



midas Civil 基本講座

PC橋の架設工事における 施工検討

MIDAS
CONSTRUCTION
FEM
TECHNICAL
EDUCATION
SEMINAR

Contents

01. **midas Civil 機能概要**
02. (体験操作)
操作 1 - 連続桁のプレストレス解析
操作 2 - PC橋の張出架設工事における施工検討
03. 製品の開発ロードマップ(耐震設計対応)

midas Civil 機能概要

1. あらゆる土木構造物のモデリングと解析が可能

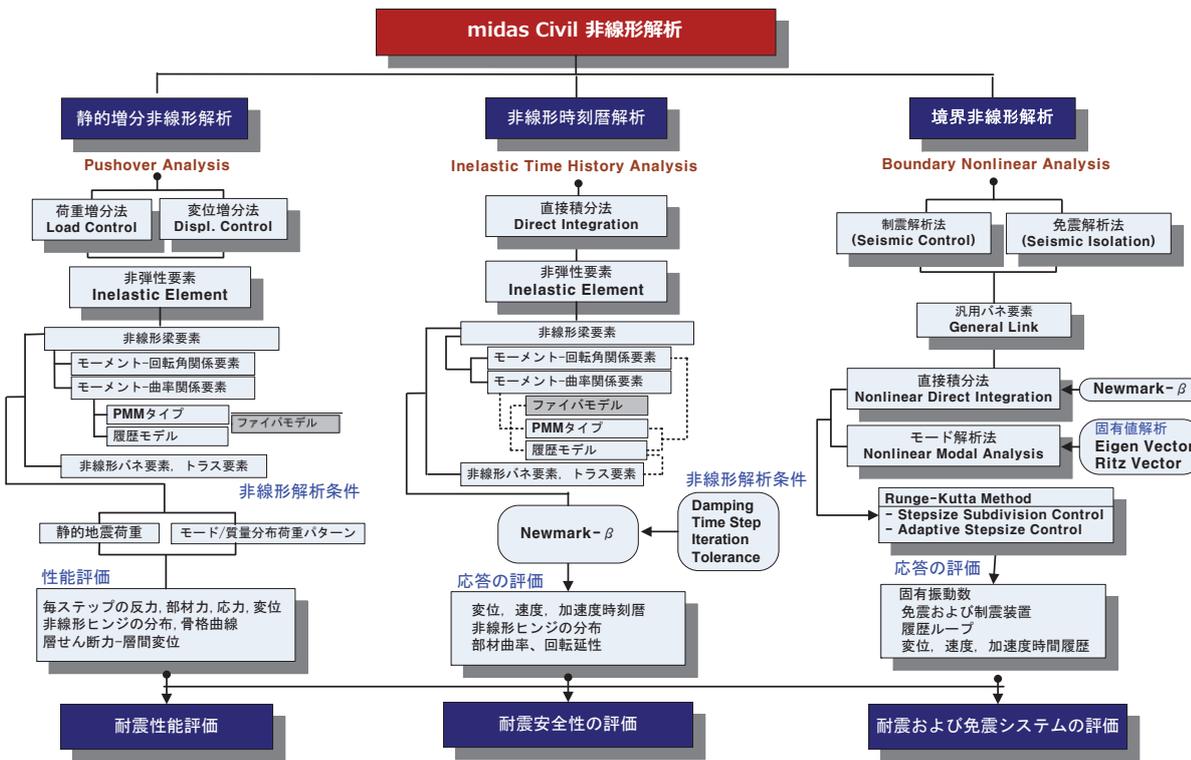
→ 静的解析から高度な解析まで、あらゆる解析に対応

1 多様な解析機能

- **Standard**
静的線形解析、格子解析
座屈・固有値解析
- **動的解析**
線形動的（応答スペクトル/時刻歴）
非線形動的 ($M-\phi$)、ファイバー解析
- **静的非線形フレーム解析**
プッシュオーバー解析
- **段階施工解析**
クリープ・乾燥収縮、段階施工
- **幾何非線形解析**
- **材料非線形**
静的材料非線形
- **熱応力解析**
熱伝導、水和熱解析

橋梁
プラント施設
地中構造物
トンネル
上下水道施設
ダム

midas Civil 機能概要



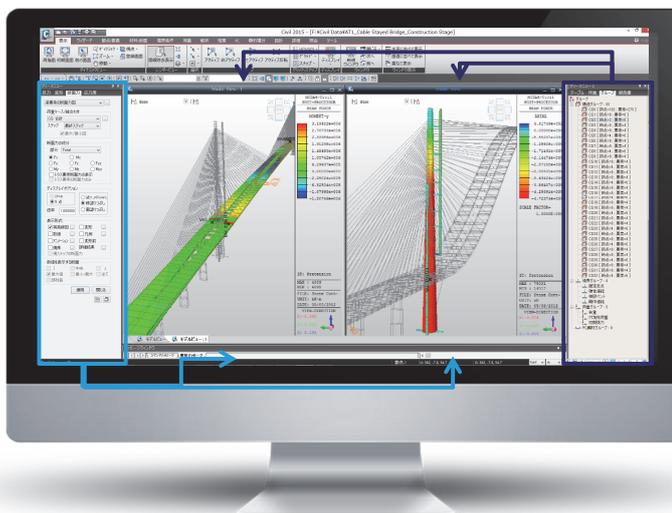
midas Civil 機能概要

2. 最新インターフェイスを用いた便利なモデリングと 簡単なデータの検討と修正

2 直観的なUI環境

- ワークツリーによるモデルや作業内容確認
- 他人が作業したモデルでも一目でわかる。
- 段階施工データの簡単な確認
施工段階単位のデータ管理
段階施工アニメーション
- モデル自動チェック機能
重複要素、フリーエッジ、フリーフェイス、
要素座標系の不具合
- マルチウィンドウ制御による作業効率性Up
同モデルに対する結果成分別の比較

マルチウィンドウ制御の作業効率性の向上



5

midas Civil 機能概要

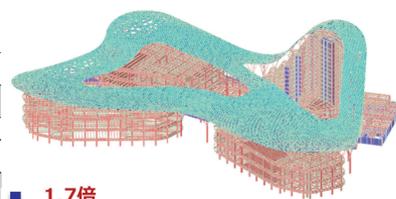
3. 64ビット対応の優れた計算性能 → プリポスト、ソルバー共に64ビット対応

3 優れた計算性能

- 64ビット対応のプリポストとソルバー
GPUソルバー対応
- 使用できるメモリの制限がない。
大規模モデルの解析や結果データ量の
大きい動的解析で有効

比較-1

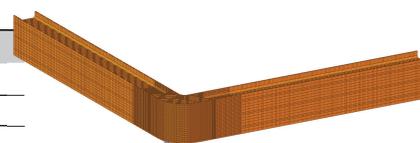
要素	56,634
解析タイプ	静的解析
システム環境	計算時間
Civil 32-bit	2641.57 秒
Civil 64-bit	1590.49 秒



↓ 1.7倍
速度向上

比較-2

要素	116,586
節点	158,256
解析タイプ	材料非線形解析
システム環境	計算時間
Civil 32-bit	Out of Memory
Civil 64-bit	13663.80 秒



↓ 解析可能

6

midas Civil 機能概要

4. 多彩な結果表示

→ビジュアル表示だけでなく、EXCELやWordと連動して結果分析をサポート

4 多彩な結果表示

- **変形図、分布図、コンター表示**
フレーム、シェル要素、ソリッド要素の断面力・応力度のコンター/分布図表示
- **結果アニメーション**
アニメーション再生、AVIファイルに保存
- **多彩な時刻歴結果表示**
非線形梁部材の断面力履歴
ファイバー断面のセル別の非線形形状歴
履歴グラフのEXCEL形式へ書き出し
- **Word形式の解析計算書**
解析条件変更による再解析後に
既作成計算書の自動更新

midas Civil 機能概要

4. 多彩な結果表示

→ 解析計算書の自動生成

モデル作成

設計変数変更

計算書作成

橋梁に特化したモデリング機能

■ 構造ウィザード機能

The screenshot displays the Midas Civil software interface with the 'Wizard' menu open. The menu includes options for:

- 梁 (Beam)
- 柱 (Column)
- アーチ (Arch)
- 骨組 (Frame) - Ctrl+Shift+X
- トラス (Truss) - Ctrl+Shift+Y
- 板要素 (Plate Element) - Ctrl+Shift
- シェル (Shell)

 The main window shows a ribbon menu with categories like '表示' (Display), 'ウィザード' (Wizard), '節点/要素' (Nodes/Elements), '材料/断面' (Material/Section), '境界条件' (Boundary Conditions), '荷重' (Loads), '解析' (Analysis), '結果' (Results), 'PC' (Prestress), '静的増分' (Static Incremental), '設計' (Design), '評価' (Evaluation), '照会' (Query), and 'ツール' (Tools).

Key bridge modeling features highlighted include:

- 横方向解析モデルウィザード (Cross-directional analysis model wizard)
- RCスラブ橋ウィザード (RC slab bridge wizard)
- RCラーメン橋 (RC frame bridge)
- 架設工法ウィザード (Construction method wizard)
- 押し出し架設工法 (Cantilever construction method)
- 張出架設工法 (Cast-in-place construction method)
- 移動支保工法 (Moving formwork construction method)
- 固定支保工法 (Fixed formwork construction method)
- PC桁橋ウィザード (PC girder bridge wizard)
- RCスラブ橋 (一本桁・多主桁モデルウィザード) (RC slab bridge (single girder/multi-girder model wizard))

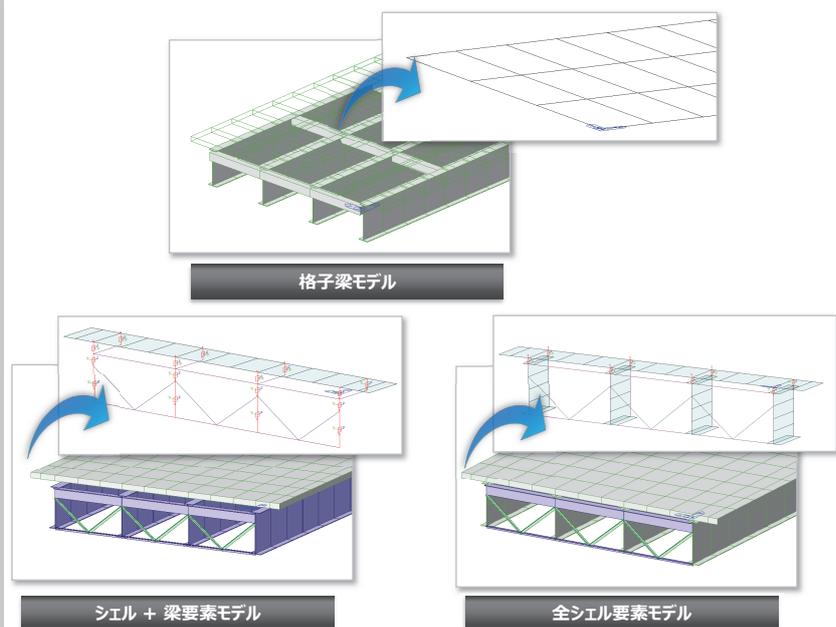
9

橋梁に特化したモデリング機能

⇒ 桁橋のモデリング

1 桁橋のモデリング機能

- 格子梁と3次元モデルの両方でモデル化可能
- 合成梁断面
 - ✓ 施工段階用の合成断面
- テーパー断面



10

橋梁に特化したモデリング機能

桁橋のモデリング

1 桁橋のモデリング機能

→ 格子梁と3次元モデルの両方でモデル化可能

板要素や梁要素から成る合成断面の合力結果 (Fx, FY, Fzを, MX, MZ) をテーブルと断面力図で表示

→ 合成梁断面

✓ 施工段階用の合成断面

→ テーパー断面

合力分布図

Virtual Beam	Load	Part	Axial (kgf)	Shear-Y (kgf)	Shear-Z (kgf)	Torsion (kgf/m)	Moment-Y (kgf/m)	Moment-Z (kgf/m)
2	SW of Girders	J	501.74	-245.62	-2219.74	14.80	2838.96	-243.32
2	SW of Girders	J	501.74	-245.62	-1970.91	22.75	5130.62	58.13
2	Wind	J	150.65	-188.07	-2574.51	-22.85	-88.46	-141.15
2	Wind	J	150.65	-188.07	-2225.68	-14.70	2837.74	85.71
2	Seasonal Temp	J	150.65	-188.07	-2574.51	-22.85	-88.46	-141.15
2	Seasonal Temp	J	150.65	-188.07	-2225.68	-14.70	2837.74	85.71
2	MV-Pl(max)	J	1954.27	438.15	2565.28	337.16	10103.30	662.73
2	MV-Pl(max)	J	1954.27	438.15	2565.28	337.16	20677.30	1368.01
2	MV-Pl(aft)	J	1936.99	-1247.51	-8770.18	-1292.31	10914.60	-869.63
2	MV-Pl(aft)	J	1936.99	-1247.51	-8770.18	-1292.31	20692.70	1355.91
2	gLCB1(max)	J	2614.94	592.31	3494.30	455.03	13518.90	886.78
2	gLCB1(max)	J	2614.94	592.31	3494.30	455.03	27935.10	1830.48
2	STL ENV_STR(max)	J	3419.98	767.81	4529.65	590.03	17880.80	1159.78
2	STL ENV_STR(max)	J	3419.98	767.81	4529.65	590.03	36535.20	2394.01
2	gLCB1(aft)	J	3389.74	-2183.13	-15347.80	-2261.54	17524.60	-1564.35
2	gLCB1(aft)	J	3389.74	-2183.13	-15347.80	-2261.54	36212.10	2372.84
2	STL ENV_STR(aft)	J	3419.98	-2202.61	-15464.70	-2261.71	17680.80	-2517.77
2	STL ENV_STR(aft)	J	3419.98	-2202.61	-15464.70	-2261.71	36335.20	2394.01

合力テーブル

橋梁に特化したモデリング機能

桁橋のモデリング

1 桁橋のモデリング機能

→ 格子梁と3次元モデルの両方でモデル化可能

→ 合成梁断面

✓ 施工段階用の合成断面

→ テーパー断面

合成 I-桁

断面データ

規格/ユーザー | 入力 | SRC | 補強材 | PC | テーパー断面 | 合成 | 鋼材桁

断面番号 1 | 名称 Sect 1

断面形式: スターポール(タイプI)

スラブ幅: 12.14 m

梁: 鉄 2 | 間隔: 6.15 m

RCスラブ: Bc: 6.07 m, Bt: 0.8 m, B1: 0, B2: 0.9 m, B11: 0, B12: 0, B13: 0, B14: 0, B15: 0, B16: 0, B17: 0, B18: 0, B19: 0, B20: 0, B21: 0, B22: 0, B23: 0, B24: 0, B25: 0, B26: 0, B27: 0, B28: 0, B29: 0, B30: 0, B31: 0, B32: 0, B33: 0, B34: 0, B35: 0, B36: 0, B37: 0, B38: 0, B39: 0, B40: 0, B41: 0, B42: 0, B43: 0, B44: 0, B45: 0, B46: 0, B47: 0, B48: 0, B49: 0, B50: 0, B51: 0, B52: 0, B53: 0, B54: 0, B55: 0, B56: 0, B57: 0, B58: 0, B59: 0, B60: 0, B61: 0, B62: 0, B63: 0, B64: 0, B65: 0, B66: 0, B67: 0, B68: 0, B69: 0, B70: 0, B71: 0, B72: 0, B73: 0, B74: 0, B75: 0, B76: 0, B77: 0, B78: 0, B79: 0, B80: 0, B81: 0, B82: 0, B83: 0, B84: 0, B85: 0, B86: 0, B87: 0, B88: 0, B89: 0, B90: 0, B91: 0, B92: 0, B93: 0, B94: 0, B95: 0, B96: 0, B97: 0, B98: 0, B99: 0, B100: 0

鉄骨梁: Hw: 3.2 m, hw: 0.02 m, B1: 0.8 m, B2: 0.9 m, B11: 0, B12: 0, B13: 0, B14: 0, B15: 0, B16: 0, B17: 0, B18: 0, B19: 0, B20: 0, B21: 0, B22: 0, B23: 0, B24: 0, B25: 0, B26: 0, B27: 0, B28: 0, B29: 0, B30: 0, B31: 0, B32: 0, B33: 0, B34: 0, B35: 0, B36: 0, B37: 0, B38: 0, B39: 0, B40: 0, B41: 0, B42: 0, B43: 0, B44: 0, B45: 0, B46: 0, B47: 0, B48: 0, B49: 0, B50: 0, B51: 0, B52: 0, B53: 0, B54: 0, B55: 0, B56: 0, B57: 0, B58: 0, B59: 0, B60: 0, B61: 0, B62: 0, B63: 0, B64: 0, B65: 0, B66: 0, B67: 0, B68: 0, B69: 0, B70: 0, B71: 0, B72: 0, B73: 0, B74: 0, B75: 0, B76: 0, B77: 0, B78: 0, B79: 0, B80: 0, B81: 0, B82: 0, B83: 0, B84: 0, B85: 0, B86: 0, B87: 0, B88: 0, B89: 0, B90: 0, B91: 0, B92: 0, B93: 0, B94: 0, B95: 0, B96: 0, B97: 0, B98: 0, B99: 0, B100: 0

材料: DEN材料選択: E_s / E_c: 645161, D_s / D_c: 0.16561, P_s: 0.9, P_c: 12

偏心: 中央-中央

偏心の変更: せん断実形を考慮する

断面性能表示: OK 閉じる 適用(A)

施工段階解析用の合成断面の追加/修正

アライメント: CS1

断面: 1 | Sect 1

合成タイプ: Normal

断面形式: 合成

断面形状: CP, I

要素リスト: 1 to 16

施工順序:

位置	材料	材料	合成ステージ	材齢	h	v/s	剛性	倍率
1	鋼骨	アライメント	CS1	0	0.024	0.0	-	-
2	材料	FC40	CS2	5	0.024	0.0	-	-

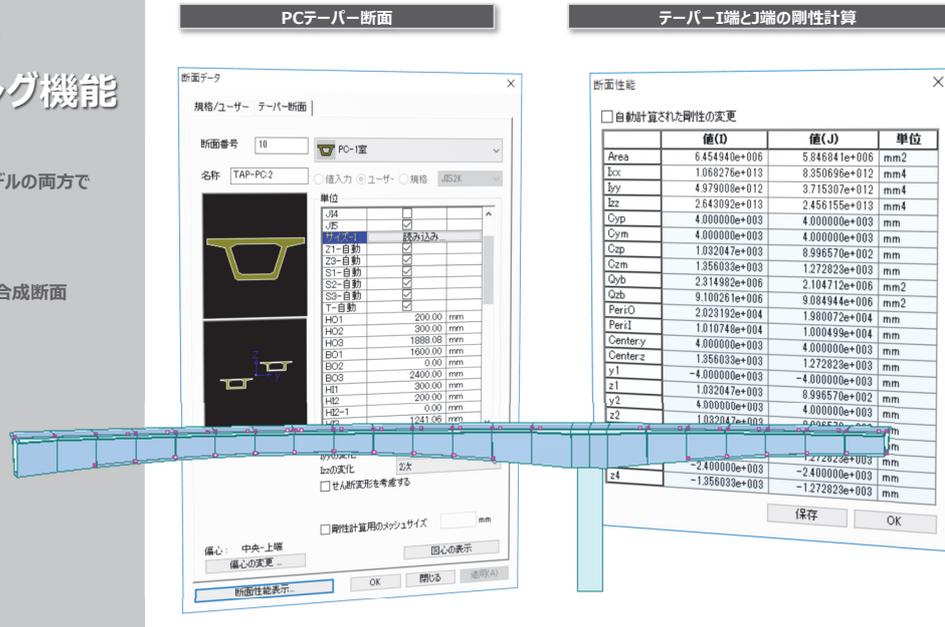
OK 閉じる(C) 適用(A)

橋梁に特化したモデリング機能

⇒ 桁橋のモデリング

1 桁橋のモデリング機能

- 格子梁と3次元モデルの両方でモデル化可能
- 合成梁断面
 - ✓ 施工段階用の合成断面
- テーパー断面

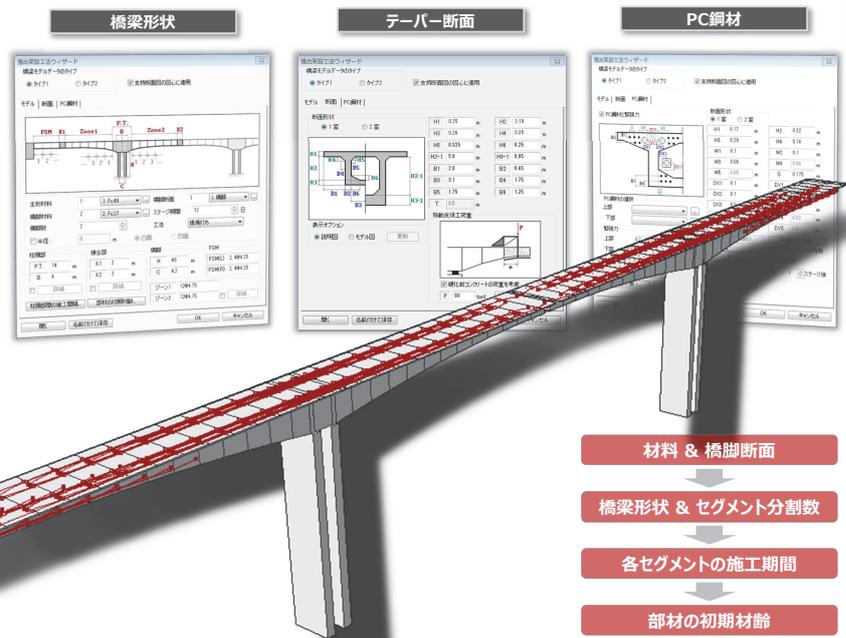


橋梁に特化したモデリング機能

⇒ PC橋のモデリング

2 架設工法のモデリング

- 架設工法ウィザード
 - ✓ 張出し架設工法 (FCM)
 - ✓ 押出し工法 (ILM)
 - ✓ 固定支保工式架設工法 (FSM)
 - ✓ 移動支保工式架設工法 (MSS)
- 多重箱桁橋の格子モデルウィザード
- 横方向解析モデルの生成
- PC鋼材生成



橋梁に特化したモデリング機能

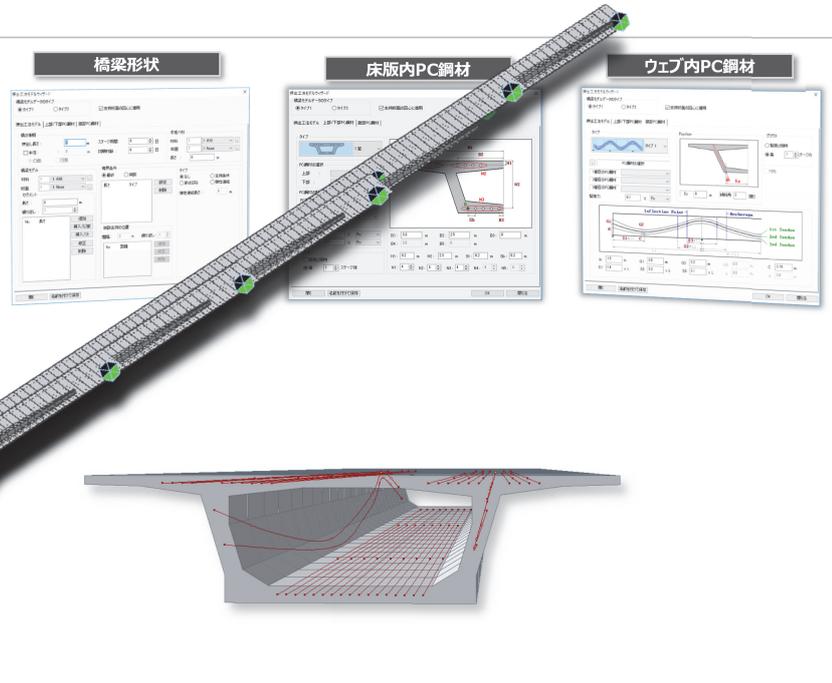
PC橋のモデリング

2 架設工法のモデリング

→ 架設工法ウィザード

- ✓ 張出し架設工法 (FCM)
- ✓ 押し出し工法 (ILM)
- ✓ 固定支保工式架設工法 (FSM)
- ✓ 移動支保工式架設工法 (MSS)

- 多重箱桁橋の格子モデルウィザード
- 横方向解析モデルの生成
- PC鋼材生成



橋梁に特化したモデリング機能

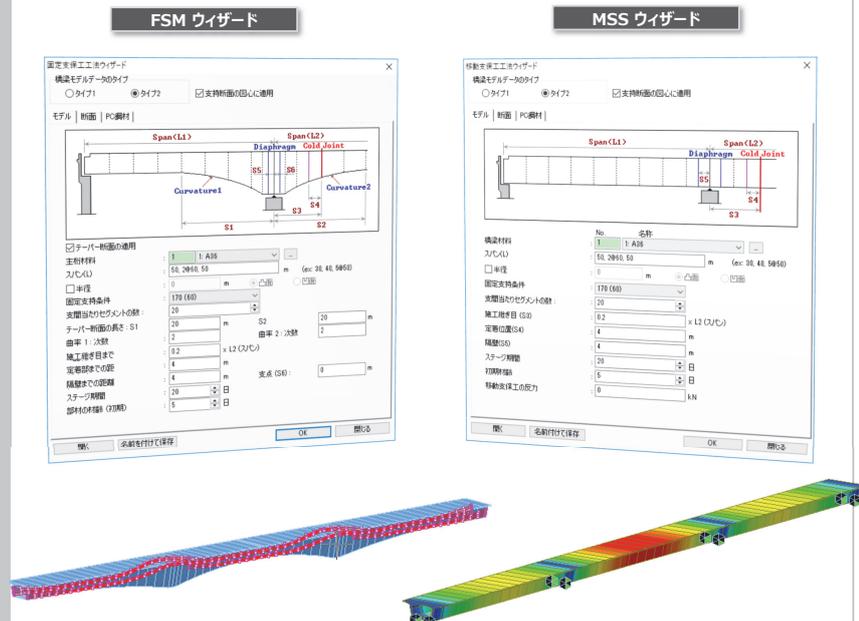
PC橋のモデリング

2 架設工法のモデリング

→ 架設工法ウィザード

- ✓ 張出し架設工法 (FCM)
- ✓ 押し出し工法 (ILM)
- ✓ 固定支保工式架設工法 (FSM)
- ✓ 移動支保工式架設工法 (MSS)

