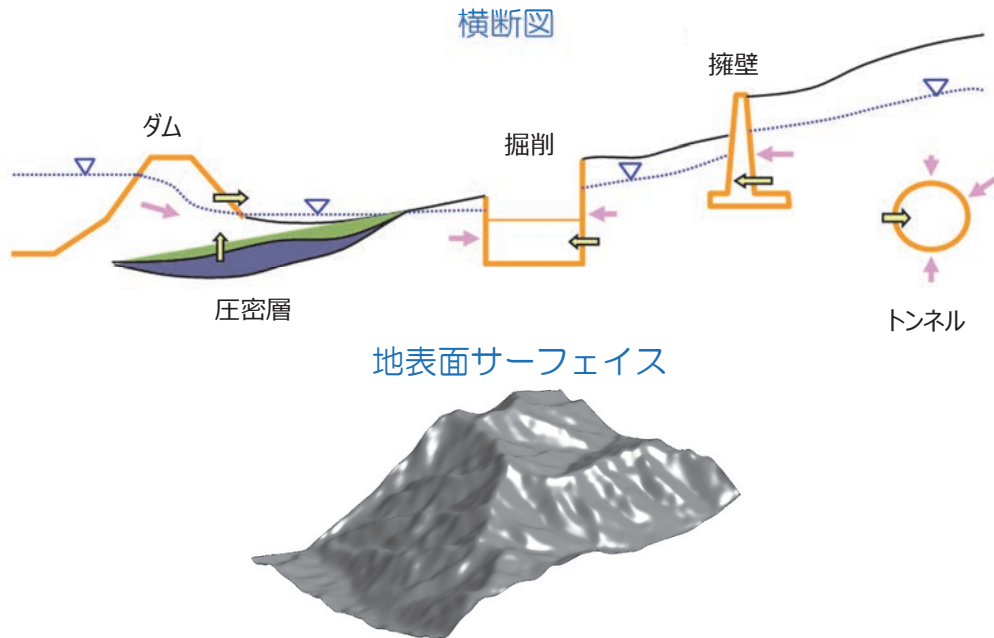
- 地盤形状は不規則だが、構造物の形状は規則的である
地表面の構造物の形状によって、自動メッシュが適用できないケースも



3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 地表面作成機能で作れる形状は滑らかなサーフェイス
地表面の構造物を正しく表現できない

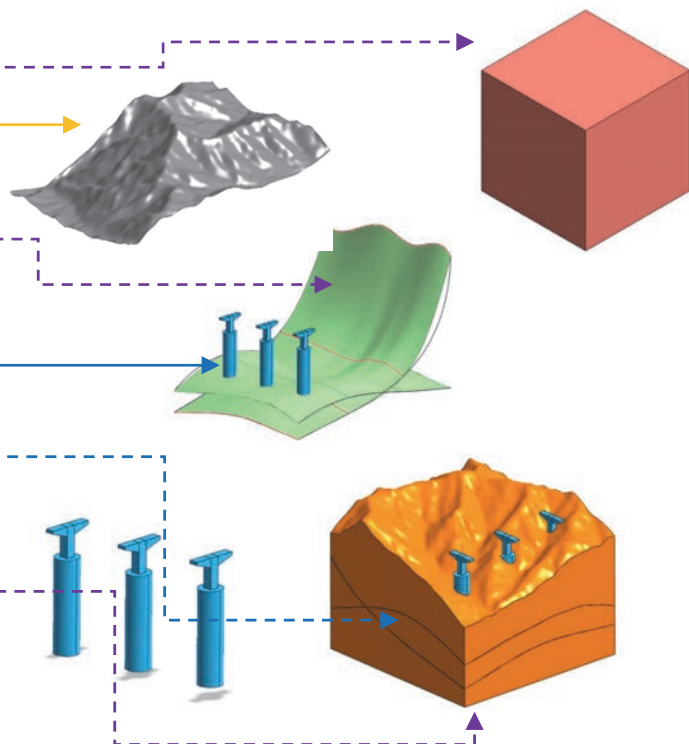


35

3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- モデル範囲決定
- 地表面作成
- 地層面作成
- 構造部形状作成
- 構造物形状ブーリアン
- 構造物と地盤分割



36

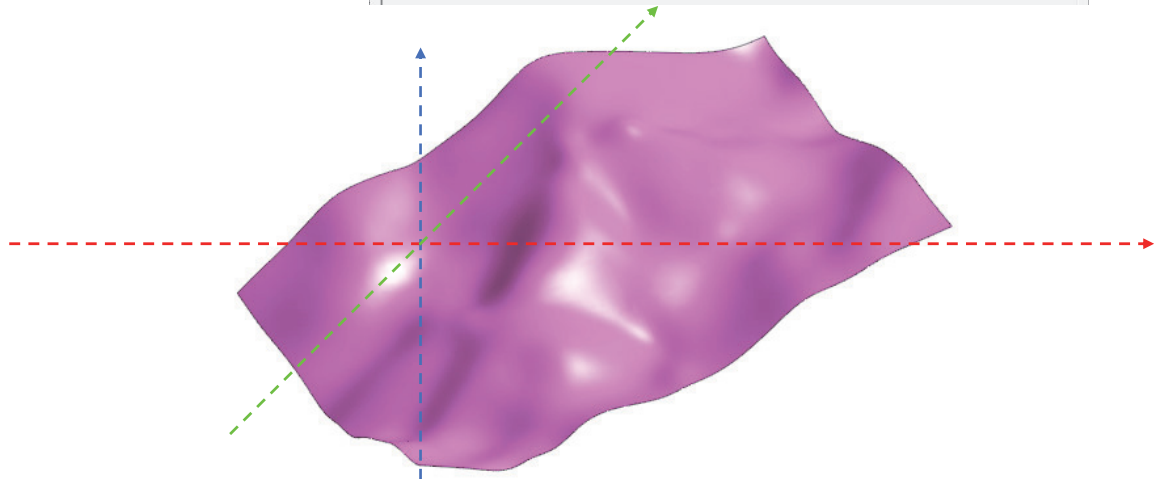
3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

国土地理院データでの地表面作成

.datを読み込む

Elevation Data											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	82.265	83.691	85.813	90.007	95	96.914	97.239	92.316	89.211	86.835	82.663
2	88.106	90.2	90.874	95	95	92.578	92.696	88.728	83.523	81.35	78.158
3	93.921	95	94.85	91.559	91.564	88.69	89.567	85.697	79.288	76.333	73.566
4	94.686	94.892	92.263	95.746	86.776	85	85.488	85	78.173	75.384	68.968
5	93.341	91.206	88.011	83.388	81.943	82.292	85	85	79.475	73.605	68.345
6	91.338	91.43	85.483	81.976	80	79.382	83.673	83.587	78.716	74.68	69.715
7	93.59	94.193	88.744	85.252	79.196	75.157	77.864	77.977	74.946	71.33	68.377
8	95	95	93.985	89.173	80.141	73.186	70.818	71.348	71.148	67.404	65.725
9	95	95	94.204	86.986	80.441	75.103	70.143	66.776	65.864	64.032	61.158
10	93.043	93.088	92.302	86.989	81.46	77.736	71.416	66.75	62.21	60	57.393
11	89.103	89.444	89.44	86.375	80	75.341	70	65	64.258	61.577	59.71
12	86.168	85.972	85.112	85	80.525	75.126	71.608	71.588	68.469	66.582	64.578
13	86.247	85	85	85	82.616	77.615	76.727	76.485	74.002	72.242	69.818
14	85	81.87	83.692	85	85	82.624	81.386	81.264	80.665	78.179	75.18
15	85	81.209	80.664	83.27	85	85	86.771	86.834	85	83.769	79.124
16	85.259	83.07	80	80	82.104	85.801	89.578	90	85	83.615	80.204

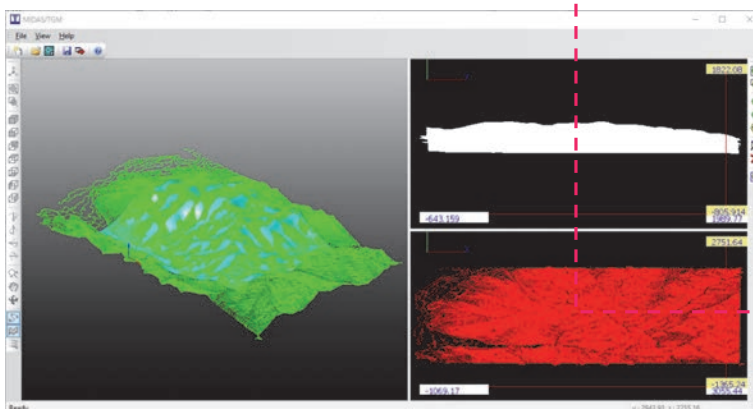
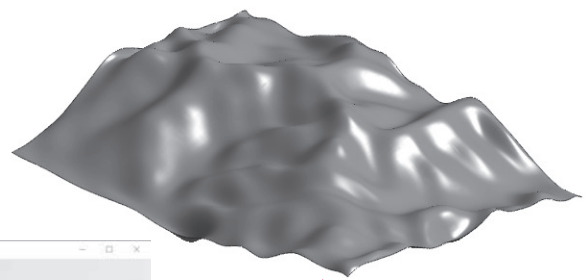
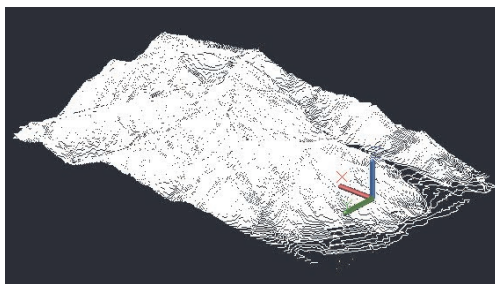


