

GTS NX

トンネル掘削の 施工段階解析



MIDAS
CONSTRUCCION
TECHNICAL
EDUCATION
SEMINAR



WE WILL CHANGE THE WORLD

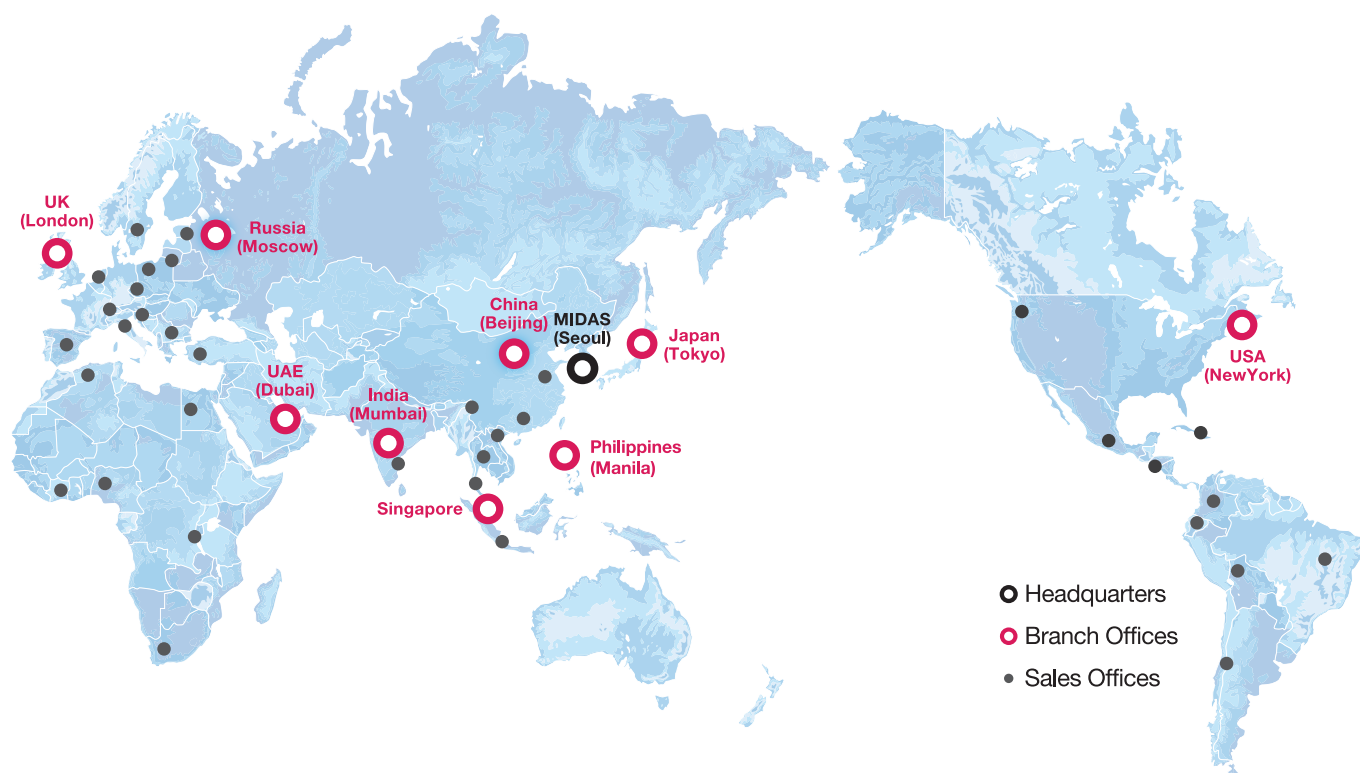
The World's Best
Total Engineering Solution
Provider & Service Partner

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。

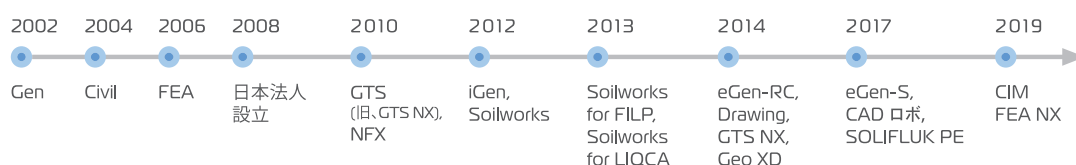
1989年から活動を開始し、2000年9月にマイダスイティを設立、現在は約600名の世界的な専門技術者を保有し日本、アメリカ、中国、インド、ロシア、イギリス、ドバイ、シンガポール、フィリピンの現地法人や35ヶ国の代理店などの全世界ネットワークを通し、110ヶ国に工学技術用ソフトウェアを販売する企業として成長しました。

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。

PRODUCT HISTORY



GTS NX

トンネル掘削の施工段階解析



MIDAS

トンネル掘削の施工段階解析

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

AGENDA

- Session.1 midas GTS NX 製品紹介
- Session.2 数値解析データの作成方法と結果確認について
- Session.3 トンネル掘削の施工段階解析の実習
- Session.4 解析例紹介

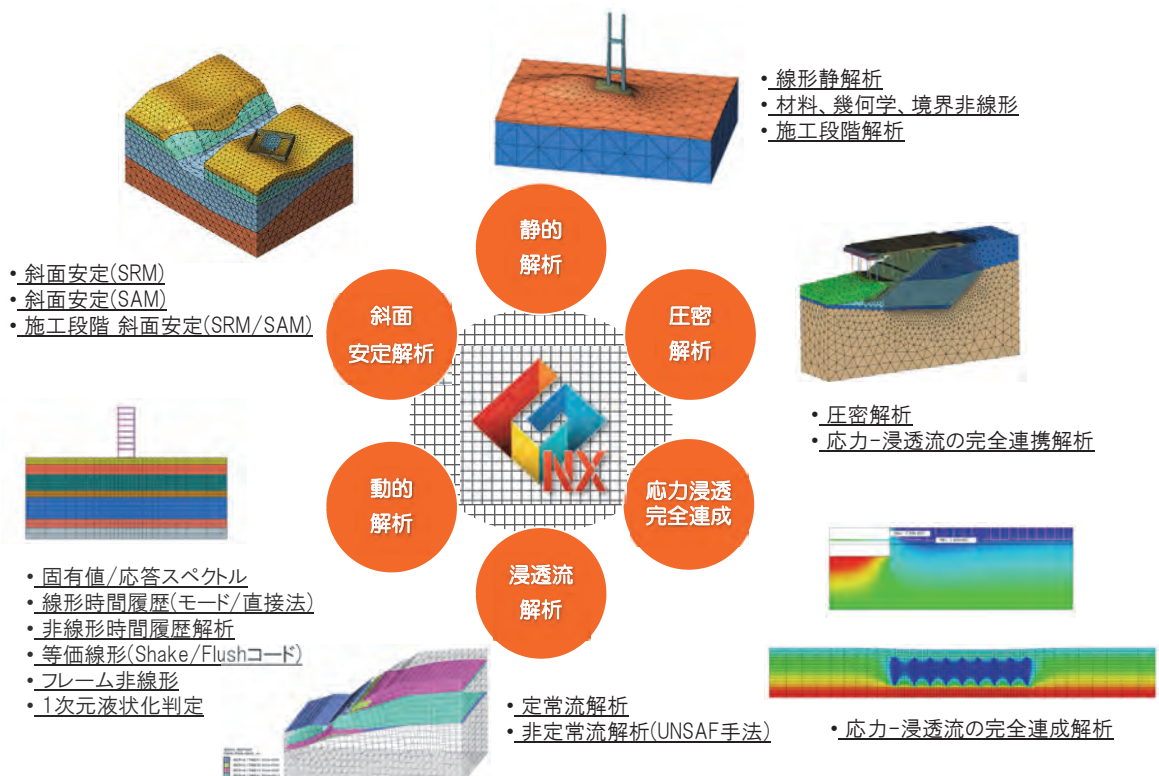
トンネル掘削の施工段階解析

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

Session.1

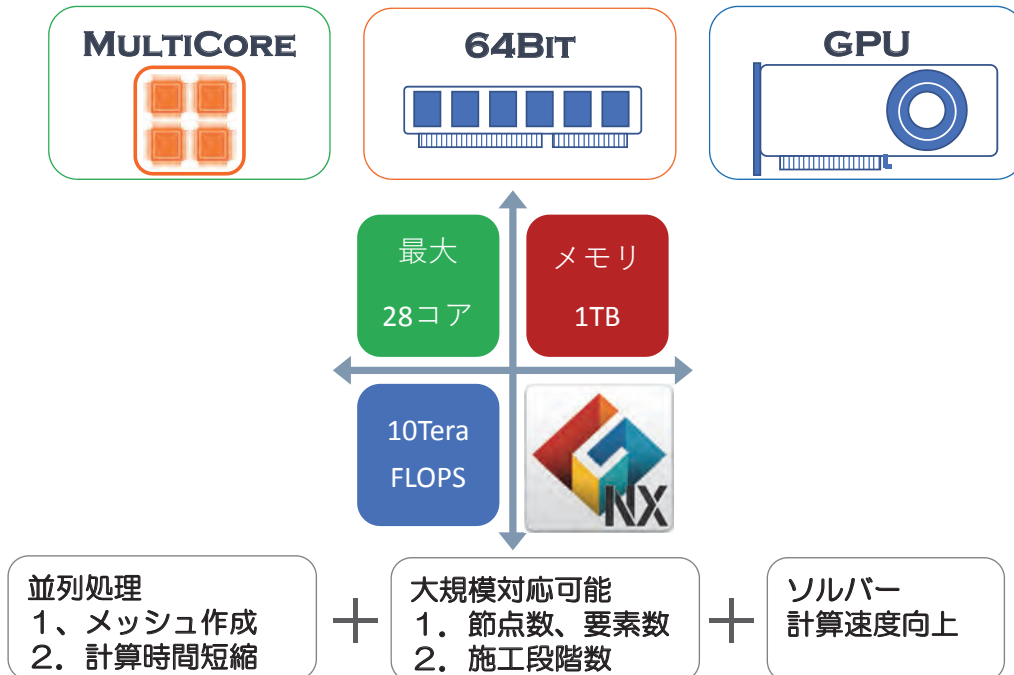
midas GTS NX 製品紹介

ソルバー機能

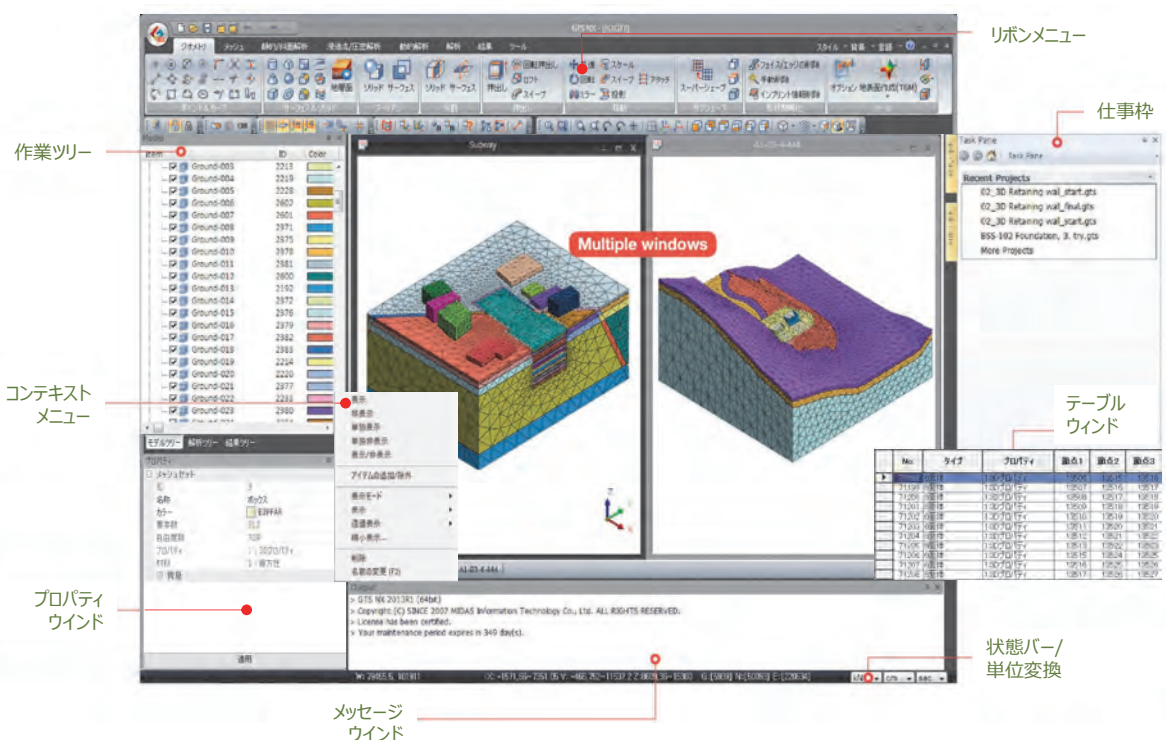


高性能解析プログラム

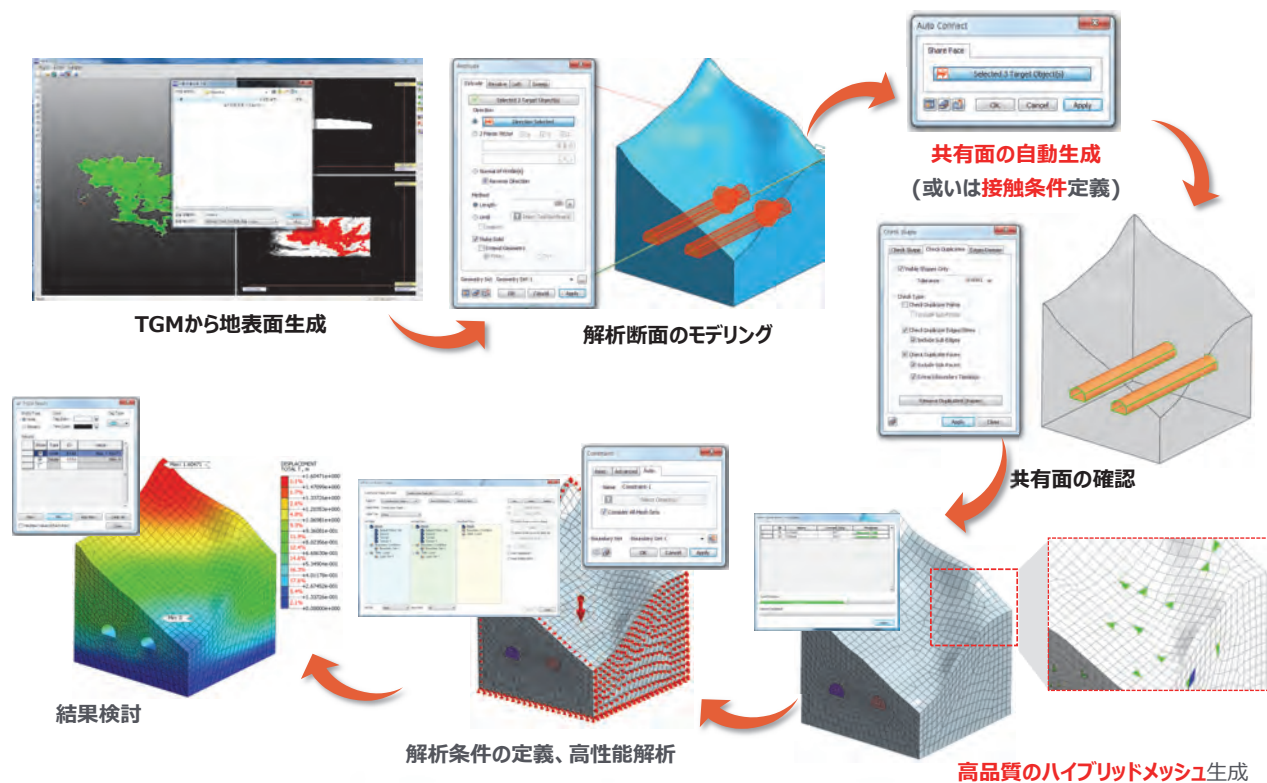
ハイ・パフォーマンスPC



ユーザ・インターフェイス構成



実務解析に役立つ直観的な作業流れ



2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

7

CT1

トンネル掘削の施工段階解析

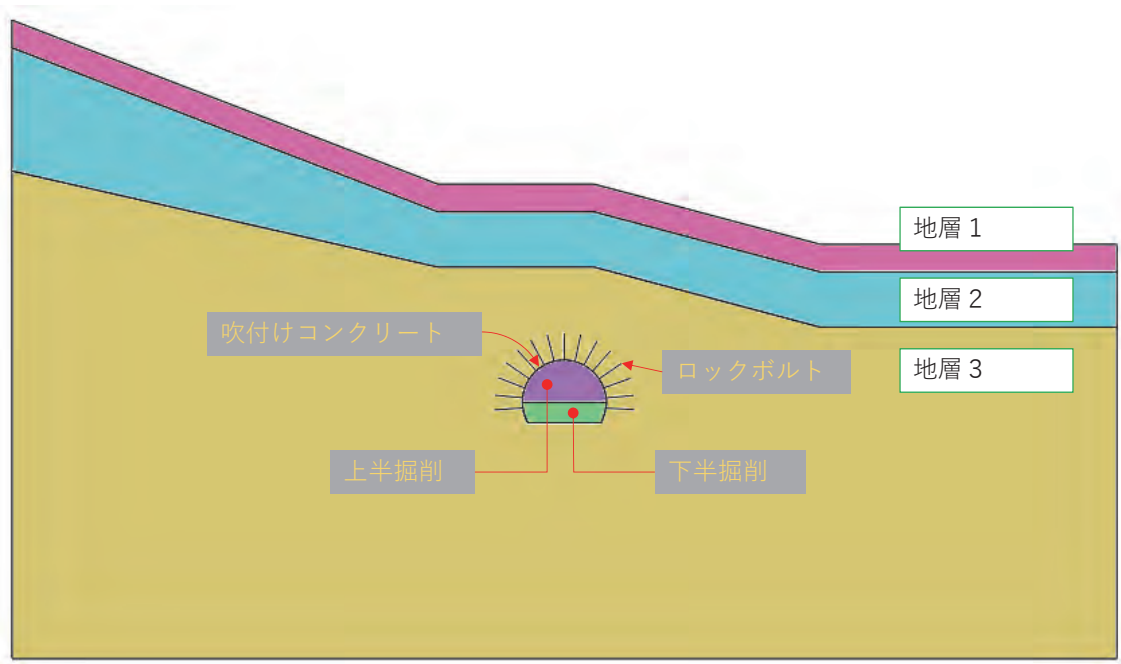
2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

