

FEA NX - Release Note

Product Ver: Ver. 375
Release Date : 02-2026



機能強化

1. Analysis

1.1 最適化オプション

1.2 弾性連結 – 減衰

1.3 放射

1.4 温度変化による単位体積重量の考慮

1.5 JSCE 2022 基準追加

2. Pre/Post Processing

2.1 レポートオプション：トンネル解析レポートタイプ新規追加

2.2 レポートオプション：軌道レビュー機能の改善

2.3 レポートオプション：観測視点画像の適用とタイプ確認の改善

2.4 スイープ曲率角度保持オプションの追加

2.5 杭垂直剛性係数関数の追加

2.6 ジョイント物性の自動更新

2.7 施工段階別相対変位結果出力

2.8 切断面の表示機能の改善

2.9 液体境界要素のための波動吸収境界

2.10 仮想梁の作成機能の改善

2.11 ダブルI-断面(Double I-Section)特性の追加

2.12 交差のジオメトリセットの保持機能の追加

2.13 列車移動荷重テーブルのExcel互換性（コピー/貼り付け）の改善

2.14 要素テーブルにインタフェース面積列を追加

2.15 構造設計連動機能の改善：SARフォーマットのサポート(CIVIL NX)

2.16 動画出力形式にMP4追加

1. Analysis

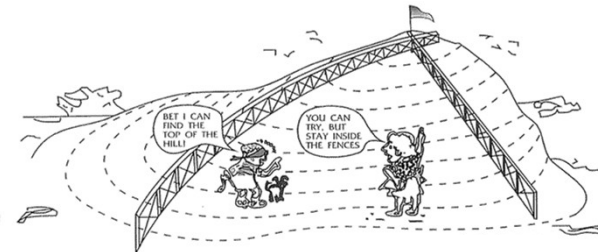
1.1 最適化オプション

- 近似モデルベースの**最適化(Optimization)**機能が新たに追加されました。ユーザーが設定した条件内で最適な設計案を自動的に導き、より効率的な設計を支援します。
- 最適化プロセス：実験点 (DOE) 抽出 → 近似モデルの作成 → 最適化の問題解決の順序で最適解を導きます。
- アルゴリズム：最適化アルゴリズムとして、遺伝子アルゴリズム (Genetic Algorithm) とダイレクトメソッド (Direct Method) を提供します。
- 設計変数：弾性係数(E)、ポアソン比(ν)、粘着力(c)、内部摩擦角(Φ)を設計変数として使用できます。
(現在のバージョンでは、弾性 / Mohr-Coulombモデルに適用可能であり、将来的には使用できるモデルと設計変数は拡張される予定です。)
- 解析連動：施工段階解析を含む線形および非線形応力解析と連動が可能です。
- 結果分析：階層別設計変数の相関度分析(Correlation Analysis)結果を提供します。

最適設計の定義

最適設計とは、可能な手段を活用して、本来の目標を最もよく満たす最善の設計案を導出することを意味します。

最適設計の3要素



1. Analysis

1.1 最適化オプション

解析>最適設計>設計変数

No	名称	Lower Bound	Initial Value	Upper Bound	説明
1	設計変数-1	18000.00	20000.00	22000.00	特性, 埋戻し, 弾性係数
2	設計変数-2	22.50	25.00	27.50	特性, 埋戻し, 内部摩擦角
3	設計変数-3	0.00	0.00	10.00	特性, 埋戻し, 粘着力
4	設計変数-4	4500.00	5000.00	5500.00	特性, モルタルシルト, 弾性係数
5	設計変数-5	19.80	22.00	24.20	特性, モルタルシルト, 内部摩擦角
6	設計変数-6	18.00	20.00	22.00	特性, モルタルシルト, 粘着力
7	設計変数-7	18000.00	20000.00	22000.00	特性, シルト, 弾性係数
8	設計変数-8	25.20	28.00	30.80	特性, シルト, 内部摩擦角
9	設計変数-9	0.00	0.00	10.00	特性, シルト, 粘着力
10	設計変数-10	31500.00	35000.00	38500.00	特性, モルタル, 弾性係数
11	設計変数-11	33.30	37.00	40.70	特性, モルタル, 内部摩擦角
12	設計変数-12	0.00	0.00	100.00	特性, モルタル, 粘着力
13	設計変数-13	702000.00	780000.00	858000.00	特性, 砂礫, 弾性係数
14	設計変数-14	30.60	34.00	37.40	特性, 砂礫, 内部摩擦角
15	設計変数-15	28.80	32.00	35.20	特性, 砂礫, 粘着力

[設計変数定義]

- 元の解析モデル入力物性 = 初期値
- 元の解析結果に対する目的関数を考慮して最小/最大値定義が必要
(例: 変位結果が大きくなった→設計変数↓ / 変位結果が小さくなった→設計変数↑)

解析>最適設計>センサ定義

None
Inclinometer
Surface Settlement
Tiltmeter

節点
名称: 節点センサー2

Sensor: Inclinometer

オブジェクトタイプ: 節点

94個の対象選択済み

開始節点: 節点 [142] 選択済み

終了節点: 節点 [22] 選択済み

検出データ
タイプ: 変位
成分: Tx

Sensor Value
値:

関数: 2段階_R1

関数: 2段階_R1

Depth (m)	2025-04-25 11:00
0.000000	0.000000
0.000000	-0.0080111
0.350000	-0.0071081
0.700000	-0.0066051
1.050000	-0.0058424
1.280000	-0.0053296
1.530000	-0.0048098
1.830000	-0.0043961
2.130000	-0.0040380
2.430000	-0.0037287
2.730000	-0.0034520
3.030000	-0.0031822
3.330000	-0.0029684
3.580000	-0.0015232
3.830000	-0.0012805
4.101670	-0.0012802
4.373330	-0.0005617
4.645000	-0.0007837
4.942000	-0.0009342
5.236000	0.0001821
5.536000	-0.0004130
5.833000	-0.0000477
6.130000	0.0004898
6.380000	0.0004853
6.630000	0.0008825
6.953330	0.0007407

エクセルから読み込み

OK 閉じる 適用

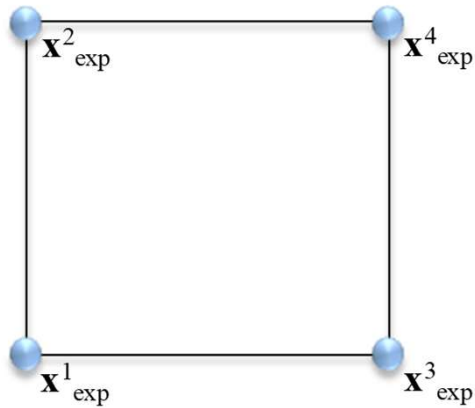
[センサ機能]

1. Analysis

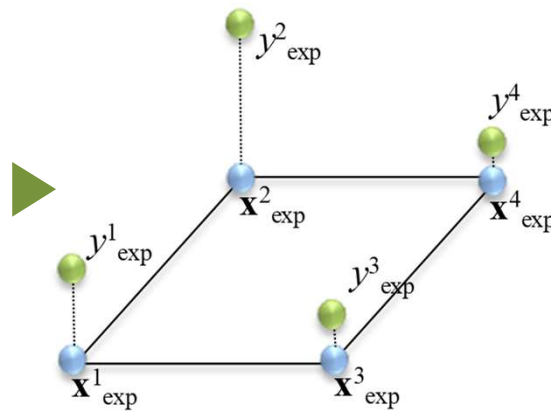
1.1 最適化オプション

近似モデルベースの寸法最適設計

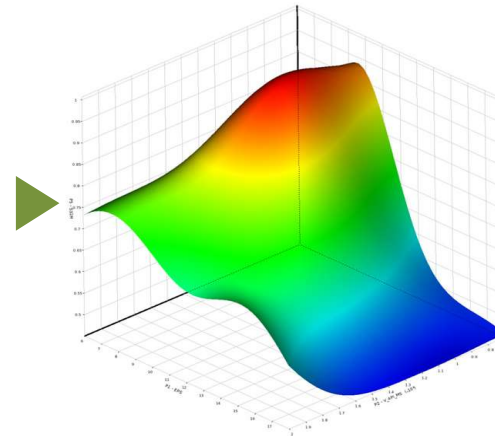
- 近似モデルベースの寸法最適設計は、実際のモデルを数学的近似モデルに置き換えて最適化を実行する技術です。
- 実際のモデルに比べて計算コストが低い近似モデルを利用するため、少ない回数の解析だけでも最適解を導き、解析時間を効率的に短縮できるメリットがあります。
- 近似モデルの精度が最終的に導出される最適解の精度に直接影響を与えるため、精度の高い近似モデルを使用することが重要です。



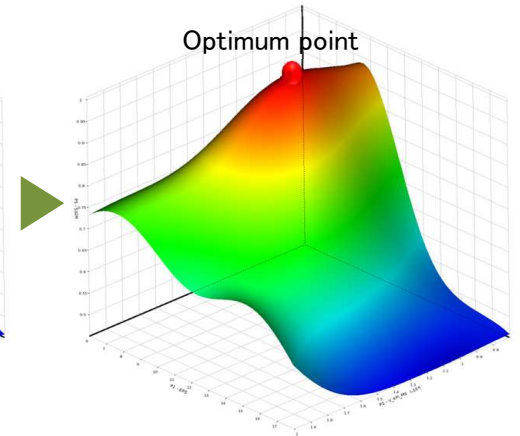
実験計画法



解析実行



近似モデルの導出



最適点探索

1. Analysis

1.1 最適化オプション

実験計画法

- 実験計画法は、設計変数の組み合わせを決定するいくつかの方法論を意味します。
- 各設計変数が応答(解析結果)に与える影響を判断するために使用できます。
- 非線形解析の場合は、最小設計変数数の10倍、推奨値として**50倍の実験点(解析ケース)**数を設定することをお勧めします。

解析制御

Design of Experiments Construction Stage

Design of Experiments Type: Latin Hypercube Design

Latin Hypercube Method: Typical

Number of Sampling Points: 16

Add Design Table

Experiment Table

Type	埋戻し_弾性係数	埋戻し_内部摩擦角	モルタルシルト_弾性係数	モルタルシルト_μ
1	18226.185914	26.612101	4786.006727	21.9324
2	18297.603092	25.180021	4889.456465	23.2484
3	18708.336744	23.015700	5010.790211	21.5765
4	18775.324586	27.334607	4522.517003	23.4336
5	19022.308603	24.709567	5169.742148	22.8911
6	19494.117859	27.056956	4635.813835	20.3422
7	19712.187669	26.250911	5092.530746	20.8794
8	19785.000475	25.707664	5227.811419	21.4415
9	20082.210496	24.463525	5284.352859	22.4115
10	20462.003916	23.678941	5458.162915	19.8915
11	20679.935154	25.948228	4874.486262	23.6505
12	20998.741131	24.237608	5421.185263	20.3775
13	21210.868057	25.395499	4740.952195	24.1315
14	21368.219075	23.917819	4942.944555	22.7760
15	21605.280989	23.421551	4610.649760	22.0837
16	21768.673625	22.731206	5343.579725	21.0815

Operator: LAST

OK 閉じる

Latin Hypercube Design
Taguchi Orthogonal Array
Full Factorial Design
Central Composite Design
Parametric Study

Experiment Point Scatter

Check Experiments Scatter

X axis: 埋戻し_弾性係数
Y axis: モルタルシルト_弾性係数
Show Sampling P

Check Experiments Scatter

X axis: 埋戻し_内部摩擦角
Y axis: モルタルシルト_内部摩擦角
Show Sampling P

Check Experiments Scatter

X axis: 砂礫_粘着力
Y axis: モルタルシルト_粘着力
Show Sampling P

[最適化制御-実験点抽出ダイアログ]

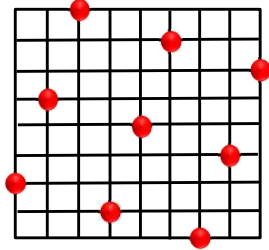
[実験点 スクリーニング確認]

1. Analysis

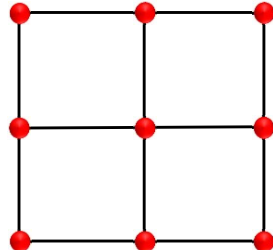
1.1 最適化オプション

実験計画法の種類

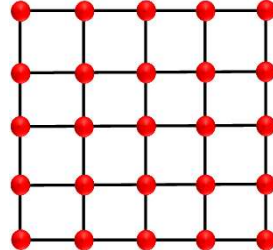
- 1) ラテン方格計画法 : 設計空間を均一に分割し、ランダムに設計点を割り当てる方法です。空間充填性に優れており、クリギング (Kriging) 近似モデルを作成する際によく用いられます。
- 2) タグチ直交配列表 : 設計変数間の直交性 (Orthogonality) を満たす実験点の組み合わせを用いる、部分要因計画法の一種です。
- 3) 完全要因計画法 : 設計変数が取り得るすべての水準 (Level) の組み合わせを探索し、応答を確認する方法です。
- 4) 中心複合計画法 : 2レベル要因計画法を基に、中心点 (center point) と軸点 (axial / star point) を追加して応答曲面を評価する方法です。
- 5) 一次元パラメータスタディ : 他の設計変数は、固定した状態で1つの設計変数のみを変更して結果を確認する方法です。特定の設計変数に対する結果の感度を確認するのに役立ちます。