37

3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

等高線での地表面作成



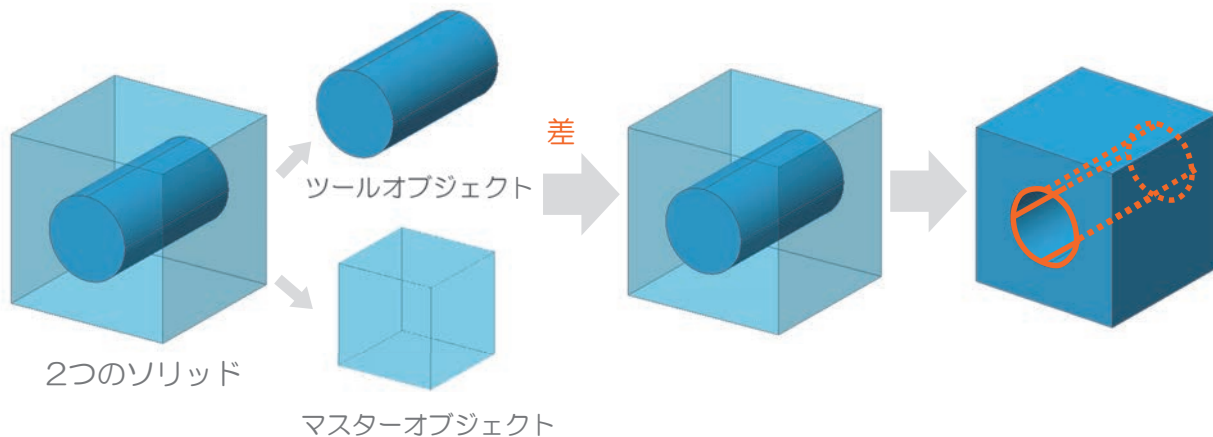
38

3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

ソリッド(ブーリアン演算) 3D形状編集

差：ソリッド内部に別のソリッド形状を削る機能

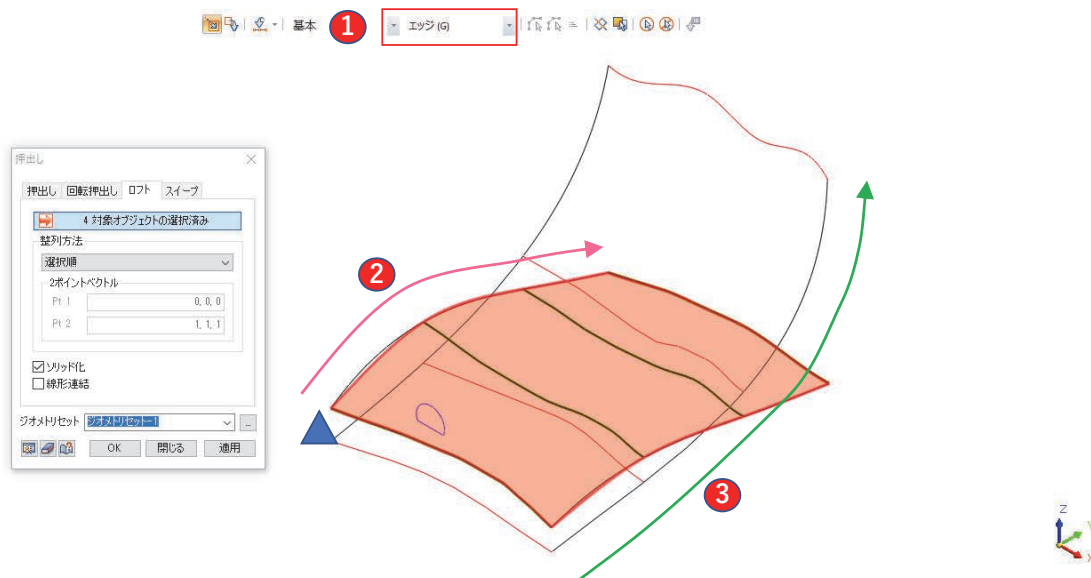


39

体験：3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- ファイルを開く：2_3D地盤形状.gts
- ジオメトリ→ロフト