Session.2

数値解析データの作成方法と 結果確認について

2Dトンネルのモデリング方法

- 2次元形状は主に線で作成

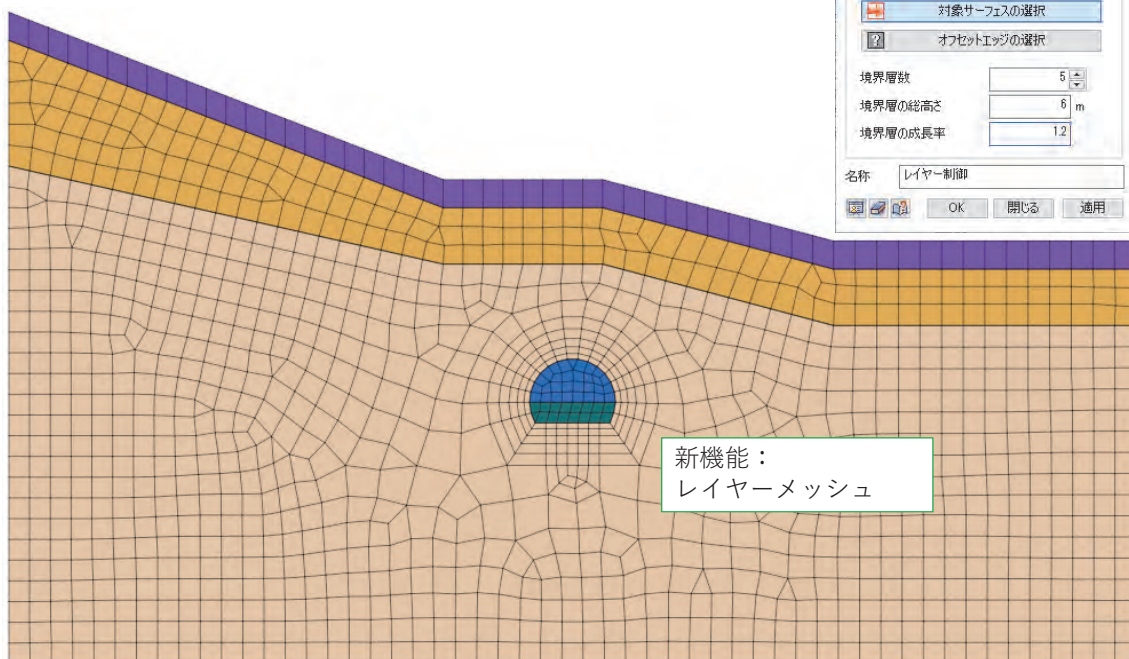


2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

9

2Dトンネルのモデリング方法

- 地盤は2Dの平面ひずみ要素に
奥行き方向は1mの幅を取る

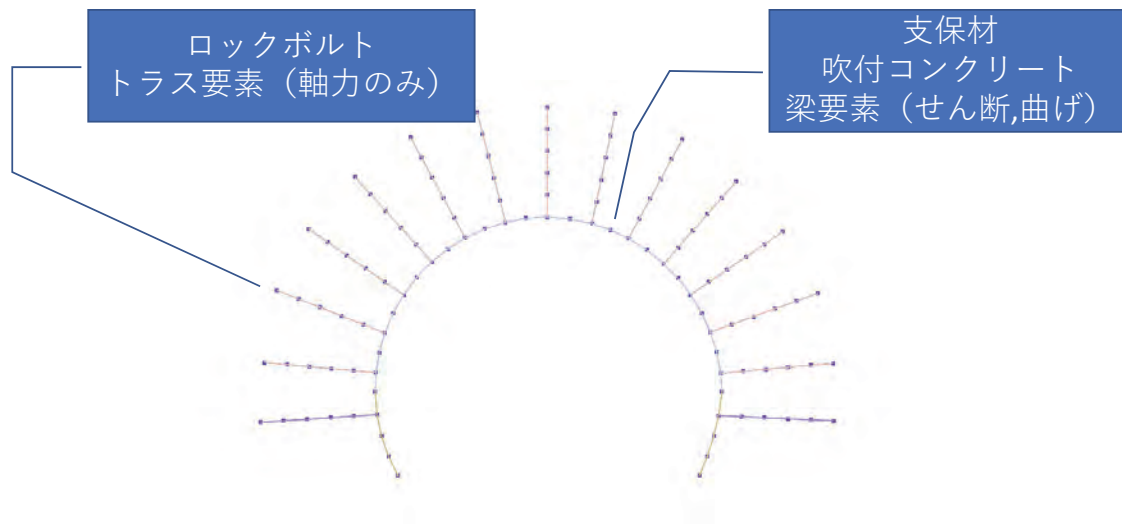


2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

10

2Dトンネルのモデリング方法

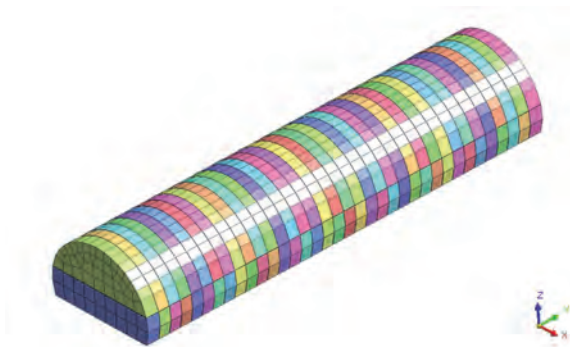
- 吹付コンクリートや支保材は1D要素で作成
奥行き方向の考慮について
トラス要素（1m分の断面積）、梁要素（奥行方向断面幅を1mに）



2Dトンネルのモデリング方法

- 施工段階設定
奥行き方向の考慮するため、応力解放率を適用

3Dトンネル

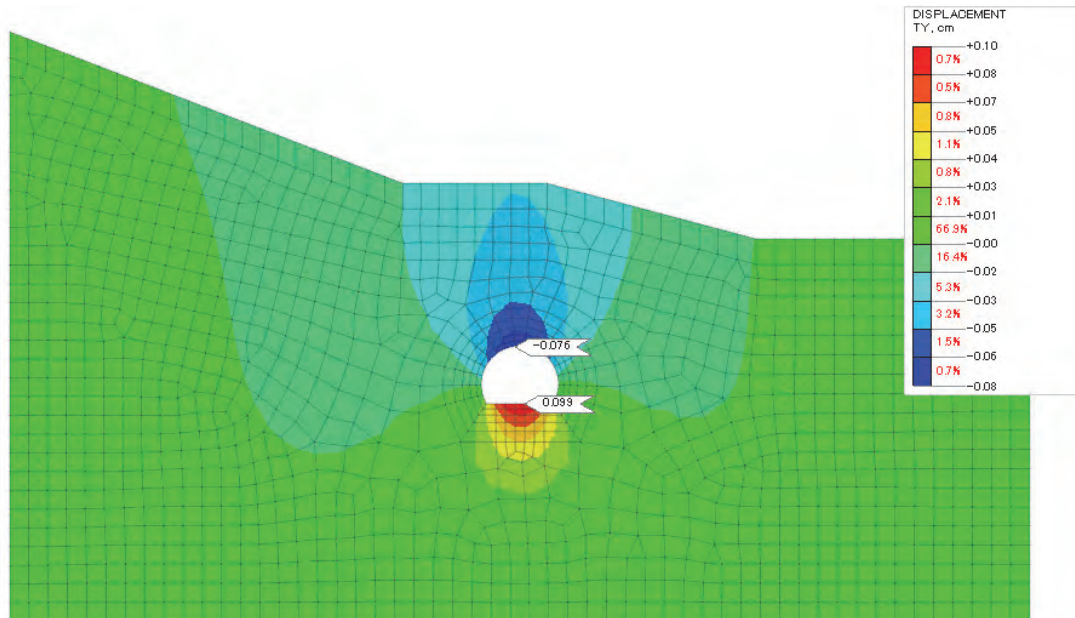


2Dトンネル



2Dトンネルの結果確認

- 変位の確認
天端沈下と路面隆起を確認

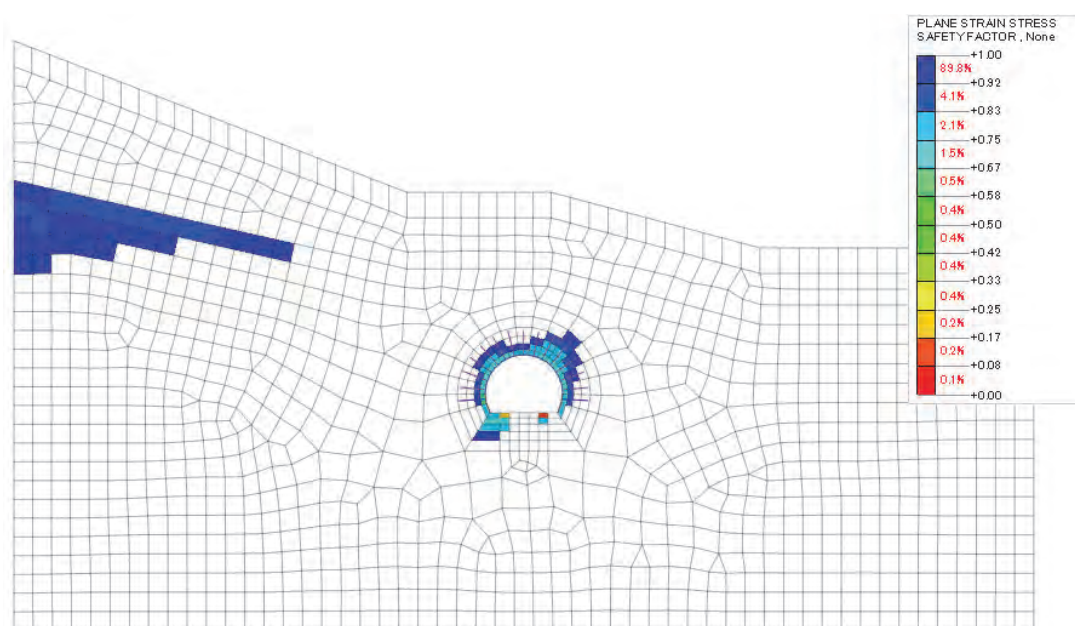


2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

13

2Dトンネルの結果確認

- 地盤の確認
地盤の安全率 (Mohr-Coulomb)