- 多重箱桁橋の格子モデルウィザード
- 横方向解析モデルの生成
- PC鋼材生成

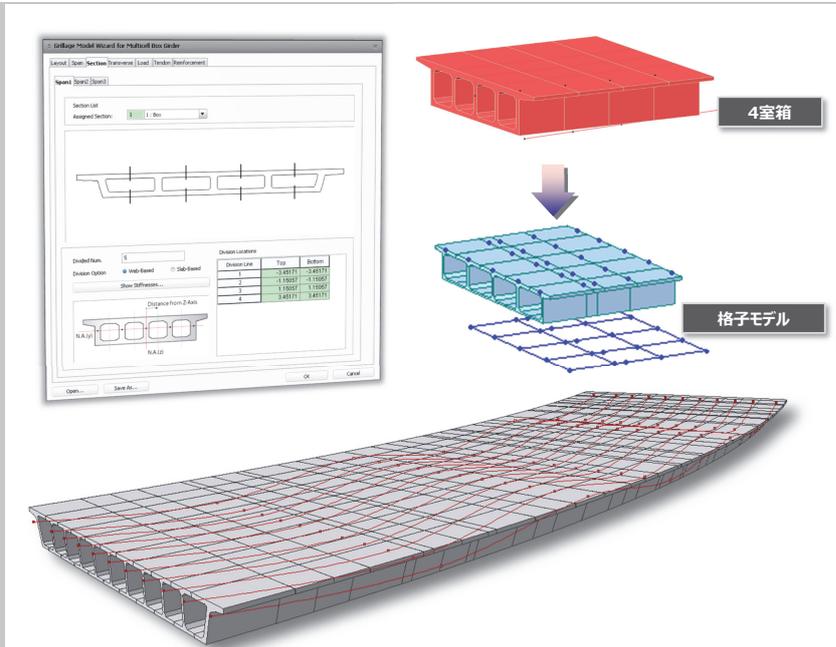


橋梁に特化したモデリング機能

→ PC橋のモデリング

2 架設工法のモデリング

- 架設工法ウィザード
- 多重箱桁橋の格子モデルウィザード
 - ✓ 格子モデルの生成
 - ✓ 移動荷重解析
- 横方向解析モデルの生成
- PC鋼材生成

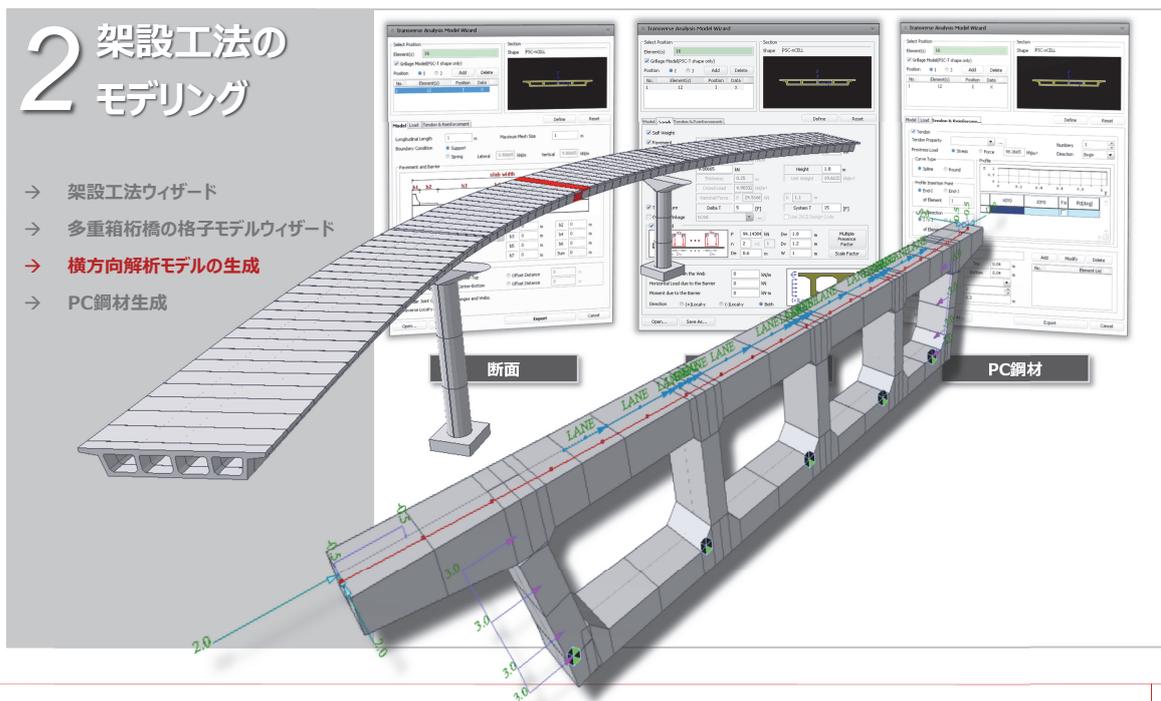


橋梁に特化したモデリング機能

→ PC橋のモデリング

2 架設工法のモデリング

- 架設工法ウィザード
- 多重箱桁橋の格子モデルウィザード
- 横方向解析モデルの生成
- PC鋼材生成

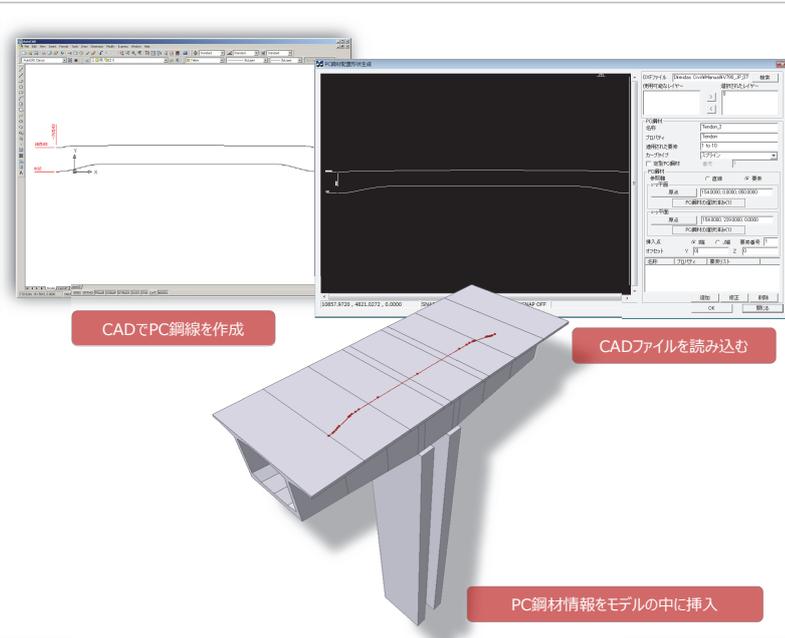


橋梁に特化したモデリング機能

→ PC橋のモデリング

2 架設工法のモデリング

- 架設工法ウィザード
- 多重箱桁橋の格子モデルウィザード
- 横方向解析モデルの生成
- **PC鋼材生成**

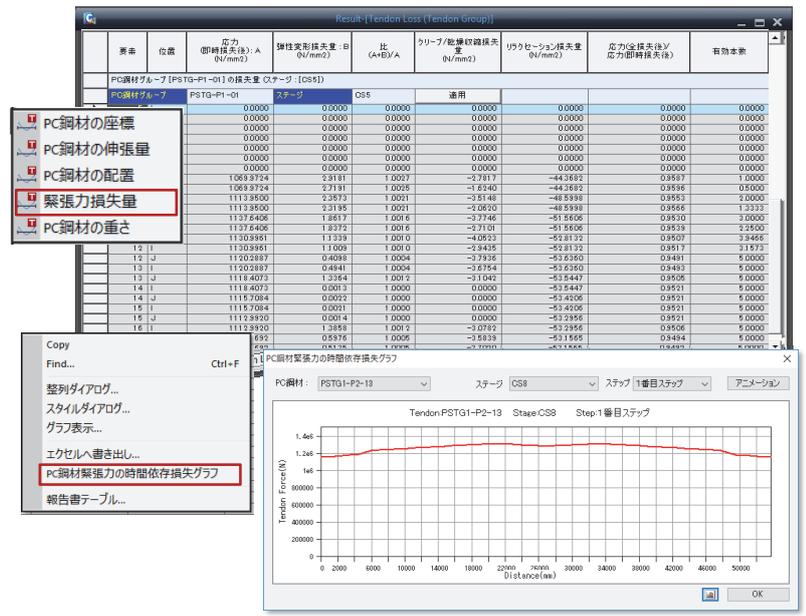


橋梁に特化したモデリング機能

→ PC橋のモデリング

3 架設工法の施工検討

- 架設工法工事時の施工確認
- **PCケーブルの張力損失**
- 張出し工法の上越し管理
- 押し出し工法の手延べ桁のたわみ

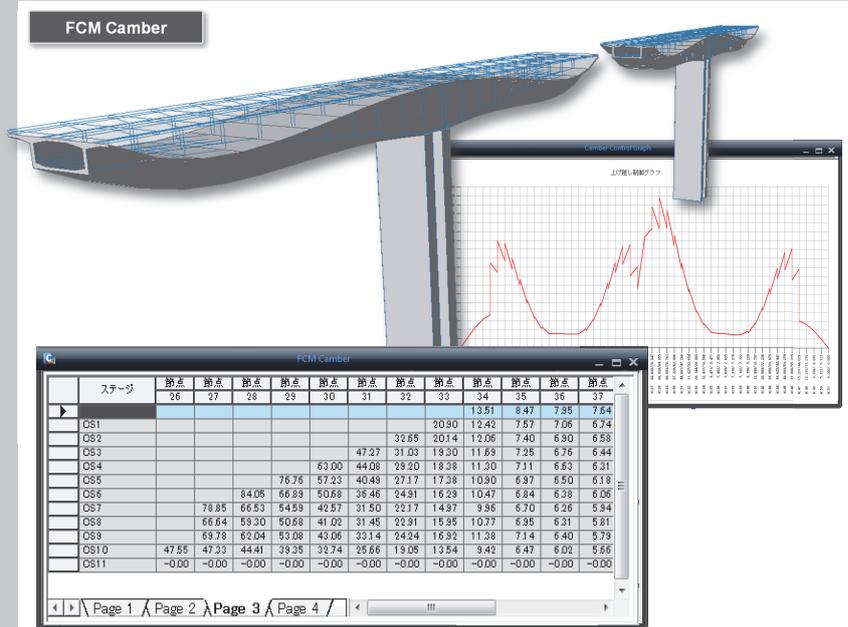


橋梁に特化したモデリング機能

→ PC橋のモデリング

3 架設工法の 施工検討

- 架設工法工事時の施工確認
- PCケーブルの張力損失
- 張出し工法の上越し管理
- 押出し工法の手延べ桁のたわみ

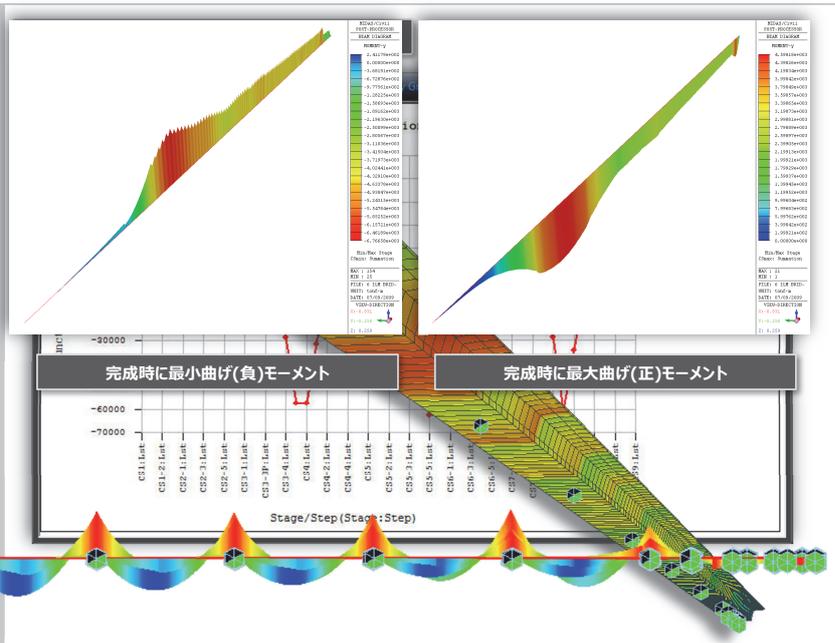


橋梁に特化したモデリング機能

→ PC橋のモデリング

3 架設工法の 施工検討

- 架設工法工事時の施工確認
- PCケーブルの張力損失
- 張出し工法の上越し管理
- 押出し工法の手延べ桁のたわみ



Contents

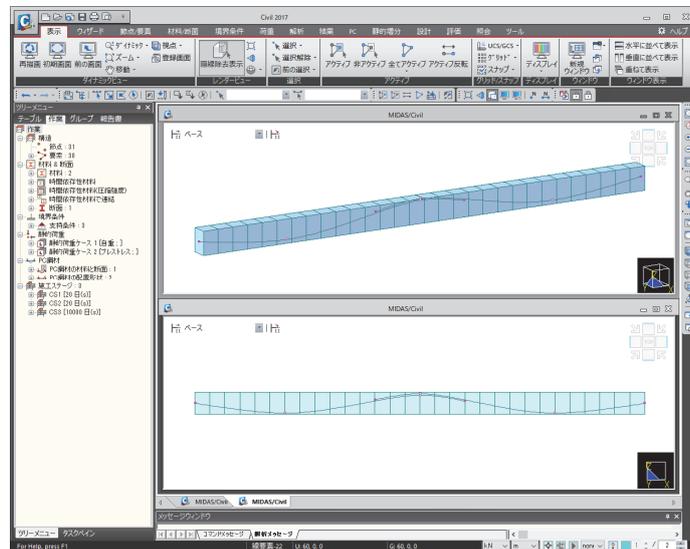
- 01. midas Civil 機能概要
- 02. (体験操作)
操作 1 – 連続桁のプレストレス解析
操作 2 – PC橋の張出架設工事における施工検討
- 03. 製品の開発ロードマップ(耐震設計対応)

体験操作-1

概要

- 解析モデル
 - 桁(線形梁)
 - (コンクリートのクリープ&乾燥収縮考慮)
- 荷重及び境界条件
 - 死荷重(施工中荷重)
 - : 自重、PCケーブルの張力
 - 支持条件
 - ① 端点: ローラ
 - ② 中間支点: ピン
- 結果評価
 - 施工段階別の部材結果
 - (上部工の応力・断面力)
 - PC鋼材の張力損失量、断面力

連続桁のプレストレス解析



画面構成と操作方法

メインメニュー (リボンメニュー)

ツリーメニュー (プリ/ポスト)

選択方法

作業画面

ズーム

ダイナミックビュー

ビューポイント

メッセージウィンドウ

節点、要素番号 座標系(GCS, WCS) 単位系

・中ボタン	: モデル移動	Ctrl+A	: ウィンドウフィット
・中ボタンスクロール	: モデル拡大、縮小	Ctrl+Y	: やり直し
・Ctrl+中ボタン	: モデル回転	Ctrl+Z	: 元に戻す
		[Esc]キー	: 閉じる
		[Enter]キー	: 適用

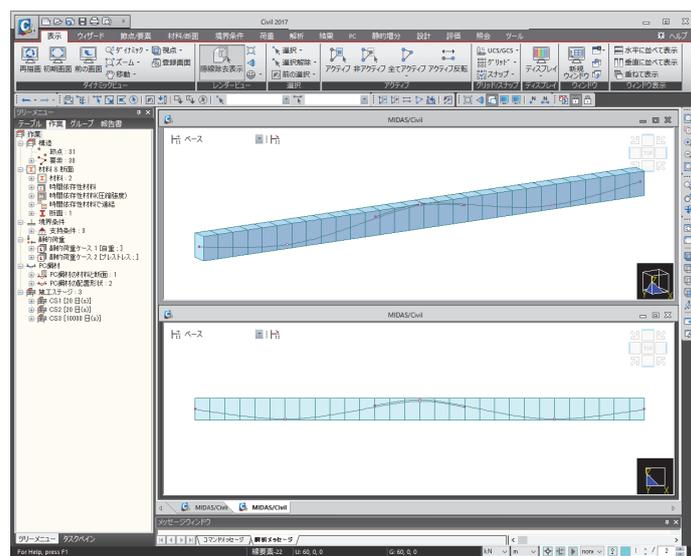
モデルの基本情報

概要

●本例題では右図に示す2径間の連続桁を対象に、midas Civilの施工段階設定、PC鋼材の配置とプレストレス入力、解析結果の確認方法などについて説明します。

特にPC構造解析で重要なPC鋼材のプロパティ設定と配置、プレストレス入力、施工段階の設定方法について詳しく説明します。

解析結果ではコンクリートのクリープと乾燥収縮による影響と、PC鋼材の応力と張力損失について確認します。



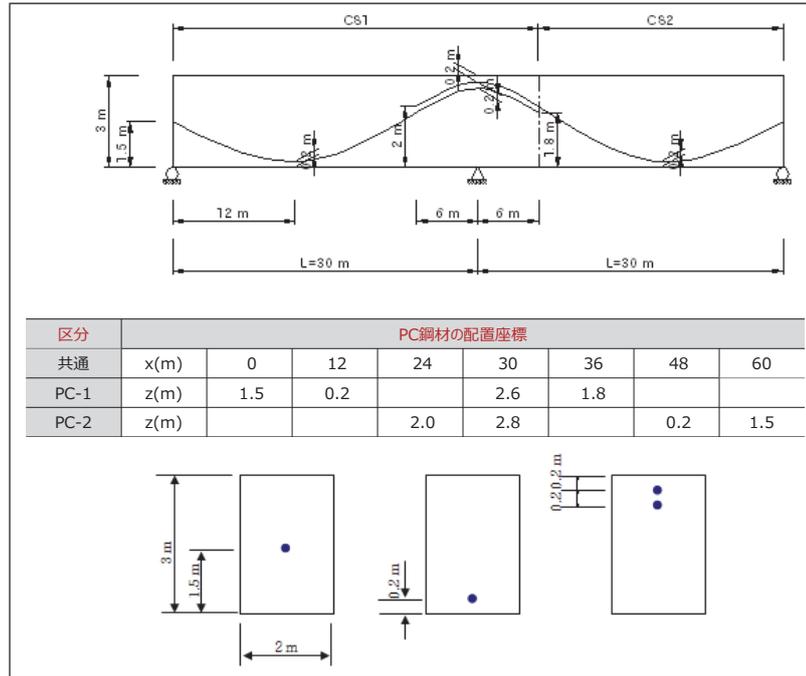
<解析モデル>

諸元	橋梁形式	2径間の連続PC桁
	橋梁全長	L = 2@30 = 60.0 m

モデルの基本情報

概要

●解析対象は2径間の連続PC桁で主な形状寸法は右図の通りです。



区分	PC鋼材の配置座標							
共通	x(m)	0	12	24	30	36	48	60
PC-1	z(m)	1.5	0.2		2.6	1.8		
PC-2	z(m)			2.0	2.8		0.2	1.5

<縦方向と横方向の断面図>

モデルの基本情報

◆ 使用材料及び許容応力度

◇ コンクリート

設計規準強度 $f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$

弾性係数 $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

許容応力

応力種類	プレストレス導入直後	最終損失後
曲げ圧縮(N/mm ²)	19	15
曲げ引張(N/mm ²)	1.5	1.5

◇ PC鋼より線 (φ15.2mm)

降伏強度 $\sigma_{py} = 1600 \text{ N/mm}^2$

引張強度 $\sigma_{pu} = 1850 \text{ N/mm}^2$

断面積 $A_p = 138.7 \text{ mm}^2$

弾性係数 $E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

導入緊張力 $1295 \text{ N/mm}^2 (= 0.70 \sigma_{pu})$

セットロス $\Delta_s = 6 \text{ mm}$

摩擦損失係数 $\mu = 0.30 / \text{rad}$

$k = 0.004 / \text{m}$

許容応力

単位: N/mm²

緊張時	緊張直後	損失後の使用荷重
$0.9\sigma_{py}=1440$	$0.7\sigma_{pu}=1295$	$0.6\sigma_{pu}=1110$

モデルの基本情報

◆ 荷重

◇ 固定荷重 (自重)

自 重 | プログラムで「自重」を入力

◇ プレストレス

緊張材 (φ 15.2mm × 27(φ 0.6" - 27))

断 面 積 | $A_p = 3744.9 \text{ mm}^2$

シ ー ス 径 | 133 mm

緊 張 力 | 引張強度の70%の緊張力を導入

$f_{pj} = 0.70 f_{pu} = 1295 \text{ N/mm}^2$

定着直後の損失 (プログラムで自動計算)

摩 擦 損 失 | $P_{(x)} = P_0 \cdot e^{-(\mu\alpha+kL)}$

$\mu = 0.30, k = 0.004/m$

セ ッ ト ロ ス | $\Delta l_c = 6 \text{ mm}$

弾性収縮による損失: 損失量、 $\Delta P_E = \Delta f_p \cdot A_{sp}$

総損失 (プログラムで計算)

リラクゼーション

クリープと乾燥収縮による損失

◇ クリープと乾燥収縮

条件

セ メ ン ト | 普通セメント

初期載荷時の
コンクリートの材齢 | $t_0 = 5$ 日

乾燥収縮の
開始時の材齢 | $t_s = 3$ 日

相 対 湿 度 | $RH = 70\%$

外 気 また は
養生 温 度 | $T = 20^\circ\text{C}$

適 用 仕 様 書 | 道路橋示方書

ク リ ー プ 係 数 | プログラムで計算

コンクリートの乾燥
収 縮 ひ ず み | プログラムで自動計算

プレストレスの設定

■ PC鋼材の応力損失

区分	段階	損失内容	時間
第 1 段階	緊張中	PC 鋼材とシース間の摩擦損失	即時損失
第 2 段階	緊張直後	セットロス(定着端におこる PC 鋼材の滑り) 弾性ロス(コンクリートの弾性収縮によるPC鋼材のゆるみ)	
第 3 段階	終了時 (クリープ&乾燥収縮の終了時)	PC鋼材のリラクゼーション コンクリートのクリープ&乾燥収縮による損失	長期損失

■ midas Civilにおける設定

① PC 鋼材の材料と断面

: PC鋼材の材料、断面積、PCケーブルの即時損失など、PC鋼材の諸元を定義

摩擦損失

- 角度変化による摩擦係数
- 単位長さ当たりの摩擦係数

セットロス(定着部でのスリップ量)

- 始点: 開始部分のスリップ量
- 終点: 終了部分のスリップ量

PC鋼材のリラクゼーション

“magura式”、“CEB-FIP式”などを利用して、時間によってPC鋼材が弛緩され、その張力が損失される量を計算

→ 各移行段階でリラクゼーションによる損失以外の要因によるPC鋼材の張力の変化を計算した後で、各施工段階に該当する仮の初期応力を求めてリラクゼーションによる損失を計算

プレストレスの設定

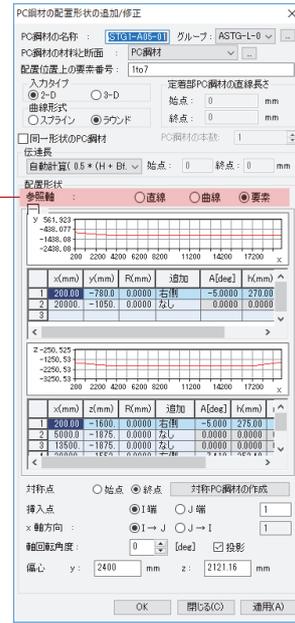
②PC鋼材の配置形状

：PC鋼材の座標を配置する要素や全体座標系などを基準に指定

直線：直線に配置されるPC鋼材の場合、PC鋼材の座標を全体座標系基準に入力

曲線：曲線に配置されるPC鋼材の場合、PC鋼材の座標を全体座標系基準に入力

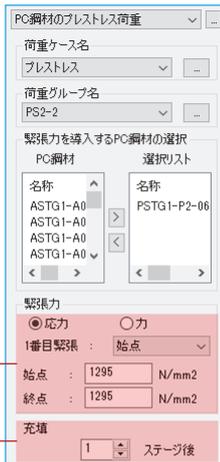
要素：PC鋼材の形状に関係なく、PC鋼材の座標をPC鋼材が配置される要素の要素座標系を基準に入力



③PC鋼材のプレストレス

：形状を定義したPC鋼材毎に与える緊張力や載荷時期、グラウト時期を指定

- ・緊張力の与え方（応力）とし両引きの場合は 始点、終点とも値を入力
- ・片引きの場合には 固定端側をゼロとする



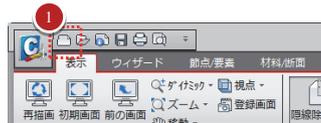
・グラウト時期を調整できる

01 新規プロジェクトの開始

手順

ファイルの保存

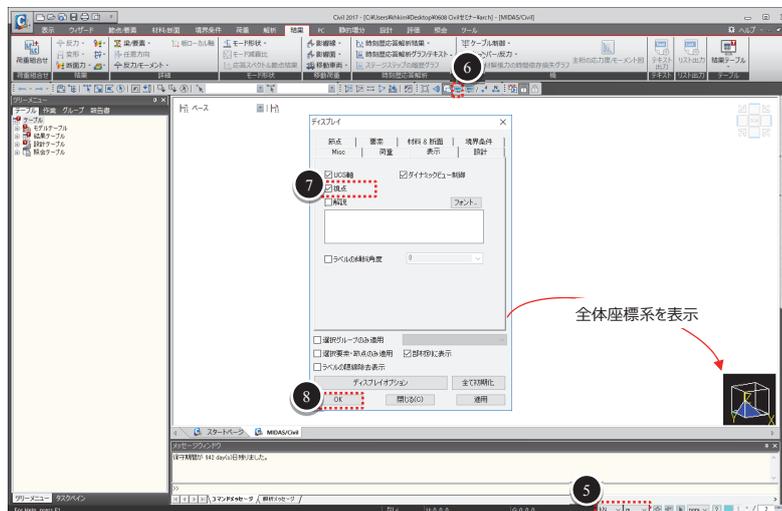
- 1 新規プロジェクト をクリック
- 2 ファイル > [保存]
- 3 ファイル名：[PC Beam.mcb]
- 4 [OK] ボタンをクリック



プログラムを起動すると「スタートページ」が表示されます。そこで、「新規プロジェクト」をクリックするとモデルビューが開きます。

単位系及びスナップの設定

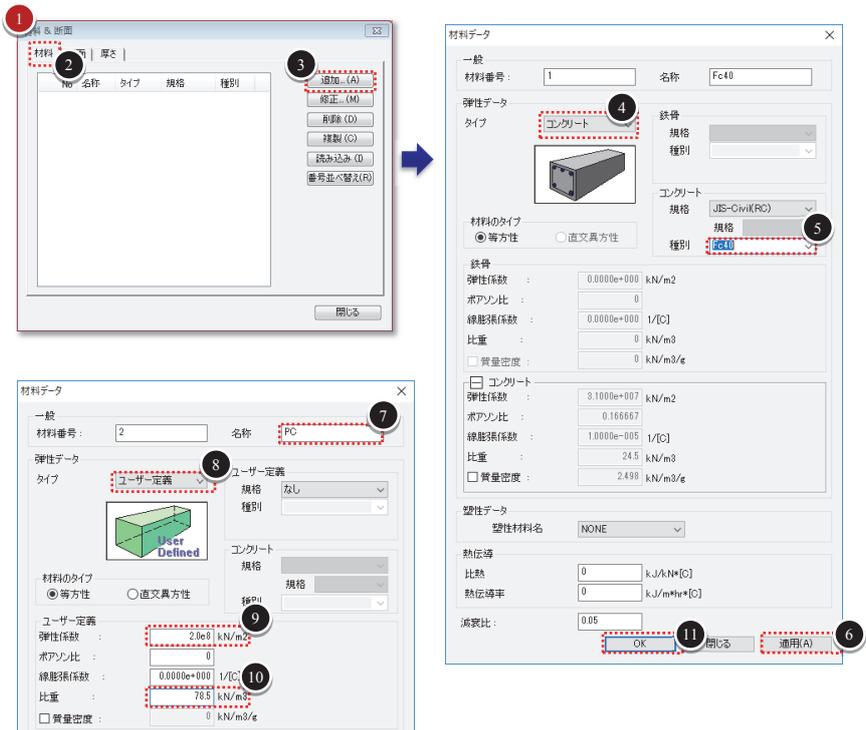
- 5 単位系：kN, m
「ツール > セッティング > 単位系」で設定することも可能です。
- 6 アイコンツールバー [ディスプレイ]
- 7 表示 > 視点 チェックオン
- 8 [OK] ボタンをクリック



02 材料の定義

部材の材料データを入力します。

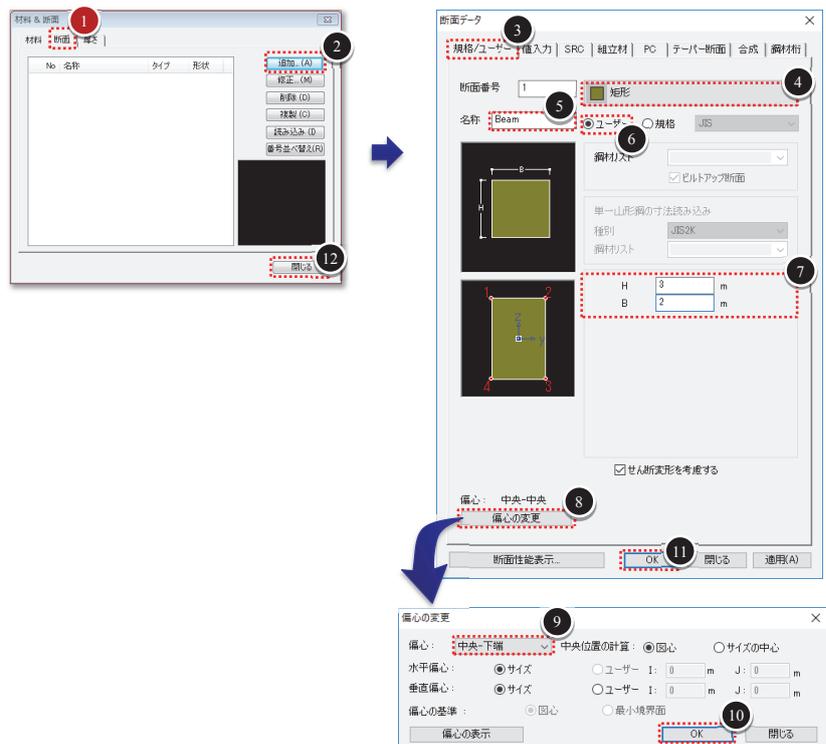
- ### 手順
- 1 メインメニュー[材料&断面] > [材料] > [材料特性]
 - 2 [材料]タブを選択
 - 3 [追加] クリック
 - 4 タイプ: "コンクリート"
 - 5 種別: "Fc4Fc0"
 - 6 [適用]ボタンをクリック
 - 7 名称: "PC"
 - 8 タイプ: "ユーザー定義"
 - 9 弾性係数: "2.0e8"
 - 10 比重: "78.5"
 - 11 [OK]ボタンをクリック



03 断面の定義

桁の断面データを入力します。

- ### 手順
- 1 [断面]タブを選択
 - 2 [追加] クリック
 - 3 [規格/ユーザー]タブを選択
 - 4 断面タイプ: "矩形"
 - 5 名称: "Beam"
 - 6 "ユーザー" チェックオン
 - 7 H: "3", B: "2"
 - 8 "偏心の変更" チェックオン
 - 9 偏心: 中央-下端
 - 10 [OK] ボタンクリック
 - 11 [OK] ボタンクリック
 - 12 [閉じる] ボタンクリック



時間依存的材料特性の定義及び連結

- コンクリート材料の時間依存特性(強度発現、クリープ係数、乾燥収縮度)を定義して各部材に連結します。*1
- 道路橋示方書の規定では部材の仮想厚さ(形状指数)によって乾燥収縮度が異なります。midas Civilでは部材の形状厚さ(形状指数)を自動計算することができますが、本例題では部材形状が主桁1つであり、手動で計算した値を直接入力します。*2
- 部材形状指数の変更機能を用いて変断面要素のクリープ係数と乾燥収縮度を計算する手順は以下の通りです。

1. 道路橋示方書に基づくクリープと乾燥収縮度の定義
2. 時間依存性を材質と連結
3. 部材形状指数の変更機能を利用して、各部材の形状指数を自動計算して各要素に連結(自動計算する場合)

上記の手順により、部材形状指数の変更を適用した要素には上記の手順3で計算された最終的なクリープと乾燥収縮度が適用されます。

- ◆ 時間依存性の材料特性は右表の通りです。

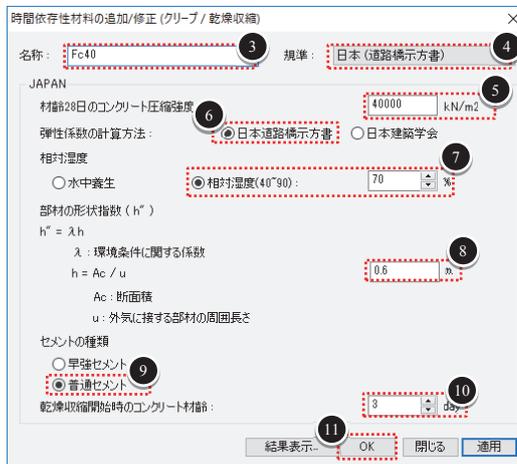
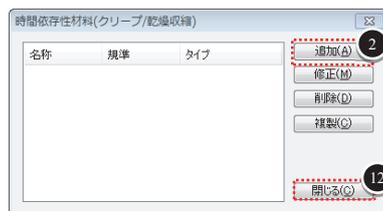
28日強度	$f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
相対湿度	RH = 70%
A c / u	0.6m (Ac/u = 6/10 = 0.6)
コンクリートの種類	普通コンクリート
型枠撤去時期	3日

*1 クリープ係数と乾燥収縮度が断面形状(部材の形状指数)に関わる変数であり、先ずは使用するコンクリート材料の時間依存特性を定義します。
 *2 材質と時間依存性材料特性を自動的に連結させるためには断面タイプが規格/ユーザー又はPCタイプである必要があります。

04 クリープ/乾燥収縮の定義

手順

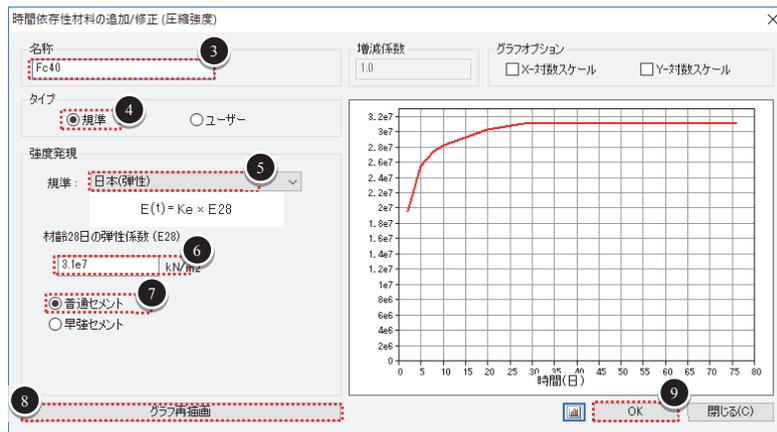
- ① メインメニュー[材料/断面] > [時間依存性材料] > [追加/クリープ/乾燥収縮]
- ② [追加]
- ③ 名称: "Fc40"
- ④ 規準: "日本(道路橋示方書)"
- ⑤ 材齢28日の圧縮強度: "40000"
- ⑥ 強度係数の計算方法:
"日本道路橋示方書"
- ⑦ 相対湿度:
"相対湿度(40~90)": 70
- ⑧ 部材の形状指数(h'): "0.6"
- ⑨ セメントの種類: "普通セメント"
- ⑩ 乾燥収縮開始時のコンクリート材齢:
"3"日
- ⑪ [OK] ボタンをクリック
- ⑫ [閉じる] ボタンをクリック



05 圧縮強度の定義

コンクリートを打設すると、時間の経過とともに硬化しながら強度が増します。
本例題では規定^{*1}によるコンクリート強度発現関数を使用します。

- 手順**
- ① メインメニュー[材料/断面] > [時間依存性材料] > [圧縮強度]
 - ② [追加]
 - ③ 名称：“Fc40”
 - ④ タイプ：“標準”
 - ⑤ 規準：“日本(弾性)”
 - ⑥ 材齢28日...：“3,1e7”
 - ⑦ “普通セメント”_選択
 - ⑧ [グラフ再描画]
 - ⑨ [OK] ボタンクリック
 - ⑩ [閉じる] ボタンクリック

