

2019 MIDAS CONSTRUCTION
TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

有限要素法による トンネル掘削・近接施工・斜面の解析

MIDAS



WE WILL CHANGE THE WORLD

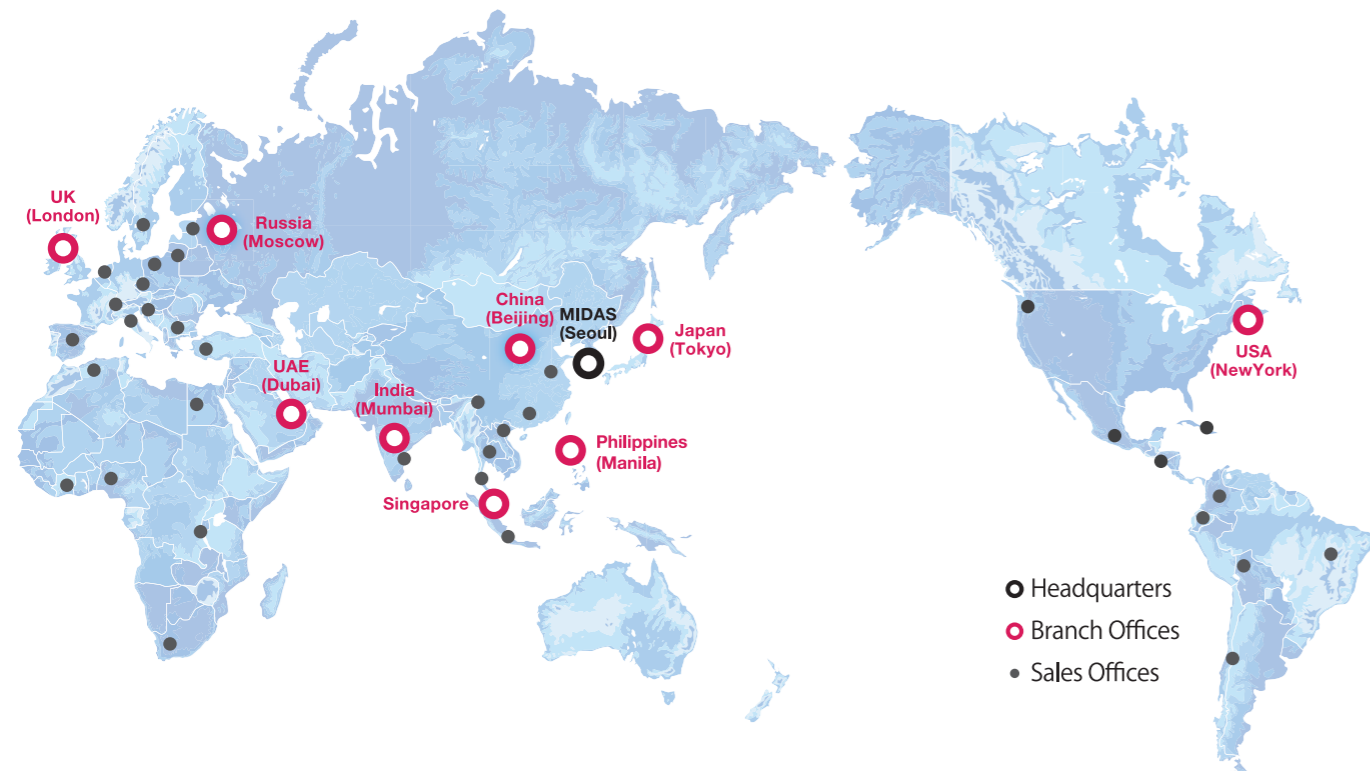
The World's Best
Total Engineering Solution
Provider & Service Partner

建設業界 **No.1**

現地法人 **9**

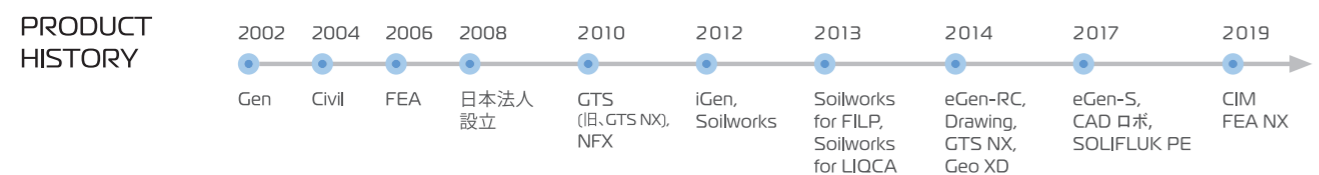
海外代理店 **35**

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、現在は土木/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、建築分野から土木/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)にかけて、多分野で活用されるまでに成長しました。



2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

Session.1
3次元地盤のモデリング方法

Session.2
トンネル掘削解析の適用方法

Session.3
近接施工解析の適用方法

Session.4
斜面解析の適用方法

2019 MIDAS
CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR



有限要素法による トンネル掘削解析・近接施工解析・斜面解析

ミダスアイティジャパン 廣瀬 栄樹

2019 MIDAS
CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR



AGENDA

Session.1

3次元地盤のモデリング方法

Session.2

トンネル掘削解析の適用方法

Session.3

近接施工解析の適用方法

Session.4

斜面解析の適用方法

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

Introduction
GTS NXについて

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！！

プログラム	形状分割速度
既存	20秒(38個、失敗)
GTS NX	5秒(100%成功)

プログラム	形状分割速度
既存	39秒(5個、失敗)
GTS NX	22秒(100%成功)

プログラム	形状分割速度
既存	89秒(成功)
GTS NX	1秒未満(100%成功)

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

解析の次元の選択

次元を意識しないモデリング

2D形状

3D形状から2D形状

2D地盤FEM解析

3D地盤FEM解析

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

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

176秒	78%	↓	39秒
GTS			

ソリッド	要素	節点
142個	195万個	34万個

326.5秒	93%	↓	21.7秒
GTS			

ソリッド	要素	節点
62個	11万個	16万個

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

メッシュモデリング - 高品質メッシュ

ハイブリッドメッシュ

6面体要素
ピラミッド要素
4面体要素
プリズム要素

4面体要素
ピラミッド要素
(6面体-4面体の連結)
6面体要素

4面体メッシュ(3角形表面) ハイブリッドメッシュ(4角形表面)

[ハイブリッドメッシュのメッシュ構成/分布]

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 8

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

Session.1

3次元地盤のモデリング方法

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

解析機能

midas GTS NX

- 地盤変形解析
 - 線形/非線形解析
 - 弾塑性解析
 - 施工段階解析
- 完全連成解析
 - 真空圧密
 - 応力-浸透流完全連成解析
 - 応力-浸透流-斜面完全連成解析
- 圧密解析
 - 関口-太田モデル(弾塑性/粘弾塑性)
 - 修正Cam-Clay
- 浸透流解析
 - 定常/非定常、飽和/不飽和
- 斜面解析
 - せん断強度低減法及び極限つりあい法
 - 施工段階を考慮した斜面安定解析
- 等価線形解析
 - 1次元等価線形動解析(SHAKE コー)
 - 2次元等価線形動解析(FLUSH コー)
- 非線形動解析
- 等価線形動解析(2D)
- フレーム非線形/非線形動解析
 - フレーム非線形性考慮 (梁要素/ハネ要素の非線形性)
 - 修正R-O/修正H-D

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 9

モデリングの種類

ジオメトリ メッシング

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 11

解析作業の流れ

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 12

地表面の作成

国土地理院データでの地表面作成

.datを読み込む

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	82265	83891	88813	90007	85	86914	97239	92316	89211	86835	82683
2	81106	902	80374	95	85	92376	92696	88755	83523	8135	78186
3	93391	85	8485	91253	91584	8885	89597	89597	79286	78333	73866
4	94886	84892	92263	86746	86776	85	85488	85	76173	72384	68888
5	93341	81206	88201	82388	81843	82292	85	85	75475	71608	68246
6	81238	8145	85463	81376	80	79382	82823	83587	79216	7461	69215
7	9359	84193	88744	85282	79136	76167	77864	77377	74846	7133	68277
8	85	85	93885	88173	80141	73186	70818	71348	71148	67404	65723
9	85	85	94204	88286	80441	76103	70143	66775	66864	64031	61186
10	93043	93088	92302	86889	8146	77736	71416	6675	6321	60	57293
11	89103	89444	8944	86375	80	75341	70	65	64268	61577	5971
12	86186	86372	86112	85	83515	76726	71608	71568	68469	66592	64876
13	86247	85	85	85	82616	77815	76727	76486	74802	72242	69816
14	86	8187	83892	85	85	82824	81386	81264	80865	78178	7618
15	85	81208	80864	8327	85	85	86791	86834	85	83768	78124
16	85288	8207	80	80	82104	86805	89878	80	85	82618	80204

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 14

地表面・地層境界の作成

[電子地形図を用いた地表面の生成]

[ボーリング調査の情報を用いた3次元地層面の自动生成]

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 13

地表面の作成

等高線での地表面作成

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 15

ソリッドの演算処理

MIDAS

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

2つのソリッド

ツールオブジェクト

マスターオブジェクト

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 16

3次元モデリング(基本操作について)

MIDAS

マウス操作

- Rotation : マウスホイールボタンをクリックした状態でマウスを移動 (Ctrlキー+マウス左ボタン)
- Zoom In & Out : マウスホイールボタンを上下で操作 (Ctrlキー+マウス右ボタン)
- Pan : Ctrlキー+マウスホイールボタンをクリックした状態でマウスを移動