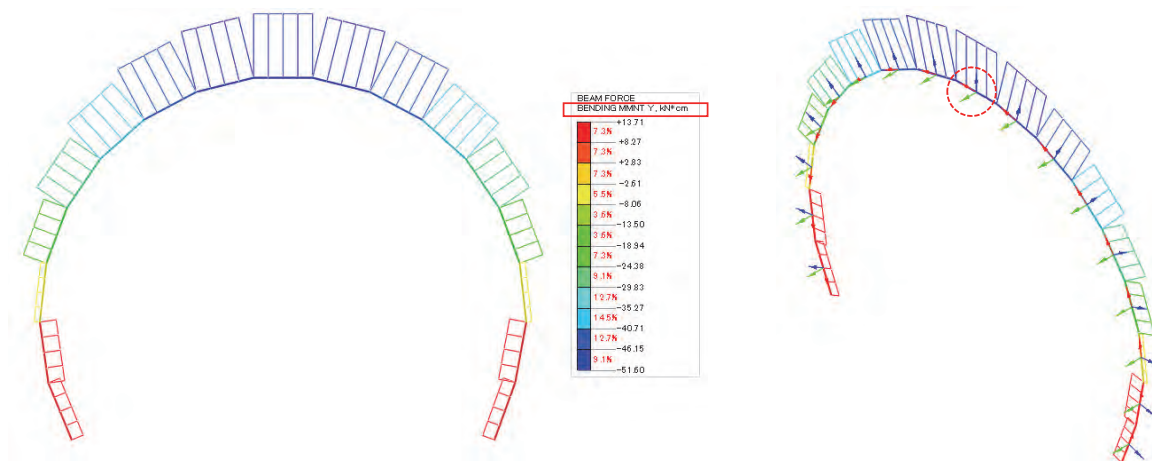


2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

14

2Dトンネルの結果確認

- 吹付コンクリート
曲げモーメントなどの断面力を確認

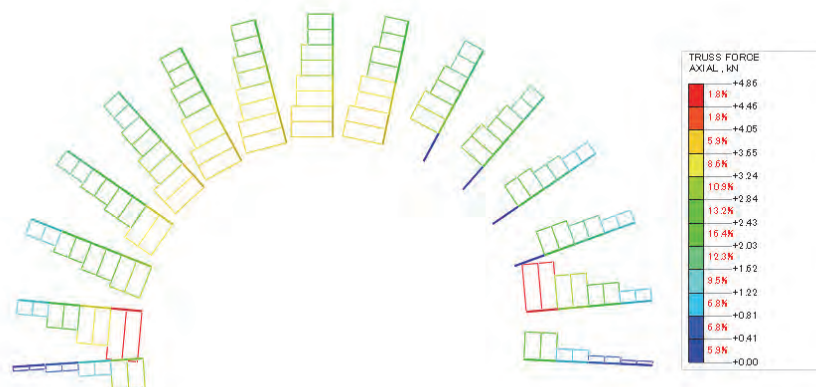


2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

15

2Dトンネルの結果確認

- ロックボルト
軸力を確認

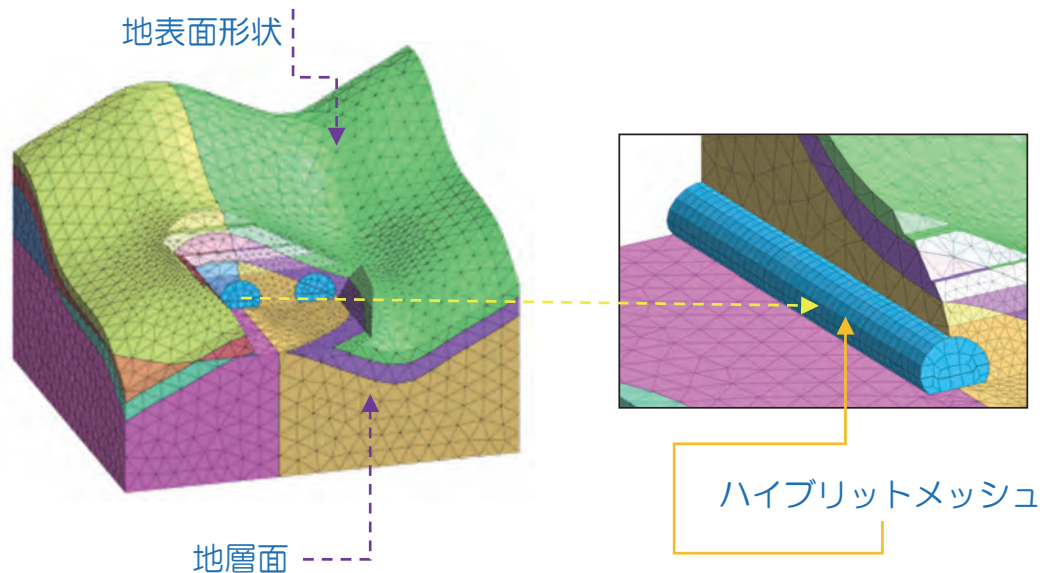


2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

16

3Dトンネルのモデリング方法

- 地盤形状は不規則だが、構造物の形状は規則的である
表面に構造物のないトンネル構造は自動メッシュが適用できる



2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

17

3Dトンネルのモデリング方法

- モデル範囲決める

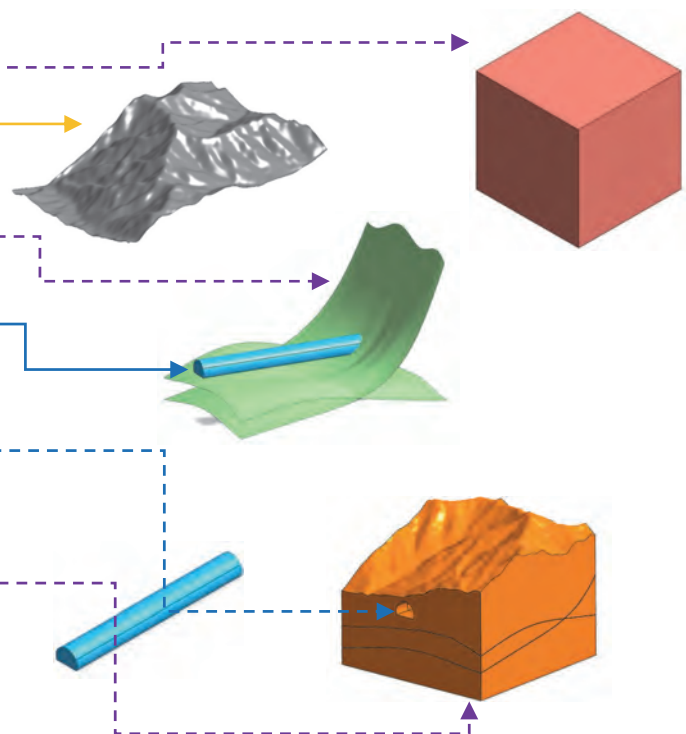
- 地表面作成

- 地層面作成

- トンネル形状作成

- トンネル形状埋め込み

- トンネルと地盤分割



2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

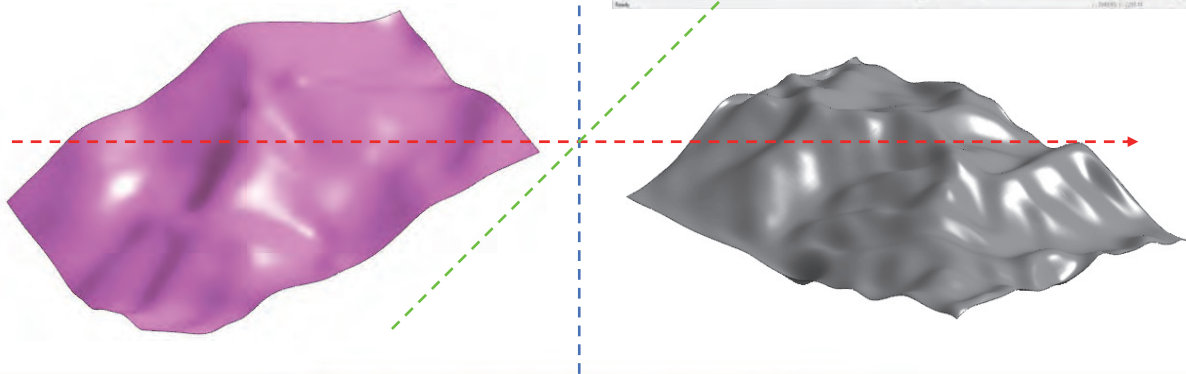
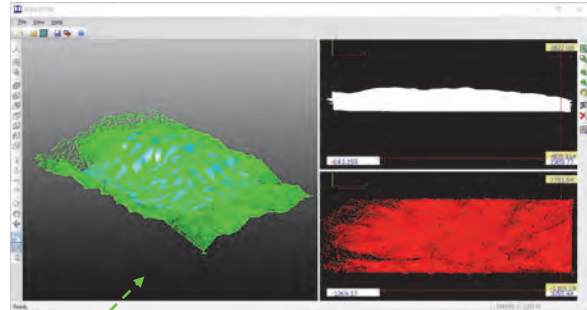
18

3Dトンネルのモデリング方法

- ・地層面の作成
点群データ (.dat) で地表面を作成

等高線で地表面を作成

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	47205	42355	43315	92000	35	48314	47215	47216	48211	47552
2	48106	482	48974	35	35	42578	47255	48725	48555	48135
3	48191	48	4445	41555	41554	4845	48457	48457	48455	48455
4	44455	44455	44455	44455	44455	44455	44455	44455	44455	44455
5	47241	47206	48201	47338	47343	47292	35	35	48475	47805
6	47206	4747	48482	47306	40	47382	47357	47315	4740	48715
7	47306	44193	48744	48295	47338	47357	47464	47377	47464	48715
8	48	48	48384	48772	40741	47388	48113	47345	47464	48715
9	48	48	44256	48384	40441	48101	48141	48715	48464	48464
10	47243	47243	47320	48585	4145	47338	47315	48715	48715	48715
11	48715	48444	48444	48444	48444	48444	48444	48444	48444	48444
12	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715
13	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715
14	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715
15	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715
16	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715	48715



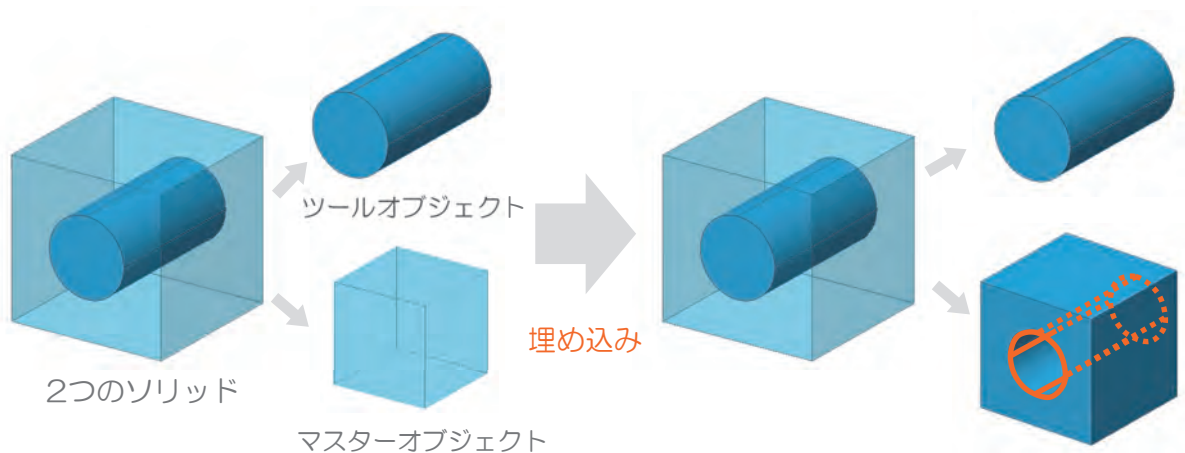
2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

19

3Dトンネルのモデリング方法

- ・3D形状のマージ ソリッド(ブーリアン演算)

埋め込み：ソリッド内部に別のソリッドを挿入する機能



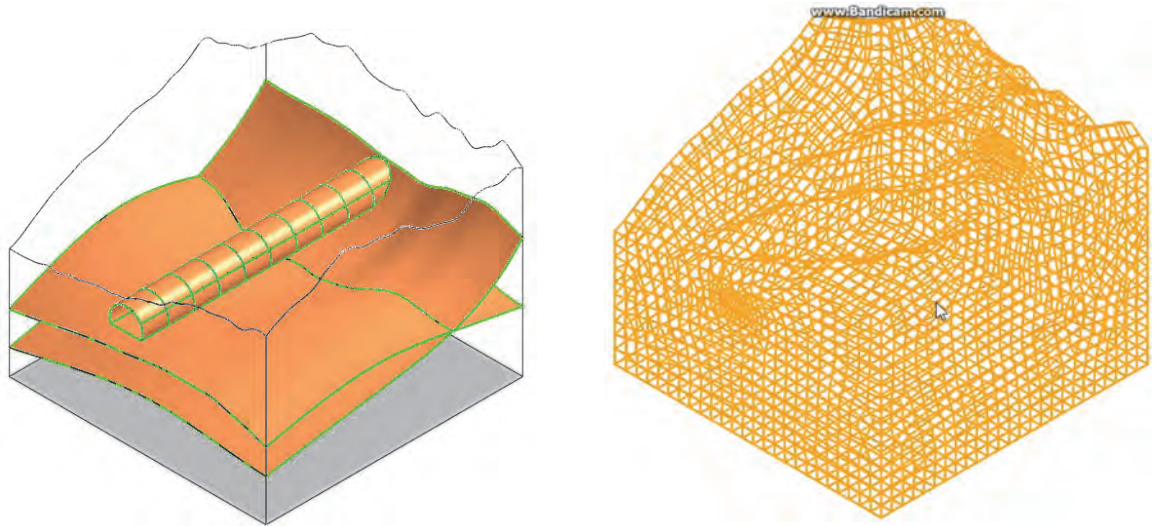
2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

20

3Dトンネルのモデリング方法

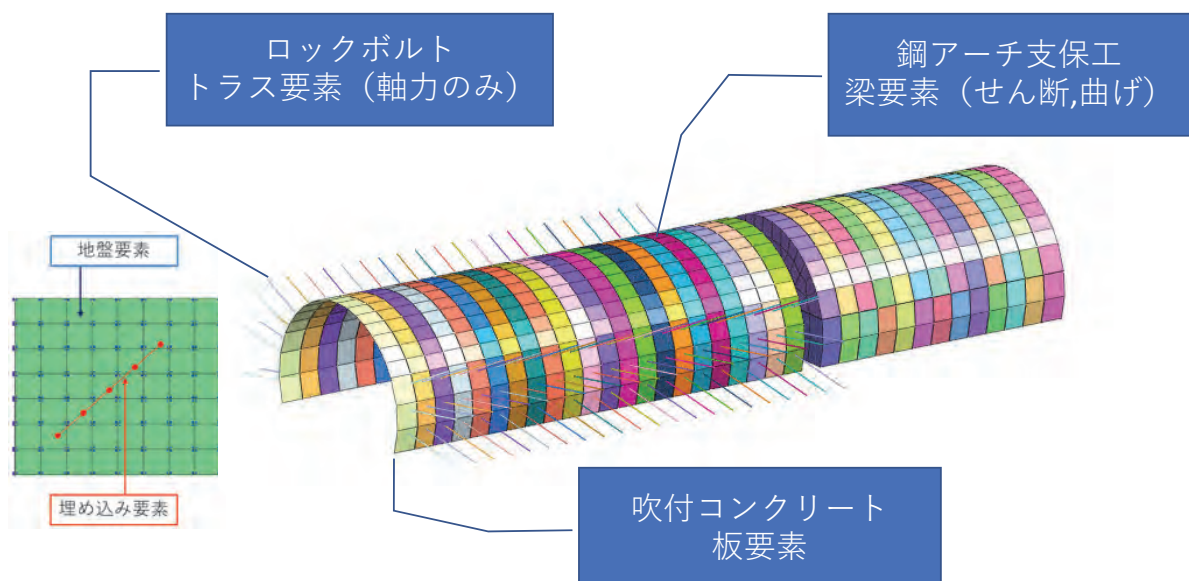
- 3D地盤のメッシュ化

共有面&ハイブリット・メッシュ



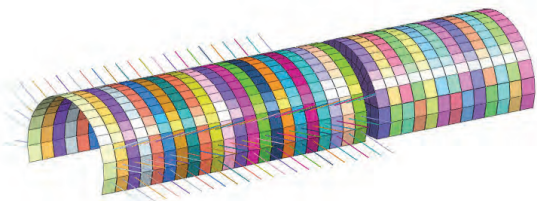
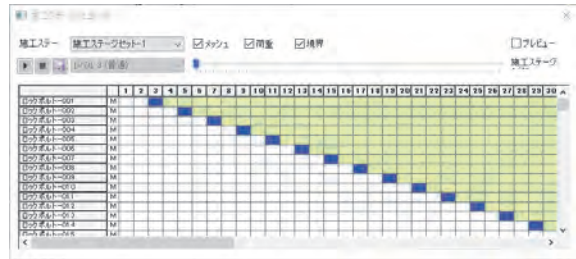
3Dトンネルのモデリング方法