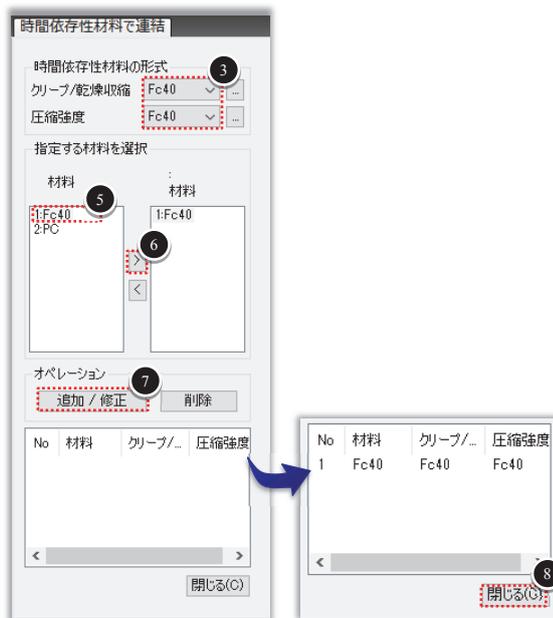


*1 日本道路公団 (設計要領第2集)

06 材料特性の連結

時間依存性材料特性を該当する材質に連結します。

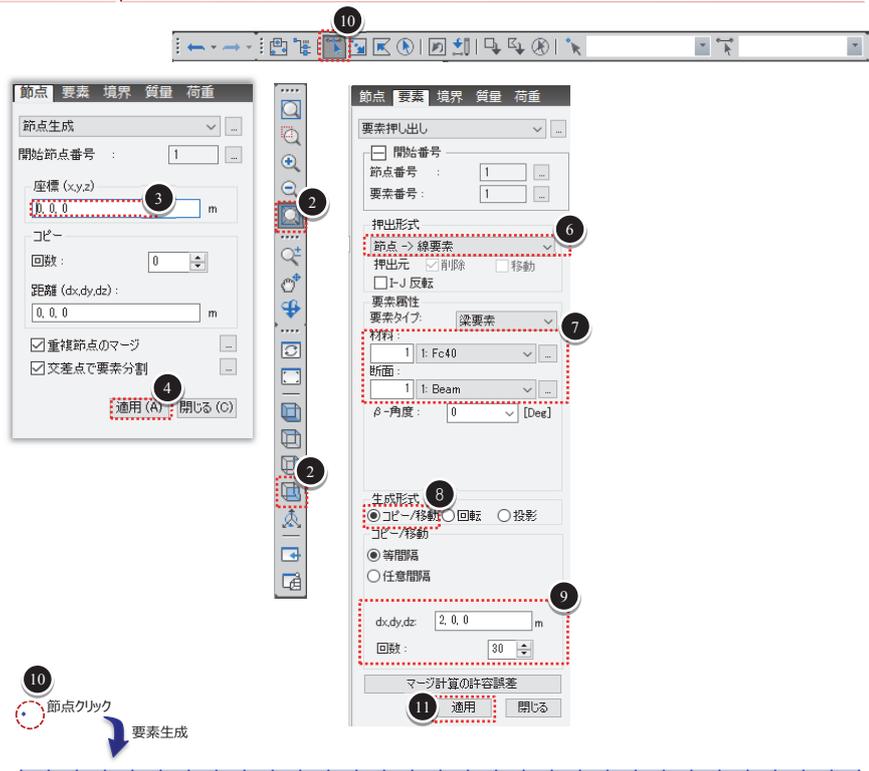
- 手順**
- ① メインメニュー[材料/断面] > [時間依存性材料] > [時間依存性材料で連結]
 - ② [時間依存性材料の形式]で、
 - ③ クリーブ/乾燥収縮：“Fc40”
圧縮強度：“Fc40”
 - ④ [指定する材料を選択]で、
 - ⑤ 材料：“Fc40”を選択
 - ⑥ [移動] をクリックし選択リストの移動
 - ⑦ [追加/修正]
 - ⑧ [閉じる] ボタンクリック



07 桁の生成

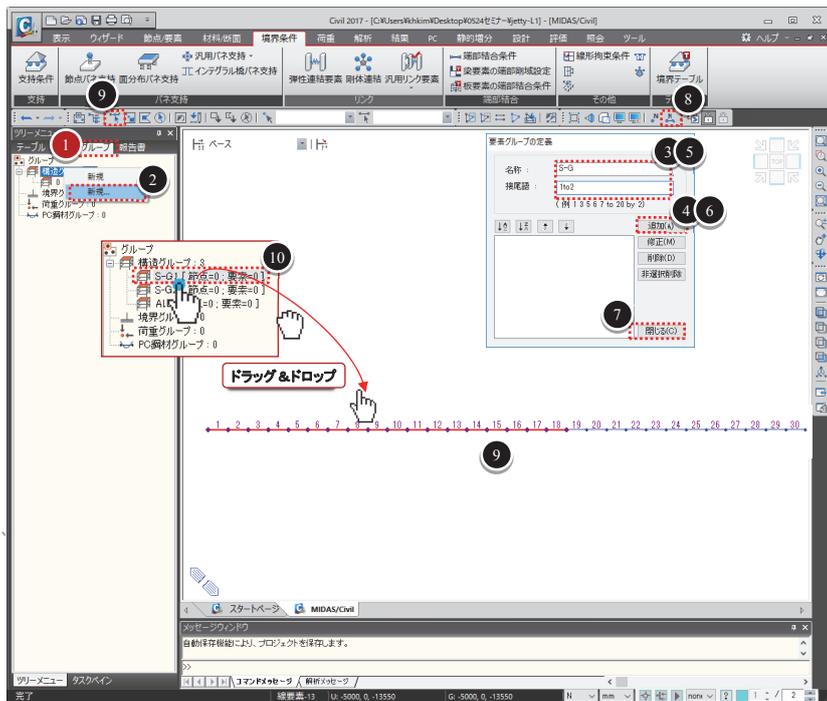
桁の要素を生成します。

- ### 手順
- 1 リボンメニュー [節点/要素] > [節点] > [節点生成]
 - 2 正面図 自動フィット
 - 3 座標(x,y,z): "0,0,0"
 - 4 [適用] ボタンをクリック
 - 5 リボンメニュー [節点/要素] > [要素] > [押し出し]
 - 6 押し出し形式: "節点->線要素"
 - 7 材料: "1 : Fc40"
断面: "1 : Beam"
 - 8 生成形式: "コピー/移動"
 - 9 dx,dy,dz: "2,0,0"
回数: "30"
 - 10 アイコンツールバーの"単一選択/解除"をクリックしてから、先ほど作成した節点を選択
 - 11 [適用] ボタンをクリック



08 グループ定義 - 要素

- ### 手順
- 1 ツリメニュー [グループ] タブをクリック
 - 2 "構造グループ" をマウスで右クリックして、"新規..." クリック
 - 3 名称: "S-G"
接尾語: "1to2"
 - 4 [追加] ボタンをクリック
 - 5 名称: "All"
接尾語: "1to2" 削除
 - 6 [追加] ボタンをクリック
 - 7 [閉じる] ボタンをクリック
 - 8 要素番号 (トグルオン)
 - 9 アイコンツールバーの"単一選択/解除"をクリックしてから、要素1~18を選択
 - 10 [構造グループ> S-G1] をクリックしたまま、マウスを作業画面上に持って放す
 - 11 同様の方法で、以下のようにグループ化要素19-30: "S-G12"
すべての要素: "All"

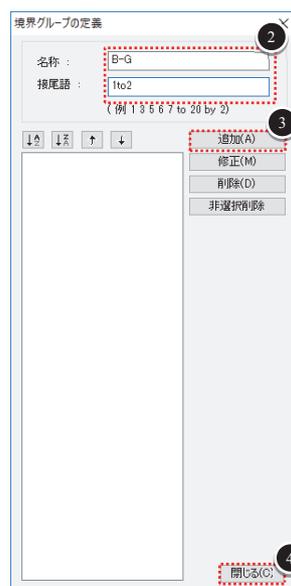


*1 施工段階別にアクティブ・非アクティブする要素、荷重条件、境界条件を定義するために、これらをグループ化します。

09 グループ定義 – 境界条件

手順

- ① “境界グループ” をマウスで右クリックして、“新規...” クリック
- ② 名称：“B-G”
接尾語：“1to2”
- ③ [追加] ボタンをクリック
- ④ [閉じる] ボタンをクリック

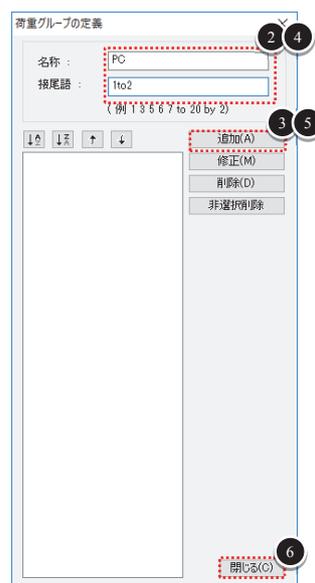
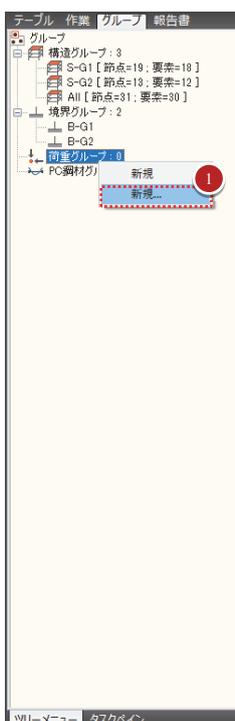


41

10 グループ定義 – 荷重条件

手順

- ① “荷重グループ” をマウスで右クリックして、“新規...” クリック
- ② 名称：“自重”
- ③ [追加] ボタンをクリック
- ④ 名称：“PC”
接尾語：“1to2”
- ⑤ [追加] ボタンをクリック
- ⑥ [閉じる] ボタンをクリック



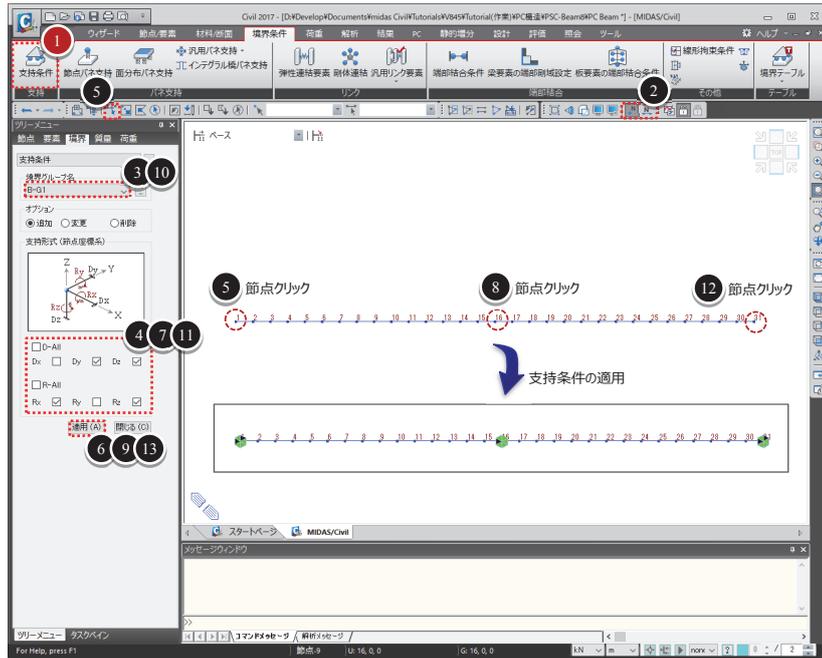
42

11 支持条件の設定

桁の支持条件を設定します。

手順

- 1 メインメニュー[境界条件] > [支持] > [支持条件] クリック
- 2 要素番号 (トグルオフ)
節点番号 (トグルオン)
- 3 境界グループ名: "B-G1"
- 4 "Dy"、"Dz"、"Rx"、"Rz" チェックオン
- 5 アイコンツール"-の"単一選択/解除"をクリックしてから、"節点1" 選択
- 6 [適用] ボタンをクリック
- 7 "D-All"、"Rx"、"Rz" チェックオン
- 8 作業画面から"節点16" 選択
- 9 [適用] ボタンをクリック
- 10 境界グループ名: "B-G2"
- 11 "Dy"、"Dz"、"Rx"、"Rz" チェックオン
- 12 作業画面から"節点31" 選択
- 13 [適用] ボタンをクリック



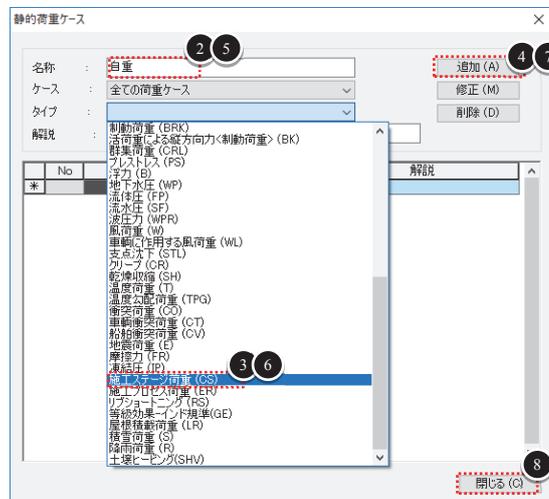
*1 支持条件を設定すると、該当の節点に6角形の支持マークが表示されます。この時、拘束された自由度が緑色に表示されます。

12 荷重ケースの定義

施工中に載荷される荷重の荷重ケース名を定義します。

手順

- 1 メインメニュー[荷重] > [荷重ケース生成] > [静的荷重ケース] クリック
- 2 名称: "自重"
- 3 タイプ: "施工ステージ荷重(CS)"
- 4 [追加] ボタンをクリック
- 5 名称: "プレストレス"
- 6 タイプ: "施工ステージ荷重(CS)"
- 7 [追加] ボタンをクリック
- 8 [閉じる] ボタンをクリック

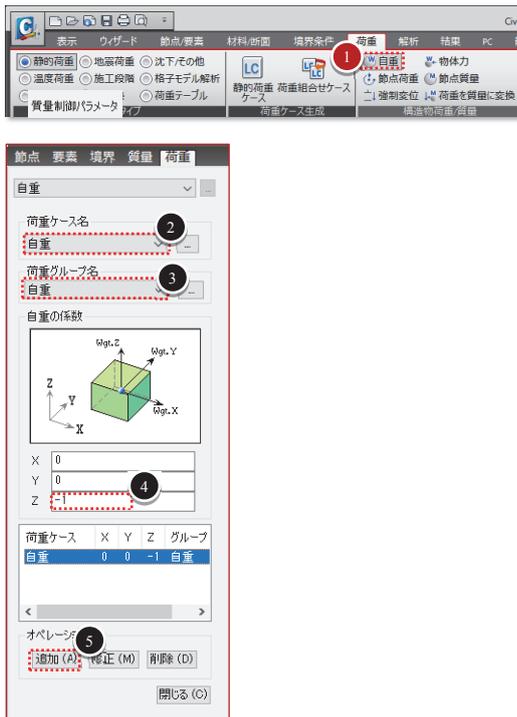


13 自重の定義

構造躯体の重量を定義します。

手順

- 1 メインメニュー[荷重] > [構造物荷重/質量] > [自重] クリック
- 2 荷重ケース名：“自重”
- 3 荷重グループ名：“自重”
- 4 自重の係数：“Z:-1”
- 5 [追加] ボタンをクリック



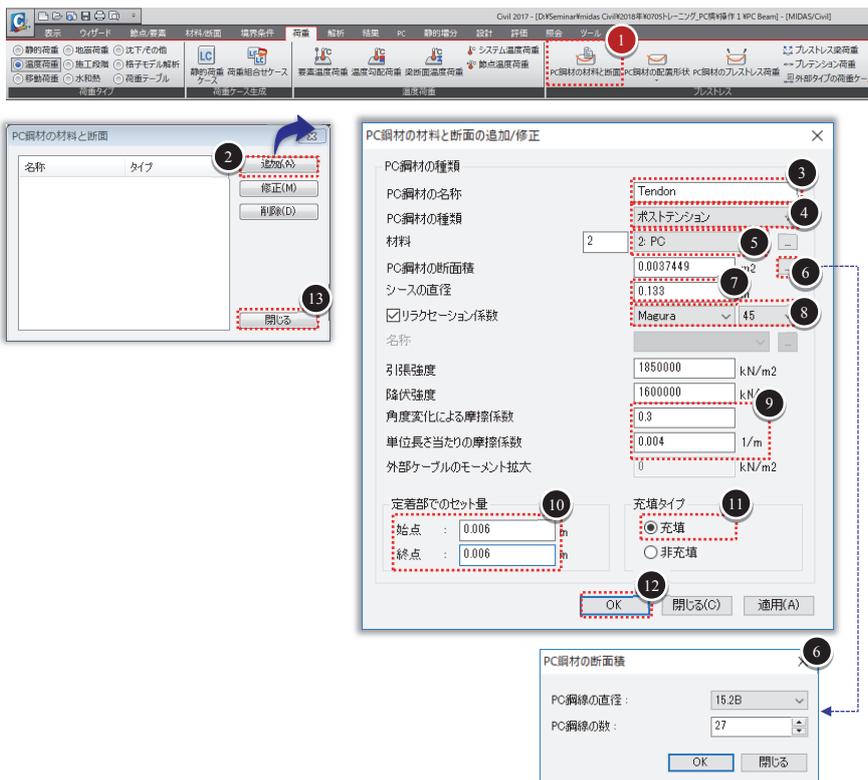
*1 自重は「材料で設定した単位体積重量×部材の断面や形状から計算した体積×自重の係数」より算定します。

14 PC鋼材の特性定義

PC鋼材の特性と即時損失を計算するためのセットロス量や摩擦係数を入力します。

手順

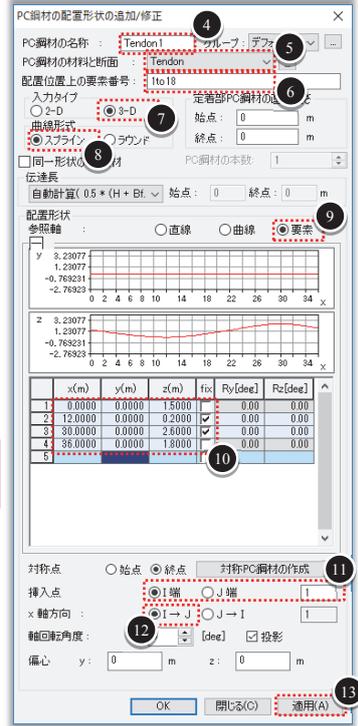
- 1 メインメニュー[荷重] > [温度荷重] > [プレストレス] > [PC鋼材の材料と断面]
- 2 [追加]_クリック
- 3 PC鋼材の名称：“Tendon”
- 4 PC鋼材の種類：“ポストテンション”
- 5 材料：“2：PC”
- 6 PC鋼材の断面積： をクリックし、
PC鋼線の直径：“15.2B”
PC鋼線の本数：“27” と入力
[OK] ボタンをクリック
- 7 シースの直径：“0.133”
- 8 リラクセーション係数：“Magura, 45”
- 9 角度変化による摩擦係数：“0.3”
単位長さ当たりの摩擦係数：“0.004”
- 10 定着部でのセット量
始点：“0.006”
終点：“0.006”
- 11 充填タイプ：“充填”
- 12 [OK] ボタンをクリック
- 13 [閉じる] ボタンをクリック



15 PC鋼材の配置-1

PC鋼材の配置形状を指定します。

- 手順**
- 1 ① N 節点番号 (オフ) ② 要素番号 (オン)
③ 陰線除去表示 (オン)
 - 2 メインメニュー [荷重] > [温度荷重] > [プレストレス] > [PC鋼材の配置形状]
 - 3 [追加] クリック
 - 4 PC鋼材の名称: "Tendon1"
 - 5 PC鋼材の材料と断面: "Tendon"
 - 6 配置位置上の要素番号: "1to18"
 - 7 入力タイプ: "3-D"
 - 8 曲線形式: "スプライン"
 - 9 配置形状: "要素"
 - 10 配置形状テーブルに位置情報を入力
- | x(m) | y(m) | z(m) | fix |
|------|------|------|-----|
| 0 | 0 | 1.5 | オフ |
| 12 | 0 | 0.2 | オン |
| 30 | 0 | 2.6 | オン |
| 36 | 0 | 1.8 | オフ |
- 11 挿入店: "I端、1"
 - 12 X軸方向: "I→J"
 - 13 [閉じる] ボタンをクリック

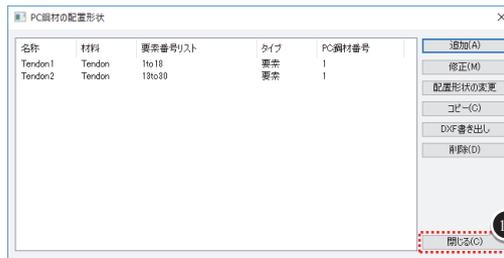
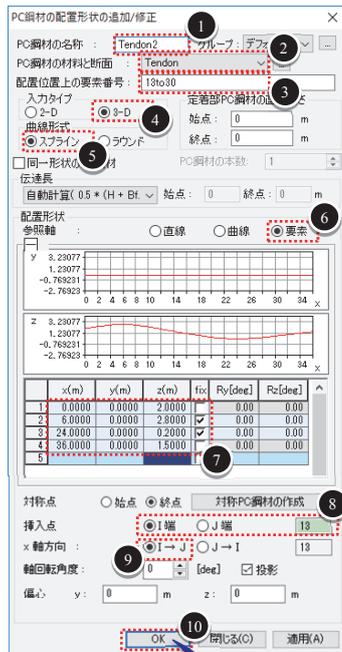


*1 "配置位置上の要素番号" は、作業画面で対象の要素をクリックすると要素番号が自動的に入力されます。

16 PC鋼材の配置-2

PC鋼材の配置形状を指定します。

- 手順**
- 1 PC鋼材の名称: "Tendon2"
 - 2 PC鋼材の材料と断面: "Tendon"
 - 3 配置位置上の要素番号: "13to30"
 - 4 入力タイプ: "3-D"
 - 5 曲線形式: "スプライン"
 - 6 配置形状: "要素"
 - 7 配置形状テーブルに位置情報を入力
- | x(m) | y(m) | z(m) | fix |
|------|------|------|-----|
| 0 | 0 | 2.0 | オフ |
| 6 | 0 | 2.8 | オン |
| 24 | 0 | 0.2 | オン |
| 36 | 0 | 1.5 | オフ |
- 8 挿入店: "I端、13"
 - 9 X軸方向: "I→J"
 - 10 [OK] ボタンをクリック
 - 11 [閉じる] ボタンをクリック

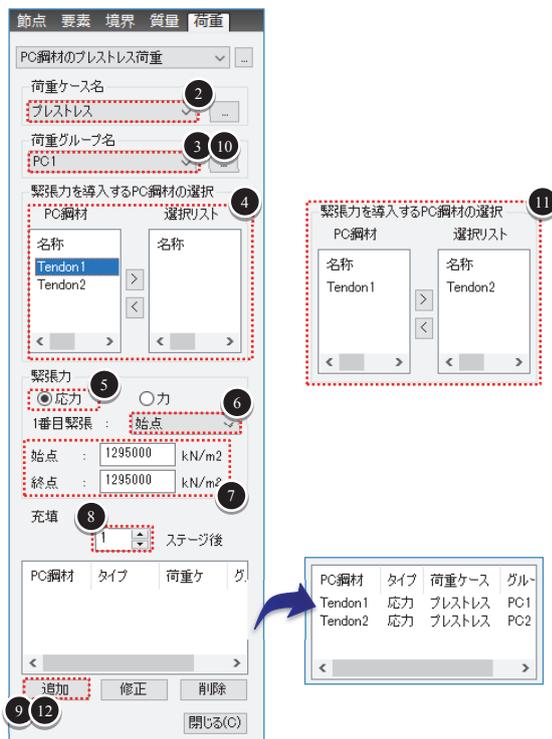


17 プレストレス入力

PC鋼材にプレストレスを入力します。

手順

- ① メインメニュー-[荷重]>[温度荷重]>[プレストレス]>[PC鋼材のプレストレス荷重]
- ② 荷重ケース名：“プレストレス”
- ③ 荷重グループ名：“PC1”
- ④ 緊張力を導入するPC鋼材の選択：
PC鋼材で“Tendon1”を選択した後
▶ ボタンクリック
- ⑤ 緊張力：“応力”
- ⑥ 1番目緊張：“始点”
- ⑦ 始点・終点：“1295000”
- ⑧ 充填：“1” ステージ後
- ⑨ [追加] ボタンクリック
[閉じる] ボタンクリック
- ⑩ 荷重グループ名：“PC2”
- ⑪ 緊張力を導入するPC鋼材の選択：
PC鋼材で“Tendon2”を選択した後
▶ ボタンクリック
選択リストで“Tendon1”を選択した後
◀ ボタンクリック
- ⑫ [追加] ボタンクリック



49

施工段階の定義

ステージツールバーで各施工段階を選択して構造系と載荷される荷重を確認します。

- 本例題で使用する施工段階は下表の通りです。

施工段階	施工期間(日)	要素グループ		境界グループ		荷重グループ	
		アクティブ	非アクティブ	アクティブ	非アクティブ	アクティブ	非アクティブ
CS1	20	S-G1	-	B-G1	-	自重 PC1	-
CS2	20	S-G2	-	B-G2	-	PC 2	-
CS3	10000	-	-	-	-	-	-



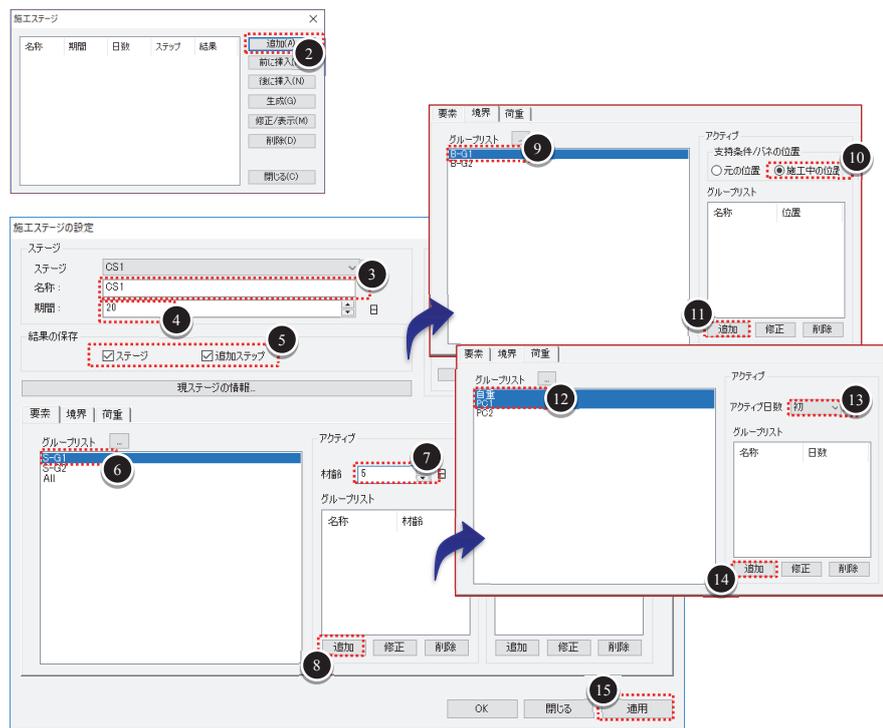
- 施工段階解析において、ステージはベースステージ、施工ステージ、PostCSステージに区分されます。
 - ベースステージは解析には反映されない段階で、要素の追加や削除、材料、断面、荷重、境界条件を定義する段階です。
 - 施工ステージは、実際の施工段階を模擬する段階で、荷重と境界条件の変更が可能です。
 - PostCSステージは施工ステージ荷重以外の荷重に対する解析をする段階で、施工段階の解析結果と組み合わせることができます。PostCSステージは施工ステージの中から任意の段階を指定することができます。

50

18 施工段階の定義-1

1番目の施工段階を定義します。

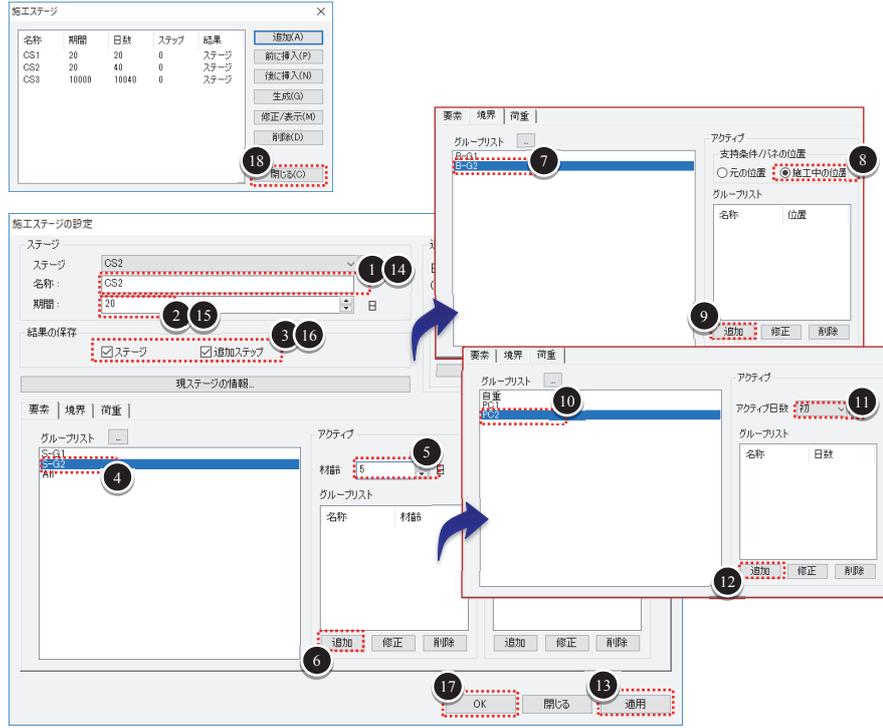
- 手順**
- ① メインメニュー-[荷重] > [荷重タイプ] :
施工段階] > [施工段階解析データ]
> [] 施工ステージの設定]
 - ② [追加] ボタンをクリック
 - ③ 名称: "CS1"
 - ④ 期間: "20"
 - ⑤ 結果の保存: "ステージ、追加ステップ"
 - ⑥ [要素] タブから "S-G1" を選択
 - ⑦ アクティブ > 材齢: "5"
 - ⑧ [追加] ボタンをクリック
 - ⑨ [境界] タブから "B-G1" を選択
 - ⑩ アクティブ > 支持条件/パネの位置 :
"施工中の位置"
 - ⑪ [追加] ボタンをクリック
 - ⑫ [荷重] タブから "自重、PC1" を選択
 - ⑬ アクティブ > アクティブ日数: "初"
 - ⑭ [追加] ボタンをクリック
 - ⑮ [適用] ボタンをクリック



19 施工段階の定義-2

2番目の施工段階を定義します。

- 手順**
- ① 名称: "CS2"
 - ② 期間: "20"
 - ③ 結果の保存: "ステージ、追加ステップ"
 - ④ [要素] タブから "S-G2" を選択
 - ⑤ アクティブ > 材齢: "5"
 - ⑥ [追加] ボタンをクリック
 - ⑦ [境界] タブから "B-G2" を選択
 - ⑧ アクティブ > 支持条件/パネの位置 :
"施工中の位置"
 - ⑨ [追加] ボタンをクリック
 - ⑩ [荷重] タブから "PC2" を選択
 - ⑪ アクティブ > アクティブ日数: "初"
 - ⑫ [追加] ボタンをクリック
 - ⑬ [適用] ボタンをクリック
 - ⑭ 名称: "CS3"
 - ⑮ 期間: "10000"
 - ⑯ 結果の保存: "ステージ、追加ステップ"
 - ⑰ [OK] ボタンをクリック
 - ⑱ [閉じる] ボタンをクリック



20 構造解析の実行

施工段階解析での材料の時間依存特性の考慮、弾性変形に対するPC鋼材の緊張力損失などを考慮して、クリープ計算時の収束条件と繰返し計算回数を指定します。

手順

- 1 メインメニュー[解析] > [解析制御]
- 2 [施工段階]