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 18

3次元モデリング(基本操作について)

MIDAS

GTS NX操作画面

リボンメニュー
ダブルクリックで格納/展開

モデルツリー
エンティティの一覧表示

プロパティウインドウ
エンティティの情報の表示

ツールバー
モデルの表示方法、回転/拡大など

モデルウインドウ
ジオメトリ、メッシュ、境界条件の表示

アウトプットウインドウ
メッセージの表示

[サブウインドウの作業画面]

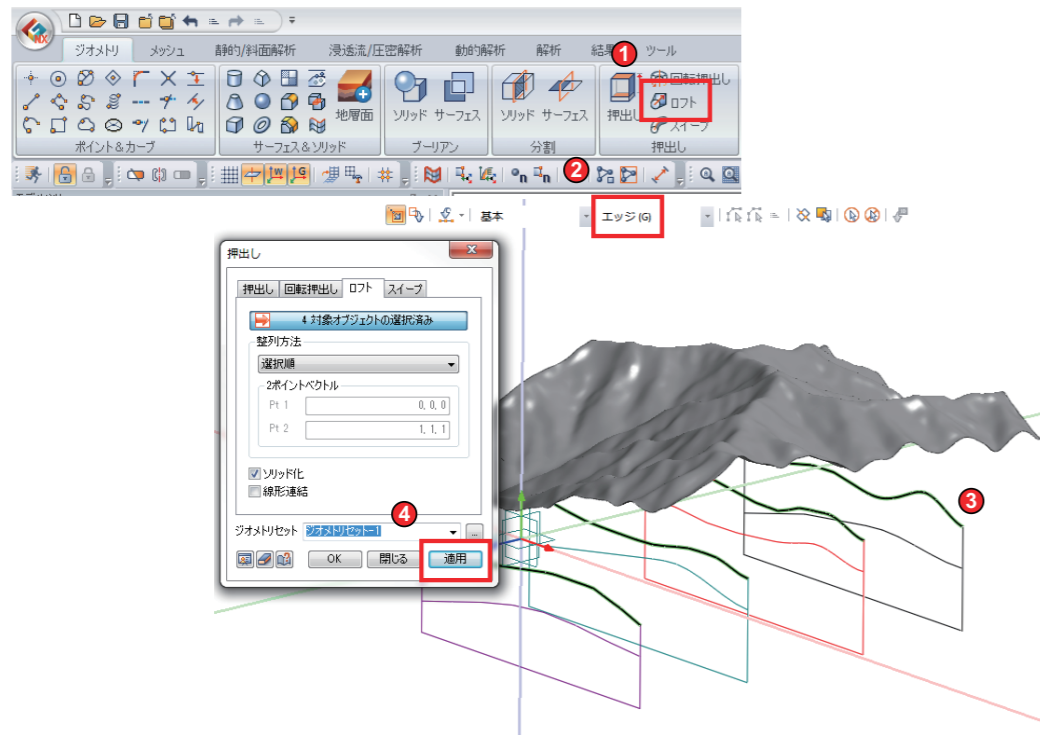
2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 17

3次元モデリング(手順1)

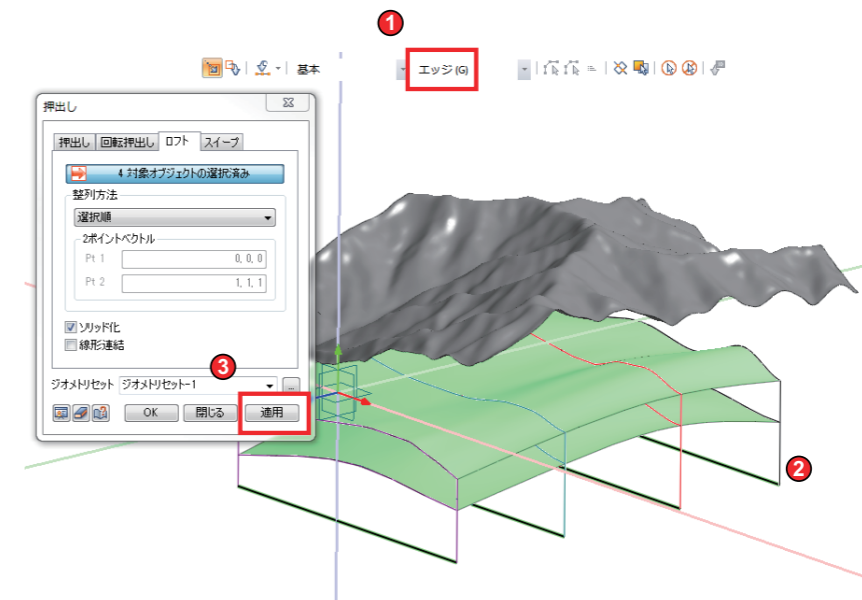
MIDAS

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 19

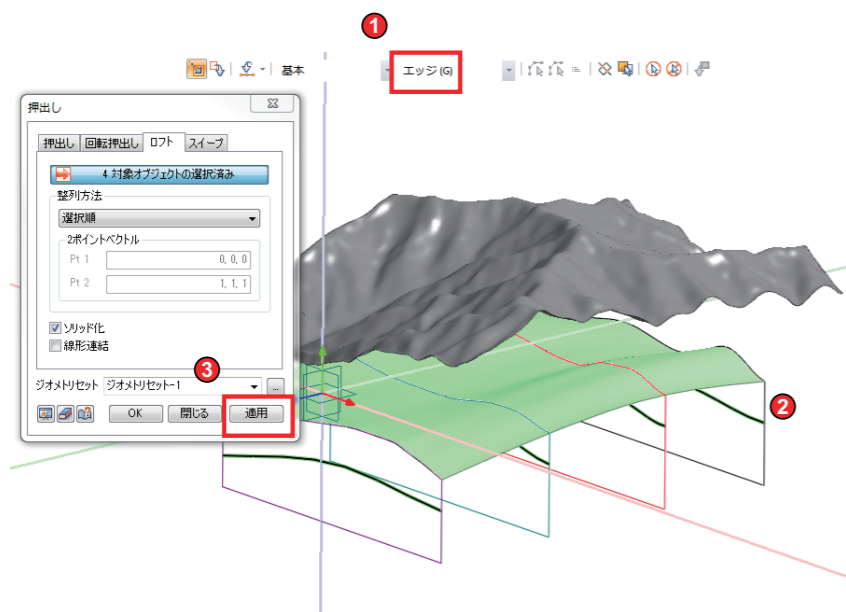
3次元モデリング(手順2)



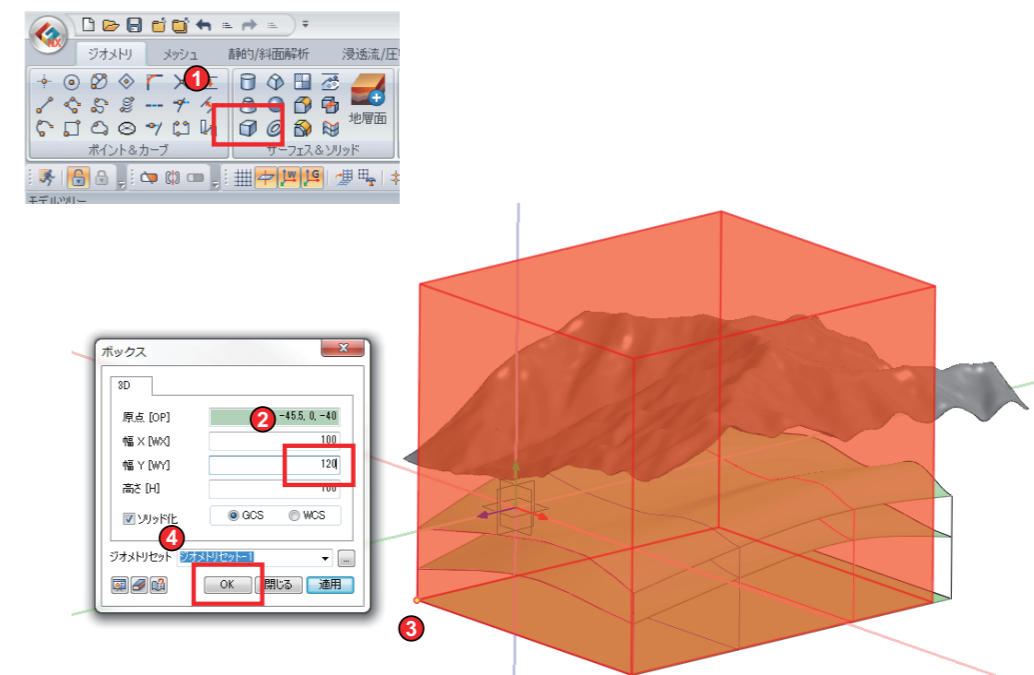
3次元モデリング(手順4)