- 3D地盤の場合
吹付コンクリートが2D要素に、
ロックボルトや鋼アーチは1D要素に



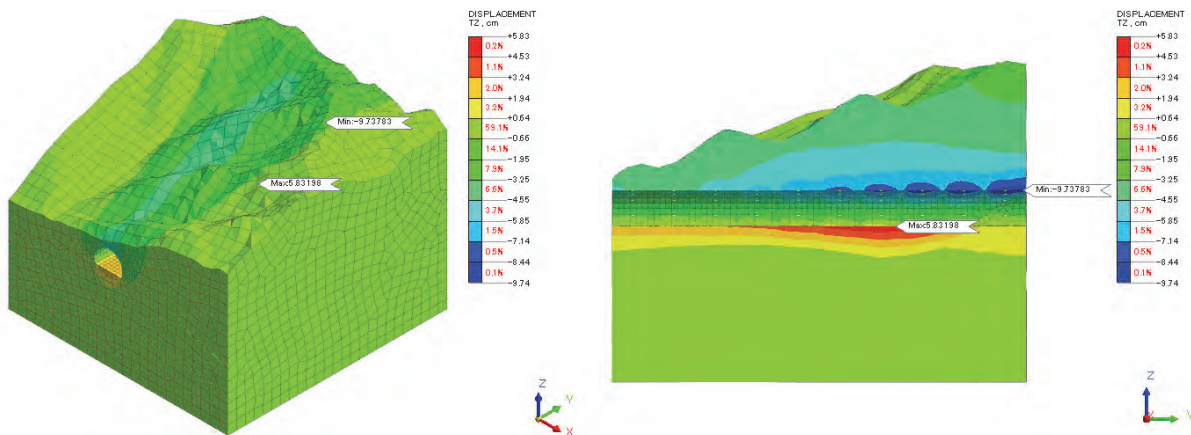
3Dトンネルのモデリング方法

- 施工ステージの設定
ルール入力により施工段階を組む



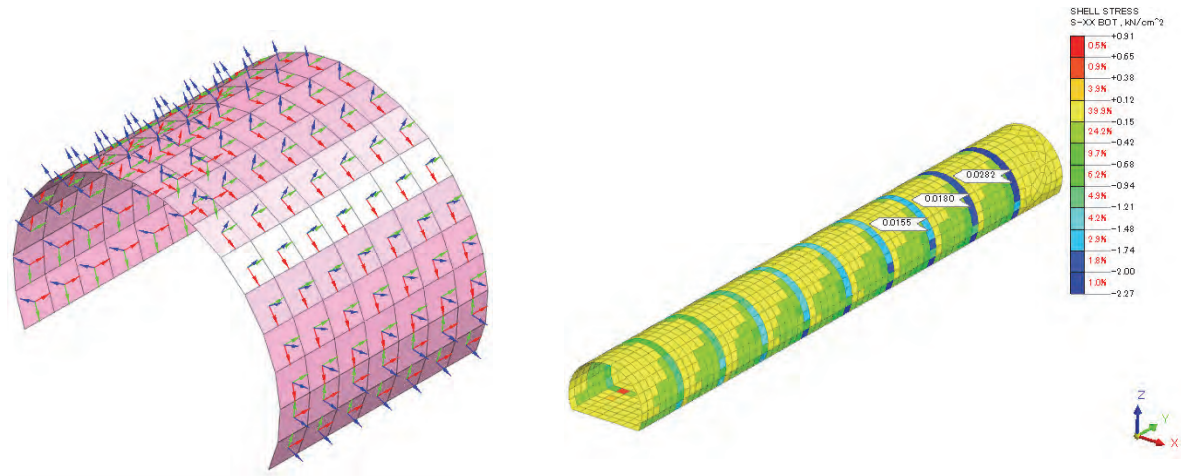
3Dトンネルの結果確認

- 変位の確認
天端沈下と路面隆起を確認



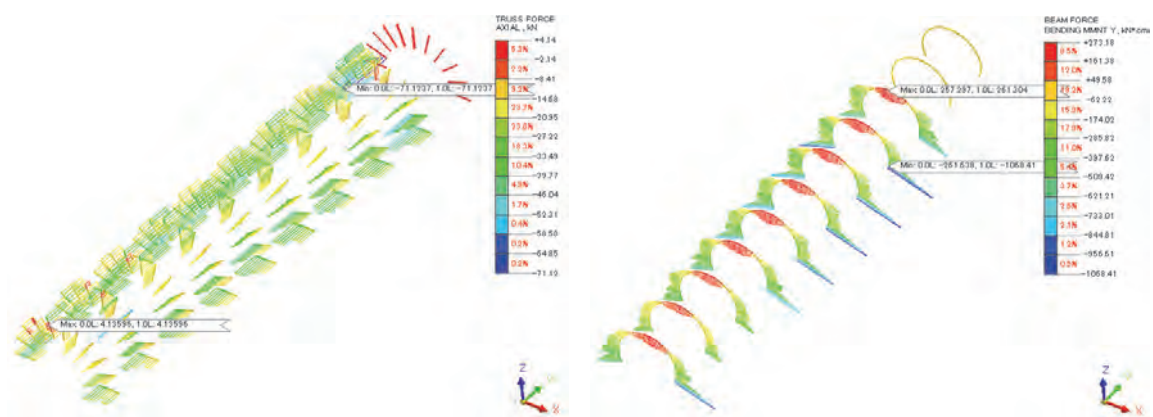
3Dトンネルの結果確認

- 吹付コンクリート
曲げモーメントなどの断面力を確認



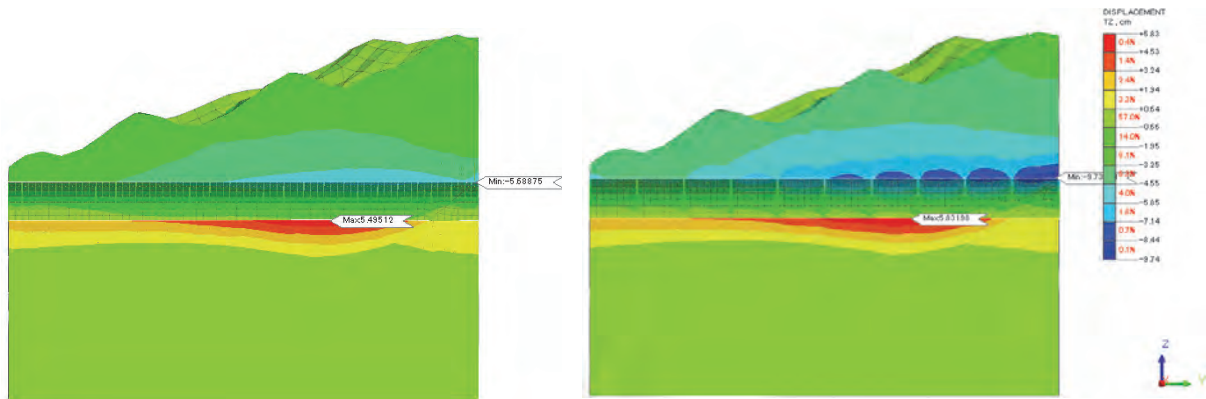
3Dトンネルの結果確認

- 鋼アーチ & ロックボルト
曲げモーメントと軸力を確認



3Dトンネルの結果確認

- 施工段階の影響
簡略化と正確性のバランス



トンネル掘削の施工段階解析

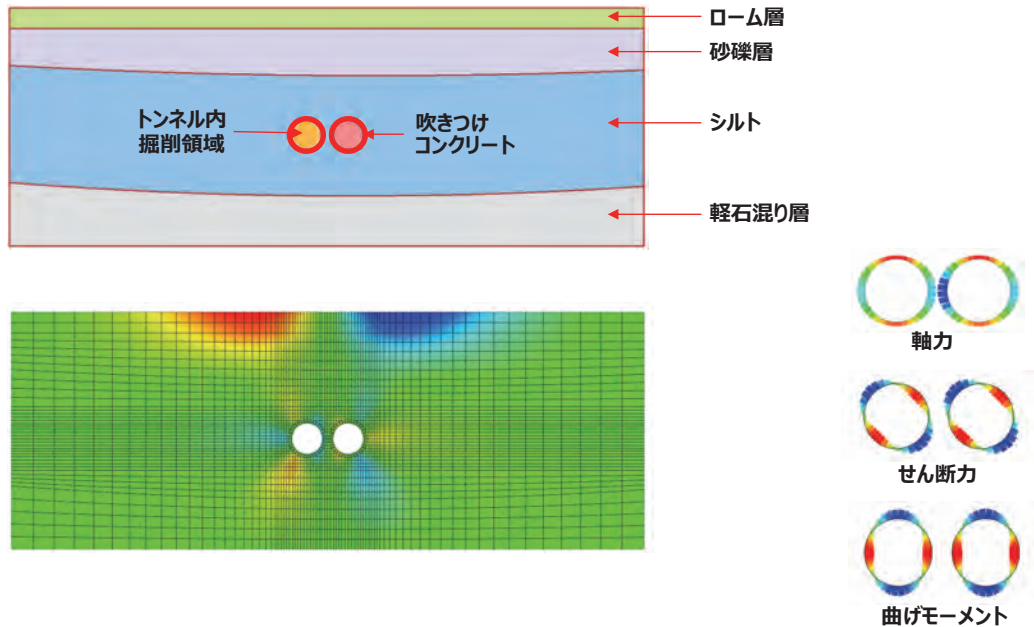
2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

Session.3

トンネル掘削の施工段階解析の実習

2Dトンネル解析実習

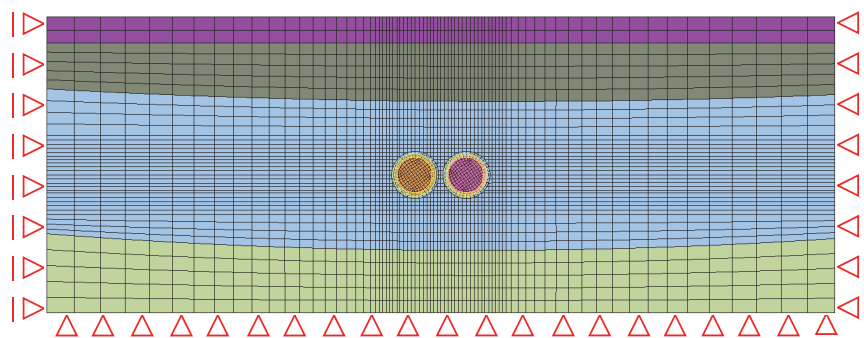
- ・シールドトンネル段階施工解析



2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

29

2Dトンネル解析実習



解析モデル

➤地盤物性値

番号	名称	材料タイプ	弾性係数 (kN/m ²)	湿潤単位重量 (kN/m ³)	飽和単位重量 (kN/m ³)	ポアソン比
1	ローム層	弾性地盤	11,200	18.5	19.5	0.3
2	砂礫層	弾性地盤	135,000	19	20	0.3
3	シルト	弾性地盤	92,000	20	21	0.3
4	軽石混り砂	弾性地盤	150,000	18	19	0.3

➤構造特性

※本解析では静止土圧係数ではなくポアソン比を使用

番号	名前	要素タイプ	弾性係数 (kN/m ²)	ポアソン比	単位重量 (kN/m ³)
1	吹きつけ	梁	25,000,000	0.3	31.2

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

30

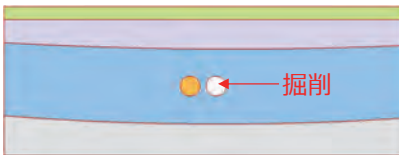
2Dトンネル解析実習

番号	名称
1	自重解析
2	右トンネル掘削0.4開放
3	右トンネル吹き付け
4	右トンネル掘削0.6開放
5	左トンネル掘削0.4開放
6	左トンネル吹き付け
7	左トンネル掘削0.6開放

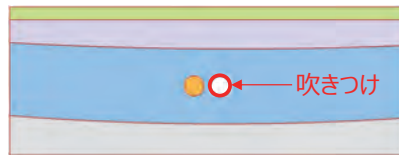
➤ステージ 1：自重解析



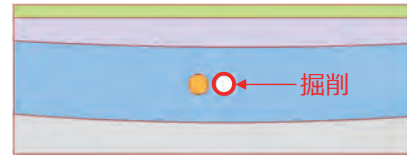
➤ステージ 2：右トンネル掘削0.4開放



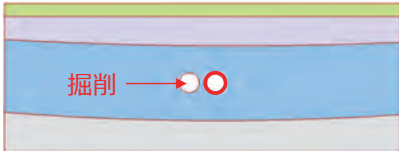
➤ステージ 3：右トンネル吹きつけ



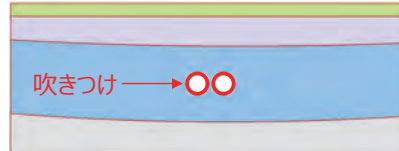
➤ステージ 4：右トンネル掘削0.6開放



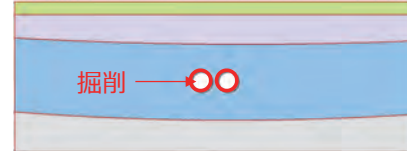
➤ステージ 5：左トンネル掘削0.4開放



➤ステージ 6：左トンネル吹きつけ

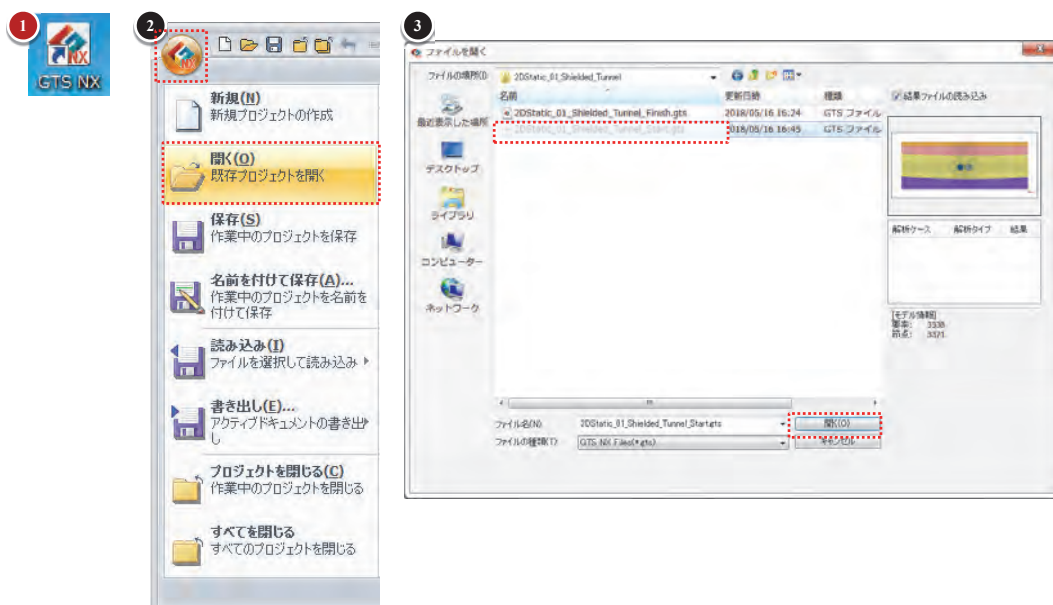


➤ステージ 7：左トンネル掘削0.6開放



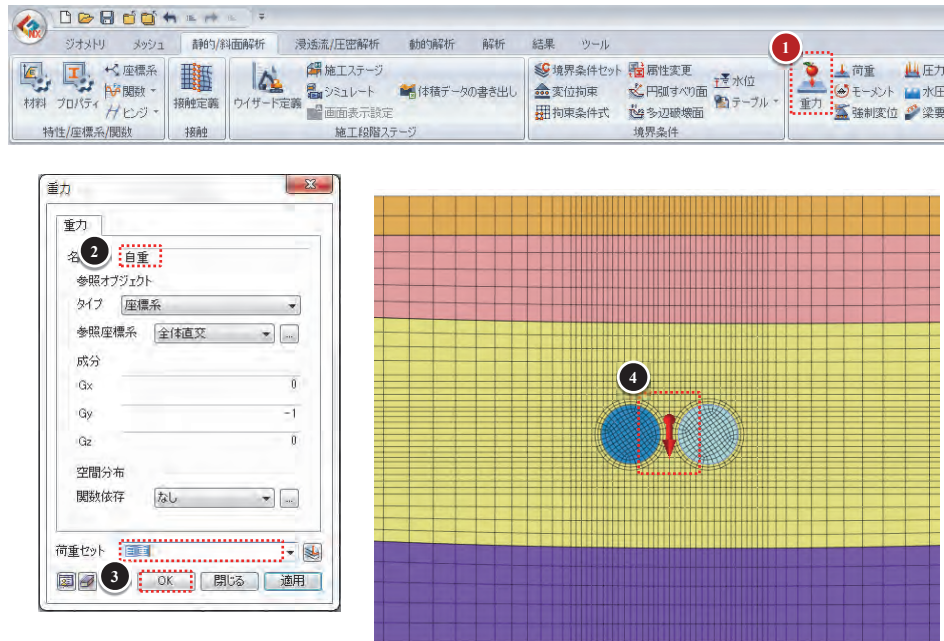
2Dトンネル解析実習

- 「1D練習ファイル」を開く



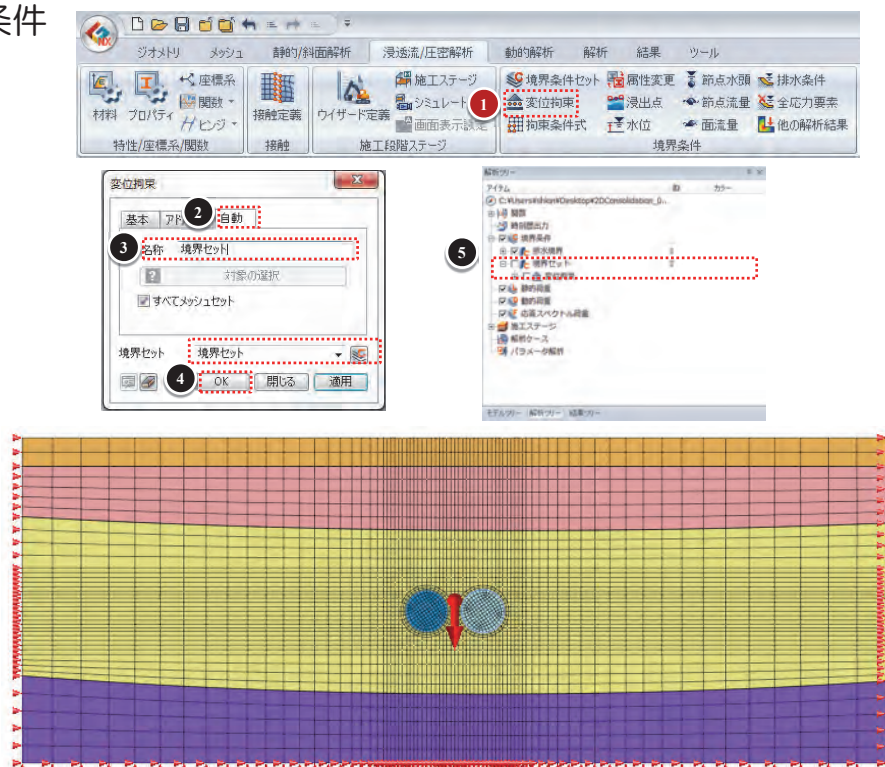
2Dトンネル解析実習

• 自重



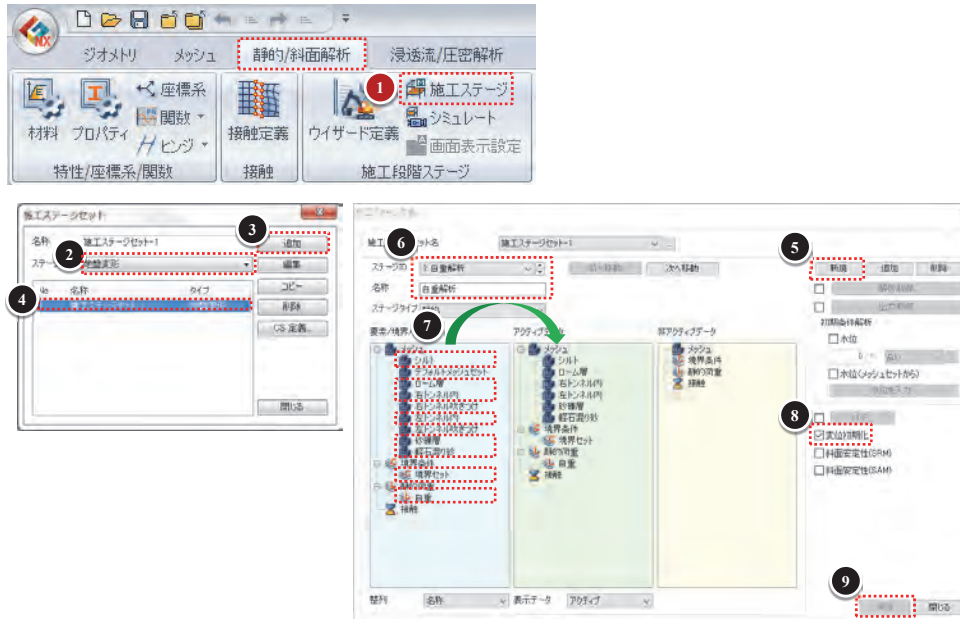
2Dトンネル解析実習

• 拘束条件



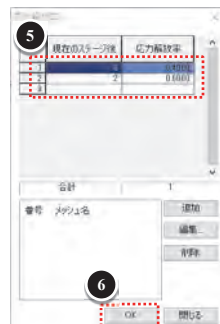
2Dトンネル解析実習

・ 施工段階の編集



2Dトンネル解析実習

・ 施工段階の編集



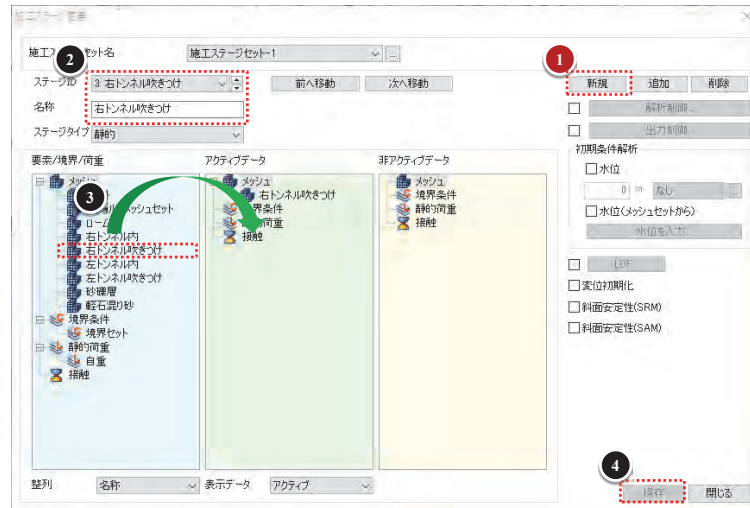
⑤ 応力解放率の設定

■本解析では、「右トンネル掘削0.4開放」で掘削を始め、応力40%を開放し、コンクリートの吹きつけ処理（「右トンネル吹きつけ」）を行った後、「右トンネル掘削0.6開放」で残りの応力60%を開放します（0.4開放 = 40%開放、0.6開放 = 60%開放）