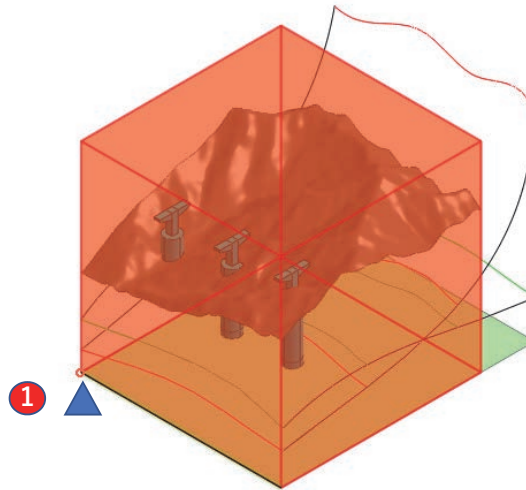


40

体験：3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ジオメトリ→ボックス

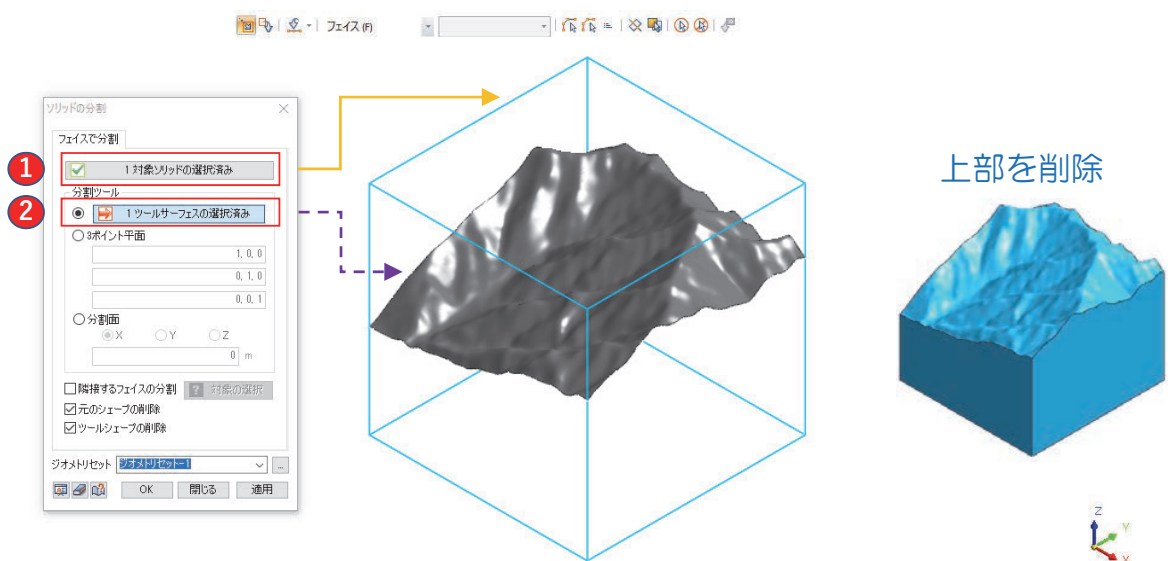


41

体験：3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ジオメトリ→分割→ソリッド

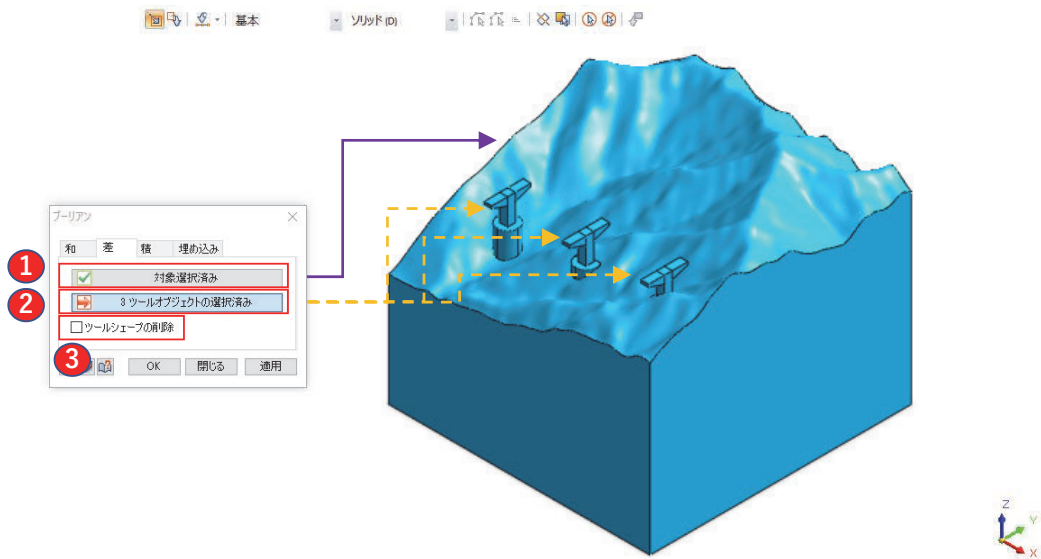


42

体験：3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

• ジオメトリ→ブーリアン→ソリッド

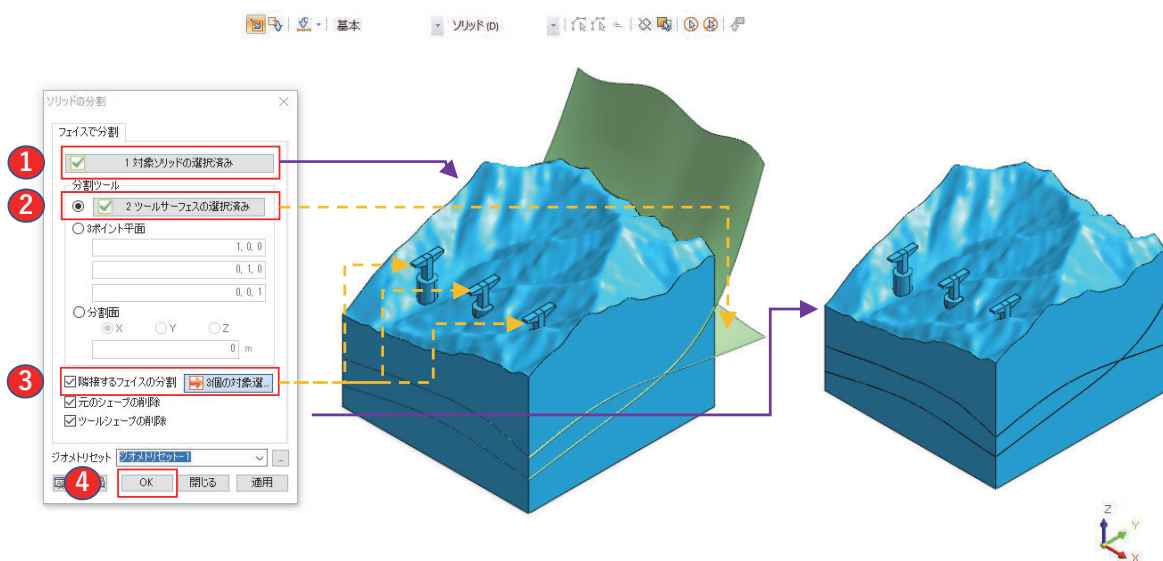


43

体験：3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

• ジオメトリ→分割→ソリッド

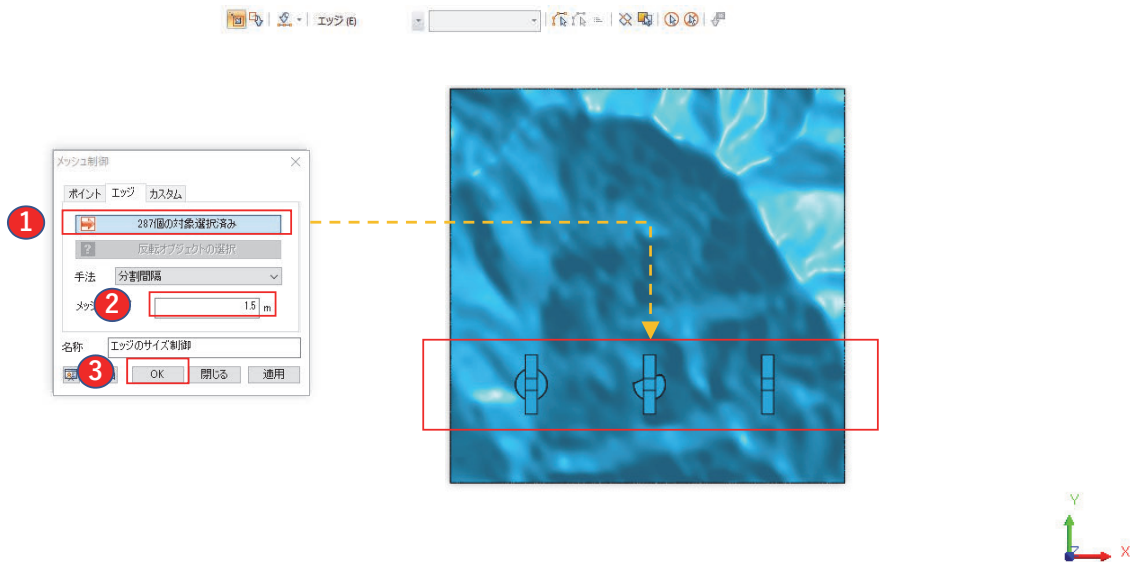


44

体験:3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- メッシュ→サイズ指定 1.5m

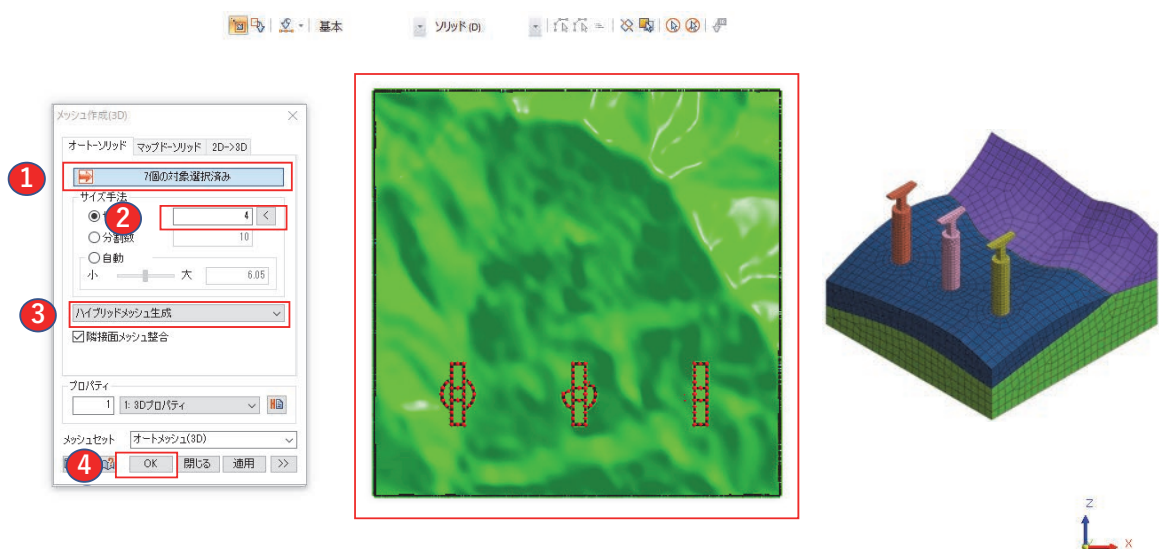


45

体験:3次元モデリング

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- メッシュ→3D



- 3Dメッシュで分割できない場合、2D→3D機能を利用

46

Session.3

2次元浸透・圧密・斜面解析への
適用方法

浸透流解析

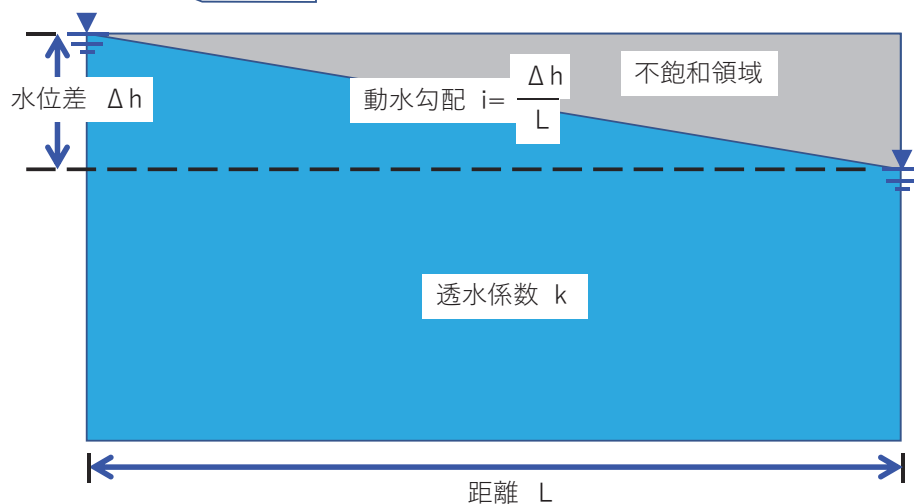
- 浸透現象 → ダルシーの法則

浸透流速：

圧力水頭部

位置水頭部

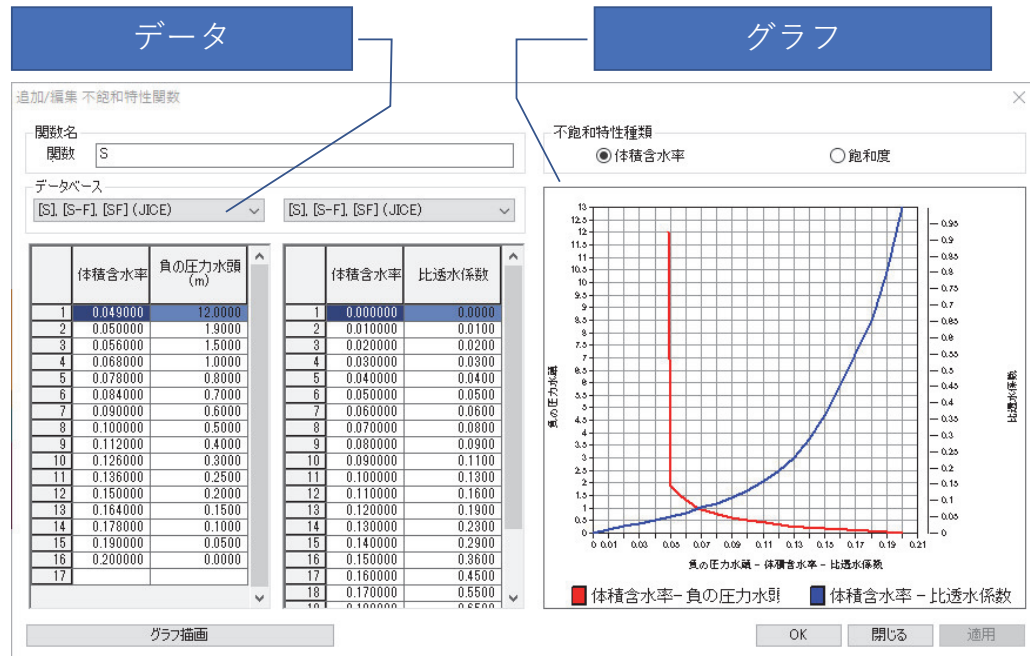
$$\frac{1}{\gamma_w} \nabla^T (\mathbf{k} \nabla p) - \nabla^T (\mathbf{k} \mathbf{n}_g) = \left(S \frac{\partial n}{\partial p} + n \frac{\partial S}{\partial p} \right) \frac{\partial p}{\partial t}$$



浸透流解析の設定

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・不飽和特性の設定

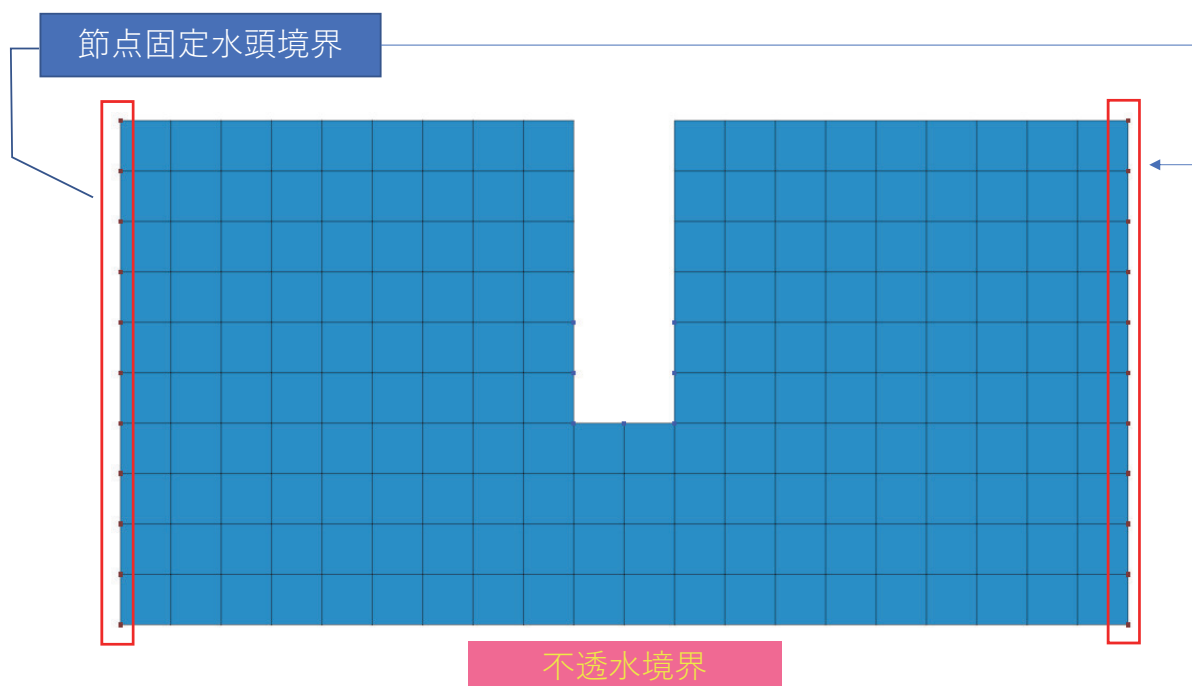


49

浸透流解析の設定

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・浸透の境界条件



50

体験：浸透流解析

• ステップ (1/9)

2Dメッシュ

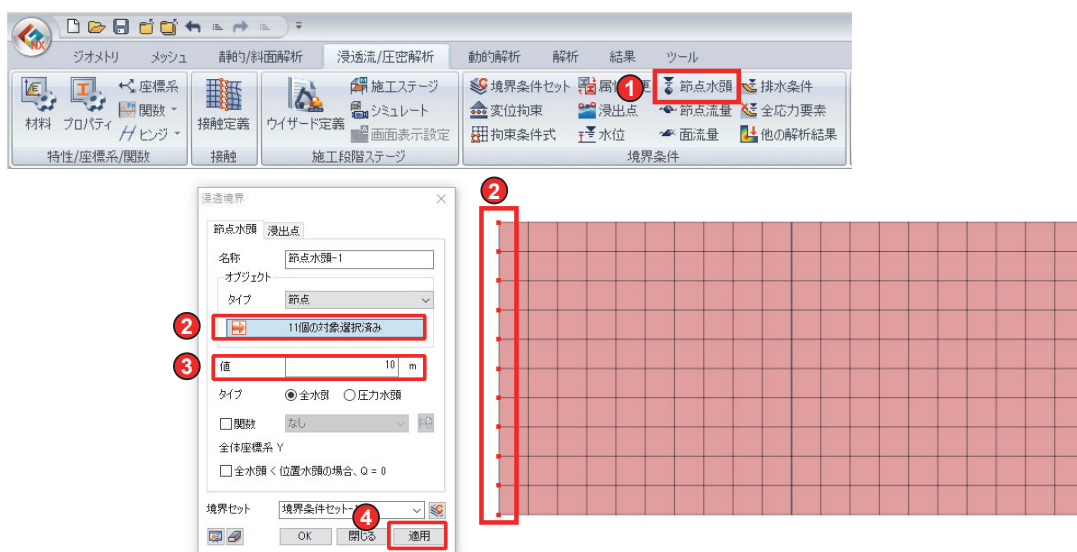


51

体験：浸透流解析

• ステップ (2/9)

