

■ IM&VR、国土強靱化ソリューションプレゼンテーション

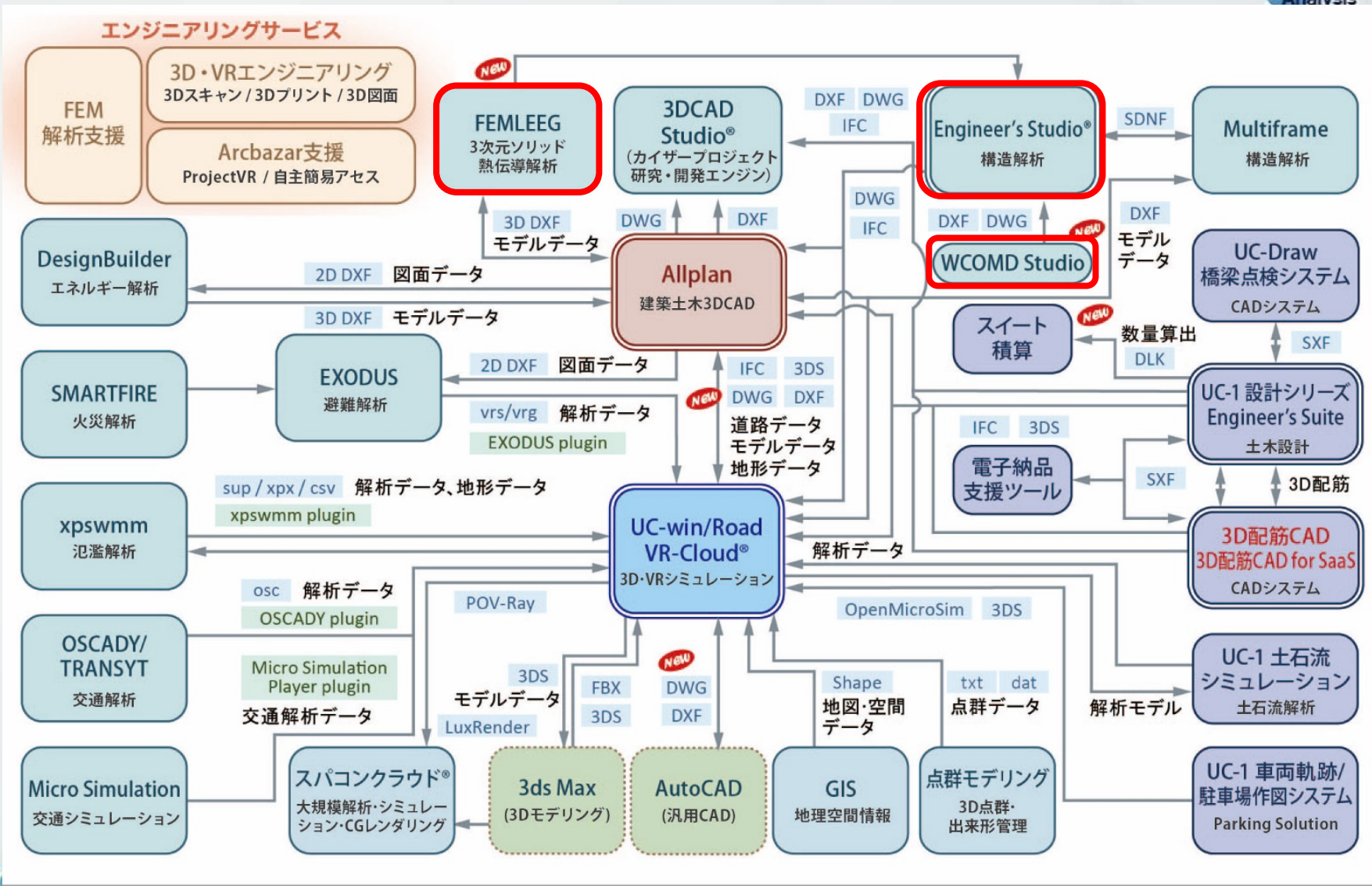
「FEM解析シリーズ、最新製品とその機能」

フォーラムエイト
UC-1開発第1Group 解析支援チームリーダ 柳 正吉

Masakichi Yanagi

FORUM8 UC-1 Development Group1 Analysys Support Team Leader

■ BIM/CIMによる統合ソリューションの連携イメージと展望






Engineer's Studio®