■右上の表において、「開放段階0（応力開放率0.4）」が「右トンネル掘削0.4開放」に、2段階後の「開放段階2（応力解放率0.6%）」が「右トンネル掘削0.6開放」に該当します。

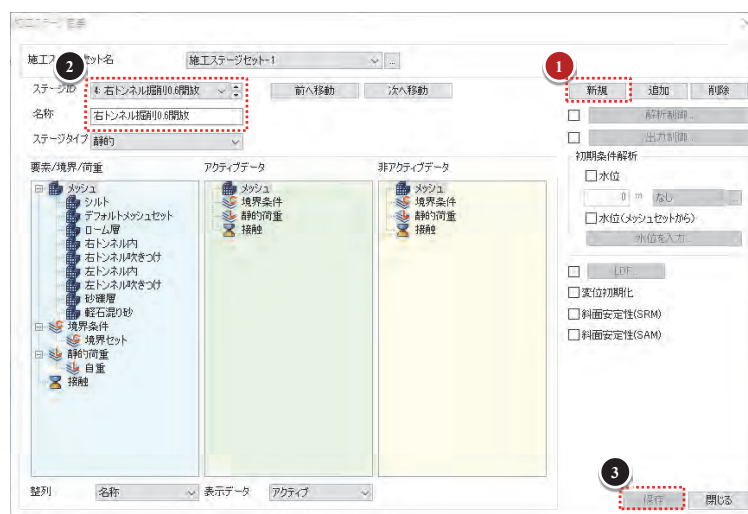
2Dトンネル解析実習

・ 施工段階の編集



2Dトンネル解析実習

・ 施工段階の編集



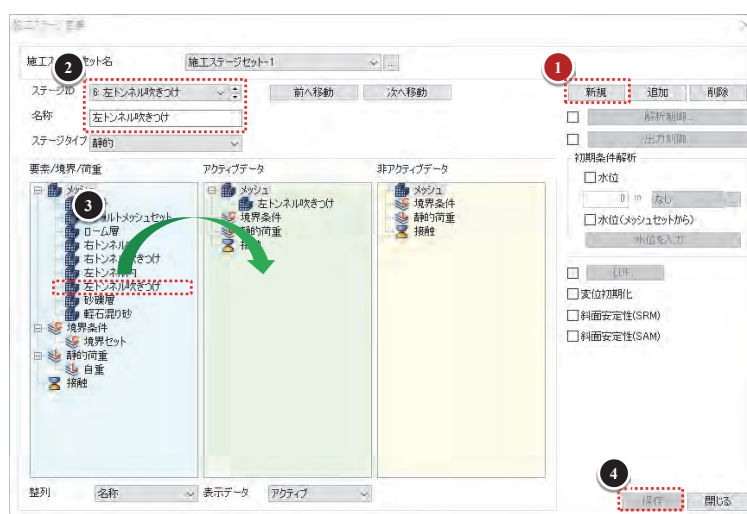
2Dトンネル解析実習

・ 施工段階の編集



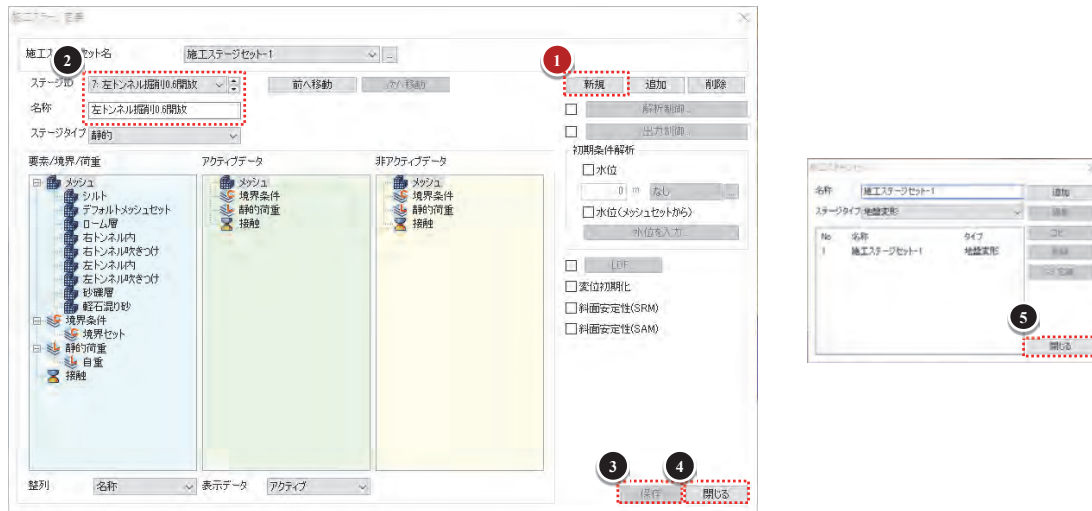
2Dトンネル解析実習

・ 施工段階の編集



2Dトンネル解析実習

・ 施工段階の編集



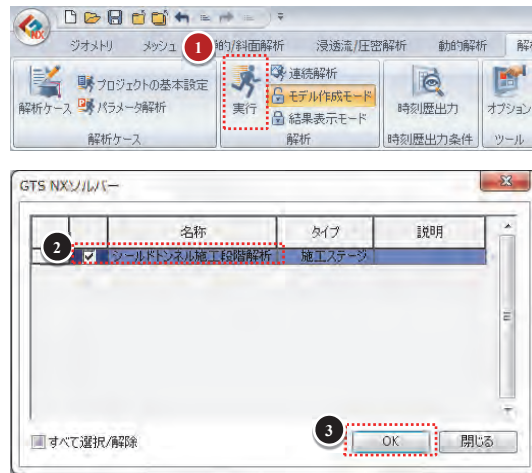
2Dトンネル解析実習

・ 解析ケースの設定



2Dトンネル解析実習

- 解析実行

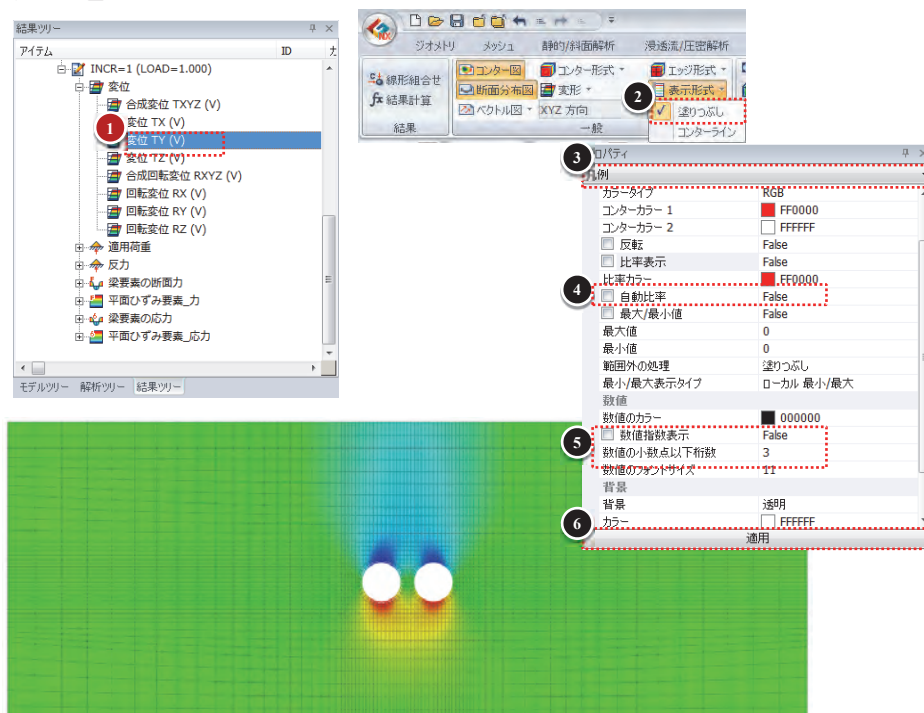


 メッセージ解説

- ITERATION NO.* 反復計算回数
- TOLERANCE 計算誤差
- CONVERGED 収束
- DID NOT CONVERGED 収束していない

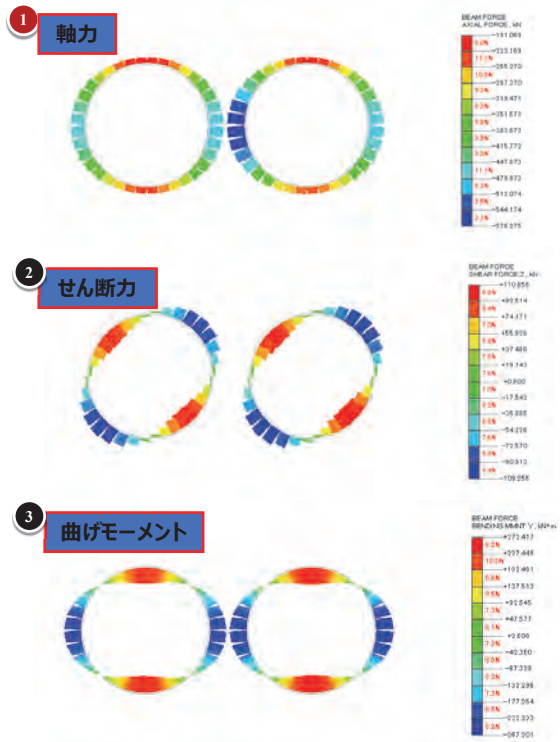
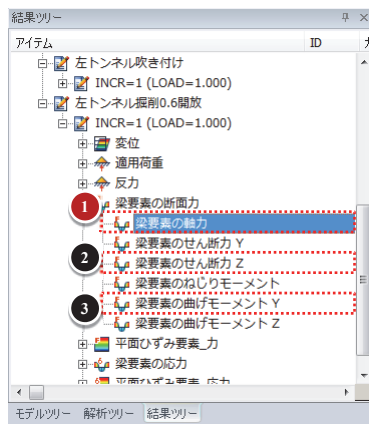
2Dトンネル解析実習

- ・変位結果の確認



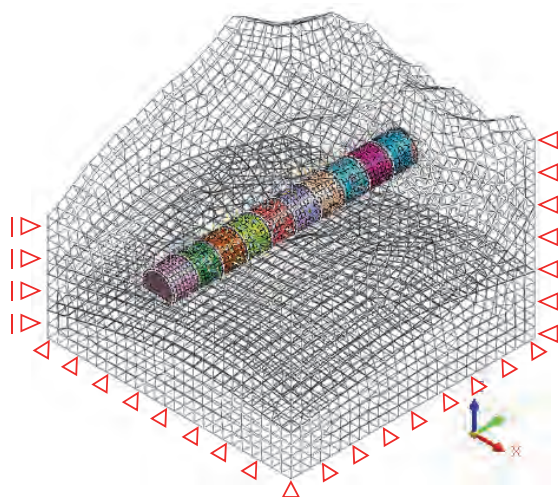
2Dトンネル解析実習

・支保工結果の確認



3Dトンネル解析実習

・モデル紹介

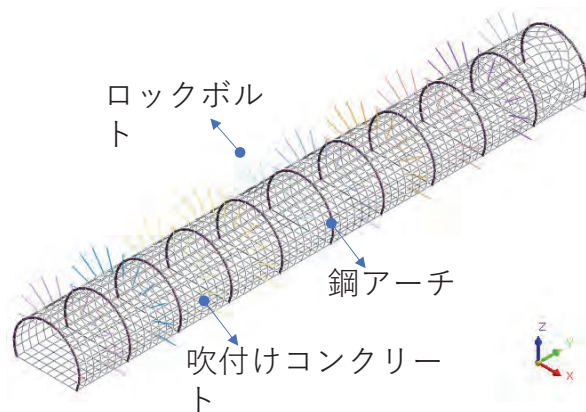


➤地盤物性値

番号	名称	材料タイプ	弾性係数 (kN/m ²)	湿潤単位重量 (kN/m ³)	ポアソン比
1	風化土	弾性	50,000	18	0.30
2	風化岩 1	弾性	500,000	23	0.30
3	風化岩 2	弾性	400,000	23	0.30
4	軟岩	弾性	2000,000	25	0.25

3Dトンネル解析実習

・モデル紹介

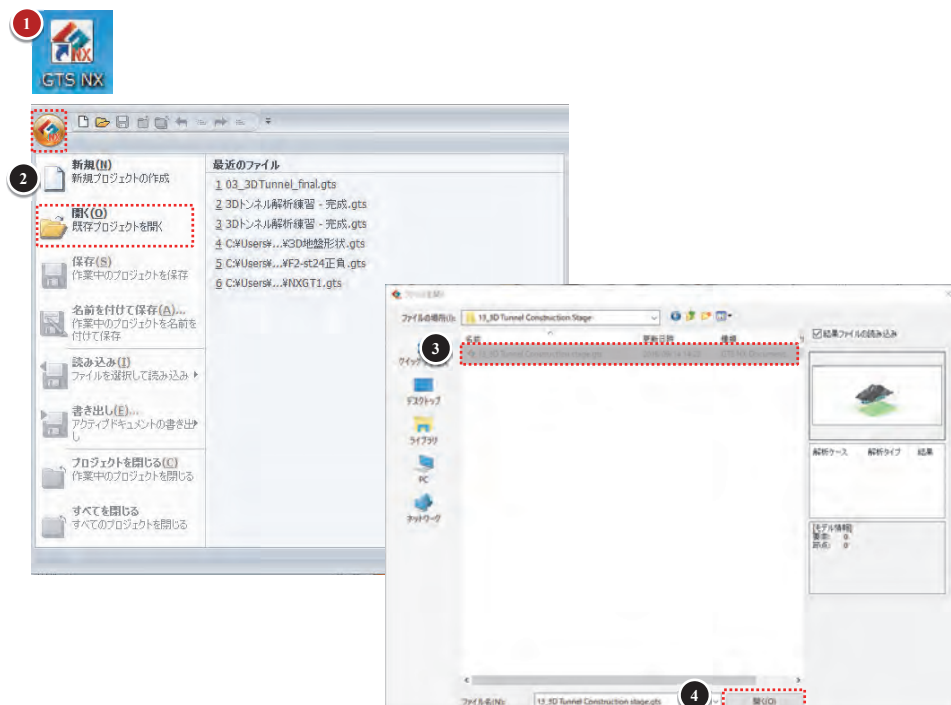


➤ 構造物の物性値

番号	名称	材料タイプ	弾性係数 (kN/m ²)	単位重量 (kN/m ³)	有効 ポアソン比
1	鋼アーチ	弾性	2.00×10^8	78.5	0.30
2	吹付けコンクリート	弾性	1.50×10^7	24	0.20
3	ロックボルト	弾性	2.10×10^8	78.5	0.30