図を参照し、2から16までの順に施工段階制御を設定

設定がすべて終了したら、
解析実行 をクリックし、解析を実行

*1 “時間間隔が長い場合の自動時間ステップ生成”をチェックオンすると、一定期間以上のステージ期間に対しては内部で自動的に計算ステップを生成します。

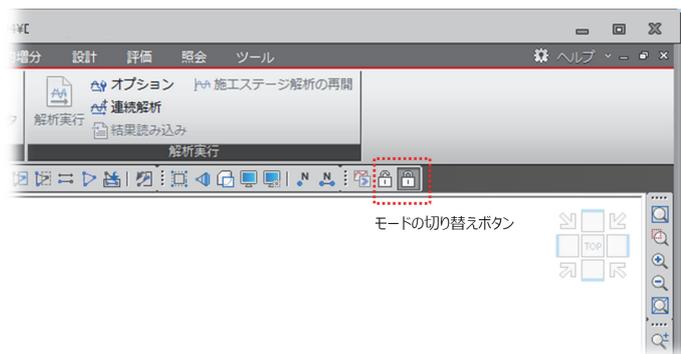
53

解析結果の検討

手順

モード

- ◆ midas Civilはプログラムの効率性とユーザーの利便性のために、プログラム環境が**解析前処理モード**と**解析後処理モード**に区別されています。
- ◆ モデリング作業に付随する全ての入力作業は、解析前処理モードで可能で、反力・変位・断面力・応力度など解析結果に対する検討作業は解析後処理モードで行われるように設定されています。
- ◆ 解析作業が完了した後、解析後処理モードから解析前処理モードに切り替えて入力事項を修正します。変更すると既に解析された内容が削除されるので注意が必要です。
- ◆ 解析がエラーなしに完了した後、モード環境が解析前処理モードから解析後処理モードに自動転換されます。
- ◆ モデリング作業で入力された項目の再確認、一部データの修正、変更などのために解析後処理モードから処理モードを切り替える場合はツールバーの をクリックします。



モードの切り替えボタン

54

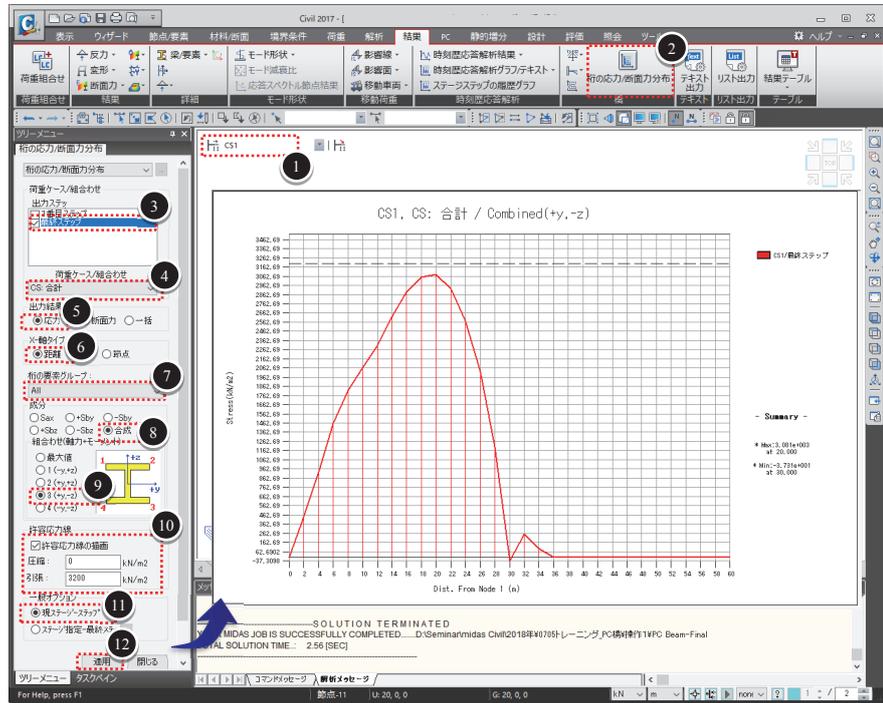
21 桁の応力度と部材力の確認-1

1番目の施工段階で発生した断面下端の応力をグラフで確認します。

手順

- 1 ステージツールバー：“CS1”
- 2 メインメニュー[結果] > [橋] > [桁の応力/断面力分布]
- 3 出力ステップ：“最終ステップ”
- 4 荷重ケース/組合せ：“CS:合計”
- 5 出力結果タイプ：“応力”
- 6 X-軸タイプ：“距離”
- 7 桁の要素グループ：“All”
- 8 成分：“合成”
- 9 組合せ(軸力+モーメント)：“3(+y,-z)”
- 10 “許容応力線の描画”_オン
圧縮：“0”；引張：“3200”
- 11 生成オプション：“現ステージ-ステップ”
- 12 [適用] ボタンクリック

● midas Civilでは施工段階解析の結果を確認する方法として、特定の施工段階に累積された全部材の応力と変位を確認する方法と、特定要素の施工段階進行に伴う応力や変位の変化を確認する方法があります。

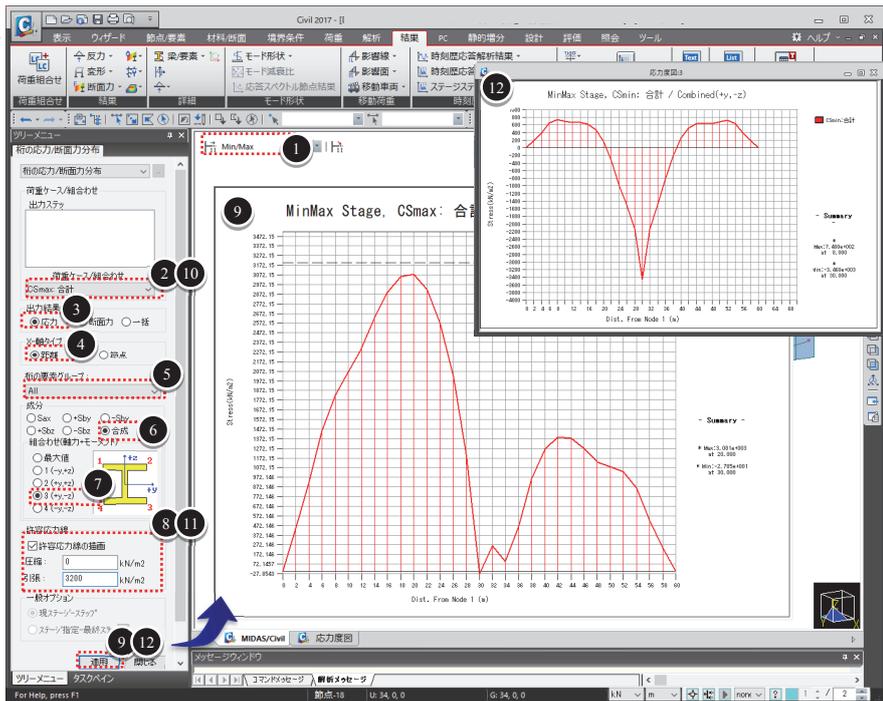


22 桁の応力度と部材力の確認-2

施工段階別に発生した断面下端の最大、最小応力をグラフで確認します。

手順

- 1 ステージツールバー：“Min/Max”
- 2 荷重ケース/組合せ：“CSmax:合計”
- 3 出力結果タイプ：“応力”
- 4 X-軸タイプ：“距離”
- 5 桁の要素グループ：“All”
- 6 成分：“合成”
- 7 組合せ(軸力+モーメント)：“3(+y,-z)”
- 8 “許容応力線の描画”_オン
圧縮：“0”；引張：“3200”
- 9 [適用] ボタンクリック
- 10 荷重ケース/組合せ：“CSmin:合計”
- 11 “許容応力線の描画”_オフ
- 12 [適用] ボタンクリック

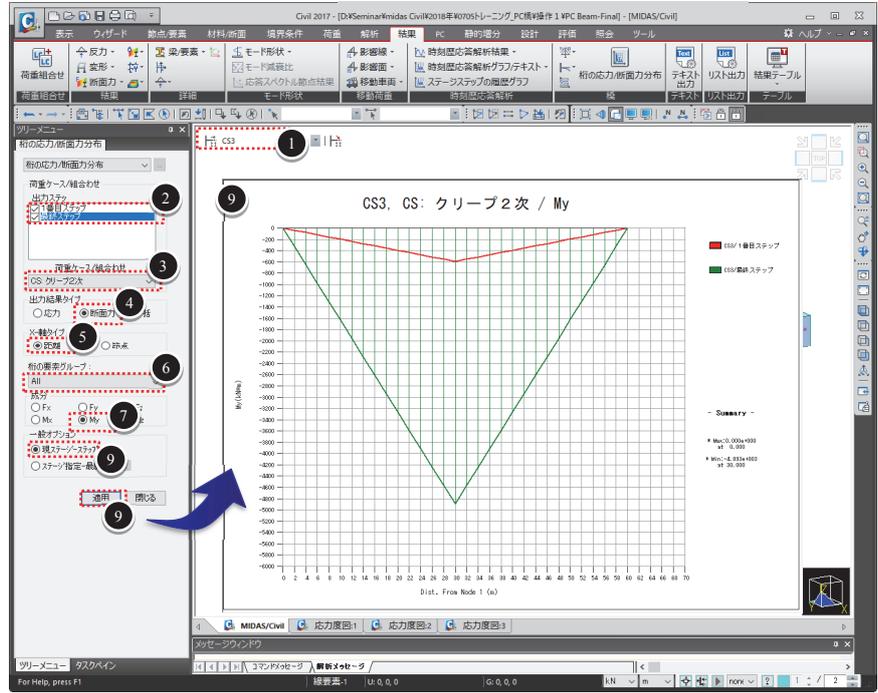


23 桁の応力度と部材力の確認-3

クリープによって発生したモーメントをグラフで確認します。

- ### 手順
- 1 ステージツールバー：“CS3”
 - 2 出力ステップ
：“1番目ステップ、最終ステップ”
 - 3 荷重ケース/組み合わせ：“CS:クリープ2次”
 - 4 出力結果タイプ：“断面力”
 - 5 X-軸タイプ：“距離”
 - 6 桁の要素グループ：“All”
 - 7 成分：“My”
 - 8 生成オプション：“現ステージ-ステップ”
 - 9 【適用】 ボタンをクリック

● クリープと乾燥収縮によるモーメントは1次力と2次力に区分され出力されます。
クリープ係数と乾燥収縮ひずみによって構造物に変形する際、この変形を誘発させる力が1次力です。構造物が不静定だと、クリープと乾燥収縮変形を拘束することで不静定力(2次応力)が発生しますが、この力を2次力と言います。



24 桁の応力度と部材力の確認-4

ステージ・ステップの履歴グラフを利用して負モーメント部分と正モーメント部分の施工段階別の応力変化をグラフで確認します。

- ### 手順
- 1 メインメニュー【結果】>【時刻歴応答解析】>【ステージステップの履歴グラフ】
 - 2 ステージツールバー：“CS3”
 - 3 関数定義：
“梁要素の断面力/応力度”
 - 4 【新規に関数を追加】、
図を参照して入力。【OK】
 - 5 【新規に関数を追加】、
図を参照して入力。【OK】
 - 6 モード：“項目別”
 - 7 ステップオプション：“全てのステップ”
 - 8 X-軸：“ステージ/ステップ”
 - 9 出力荷重ケースの選択：全てチェック
 - 10 荷重ケース/組み合わせ：“合計”
 - 11 グラフタイトル：“合計”
 - 12 【グラフ】 ボタンをクリック

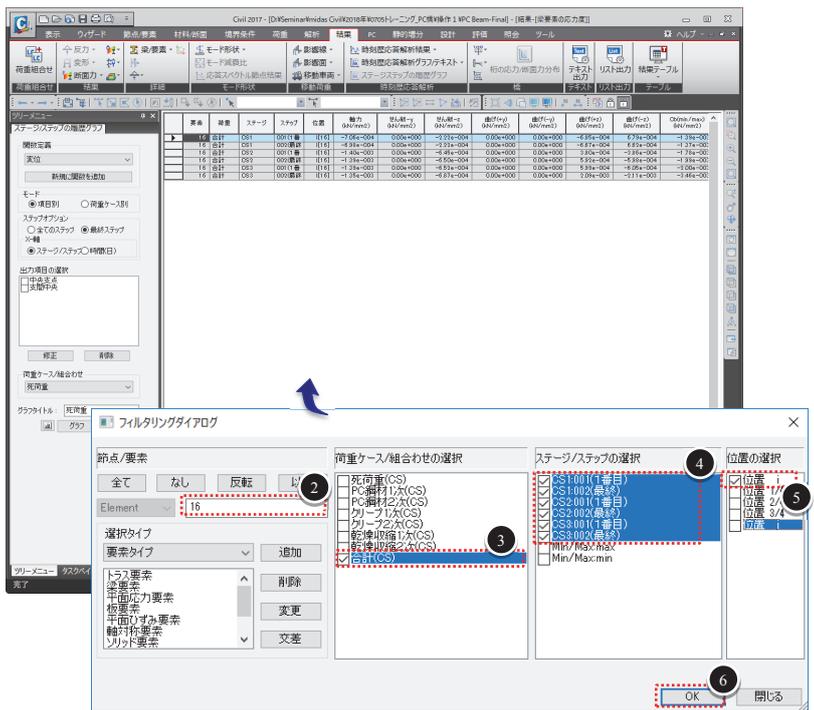


*1 “曲げ(-)”は断面z軸の下端における曲げ応力で、“曲げ(+)”は断面z軸の上端における曲げ応力を意味します。

25 テーブルを用いた応力度の確認*1

テーブルを用いて施工段階別応力度の変化を確認します。

- 手順**
- ① メインメニュー[結果] > [テーブル]
> [結果テーブル] > [梁要素] > [応力度]
 - ② Element : "16"
 - ③ 荷重ケース/組合せ : "合計(CS)"
 - ④ ステージ/ステップの選択 :
"CS1:001(1番目)" ~
"CS3:002(最終)"_オン
 - ⑤ 位置の選択 : "位置i"
 - ⑥ [OK] ボタンクリック

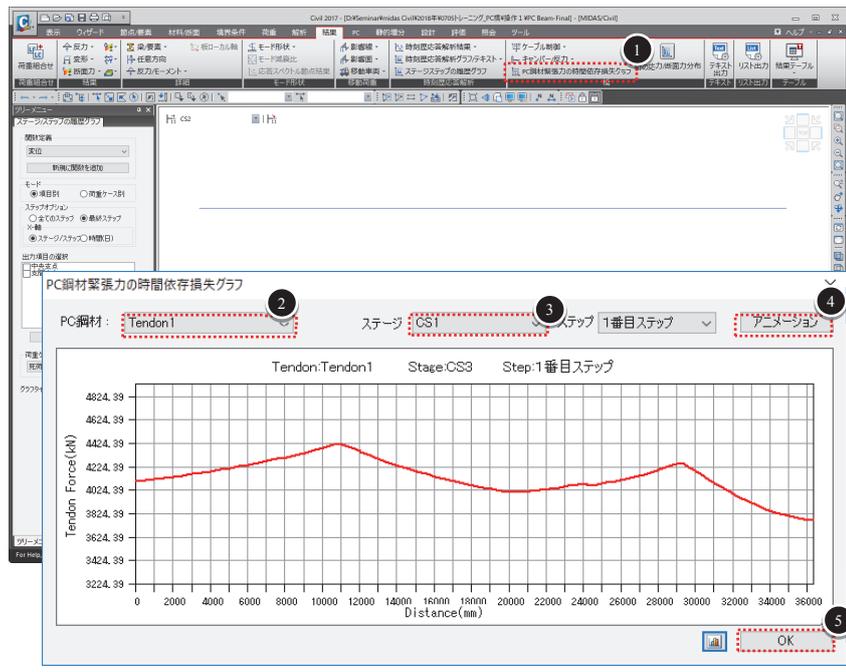


*1 施工段階解析結果をテーブルで確認する際にフィルタリングダイアログを用いて応力度を確認する要素、荷重ケース、施工段階、応力の出力位置などを指定することができます。
*2 Shiftキーを押したままCS1とCS3を選択するとCS1とCS3間の全ての施工段階が選択できます。

26 プレストレス損失の確認

プレストレスの損失による施工段階別の張力変化を確認します。*1

- 手順**
- ① メインメニュー[結果] > [橋]
> [PC鋼材緊張力の時間依存損失グラフ]
 - ② PC鋼材 : "PSTG1-P2-13"
 - ③ ステージ : "CS8"
 - ④ [アニメーション] ボタンクリック
 - ⑤ [OK] ボタンクリック



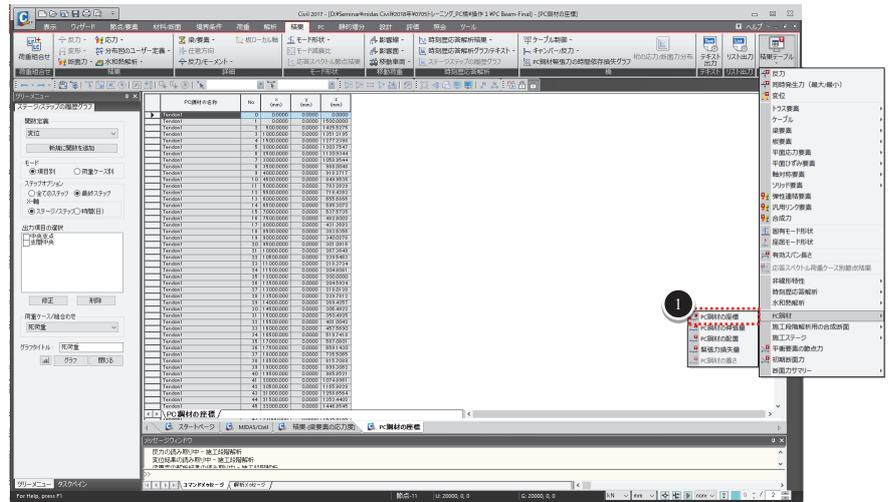
*1 PC鋼材緊張力の時間依存損失グラフウィンドウでは現在ステージに含まれているPC鋼材のみが確認できるため、張力の変化を確認したいPC鋼材を含んでいる施工段階を選択した後、PC鋼材緊張力の時間依存損失グラフメニューを選択しなければなりません。PC鋼材の施工段階別張力の変化は[アニメーション]をクリックして動画で確認することができます。

27 PC鋼材の座標確認

解析で使用された最終的なPC鋼材の配置を確認します。
midas Civilでは要素の4等分点において、PC鋼材座標をテーブルで確認することができます。

手順

- ① メインメニュー-[結果] > [テーブル]
 - > [結果テーブル▼]
 - > [PC鋼材▶] > [PC鋼材の座標]



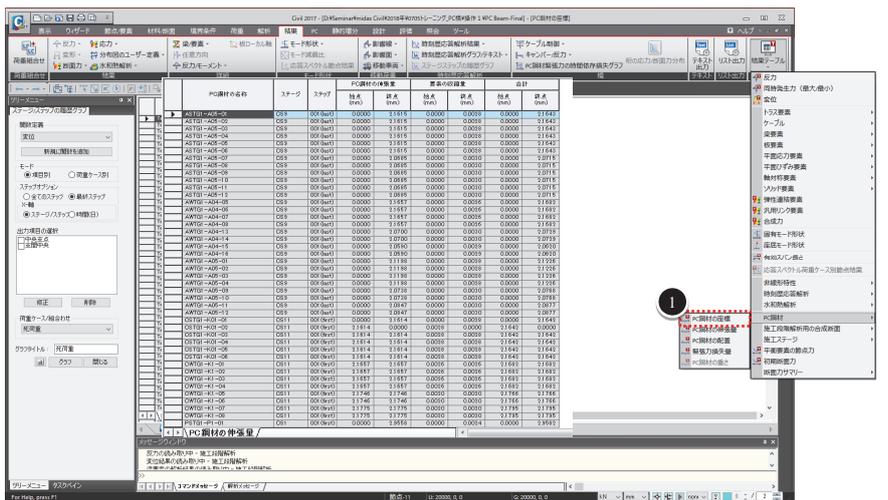
*1 No=0は、PC鋼材の配置始点で、全体座標系の座標で出力
 X：PC鋼材の配置点のx座標、開始点(No=0)からの距離
 Y：PC鋼材の配置点のy座標、要素中心線を基準とした要素座標系y軸の距離
 Z：PC鋼材の配置点のz座標、要素中心線を基準とした要素座標系z軸の距離

28 PC鋼材の伸長量の確認

PC鋼材の伸長量をテーブルで確認します。

手順

- ① メインメニュー-[結果] > [テーブル]
 - > [結果テーブル▼]
 - > [PC鋼材▶] > [PC鋼材の伸長量]

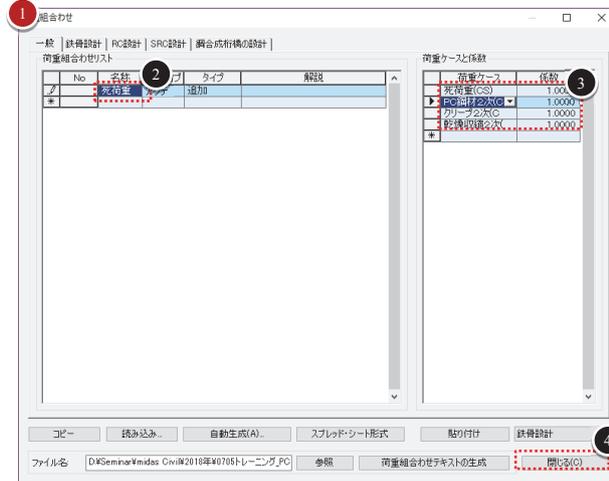


29 組合せ荷重による断面力の確認-1

手順

- 1 メインメニュー[結果] > [荷重組合せ] > [荷重組合せ] *1
- 2 名称：“死荷重”
荷重ケースと係数の入力ボックス
- 3 荷重ケース：死荷重(係数:1.0)
荷重ケース：PC鋼材2次 (1.0)
荷重ケース：クリープ2次 (1.0)
荷重ケース：乾燥収縮2次 (1.0)
- 4 [閉じる] ボタンクリック

● 施工が完了した後、活荷重、温度変化、支点沈下などの荷重によって発生する断面力と死荷重によって発生する断面力について、それぞれ組み合わせた荷重について断面力を確認します。施工段階荷重以外の荷重の組合せで定義された荷重は施工段階解析の最終ステージの結果と組み合わせます。本例題では施工段階荷重以外の荷重を入力しないために施工段階荷重に対する係数荷重組合せを定義して断面力を確認してみます。先に荷重の組合せを定義します。



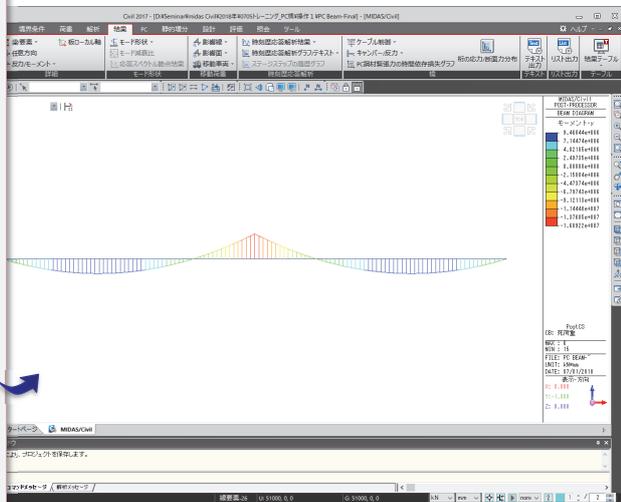
*1 荷重組合せの定義と削除はベースモード、またはPostCSでのみ可能で、ここではPostCSを選択します。

30 組合せ荷重による断面力の確認-2

係数荷重組合せによる曲げモーメントを確認します。

手順

- 1 メインメニュー[結果] > [結果] > [断面力] < [梁要素の断面力図]
- 2 荷重ケース/組合せ：“CB：死荷重”
- 3 断面力の成分：“My”
ディスプレイオプション：“5点”、“線塗りつぶし”
倍率：“1.0”
- 4 表示形式：“等高線図”、“凡例”
- 5 [閉じる] ボタンクリック



体験操作-2

概要

- 解析モデル
 - 線形梁
 - (コンクリートのクリープ&乾燥収縮考慮)
- 荷重及び境界条件
 - 荷重条件
 - ① 施工荷重
 - 自重、PCケーブルの張力
 - ② 完成時の2次死荷重
 - 境界条件
 - ① 橋台：水平ローラー
 - ② 橋脚：固定
- 結果評価
 - 施工段階別の部材結果
 - (上部工の応力・断面力)
 - PC鋼材の張力損失量、断面力
 - 施工セグメントの上越し量

PC橋の張出架設工事 における施工検討

Type 2

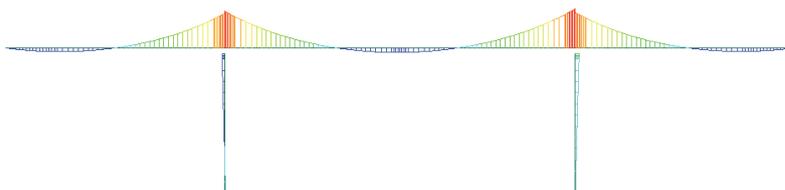
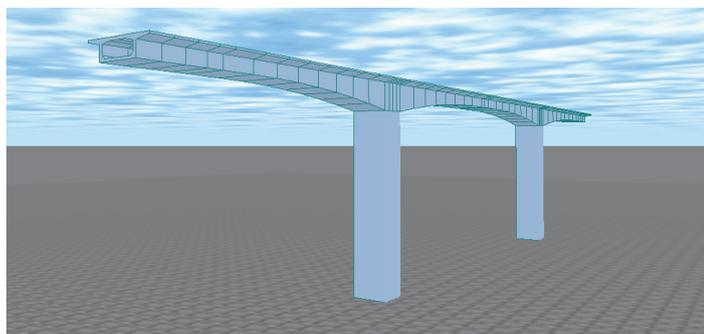


図1

00 モデルの基本情報

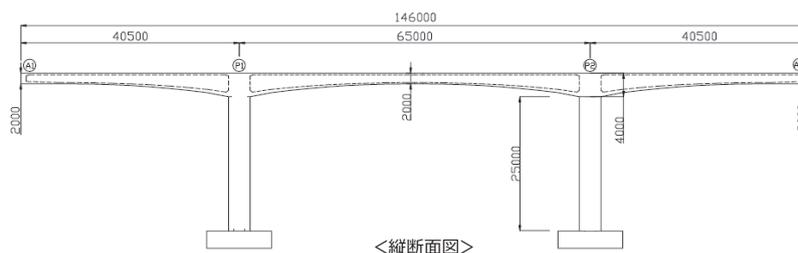
概要

●PC箱桁橋の代表的な施工工法には、押出架設工法、張出架設工法、支保工工法があります。張出架設工法とは、橋脚(橋台)から支間中央に向かって、橋体をブロックごとに継ぎ出し、張出し架設していく工法です。桁下の作業や大規模な支柱の設置が必要ないため、桁下空間の活用や既設の河川と道路の機能を妨げることなく空間を最大限に利用することができる長所があり、高橋脚、長支間の橋梁の施工に多く使用されています。



<解析モデル>

諸元	橋梁形式	3径間連続のPC箱桁橋(張出架設)
	橋梁全長	$L = 40.5\text{ m} + 65\text{ m} + 40.5\text{ m} = 146.0\text{ m}$
	橋梁幅員	$B = 8\text{ m}$ (2車線)
	支角	90° (直角)

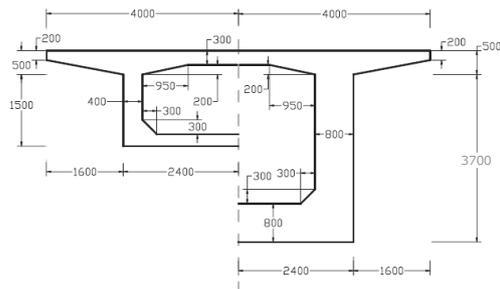


<縦断面図>

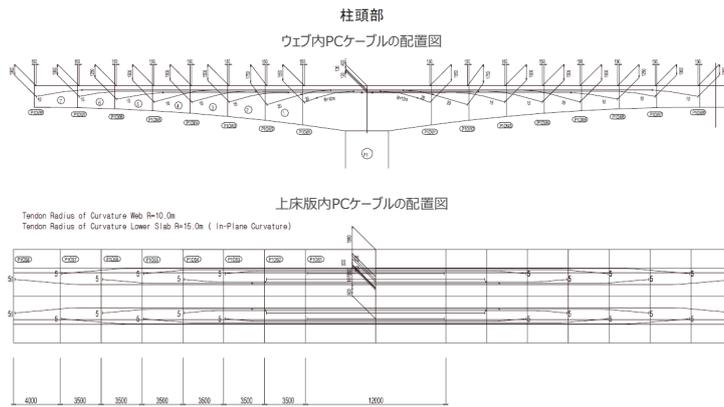
00 モデルの基本情報

概要

●張出架設工法で施工されるPC箱桁は施工段階ごとに構造系が変わるため、施工段階別に解析を行い、断面を検討しなければなりません。また、コンクリートの時間依存性特性、PCケーブルのリラクゼーションなどを正確に考慮するために各々の施工段階解析には前段階で累積された解析結果が必要になります。



<標準断面図>

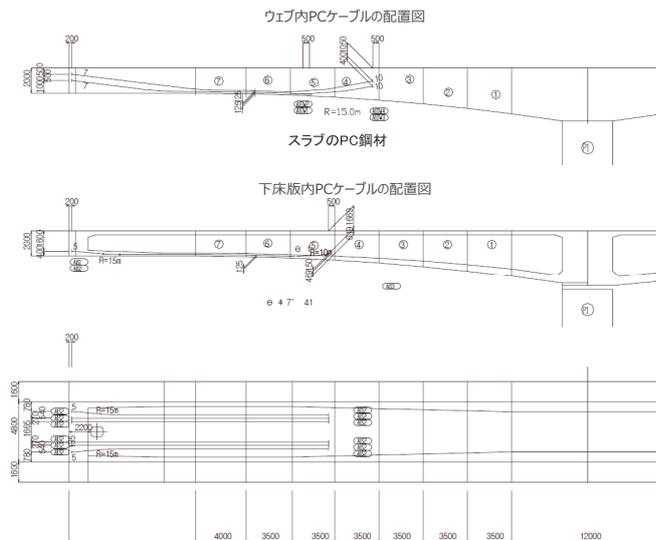


<柱頭部のPCケーブルの縦方向配置>

00 モデルの基本情報

概要

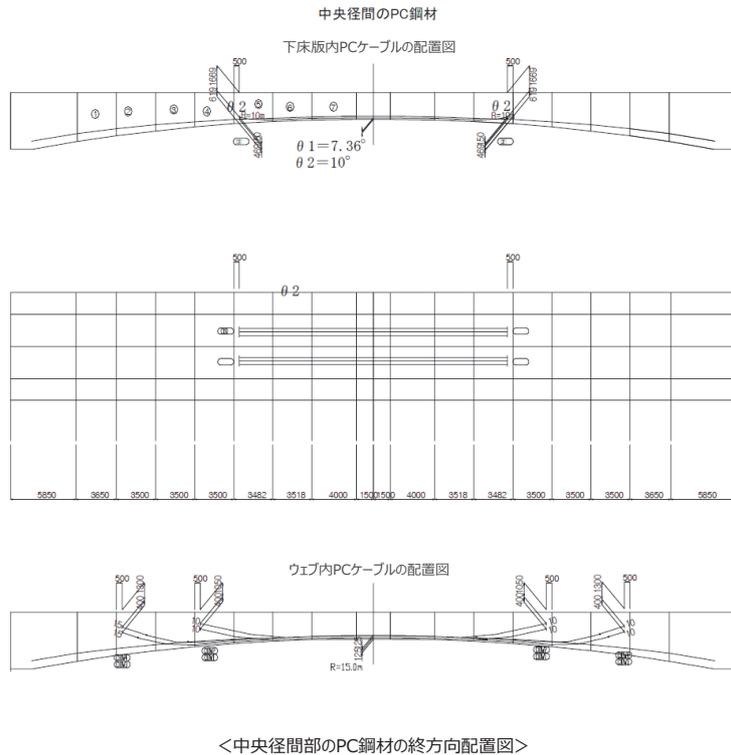
●このチュートリアルではmidas Civilの張出架設工法ウィザード(タイプ2)機能を用いて張出架設工法で施工される橋梁の施工段階解析を行う過程について説明し、施工段階ごとの応力、プレストレス損失、たわみを確認します。
対象の橋梁は場所打ちの張出架設工法で施工される橋梁です。