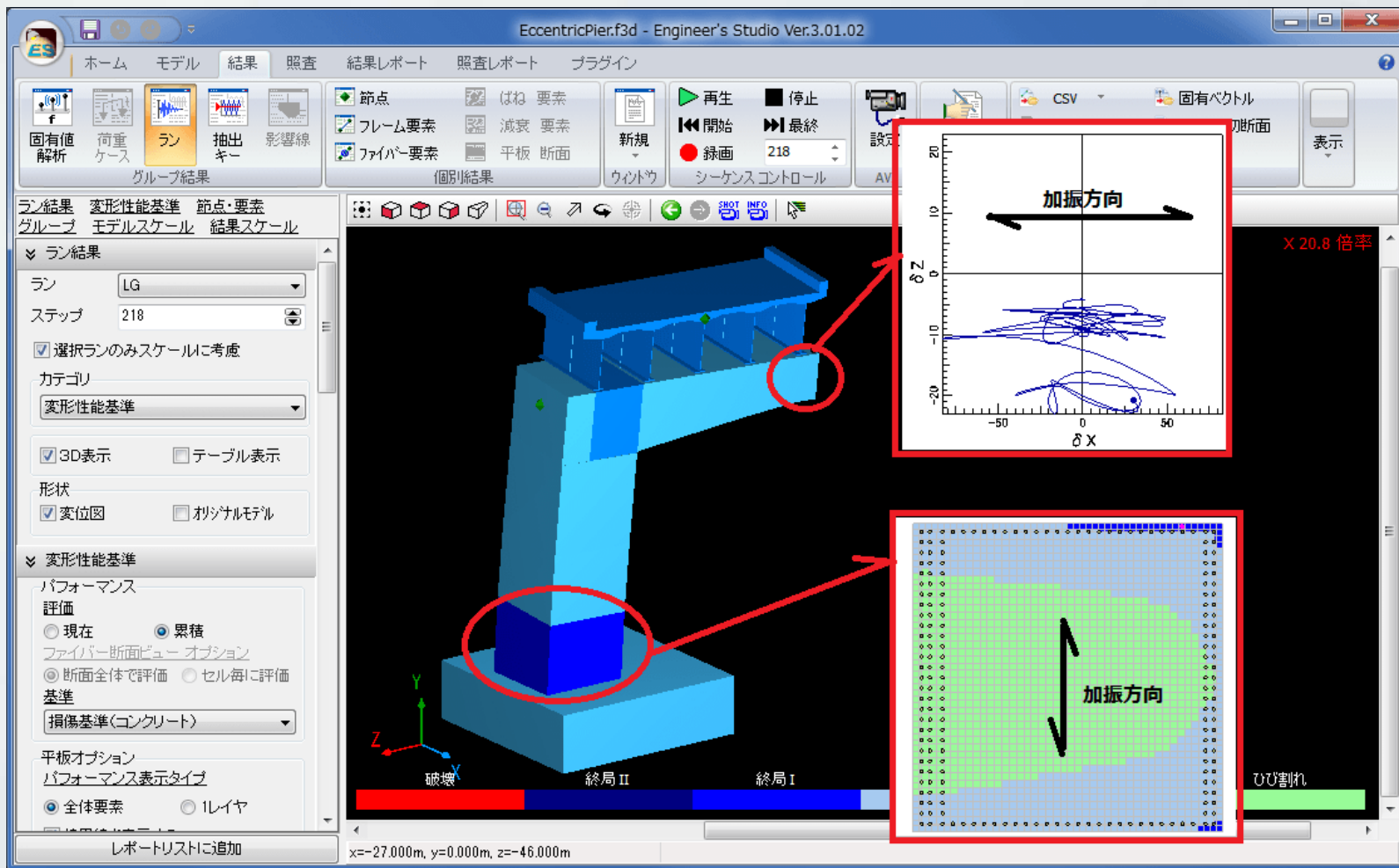
Engineer's Studio®とは



- 有限要素法(FEM)プログラム
(有限要素は、梁要素、平板要素、ケーブル要素、減衰要素)
- 3次元空間にモデルをつくる

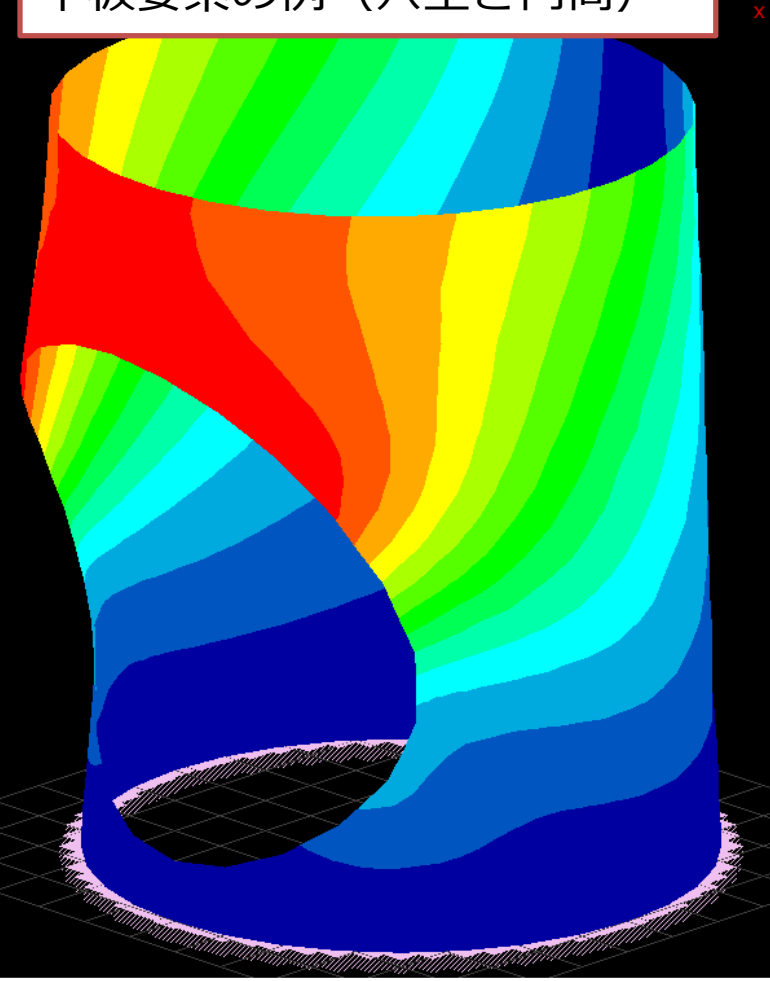
特徴 1 : 材料非線形 + 幾何学的非線形 (大変位)
特徴 2 : ファイバー要素
特徴 3 : 梁要素の断面計算・照査
特徴 4 : RC非線形平板要素
(分散ひび割れモデル) ←  →

ファイバー要素の例 (偏心橋脚)