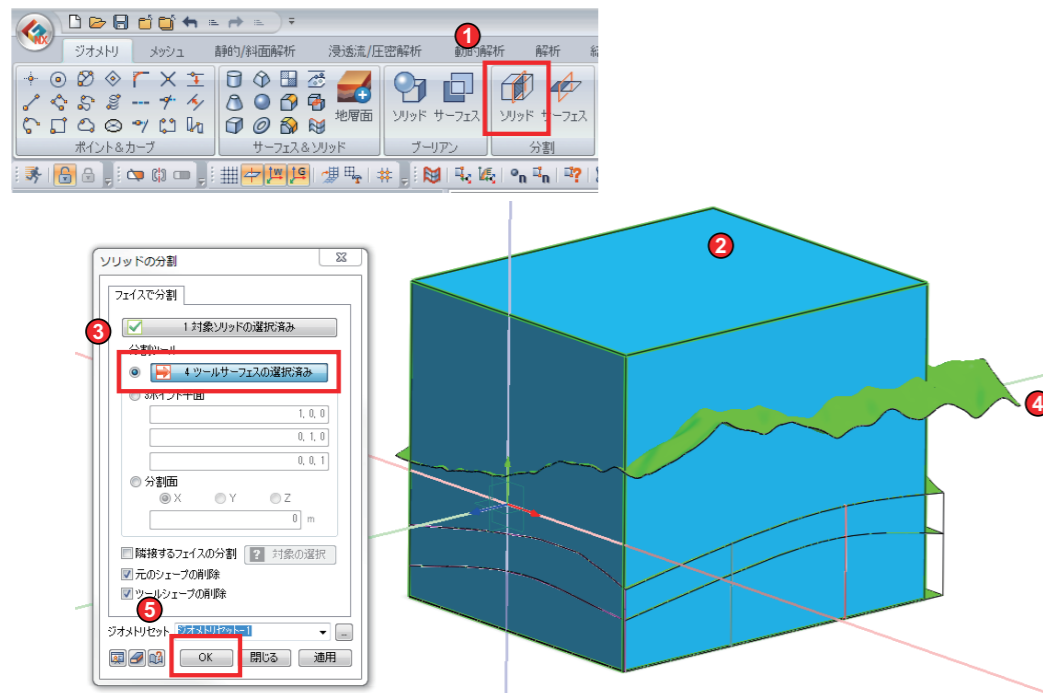
3次元モデリング(手順3)



3次元モデリング(手順5)



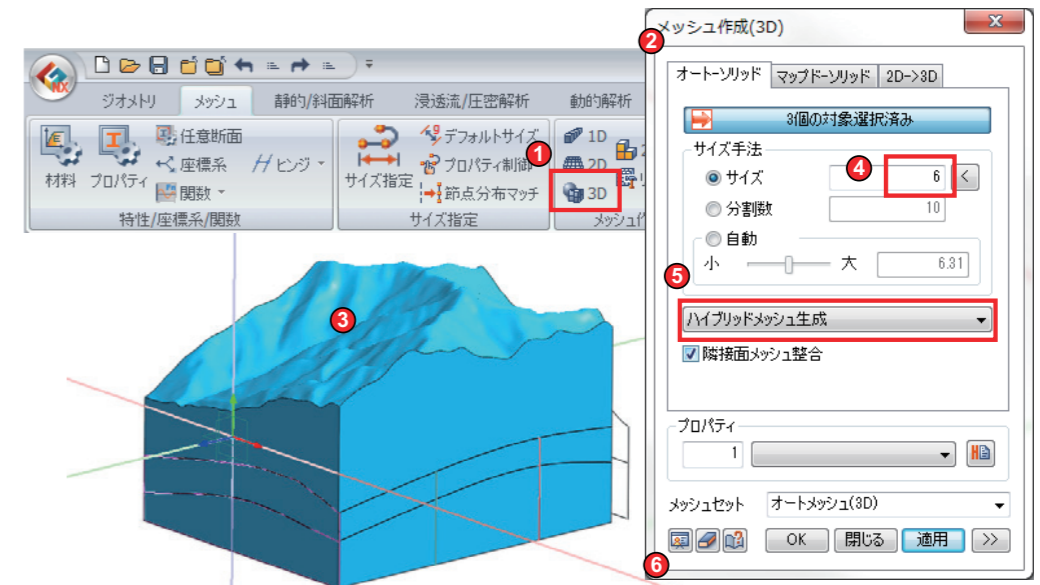
3次元モデリング(手順6)



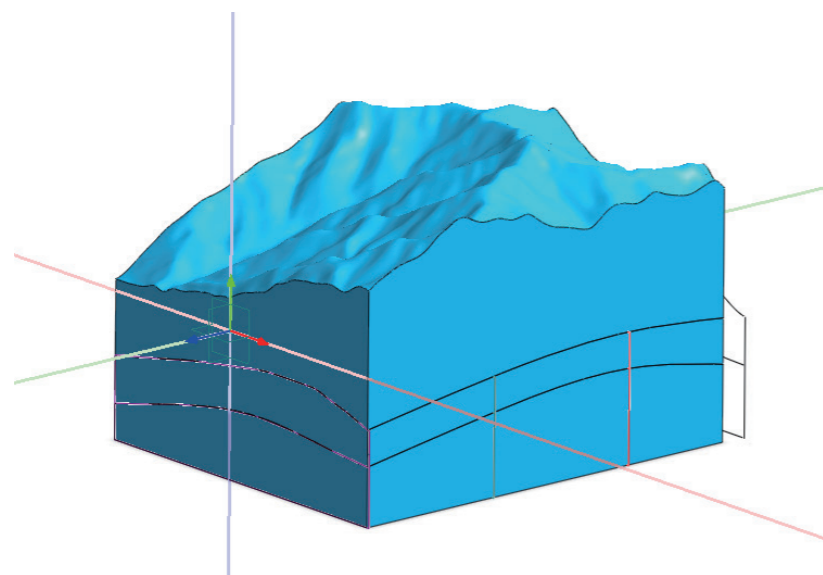
3次元モデリング(手順8)



3Dメッシュ-ハイブリッド



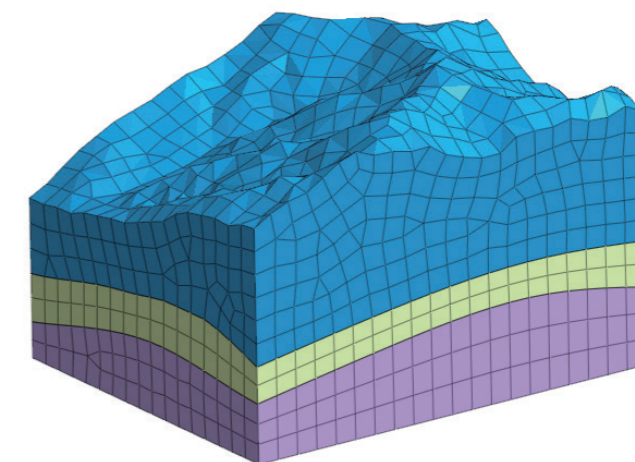
3次元モデリング(手順7)



3次元モデリング(手順9)



3Dメッシュ-ハイブリッド

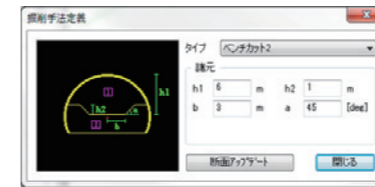
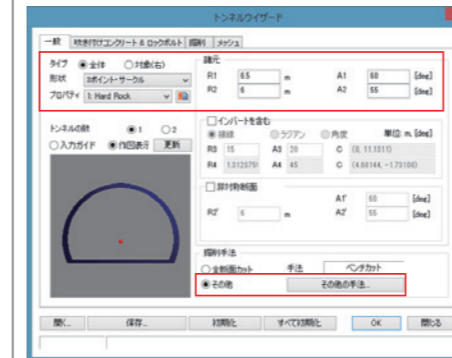




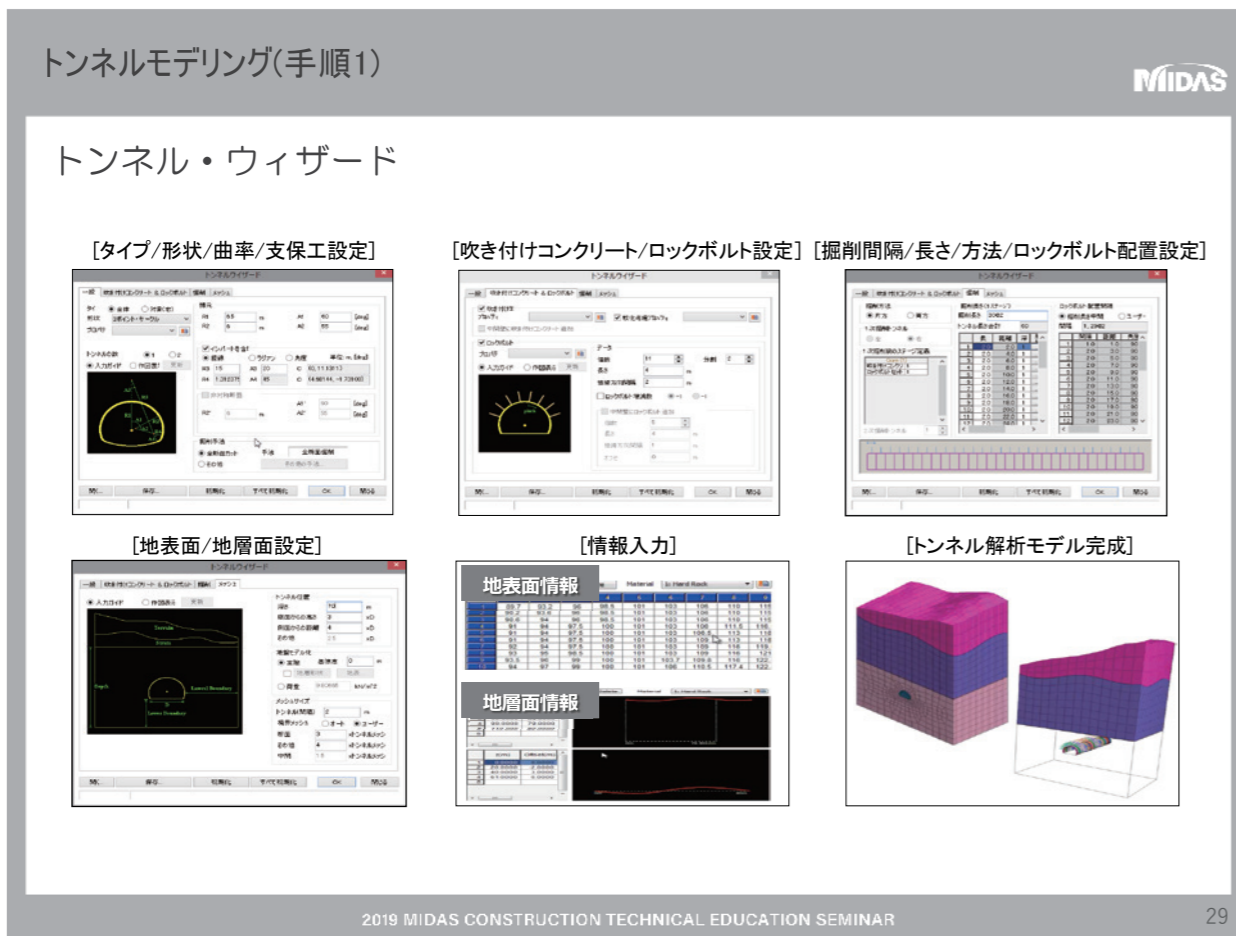
トンネルモデリング(手順2)