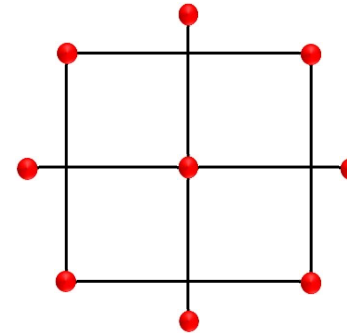
[ラテン方格計画法]



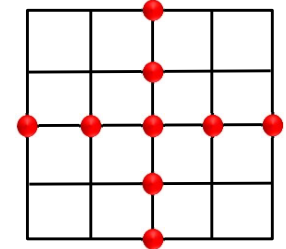
[タグチ直交配置表]



[完全要因計画法]



[中心複合計画法]



[一次元パラメータスタディ]

1. Analysis

1.1 最適化オプション

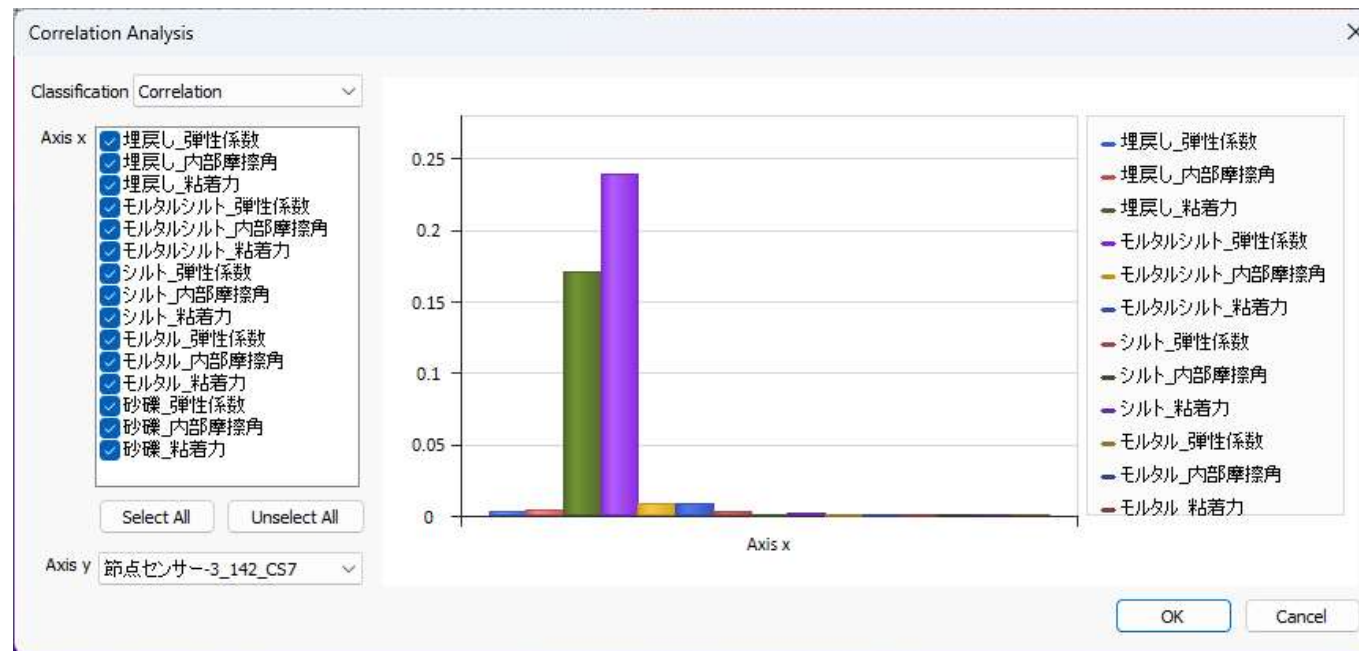
実験計画法後処理

相関度分析:

相関度分析(Correlation Analysis)は、各設計変数の重要度係数を計算し、どの設計変数が近似モデルの精度に大きな影響を与えるかを判断するために使用されます。

考慮すべき設計変数の数が多い場合は、相関度分析によって影響力の少ない変数を確認できます。

相関度値がゼロに近い設計変数は、設計問題から除外しても全体の応答結果に大きな影響を与えない可能性が高く、これを元に変数を選別することが可能です。

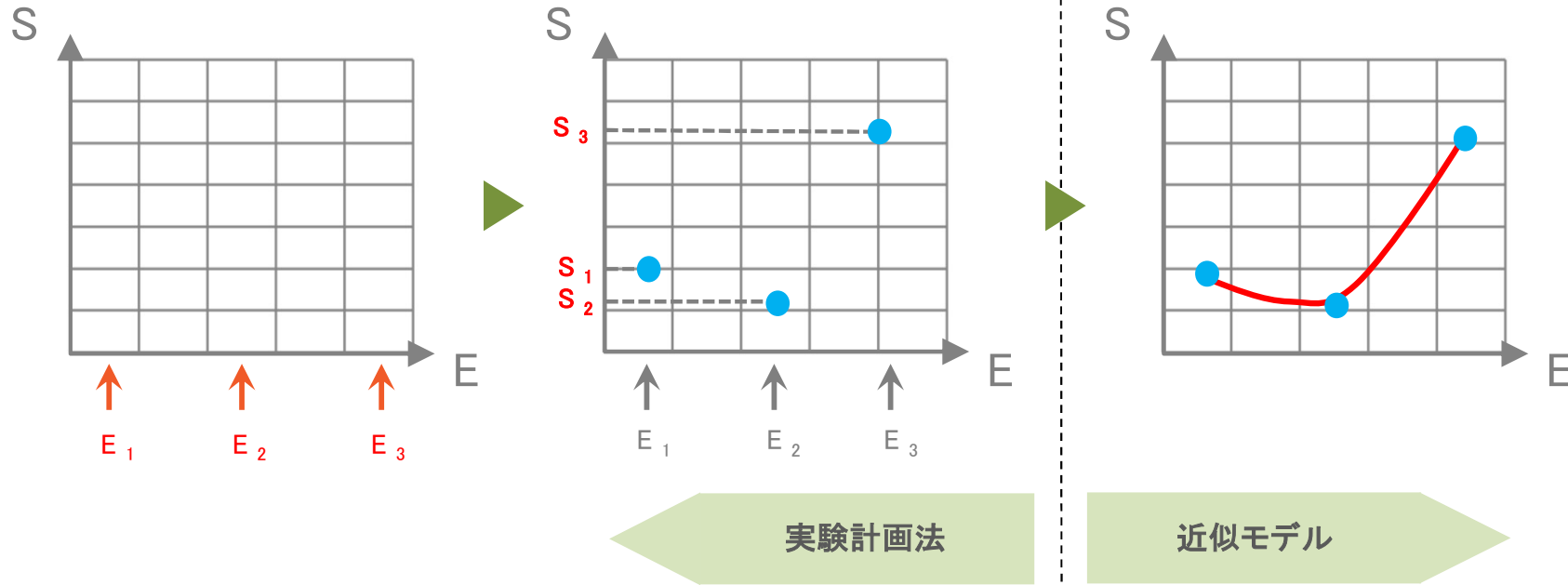


[相関度分析結果]

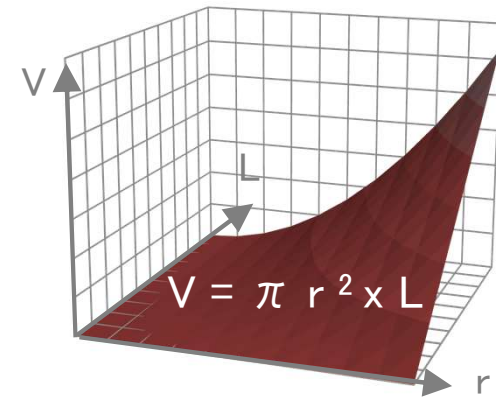
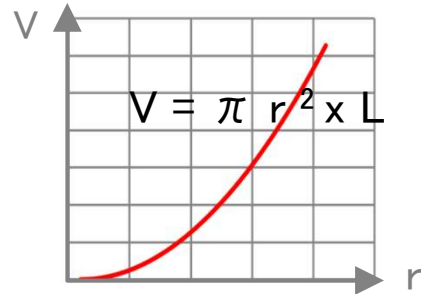
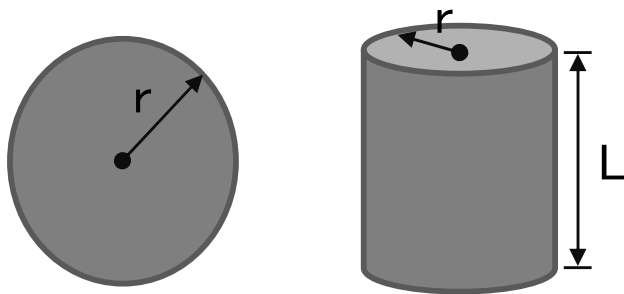
1. Analysis

1.1 最適化オプション

近似モデル



例) 設計変数: 半径、高さ / 設計応答: 体積



1. Analysis

1.1 最適化オプション

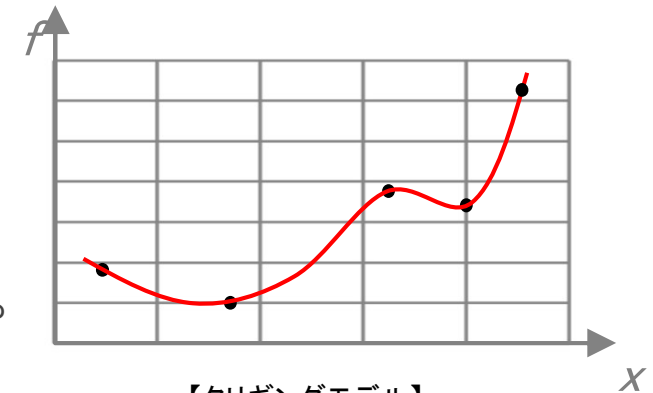
近似モデルタイプ

1) クリギングモデル (Kriging Model)

: 補間モデル (Interpolation Model) の一種で、すべての実験点を正確に通過する特徴があります。
グローバル回帰モデルと地域偏差 (Residual) の合計で構成されています。

$$y = \mathbf{f}^T(\mathbf{x})\boldsymbol{\beta} + \mathbf{r}^T(\mathbf{x})\mathbf{R}^{-1}(\mathbf{y}_{\text{exp}} - \mathbf{F}\boldsymbol{\beta})$$

: 最も可能性の高い点を探索してモデルを作成するため、他のモデルと比較して数値計算コストが高くなる可能性があります。



【クリギングモデル】

2) 多項回帰モデル (線形/純粋二次/完全二次/純粋三次)

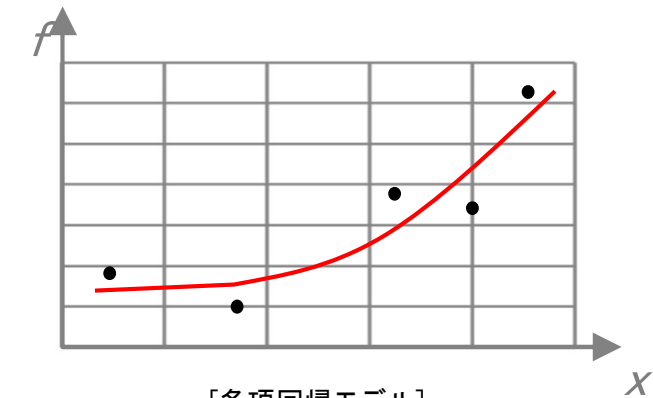
: 実験点をできるだけ近似する回帰式を生成する手法です。次の次数のモデルを提供します。

線形 $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2$

純粋二次 $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1^2 + \beta_4x_2^2$

完全二次 $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1^2 + \beta_4x_1x_2 + \beta_5x_2^2$

純粋三次 $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1^2 + \beta_4x_1x_2 + \beta_5x_2^2 + \beta_6x_1^3 + \beta_7x_2^3$

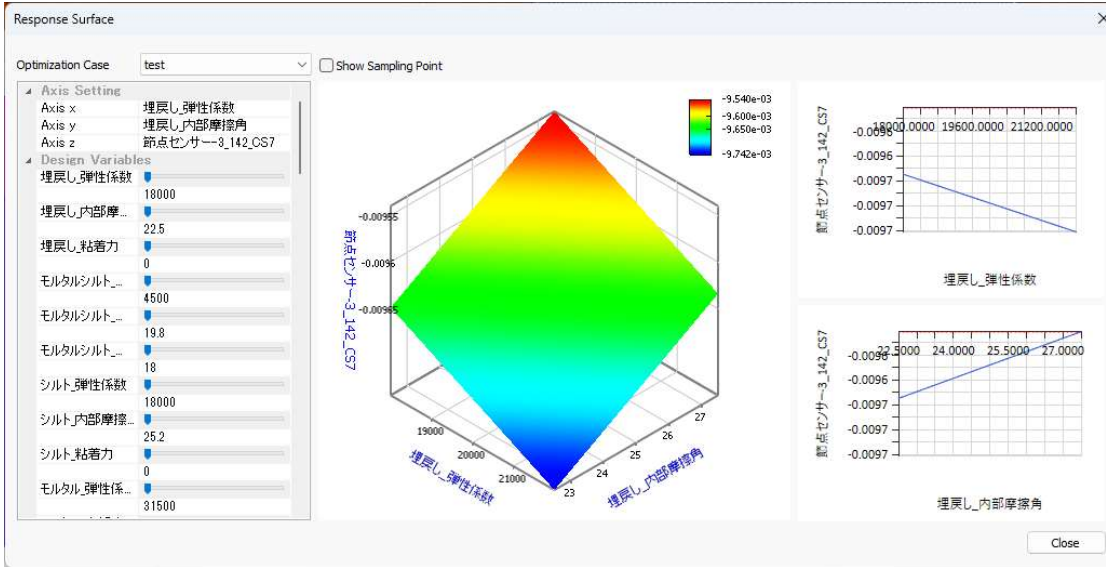


【多項回帰モデル】

1. Analysis

1.1 最適化オプション

近似モデル後処理



[近似モデル形状]