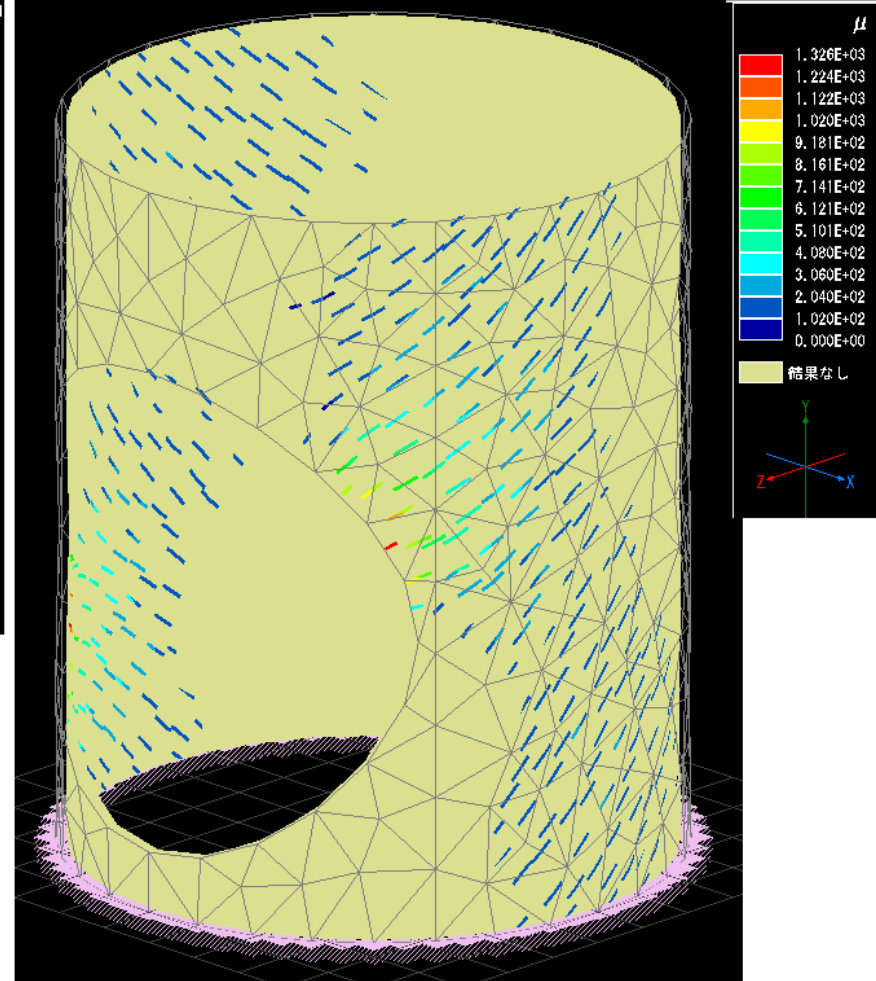


▼ 偏心橋脚

平板要素の例 (穴空き円筒)



▼変位のコンタ図



▼ひび割れ図

Ver 6.0.0 主な新機能

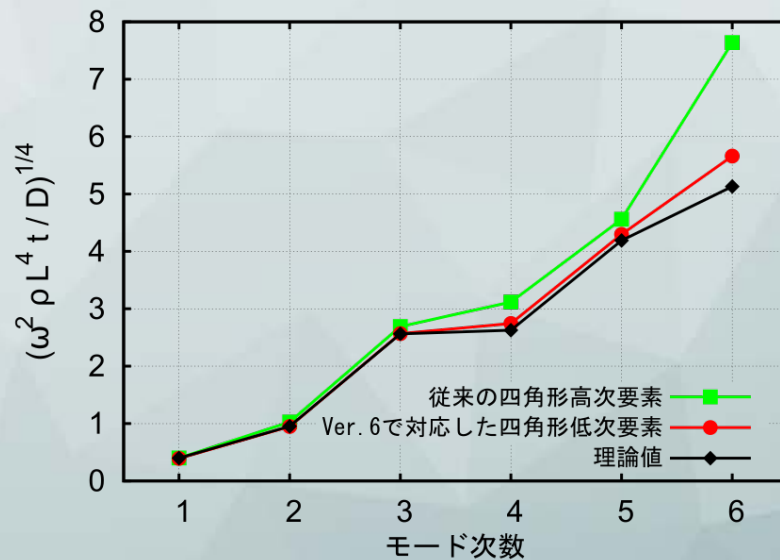
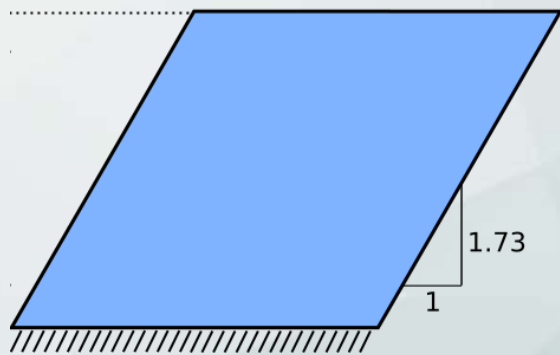
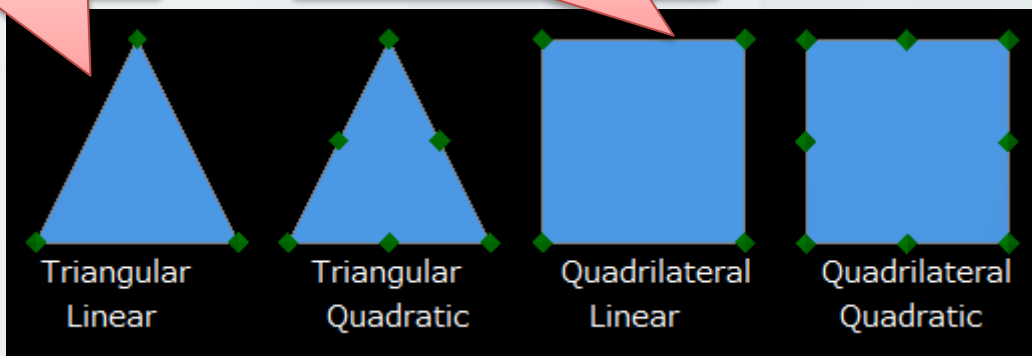


- 2016年9月12日リリース
- 平板要素に三角形1次要素を追加
- 平板要素の四角形1次要素の改善
- 平板要素の2次要素を1次要素に変換する機能
- 動的解析結果に入力波形を同時表示
- 節点や要素が所属するグループの編集機能
- 非線形RC平板要素の引張軟化係数Cの拡張
- プッシュオーバー解析事例のサンプル追加とヘルプ解説