水頭境界



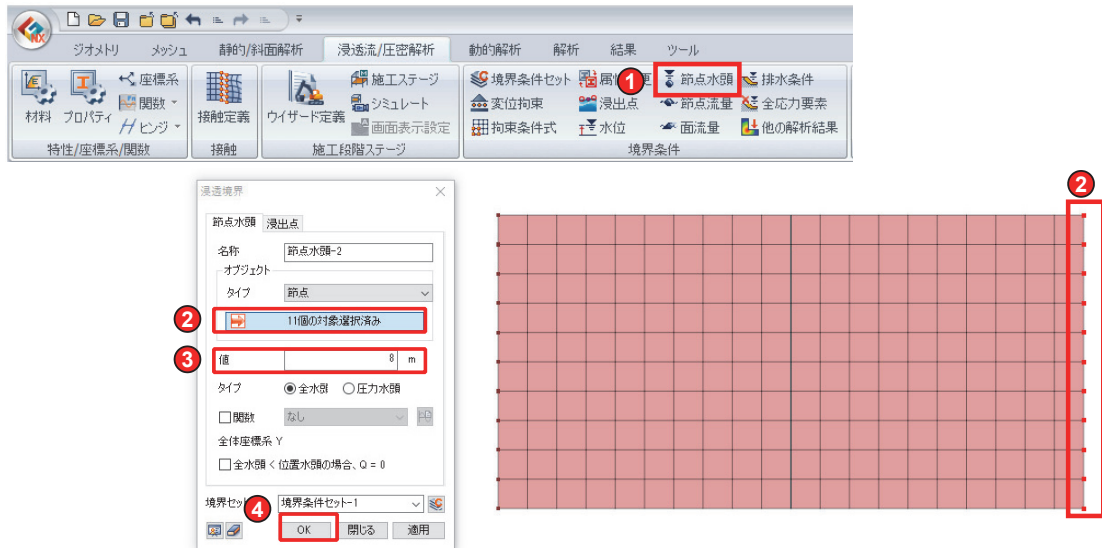
52

体験：浸透流解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ステップ (3/9)

水頭境界

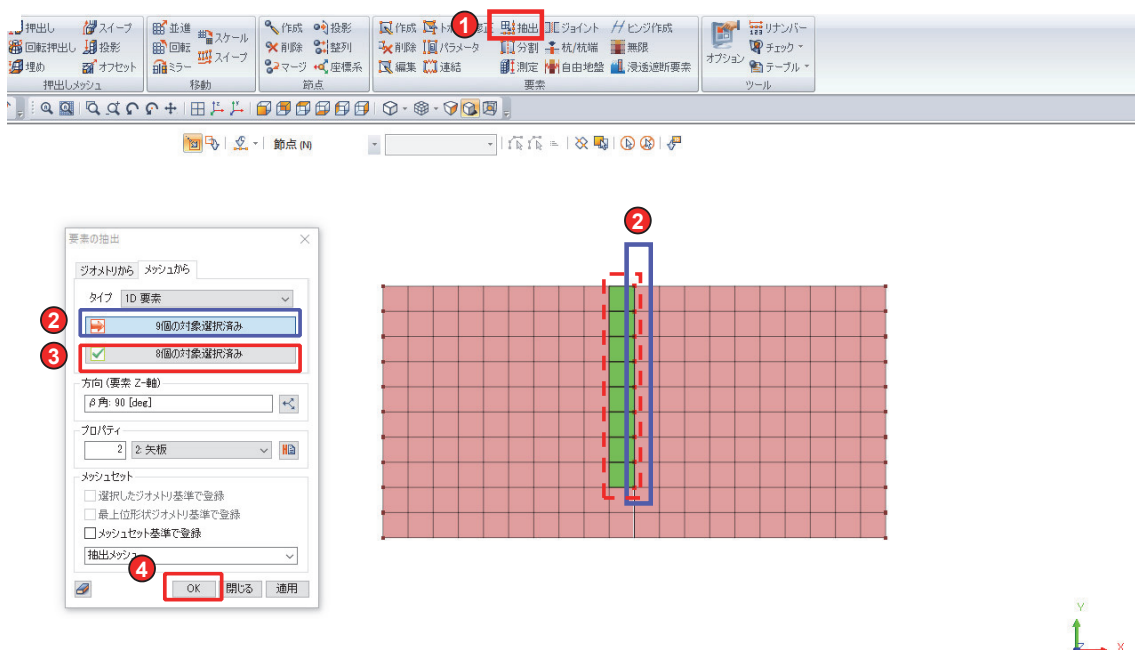


53

体験：浸透流解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ステップ (4/9) 矢板抽出

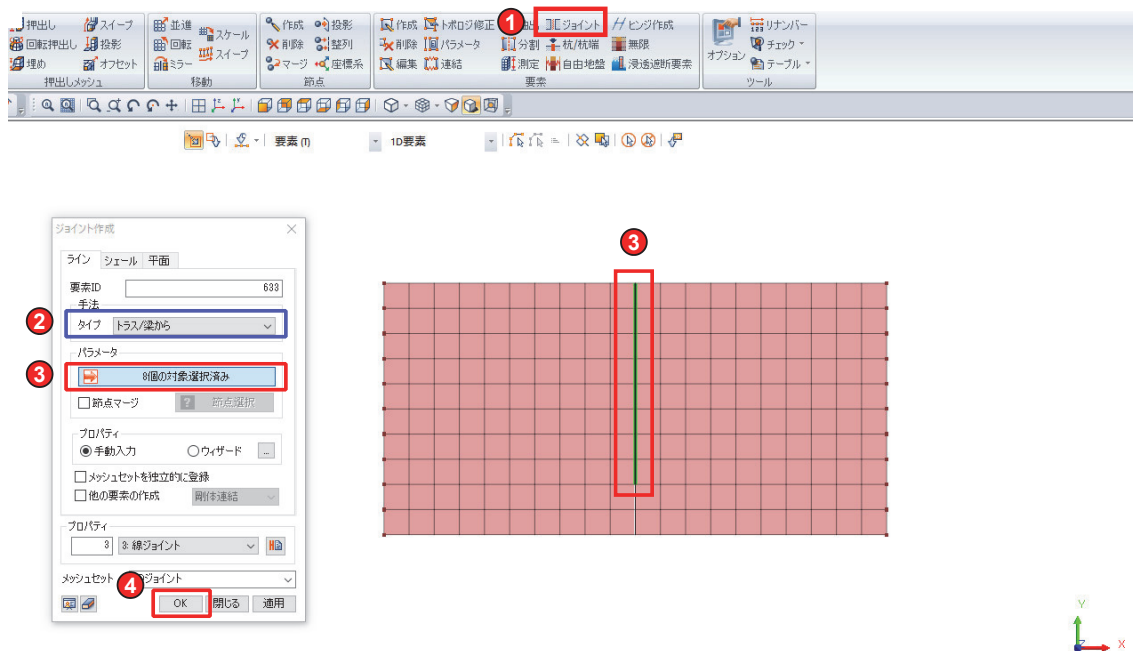


54

体験：浸透流解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ステップ (5/9) 矢板抽出



55

体験：浸透流解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ステップ (6/9)

解析ケース



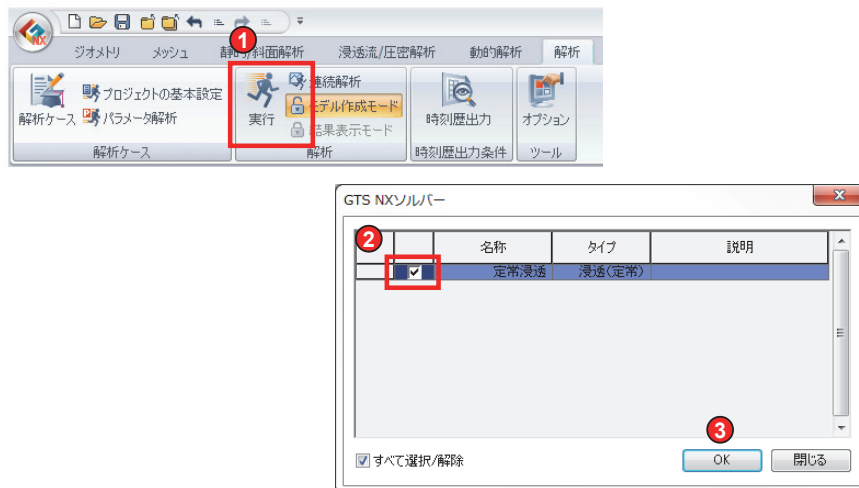
56

体験：浸透流解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ステップ (7/9)

解析実行

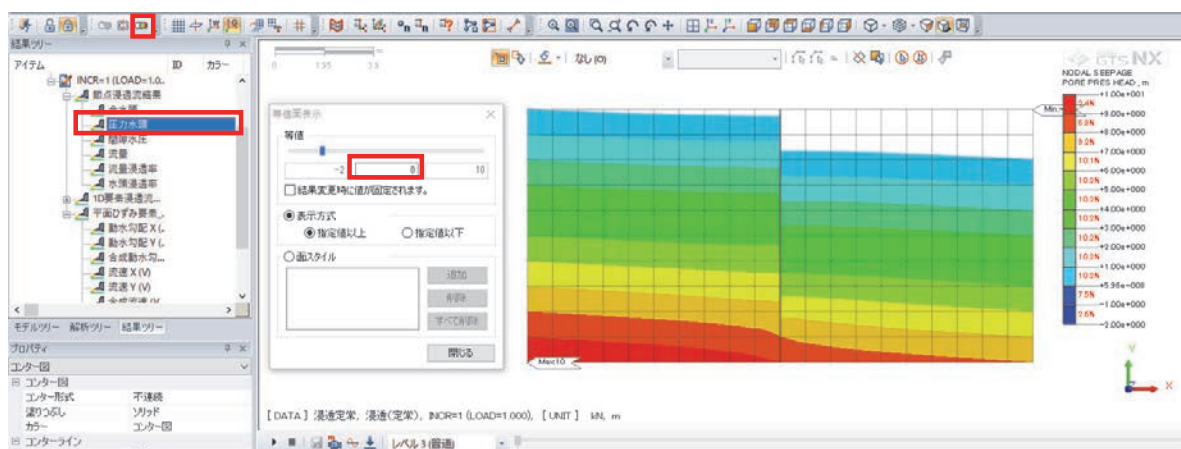


体験：浸透流解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ステップ (8/9)