Generate Optimization Model

Optimization Result Summary

Optimization Case: test

Design Variable	Initial Value	Lower Bound	Upper Bound	Candidate 1	Candidate 2	Candidate 3	User Defined
I N P U T							
埋戻し_弾性係数	2.00e+04	1.80e+04	2.20e+04	1.81e+04	1.89e+04	1.83e+04	1.81e+04
埋戻し_内部摩擦角	25.00	22.50	27.50	27.34	27.40	27.46	27.34
埋戻し_粘着力	0.00	0.00	10.00	9.97	9.96	9.99	9.97
モルタルシルト_弾性係数	5.00e+03	4.50e+03	5.50e+03	5.49e+03	5.50e+03	5.50e+03	5.49e+03
モルタルシルト_内部摩擦角	22.00	19.80	24.20	24.18	24.18	24.17	24.18
モルタルシルト_粘着力	20.00	18.00	22.00	21.99	21.99	21.97	21.99
シルト_弾性係数	2.00e+04	1.80e+04	2.20e+04	2.19e+04	2.20e+04	2.19e+04	2.19e+04
シルト_内部摩擦角	28.00	25.20	30.80	30.76	30.80	30.76	30.76
シルト_粘着力	0.00	0.00	10.00	9.88	9.88	9.89	9.88
モルタル_弾性係数	3.50e+04	3.15e+04	3.85e+04	3.85e+04	3.85e+04	3.85e+04	3.85e+04
モルタル_内部摩擦角	37.00	33.30	40.70	40.52	40.45	40.51	40.52
モルタル_粘着力	0.00	0.00	100.00	99.18	98.23	98.23	99.18
砂礫_弾性係数	7.80e+05	7.02e+05	8.56e+05	8.56e+05	8.57e+05	8.57e+05	8.56e+05
砂礫_内部摩擦角	34.00	30.60	37.40	37.35	37.28	37.37	37.35
砂礫_粘着力	32.00	28.80	35.20	34.79	35.03	35.17	34.79
O U T P U T (Approx. Value / Analyzed Value)							
Objective Change (%)	0.0000			-37.4600			-37.5200
節点センサ-3_142_CS7	-0.0089			-0.0072	-0.0072	-0.0072	
節点センサ-3_147_CS7	-0.0082			-0.0066	-0.0066	-0.0066	
節点センサ-3_148_CS7	-0.0075			-0.0059	-0.0059	-0.0059	
節点センサ-3_184_CS7	-0.0068			-0.0054	-0.0054	-0.0054	
節点センサ-3_188_CS7	-0.0063			-0.0049	-0.0049	-0.0049	
節点センサ-3_187_CS7	-0.0059			-0.0046	-0.0046	-0.0046	
節点センサ-3_246_CS7	-0.0053			-0.0041	-0.0041	-0.0041	
節点センサ-3_247_CS7	-0.0049			-0.0037	-0.0037	-0.0037	
節点センサ-3_248_CS7	-0.0044			-0.0033	-0.0033	-0.0033	
節点センサ-3_249_CS7	-0.0039			-0.0029	-0.0029	-0.0029	
節点センサ-3_250_CS7	-0.0035			-0.0025	-0.0025	-0.0025	
節点センサ-3_44_CS7	-0.0030			-0.0021	-0.0022	-0.0021	
節点センサ-3_50_CS7	-0.0026			-0.0018	-0.0018	-0.0018	
節点センサ-3_34_CS7	-0.0023			-0.0016	-0.0016	-0.0016	
節点センサ-3_37_CS7	-0.0020			-0.0013	-0.0013	-0.0013	
節点センサ-3_38_CS7	-0.0017			-0.0010	-0.0010	-0.0010	
節点センサ-3_34_CS7	-0.0014			-0.0008	-0.0008	-0.0008	
節点センサ-3_307_CS7	-0.0011			-0.0006	-0.0006	-0.0006	
節点センサ-3_308_CS7	-0.0009			-0.0004	-0.0004	-0.0004	
節点センサ-3_309_CS7	-0.0007			-0.0003	-0.0003	-0.0003	
節点センサ-3_310_CS7	-0.0005			-0.0001	-0.0001	-0.0001	
節点センサ-3_267_CS7	-0.0004			-0.0000	-0.0000	-0.0000	
節点センサ-3_268_CS7	-0.0003			0.0000	0.0000	0.0000	
節点センサ-3_259_CS7	-0.0002			0.0001	0.0001	0.0001	
節点センサ-3_261_CS7	-0.0001			0.0001	0.0001	0.0001	
節点センサ-3_269_CS7	-0.0001			0.0001	0.0001	0.0001	

Check User Define Calc. Approx. Value Calc. Analyzed Value

Generate Model

Object: User Defined Model File Path: JP2_Optimized.gts Generate Model OK

[最適設計モデル結果]

1. Analysis

1.2 弾性連結 – 減衰

- 弾性連結に減衰定数を入力できるように機能が拡張されました。2つの点を接続するばねの役割から離れて、エネルギーを吸収して散逸させる減衰の役割を果たすことができます。(ただし、[タイプ]が[一般]のときのみ可能です。)

- メッシュ > 特性/座標系/関数 > プロパティ > 作成 – その他 > 弾性連結

その他プロパティ追加/修正

ID	名称	カラー
1	その他プロパティ	

タイプ: 一般

ヒンジプロパティ

X-方向 バネ定数 (Kx) kN/m

Y-方向 バネ定数 (Ky) kN/m

Z-方向 バネ定数 (Kz) kN/m

X-回転 バネ定数 (Krx) kN·m/rad

Y-回転 バネ定数 (Kry) kN·m/rad

Z-回転 バネ定数 (Krz) kN·m/rad

透水係数
滲透流 m²/sec

伝導率 W/IT1

減衰比

減衰定数

X-方向 Cx kN·sec/m

X-方向 Cv kN·sec/m

X-方向 Cz kN·sec/m

X-回転 Crx kN·m·sec/rad

Y-回転 Crv kN·m·sec/rad

Z-回転 Crz kN·m·sec/rad

OK 閉じる 適用

1. Analysis

1.3 放射

- 熱の境界条件に放射を考慮するための機能が追加されました。外気温度と物体の表面温度の温度差による放射(Radiation)条件を節点、要素の境界面や線に付加する機能です。

- 静的/斜面解析 > 熱荷重 > 放射

放射

節点 エッジ フェイス

名称 放射-1

オブジェクト
タイプ 3D要素フェイス

対象の選択

外気温度
 値 0 [T1]
関数依存 なし

節点から
対象の選択

時間関数 なし(一定)

全体時間 サブケース内時間 材齢時間

放射
放射率 0
吸収率 0
形態係数 0

熱荷重セット 熱荷重セット-1

OK 閉じる 適用

[時間関数]

時間関数の場合は、合計時間またはサブケース時間を選択できます。全体時間の場合は、モデル全体時間を考慮して時間関数を入力する方式であり、サブケース時間の場合は、当該施工段階での時間を考慮して時間関数を入力する方式です。

[放射率]

実際の物質が理想的な物体である「黒体」に比べてどれだけエネルギーをよく放出するかを示す割合です。黒体（入射角に関係なくすべての電磁放射を吸収し、放出量は表面温度によってのみ決定される理想的な物質）の放射率は1と定義されています。

[吸収率]

特定の表面に入射する全放射エネルギーのうち、その表面に吸収されるエネルギーの割合を意味する。0～1の値を持ち、1に近いほど入射エネルギーをよく吸収します。熱平衡状態では、吸収率（放射熱を受け入れる程度）は、放射率と同じ値として扱うことができます。

[形態係数]

二つの表面がお互いに向かい合っているか、つまり、表面間放射エネルギー交換の幾何学的露出程度を示す値です。0～1の間の値を持ち、1は完全に露出している状態、0は完全に遮られている状態を意味します。

1. Analysis

1.4 温度変化による単位体積重量の考慮

- 温度変化による単位体積重量を関数形で入力できるように機能を追加しました。
- 過渡熱伝達解析において、材料が熱を保持する能力は、温度に応じた単位体積重量（質量密度）によって左右されます。火災時における鋼材やコンクリートの水分蒸発および化学的变化に伴う材料の単位体積重量の低下を考慮することで、構造物の崩壊時間や耐火性能を、より保守的かつ高精度に予測することが可能となります。

メッシュ > 特性/座標系/関数 > 関数 > 一般関数

関数 作成/追加

一般 荷重-変位

関数 一般関数 変数選択 温度 (e) Dependent Unit Weigh

温度 (e) (T)	Unit Weight (kN/m ³)
20	24
100	24
115	24
150	23.802
200	23.52
300	23.16
400	22.8
500	22.59
600	22.38
700	22.17
800	21.96
900	21.75
1000	21.54
1100	21.33
1200	21.12
1300	20.91

作成方法 FROM 1 TO 10 増分 1

値 計算

1 スケール値 補間方法 近似値

OK 閉じる 適用

(例: 温度変化によるコンクリート単位体積重量変化)

1. Analysis

1.5 JSCE 2022 基準追加 (E, Heat Source)

- 経時的な弾性係数変化関数と発熱変化関数にJSCE (2022) 基準が追加されました。

- メッシュ > 特性/座標系/関数 > 関数 > 強度発現関数

強度発現関数

関数 強度発現関数 グラフタイプ 圧縮強度 規準 日本(コンクリート標準示方書2)

時間 (day)	値 (kN/m ²)
0.43481	741.15
0.5555	2062
0.70968	3645.6
0.90666	5516.4
1.1583	7688.4
1.4798	10160
1.8906	12907
2.4153	15886
3.0858	19026
3.9423	22243
5.0365	25441
6.4344	28527
8.2204	31422
10.502	34065
13.417	36421

作成方法 FROM 1 TO 10 増分 1 値 計算

グラフオプション X-軸対数表示 Y-軸対数表示

設計強度

規準 日本(コンクリート標準示方書2022)

圧縮強度 a 3.59 b 0.8698 Sf 0.37

tn 28 fc(tn) 41700 kN/m²

セメント-水比(C/W) 2

コンクリートデータの使用

セメント種類 普通ポルトランドセメント

引張強度 T(t) 0.208 * 0.667 N/mm²

弾性係数 E(t) 6300 * 0.45 N/mm²

終了日 10000 dav

ステップ数 48

OK 閉じる

引張強度 (Tensile Strength) の式が変更されました。

$$(2017年) f_{tk}(t') = c_1 \times f_{c'}(t')^{c_2}$$

c_1 、 c_2 : 養生方法によって決まる定数で、標準値は 0.13、0.85 とします。

$$(2022年) f_{tk}(t') = 0.27 \times f_{c'}(t')^{2/3} / \gamma_c$$

γ_c : コンクリート材料係数で、一般的に 1.3 とします。

1. Analysis

1.5 JSCE 2022 基準追加 (E, Heat Source)

- 経時的な弾性係数変化関数と発熱変化関数にJSCE (2022) 基準が追加されました。

- メッシュ > 特性/座標系/関数 > 関数 > **発熱関数**

発熱関数

名称 発熱関数

グラフオプション
 X-軸対数表示 Y-軸対数表示

関数
 $O(t) = Oint * [1 - e^{-r * t}]$
終局断熱温度上昇量(O_{∞})
35.508 [T]
温度上昇速度(r)
1.83217593e-05 1/sec
発熱の開始(t_0)
0 sec

コンクリートデータを使用

規準 日本(コンクリート標準寸法)

セメント種類 高炉スラグセメント(C)

温度 20

セメント量 300 [kg/m³]

グラフ描画

OK 閉じる 適用

高炉セメントC種が追加されました。

(C種の場合、セメント密度は 300~500 kg/m³ であり、他のタイプの場合は 250~400 kg/m³ です。)