平板要素の三角形1次要素を追加
平板要素の四角形1次要素を改善

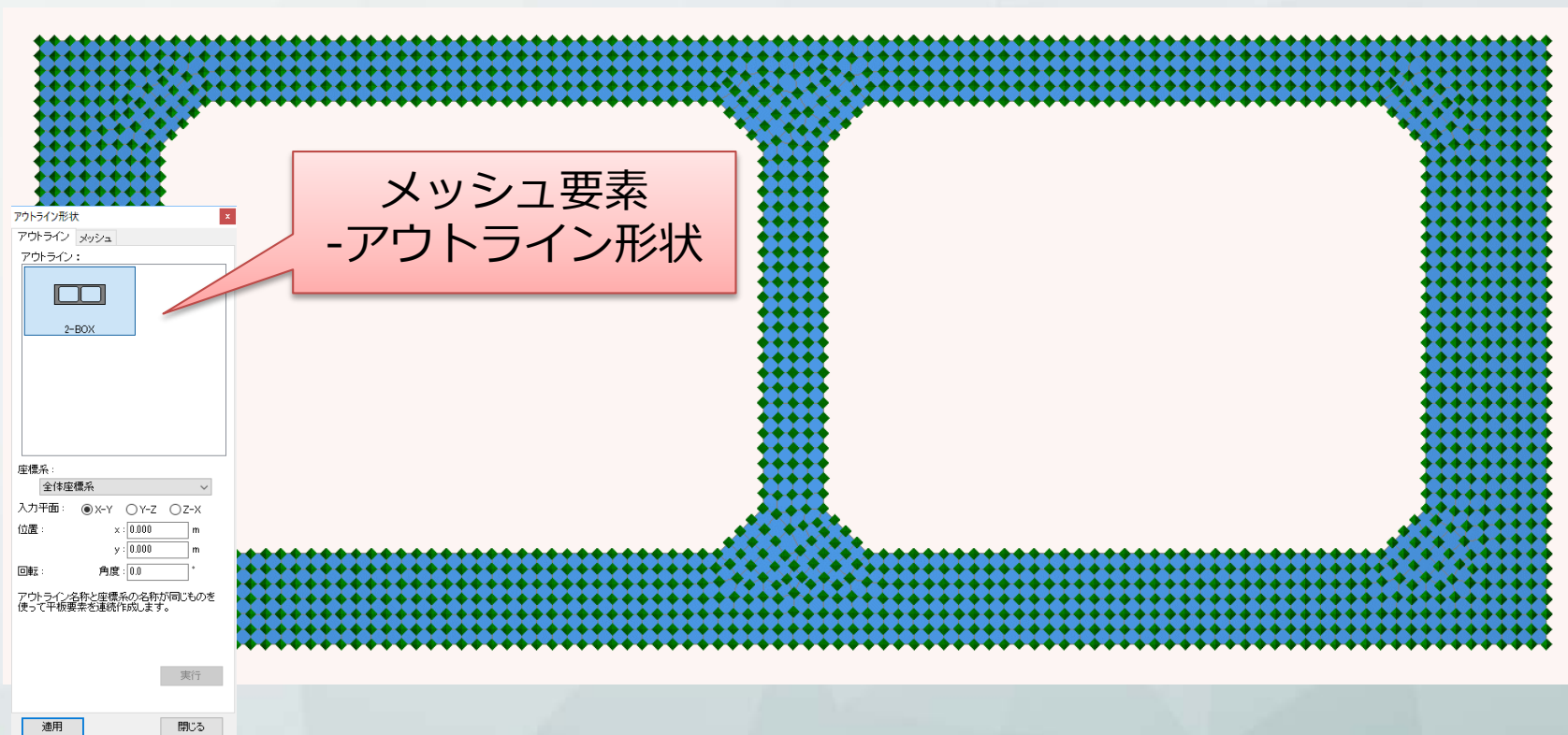
新規に追加[1][2]

要素改善[3]

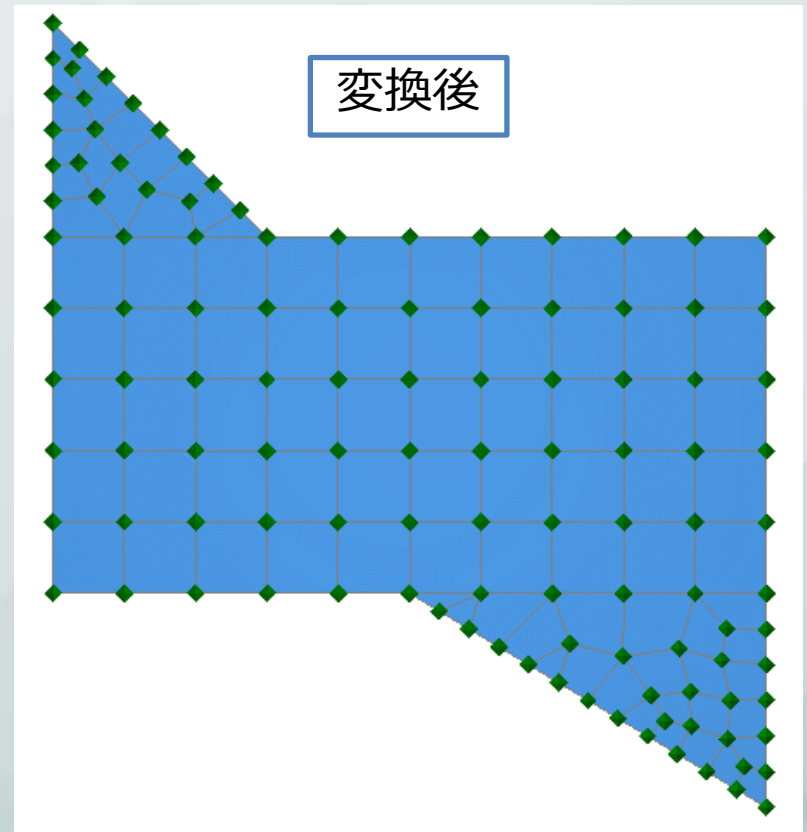
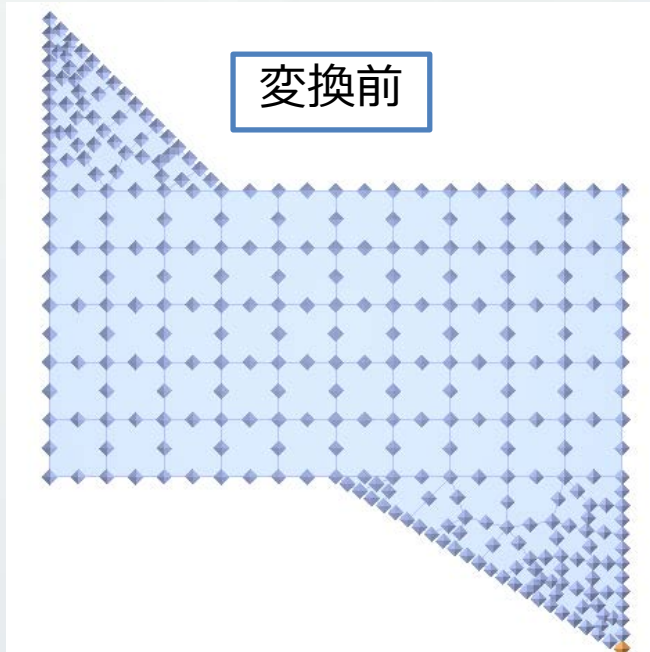