<側径間部のPC鋼材の終方向配置図 >

00 モデルの基本情報

概要



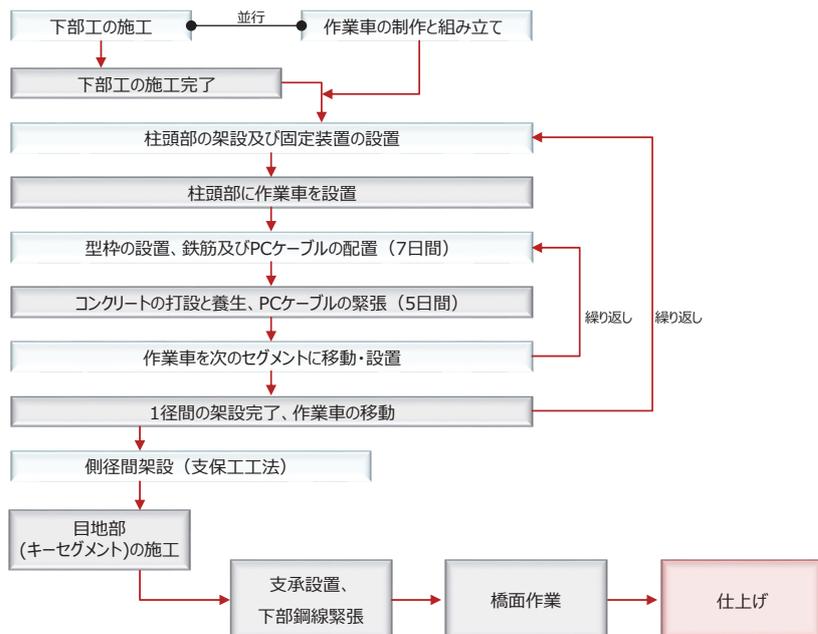
00 モデルの基本情報

概要

●張出架設の施工段階解析は右図に示す施工順序を正確に考慮して行わなければなりません。midas Civilの施工段階解析で各施工段階は、要素グループ、境界グループ、荷重グループのアクティブと非アクティブで定義します。midas Civilを用いて張出架設橋梁の施工段階解析を行う過程は以下の通りです。*2

1. 材料及び断面の定義
2. 構造モデリング
3. 要素グループの定義と構成
4. 境界グループの定義と構成
5. 荷重グループの定義
6. 荷重入力
7. PC鋼材の配置
8. プレストレス入力
9. 時間依存性材料特性の定義/連結
10. 解析
11. 結果確認

◆ 張出架設工法による一般的な施工手順*1

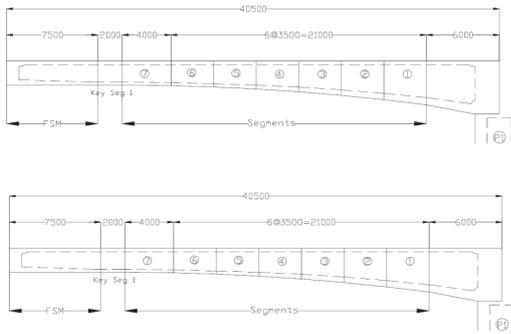


*1 この張出架設橋梁は3径間で、作業車4台を使用するためトラベラーは移動しません。

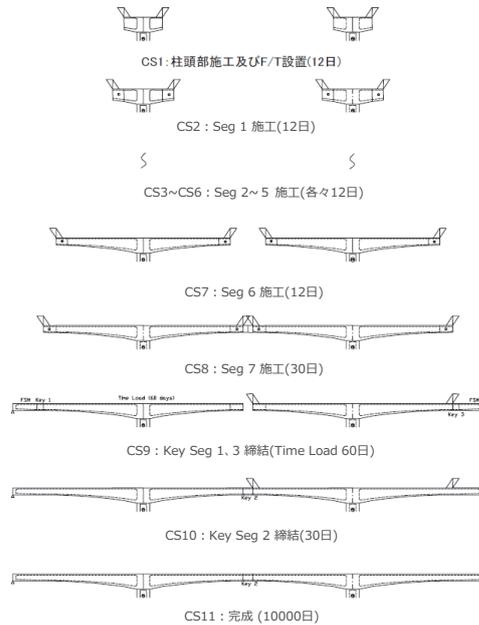
*2 張出架設ウィザードでは上記の手順の2～8を自動的に行います。手動で施工段階を定義することも可能ですが、本チュートリアルでは張出架設工法ウィザードを用いて施工段階解析を行う方法について説明します。

張出架設工法の施工順序

- 張出架設橋をmidas Civilの張出架設工法ウィザード機能を用いてモデリングします。張出架設工法ウィザードはモデル、断面、PC鋼材の3つのタブで構成されています。断面とPC鋼材の入力方法にはタイプIとタイプIIの2種類があります。ここではタイプIIの方法を用いて断面とPC鋼材を入力します。



<セグメント分割図(P1部分はP1部分と対称)>



<セグメントの架設順序図>

2. 張出架設工法ウィザードを用いたモデリング 71

モデルの基本情報

◆ 使用材料及び許容応力度

◇ 上部コンクリート

設計規準強度	$f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
弾性係数	$E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
許容応力	圧縮: 15.0 N/mm^2 (設計荷重時)
	引張: 1.5 N/mm^2 (設計荷重時)

◇ 下部コンクリート

設計規準強度	$f_{ck} = 27 \text{ N/mm}^2$
弾性係数	$E_c = 2.65 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

◇ PC鋼より線 ($\phi 12.4\text{mm}$)

降伏強度	$\sigma_{py} = 1600 \text{ N/mm}^2$
引張強度	$\sigma_{pu} = 1850 \text{ N/mm}^2$
断面積	$A_p = 1184.52 \text{ mm}^2$
弾性係数	$E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
導入緊張力	$1295 \text{ N/mm}^2 (0.7 \times \sigma_{pu})$
セットロス	$\Delta_s = 12 \text{ mm}$
摩擦損失係数	$\mu = 0.30 / \text{rad}$
	$k = 0.004 / \text{m}$

モデルの基本情報

◆ 荷重

◇ 固定荷重 (自重)

自重 | プログラムで「自重」を入力
 2次死荷重 | $w = 30 \text{ N/mm}$

◇ プレストレス

緊張材 ($\phi 12.7\text{mm} \times 12(\phi 0.5'' - 12)$)
 断面積 | $A_p = 1184.52 \text{ mm}^2$
 シース径 | 68 mm
 緊張力 | 引張強度の70%の緊張力を導入
 $f_{pj} = 0.70 f_{pu} = 1295 \text{ N/mm}^2$

定着直後の損失 (プログラムで自動計算)

摩擦損失 | $P_{(x)} = P_0 \cdot e^{-\mu(\alpha+kL)}$
 $\mu = 0.30, k = 0.004/m$

セットロス | $\Delta l_c = 12 \text{ mm}$

弾性収縮による損失: 損失量、 $\Delta P_E = \Delta f_p \cdot A_{sp}$

総損失 (プログラムで計算)

リラクゼーション
 クリープと乾燥収縮による損失

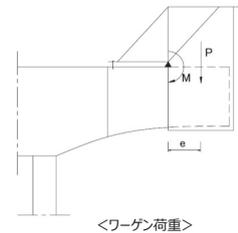
◇ クリープと乾燥収縮

条件
 セメント | 普通セメント
 初期載荷時のコンクリートの材齢 | $t_0 = 5$ 日
 乾燥収縮の開始時の材齢 | $t_s = 3$ 日
 相対湿度 | $RH = 70\%$
 外気または養生温度 | $T = 20^\circ\text{C}$
 適用仕様書 | 道路橋示方書
 クリープ係数 | プログラムで計算
 コンクリートの乾燥収縮ひずみ | プログラムで自動計算

◇ 移動作業車の荷重

作業車の自重を次のように仮定して適用

$P = 850 \text{ kN}$
 $e = 1 \text{ m}$
 $M = P \times e = 850 \text{ kNm}$



01 「モデル」タブの入力-1

張出架設工法ワイザードのタブで橋梁の材料、諸元、セグメント分割(14p参照)、柱頭部の大きさ、橋脚形式、橋脚の長さなど橋梁モデルに必要な諸元と一つのセグメントに所要される期間(12日*)を入力します。

手順

- 1 ファイル> [開く]
- 2 同フォルダの「材料&断面.mcb」を選択
- 3 [OK]ボタンをクリック
- 4 メインメニュー-[ワイザード] > [モデルワイザード] > [張出架設工法]
- 5 架設モデルデータのタイプ: 「タイプ2」
- 6 [モデル]タブ
- 7 主桁材料: 「1: Fc40」
橋脚材料: 「2: Fc27」
橋脚の数: 「2」
- 8 橋脚断面: 「3: 橋脚」
ステージ期間: 「12」日
工法: 「現場打ち」
- 9 柱頭部/接合部/橋脚/FSM/ゾーン
1/ゾーン2を図を参照し入力

*1 例題の橋梁では型枠及び鉄筋配置、シース管の設置に所要される期間を7日、コンクリートの養生期間を5日とし、一つのセグメントの施工に所要される期間を12日と仮定します。
 *2 距離を入力すると柱の中心で入力された距離ほど離れたTwin Columnのモデリングが可能です。
 *3 支保工施工区間の要素はPC鋼材の定着を考慮し、適切な大きさに分割します。

02 「モデル」タブの入力-2

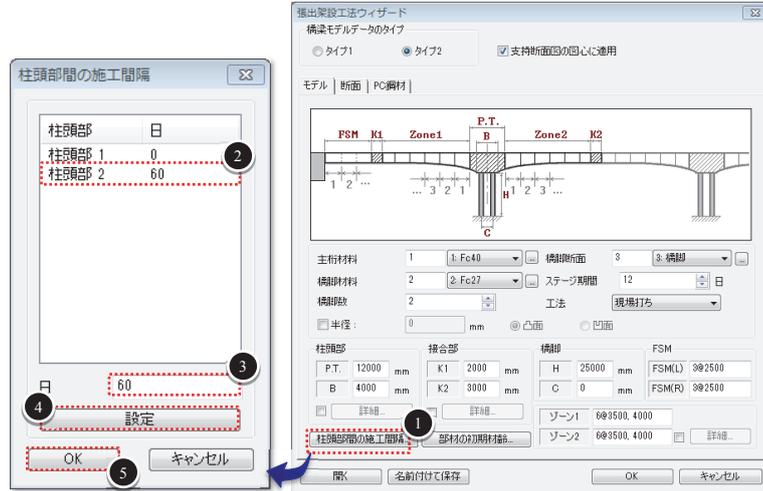
柱頭部の施工時期の差を入力します。

手順

- 1 [柱頭部間の施工間隔...]をクリック
- 2 “柱頭部2”を選択
- 3 日：“60”
- 4 [設定]をクリック
- 5 [OK] ボタンをクリック

● 張出架設の施工期間は橋脚の数と投入される架設作業車の数によって決定されます。各橋脚の張出ブロックは異なる時期に施工されるため、キーセグメント（目地）の施工時に両側の張出ブロックの材齢は異なります。両側張出ブロックの材齢に差があるため、同一な施工段階によって施工された張出ブロックに発生するコンクリートのクリープと乾燥収縮、そして、両側PC鋼材のプレストレスの損失量も異なることになります。即ち、キーセグメント施工時に両側の断面応力とたわみが異なる状態であるため、施工段階解析ではこのような状況を考慮しなければなりません。

● midas Civilでは先に施工された要素に対して時間の経過を考慮する場合、施工ステージ用の時間荷重*1機能を使います。本例題では1番目の橋脚のセグメントが施工されてから60日経って2番目の橋脚のセグメントが施工されると仮定するために、この時間差を設定します。



*1 施工ステージ用の時間荷重の使用法に関する詳細は“一般機能を用いた張出架設工法施工段階解析”チュートリアル又はオンラインマニュアルの“Civilの機能>荷重>施工ステージ用の時間荷重”を参照してください。

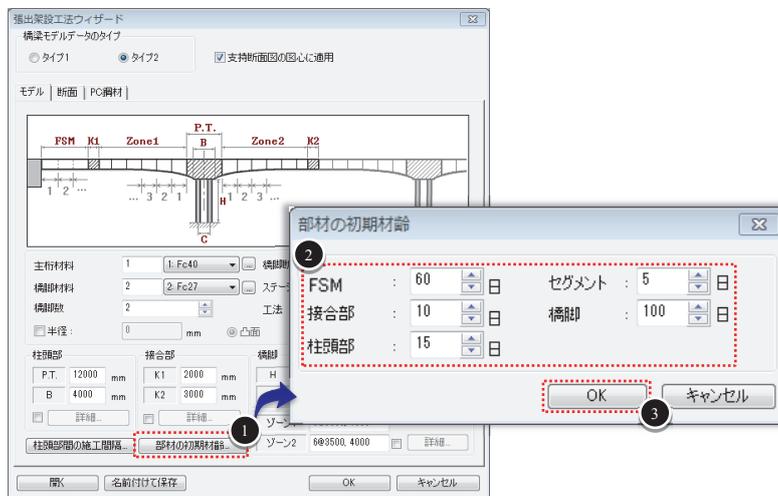
03 「モデル」タブの入力-3

部材の初期材齢を設定します。

手順

- 1 [部材の初期材齢...]をクリック
- 2 FSM：“60”
接合部：“10”
柱頭部：“15”
セグメント：“5”
橋脚：“100”
- 3 [OK] ボタンをクリック

● コンクリートは時間の経過により強度とクリープ及び乾燥収縮係数に変化する時間依存性特性をもつ材料です。コンクリートの時間依存性材料の特性を適切に反映するためには該当コンクリートのクリープ&乾燥収縮特性と、該当の施工段階におけるコンクリートの初期材齢情報が必要です。初期材齢はコンクリートの養生期間のことで、コンクリートを打設してから型枠を外す期間を意味します。初期材齢を用いたコンクリートの弾性係数、クリープ係数、乾燥収縮係数は自動的に計算されます。部材別の初期材齢は施工工程表の施工期間の型枠と鉄筋配置などに掛かる時間を差引いて、次のように入力します。*1



*1 固まっていないコンクリートの自重を施工段階に考慮するセグメントとキーセグメントの初期材齢は一つのセグメントの施工期間より短く入力しなければなりません。(詳細は“プレストレスコンクリート箱桁断面諸元入力”部分を参照してください。)

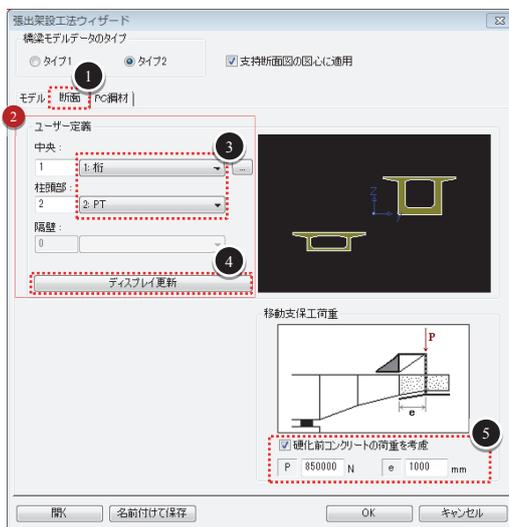
04 「断面」タブの入力

PC箱型断面の部材諸元を入力します。

手順

- 1 “断面”タブをクリック
- 2 ユーザー定義
- 3 中央 : “1:桁”
柱頭部 : “2:PT”
- 4 [ディスプレイ更新]でモデル確認
- 5 硬化前コンクリートの荷重を考慮 オン
p : “850000”
e : “1000”

● タイプIIの断面入力では“材料 & 断面”で定義したスパン中央部と支点部の断面を使用します。架設作業車の荷重は型枠を含んだ重量で入力し、偏心距離を入力すると鉛直力と曲げモーメントとして計算されて載荷されます。“硬化前コンクリートの荷重を考慮”を選択すると、各施工ステージにおいて、モデルタブで入力したステージ期間からセグメントの初期材齢を引いた日に固まっていないコンクリートの自重が自動載荷されます。このように施工ステージにおいて、構造系が変わらない状態でフレッシュコンクリートの自重を時間差で載荷する場合は、別途施工段階を構成せずに追加ステップを追加して載荷します。*1



*1 追加ステップに対する詳細はオンラインマニュアルの“Civilの機能>荷重>施工段階解析データ>施工ステージの設定”を参照してください。

05 「PC鋼材」タブの入力

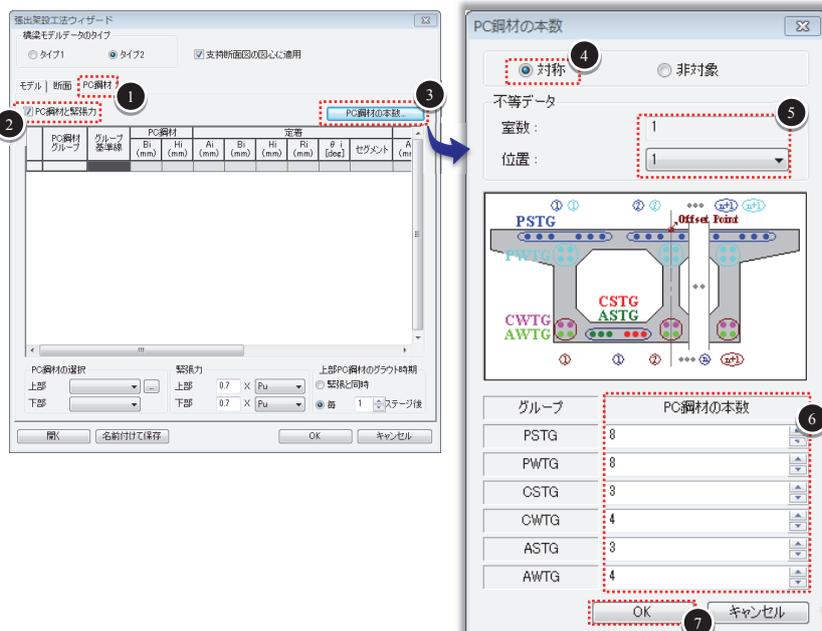
PC鋼材の橋軸方向の位置はPC鋼材グループとPC鋼材の定着部のセグメントによって決まり、橋軸直角方向の位置と定着具の位置、曲率は直接入力します。

手順

- 1 “PC鋼材”タブをクリック
- 2 “PC鋼材と緊張力”_チェック*1
- 3 [PC鋼材の本数]_クリック
- 4 “対称”_選択
- 5 不等データ
室数 : “1” ; 位置 : “1”
- 6 PC鋼材の本数
PSTG : 8 ; PWTG : 8
CSTG : 3 ; CWTG : 4
ASTG : 3 ; AWTG : 4
- 7 [OK] ボタンをクリック

● タイプIIではPC鋼材の橋軸方向/橋軸直角方向の位置に対してPC鋼材を6つのグループに区分して、各グループに属するPC鋼材の本数を入力します。各グループのPC鋼材の位置は右表の通りです。

PSTG	柱頭部の上床版内のPC鋼材	CWTG	支間中央部のウェブ内のPC鋼材
PWTG	柱頭部のウェブ内のPC鋼材	ASTG	側径間部の下床版内のPC鋼材
CSTG	支間中央部下床版内のPC鋼材	AWTG	側径間部のウェブ内のPC鋼材



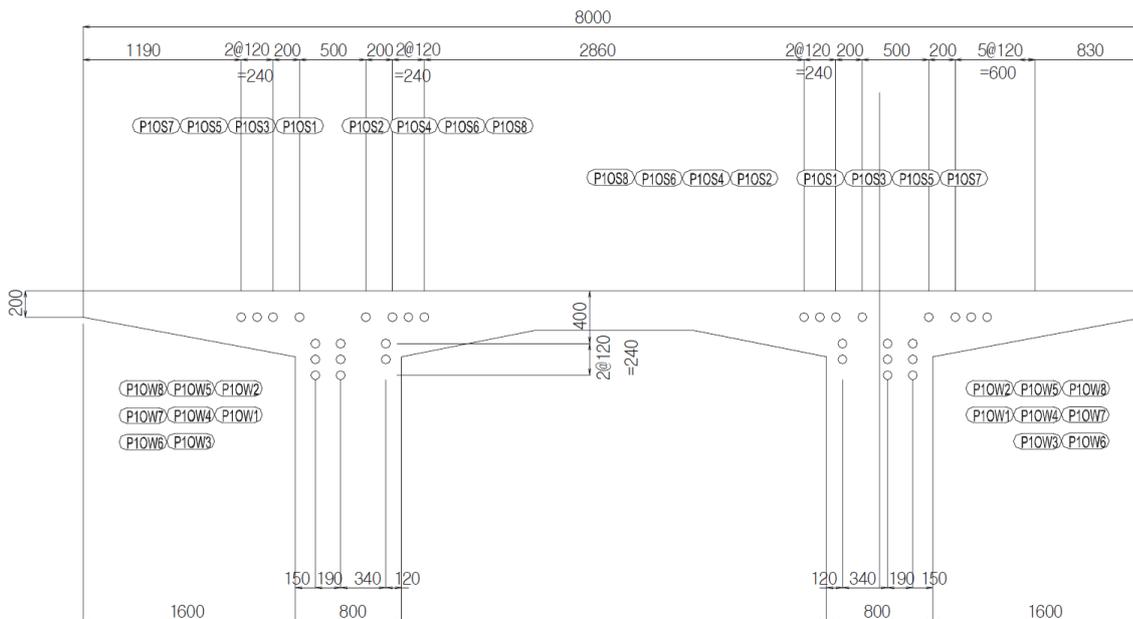
*1 PC鋼材と緊張力を選択しなくてもPC鋼材の配置形状を用いてPC鋼材情報を入力することができます。

06 「PC鋼材」タブの入力

- [PC鋼材の本数]の入力で生成されたPC鋼材の配置テーブルに次頁のPC鋼材の配置図を参照して、各PCグループ内のPC鋼線の位置を入力します。定着具は定着されるセグメントの名称とセグメント内の縦方向と横方向の位置を入力して指定します。PC鋼材が曲線の場合は定着部での曲率半径と角度を入力します。
- Excelシートを用いて数値を入力した後にコピー&ペーストを利用してPC鋼材データを簡単に入力します。このように入力されたPC鋼材と定着具の位置は別途のPC鋼材ウィンドウに表示され、中央径間部と柱頭部の断面内のPC鋼材と定着具の位置が確認できます。(サンプルのEXCELシートが本チュートリアルが入っているフォルダに有ります)

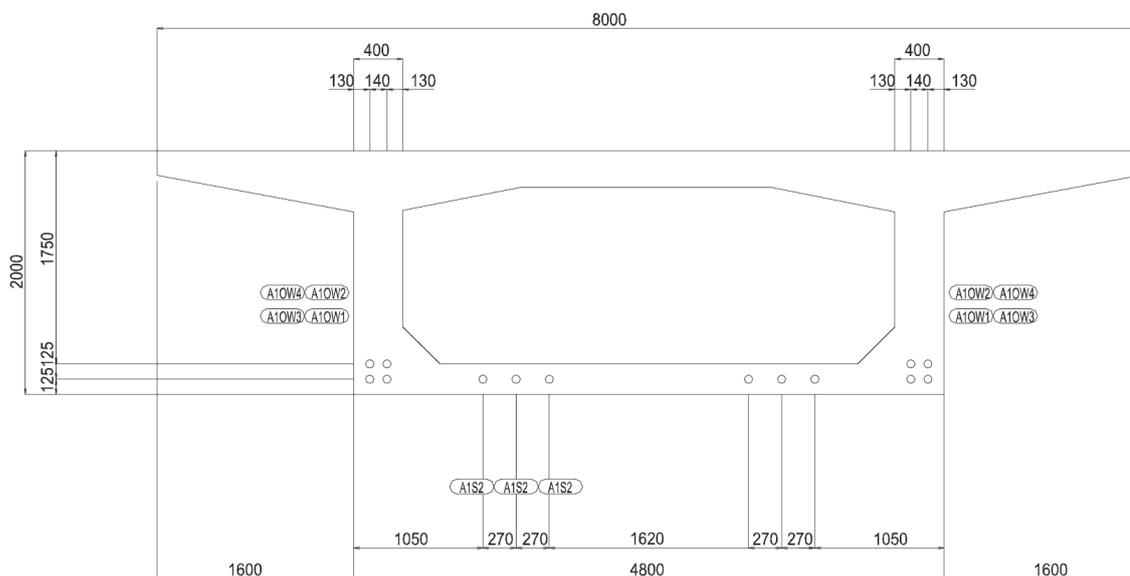
The image shows an Excel spreadsheet with columns for PC steel group, group name, PC steel type, and various dimensions. A dialog box titled '橋梁建設エディタウィザード' (Bridge Construction Wizard) is open, showing a table for PC steel input with columns for group name, group number, PC steel type, and various dimensions. The dialog box also has buttons for 'OK' and 'キャンセル' (Cancel).

06 「PC鋼材」タブの入力



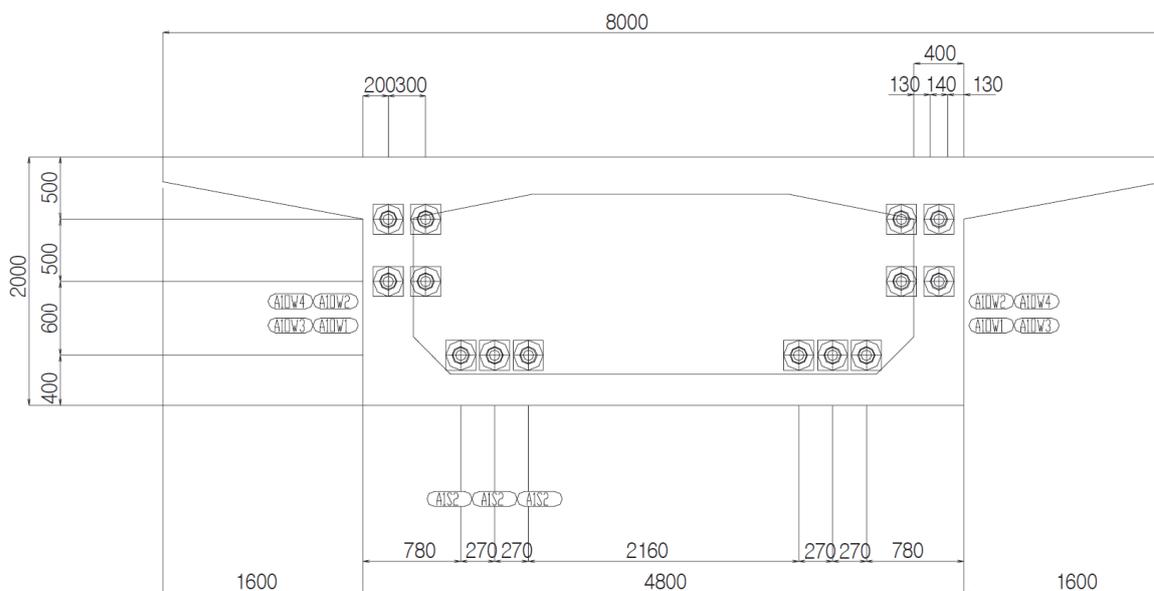
PC鋼線の横方向の配置図(柱頭部)

06 「PC鋼材」タブの入力



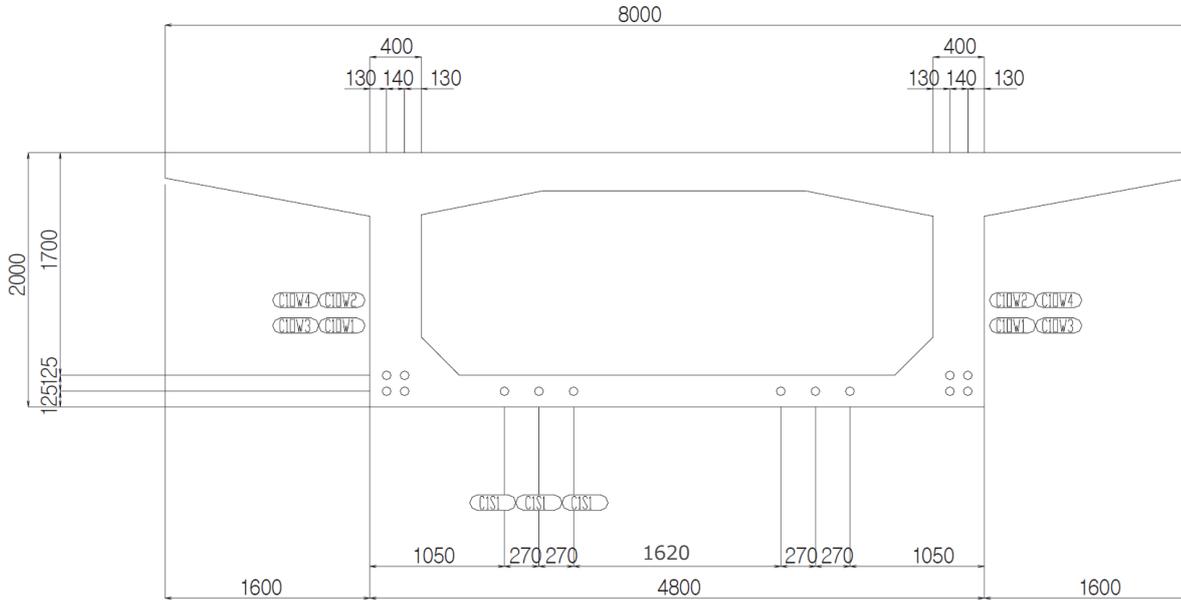
PC鋼線の横方向の配置図(側径間部)

06 「PC鋼材」タブの入力



PC鋼線の横方向の配置図(側径間部のPC定着部)

06 「PC鋼材」タブの入力



PC鋼線の横方向の配置図(中央径間部)