結果の表示

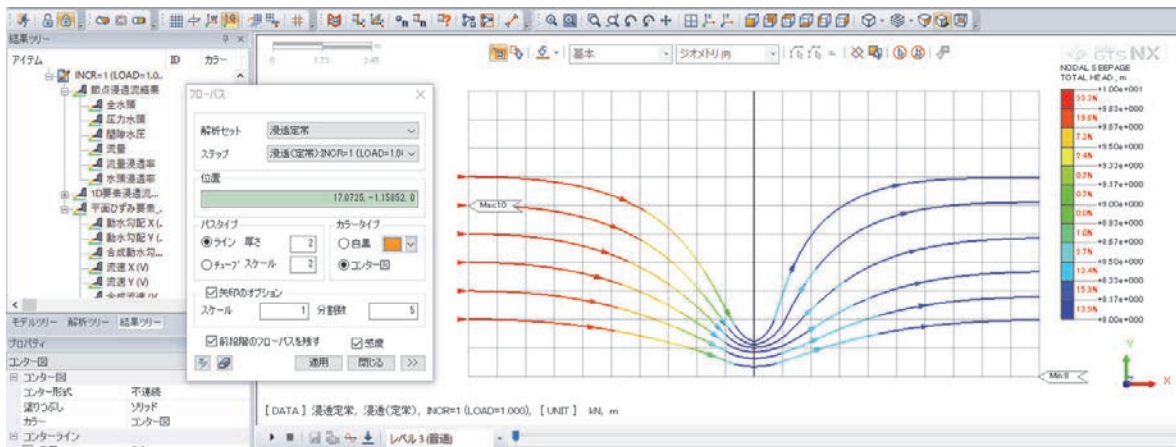


体験：浸透流解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ステップ (9/9)

結果の表示

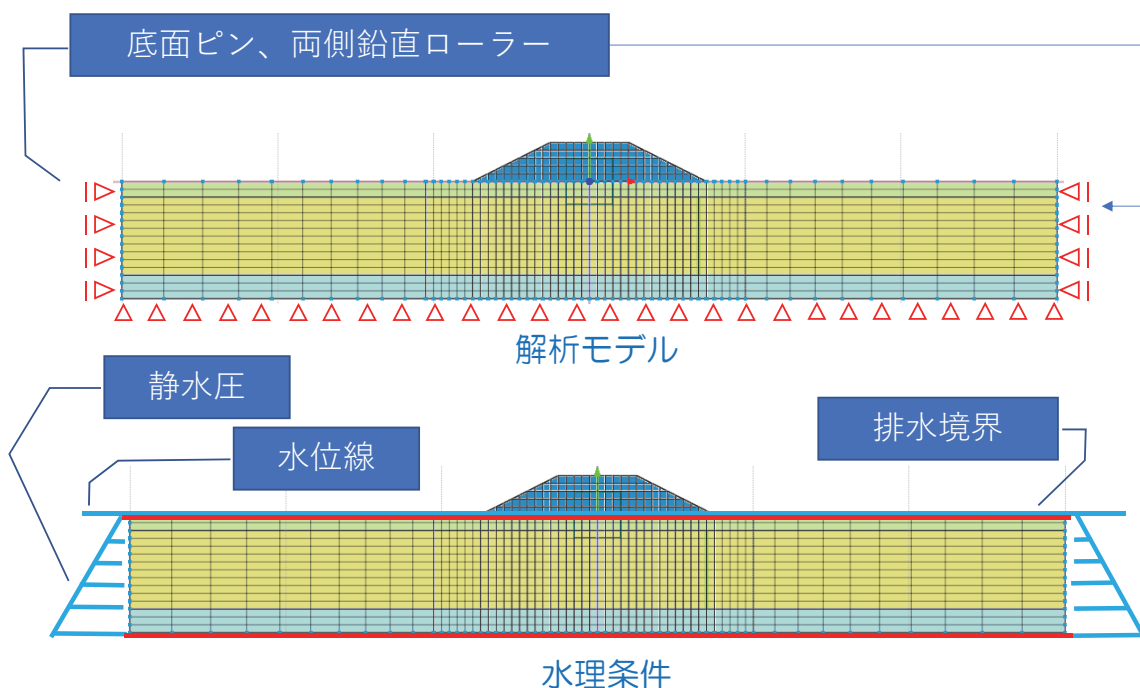


59

圧密解析の設定

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・圧密の境界条件

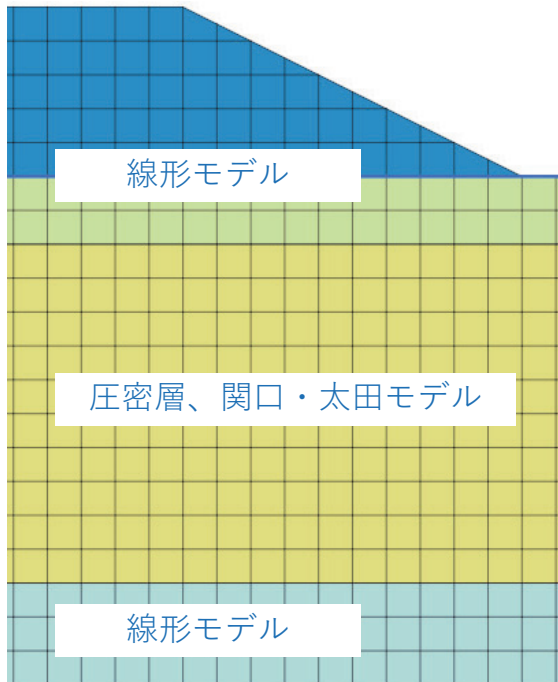


60

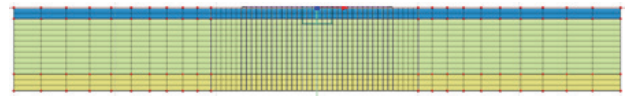
圧密解析の設定

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

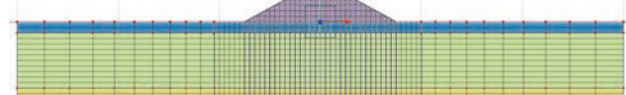
・時間の設定



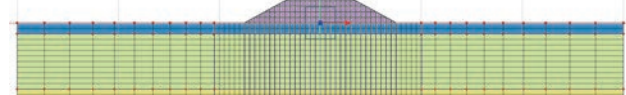
➤ 施工段階ステージ1：初期応力解析(0.001日)



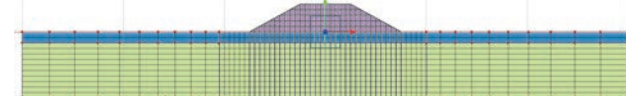
➤ 施工段階ステージ2：盛土(30日)



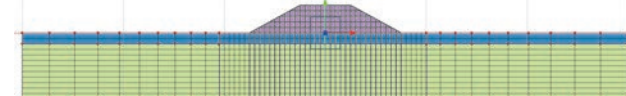
➤ 施工段階ステージ3：放置期間(90日)



➤ 施工段階ステージ4：放置期間(80日)



➤ 施工段階ステージ5：放置期間(1,800日)



61

体験：圧密解析

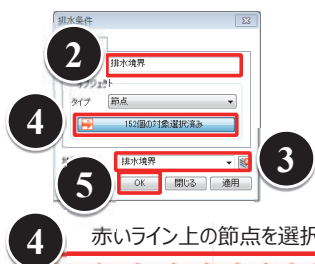
2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・排水境界の追加

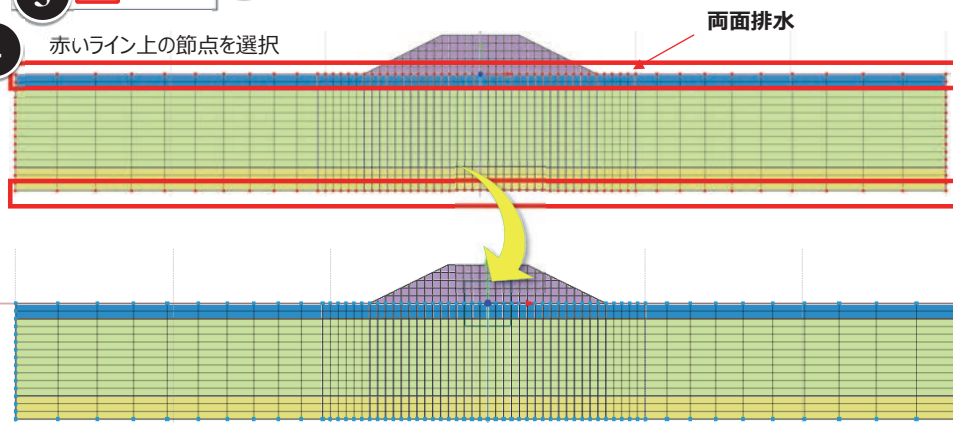


排水境界

■ 両面排水の場合、モデルの上下に設定



4 赤いライン上の節点を選択

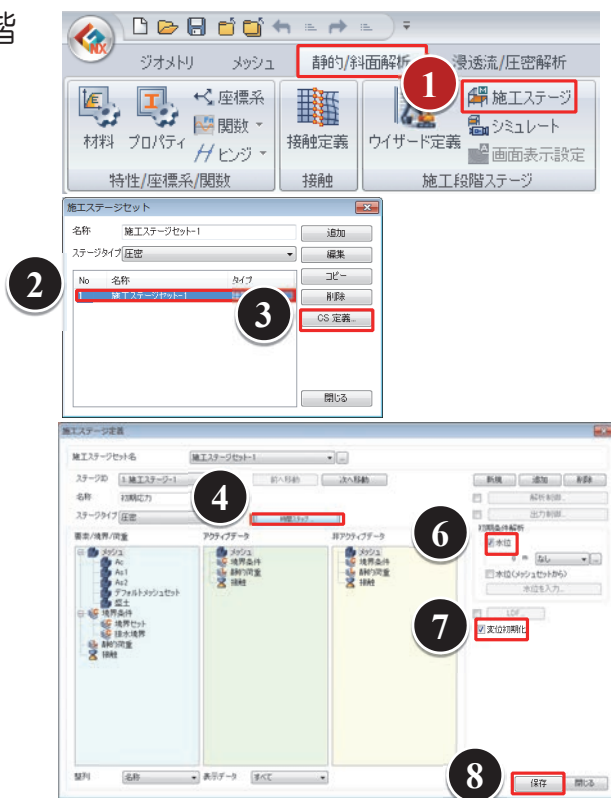


62

体験：圧密解析

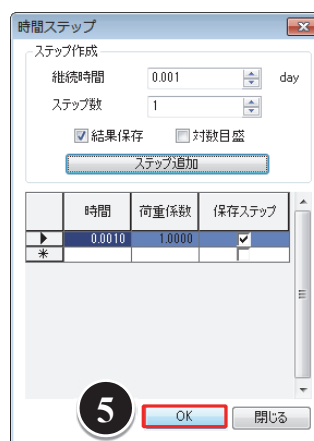
2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・ 施工段階