1. トンネル形状定義



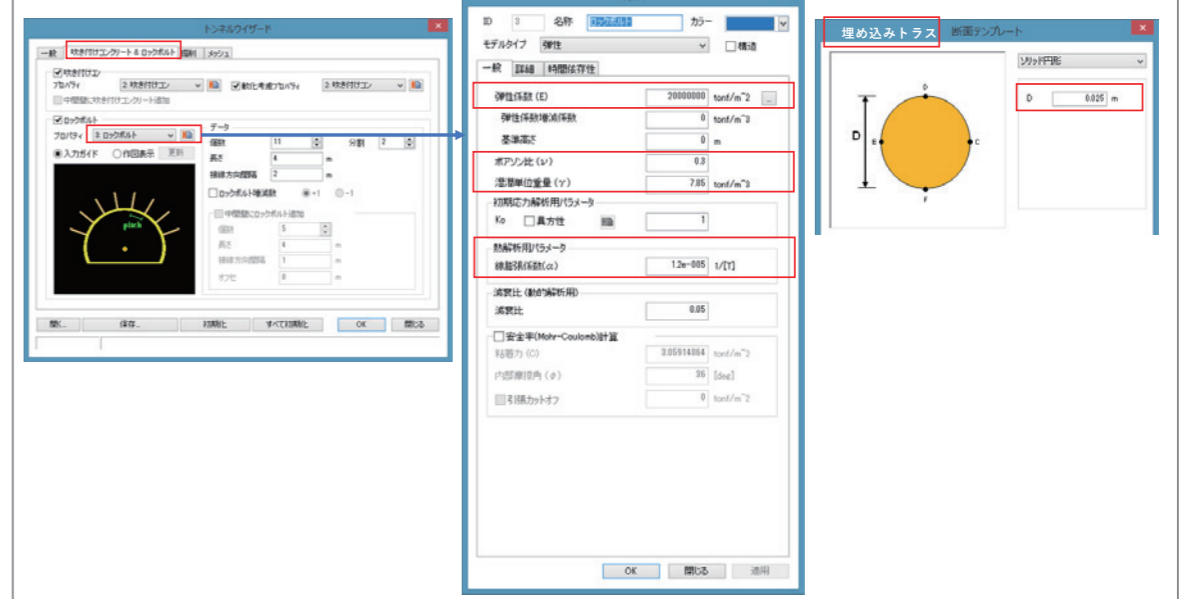
2. 地盤の材料定義



トンネルモデリング(手順3)



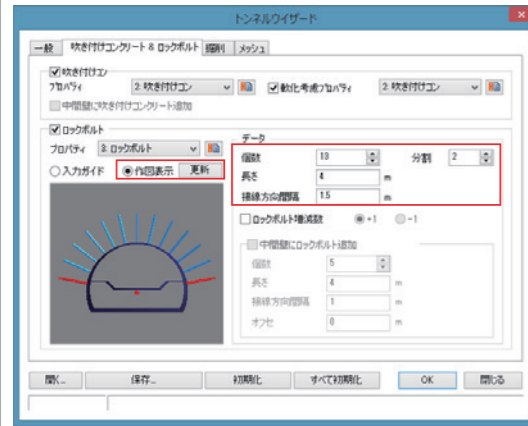
3. 構造材料の定義 : ロックボルト



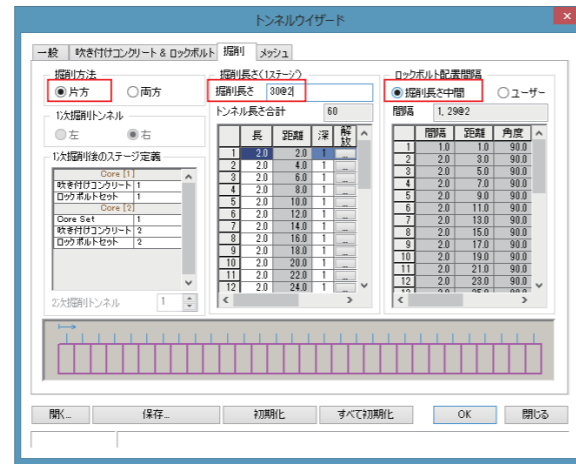
トンネルモデリング(手順4)



4. ロックボルト定義



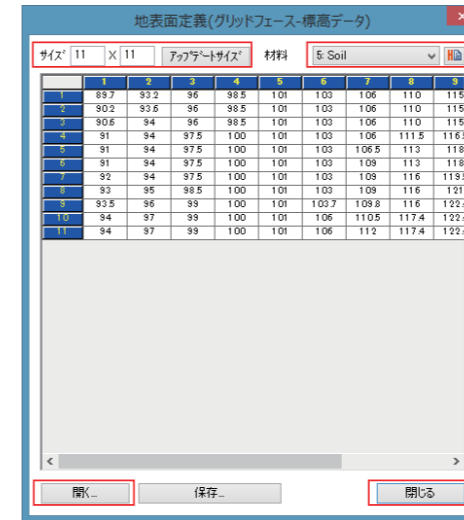
5. 掘削定義



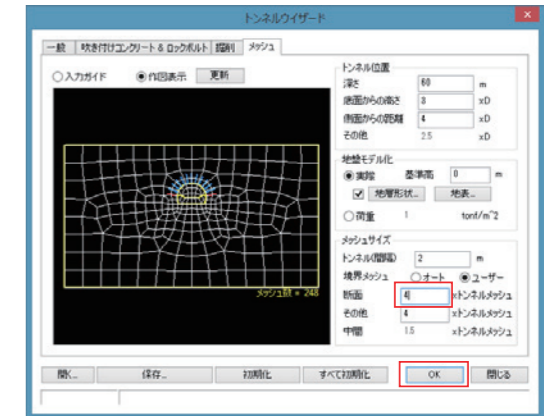
トンネルモデリング(手順6)



8. 地表面の定義



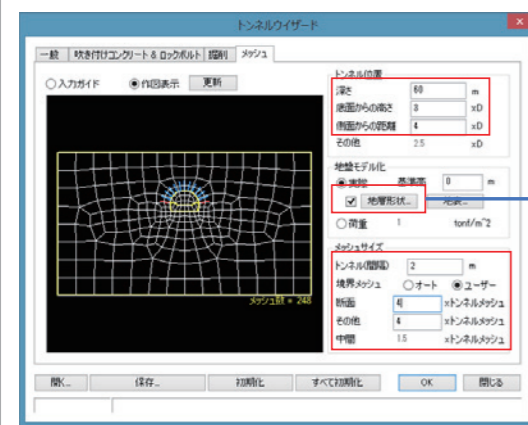
9. モデル作成



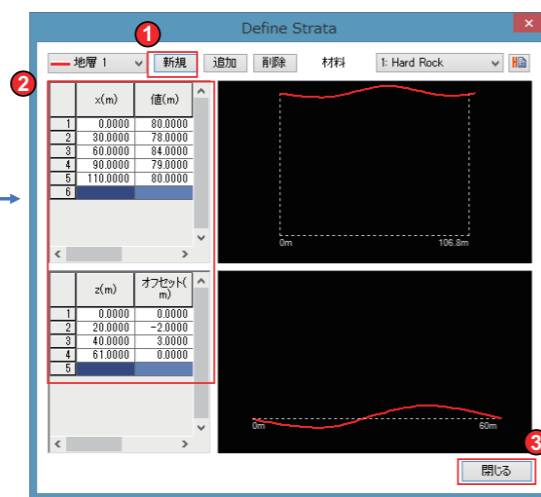
トンネルモデリング(手順5)