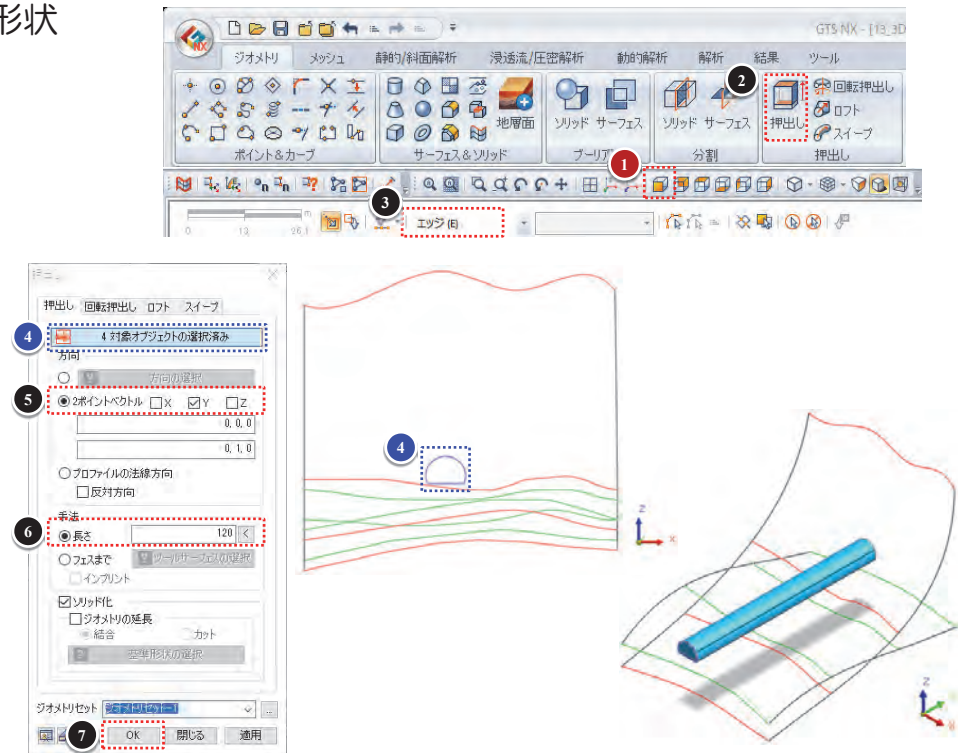
3Dトンネル解析実習

・「3D練習ファイル1」を開く



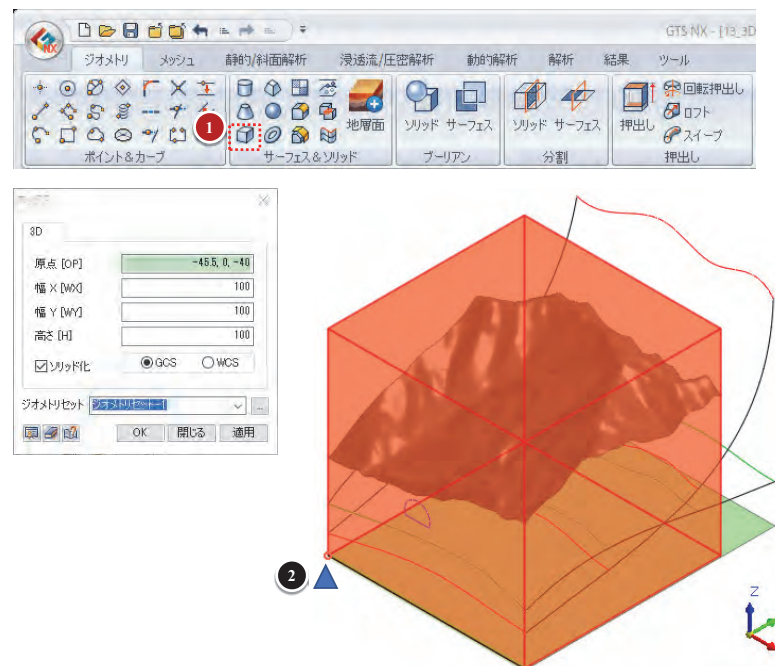
3Dトンネル解析実習

- トンネル形状



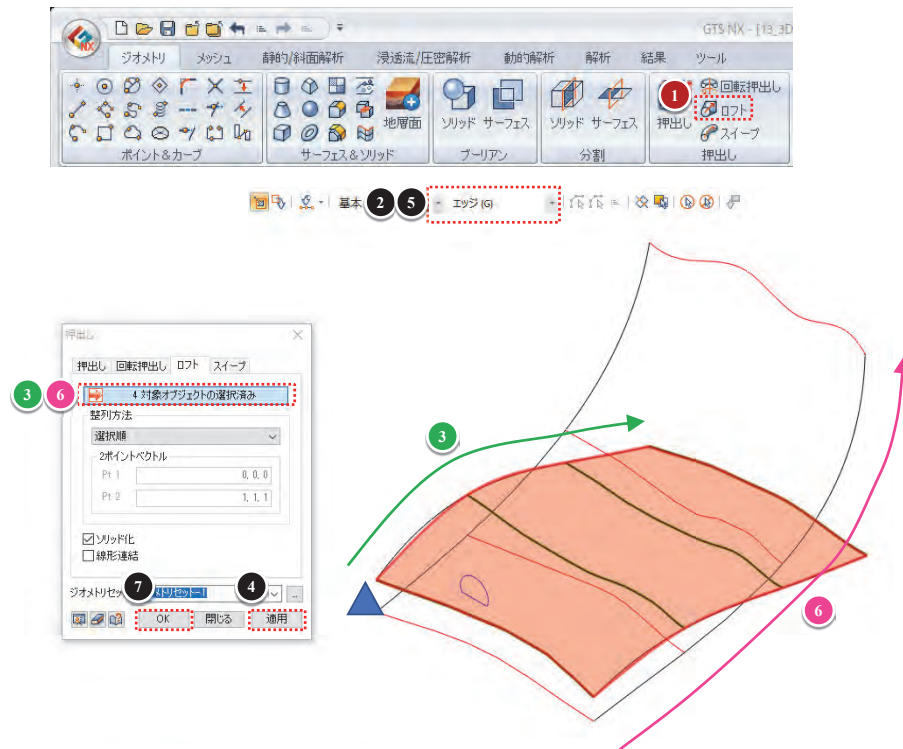
3Dトンネル解析実習

- 3D地盤範囲



3Dトンネル解析実習

・地層面

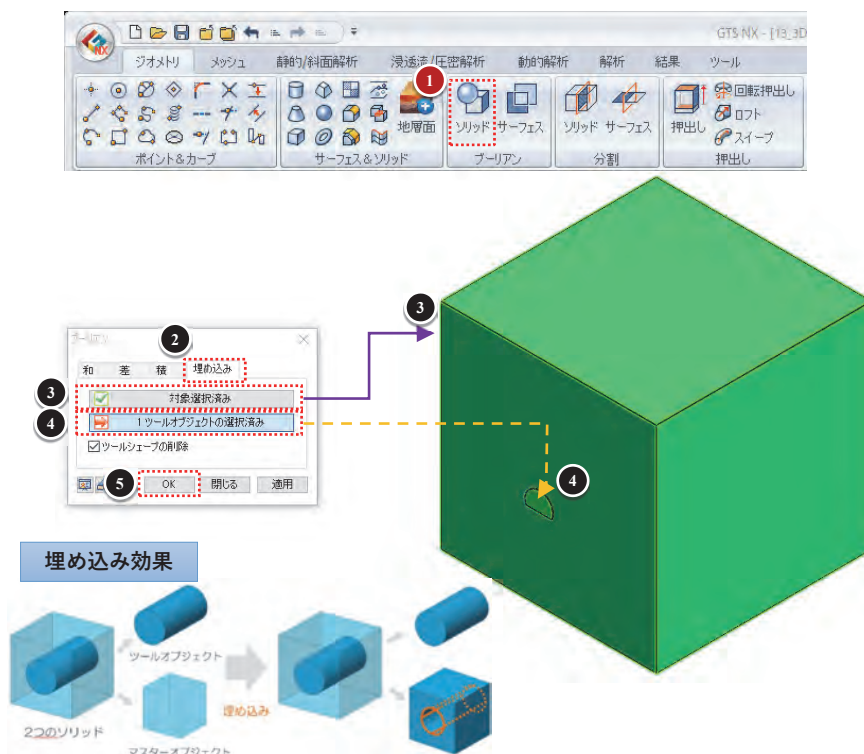


2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

51

3Dトンネル解析実習

・埋め込み

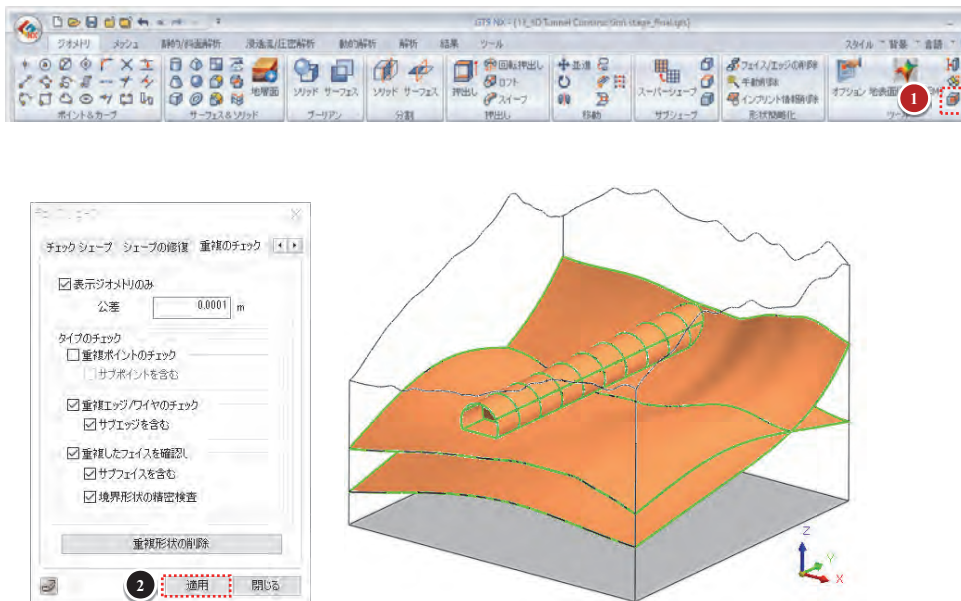


2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

52

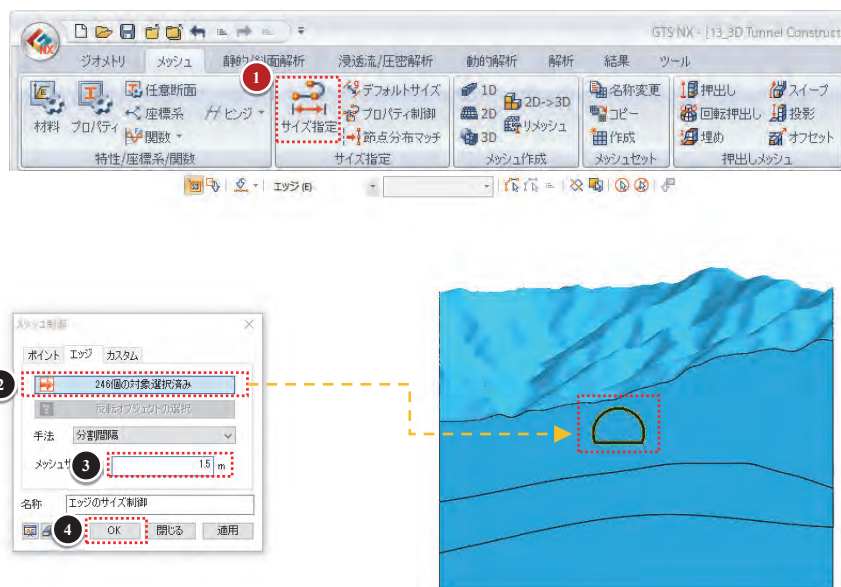
3Dトンネル解析実習

- 3D形状確認



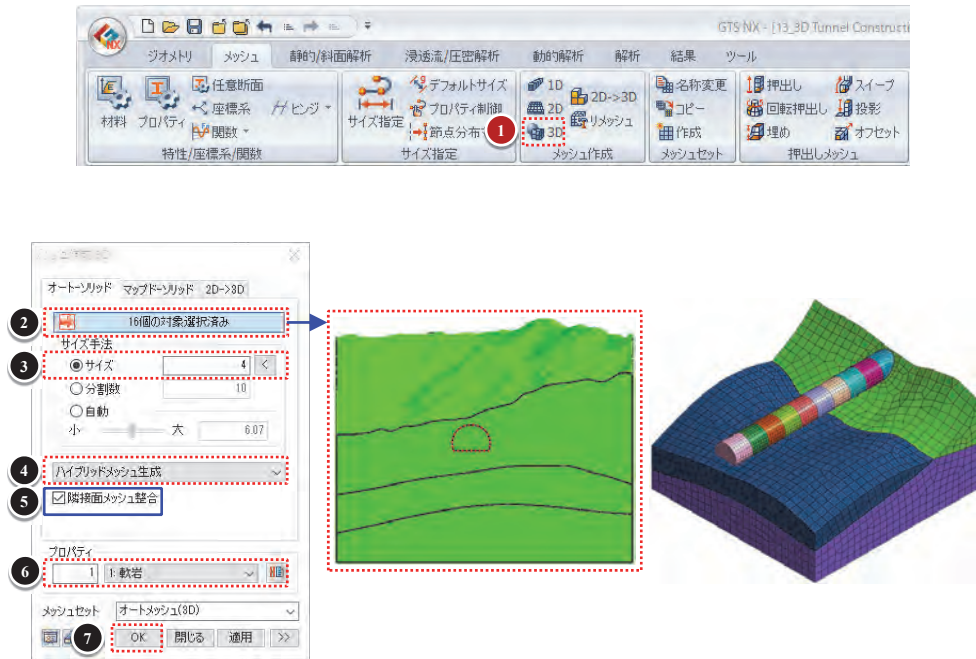
3Dトンネル解析実習

- ・メッシュサイズ指定



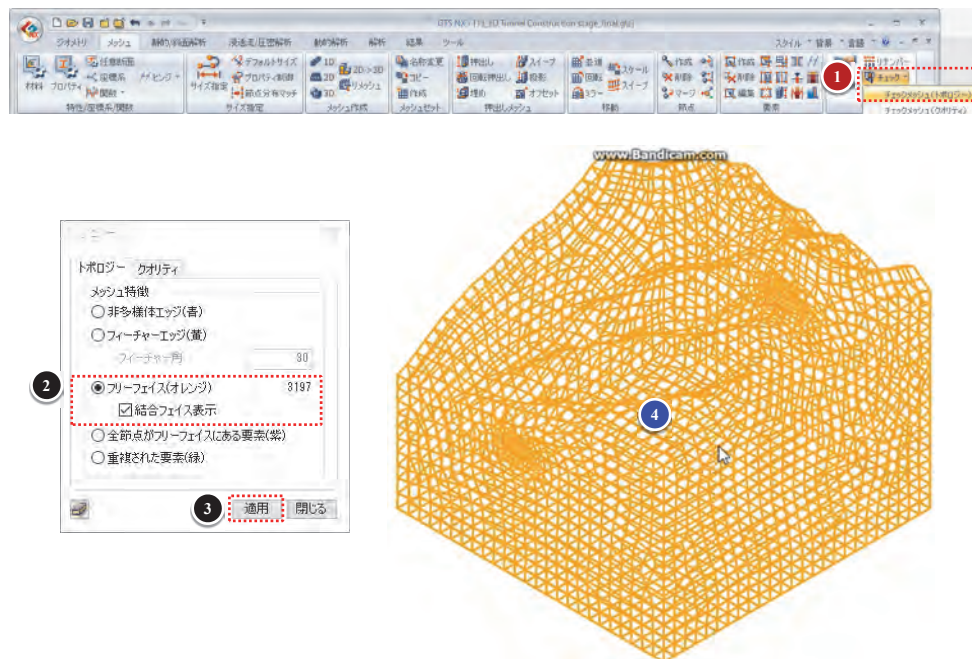
3Dトンネル解析実習

・メッシュ



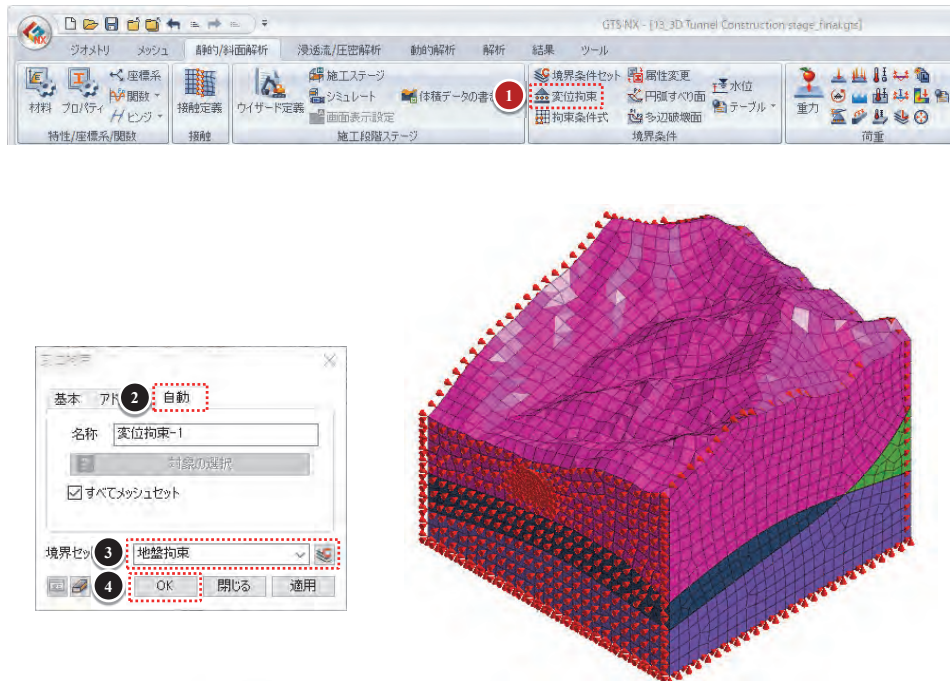
3Dトンネル解析実習

・メッシュ確認



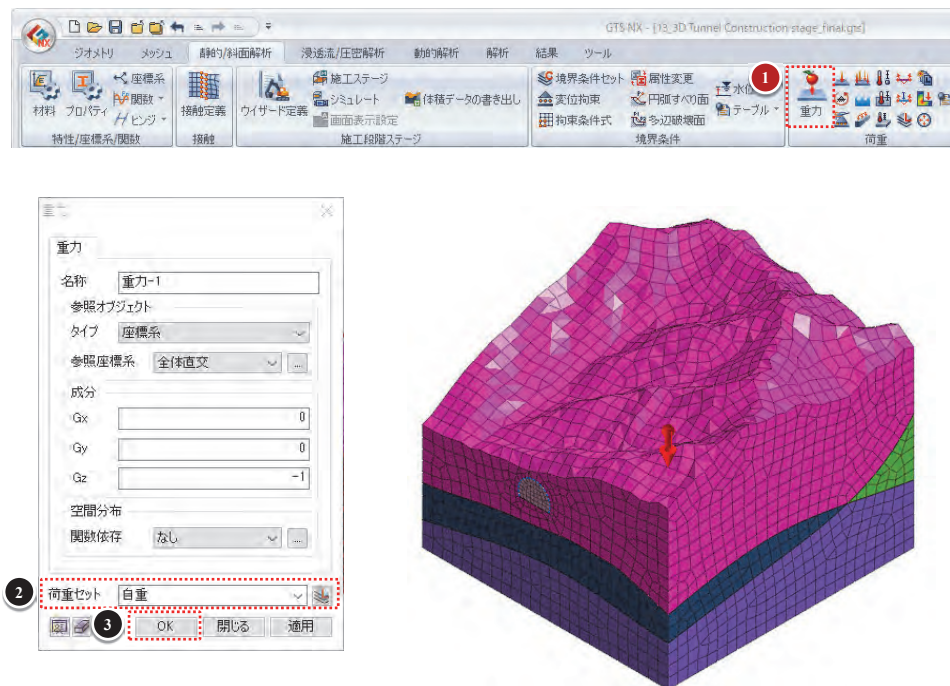
3Dトンネル解析実習

- 「3D練習ファイル2」を開く
- 拘束条件



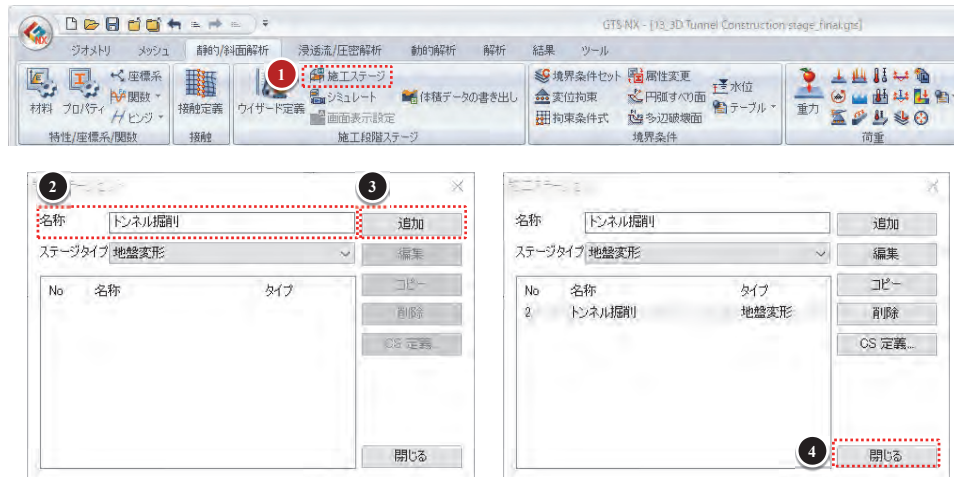
3Dトンネル解析実習

- 自重



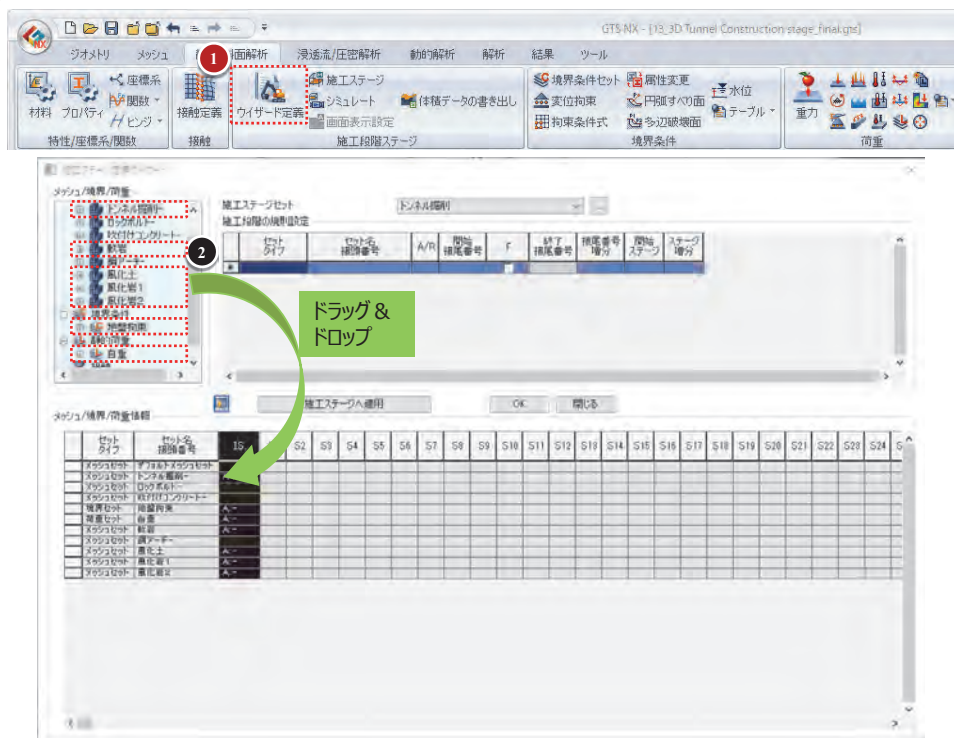
3Dトンネル解析実習

・ 施工段階編集



3Dトンネル解析実習

・ 初期応力ステージ設定



3Dトンネル解析実習

・ウィザードの説明

F 終了接尾番号が必要な場合チェックオン

接尾番号増分 次のA/R作業の対象の接尾番号を指定

施工段階の規則設定

セットタイプ	セット名	A/R	開始接尾番号	F	終了接尾番号	接尾番号増分	開始ステージ	ステージ増分
メッシュセット	トンネル掘削	R						