06 「PC鋼材」タブの入力

PC鋼材グループ	グループ基準値	PC鋼材		定着					セグメント	固定支保工工法定着部					セグメント
		Bi	Hi	Ai	Bi	Hi	Ri	θi		Ai	Bi	Hi	Ri	θi	
PSTG1	1430	940	200	150	940	200	15000	5	柱頭部	0	0	0	0	0	0
PSTG1	1430	440	200	150	440	200	15000	5	Seg1	0	0	0	0	0	0
PSTG1	1430	1140	200	150	940	200	15000	5	Seg2	0	0	0	0	0	0
PSTG1	1430	240	200	150	440	200	15000	5	Seg3	0	0	0	0	0	0
PSTG1	1430	1260	200	150	940	200	15000	5	Seg4	0	0	0	0	0	0
PSTG1	1430	120	200	150	440	200	15000	5	Seg5	0	0	0	0	0	0
PSTG1	1430	1380	200	150	940	200	15000	5	Seg6	0	0	0	0	0	0
PSTG1	1430	0	200	150	440	200	15000	5	Seg7	0	0	0	0	0	0
PWTG1	1600	120	520	150	120	1550	10000	20	柱頭部	0	0	0	0	0	0
PWTG1	1600	120	400	150	120	1750	10000	20	Seg1	0	0	0	0	0	0
PWTG1	1600	460	640	150	460	1500	10000	15	Seg2	0	0	0	0	0	0
PWTG1	1600	460	520	150	460	1500	10000	15	Seg3	0	0	0	0	0	0
PWTG1	1600	460	400	150	460	1500	10000	15	Seg4	0	0	0	0	0	0
PWTG1	1600	650	640	150	650	1250	10000	10	Seg5	0	0	0	0	0	0
PWTG1	1600	650	520	150	650	1000	10000	10	Seg6	0	0	0	0	0	0
PWTG1	1600	650	400	150	650	1000	10000	10	Seg7	0	0	0	0	0	0
CSTG1	2400	-1050	125	500	-1050	619	10000	7.36	Seg5	0	0	0	0	0	0
CSTG1	2400	-1320	125	500	-1320	619	10000	7.36	Seg5	0	0	0	0	0	0
CSTG1	2400	-1590	125	500	-1590	619	10000	7.36	Seg5	0	0	0	0	0	0
CWTG1	2400	-270	125	500	-270	1100	15000	10	Seg4	0	0	0	0	0	0
CWTG1	2400	-270	250	500	-270	1500	15000	10	Seg4	0	0	0	0	0	0
CWTG1	2400	-130	125	500	-130	1510	15000	15	Seg2	0	0	0	0	0	0
CWTG1	2400	-130	250	500	-130	1910	15000	15	Seg2	0	0	0	0	0	0
ASTG1	2400	-1050	125	500	-1050	619	10000	7.41	Seg5	200	-780	400	15000	5	FSM-1
ASTG1	2400	-1320	125	500	-1320	619	10000	7.41	Seg5	200	-1050	400	15000	5	FSM-1
ASTG1	2400	-1590	125	500	-1590	619	10000	7.41	Seg5	200	-1320	400	15000	5	FSM-1
AWTG1	2400	-130	125	500	-130	1100	2000	10	Seg4	200	-200	1000	2000	7	FSM-1
AWTG1	2400	-130	250	500	-130	1500	2000	10	Seg4	200	-200	1500	2000	10	FSM-1
AWTG1	2400	-270	125	500	-270	125	0	10	Seg5	200	-500	1000	2000	7	FSM-1
AWTG1	2400	-270	250	500	-270	250	0	10	Seg5	200	-500	1500	2000	10	FSM-1

07 「PC鋼材」タブの入力

PC鋼材の特性を定義し、PC鋼材の緊張力を入力します。上下部PC鋼材損失の係数が異なる場合には上下部のPC鋼材を別々に定義することもできます。ここではPC鋼材の緊張力に引張強度の70%を入力します。

- ### 手順
- 1 PC鋼材の選択の をクリック
 - 2 **[追加]** をクリック
 - 3 を参照し各項目を入力
*PC鋼材の断面積では をクリックし、
PC鋼線の直径：**12.7B**
PC鋼線の本数：**12** と入力
シースの直径：**68**
リラクセーション係数：**CEB-FIP 1990**
と入力すると自動的に数値が入力できる。
 - 4 **[OK]** ボタンをクリック
 - 5 **[閉じる]** ボタンをクリック
 - 6 PC鋼材の選択
上部：**PC鋼材**
下部：**PC鋼材**
 - 7 緊張力
上部：“**0.7×Pu**”
下部：“**0.7×Pu**”
 - 8 上部PC鋼材のグラウト時期：
毎“**1**”ステージ後
 - 9 **[OK]** ボタンをクリック

PC鋼材グループ	グループ基準線	Bi (mm)	Hi (mm)	Ai (mm)	Bi (mm)
PSTG1	1430.000	940.00	200.00	150.00	940.00
PSTG1	1430.000	440.00	200.00	150.00	440.00
PSTG1	1430.000	1140.00	200.00	150.00	940.00
PSTG1	1430.000	240.00	200.00	150.00	940.00
PSTG1	1430.000	1260.00	200.00	150.00	940.00
PSTG1	1430.000	1200.00	200.00	150.00	440.00
PSTG1	1430.000	1380.00	200.00	150.00	440.00

08 「PC鋼材」タブの入力

張出架設工法ワイザードで作成したモデルを確認します。*1

- ### 手順
- 1 **ディスプレイ**で
 - 2 **[Misc]** タブ
 - 3 **PC鋼材の配置形状-調整点_オン**
 - 4 **[境界条件]** タブ
 - 5 **支持条件_オン**
弾性連結要素_オン
 - 6 **[OK]** ボタンをクリック
 - 7 **ズームフィット**、 **隠線除去表示**

*注 張出架設工法ワイザードでは構造物の支点条件として、橋梁の両端部はローラ、橋脚の支持端は固定、橋脚とPC箱桁の連結部は無制限剛性の弾性連結要素が自動的に設定されます。

入力データの修正及び追加データの入力

- 施工段階解析用に施工ステージを定義すると、ベースモードと施工ステージモードの2つの作業モードが選択できるようになります。

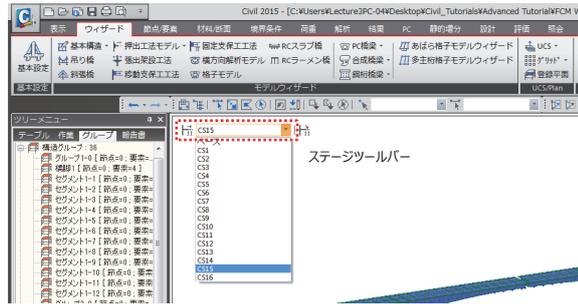
ベースモード

ベースモードには完成系のデータ、即ち、全てのモデルデータや荷重条件、境界条件が入っていて、全データの入力や修正ができます。

施工ステージモード

施工ステージモードには施工ステージで使用されるデータが入っていて、データが要素グループ、境界条件グループ、荷重グループで構成されています。該当の施工ステージで使用する境界グループや荷重グループに含まれているデータだけが修正や削除ができます。*1

- 張出架設工法ウィザードで自動定義された施工段階を確認します。施工段階の情報は**ステージツールバー**と**作業ツリー**を利用して確認できます。ステージツールバーでベースモード以外の施工段階を選択すると該当の施工段階でアクティブまたは非アクティブされる要素グループ、境界グループ、荷重グループを作業画面や作業ツリーから確認できます。従い、ステージツールバーの施工段階を順次選択すれば、施工段階の様子を作業画面から視覚的に確認することができます。



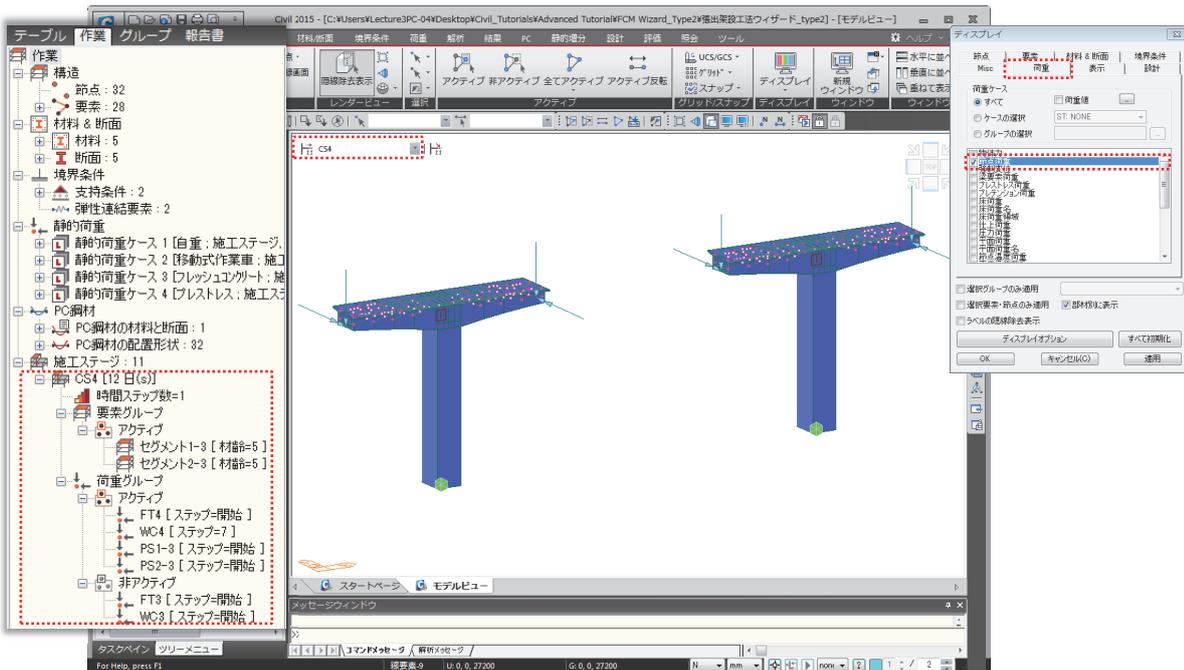
*1 施工ステージモードでは要素や節点の修正、削除ができません。アクティブされている境界条件と荷重条件以外のデータはベースモードでのみ修正と削除ができます。

入力データの修正及び追加データの入力

- ステージツールバーで各施工段階を選択し、構造系と載荷される荷重を確認します。

[デイスプレィ] > [荷重]タブ : 節点荷重_オン

ステージツールバーで施工段階を設定すると、ツリーメニューの[作業]タブ> 施工ステージで当該ステージの情報が確認できます。

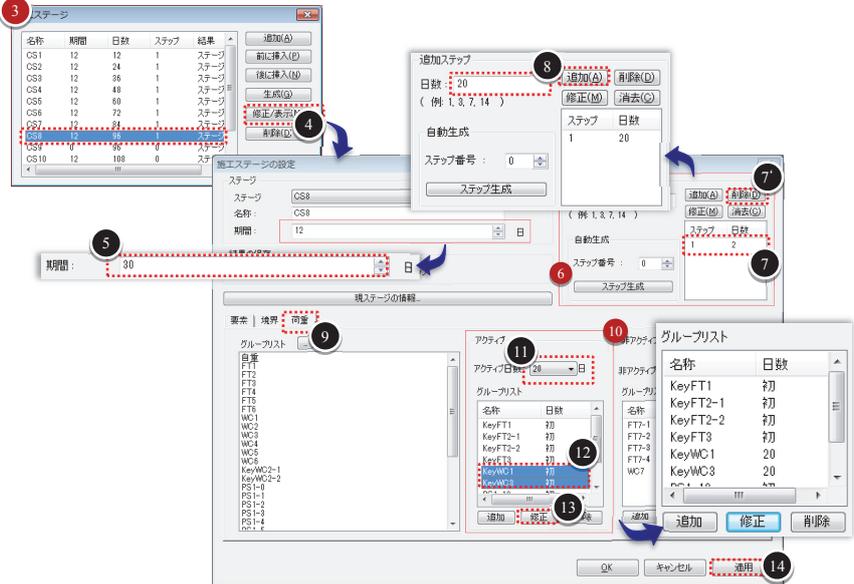


09 施工段階の修正-1

ステージツールバーで各施工段階を選択して構造系と載荷される荷重を確認します。

- 手順**
- 1 隠線除去表示_オフ
 - 2 ステージツールバー：“ベース”^{*1}
 - 3 メインメニュー[荷重] > [荷重タイプ：施工段階] > [施工段階解析データ] > [] 施工ステージの設定
 - 4 “CS8”_選択； [修正/表示] ◀
 - 5 期間：12 → “30”日
 - 6 追加ステップで、
 - 7 ステップ1 選択； [削除] ◀
 - 8 日数：“20”； [追加] ◀^{*2}
 - 9 [荷重]タブ
 - 10 アクティブ
 - 11 アクティブ日数：“20”
 - 12 グループリストの
“KeyWC1”、“KeyWC3”_選択
 - 13 [修正] ボタンクリック
 - 14 [適用] ボタンクリック

● 張出架設工法ウィザードでは一つのセグメントの施工日数を12日と入力しました。工程表によるとキーセグメントの施工に必要な時間は30日と計画されています。従って、セグメント7が活性化されてキーセグメントの施工を準備する期間は30-10(キーセグメントの初期材令)=20日になります。セグメント7が活性化される施工ステージの期間を30日に修正し、固まっているキーセグメントの自重(KeyWC1,3)が載荷される追加ステップを20日に指定します。



*1 施工段階の情報はベースモードでのみ修正が可能であるため、ベースモードに変更します。

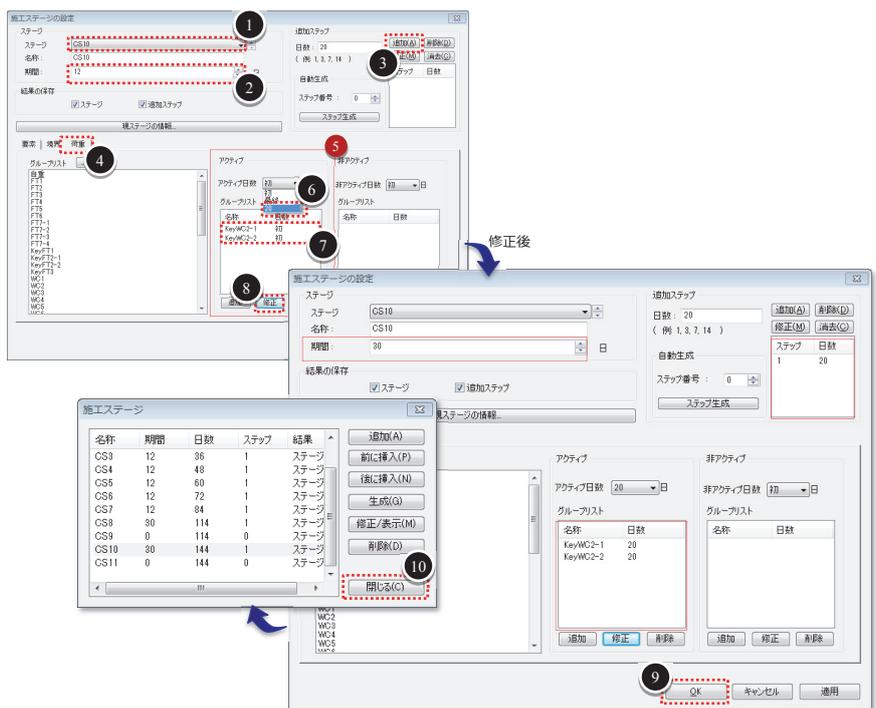
*2 CS13において、キーセグメントの施工準備期間及び養生期間を考慮した追加ステージを設定するために、CS13の所要期間を20日と10日の2つの段階に分離します。

追加ステージは施工準備が終了しキーセグメントのコンクリートが打設される時点である20日目に設定します。追加ステージは予め定義された施工段階を細分化することであるため施工総日数には影響を与えません。

10 施工段階の修正-2

- 手順**
- 1 ステージ：“CS10”
 - 2 期間：12 → “30”日
 - 3 日数：“20”を確認し、[追加] ◀
 - 4 [荷重]タブ
 - 5 アクティブ
 - 6 アクティブ日数：“20”
 - 7 グループリストの
“KeyWC-1”、“KeyWC-2”_選択
 - 8 [修正] ボタンクリック
 - 9 [OK] ボタンクリック
 - 10 [閉じる] ボタンクリック

● 施工段階8と同じ方法で施工段階10の内容も修正します。予定工程表によるとキーセグメント2の施工に所要される時間は30日と計画されていて、施工段階10のステージ期間を30日に修正します。

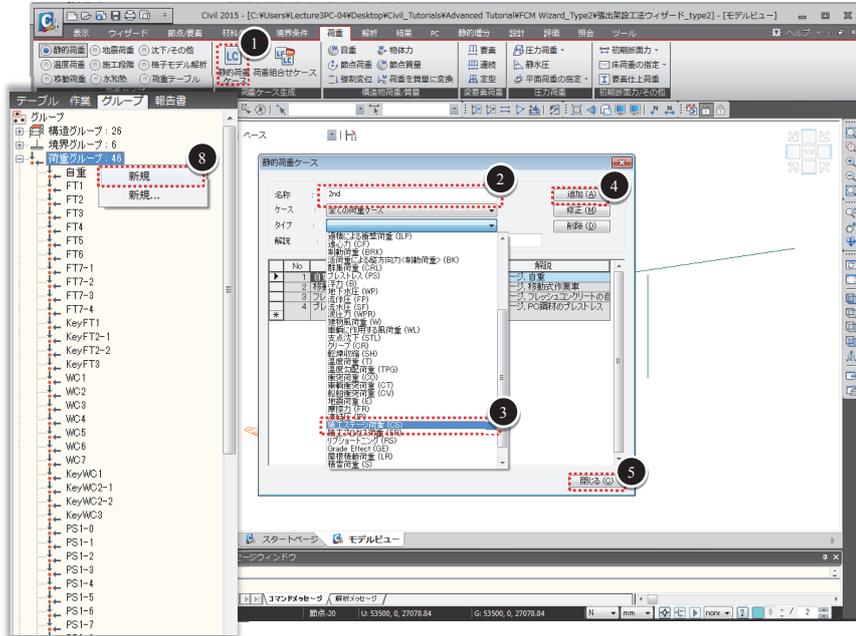


11 荷重の追加-1

手順

- ① メインメニュー[荷重] > [荷重タイプ: 静的荷重] > [荷重ケース生成] > [静的荷重ケース]
- ② 名称: "2nd"
- ③ タイプ: "施工ステージ荷重(CS)"
- ④ [追加] ボタンをクリック
- ⑤ [閉じる] ボタンをクリック
- ⑥ ツリーメニューの[グループ]タブ
- ⑦ 荷重グループでマウス右ボタン
- ⑧ [新規]
 - "2nd"入力

- 全てのキーセグメントの施工が完了したら、舗装、高欄、防護柵などの2次死荷重が載荷します。施工中に上越しを管理するためには2次死荷重をCS11で載荷し、CS11のステージ期間を10000日にします。ここでは2次死荷重を載荷するための荷重条件を定義して荷重グループを作成します。

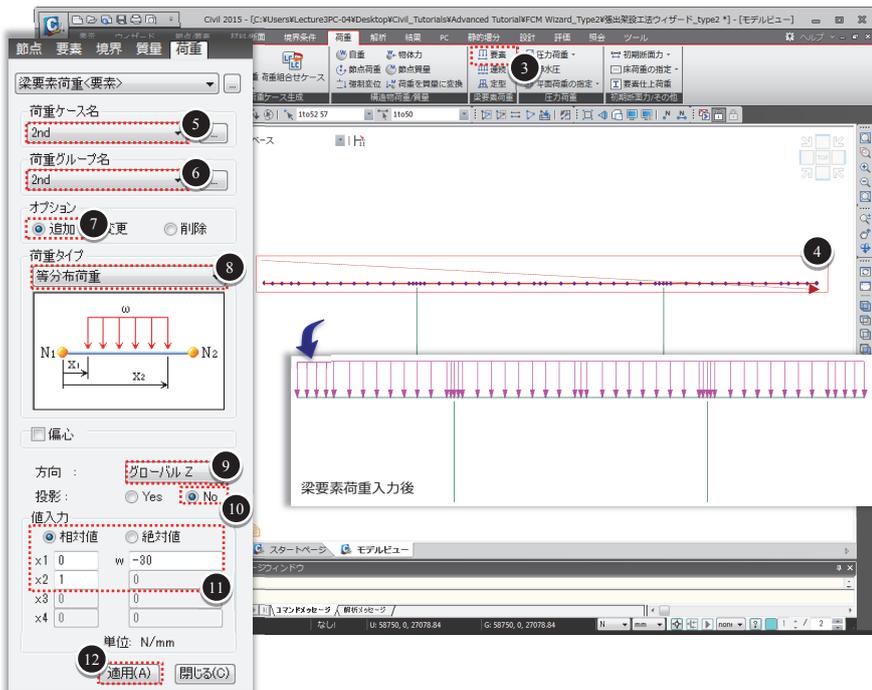


12 荷重の追加-2

PC箱桁の2次死荷重を載荷します。荷重の大きさは30N/mmで、載荷方向は鉛直下向きの“-Z”です。

手順

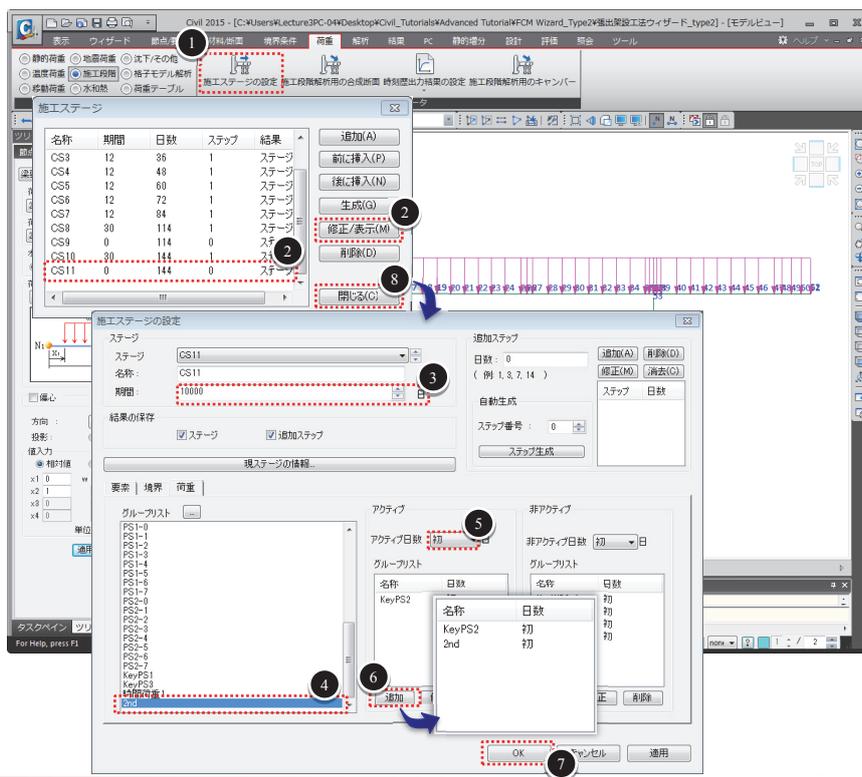
- ① デisplay
- ② [荷重]タブ_“節点荷重”_オフ
[Misc]タブ_“PC鋼材配置形状”_オフ
[境界条件]タブ_“支持条件”_オフ
_“弾性連結要素”_オフ
- ③ メインメニュー[荷重] > [荷重タイプ: 静的荷重] > [梁要素荷重] > [梁要素]
- ④ ウィンドウで選択 図に示す部分
- ⑤ 荷重ケース名: "2nd"
- ⑥ 荷重グループ名: "2nd"
- ⑦ オプション: "追加"
- ⑧ 荷重タイプ: "等分布荷重"
- ⑨ 方向: "グローバルZ"
- ⑩ 投影: "No"
- ⑪ 値入力: "相対値"選択
x1: "0" ; w: "-30"
x2: "1"
- ⑫ [適用] ボタンをクリック



13 施工段階の修正-3

施工段階11で荷重グループ-2ndをアクティブ化して施工段階11のステージ期間を10000日に修正します。

- 手順**
- 1 メインメニュー[荷重] > [荷重タイプ: 施工段階] > [施工段階解析データ] > [施工ステージの設定]
 - 2 "CS11"を選択; [表示]
 - 3 期間: "10000"日
 - 4 [荷重]タブ "2nd"を選択
 - 5 アクティブ日数: "初日"
 - 6 [追加] ボタンをクリック
 - 7 [OK] ボタンをクリック
 - 8 [閉じる] ボタンをクリック



時間依存的材料特性の定義及び連結

- 上部と下部のコンクリート構造物に対するモデリングが完了したので、各断面に対するコンクリート材料の時間依存特性(強度発現、クリープ係数、乾燥収縮度)を定義して各部材に連結します。*1
- 道路橋示方書の規定では部材の仮想厚さ(形状指数)によって乾燥収縮度が異なります。従って、時間依存性材料の特性を考慮した解析を行うためには寸法が異なるそれぞれの部材に対して時間依存性材料特性を定義する必要があります。midas Civilでは部材の形状厚さ(形状指数)を自動計算することができますので、時間依存特性は共通の特性で定義し、形状厚さ(形状指数)は後で自動計算させます。*2
- 部材形状指数の変更機能を用いて変断面要素のクリープ係数と乾燥収縮度を計算する手順は以下の通りです。

1. 道路橋示方書に基づくクリープと乾燥収縮度の定義
2. 時間依存性を材質と連結
3. 部材形状指数の変更機能を利用して、各部材の形状指数を自動計算して各要素に連結

上記の手順により、部材形状指数の変更を適用した要素には上記の手順3で計算された最終的なクリープと乾燥収縮度が適用されます。

◆ 時間依存性の材料特性は右表の通りです。

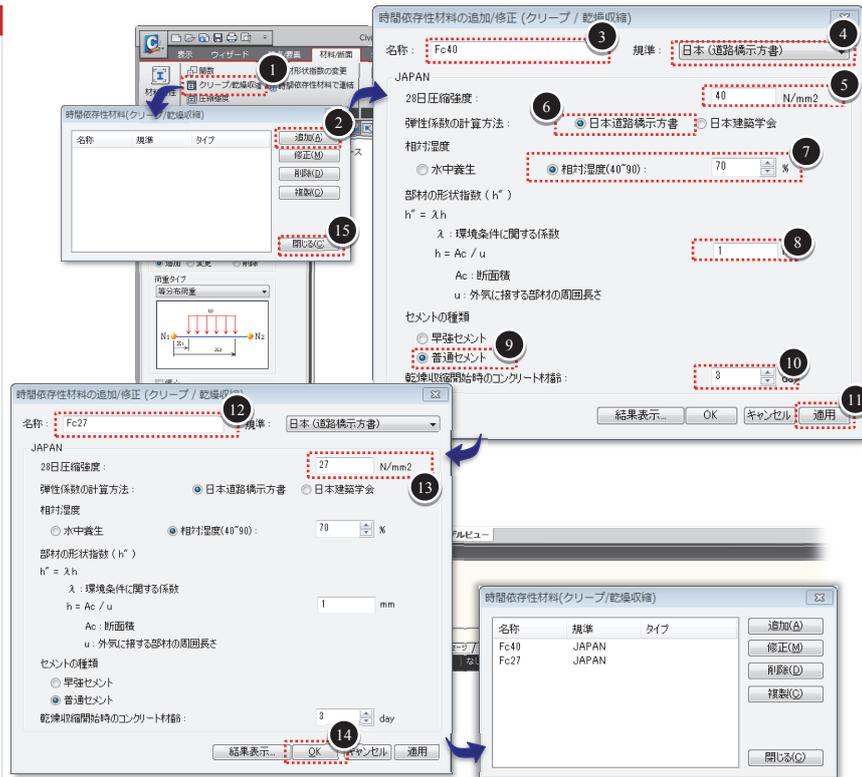
2 8 日 強度	$f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ (主桁)、 27 N/mm^2 (橋脚)
相 対 湿 度	RH = 70%
A c / u	任意の値を入力
コンクリートの種類	普通コンクリート
型 枠 撤 去 時 期	3日

*1 クリープ係数と乾燥収縮度が断面形状(部材の形状指数)に関わる変数であり、先ずは使用するコンクリート材料の時間依存特性を定義します。
 *2 材質と時間依存性材料特性を自動的に連結させるためには断面タイプが規格/ユーザー又はPCタイプである必要があります。

14 クリープ/乾燥収縮の定義

手順

- ① メインメニュー-[材料/断面] > [時間依存性材料] > [クリープ/乾燥収縮]
- ② [追加] ボタンをクリック
- ③ 名称: "Fc40"
- ④ 規準: "日本(道路橋示方書)"
- ⑤ 材齢28日の圧縮強度: "40"
- ⑥ 強度係数の計算方法:
"日本道路橋示方書"
- ⑦ 相対湿度:
"相対湿度(40~90): 70" %
- ⑧ 部材の形状指数(h') : "1"
- ⑨ セメントの種類: "普通セメント"
- ⑩ 乾燥収縮開始時のコンクリート材齢:
"3" 日
- ⑪ [適用] ボタンをクリック
- ⑫ 名称: "Fc27"
- ⑬ 材齢28日の圧縮強度: "27"
- ⑭ [OK] ボタンをクリック
- ⑮ [閉じる] ボタンをクリック

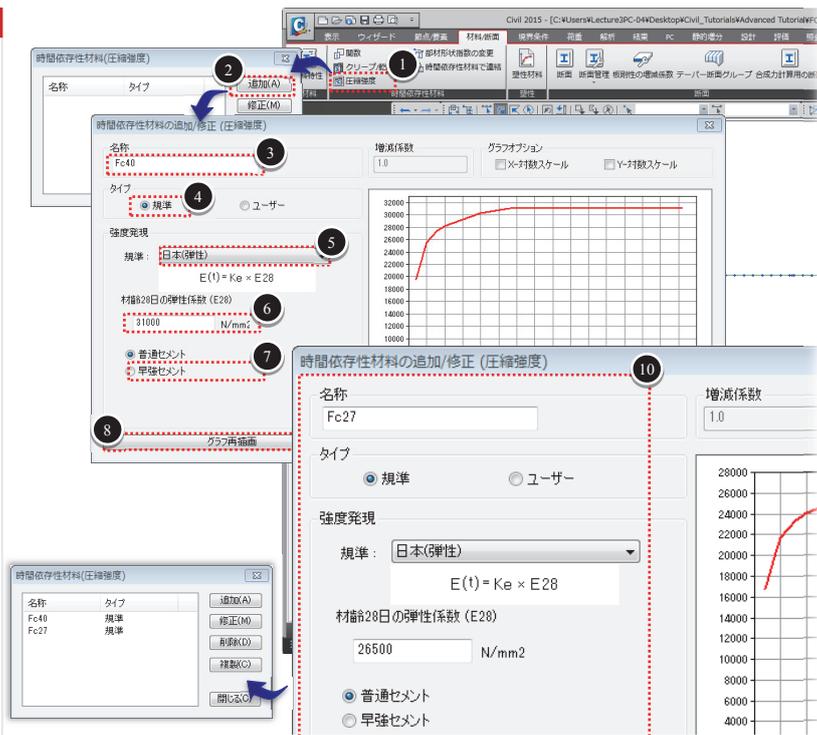


15 圧縮強度の定義

コンクリートを打設すると、時間の経過とともに硬化しながら強度が増します。本例題では規定*1によるコンクリート強度発現関数を使用します。

手順

- ① メインメニュー-[材料/断面] > [時間依存性材料] > [圧縮強度]
- ② [追加] ボタンをクリック
- ③ 名称: "Fc40"
- ④ タイプ: "規準"
- ⑤ 規準: "日本(弾性)"
- ⑥ 材齢28日...: "31000"
- ⑦ "普通セメント" 選択
- ⑧ [グラフ再描画] ボタン
- ⑨ [OK] ボタンをクリック
- ⑩ 手順②~手順⑩と同様に、Fc27を入力 (図を参照)
*E28 : 26500 N/mm²



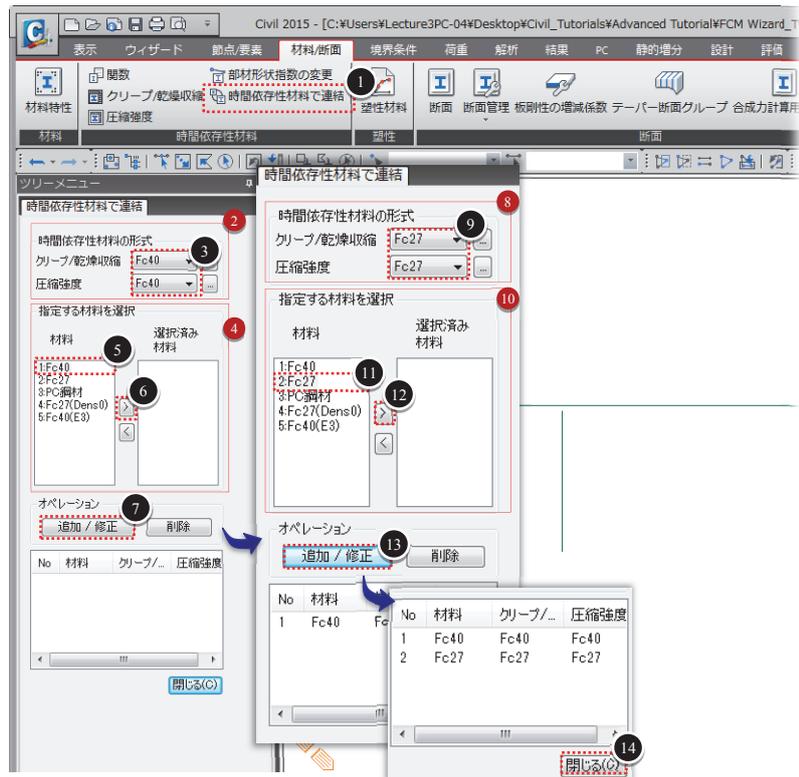
*1 日本道路公団 (設計要領第2集)