平板要素の三角形1次要素を追加
平板要素の四角形1次要素を改善

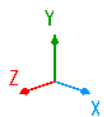
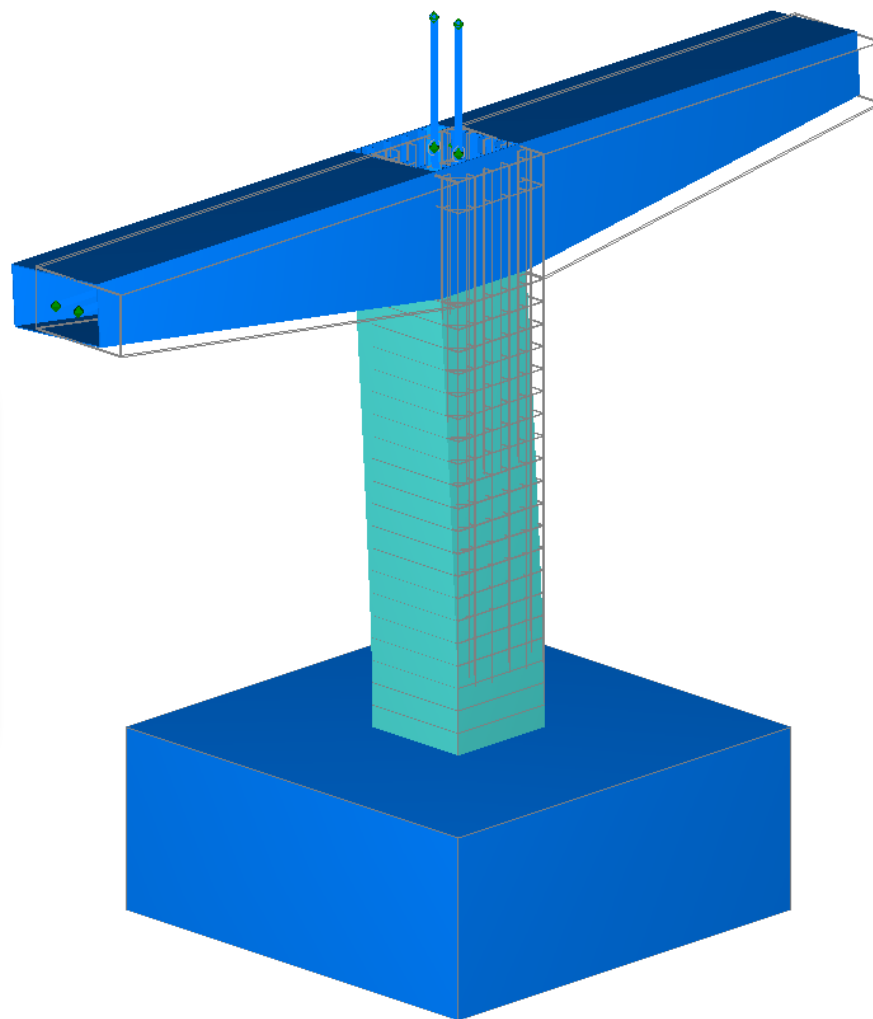
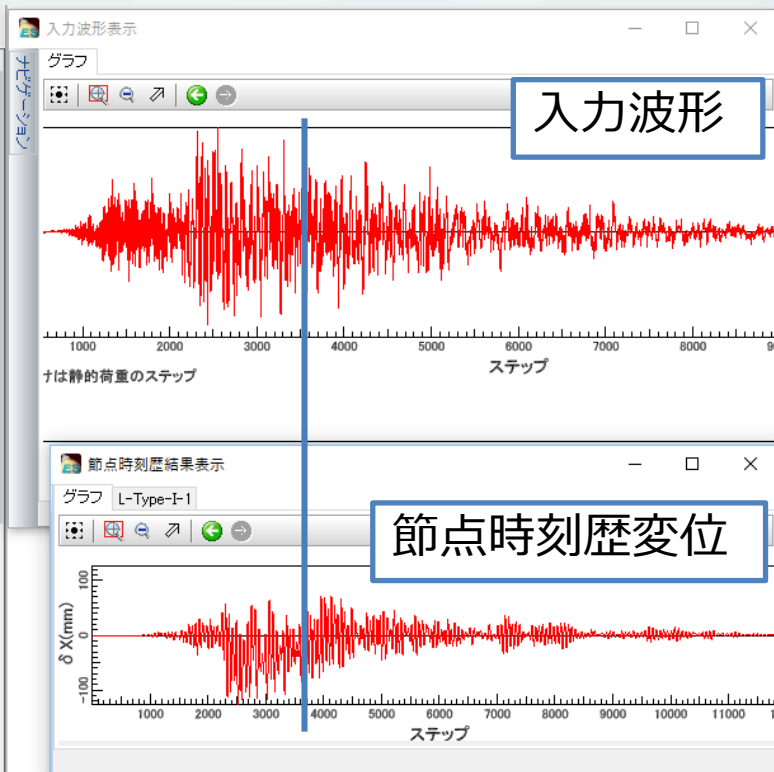
複雑な図形を
「三角形1次要素 + 四角形1次要素」
で作成可能



平板要素の2次要素を1次要素に変換



動的解析結果に入力波形を同時に表示



所属グループの編集機能

The screenshot displays the Engineer's Studio software interface. The main window shows a 3D model of a plate with a yellow grid overlay. A dialog box titled "所属グループの編集" (Edit Group) is open, allowing the user to select a group for editing. The dialog lists "G1" as selected and "グループ1" through "グループ4" as unselected. Below the dialog, a right-hand panel shows a list of actions for the selected group, including "3D入力グリッド", "選択フィルタ", "視点位置", "検索...", "名称「E1」から座標系を作成する", "ハイライト表示", "直線状に選択", "平面状に選択", "すべての要素を選択", "平板要素を選択", "平板要素を選択 平板断面: 平板断面1", "所属グループの編集", "表示", "平板要素の表示形式", "選択したオブジェクトをクリップボードにコピー", "クリップボードからオブジェクトを貼付け", "選択したオブジェクトをファイルにコピー...", and "選択した要素のコンタスムージング対象IDを設定".