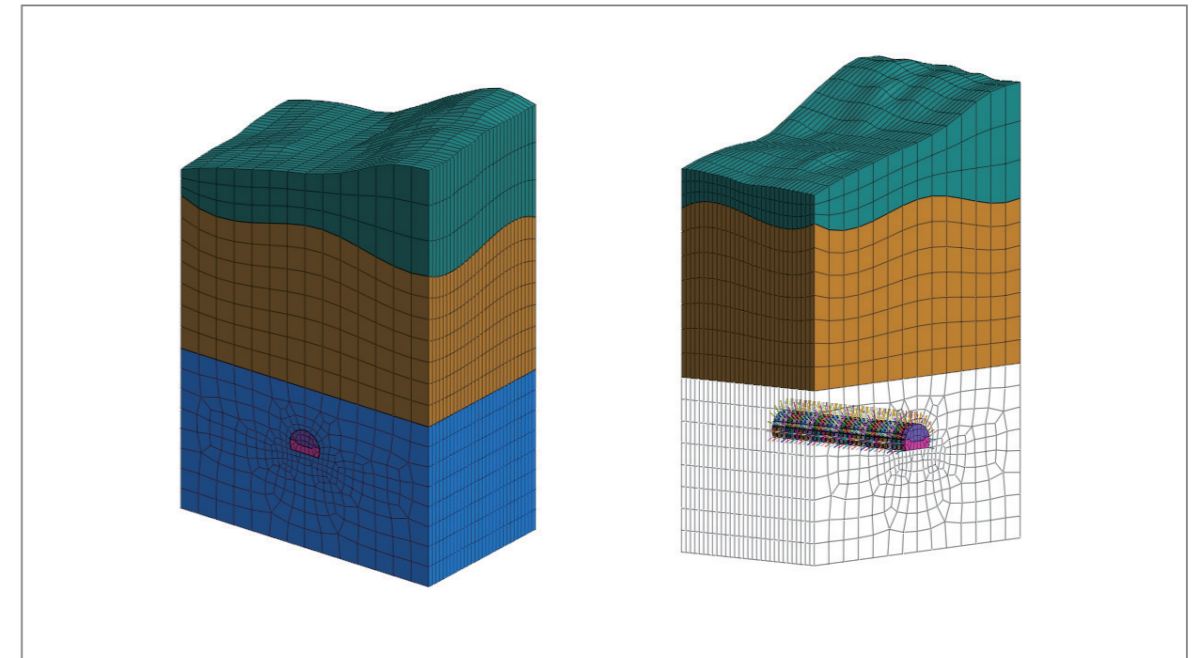
6. トンネル位置とメッシュサイズ



7. 地層の定義 - 1層



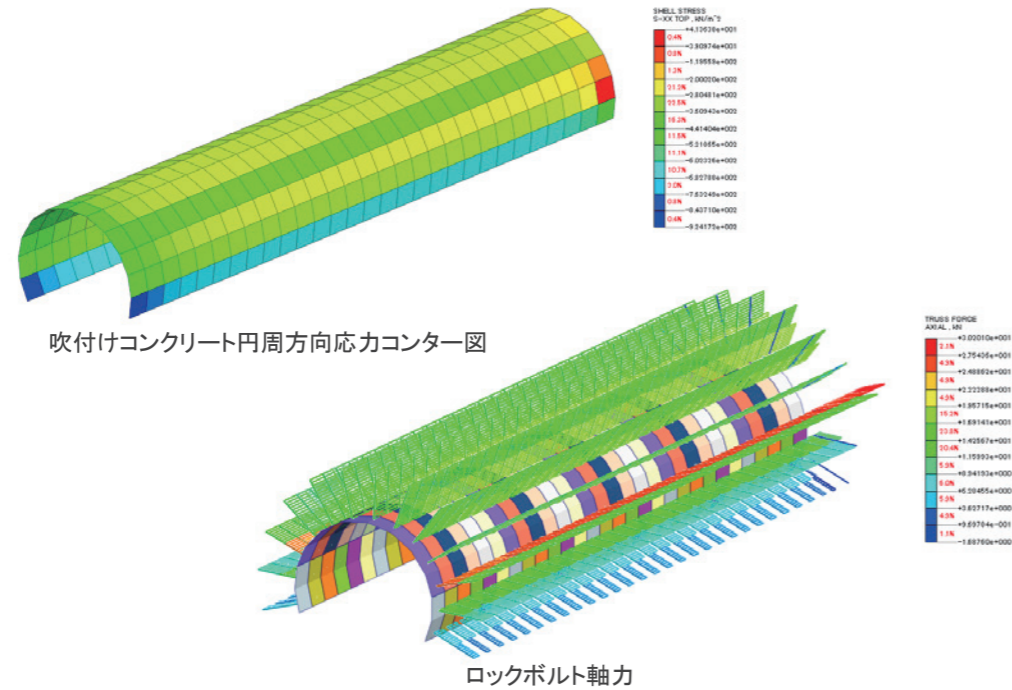
トンネルモデリング(手順7)



トンネルモデリング(手順8)



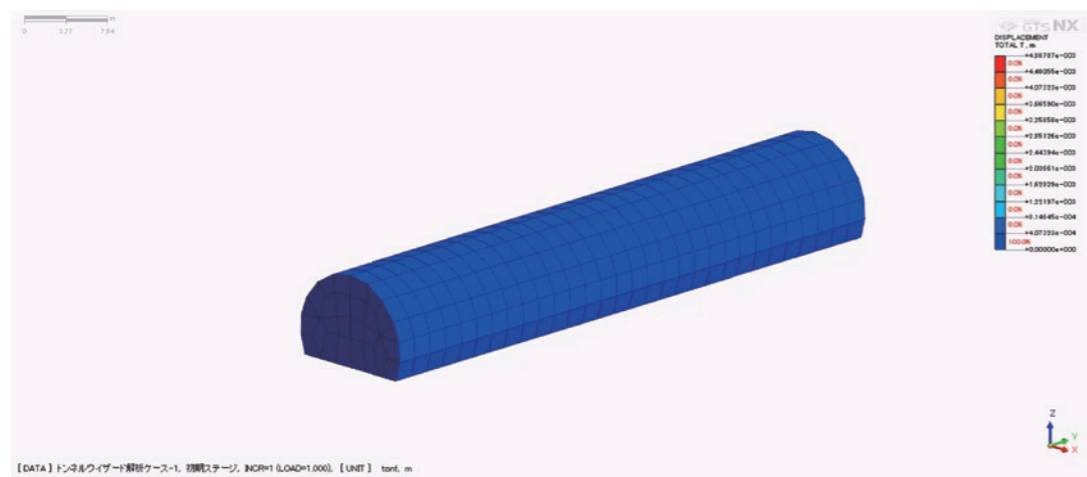
結果表示



トンネルモデリング(手順9)



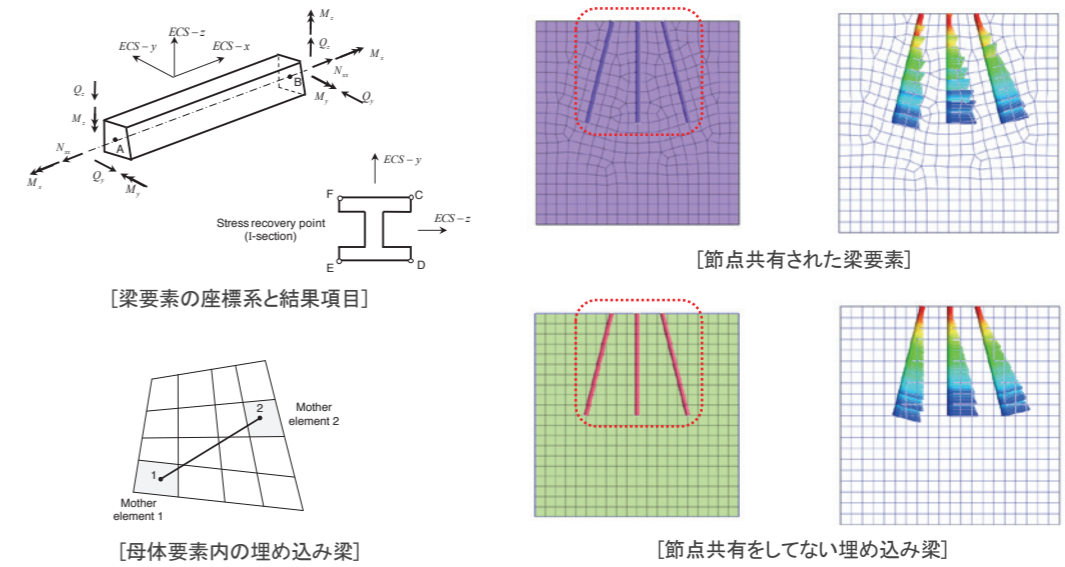
結果表示 - 施工段階アニメーション



トンネルモデリング例



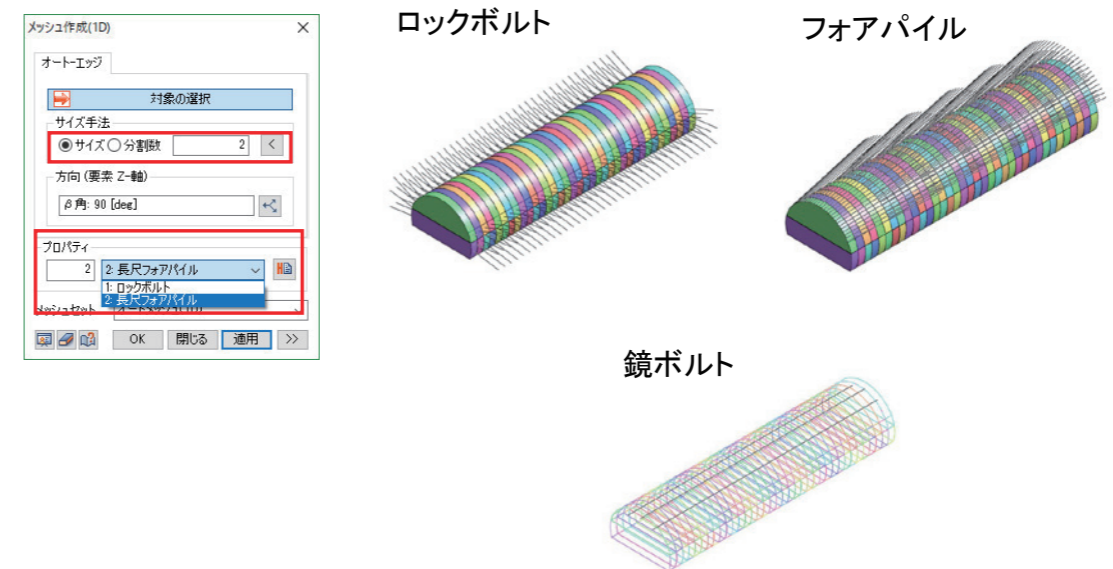
メッシュモデリング - 埋め込み要素



トンネルモデリング例



メッシュモデリング - 埋め込み要素での支保材のモデリング



トンネルモデリング例

MIDAS

メッシュモデリング - 地盤、構造(支保工)