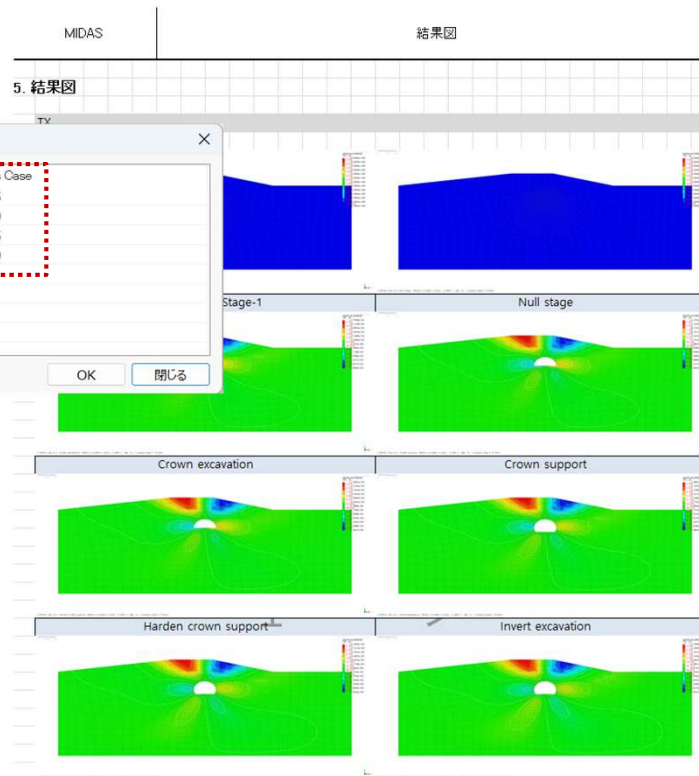
2. Pre/Post Processing

2.1 レポートオプション：トンネル解析レポートタイプ新規追加

- レポート生成機能に「トンネル解析レポート」タイプが新しく追加されました。
- このレポートタイプを使用すると、複数の解析ケースの結果（表、グラフ、画像）を1つのレポートにまとめて出力できます。
- 具体的には、トンネルK0の解釈など、複数条件の結果を確認する必要がある場合は、繰り返し手作業なしで結果を整理することができ、レポート作成時間を大幅に短縮できます。

■ ツール > データ出力 > 報告書生成

[報告書生成ダイアログ]



MIDAS		応力解析結果						
6. 応力解析結果		1. 応力結果 (BEAM TYPE)						
		Shotcrete : K0_0.5						
		(kN, m)						
順序	施工段階	せん断応力			曲げ応力			
		発生	許容	比率(%)	発生	許容	比率(%)	
1	Crown support	14.56	370.00	3.93	251.72	8400.00	3.00	
2	Harden crown support	14.56		3.93	867.85		10.33	
3	Invert excavation	14.55		3.93	547.41		6.52	
4	Invert support	14.54		3.93	489.46		5.83	
5	Harden invert support	14.54		3.93	479.36		5.71	
		Shotcrete : K0_1.0						
		(kN, m)						
順序	施工段階	せん断応力			曲げ応力			
		発生	許容	比率(%)	発生	許容	比率(%)	
1	Crown support-1	14.54	370.00	3.93	246.95	8400.00	2.94	
2	Harden crown support-1	14.49		3.92	872.99		10.39	
3	Invert excavation-1	14.46		3.91	470.89		5.61	
4	Invert support-1	14.43		3.90	457.60		5.45	
5	Harden invert support-1	14.41		3.89	591.69		7.04	
		Shotcrete : K0_1.5						
		(kN, m)						
順序	施工段階	せん断応力			曲げ応力			
		発生	許容	比率(%)	発生	許容	比率(%)	
1	Crown support-2	14.53	370.00	3.93	244.20	8400.00	2.91	
2	Harden crown support-2	14.42		3.90	878.12		10.45	
3	Invert excavation-2	14.36		3.88	430.68		5.13	
4	Invert support-2	14.34		3.88	475.25		5.66	
5	Harden invert support-2	17.32		4.68	726.69		8.65	
		Shotcrete : K0_2.0						
		(kN, m)						
順序	施工段階	せん断応力			曲げ応力			
		発生	許容	比率(%)	発生	許容	比率(%)	
1	Crown support-3	14.51	370.00	3.92	243.47	8400.00	2.90	
2	Harden crown support-3	14.35		3.88	883.26		10.51	
3	Invert excavation-3	14.33		3.87	551.50		6.57	
4	Invert support-3	14.39		3.89	664.39		7.91	
5	Harden invert support-3	20.51		5.54	861.69		10.26	

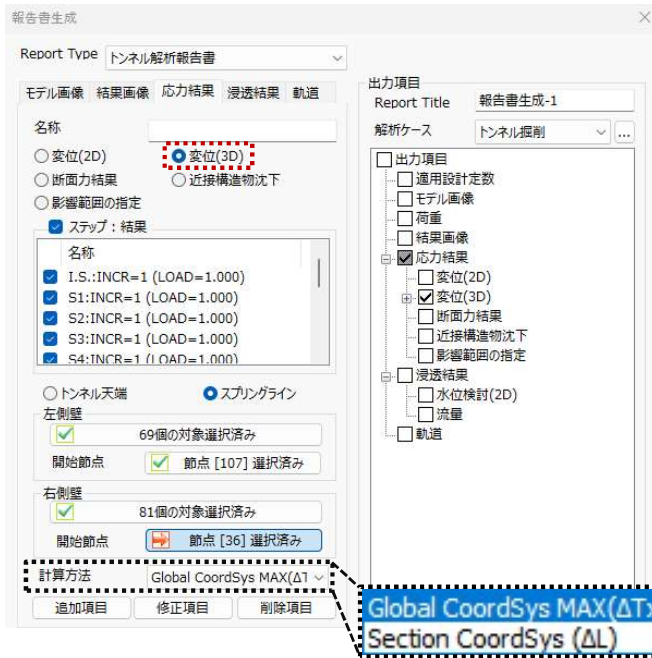
[2次元 変位結果]

2. Pre/Post Processing

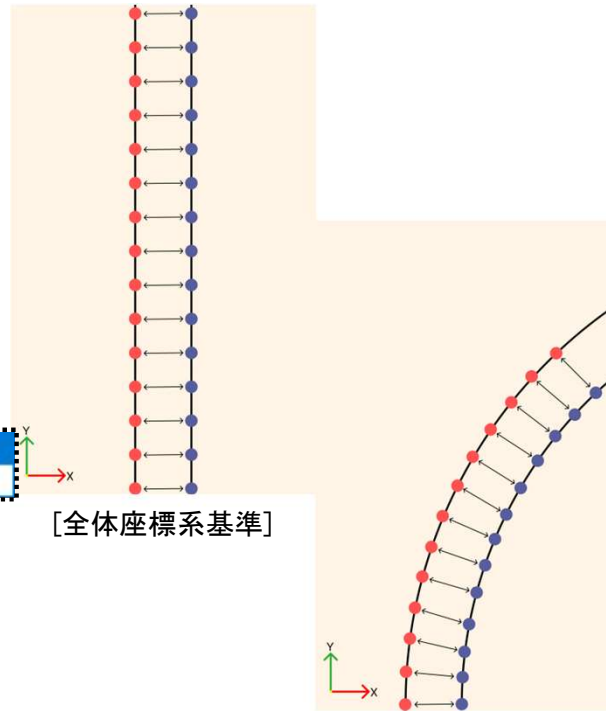
2.1 レポートオプション：トンネル解析レポートタイプ新規追加

- トンネル解析レポートで2次元/3次元断面変位及び、内空変位の結果を出力する項目が追加されました。
- 3次元内空変位計算時、「全体座標系」基準と「断面座標系（最短距離）」基準の両方の結果を提供するように改善されました。
- これにより、曲線トンネルなどの領域でも実際の変形量をより容易に計算できます。

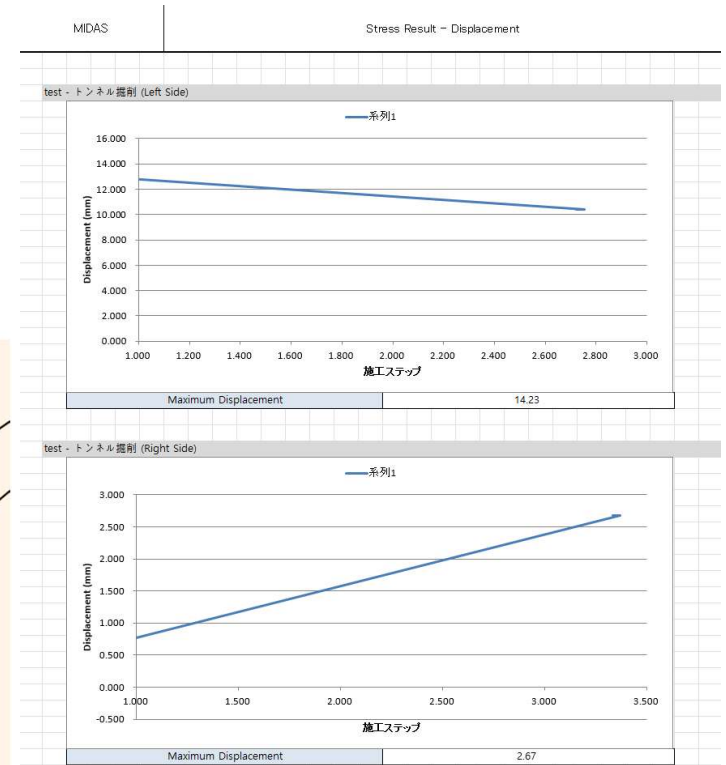
■ ツール > データ出力 > 報告書生成



[トンネル解析レポート 3次元内空変位]



[断面座標系基準]



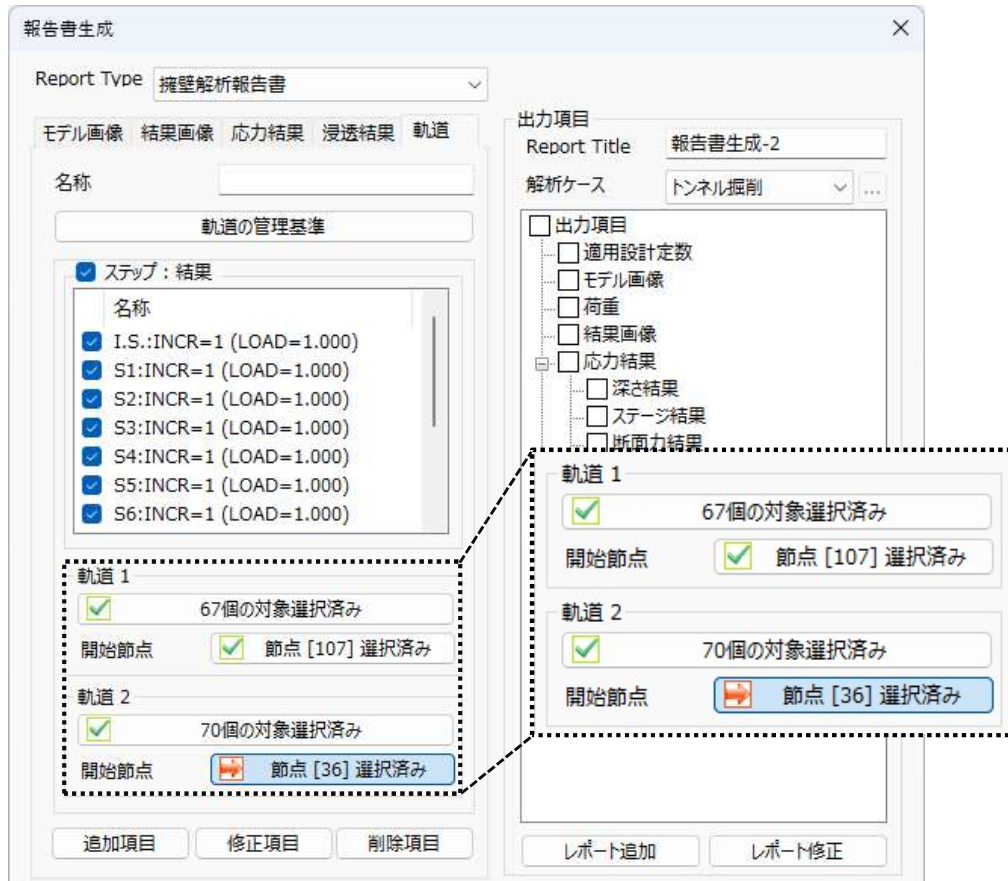
[3次元 変位結果グラフ]