16 材料特性の連結

時間依存性材料特性を該当する材質に連結します。

手順

- ① メインメニュー[材料/断面] > [時間依存性材料] > [時間依存性材料] > [時間依存性材料] で連結]
- ② [時間依存性材料の形式]で、
- ③ クリップ/乾燥収縮：“Fc40”
圧縮強度：“Fc40”
- ④ [指定する材料を選択]で、
- ⑤ 材料：“Fc40”を選択
- ⑥ をクリックし選択リストの移動
- ⑦ [追加/修正] ボタンクリック
- ⑧ [時間依存性材料の形式]で、
- ⑨ クリップ/乾燥収縮：“Fc27”
圧縮強度：“Fc27”
- ⑩ [指定する材料を選択]で、
- ⑪ 材料：“Fc27”を選択
- ⑫ をクリックし選択リストの移動
- ⑬ [追加/修正] ボタンクリック
- ⑭ [閉じる] ボタンクリック



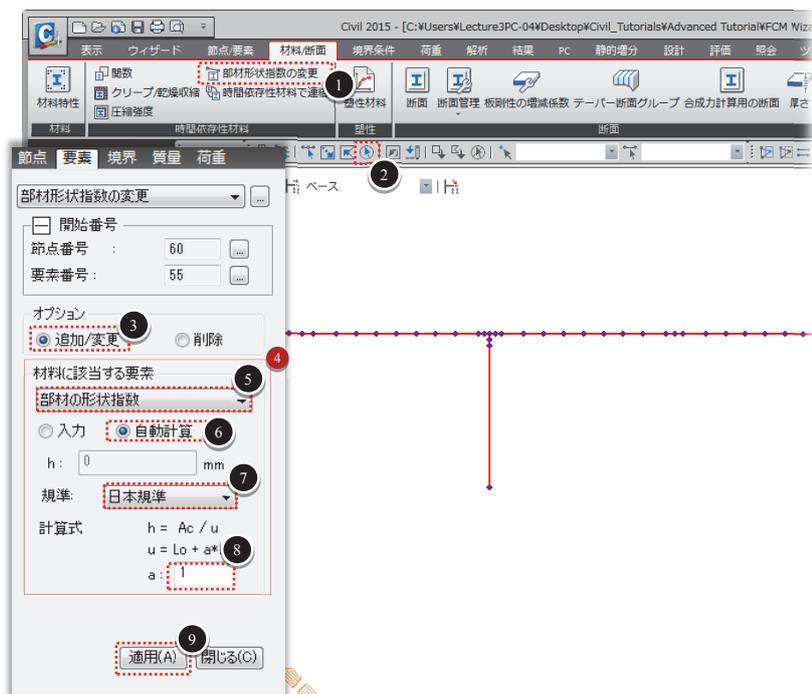
97

17 形状指数の変更

部材形状指数の変更機能で部材の形状指数を入力すると、時間依存性材料特性を定義する時に入力した指数の代わりに部材形状指数の変更機能を用いて入力された各要素の幾何形状指数を適用してクリップと乾燥収縮関数を計算します。

手順

- ① メインメニュー[材料/断面] > [時間依存性材料] > [部材形状指数の変更]
- ② 全て選択
- ③ オプション：“追加/変更”
- ④ [材料の該当する要素]で、
- ⑤ “部材の形状指数”を選択
- ⑥ “自動計算”にチェック^{*1}
- ⑦ 規準：“日本規準”
- ⑧ a：“1”
- ⑨ [適用] ボタンクリック



*1 自動計算を選択された要素の断面種類ごとの幾何形状指数(h)を自動計算し、クリップと乾燥収縮の計算に適用し、入力を選択すると入力された値を適用してクリップ及び乾燥収縮を計算します。

98

18 テーパー断面グループの分解

- 手順**
- 1 メインメニュー-[材料/断面] > [断面] > [テーパー断面グループ]
メニュー下側のリストで、
 - 2 "TSグループ1"~"TSグループ4"を選択*1
 - 3 [テーパー断面に変換] ←
 - 4 新規開始断面番号：“1”*2
 - 5 新規断面名の接尾語を使用_オフ*3
 - 6 [OK] ボタンクリック
 - 7 [閉じる] ボタンクリック

● 張出架設工法ウィザードでは張出架設橋の断面変化部の要素をテーパー断面グループとして生成します。テーパー断面グループはグループに指定した要素の最外部の断面を用いて中間の断面変化を自動計算する機能です。そして、テーパー断面グループが定義されていますと、解析の前にテーパー断面グループ内の要素の断面特性を個別に計算して解析用データを生成します。本例題では、解析を行う前にテーパー断面グループを分解して要素別に断面データを与えることで解析時間を短縮させます。

*1 Shiftキーを押した状態で、各項目をクリックして選択します。
*2 テーパー断面グループを分解することで追加生成されるテーパー断面の新しい断面開始番号を入力します。
*3 “新しい接尾語を使用する”をオンにすると、追加で生成されるテーパー断面の断面名の新規接尾番号を指定することができます。

19 構造解析の実行

構造モデルと施工段階の定義が完了しました。施工段階解析での材料の時間依存特性の考慮、弾性変形に対するPC鋼材の緊張力損失などを考慮して、クリープ計算時の収束条件と繰返し計算回数を指定します。

- 手順**
- 1 メインメニュー-[解析] > [解析制御]
 - 2 > [施工段階]
 - 3 図を参照し、2 から 10 までの順に施工段階制御を設定
 - 4 最終ステージ
 - 5 時間依存性材料特性を含む
 - 6 クリープ & 乾燥収縮
 - 7 繰り返し回数
 - 8 時間間隔
 - 9 鉄筋拘束効果を考慮
 - 10 圧縮強度変化
 - 11 PC鋼材の引張損失効果 (弾性収縮)
 - 12 OK
 - 13 内部応力
 - 14 無効長の計算 (ポストテンション用)
 - 15 PC鋼材の影響を反映
 - 16 設定がすべて終了したら、解析実行

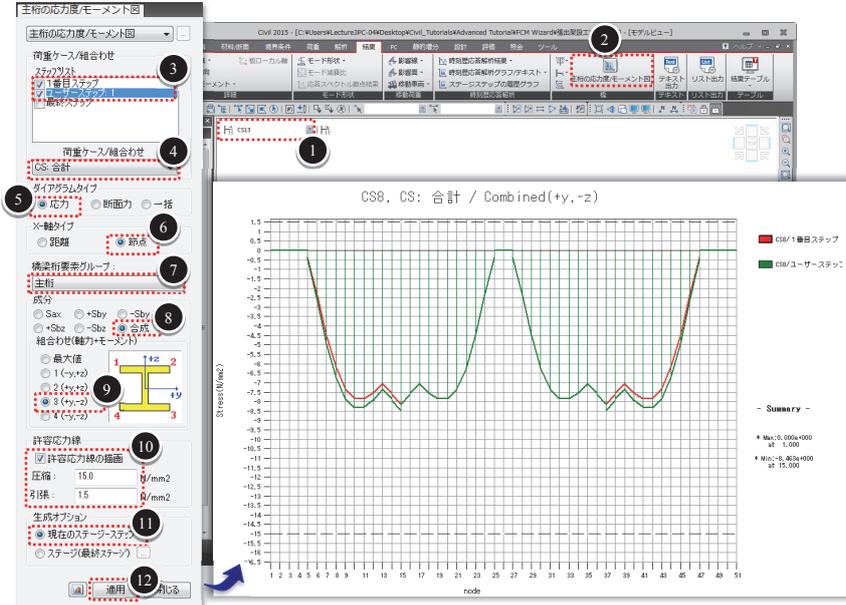
*1 “時間間隔が長い場合の自動時間ステップ生成”をチェックオンすると、一定期間以上のステージ期間に対しては内部で自動的に計算ステップを生成します。

20 上部工の応力度と部材力の確認-1

下縁に最も大きい圧縮応力が発生する施工段階8での断面下縁の応力をグラフで確認します。

- ### 手順
- 1 ステージツールバー: "CS8"
 - 2 メインメニュー[結果] > [橋] > [桁の応力/断面力分布]
 - 3 出力ステップ: "1番目ステップ"
"ユーザーステップ1"を選択
 - 4 荷重ケース/組み合わせ: "CS:合計"
 - 5 出力結果タイプ: "応力"
 - 6 X-軸タイプ: "節点"
 - 7 桁の要素グループ: "主桁"*2
 - 8 成分: "合成" _オン
 - 9 組み合わせ(軸力+モーメント):
"3(+y,-z)"
 - 10 "許容応力線の描画" _オン
圧縮: "15.0"; 引張: "1.5"*3
 - 11 生成オプション:
"現ステージ-ステップ"
 - 12 [適用] ボタンクリック

● 施工段階解析の結果を確認する方法として、特定の施工段階に累積された全部材の応力と変位を確認する方法と、特定要素の施工段階進行に伴う応力や変位の変化を確認する方法があります*1。midas Civilではこの2つの方法で施工段階解析の結果をグラフとテーブルで確認することができます。

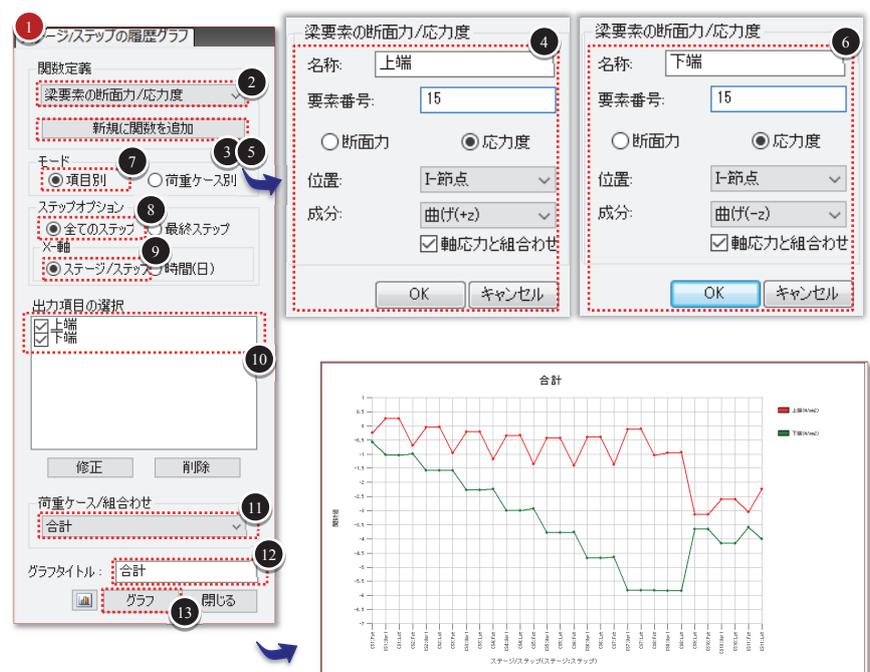


*1 それぞれの方法に関する具体的な説明は、オンラインマニュアルの"Civilの機能>結果>主桁の応力度/モーメント図"および、"Civilの機能>結果>ステージ/ステップの履歴グラフ"をご参照ください。
*2 移動及び固定支保工施工法ウィザードでは断面応力度の確認に必要である構造グループを自動的に生成します。橋桁は主桁に与えられた要素グループです。
*3 張出架設工法ウィザードでは断面応力度の確認に必要です。構造グループを自動的に生成してくれます。橋桁主桁に与えられた要素グループです。

21 上部工の応力度と部材力の確認-2

柱頭部端部(要素15番の端)の施工段階別の応力変化をグラフで確認します。

- ### 手順
- 1 メインメニュー[結果] > [時刻歴応答解析] > [ステージステップの履歴グラフ]*1
 - 2 関数定義:
"梁要素の断面力/応力度"
 - 3 [新規に関数を追加]
 - 4 図を参照にし、入力。[OK]
 - 5 [新規に関数を追加]
 - 6 図を参照にし、入力。[OK]
 - 7 モード: "項目別"
 - 8 ステップオプション: "全てのステップ"
 - 9 X-軸: "ステージ/ステップ"
 - 10 出力項目の選択: "下端"、"上端"
 - 11 荷重組み合わせ/組み合わせ: "合計"
 - 12 グラフタイトル: "応力履歴"
 - 13 [グラフ] ボタンクリック

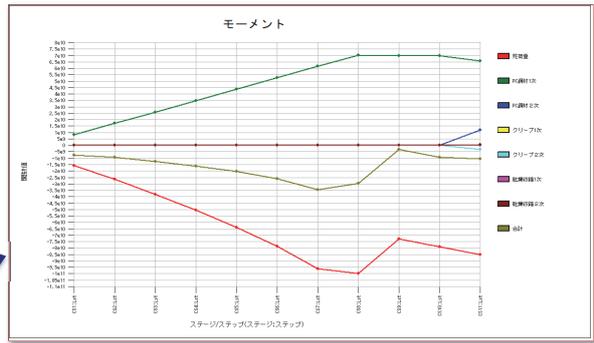


*1 ステージ/ステップの履歴グラフはモデルビューがアクティブな状態でのみ使用可能なメニューであるためモデルビューをアクティブにします。
*2 ステージ/ステップの履歴グラフ上でマウスの右ボタンをクリックするとコンテキストメニューが表示されます。コンテキストメニューのグラフをテキストで保存機能を用いて施工段階別応力変化をテキストファイルで保存することができます。

22 上部工の応力度と部材力の確認-3

柱頭部端部の(要素15番のI端)施工段階別の応力変化をグラフで確認します。

- ### 手順
- ① メインメニュー[結果] > [時刻歴応答解析] > [] ステージステップの履歴グラフ*1
 - ② 関数定義:
"梁要素の断面力/応力度"
 - ③ [新規に関数を追加]
 - ④ 図を参照にし、入力。[OK]
 - ⑤ モード:"荷重ケース別"
 - ⑥ ステップオプション:"最終ステップ"
 - ⑦ X-軸:"ステージ/ステップ"
 - ⑧ 出力荷重ケースの選択: 全てチェック
 - ⑨ 出力関数:"モーメント"
 - ⑩ グラフタイトル:"モーメント"
 - ⑪ [グラフ] ボタンクリック



23 テーブルを用いた応力度の確認*1

テーブルを用いて柱頭部端部における施工段階別応力の変化を確認します。

- ### 手順
- ① メインメニュー[結果] > [テーブル] > [] 結果テーブル > [] 梁要素 > [] 応力度
 - ② Element:"15"
 - ③ 荷重ケース/組み合わせ:"合計(CS)"
 - ④ ステージ/ステップの選択:
"CS1:001(1番目)~
"CS11:002(最終)"_オン
 - ⑤ 位置の選択:"位置1"
 - ⑥ [OK] ボタンクリック

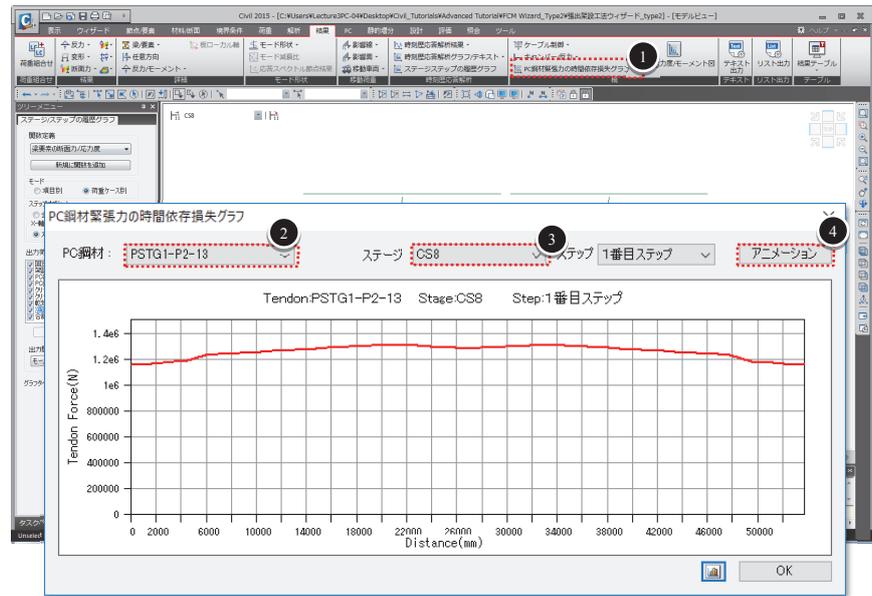
*1 施工段階解析結果をテーブルで確認する際にフィルタリングダイアログを用いて応力度を確認する要素、荷重ケース、施工段階、応力の出力位置などを指定することができます。
*2 Shiftキーを押したままCS1とCS11を選択するとCS1とCS11間の全ての施工段階が選択できます。

24 プレストレス損失の確認

プレストレスの損失による施工段階別の張力変化を確認します。*1

手順

- 1 メインメニュー[結果] > [橋]
- > [PC鋼材緊張力の時間依存損失グラフ]
- 2 PC鋼材：“PSTG1-P2-13”
- 3 ステージ：“CS8”
- 4 [アニメーション] ボタンをクリック



*1 PC鋼材緊張力の時間依存損失グラフウィンドウでは現在ステージに含まれているPC鋼材のみが確認できるため、張力の変化を確認したいPC鋼材を含んでいる施工段階を選択した後、PC鋼材緊張力の時間依存損失グラフメニューを選択しなければなりません。PC鋼材の施工段階別張力の変化は[アニメーション]をクリックして動画で確認することができます。

25 PC鋼材の座標確認

解析で使用された最終的なPC鋼材の配置を確認します。

midas Civil では要素の4等分点において、PC鋼材座標をテーブルで確認することができます。

手順

- 1 メインメニュー[結果] > [テーブル]
- > [結果テーブル▼]
- > [PC鋼材▶] > [PC鋼材の座標]

PC鋼材の名称	No.	(mm)	(mm)	(mm)
APSTG1-A20-01	0	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	1	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	2	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	3	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	4	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	5	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	6	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	7	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	8	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	9	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	10	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	11	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	12	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	13	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	14	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	15	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	16	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	17	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	18	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	19	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	20	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	21	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	22	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	23	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	24	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	25	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	26	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	27	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	28	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	29	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	30	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	31	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	32	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	33	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	34	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	35	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	36	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	37	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	38	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	39	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	40	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	41	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	42	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	43	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	44	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	45	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	46	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	47	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	48	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	49	1000000	0	0
APSTG1-A20-01	50	1000000	0	0

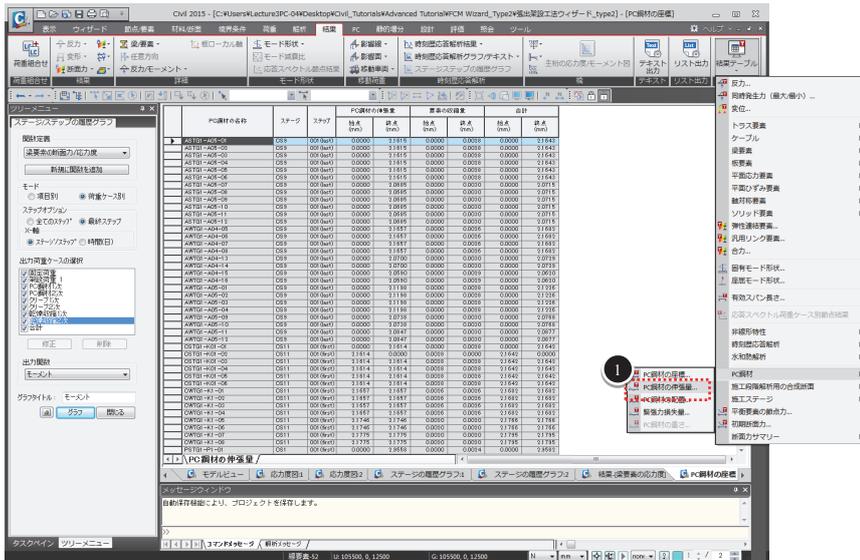
*1 No= '0'は、PC鋼材の配置始点で、全体座標系の座標で出力
 X: PC鋼材の配置点のx座標、開始点 (No=0) からの距離
 Y: PC鋼材の配置点のy座標、要素中心線を基準とした要素座標系y軸の距離
 Z: PC鋼材の配置点のz座標、要素中心線を基準とした要素座標系z軸の距離

26 PC鋼材の伸長量の確認

PC鋼材の伸長量をテーブルで確認します。

手順

- ① メインメニュー[結果] > [テーブル]
 - > [結果テーブル▼]
 - > [PC鋼材▶]> [PC鋼材の伸長量]

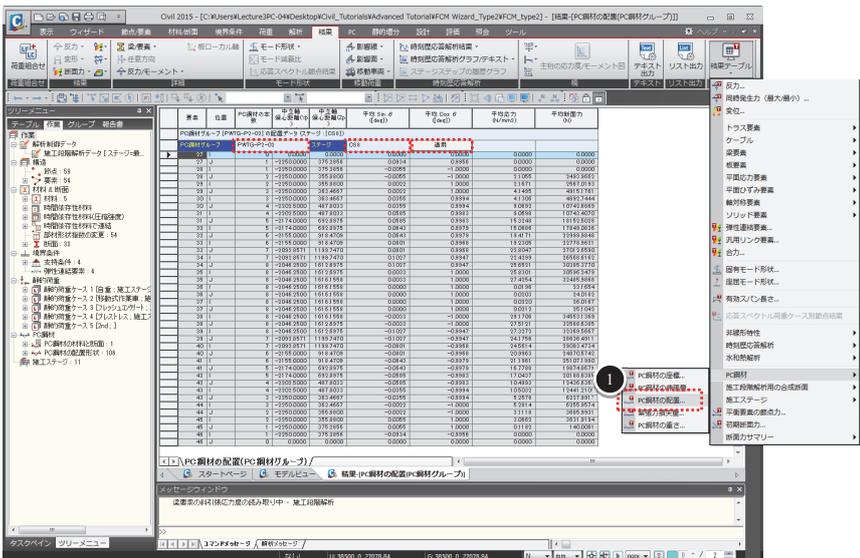


27 グループ別のPC鋼材配置の確認

PC鋼材グループ別にPC鋼材配置と導入された応力度とプレストレスト力を確認します。

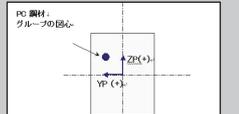
手順

- ① メインメニュー[結果] > [テーブル]
 - > [結果テーブル▼]
 - > [PC鋼材▶]> [PC鋼材の配置]



*PC鋼材グループとステージを設定し、**適用**をクリックすると結果が出力できます。

- *1 中立軸偏心距離 (Yp) : 断面図にて PC 鋼材グループ 中心との要素座標系における y 軸方向の距離
 中立軸偏心距離 (Zp) : 断面図にて PC 鋼材グループ 中心との要素座標系における z 軸方向の距離
 平均応力 : PC 鋼材グループの有効応力 (PC 鋼材損失を考慮した有効プレストレスト力を PC 鋼材断面積で除した値で、各段階の最終ステップで計算される)
 平均断面力 : PC 鋼材グループの有効プレストレスト力 (PC 鋼材損失を考慮した有効プレストレスト力で、各段階の最終ステップで計算される)
- *2 ここで PC 鋼材の有効プレストレスト力は PC 鋼材の即時損失 (摩擦損失、定着具移動、弾性収縮) と長期損失 (鋼線のリクセション、クリープ、乾燥収縮) を全て考慮したものです。

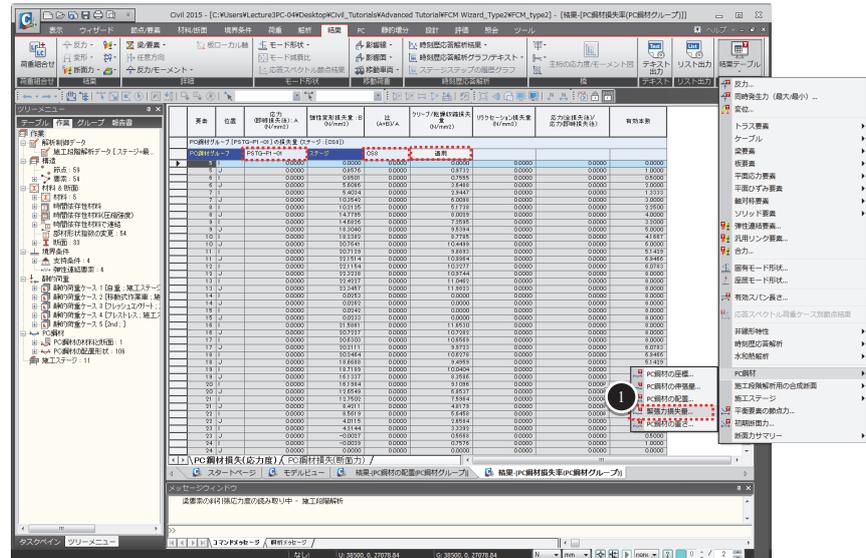


28 グループ別のプレストレスカ損失確認

PC鋼材グループ別の弾性変形、クリープ/乾燥収縮、リラクゼーションによるプレストレスカ損失量とすべてのプレストレスカ損失量を確認します。

手順

- 1 メインメニュー[結果] > [テーブル]
 - > [結果テーブル▼]
 - > [PC鋼材▶]> [緊張力損失量]



*PC鋼材グループとステージを設定し、**適用** をクリックすると結果が出力できます。

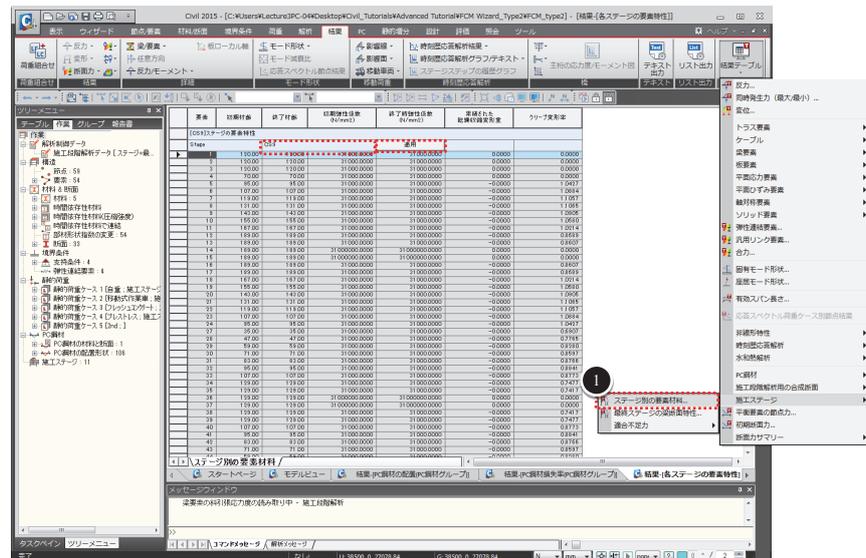
- *1 即時変形損失量：即時損失(摩擦損失、定着具の移動による損失)を考慮したPC鋼材の応力損失
 弾性変形損失量：弾性変形によるPC鋼材の応力損失
 比(A+B)/A：短期損失(即時損失と弾性変形損失)に対する即時損失(摩擦損失、定着具の移動による損失)の割合
 クリープ/乾燥収縮損失量：クリープや乾燥収縮によるPC鋼材の応力損失
 リラクゼーション損失量：リラクゼーションによるPC鋼材の応力損失
 全損失後応力/即時損失後応力：即時損失と長期損失の全てを考慮したPC鋼材の全損失量に対する即時損失(摩擦損失、定着具の滑りによる損失)の割合

29 施工段階別の要素の物性確認

施工段階ごとの要素の材齢、弾性係数、乾燥収縮度、クリープ係数を確認します。

手順

- 1 メインメニュー[結果] > [テーブル]
 - > [結果テーブル▼]
 - > [施工ステージ▶]> [各ステージの要素材料]

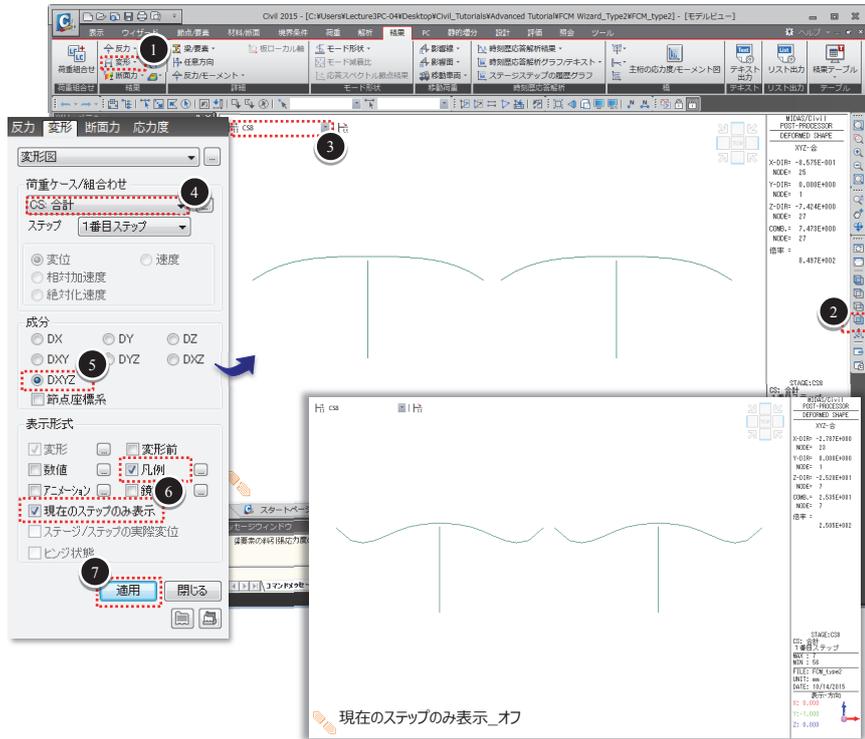


*ステージを設定し、**適用** をクリックすると結果が出力できます。

30 特定施工段階で発生した変形図

midas Civilでは特定施工段階の変位を確認することができます。
ここでは施工段階8における変位を確認してみます。

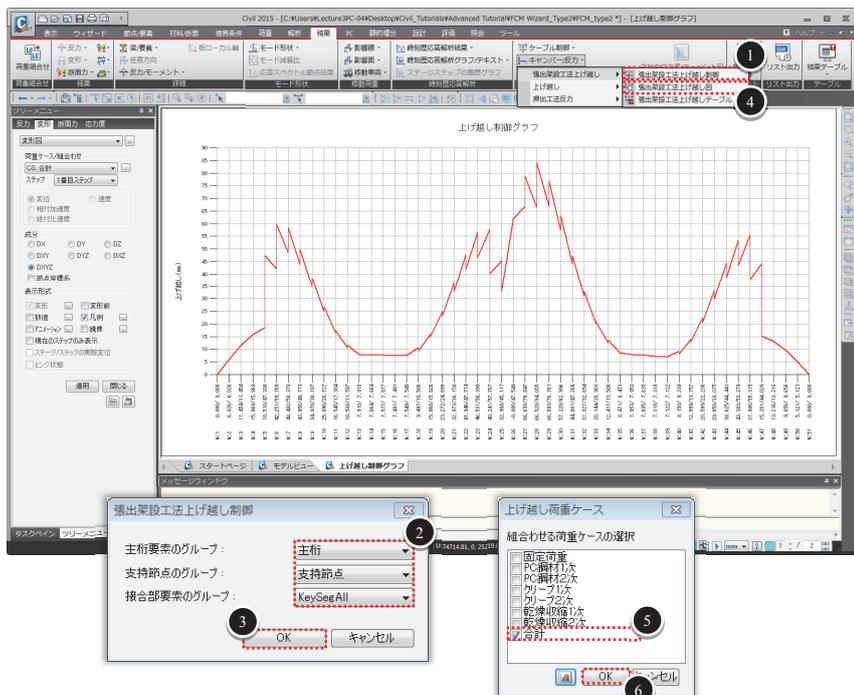
- ### 手順
- ① メインメニュー[結果] > [結果]
> [変形▼] > [変形図]
 - ② 正面図
 - ③ ステージツールバー：“CS8”確認
 - ④ 荷重ケース/組合せ：“CS：合計”
 - ⑤ 成分：“DXYZ”
 - ⑥ 表示形式：“凡例”、
“現在のステップのみ表示”_オン
 - ⑦ [適用] ボタンクリック



31 上越しの確認

上越しを確認します。
上越しを出力するためには先に主桁、支点、キーセグメントに該当する要素と節点のグループを定義します。*1

- ### 手順
- ① メインメニュー[結果] > [橋]
> [キャンバー/反力▼]
> [張出架設工法上越し▶]
> [張出架設工法上越し制御]
 - ② 主桁要素のグループ：“主桁”
支持節点のグループ：“支持節点”
接合部要素のグループ：“KeySegAll”
 - ③ [OK] ボタンクリック
 - ④ メインメニュー[結果] > [橋]
> [キャンバー/反力▼]
> [張出架設工法上越し▶]
> [張出架設工法上越し図]
 - ⑤ “合計”_オン
 - ⑥ [OK] ボタンクリック



*1 上越し制御グラフには節点位置別に2つの値が表示されます。
上の値は型枠を設置した時に考慮すべき上越し量で、下の値はコンクリートを打設して型枠を外した後に当該節点に発生すべき変位です。
施工段階の進行により追加される荷重によりたわみは進み、完工時には主桁と連結された全てのたわみが0になり、橋梁の上部構造は水平状態になります。

32 上越し管理図の確認

張出架設工法施工管理時に使用される上越し管理図を確認します。*1

手順

- ① メインメニュー[結果] > [橋]
 - > [キャンバー/反力▼]
 - > [張出架設工法上げ越し▶] >
 - [張出架設工法上げ越しテーブル]
- ② 組合わせる荷重ケースの選択 : "合計"
- ③ [OK] ボタンクリック

The screenshot shows the 'Overlapping Management Diagram' process. It includes a selection dialog box for load cases, and several data tables showing load values across different stages and nodes.