非線形RC平板要素の 引張軟化係数Cの拡張

- 無筋コンクリートを非線形平板要素でモデル化する場合に設定する引張軟化係数Cを2軸方向に個別に設定できるようにしました (Cx、Cy)
- 無筋コンクリートの引張軟化係数Cx、Cyを破壊エネルギーと要素寸法から自動算出する機能を追加しました
- 平板断面の入力画面をわかりやすいように改善しました

平板断面: '平板断面1'

Y: (0.0982m, 0.0500) X: (0.0982m, 0.0500)
Y: (0.4909m, 0.0100) X: (0.4909m, 0.0100)

平板鉄筋断面

鉄筋1

No.	厚さ (m)	材料	弾性	Ec 算出方法	Ec: (N/mm ²)	Grを入力	Gf	鉄筋が配置されていない場合のC値			
								角度 (°)	任意	Cx	Cy
1	0.100	30 MPa	<input checked="" type="checkbox"/>	材料	2.80E+004	<input type="checkbox"/>	0.086	0.0	<input type="checkbox"/>	(自動)	(自動)
2	0.100	30 MPa	<input checked="" type="checkbox"/>	材料	2.80E+004	<input type="checkbox"/>	0.086	0.0	<input type="checkbox"/>	(自動)	(自動)
3	0.100	30 MPa	<input checked="" type="checkbox"/>	材料	2.80E+004	<input type="checkbox"/>	0.086	0.0	<input type="checkbox"/>	(自動)	(自動)
4	0.100	30 MPa	<input checked="" type="checkbox"/>	材料	2.80E+004	<input type="checkbox"/>	0.086	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	3.100	4.200
5	0.100	30 MPa	<input checked="" type="checkbox"/>	材料	2.80E+004	<input type="checkbox"/>	0.086	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	7.500	7.500

平板鉄筋断面名称: 鉄筋1

No.	配置	角度 (°)	X方向			Y方向		
			X方向の材料	Cx 算出方法	Cx	Y方向の材料	Cy 算出方法	Cy
1	鉄筋が2軸	0.0	平板鉄筋材料1	鉄筋	0.400	平板鉄筋材料1	鉄筋	0.400
2	無筋	0.0	無筋	自動	プリミティブ..	無筋	自動	プリミティブ..
3	無筋	0.0	無筋	自動	プリミティブ..	無筋	自動	プリミティブ..
4	無筋	0.0	無筋	自動	プリミティブ..	無筋	自動	プリミティブ..
5	鉄筋が2軸	0.0	平板鉄筋材料1	鉄筋	0.400	平板鉄筋材料1	鉄筋	0.400

平板鉄筋断面名称: 鉄筋1 鉄筋量の指定方法: 比率

No.	配置	角度 (°)	X方向			Y方向		
			ρ_x	ρ_{ex}	$\epsilon_{ix} (\mu)$	ρ_y	ρ_{ey}	$\epsilon_{iy} (\mu)$
1	鉄筋が2軸	0.0	0.0500	0.0500	0.00E+000	0.0500	0.0500	0.00E+000
2	無筋	0.0						
3	無筋	0.0						
4	無筋	0.0						
5	鉄筋が2軸	0.0	0.0100	0.0100	0.00E+000	0.0100	0.0100	0.00E+000

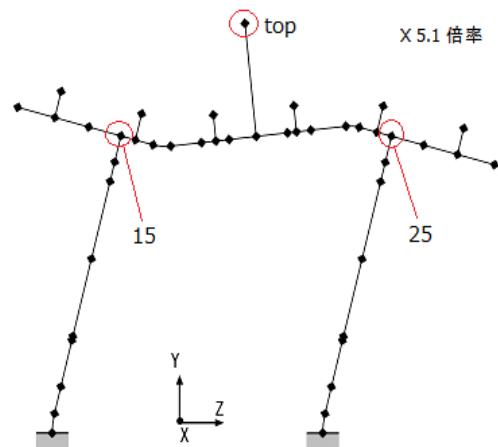
プッシュオーバー解析事例

プッシュオーバー解析を行なって
地震時保有水平耐力法による
照査の事例を作成しました。

変位の取り出し方

下記2通りを考えます。

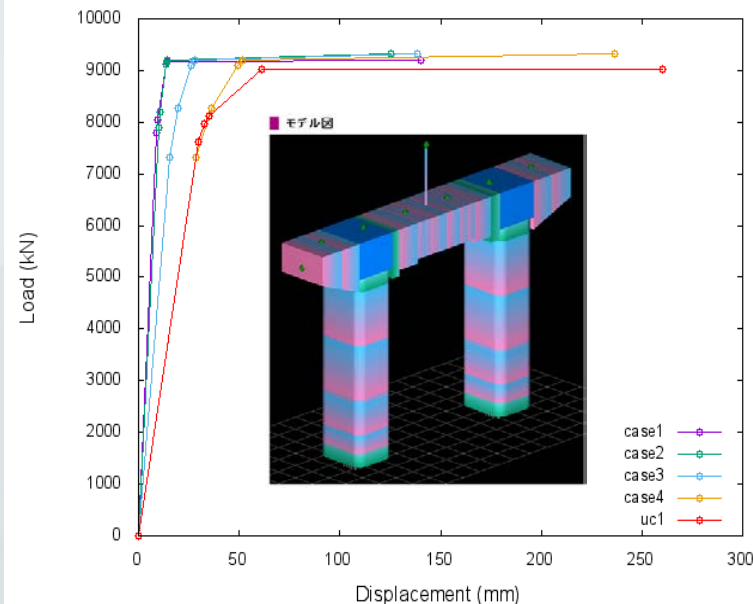
- 上部構造慣性力作用位置の節点「top」の変位を直接取り出す方法。
- 左柱と水平梁の交差部節点「15」と右柱と水平梁の交差部節点「25」の変位を用いて上部構造慣性力作用位置の変位を逆算する方法。
節点15と25の各水平変位と各回転角を用いる。



比較と考察

■ 荷重-変位関係

Case1～Case4、およびUC1の荷重変位関係をグラフにすると以下のようになります。



検討ケース

ここでは、4通りの事例を考察します。

ケース名と略称	M-φ要素	弾性梁要素	変位の取り出し方
Case1: 補正なし	トリリニア(補正無し)	全断面有効	節点top
Case2: 補正有	バイリニア(補正有り)	全断面有効	節点top
Case3: 補正有+降伏剛性	バイリニア(補正有り)	降伏剛性	節点top
Case4: 補正有+降伏剛性+平均	バイリニア(補正有り)	降伏剛性	節点15と25の平均

開発予定

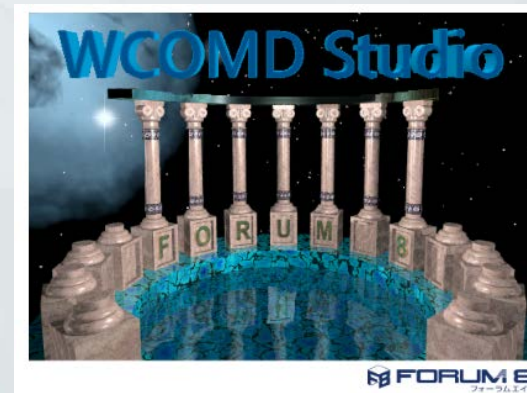


- H29年新道路橋示方書への対応を予定
- 平板要素のリメッシュ機能
- 64bit対応：プリ、ポスト、入出力画面処理
(ソルバーは64bit対応済み)