2. Pre/Post Processing

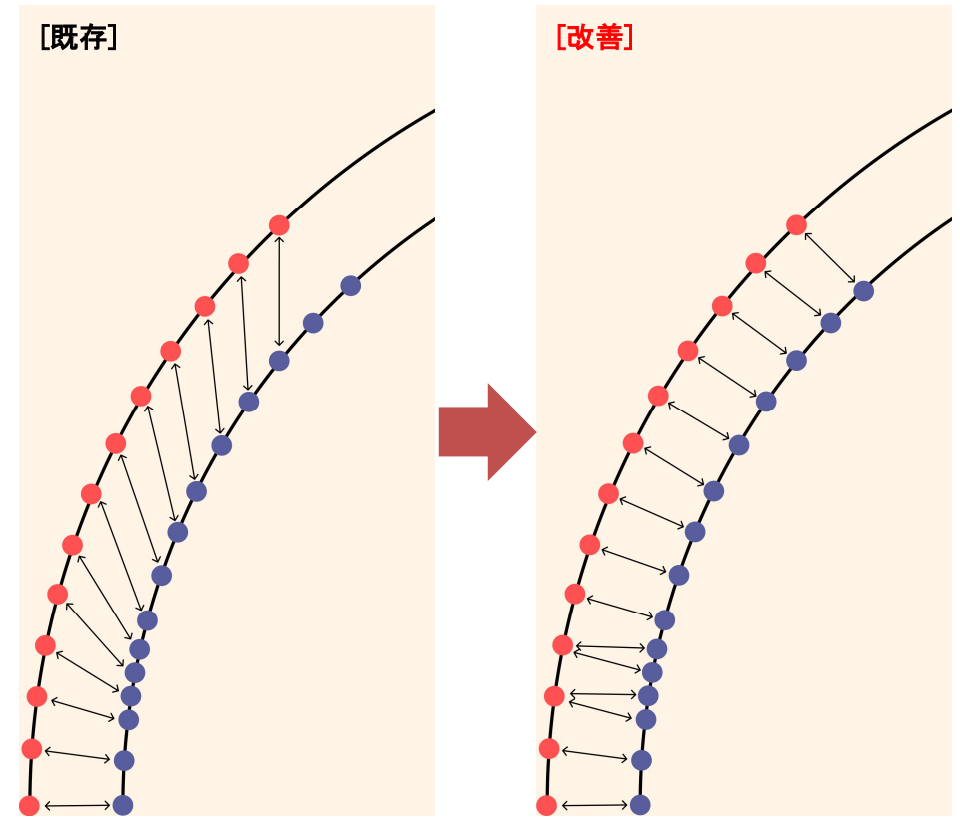
2.2 レポートオプション : 軌道レビュー機能の改善

- 鉄道軌道の検討精度向上のため、内部アルゴリズムを改良しました。
 [既存] 3次元軌道検討時、両レールの開始節点から順次検討を進めました。
 [改善] 節点数の多いレールを基準に、直交方向で最短距離の対応節点を探索する方式に変更しました。これにより、より正確な軌道検討が可能になりました。

ツール > データ出力 > 報告書生成



[軌道検討ルール定義]



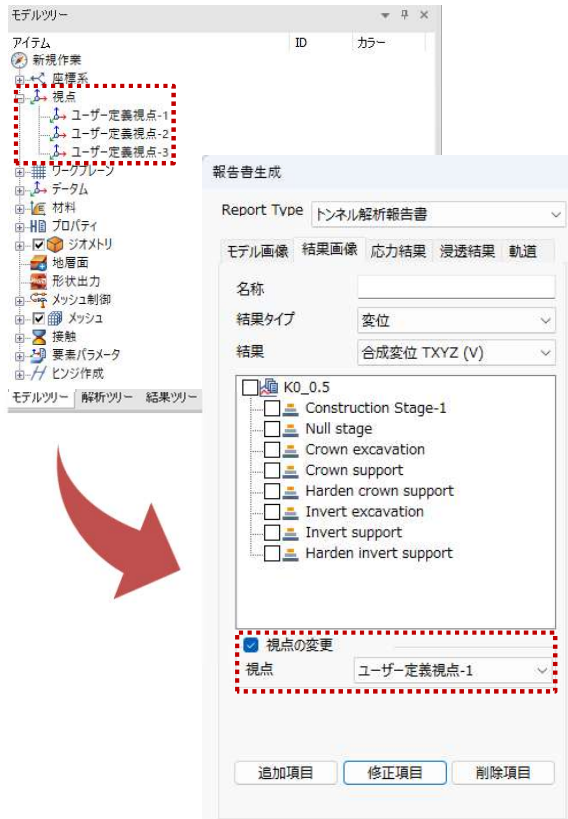
[軌道節点マッチングアルゴリズムの改良]

2. Pre/Post Processing

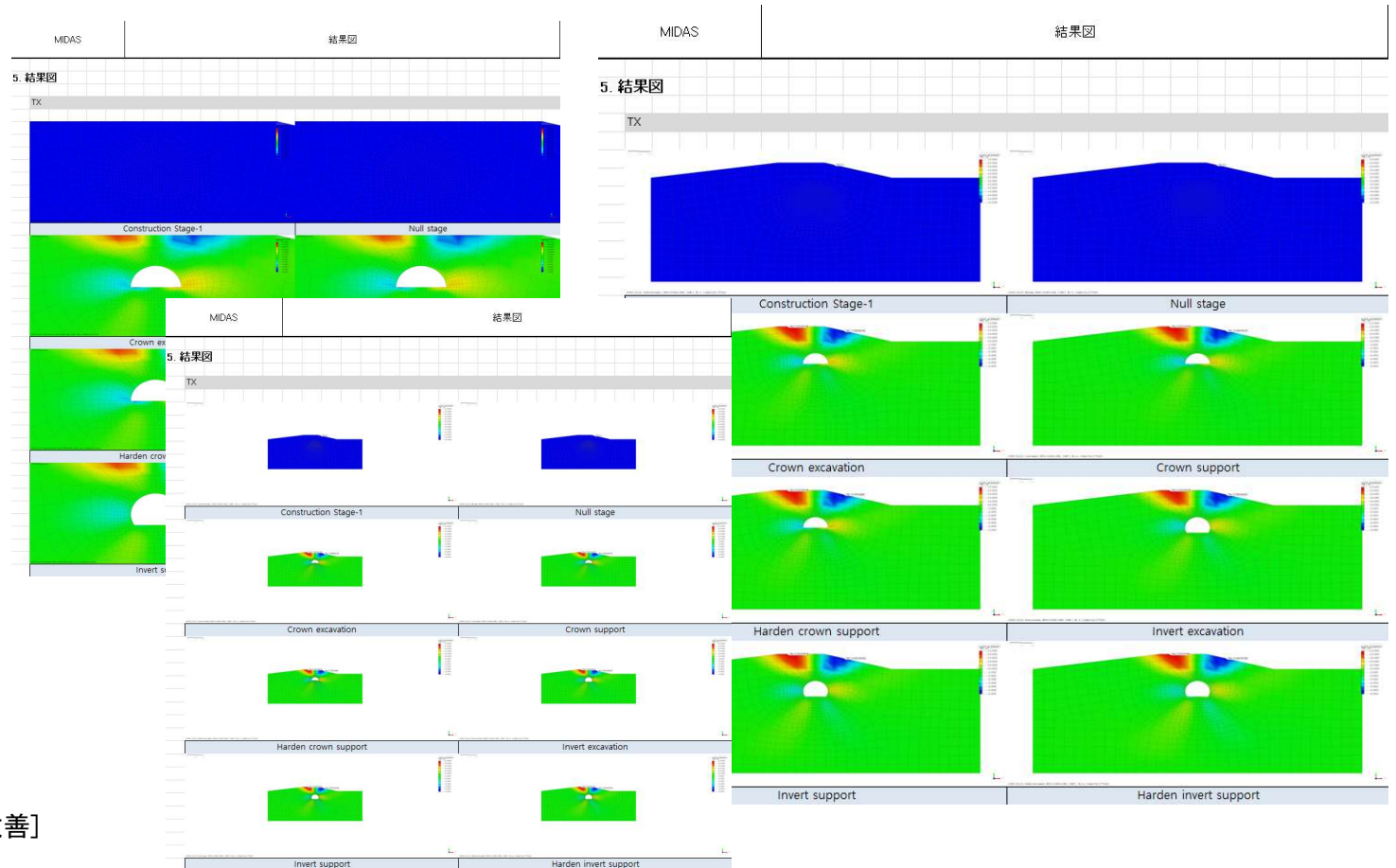
2.3 レポートオプション：観測視点画像の適用とタイプ確認の改善

- レポートのモデルビューと結果ビューを出力すると、ユーザーが視点を自由に変更して画像を出力できるように機能が改善されました。
- 全体モデル画像と主要構造物別画像の視点をそれぞれ設定することができ、レポートの解像度と読みやすさを向上させることができます。

■ ツール > データ出力 > 報告書生成



[改善]表示視点を出力項目ごと設定可能



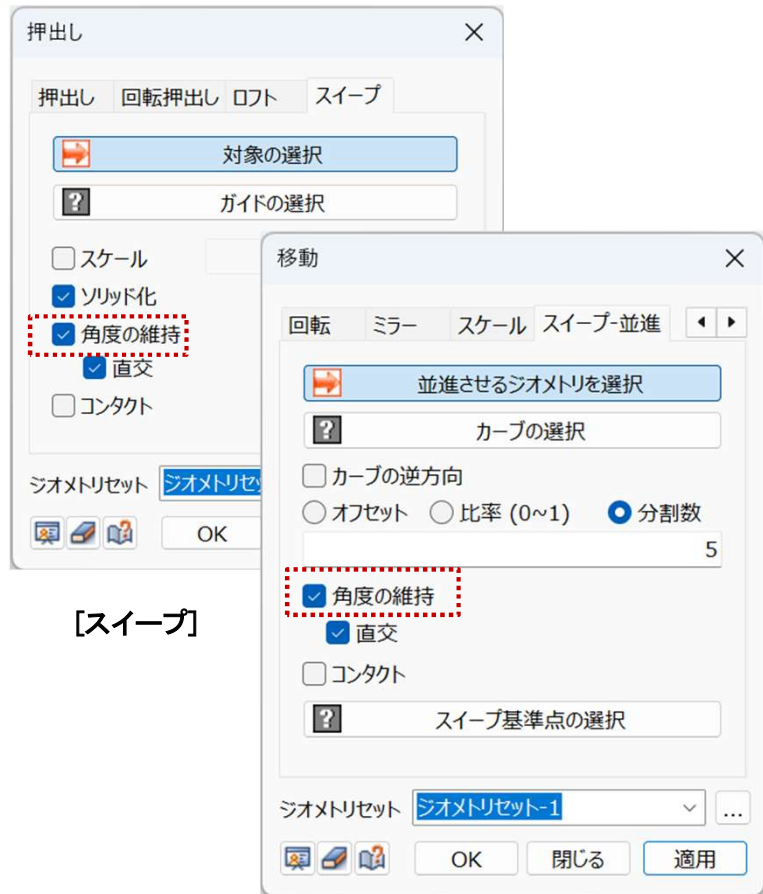
[画像キャプチャ時点のユーザー指定機能の改善]

2. Pre/Post Processing

2.4 スイープ曲率角度保持オプションの追加

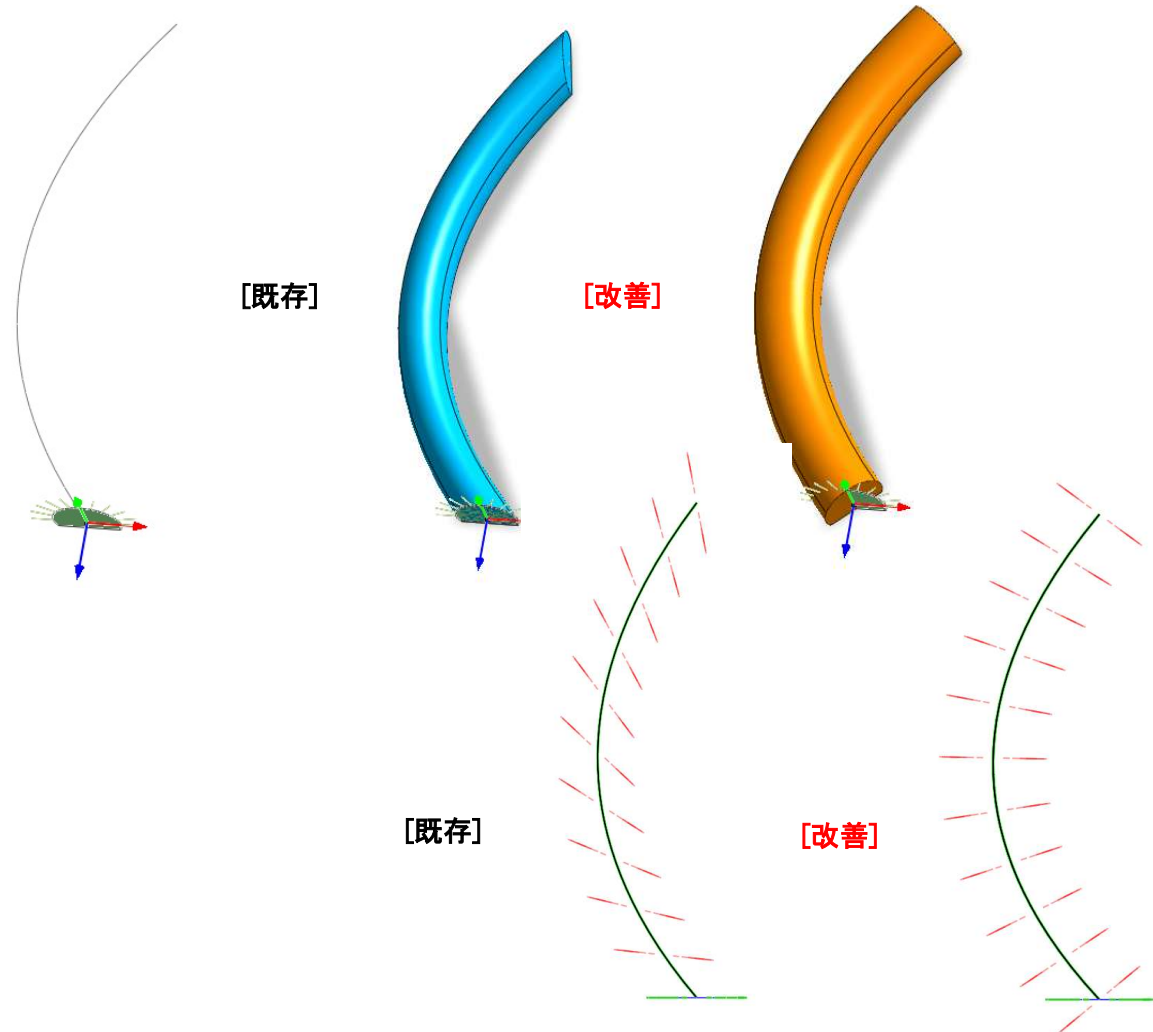
- 「スイープ押し出し」および「スイープ移動」機能を使用すると、ガイドラインの曲率に関係なく、断面の直角方向の角度を維持する「角度を維持する」オプションが追加されました。
- このオプションを有効にすると、曲線経路でも断面の初期角度をそのまま維持した押し出しジオメトリを作成できます。