🎧 時間ステップ数

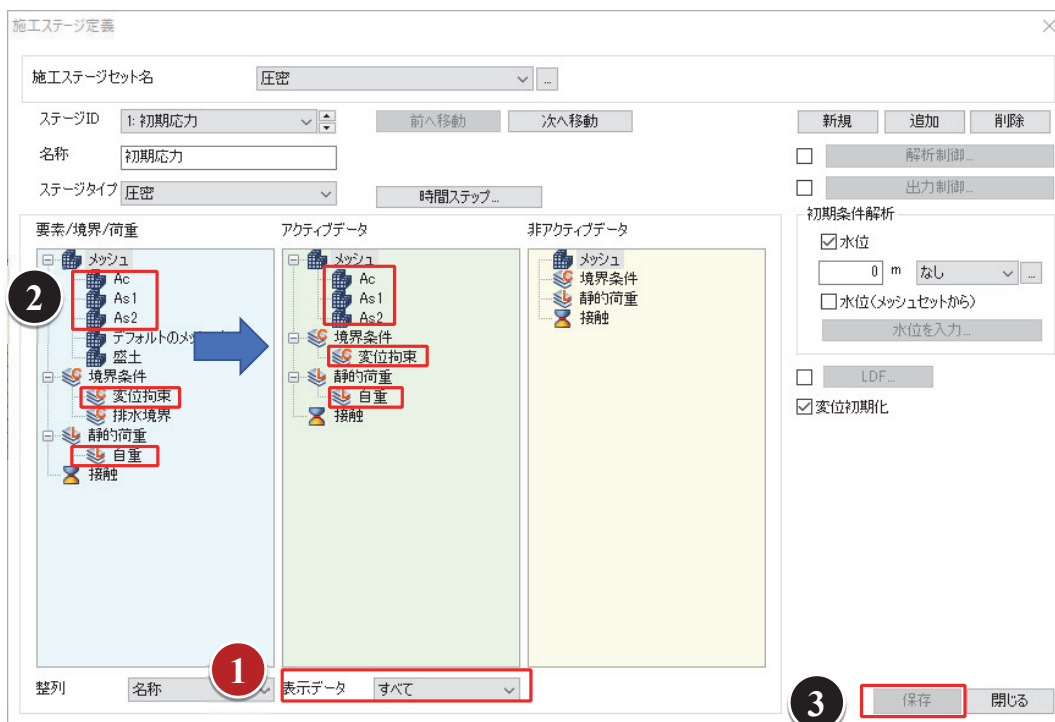
- 収束計算がうまくいかない場合は、時間ステップ数を増やして計算する
- 初期応力解析段階では、透水係数による計算を行わないため、期間を0.001にする



体験：圧密解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

• 施工段階

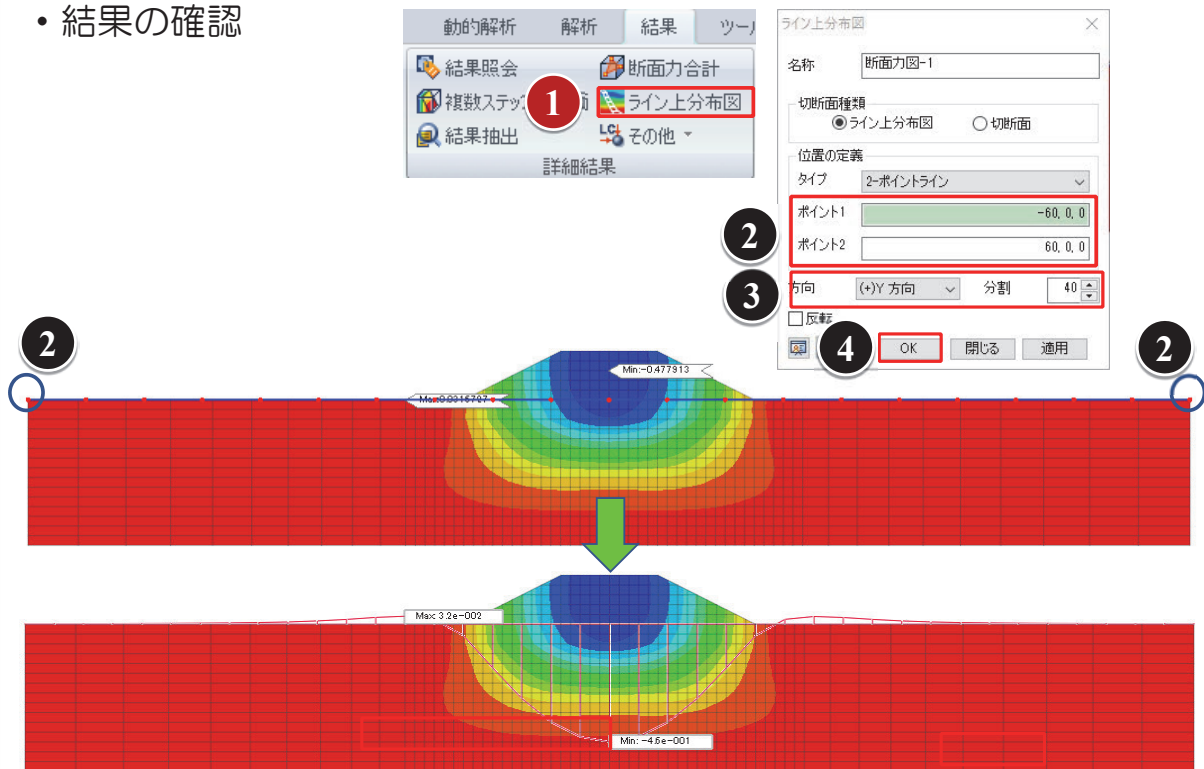


64

体験：圧密解析

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

・結果の確認

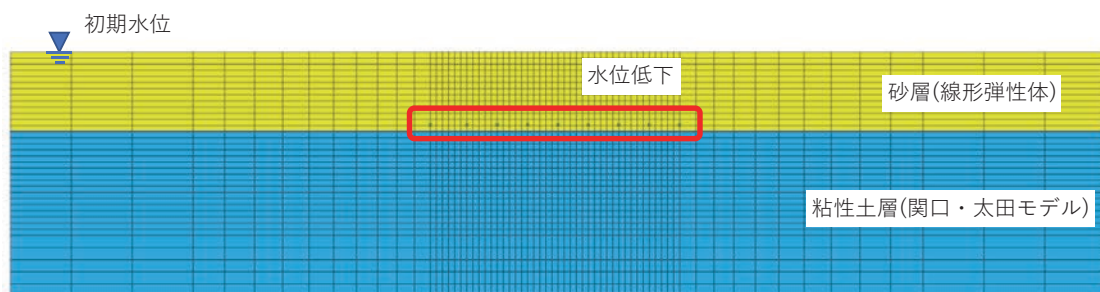


65

土・水完全連成解析例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- ・地下水位低下による圧密解析
 - ・帯水層での水位低下
 - ・有効応力の増加による圧密進行



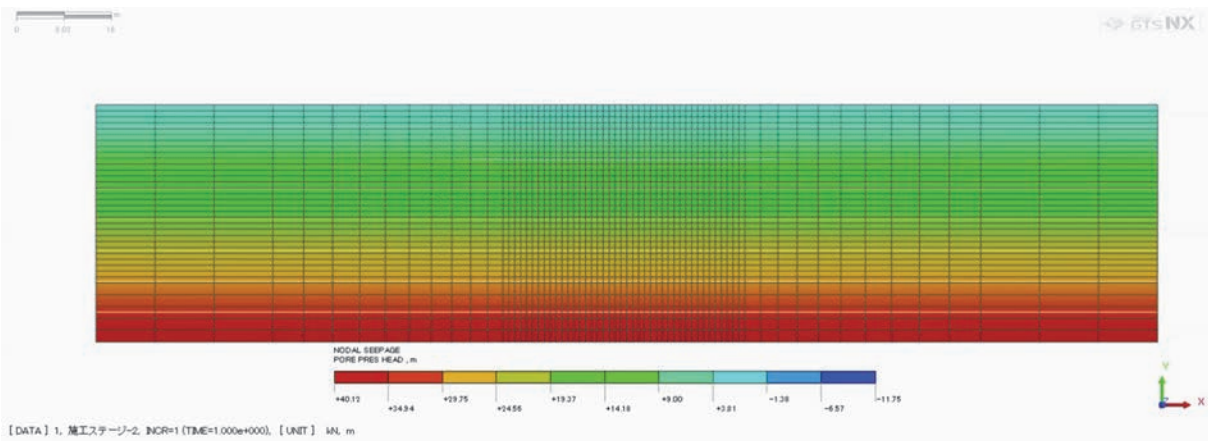
解析モデル図

66

土・水完全連成解析例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 地下水位低下による圧密解析



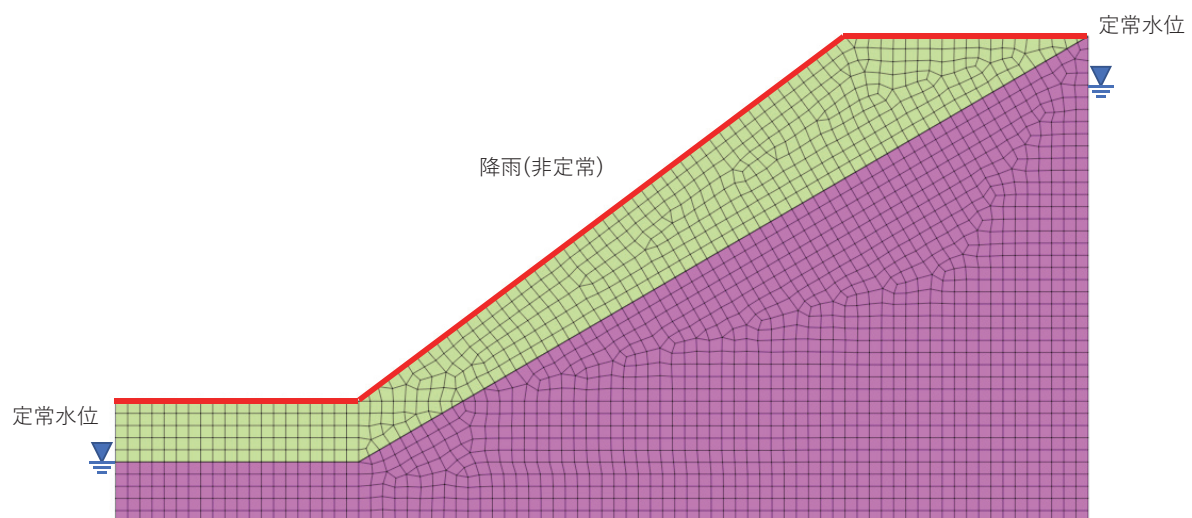
変形+圧力水頭分布図アニメーション

67

斜面安定解析(せん断強度低減法)例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 有限要素法による斜面安定解析
 - 地盤のせん断強度(c 、 ϕ)を徐々に下げることにより地盤内の塑性域が拡大していく



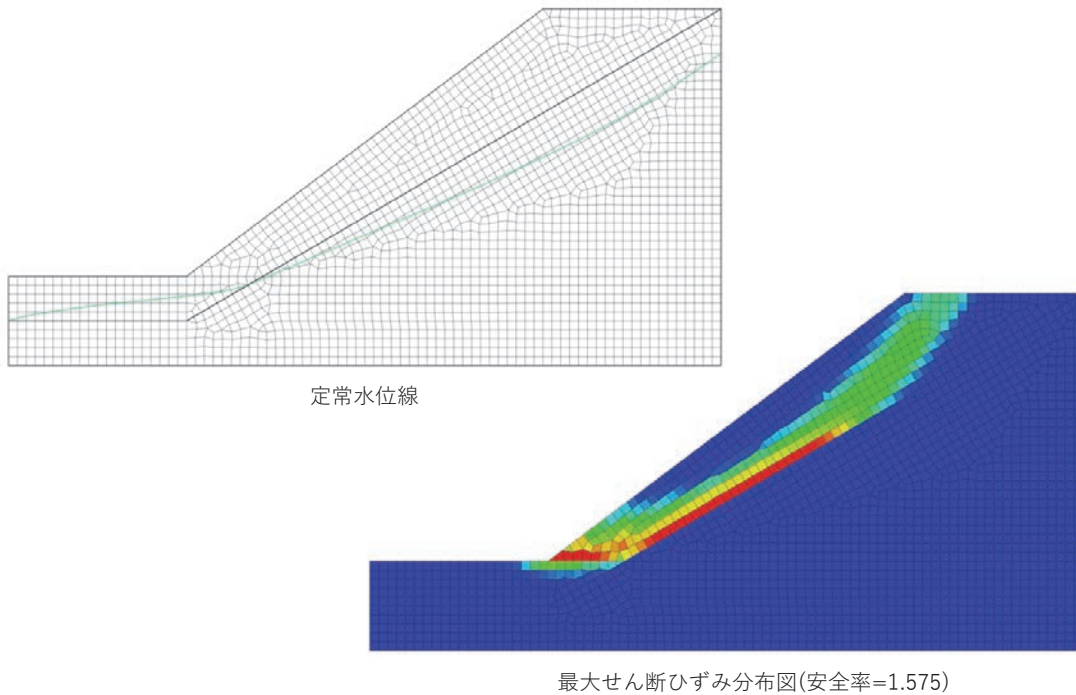
解析モデル図

68

斜面安定解析(せん断強度低減法)例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 有限要素法による斜面安定解析