WCOMD Studio

WCOMD Studioとは

- 有限要素法(FEM)プログラム
(有限要素は、平板要素、ジョイント要素)
- 2次元空間にモデルをつくる



- 特徴 1 : UC-win/WCOMDの後継製品
- 特徴 2 : 計算部はUC-win/WCOMDと同じ
RC構造物の2次元非線形解析エンジン
- 特徴 3 : RC非線形平板要素
(分散ひび割れモデル)
- 特徴 4 : プリ・ポスト処理を大幅に改善

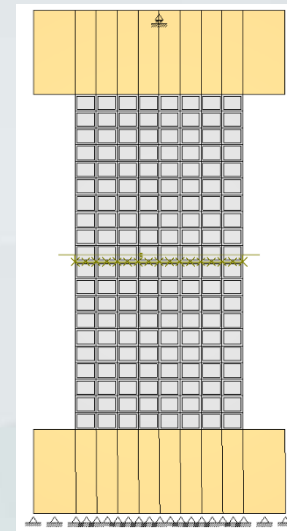


製品概要

Design
Analysis

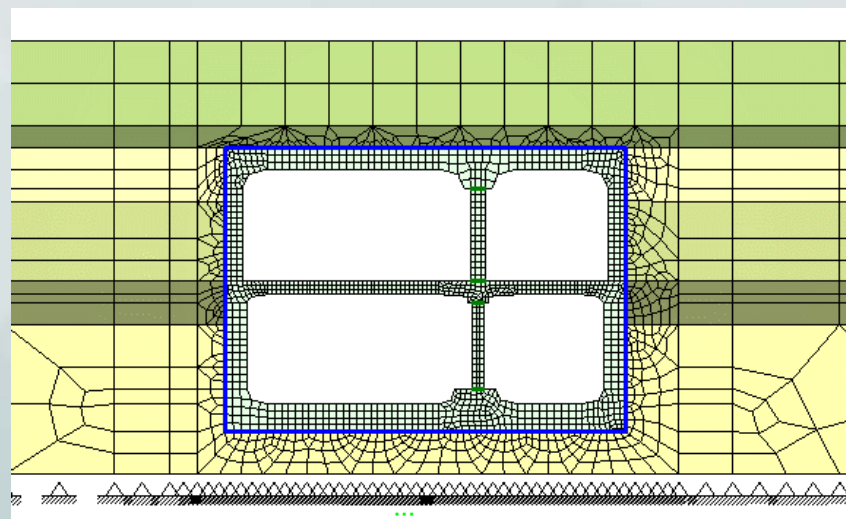
■ 解析対象

- RC Plate (RC平板要素)
- RC Joint (RC接合要素)
- Soil (地盤要素)
- Universal Joint (境界要素)
- Elastic Plate (弾性平板要素)



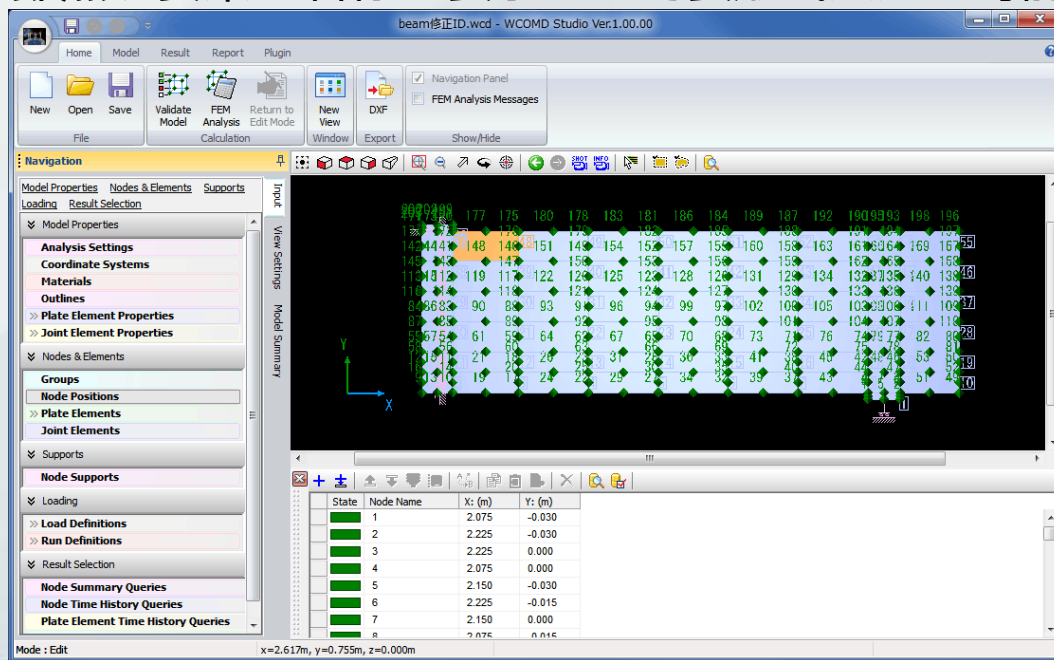
■ 解析内容 (対象荷重)

- 動的非線形解析
- 静的線形/非線形解析



プリ処理の新しい内容

- 1.無制限なアンドゥ機能（PC性能依存）
- 2.自由にはめ込み取り外しが可能な
ドッカブルインターフェース
- 3.表形式入力画面でのデータ修正
節点や要素の名称を表示させて表形式入力が可能