- ジオメトリ > 押し出し > **スイープ**、ジオメトリ > 移動 > **スイープ**



[スイープ]

[スイープ-移動]



2. Pre/Post Processing

2.5 杭の法線剛性関数の追加

- 杭の材料特性を定義する際に、長さに応じて異なる法線剛性係数を入力できる機能が追加されました。
- 従来、杭の長さに応じたせん断力特性のみを関数として定義することができましたが、法線剛性についても長さに応じた関数を定義できるように機能が改善されました。

- メッシュ > 特性/座標系/関数 > 材料 > 杭



[杭材料定義]

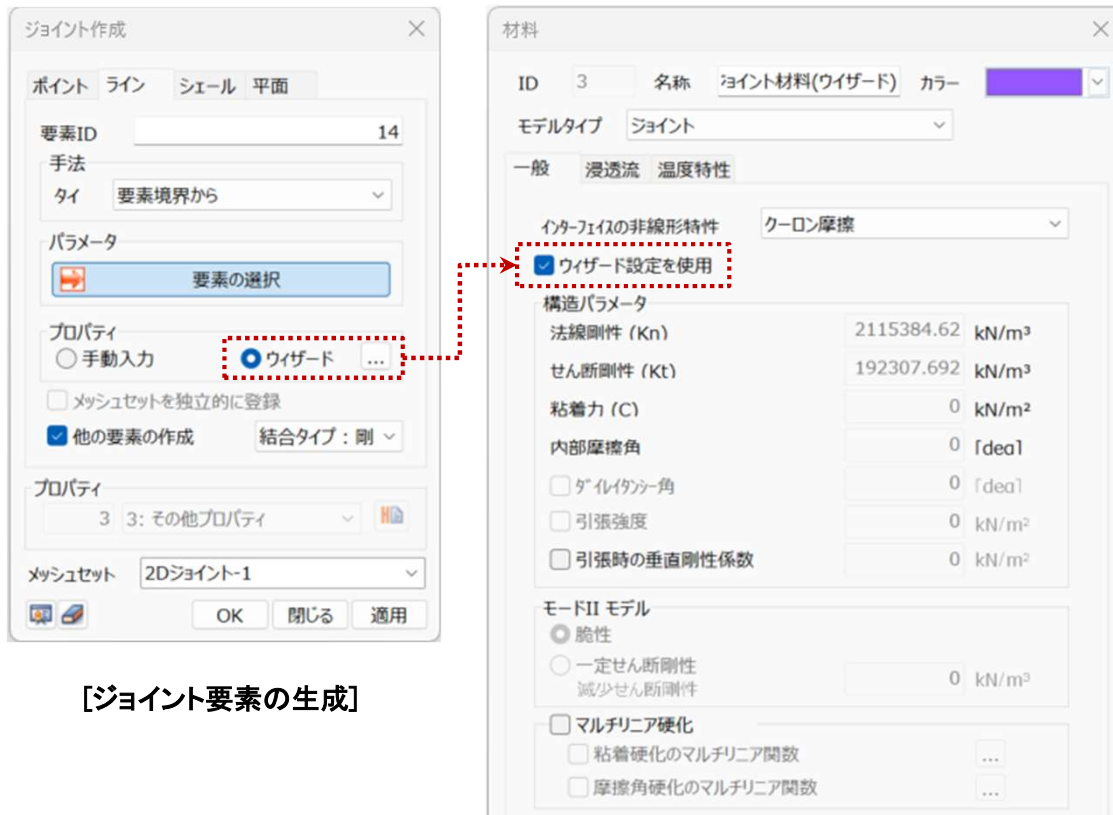
[法線剛性関数]

2. Pre/Post Processing

2.6 ジョイント物性の自動更新

- ウィザードを使用してジョイント要素を作成する場合、隣接する要素の物性が変わるとパラメータが自動的に更新される機能が追加されました。
- 注：既存のバージョン（V370より前）で作成されたジョイントの特性は、ウィザードを介して再作成することで自動更新機能が有効になります。

■ メッシュ > 特性/座標系/関数 > 材料 > ジョイント



[ジョイント要素の生成]

[ジョイント材料]

[ウィザード計算方式]

- $Kn = E_{oed} \cdot I / t_v$
- $Kt = Gi / t_v$
- $Ci = R \times C_{soil}$
- ここで、 $E_{oed} \cdot I = 2 \times Gi \times (1 - \nu_i) / (1 - 2 \times \nu_i)$
(ν_i = ジョイントポアソン比 = 0.45、ジョイントは非圧縮性摩擦挙動を模擬するためのもの、数値エラーを防止するために0.45を用いて自動計算)
- t_v = 仮想厚さ
(一般に0.01~0.1の範囲を持ち、隣接要素間の剛性差が大きいほど小さい値を入力)
- $Gi = R^2 \times G_{soil}$ ($G_{soil} = E / 2(1 + \nu_{soil})$), R = 強度減少係数

[構造部材と隣接地盤特性による一般的な強度減少係数 例]

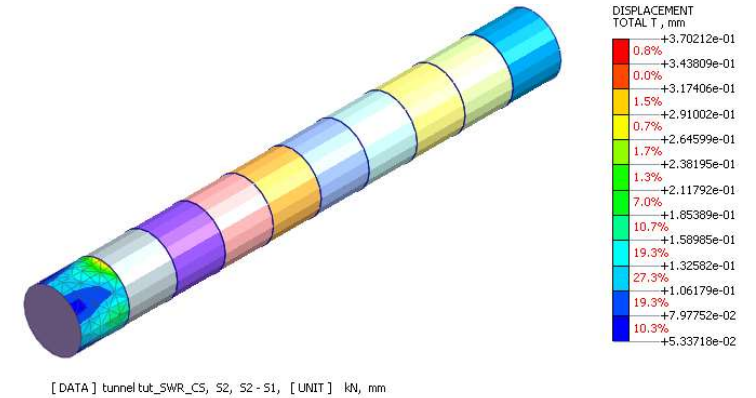
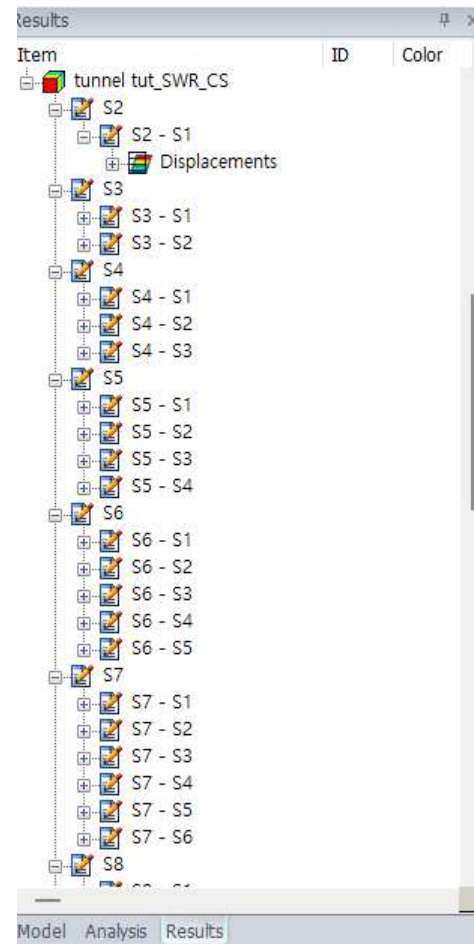
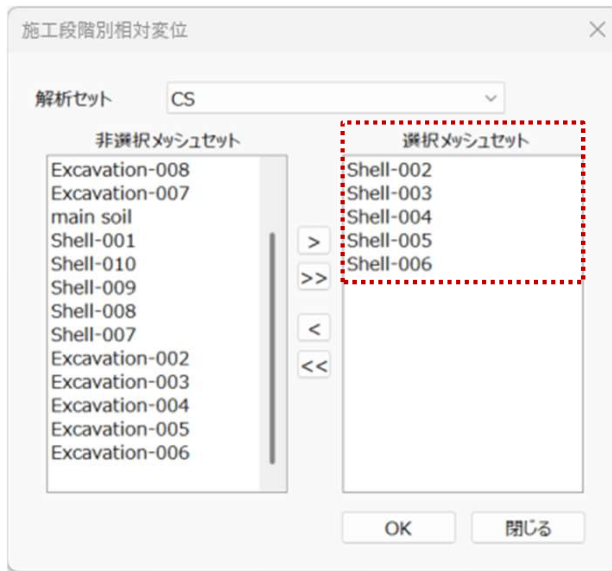
- 砂質土 / 鋼材 = $R: 0.6 \sim 0.7$
- 粘土 / 鋼材 = $R: 0.5$
- 砂質土 / コンクリート = $R: 1.0 \sim 0.8$
- 粘土 / コンクリート = $R: 1.0 \sim 0.7$

2. Pre/Post Processing

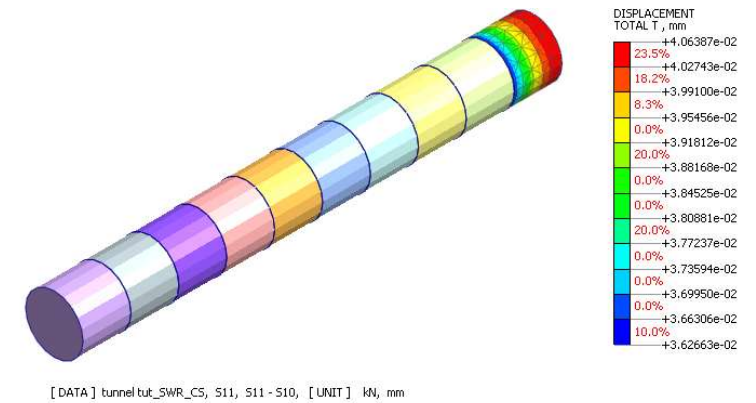
2.7 施工段階別相対変位結果出力

- 各施工段階ごとに、ユーザーが定義したメッシュセット間の相対変位を直接確認する機能が追加されました。
- 従来は施工段階別相対変位を確認するために結果組合せ機能を利用しなければなりませんでした。この機能により数十～数百段階の施工段階結果も素早く簡単に確認および出力が可能です。

結果>詳細結果>その他>施工段階別相対変位



[施工段階掘削2 - 掘削1相対変位結果]



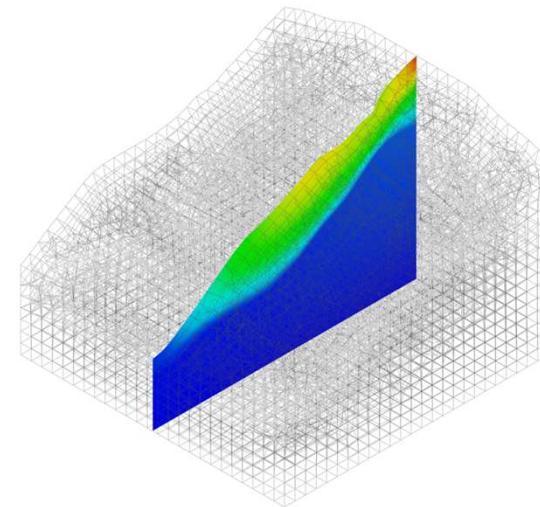
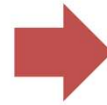
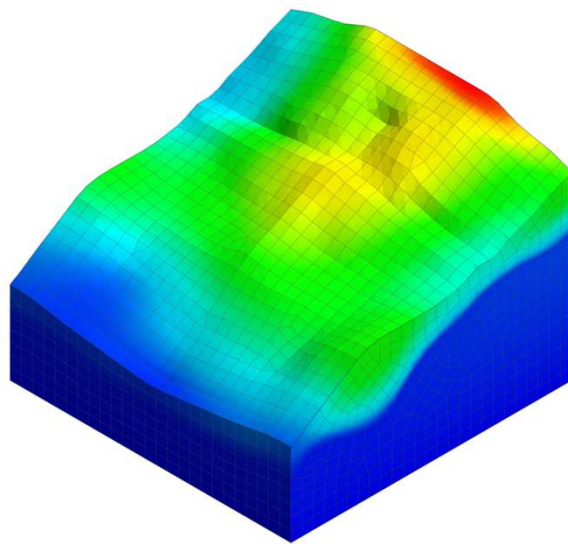
[施工段階掘削11 - 掘削10相対変位結果]