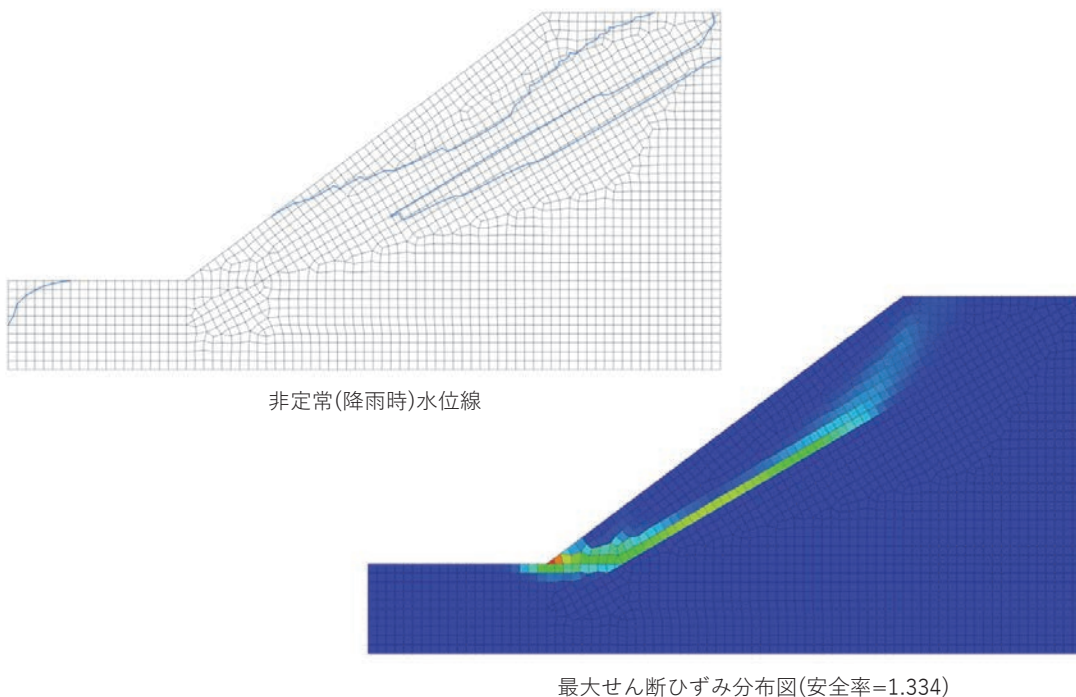


69

斜面安定解析(せん断強度低減法)例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 有限要素法による斜面安定解析

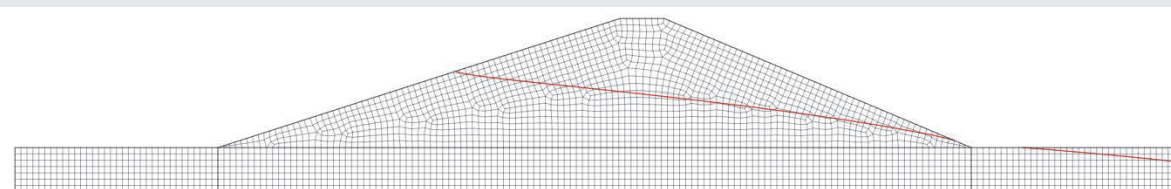
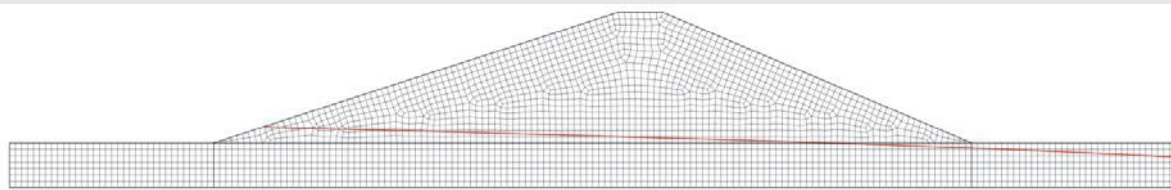


70

斜面安定解析(せん断強度低減法)例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 有限要素法による斜面安定解析



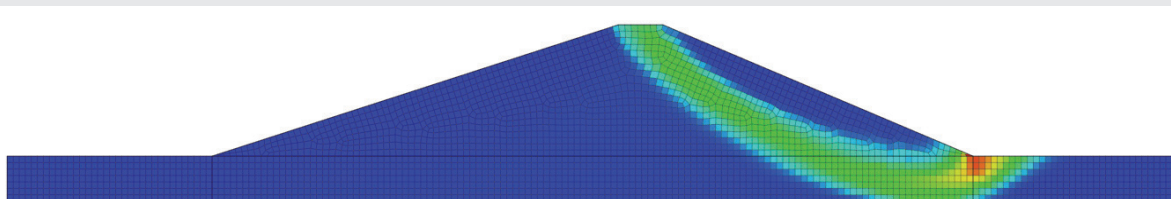
水位線

71

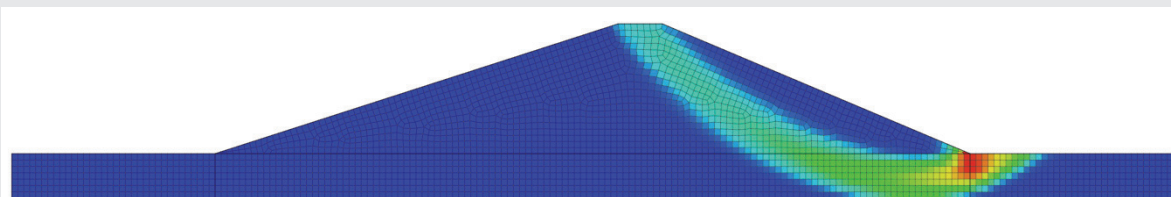
斜面安定解析(せん断強度低減法)例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 有限要素法による斜面安定解析