タイプの選択
・メッシュセット
・境界セット
・荷重セット

セット名
トンネル掘削 - 001
の“トンネル掘削”の部分

開始接尾番号
トンネル掘削 - 001
の“001”の部分
A/R対象の開始番号

開始ステージ
A/R作業の開始
ステージ番号

A/R
・Aは追加、構築…
・Rは削除、掘削…

終了接尾番号
A/R対象の
終了番号

ステージ増分
次のA/R作業のステージ
の接尾番号を指定

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

63

3Dトンネル解析実習

・施工ステージのルールを入力

1

2

3

鋼アーチ

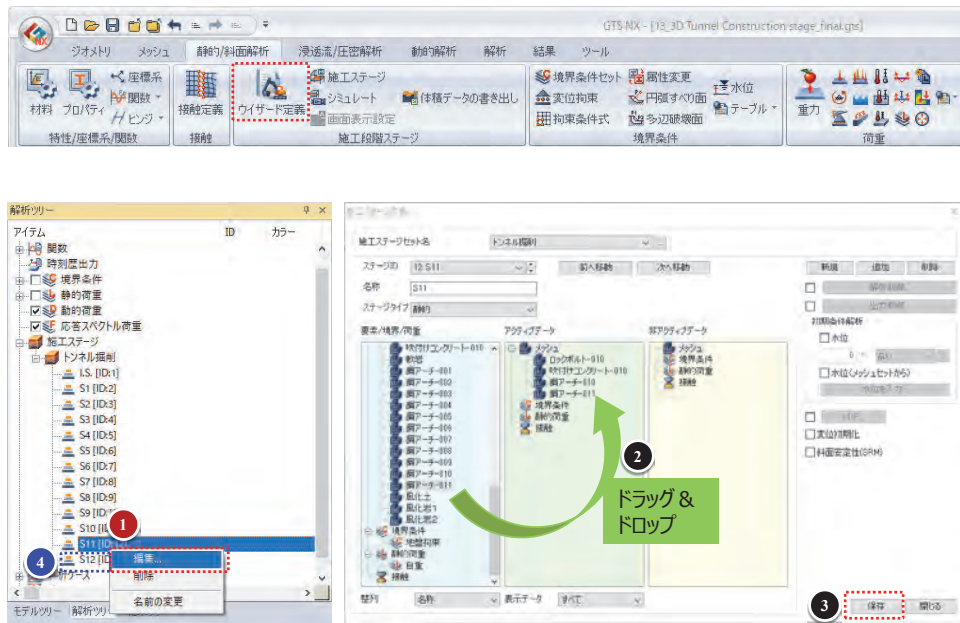
A:1 ... **A:10 A:11**

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

64

3Dトンネル解析実習

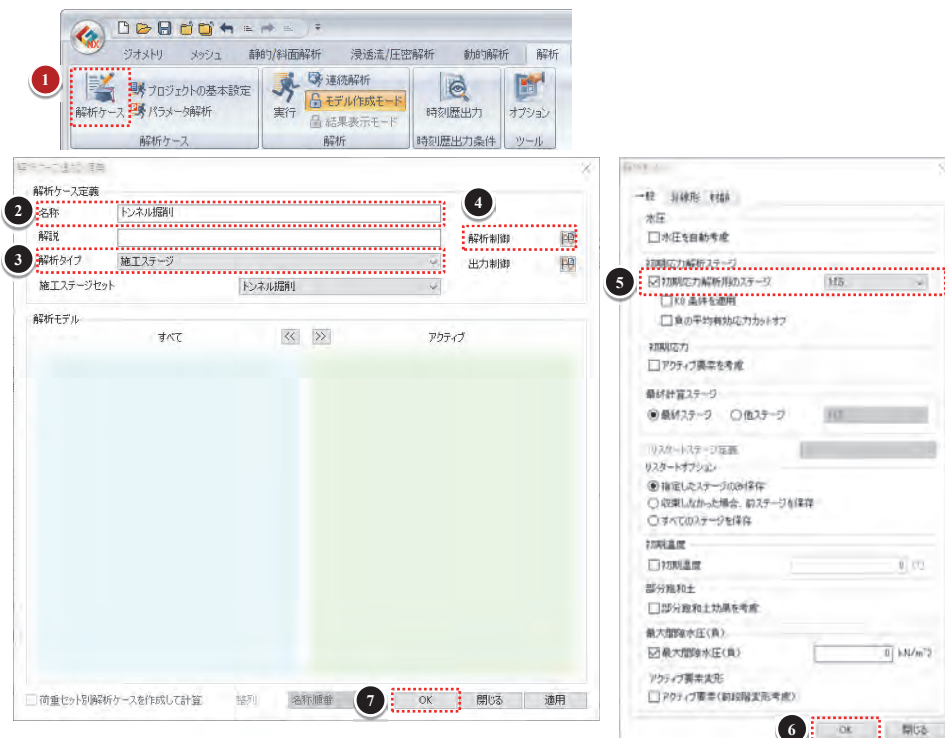
・ 施工ステージの編集



④ “S12”を選択し、“Delete”キーを押す

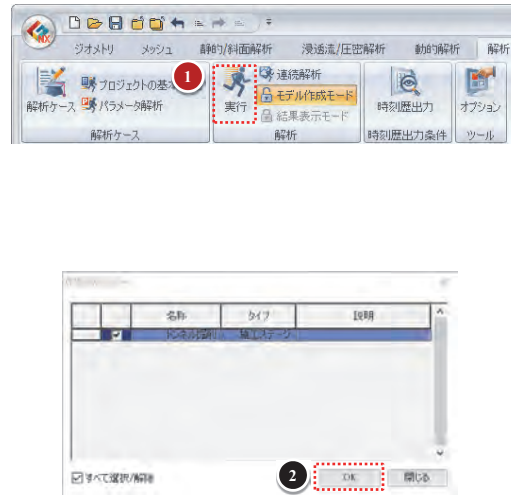
3Dトンネル解析実習

・ 解析ケース



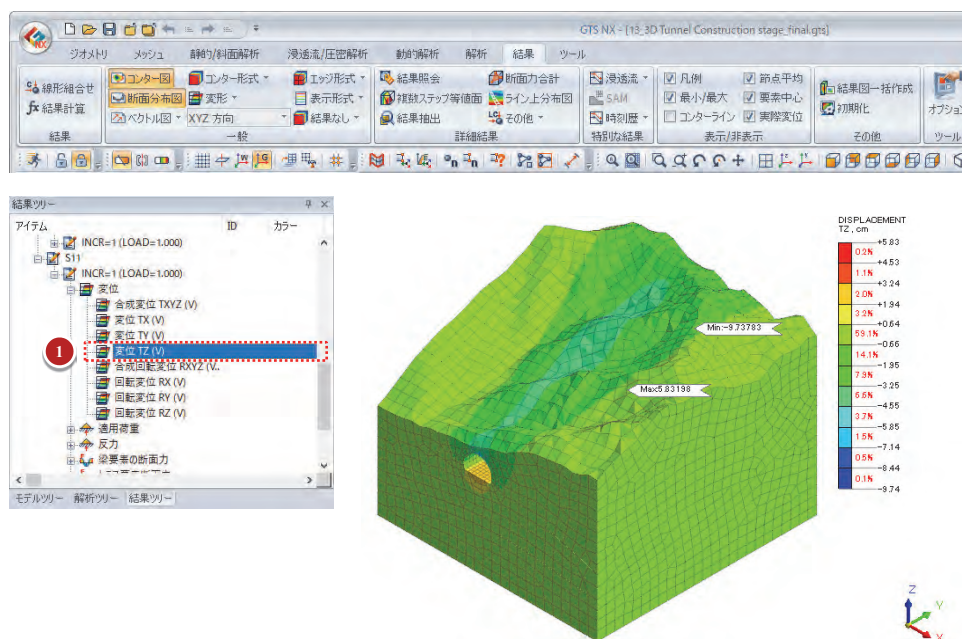
3Dトンネル解析実習

・ 解析実行



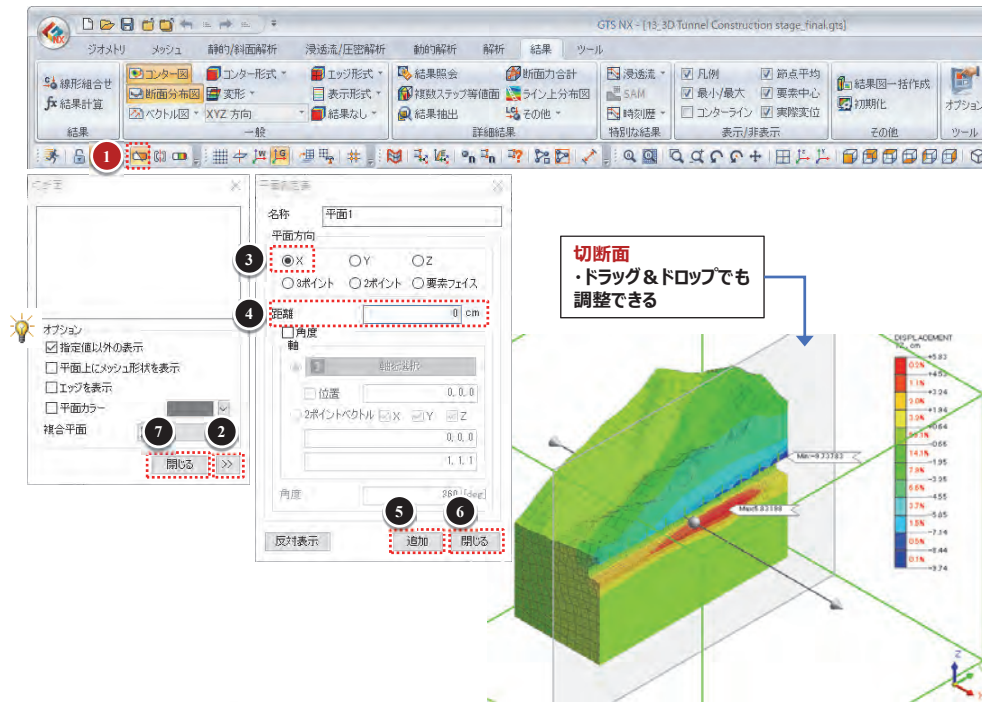
3Dトンネル解析実習

・ 変位の確認



3Dトンネル解析実習

・変位の確認



トンネル掘削の施工段階解析

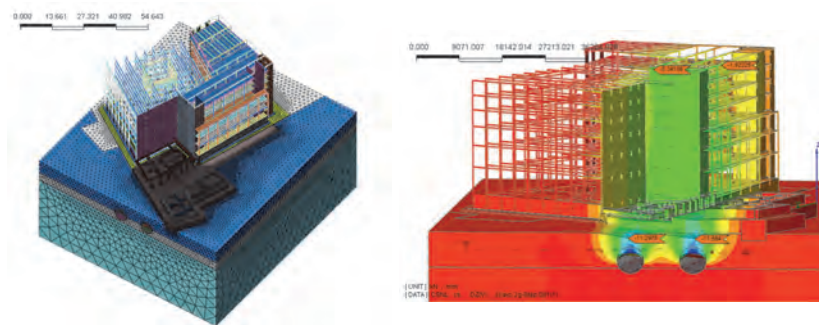
2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

Session.4

解析例紹介

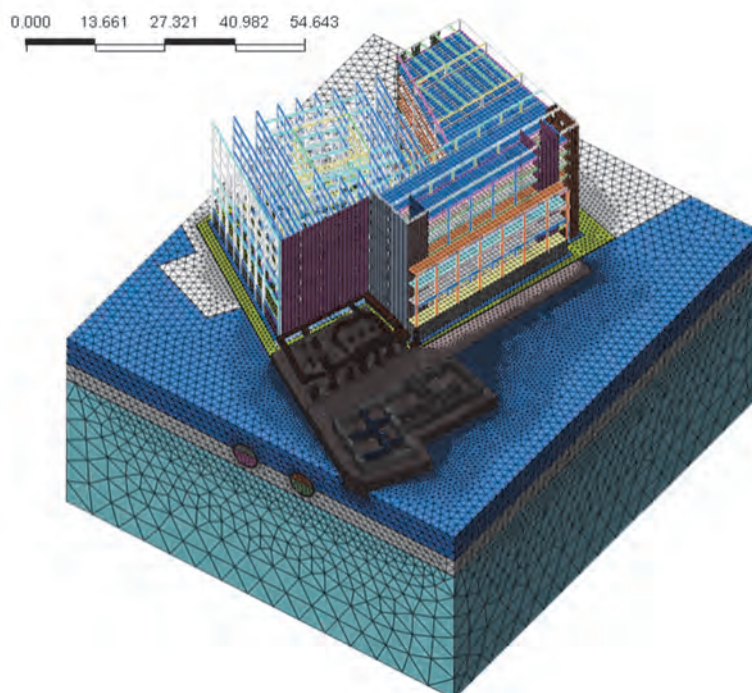
GTS NX 適用事例

-トンネル掘削1-



2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

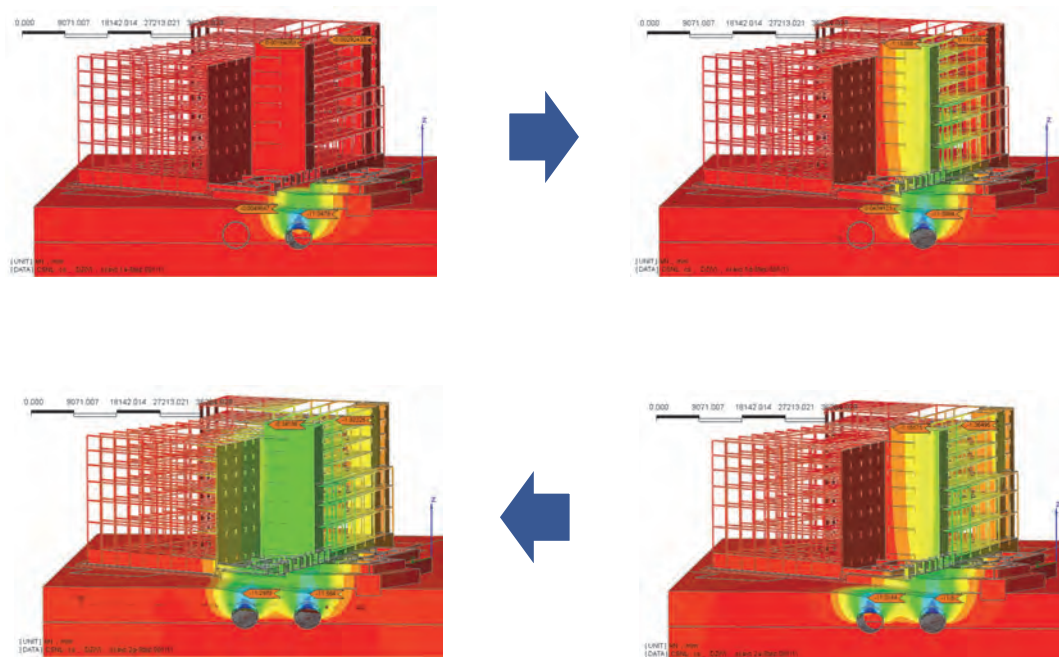
71



モデル図

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