2. Pre/Post Processing

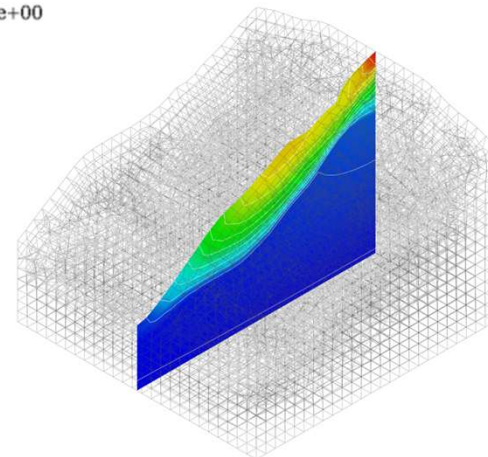
2.8 切断面の表示機能の改善

- 切断面で生成された結果についても、全体モデルと同様に凡例が表示されるように修正されました。
- 切断面にコンターラインを表示するオプションが追加され、結果確認の利便性が向上しました。

■ 結果分析> 切断面



【切断面結果】



【コンターライン切断面表示結果】

2. Pre/Post Processing

2.9 液体境界要素のための波動吸収境界

- **波動吸収境界(wave-absorbent fluid boundary)**として、流体境界要素が新たに追加されました。
- ダム-貯水池相互作用 (Dam-Reservoir interaction) の場合、地震発生時に貯水池の末端にこの境界面を指定することで、**無限貯水池 (infinite reservoir)** を模擬することができます。つまり、反射波を遮断・吸収して現実的な挙動を再現できます。
- この機能は、ソンマーフェルト放射条件 (Sommerfeld radiation condition) を実装したもので、放射波が再び領域内部に反射して戻ることを防ぎます。

メッシュ > 特性/座標系/関数 > プロパティ > 生成:その他 > 液体境界 > 波動吸収面

無限境界または吸収境界条件、すなわちソンマーフェルト放射条件では、波の減衰とエネルギー散逸効果を考慮して、境界面の圧力条件は次のように定義されます。

$$-n \cdot \nabla p = \left(\frac{1 - \alpha_r}{c_i (1 + \alpha_r)} \right) \frac{\partial p}{\partial t} + \beta_l p$$

c_i : 境界面から外部に伝わる波の位相速度(phase velocity)

α_r : 境界面で反射する波の振幅比(amplitude ratio)

β_l : 空間減衰係数

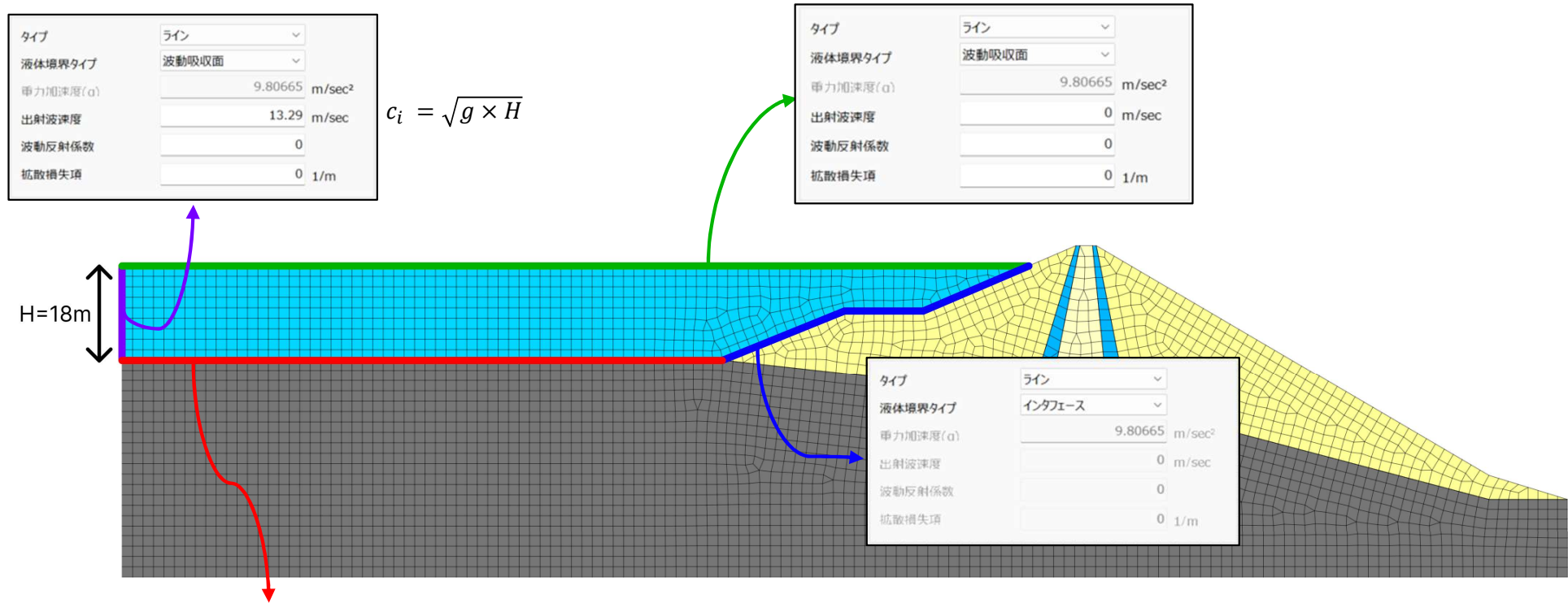


- 出射波速度 (Outgoing Wave Speed): 境界面に沿って外部に伝播する波の速度を入力します。スロッシング解析では、重力波の位相速度 ($\sqrt{g \times H}$) を使用してソンマーフェルト放射条件を満たすことができます。
- 波動反射係数 (Wave Reflection Coefficient): 境界面で反射される波の振幅比を入力します。値の範囲は0~1で、0は完全吸収、1は完全反射を意味します。
- 拡散損失項 (Spreading Loss Term): 波が境界方向へ伝播する際の減衰の程度を定義します。単位は[1/m]で、値が大きいくほど波のエネルギーが速く伝播します。追加の減衰に関連する項であり、値が大きすぎると、物理的に過度の減衰が発生し、結果が歪む可能性があります。

2. Pre/Post Processing

2.9 液体境界要素の波動吸収境界

- ダム-貯水池の相互作用を考慮した動的解析では、境界条件は物理的特性に応じて次のようにモデル化できます。



タイプ	ライン
液体境界タイプ	波動吸収面
重力加速度(a)	9.80665 m/sec ²
出射波速度	1480 m/sec
波動反射係数	0.67
拡散損失項	0 1/m

* 貯水池底面では重力波 ($\sqrt{g \times H}$) ではなく流体内部圧力波 (音圧波) が支配的なので水中の音速を使用

* 水 (20°C) : $\rho_1 \approx 1000 \text{ kg/m}^3$, $c_1 \approx 1480 \text{ m/s} \Rightarrow Z_1 \approx 1.48 \times 10^6$

岩盤 (剛性) : $\rho_2 \approx 2500 \text{ kg/m}^3$, $V_p \approx 3000 \text{ m/s} \Rightarrow Z_2 \approx 7.5 \times 10^6$ (V_p : P波速度)

$$\alpha_r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{7.5 - 1.48}{7.5 + 1.48} \approx 0.67$$

2. Pre/Post Processing

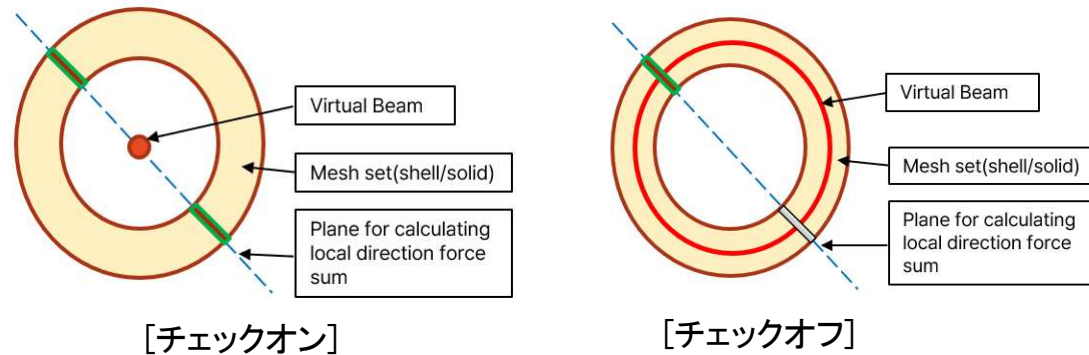
2.10 仮想梁作成機能の改善

- これまで直線にのみ生成可能であった仮想梁を、**エッジ(line)形状でも生成できるようになり**、曲げモーメント、せん断力、軸力などの断面力が算出できるようになりました。
- 従来、1m間隔で固定されていた仮想梁の要素サイズを、ユーザーが直接サイズや分割数を入力できるように変更されました。
- ユーザーが目的に合わせてベータ角の値を変更できるように、要素の作成時の関連情報をテーブル形式で提供する機能が追加されました。(メッシュ > ツール > テーブル > [要素テーブル](#))

メッシュ > 要素 > 作成 > その他 > 仮想梁



- タイプ:要素を選択するか、メッシュセットを選択するかを指定します。
- 対象エッジ:仮想梁を作成する対象となるエッジを選択します。
- スタートポイント:仮想梁の作成を開始する点を選択します。
- サイズ/分割数:仮想梁の要素サイズまたは分割間隔を指定します。
- 選択範囲全体の検索:仮想梁の断面力算出時に参照する要素の範囲を指定するオプション。
 - チェックオン:仮想梁の垂直方向の断面全体の要素情報をすべて使用して断面力を計算します。
 - チェックオフ:仮想梁の隣接する要素情報のみを使用して断面力を計算します。



- 例:パイプ断面において、パイプ全周の挙動を確認したい場合はこのオプションのチェックを外し、パイプの重心(Centroid)で全断面を代表する結果を確認したい場合はチェックを入れてください。

2. Pre/Post Processing

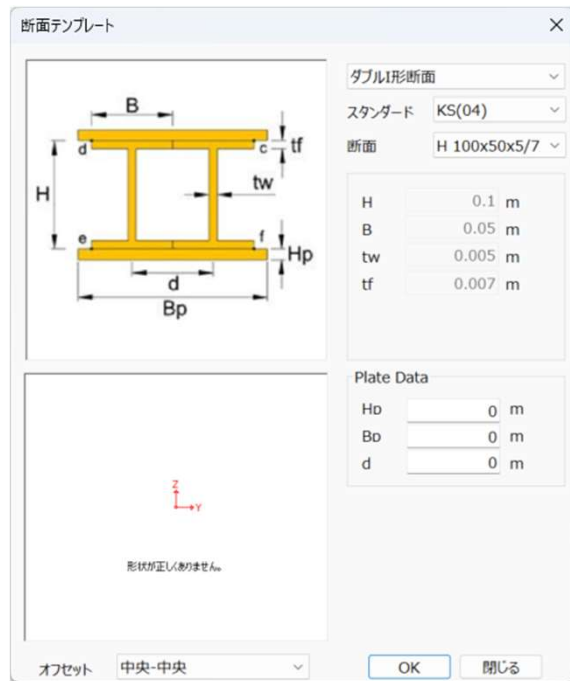
2.11 ダブル I-断面(Double I-Section)特性の追加

- 1D要素の新しい断面特性として、2つのH形鋼の上下にプレート(鋼板)が追加された形のダブルI-断面が追加されました。(メッシュ > 特性/座標系/関数 > プロパティ > 1D > 断面)

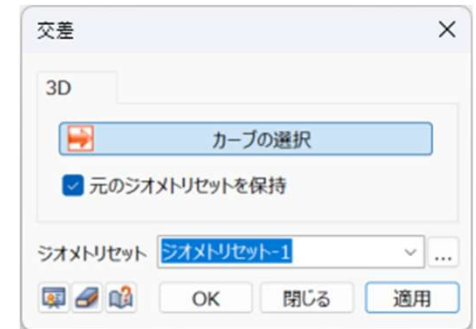
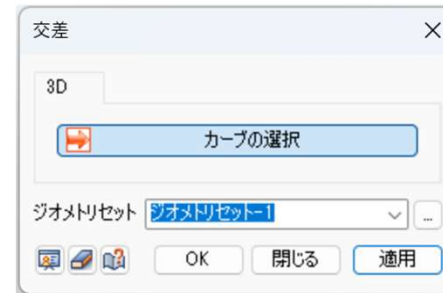
2.12 交差機能のジオメトリセット(ジオメトリセット)の保持機能の追加

- 交差機能を使用して線を交差させるとき、[元のジオメトリセットを保持]オプションを有効にすると、分割された各成分が元々属していた各ジオメトリセットに保持するように修正されました。

- メッシュ > 特性/座標系/関数 > プロパティ > 1D > 断面 > **ダブル I-断面**



- ジオメトリ > ポイント&カーブ > **交差**



2. Pre/Post Processing

2.13 列車移動荷重テーブルのExcel互換性(コピー/貼り付け)の改善

- カスタム移動荷重を入力する方法が改善され、テーブル形式で直接入力するか、Excelシートから「データのコピー->貼り付け」が可能になりました。

2.14 要素テーブルにインターフェース面積列を追加

- FEA NXでは、インターフェース要素結果として、垂直応力とせん断応力を提供します。
- 「要素テーブル > インターフェース > 面積」が出力され、応力結果から力結果への変換が容易になりました。
- このように変換された垂直力とせん断力は、擁壁やダムなどの構造物の全体の垂直力、水平力、および滑動力を計算するために使用することができ、それによって滑動に対する安全率を評価することが可能です。