安全率=2.48



安全率=2.09

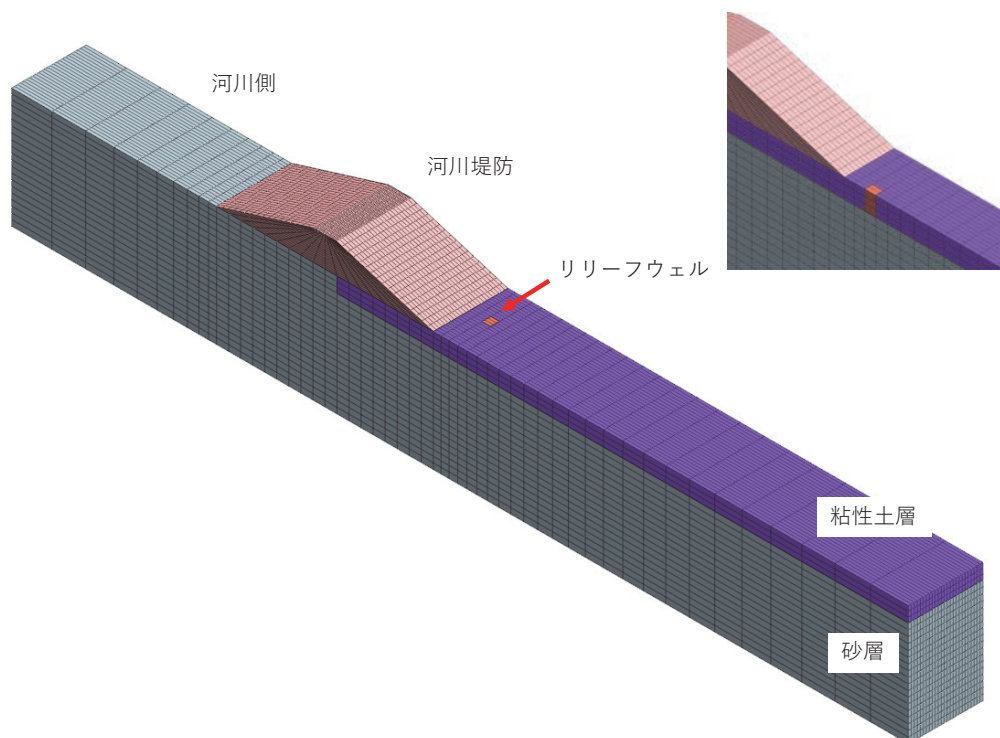
最大せん断ひずみコンター図

72

Session.4

3次元浸透・圧密・斜面解析 への適用方法

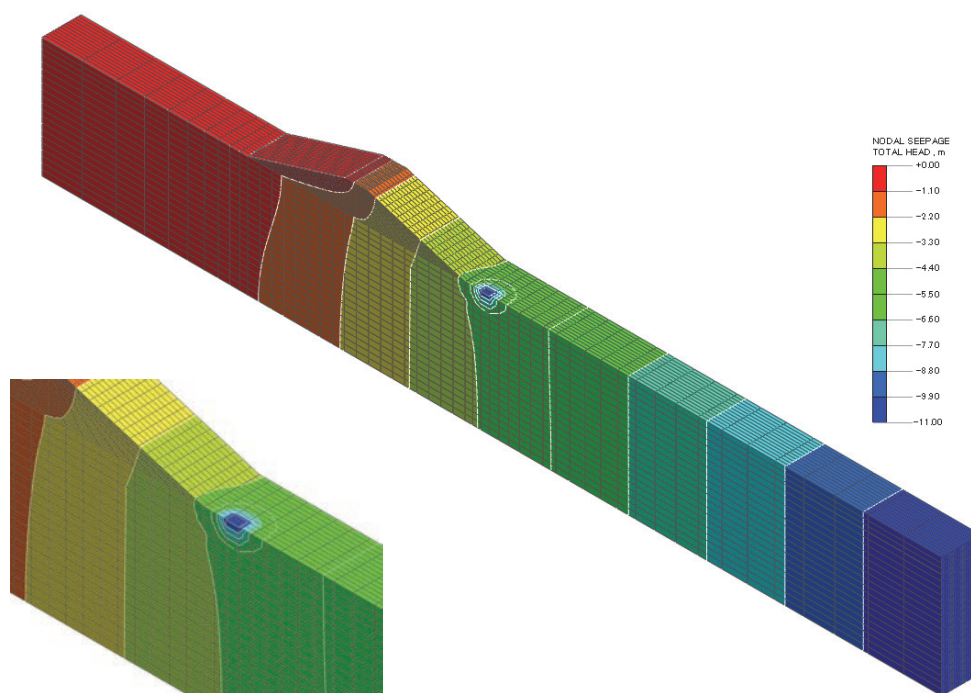
3次元浸透流解析例



解析モデル図

3次元浸透流解析例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar



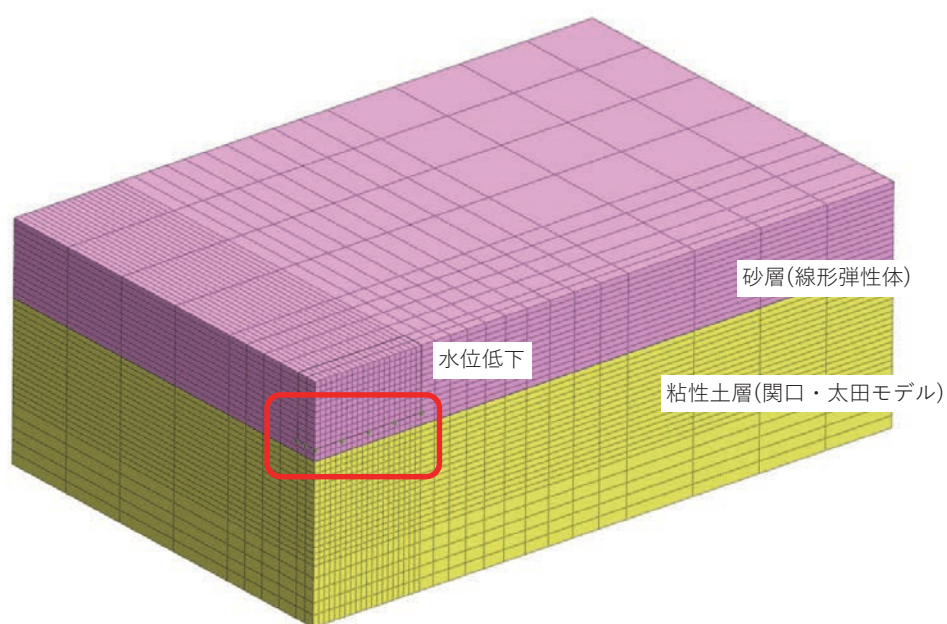
全水頭コンター図

75

3次元土・水完全連成解析例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 地下水位低下による圧密解析

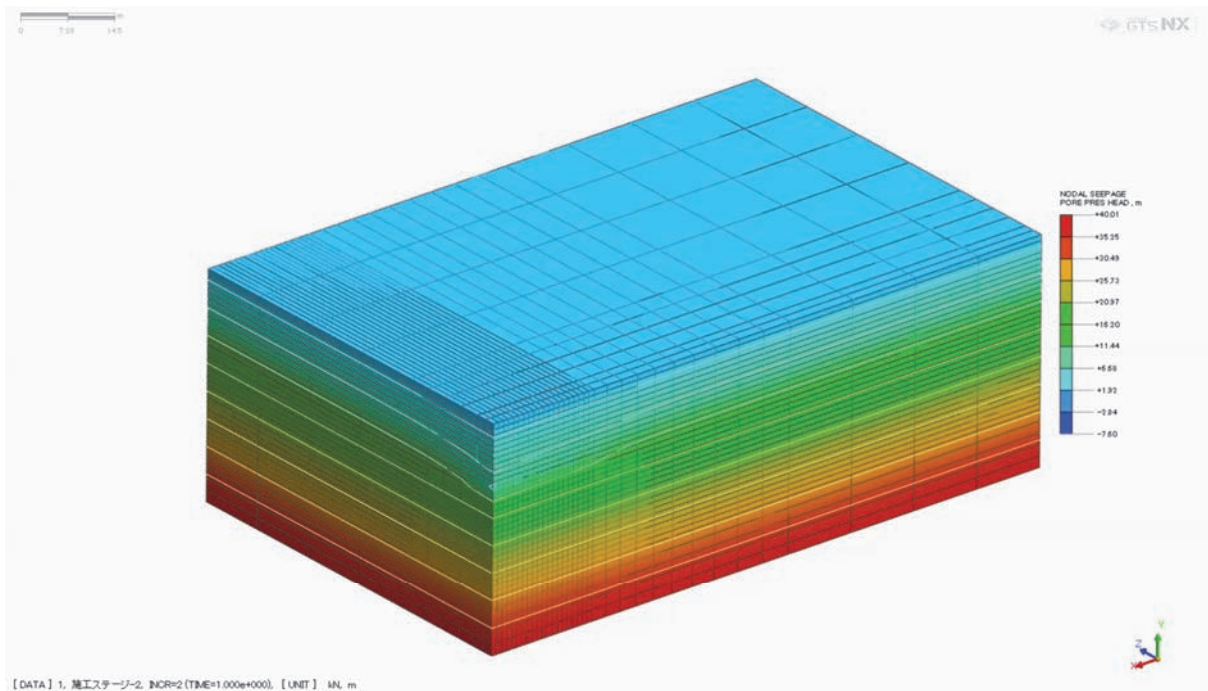


76

3次元土・水完全連成解析例

2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 地下水位低下による圧密解析

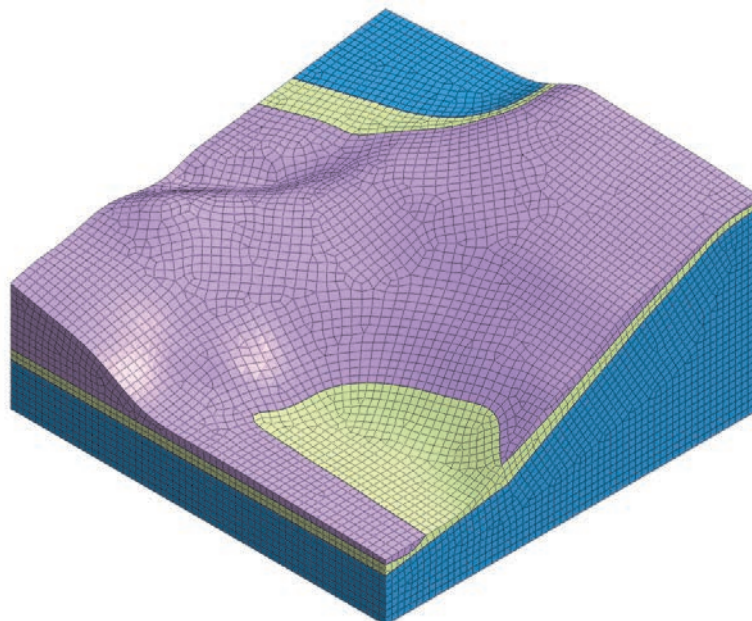


77

斜面安定解析(せん断強度低減法)

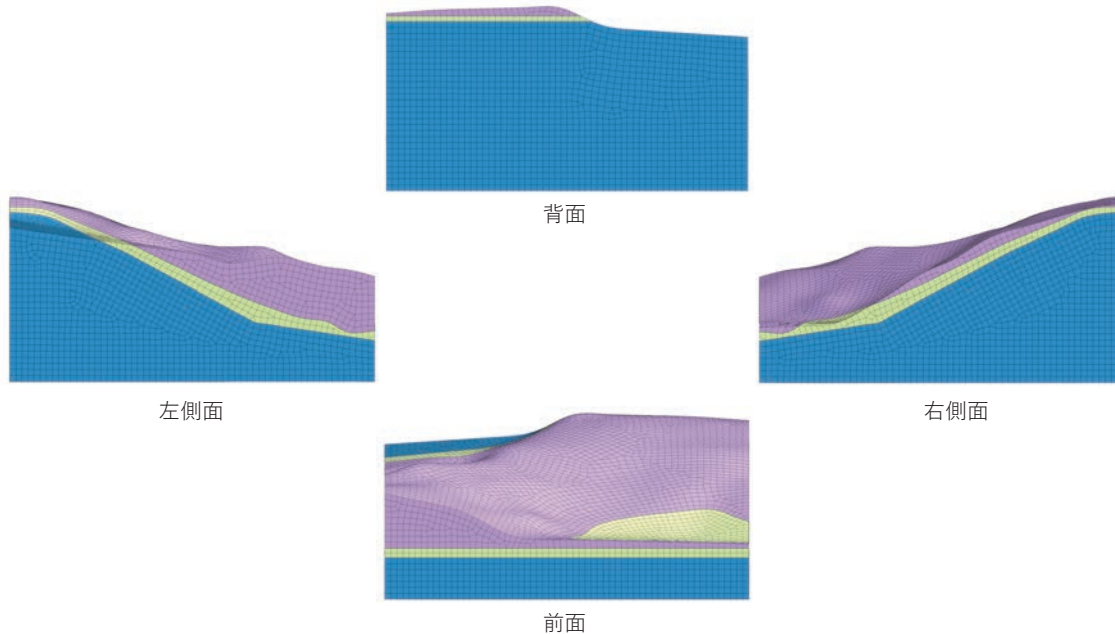
2018 MIDAS Construction Technical Education Seminar

- 有限要素法による斜面安定解析
 - 地盤のせん断強度(c 、 ϕ)を徐々に下げることにより地盤内の塑性域が拡大していく



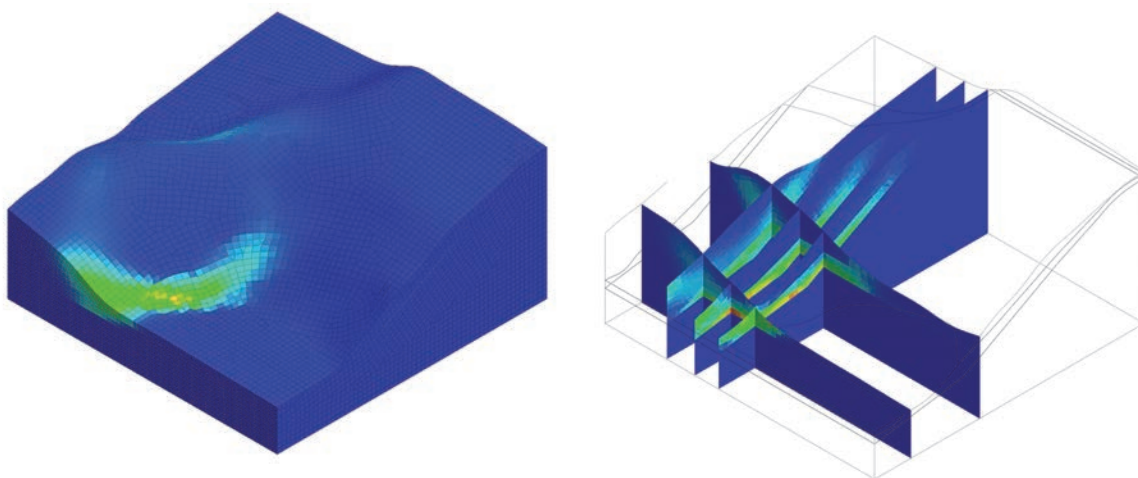
斜面安定解析(せん断強度低減法)

- 有限要素法による斜面安定解析
 - 地盤のせん断強度(c 、 ϕ)を徐々に下げることにより地盤内の塑性域が拡大していく



斜面安定解析(せん断強度低減法)

- 有限要素法による斜面安定解析
 - 地盤のせん断強度(c 、 ϕ)を徐々に下げることにより地盤内の塑性域が拡大していく



最大せん断ひずみ分布図



ご清聴、
ありがとうございました。

MIDAS CONSTRUCTION
TECHNICAL EDUCATION SEMINAR



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7階
Tel: 03-5817-0787 | Fax: 03-5817-0784 | E-mail: g.support@midasit.com

<http://jp.midasuser.com/geoteh/>