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 40

近接施工モデリング(手順1)

MIDAS

掘削箇所へ土留め鋼矢板(2D)の作成

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 42

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR MIDAS

Session.3

近接施工解析の適用方法

近接施工モデリング(手順2)

MIDAS

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 43

近接施工モデリング(手順3)

表示/非表示 要素

対象の選択

拡大 縮小

表示 非表示

反転 すべて 前回

閉じる

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 44

近接施工モデリング例

メッシュモデリング - 地盤、仮設・既設構造物、柱

新設・既設柱: はり要素

仮設、既設構造物: シェル要素

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 46

近接施工モデリング(手順4)

メッシュ

作成 トポロジ修正 抽出 1Dジョイント ヒンジ作成

削除 パラメータ 追加/削除 枝/枝端 無限

編集 連結 測定 自由地盤 浸透解析要素

要素

要素の抽出

ジオメトリから **メッシュから**

タイプ 2D 要素

200個の対象選択済み

225個の対象選択済み

方向 (要素 Z-軸)

θ角: 90 [deg]

プロパティ 14: 鋼次板

メッシュセット

選択したジオメトリ基準で登録

最上位形状ジオメトリ基準で登録

メッシュセット基準で登録

OK 閉じる 適用

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 45

近接施工モデリング例

メッシュモデリング - 地盤、仮設・既設構造物、アンカー

仮設構造物: シェル要素

腹起し、中間杭、切ばり: はり要素

アンカー: トラス要素(埋め込み)

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 47

近接施工モデリング例

-近接施工時の掘削問題-

施工段階アニメーション

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 48

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

Session.4

斜面解析の適用方法

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 51

近接施工モデリング例

-近接施工時の掘削問題-

全体変形図

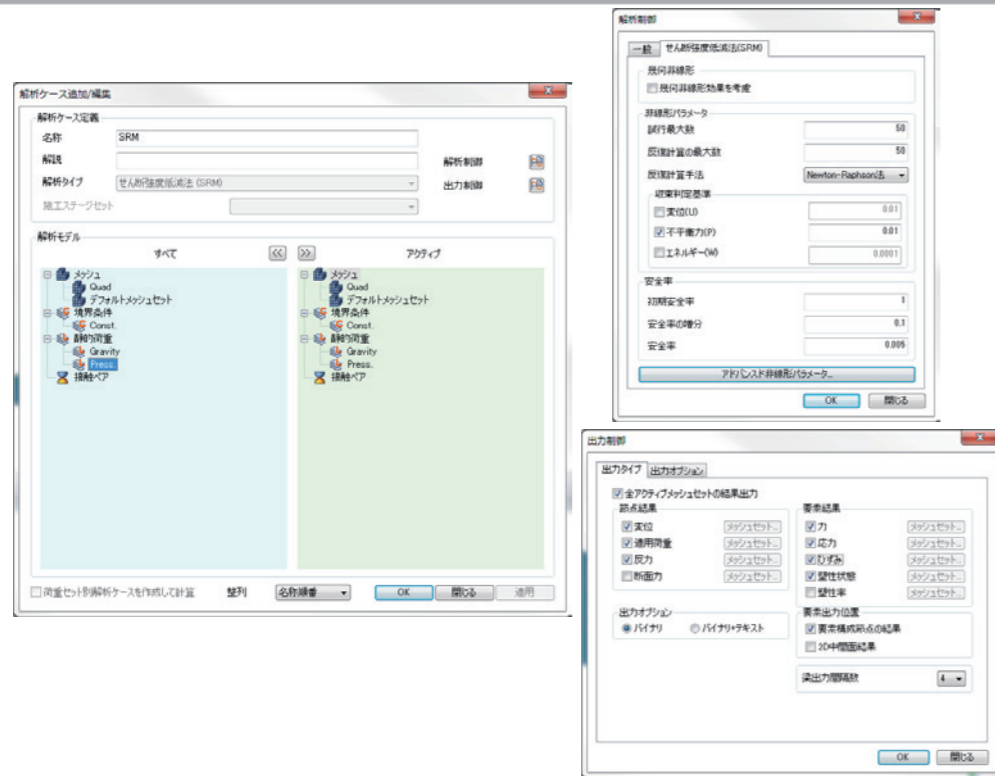
近接構造物変形図

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 49

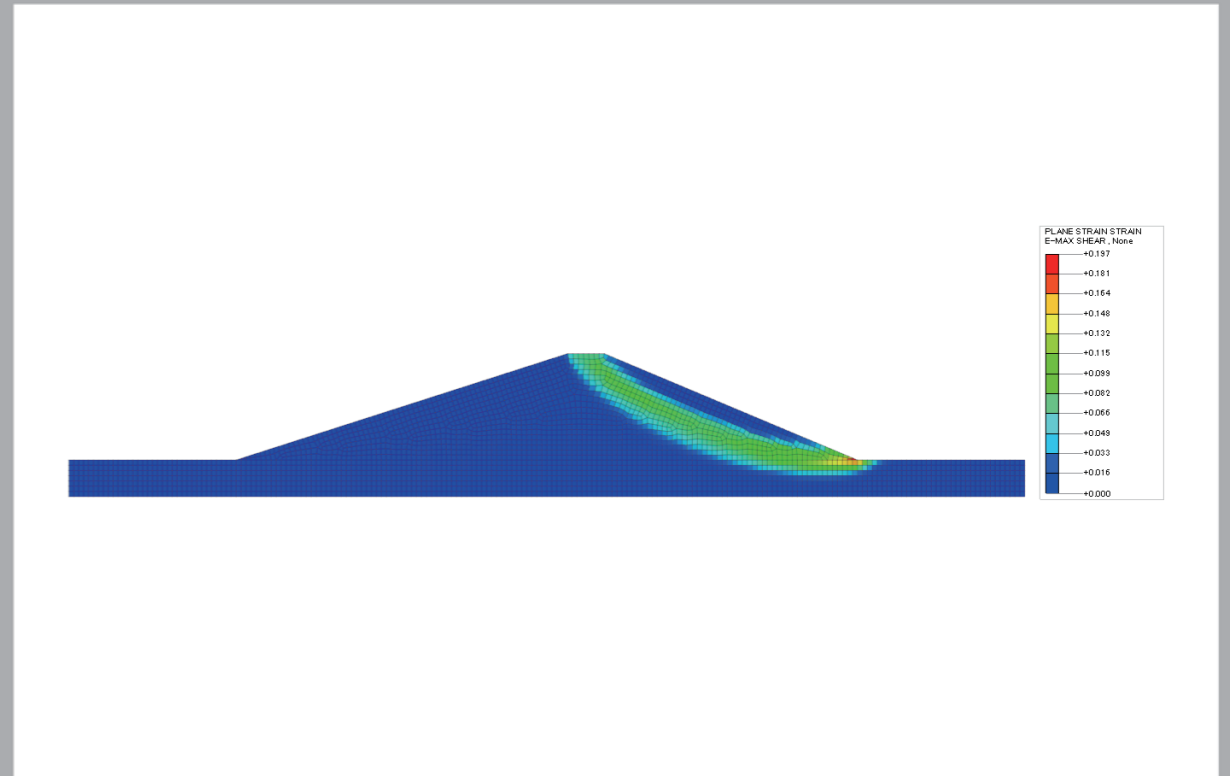
斜面安定解析(せん断強度低減法)モデリング(手順1)

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR 51

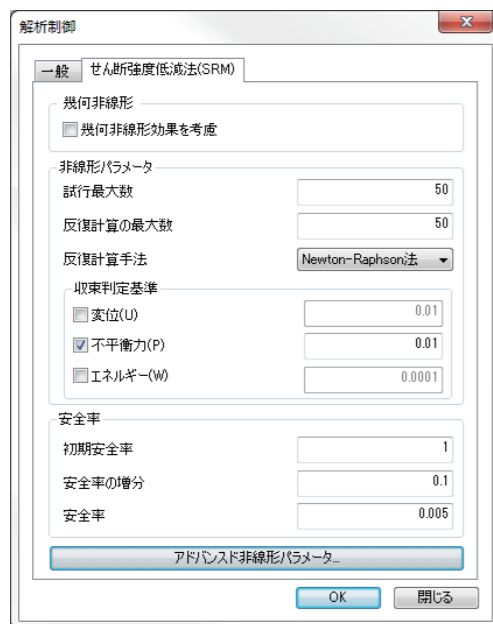
斜面安定解析(せん断強度低減法)モデリング(手順2)



斜面安定解析(せん断強度低減法)モデリング(手順4)



斜面安定解析(せん断強度低減法)モデリング(手順3)