Case Name	Selected
固定荷重	
架設荷重 1	
PC鋼材1次	
PC鋼材2次	
クリープ1次	
乾燥収縮1次	
乾燥収縮2次	
合計	<input checked="" type="checkbox"/>

Stage	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4
OS1				
OS2				
OS3				
OS4				
OS5				
OS6				
OS7				
OS8	0.00	6.03	11.45	15.87
OS9	0.00	4.88	9.26	12.80
OS10	0.00	4.86	9.46	13.12
OS11	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

Stage	Node 5	Node 6	Node 7	Node 8	Node 9	Node 10	Node 11	Node 12	Node 13	Node 14	Node 15
OS1							11.60	7.91	7.66	7.58	7.48
OS2							17.30	10.51	7.01	6.77	6.68
OS3							58.73	16.55	10.15	6.84	6.61
OS4							38.13	27.08	19.30	9.77	6.58
OS5							48.77	34.97	23.24	14.76	9.38
OS6							58.38	43.86	31.34	21.17	13.74
OS7	47.34	49.25	36.19	29.28	23.33	16.16	11.31	8.02	6.12	5.96	5.79
OS8	18.51	21.19	20.78	18.38	14.90	11.32	8.36	6.41	5.58	5.65	5.75
OS9	14.85	16.68	15.91	13.54	10.42	7.48	5.37	4.40	4.83	5.02	5.62
OS10	15.28	17.24	16.74	14.48	11.40	8.39	6.08	4.88	4.85	5.24	5.61
OS11	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

Stage	Node 26	Node 27	Node 28	Node 29	Node 30	Node 31	Node 32	Node 33	Node 34	Node 35	Node 36	Node 37
OS1									12.51	9.47	7.95	7.64
OS2									20.30	14.42	7.57	7.06
OS3									32.65	20.14	12.06	7.40
OS4									47.27	31.03	19.30	11.89
OS5									63.00	44.08	33.00	19.38
OS6									76.76	57.23	40.49	27.17
OS7									84.05	65.89	50.88	36.46
OS8									78.85	66.53	54.59	42.57
OS9									65.54	53.30	50.68	41.02
OS10									69.78	62.04	53.08	43.06
OS11									47.85	47.33	44.41	39.35

Stage	Node 48	Node 49	Node 50	Node 51
OS1				
OS2				
OS3				
OS4				
OS5				
OS6				
OS7				
OS8	13.22	9.56	5.72	0.00
OS9	10.83	7.89	4.17	0.00
OS10	11.41	8.21	4.31	0.00
OS11	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

*1 上越しテーブルは各支保工施工区間と橋脚別に出力されます。本例題では、始/終点部の支保工施工区間(PAGE1,4タブ)と橋脚1、2(PAGE2,3タブ)に関する上越し管理図が出力されます。

33 組合せ荷重による断面力の確認-1

手順

- ① メインメニュー[結果] > [荷重組合せ] > [組合せ荷重組合せ] *1
- ② 名称: "死荷重"
荷重ケースと係数の入力ボックス
- ③ 荷重ケース: 死荷重(係数:1.0)
荷重ケース: PC鋼材2次 (1.0)
荷重ケース: クリープ2次 (1.0)
荷重ケース: 乾燥収縮2次 (1.0)
- ④ [閉じる] ボタンクリック

● PC箱桁橋の施工が完了した後、活荷重、温度変化、支点沈下などの荷重によって発生する断面力と死荷重によって発生する断面力について、それぞれ組み合わせた荷重について断面力を確認します。施工段階荷重以外の荷重の組合せで定義された荷重は施工段階解析の最終ステージの結果と組み合わせます。本例題では施工段階荷重以外の荷重を入力しないために施工段階荷重に対する係数荷重組合を定義して断面力を確認してみます。先に荷重の組合せを定義します。

The screenshot shows the 'Load Combination' dialog box. It includes a table for defining load cases and coefficients, and a 'OK' button.

No.	名称	タイプ	解説
1	死荷重	追加	
2	PC鋼材2次	追加	
3	クリープ2次	追加	
4	乾燥収縮2次	追加	

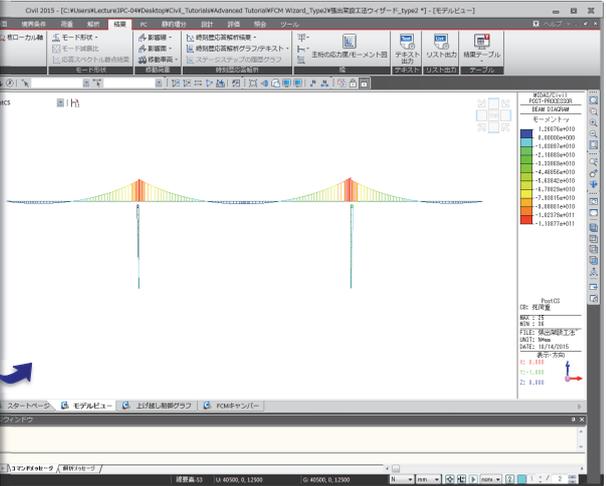
荷重ケース	係数
死荷重(OS)	1.0000
PC鋼材2次(C)	1.0000
クリープ2次(C)	1.0000
乾燥収縮2次(C)	1.0000

*1 荷重組合せの定義と削除はベースモード、またはPostCSでのみ可能で、ここではPostCSを選択します。

34 組合せ荷重による断面力の確認-2

係数荷重組合せによる曲げモーメントを確認します。

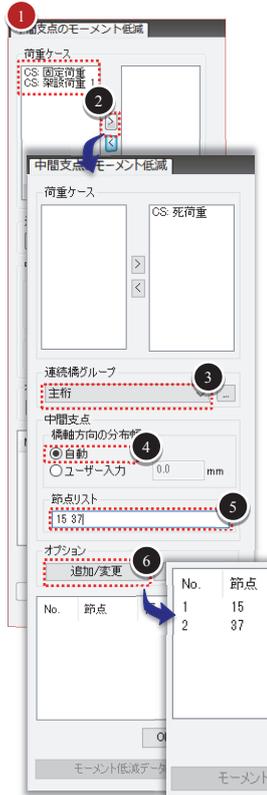
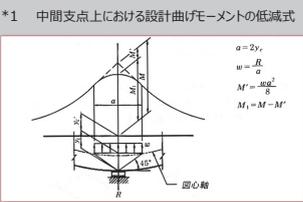
- 手順**
- ① メインメニュー-[結果] > [結果] > [断面力▼] < [要素の断面力図]
 - ② 荷重ケース/組合せ：“CB：死荷重”
 - ③ 断面力の成分：“My”
 ディスプレイオプション：
 “5点”、“線塗りつぶし”
 倍率：“1.0”
 - ④ 表示形式：“等高線図”、“凡例”
 - ⑤ [閉じる] ボタンクリック



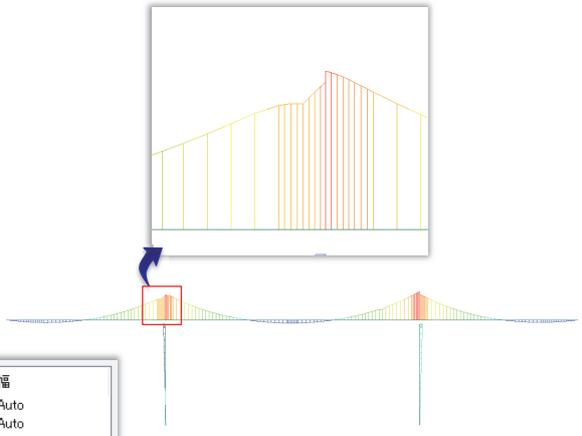
35 組合せ荷重による断面力の確認-3

係数荷重組合せによる曲げモーメントを確認します。

- 手順**
- ① メインメニュー-[結果] > [詳細] > [反力/モーメント▼] < [中間支点のモーメント低減]
 - ② 荷重ケース：“CS:死荷重”を選択し、> をクリック
 - ③ 連続橋グループ：“主桁”
 - ④ 中間支点：“自動”
 - ⑤ 節点リスト：15、37
 - ⑥ オプション：[追加/変更]
 - ⑦ [OK] ボタンクリック



- 道路橋示方書に基づいて連続桁橋の中間支点上の設計曲げモーメントを低減します。このオプションを用いて低減された中間支点の曲げモーメントを確認します。注意すべきことは、設計用の低減モーメントを指定してから、もう一度曲げモーメント図を出力して低減された曲げモーメントを確認します。



Contents

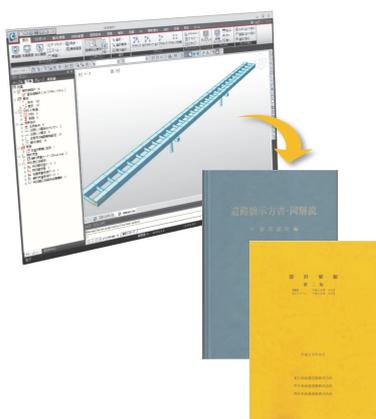
01. midas Civil 機能概要

02. (体験操作)

操作 1 – 連続桁のプレストレス解析

操作 2 – PC橋の張出架設工事における施工検討

03. 製品の開発ロードマップ(耐震設計対応)



□ midas Civil 耐震設計機能

部材M-φ機能強化

□ 多様な橋脚タイプ追加

- ・ SC(REED工法) 部材
- ・ NEXCO対応
 - RC橋脚の塑性ヒンジ部
 - 鋼管・コンクリート複合部材

□ RC橋脚の耐震補強対応

- ・ RC巻立て補強
- ・ 鋼板巻立て
- ・ 繊維巻立て
 - 曲げ補強/せん断補強/じん性補強

□ その他便宜機能

- ・ せん断補強筋断面積の直接入力
- ・ 限界状態ひずみの評価位置指定

専用性・操作性向上

□ Civil 耐震設計メニュー

- ・ 耐震設計専用のリボンメニュー
- ・ モデル作成から結果確認までの作業全般のメニュー構成
- ・ 耐震設計専用の結果ツリー

□ 耐震設計専用の結果ツリー

- ・ 静的増分解析/動的解析の結果一覧

日本の耐震規準対応

□ 日本の耐震設計へ対応

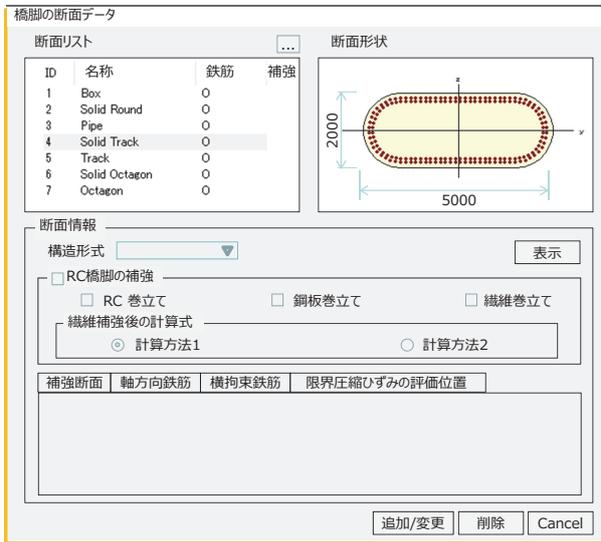
- ・ 対応規準
 - 道路橋示方書(平成24,平成29)
 - 設計要領第2集(平成28)
- ・ レベル2の静的照査法/動的照査法
- ・ 橋梁種類
 - 桁橋(単柱式、ラーメン式)
 - ラーメン橋、免震橋、アーチ橋
- ・ 部材照査
 - 上部工、支承部、下部工

部材非線形特性機能の改善

□ 橋脚断面のダイアログの改善

1. 既設の補強断面に対応

- ① '適用規準'、'材料' によって、選択できる構造形式が決定/フィルタリング
- ② 構造形式別に断面入力項目が変わる
- ③ 既設と補強の断面定義が同時にできるように構成



< RC橋脚の断面データ >

- ・断面リスト：橋脚に該当する断面のリストを表示
- ・断面形状：配筋や断面寸法を表示

適用規準	材料	構造形式
道路橋	RC	RC橋脚
		SC(REED)橋脚
NEXCO	RC	RC橋脚
		Interlocking橋脚
	SRC	鋼管・コンクリート混合橋脚

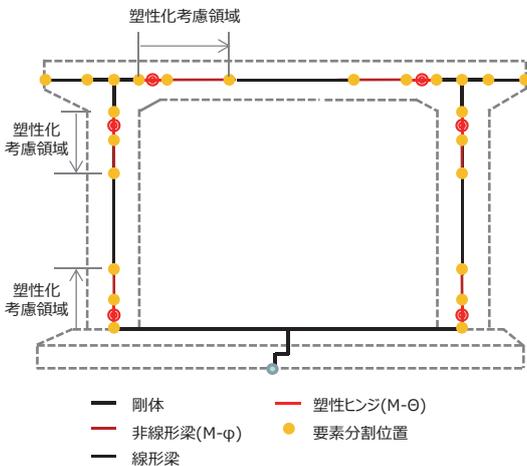
- ・構造形式
- ・RC橋脚の補強：補強方法を選択(複数選択可)
- ・計算方法1：'既設橋梁の耐震補強工法事例集'
- ・計算方法2：'設計要領第二集橋梁保全編'

- ・RC橋脚・SC橋脚など構造形式毎の配筋情報を入力
- ・選択した構造形式によって入力項目が変わる
- ・'補強断面'タブは'RC橋脚の補強'選択時に表示

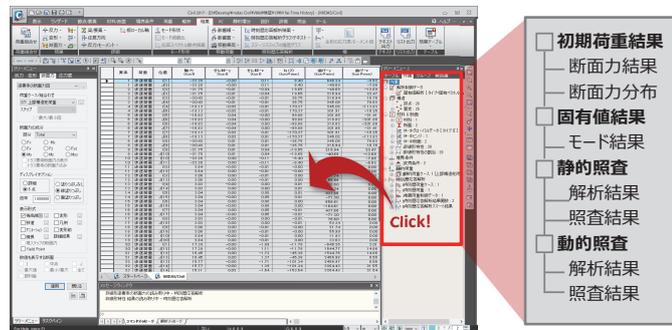
耐震設計専用メニュー



□ ウィザードによる非線形モデル自動生成



□ 耐震設計専用の結果ツリー



耐震設計機能の概要

1. 対応規準

- 1) 道路橋方書：平成24、平成29年
- 2) 設計要領：平成28年

2. 照査機能の概要

- 1) 照査方法：“静的照査”，“動的照査”

- ① 静的照査：RC単柱形式、全体系(ラーメン橋の橋軸方向) に対応
※ラーメン式橋脚には照査しない
- ② 動的照査：複数波に対する非線形動解析結果の平均値で照査

- 2) 照査部材：“上部工”，“支承部”，“下部工”

- 3) レベル2地震動に対する照査

※レベル1の許容応力に対する照査はしない

■ 静的照査項目

照査項目	内容
設計水平震度	水平力、変位、許容塑性率
照査一覧	破壊形態
	地震時保有水平耐力の評価
	残留変位
せん断耐力	橋脚別のせん断耐力
上部工	曲げモーメント
	曲率
支承部	せん断力
	反力・変位

■ 動的照査項目

部材	照査項目	道示	設計要領
変位検討	最大応答変位		●
	残留変位	●	●
	曲げ耐力(曲げモーメント)	●	●
上部工	許容曲率	●	●
	降伏可否	●	●
	破壊形態(せん断破壊検討)	●	●
	遊間量	●	●
支承部	設計変位検討	●	●
	許容曲率(塑性化考慮する領域)	●	●
	許容回転角		●
下部工	降伏曲率(塑性化考慮しない領域)		●
	塑性率	●	
	降伏可否	●	●
	破壊形態(せん断破壊検討)	●	●
	段落し部の損傷判定(RC橋脚)	●	●
	充填高さ(SRC部材)	●	●

121

静的照査 – 漸増解析結果 > kh-δ、P-δ関係

1. 漸増解析の結果として、“kh-δ”、“P-δ” 関係を出力
2. “kh-δ、P-δ 関係” をクリックすれば、kh-δ関係、又はP-δ 関係をテーブル出力
※ 橋脚単位の照査の場合、橋脚別の結果をテーブルシートで区分して出力

■ “kh-δ”、“P-δ” テーブル

ステップ数	Kh(P)	δ	状態	塑性箇所
1	○○	○○	弾性	
2	○○	○○
3	○○	○○	初期降伏	○○
...

※ 全体系の場合は、“kh-δ”、橋脚単位の場合は“P-δ” 関係を出力

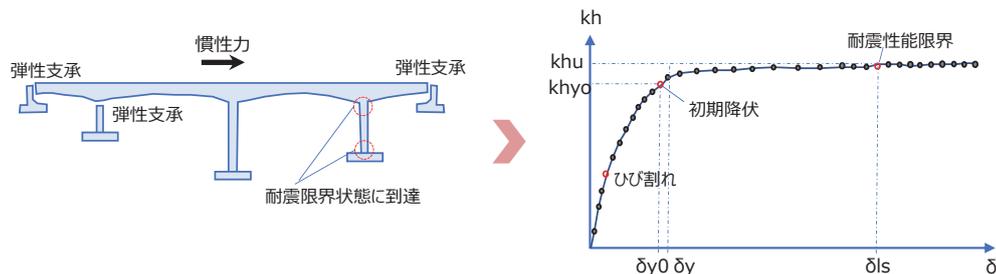
※ 状態は該当するステップにおいて1つの部材でも塑性化に入れば表示

- 状態：“弾性”、“初期降伏”、“降伏”、“限界状態”

※ 塑性箇所は該当のステップで塑性化した部材のグループと要素番号を出力

- P1橋脚の要素番号4が塑性化した場合に、“P1_4”と表示

- 弾性状態の場合は、“塑性箇所”に“-”と表記



122

静的照査 - 耐震照査 > 照査一覧

■ “全体系”のテーブル内容

地震時保有水平耐力		記号	...
破壊形態		-	曲げ破壊型
水平震度	初降伏限界	khy0	...
	降伏限界	Khy	...
	耐震性能に応じた限界	khu	...
	せん断破壊時	khs	...
変位	初降伏限界	δy0	...
	降伏限界	δy	...
	耐震性能に応じた限界	δls2	...
許容塑性率	μa	...	
固有周期	T	...	
設計水平震度の標準値	khc0	...	
地域別補正係数	C2z	...	
構造物特性補正係数	Cs	...	
減衰定数に基づく免振橋の補正係数	Ce	...	
設計水平震度	khc	...	
判定	-	OK	

■ “橋脚単位”のテーブル内容

地震時保有水平耐力		記号	P1	...
破壊形態		-	曲げ破壊型	...
せん断耐力		Ps		
せん断耐力(cc=1.0)		Ps0		
水平力	初降伏限界	Py0
	降伏限界	Py
	耐震性能に応じた限界	Pu
変位	初降伏限界	δy0
	降伏限界	δy
	耐震性能に応じた限界	δls2
P-δ 算出時の断面耐力位置	μa	基部	...	
許容塑性率	μa	...	...
固有周期	T	...	...
設計水平震度の標準値	khc0	...	...
地域別補正係数	C2z	...	...
構造物特性補正係数	Cs	...	...
設計水平震度	khc	...	...
等価重量	W	...	...
地震時保有水平耐力	Pa			
作用水平力	Khc・W			
判定(Pa ≥ khc・W)	-	OK		

■ “全体系”と“橋脚単位”共通

残留変位		記号	...
応答塑性率		μr	...
残留変位		δR	...
許容残留変位		δRa	...
判定(δR ≤ δRa)		-	OK

動的照査 - 耐震照査 > 照査一覧

- 耐震照査ツリーは大きく“共通項目”, “上部工”, “支承部”, “下部工”で構成
- “照査一覧表”をクリックすれば、耐震照査の項目別に全体部材について“OK”, “NG”の判定結果を要約出力
 - “照査一覧表”のテーブル内容

部材	検討項目	判定	
		橋軸方向	橋軸直角方向
上部工	最大 応答変位	OK	OK
	残留変位	OK	NG
	曲げ耐力	...	...
	許容 曲率	...	...
	せん断破壊 可否	...	...
	遊間量	...	...
支承部	設計変位	...	...
	許容 曲率	...	...
下部工	塑性率	...	...
	せん断破壊 可否	...	...
	RC 鉄筋段落部	...	...
	SRC 重点高さ	...	...

- ※ 橋軸方向、橋軸直角方向別に判定結果を一覧表示
- ※ 判定は照査項目別に部材全体が“OK”であれば、“OK”と表記
1つでも“NG”が含まれていれば、“NG”と表記
- ※ 選択した設計規準及び該当部材の照査項目がなければ“-”と表記
- たとえば、鋼製橋脚で“RC鉄筋の段落し部”は“-”と表記



< 耐震照査の結果ツリー >

動的照査 - 耐震照査 > 最大応答変位

1. “最大応答変位”をクリックするとメイン作業画面に“橋梁全体系”、“橋脚”別の結果をテーブルシートで区分して出力
2. “最大応答変位”の結果テーブル項目

部材	動的荷重 ケース1		動的荷重 ケース2		動的荷重 ケース3		...		平均値		判定
	最大変位	許容変位	最大変位	許容変位	最大変位	許容変位			最大変位	許容変位	
	比率		比率		比率				比率		
G1_left											OK
G1_right											OK

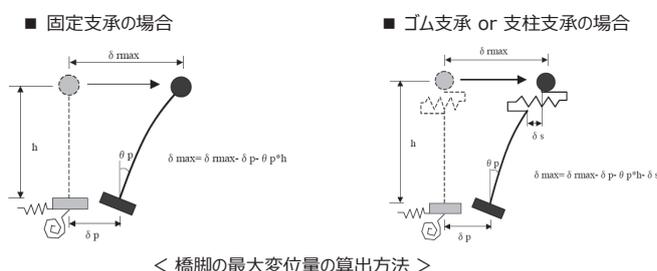
※ 橋梁全体系の場合、上部工の部材グループ別に左端部と右端部について、それぞれ最大変位を算出

※ 橋脚の場合、柱部材グループ P1, P2, ... 別に慣性力作用位置における最大応答変位を算出

※ 最大応答変位(δ_{max}) = 慣性力作用位置の水平変位(δ_{rmax}) - 橋脚基部の水平変位(δ_p)
 - 橋脚基部の回転角(θ_p) × (橋脚基部~慣性力作用位置までの距離h) - 支承変形量(δ_s)

※ 支承変形量(δ_s)は上部構造軸線及び上下部結合条件が“分散”、“免震”、“支承”の場合に計算

※ 許容変位(δ_a)算出方式については各基準を参照



125

動的照査 - 耐震照査 > 下部工 > 許容曲率

1. “許容曲率”をクリックするとメイン作業画面に下部工の曲率照査結果をテーブル出力

部材	要素	荷重 ケース1		荷重 ケース2		荷重 ケース3		...		平均値	判定
		応答曲率	許容曲率	応答曲率	許容曲率	応答曲率	許容曲率				
		比率		比率		比率					
P1	1									〇〇	OK
	2									〇〇	OK

※ ラーメン橋脚の場合、部材梁部に対しても許容曲率の超過可否を検討

※ (+), (-) 非対称断面の場合、テーブルに出力する許容曲率は“応答曲率/許容曲率”の比率が大きい方の値を出力

2. 許容曲率の算定式

※ 部材M-φ算定で計算された限界状態の曲率より算出

- 1) RC, SC(REED) 工法

$$\phi_a = \frac{\phi_{ls2}}{\alpha} \quad \begin{array}{l} \phi_{ls2}, \phi_{ls2} : \text{耐震性能2,3 限界状態に相当する曲率} \\ \alpha : \text{安全係数 1.2} \end{array}$$

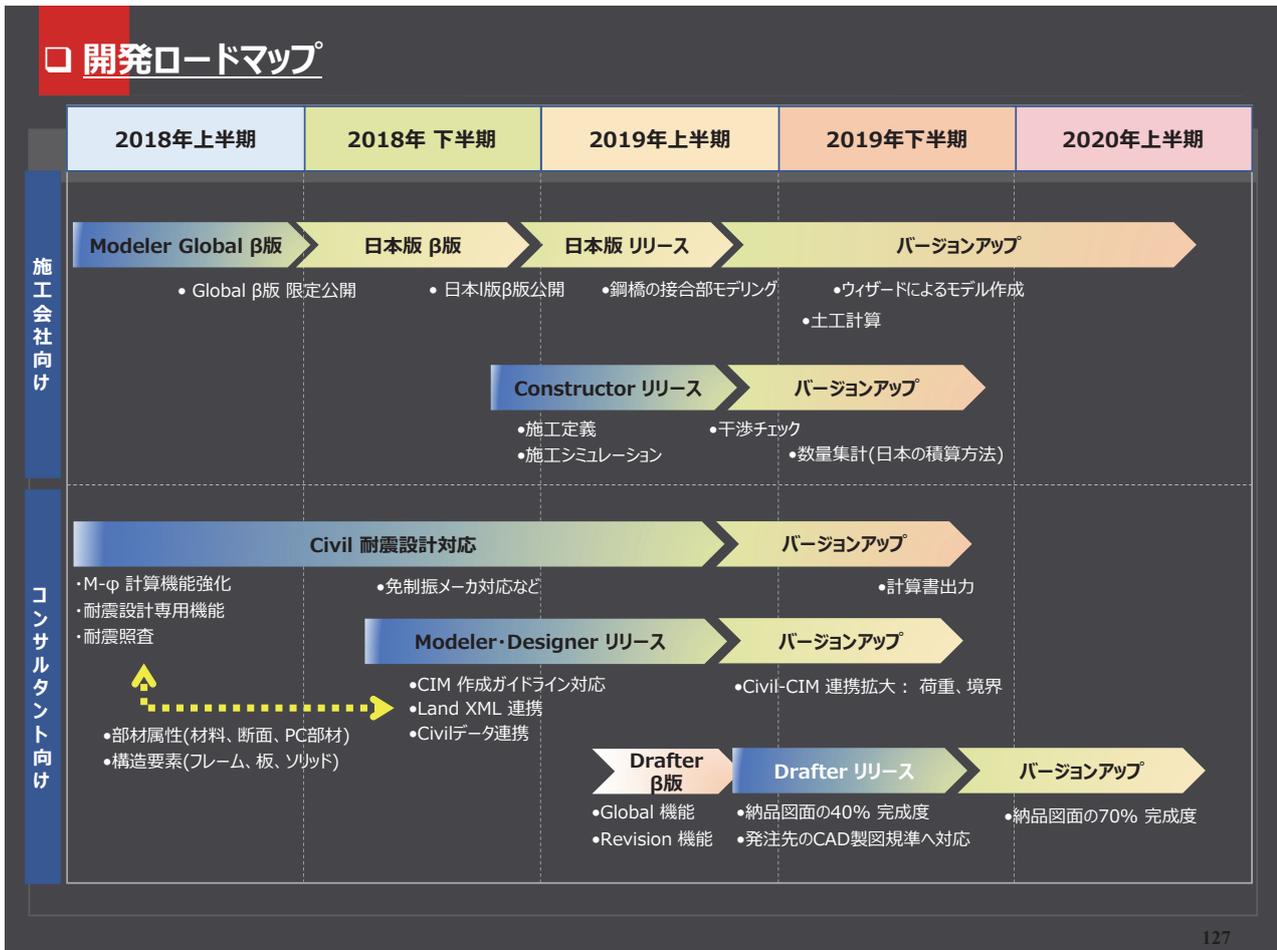
- 2) 鋼材橋脚

: 圧縮側の鋼材板厚の中心位置のひずみが許容ひずみ ϵ_a に到達する時の曲率 ϕ_a

- 3) SRC橋脚

$$\phi_a = \mu_{\phi_a} \phi_{SRC}^y = \phi_{SRC}^u \quad \begin{array}{l} \mu_{\phi_a} : \text{許容曲率塑性率} \\ \phi_{SRC}^y : \text{降伏曲率} \\ \phi_{SRC}^u : \text{終局曲率} \end{array}$$

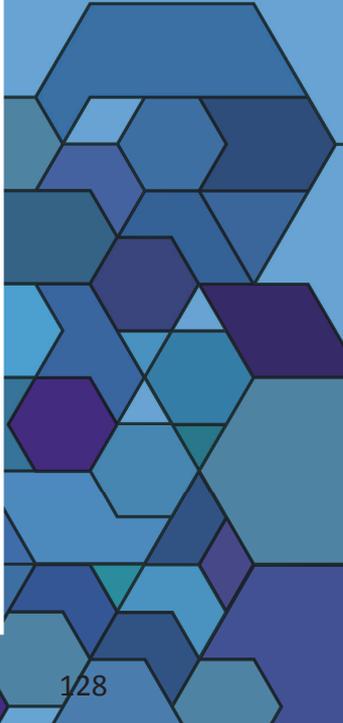
126





ご清聴、 ありがとうございました。

MIDAS
CONSTRUCTION FEM TECHNICAL
EDUCATION SEMINAR



128



株式会社マイダスアイティジャパン

〒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/>