メッシュ>ツール>テーブル>要素テーブル

No.	サイズ	力(F)	節点1	節点2	節点3	節点4	節点5	節点6	節点7	節点8	節点9	節点10	節点11	節点12	節点13	節点14	節点15	節点16	面積(mm ²)
10854 4節	9-その地方行	89058	89059	89323	89322	106924	106925	106930	106927										391.169853
10855 4節	9-その地方行	89054	89055	89319	89318	106928	106929	106930	106931										391.169853
10856 4節	9-その地方行	79404	79401	89058	89062	106932	106933	106924	106934										391.293749
10857 4節	9-その地方行	89081	89076	89349	89345	106935	106936	106937	106938										379.997253
10858 4節	9-その地方行	79554	79545	89199	89211	106939	106940	106941	106942										402.341846
10859 4節	9-その地方行	79398	79427	89083	89055	106943	106944	106945	106929										391.169853
10860 4節	9-その地方行	79531	79534	89191	89188	106946	106947	106948	106949										391.169853
10861 4節	9-その地方行	79649	79571	89228	89307	106950	106951	106952	106953										391.169853
10862 4節	9-その地方行	79436	79431	89088	89093	106954	106955	106956	106957										379.997253
10863 4節	9-その地方行	89083	89071	89335	89347	106945	106958	106959	106960										390.007863
10864 4節	9-その地方行	89085	89093	89357	89349	106961	106957	106962	106963										391.169853
10865 4節	9-その地方行	89088	89089	89353	89352	106956	106964	106965	106966										391.169853
10866 4節	9-その地方行	89071	89072	89336	89335	106958	106967	106968	106959										391.169853
10867 4節	9-その地方行	89061	89062	89326	89325	106969	106934	106970	106971										392.331841
10868 4節	9-その地方行	89077	89085	89349	89341	106972	106961	106963	106973										391.169853
10869 4節	9-その地方行	89080	89081	89345	89344	106974	106935	106938	106975										391.169853
10870 4節	9-その地方行	79542	79530	89187	89200	106976	106977	106978	106979										390.549999
10871 4節	9-その地方行	79560	79565	89221	89217	106980	106981	106982	106983										391.169853
10872 4節	9-その地方行	89076	89077	89341	89340	106936	106972	106973	106974										390.549999
10873 4節	9-その地方行	79414	79423	89080	89072	106984	106985	106974	106987										391.169853
10874 4節	9-その地方行	89089	89103	89367	89353	106984	106986	106987	106988										391.169853
10875 4節	9-その地方行	89187	89188	89452	89451	106978	106949	106988	106989										391.169853
10876 4節	9-その地方行	89216	89217	89481	89480	106990	106983	106991	106992										391.169853
10877 4節	9-その地方行	89203	89204	89468	89467	106993	106994	106995	106996										391.169853
10878 4節	9-その地方行	89208	89209	89473	89472	106997	106998	106999	107000										392.331841
10879 4節	9-その地方行	89221	89223	89477	89485	106982	107001	107002	107003										390.549999
10880 4節	9-その地方行	89199	89200	89464	89463	106941	106979	107004	107005										391.169853
10881 4節	9-その地方行	89204	89211	89475	89468	106994	106942	107006	106995										391.169853
10882 4節	9-その地方行	89191	89192	89456	89455	106948	107007	107008	107009										391.169853
10883 4節	9-その地方行	89213	89208	89472	89477	10701	106997	107004	107002										390.549999
10884 4節	9-その地方行	89209	89203	89467	89473	106998	106993	106996	106999										391.169853
10885 4節	9-その地方行	89228	89216	89480	89482	106952	106990	106992	107010										391.169853
10886 4節	9-その地方行	89259	89254	89318	89323	106925	106928	106931	106936										391.169853
10887 4節	9-その地方行	89192	89195	89459	89456	107007	107011	107012	107008										391.169853
10888 4節	9-その地方行	89184	89307	89571	89448	107013	106953	107014	107015										391.169853
10889 4節	9-その地方行	89362	89358	89322	89326	106934	106941	106927	106970										391.169853
10890 4節	9-その地方行	89200	89187	89451	89464	106979	106978	106989	107004										391.169853
10891 4節	9-その地方行	89307	89228	89492	89571	106953	106952	107010	107014										391.169853
10892 4節	9-その地方行	89217	89221	89485	89481	106983	106982	107003	106991										390.007863
10893 4節	9-その地方行	89211	89199	89463	89475	106942	106941	107005	107006										379.997253
10894 4節	9-その地方行	89055	89083	89347	89319	106929	106945	106960	106930										402.341846
10895 4節	9-その地方行	89103	89184	89448	89367	106986	107013	107015	106967										391.169853
10896 4節	9-その地方行	89072	89080	89344	89336	106967	106974	106975	106968										391.169853
10897 4節	9-その地方行	89093	89088	89352	89357	106957	106956	106966	106962										391.169853
10898 4節	9-その地方行	89188	89191	89455	89452	106949	106948	107009	106988										391.169853
10899 4節	9-その地方行	89335	89336	89660	89599	106959	106966	107016	107017										391.169853
10900 4節	9-その地方行	89325	89326	89590	89589	106970	106970	107018	107019										391.169853
10901 4節	9-その地方行	89352	89353	89617	89616	106966	106965	107020	107021										391.169853
10902 4節	9-その地方行	89345	89340	89604	89609	106938	106937	107022	107023										391.293749

- 例:ダムの活動(Sliding)に対する安全率(ANCOLDガイドライン)

$$FoS_{sliding} = \frac{(\mu * N) + (c * A)}{\sum F_{horizontal}}$$

μ : ダムと基礎地盤との間の摩擦係数

N : 基礎に作用する純粋直力

c : 基礎地盤の粘着力

A : ダムの基礎面積

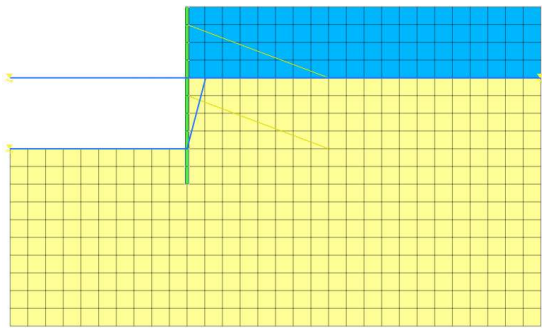
[インターフェース要素テーブル]

2. Pre/Post Processing

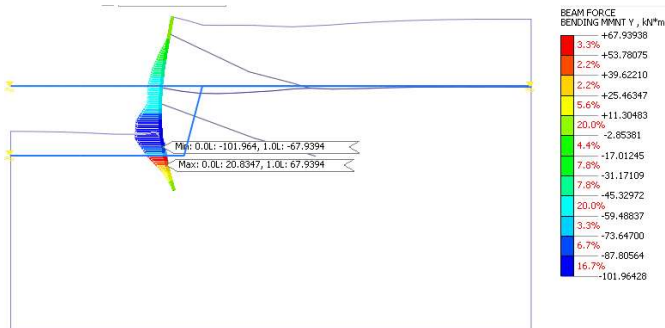
2.15 構造設計連動機能の改善 : SARフォーマットのサポート(CIVIL NX)

- SAR(Standard Analysis Result : 標準解析結果)フォーマットでFEA NX - CIVIL NX (構造設計プログラム) を連携することができます。FEA NXで計算された曲げモーメント、せん断力、軸力などの解析結果をモデルファイルとともにCIVIL NXにエクスポートし、CIVIL NXで詳細な構造設計を実行することができます。
- このフォーマットは現在、トラス、梁、平面応力、シェル、ゲーシングプレート、および低次の要素のみをサポートしています。

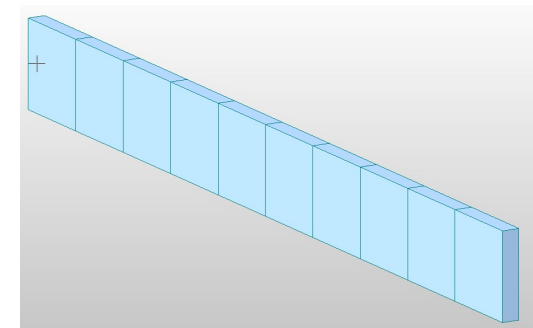
- FEA NXメインアイコン > 書き出し > SARファイル形式で書き出し



1. FEA NXで解析を実行します。



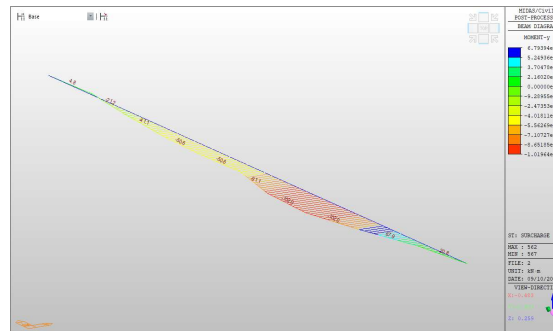
2. 構造設計に必要な結果(断面力など)を確認します。



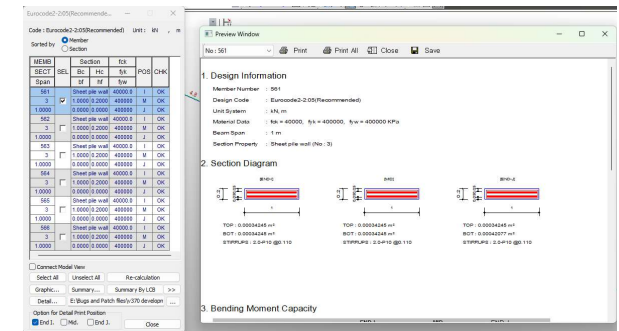
3. FEA NXで解析モデルを
mctフォーマットでエクスポートします。



4. FEA NX の結果を書き出す際に、
施工ステップ/解析ステップを選択します。



5. 書き出した解析結果を「SAR」フォーマットで
CIVIL NXに取り込みます。

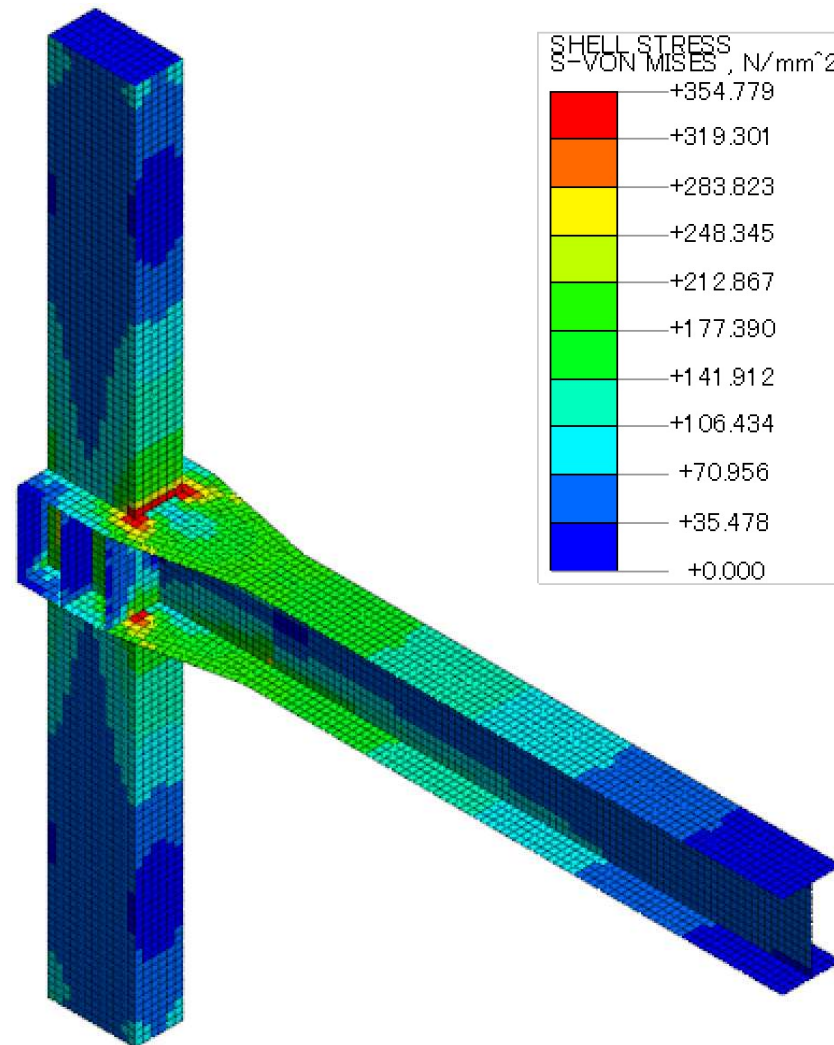


6. CIVIL NXで、構造設計を実行します。

2. Pre/Post Processing

2.16 動画出力形式にMP4追加

- 複数ステップアニメーション出力する際の動画出力形式に、「MP4」が追加されました。
出力したファイルは、PPTに挿入することができます。



動画化