初期安全率: SRM計算開始時の安全率。"1"を入力すると、定義されているc、φを用いて計算を開始する。

安全率の増分: 計算時の安全率の増分。

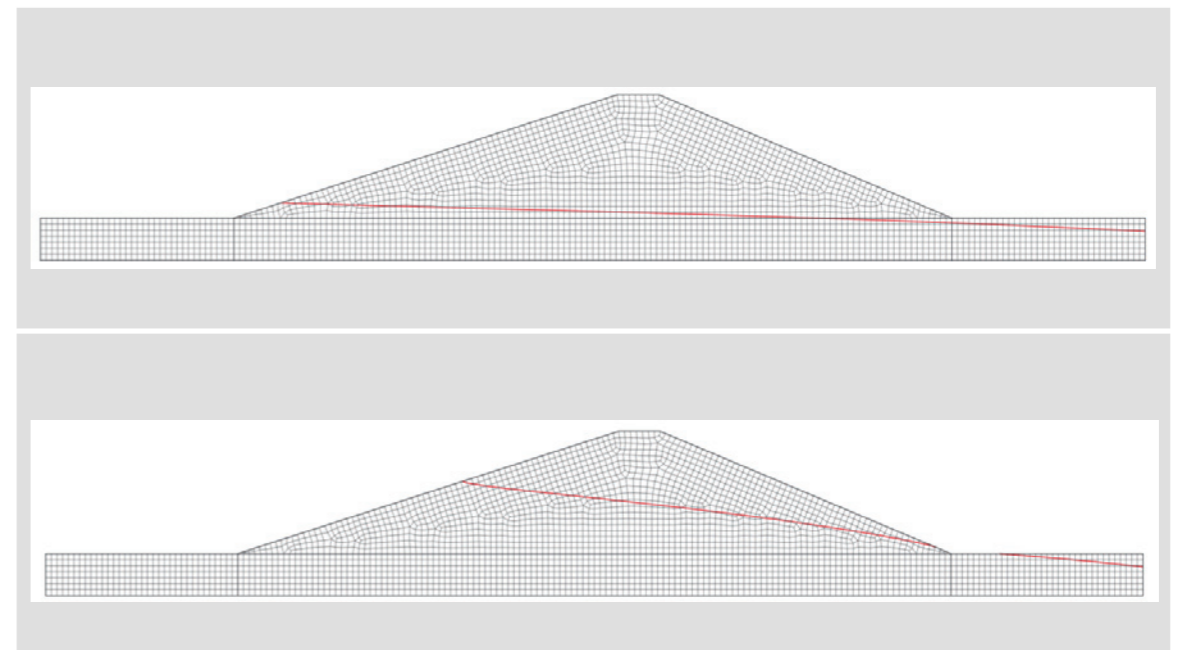
安全率(の精度): SRM計算の収束判定基準値。

安全率の精度	適用性
0.05	低(初期検討)
0.01	平均
0.005	高

斜面安定解析(せん断強度低減法)例



有限要素法による斜面安定解析

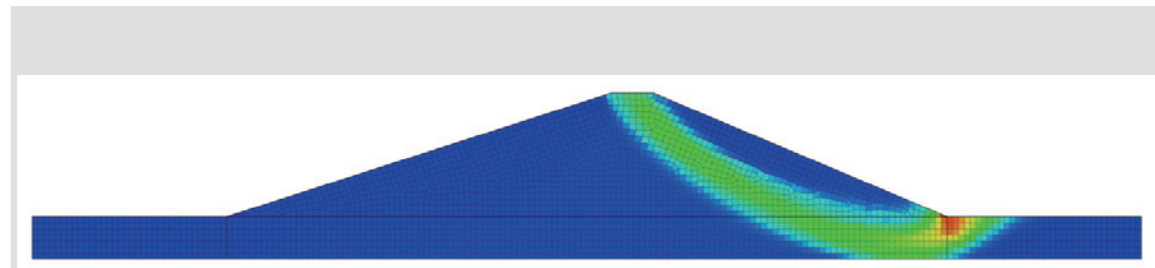


水位線

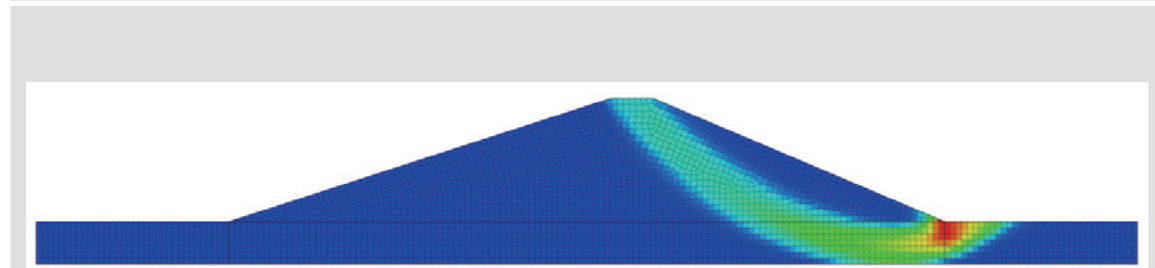
斜面安定解析(せん断強度低減法)例



有限要素法による斜面安定解析



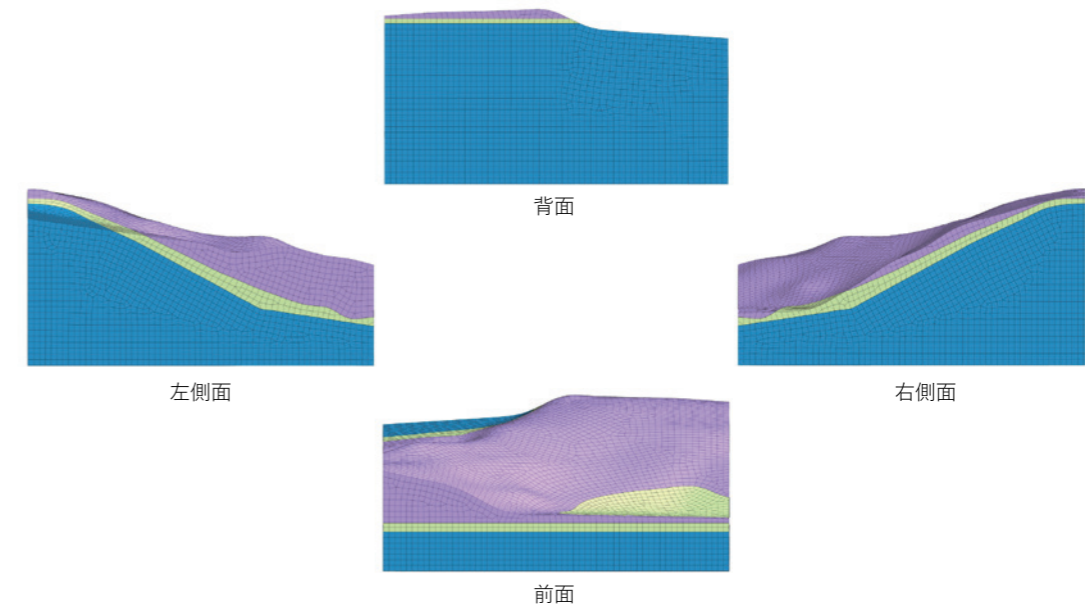
安全率=2.48



安全率=2.09

最大せん断ひずみコンター図

斜面安定解析(せん断強度低減法)例

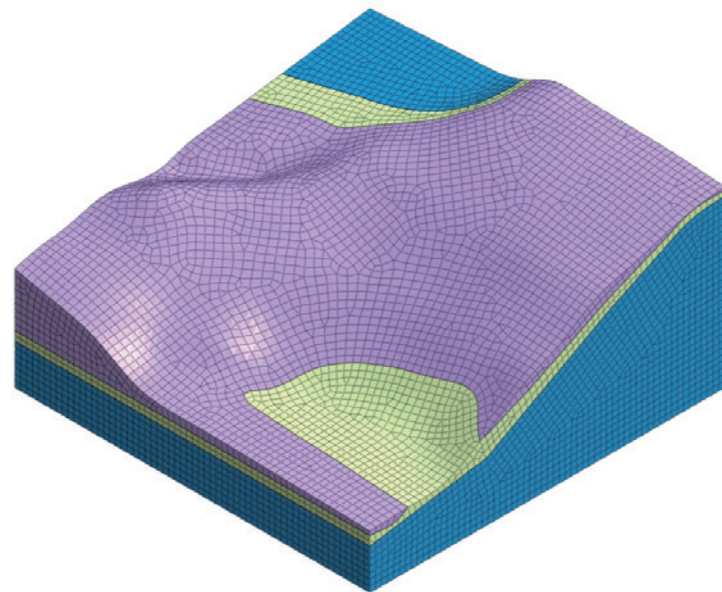


斜面安定解析(せん断強度低減法)例

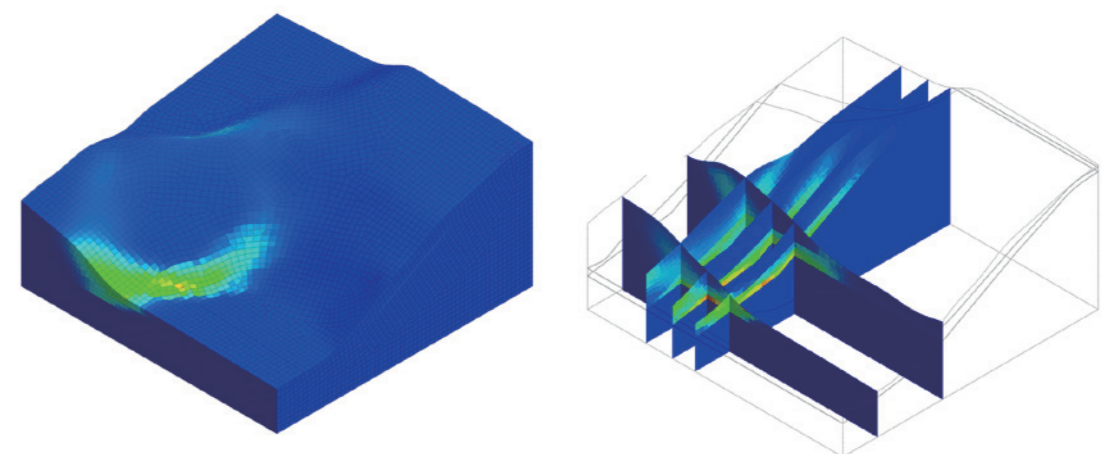


有限要素法による斜面安定解析

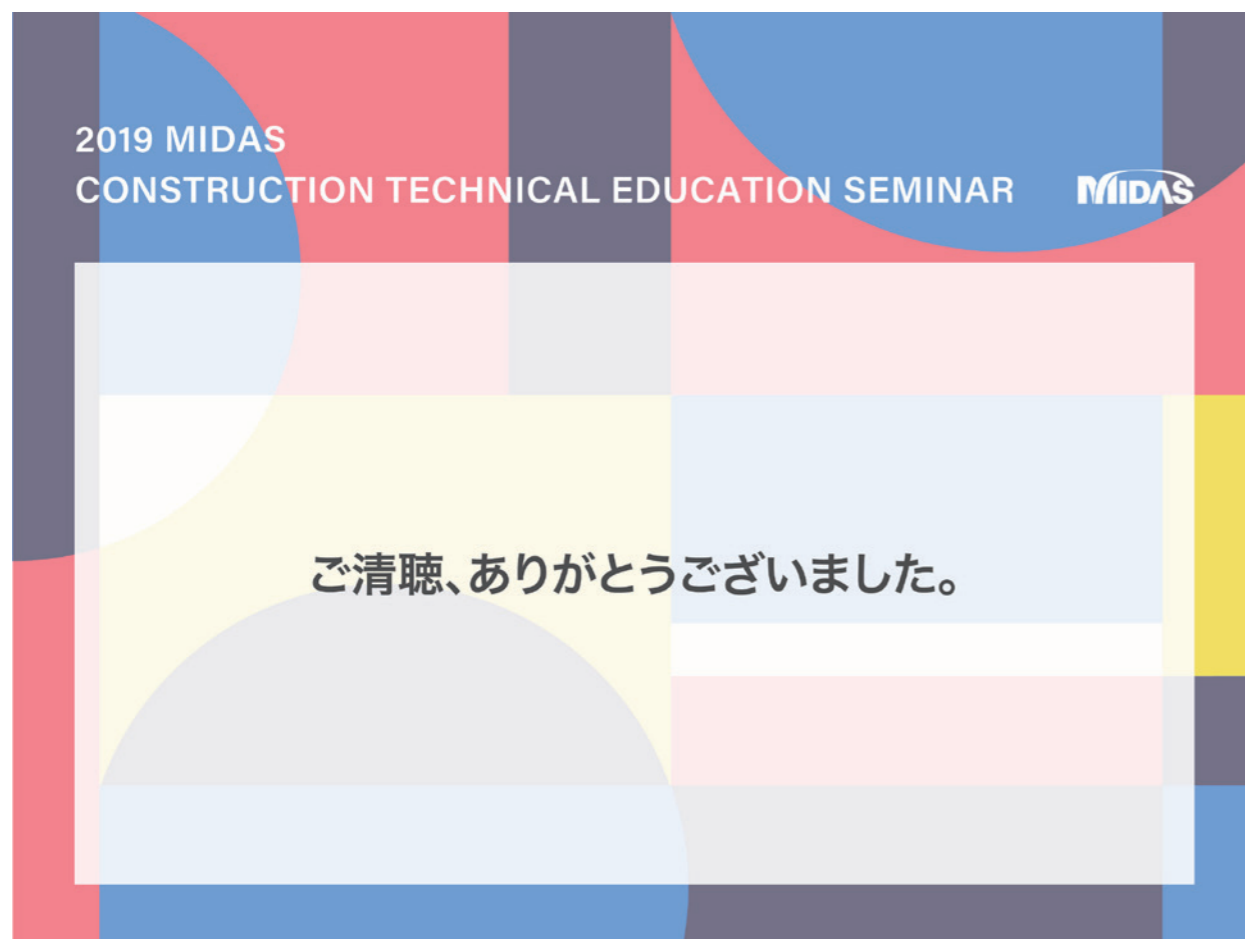
- 地盤のせん断強度(c、 ϕ)を徐々に下げることにより地盤内の塑性域が拡大していく



斜面安定解析(せん断強度低減法)例

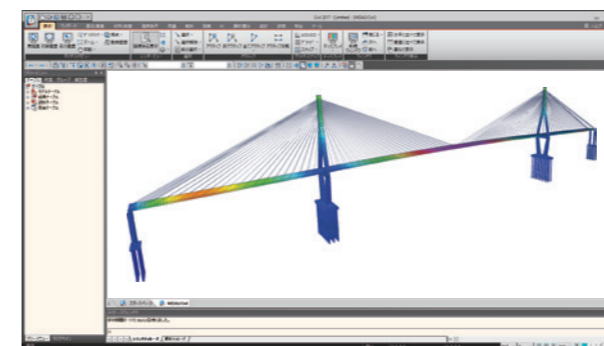


最大せん断ひずみ分布図



MIDAS CONSTRUCTION PROGRAMS

a total of over 30,000 licenses used worldwide in over 110 countries
The Largest CAE Software Developer in Civil Engineering