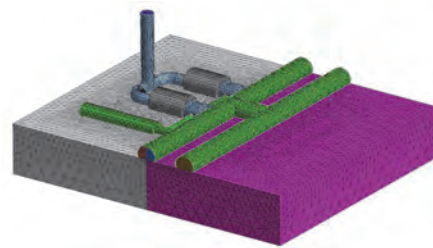
72

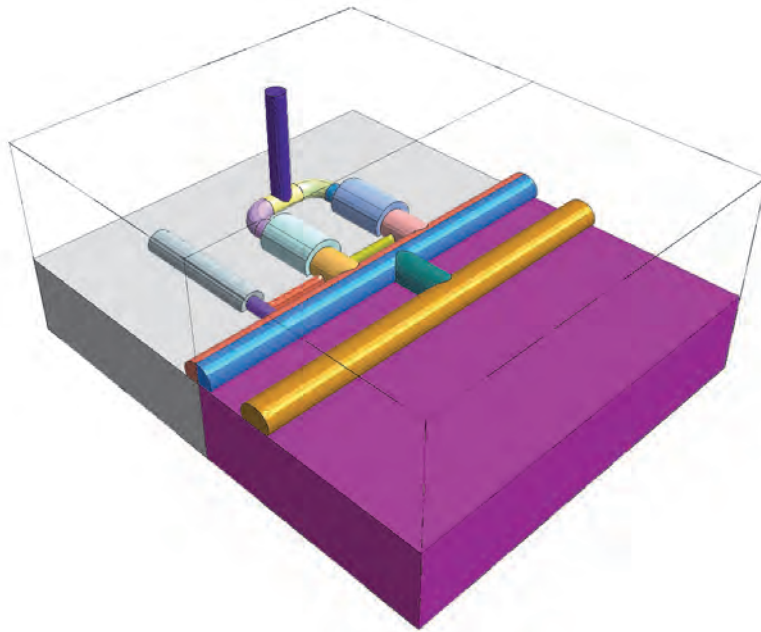


施行段階ごとの変位コンター

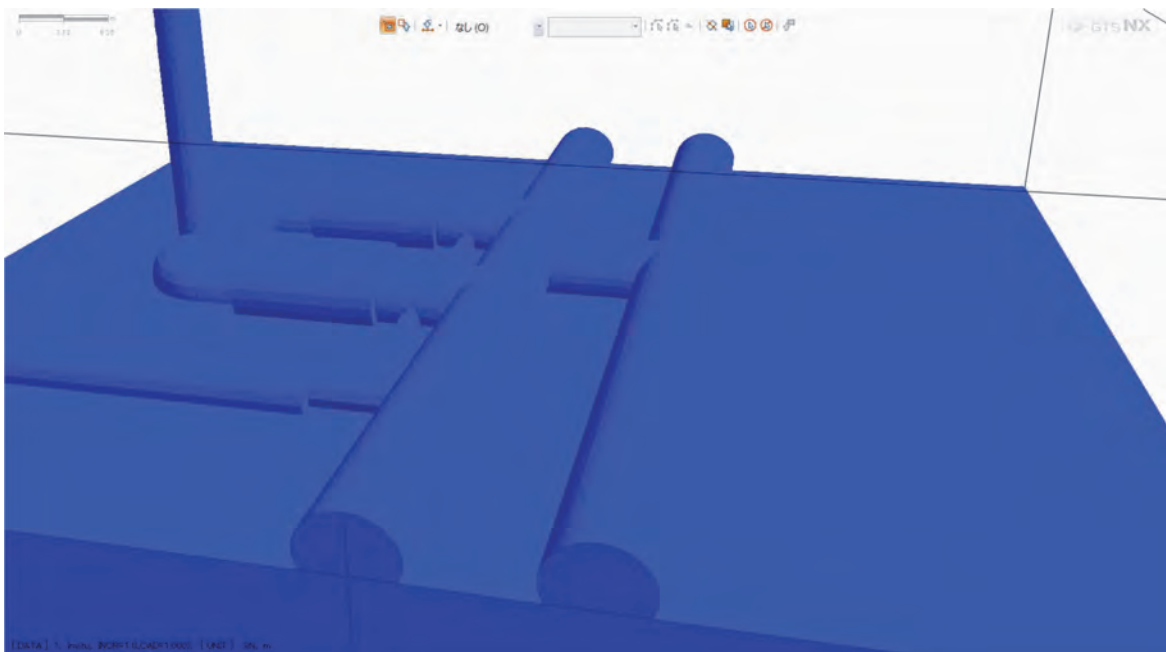
GTS NX 適用事例

－トンネル掘削2－

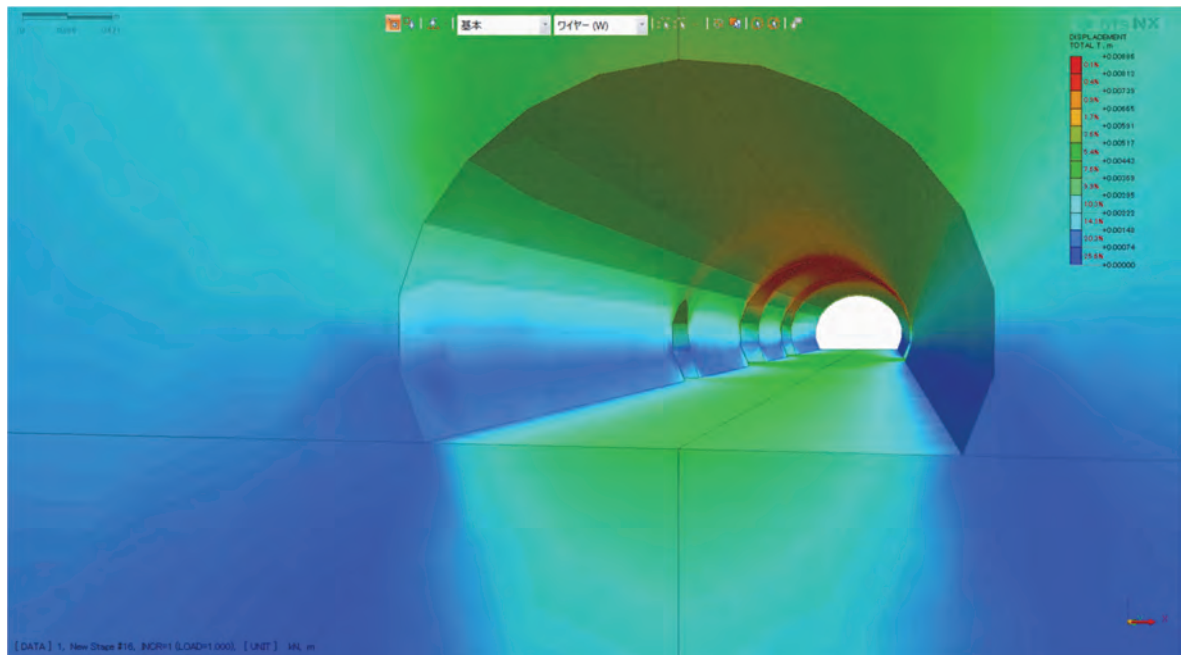




モデル図(部分透過)



変位コンター(アニメーション)



変位コンター(フライトシミュレーション)

2019 MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL EDUCATION SEMINAR

ご清聴、ありがとうございました。

本日は、お越しいただき
ありがとうございました。

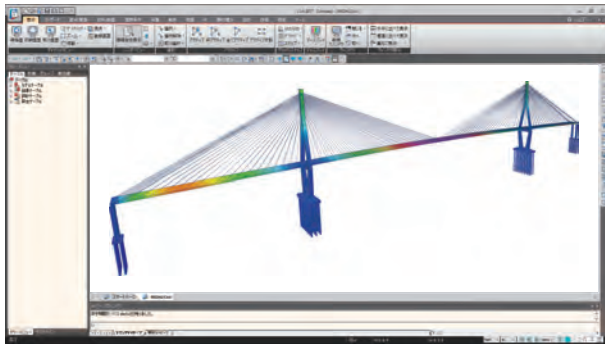


MIDAS

MIDAS CONSTRUCTION PROGRAMS

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

The Largest CAE Software Developer
in Civil Engineering

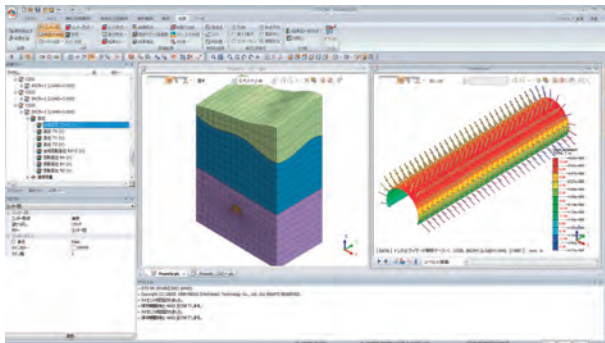


midas Civil

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。

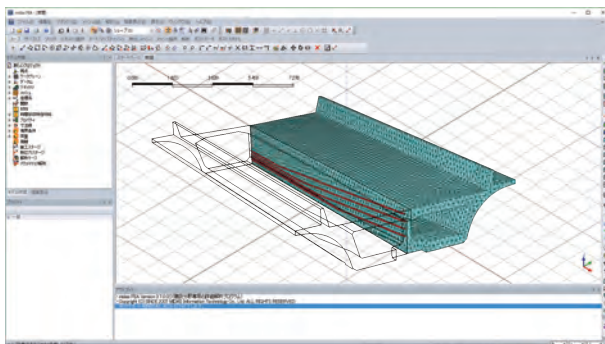


GTS NX

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。

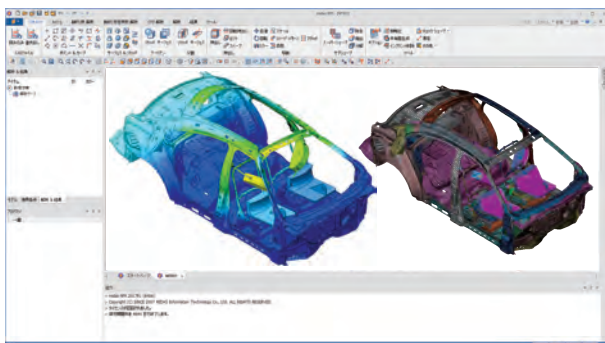


FEA NX

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、マスキンの熱応力解析、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ジヤパン

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

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