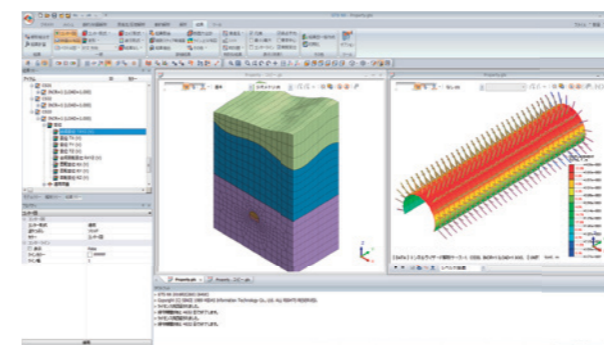


midas Civil

任意形状構造物の3次元汎用構造解析プログラム

midas Civilは、直観的なユーザーインターフェイス環境とコンピュータグラフィックス技術が適用された土木分野の汎用構造解析及び最適設計システムです。

PC橋、斜張橋、吊橋はもちろん、非定型構造物や最新施工法を適用した構造物のモデリングが自由にできますし、土木分野に必要な静的・動的解析、材料・幾何非線形解析、段階施工解析機能を提供しています。

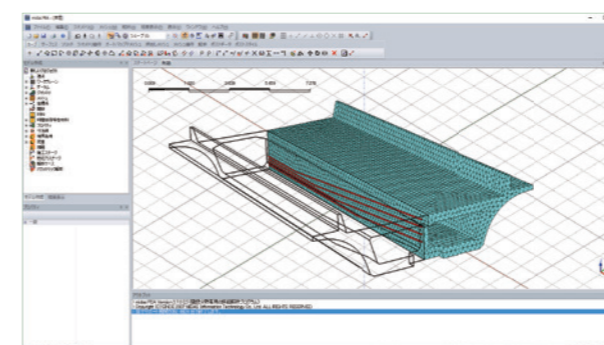


GTS NX

地盤分野汎用解析システム

GTS NXは最先端プリ・ポストと解析機能を搭載した新しい概念の地盤汎用解析プログラムです。

GTS NXは最新のOS環境変化に合わせて64ビット、並列処理を適用した統合ソルバーを搭載しており、初心者も使いやすいように直観的なリボンメニュー形式を用意しております。また、様々な解析機能、圧倒的に速い解析速度、優れているグラフィック表現および結果整理機能などを提供します。

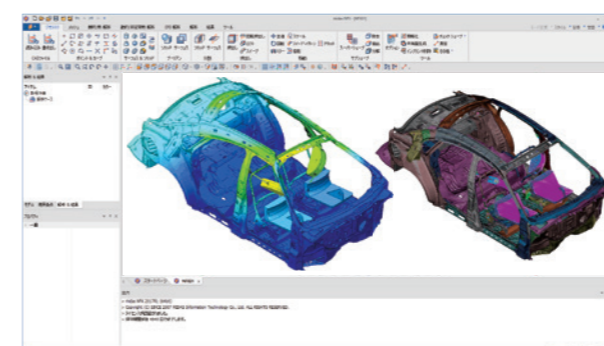


FEA NX

非線形詳細FEM解析プログラム

FEA NXは、建築・建設分野における高度な解析を行うことを目的とした解析ツールです。

補修・補強のための詳細解析はもちろん、マスコンの熱応力解析、コンクリートのひび割れ解析を行うことができます。



midas NFX

機械分野における汎用構造解析プログラム

midas NFXは、windows上で動作するプリ・ポスト・ソルバー一体型の構造解析ツールです。

設計者の方でも解析専任者の方でも快適にお使いいただける作業環境を提供します。線形解析から高度な接触問題を含む非線形解析、CFD解析まで行うことができます。



株式会社マイダスイティジャパン

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>