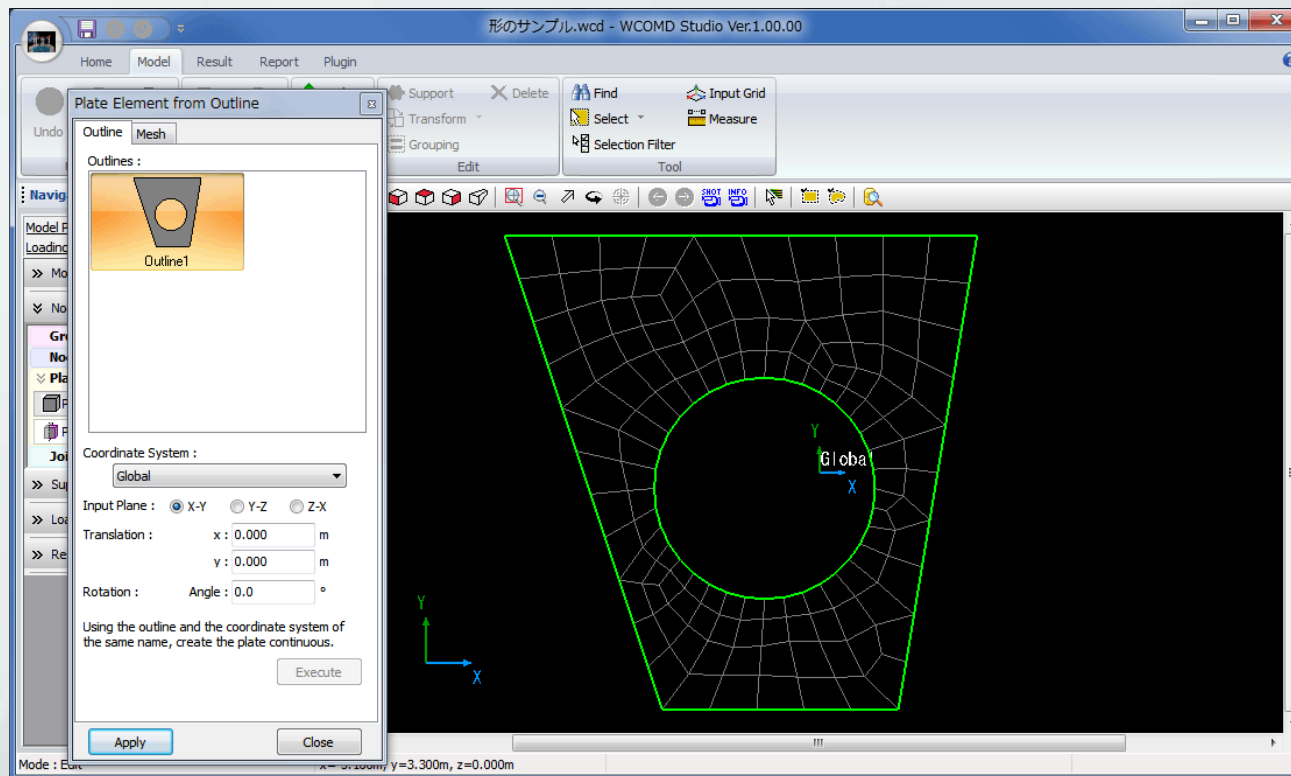


プリ処理の新しい内容



4. 複雑な外形の内部を自動的にメッシュ分割する機能

複雑な外形の内部を自動的にメッシュ分割する機能



プリ処理の新しい内容

5. ジョイント要素

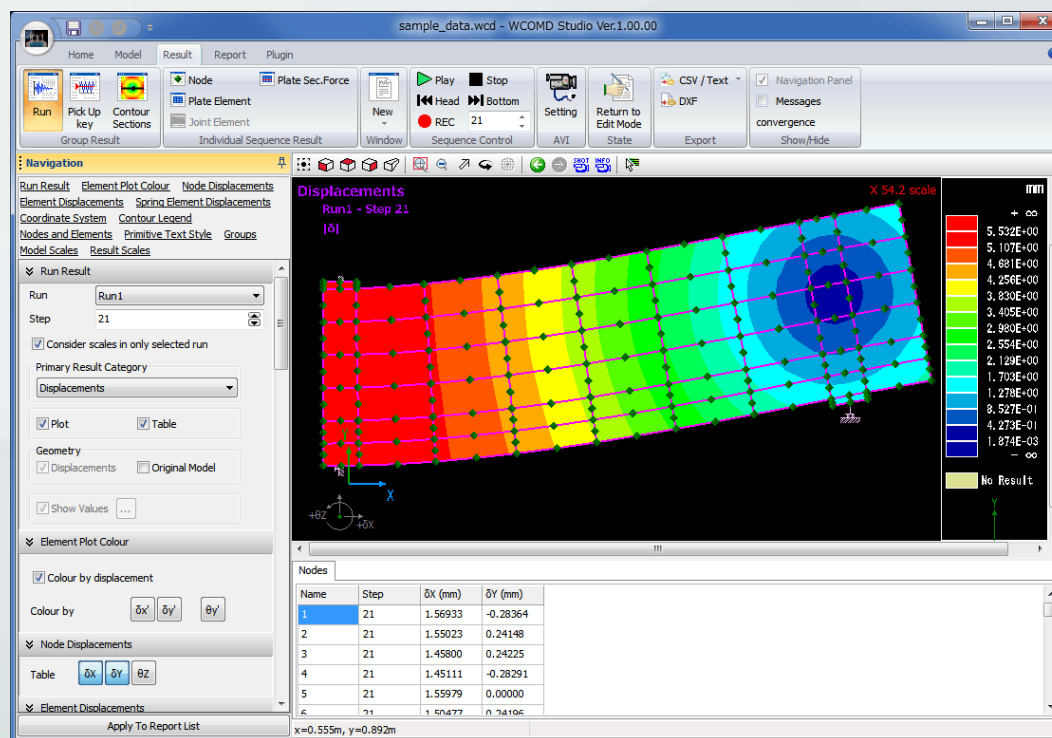
RCジョイント、ユニバーサルジョイントの配置

The screenshot displays the WCOMD Studio interface. The main window shows a 3D model of a beam structure with various joints. The left sidebar contains a navigation tree with categories like Model Properties, Nodes & Elements, and Supports. The bottom panel shows a table of joint elements.

State	Element Name	Type	i-Node	j-Node	Nodes	Thickness: (m)	Joint Prc
▶	62	RC Joint Element	149	152	149,Link5,Link8,Link7,152,...	0.375	Joint ^
▶	63	RC Joint Element	152	155	152,Link7,Link10,Link9,15...	0.375	Joint
▶	64	RC Joint Element	155	126	155,Link9,Link12,Link11,1...	0.375	Joint
▶	65	RC Joint Element	126	129	126,Link11,Link14,Link13,...	0.375	Joint
▶	66	RC Joint Element	129	132	129,Link13,Link16,Link15,...	0.375	Joint
▶	67	RC Joint Element	132	161	132,Link15,Link18,Link17,...	0.375	Joint
▶	68	RC Joint Element	161	164	161,Link17,Link20,Link19,...	0.375	Joint
▶	69	RC Joint Element	164	193	164,Link19,Link22,Link21,...	0.375	Joint
▶	70	Universal Joint Element	84	83	84,Link23,Link25,Link24,8...	0.375	Joint v

ポスト処理の新しい内容

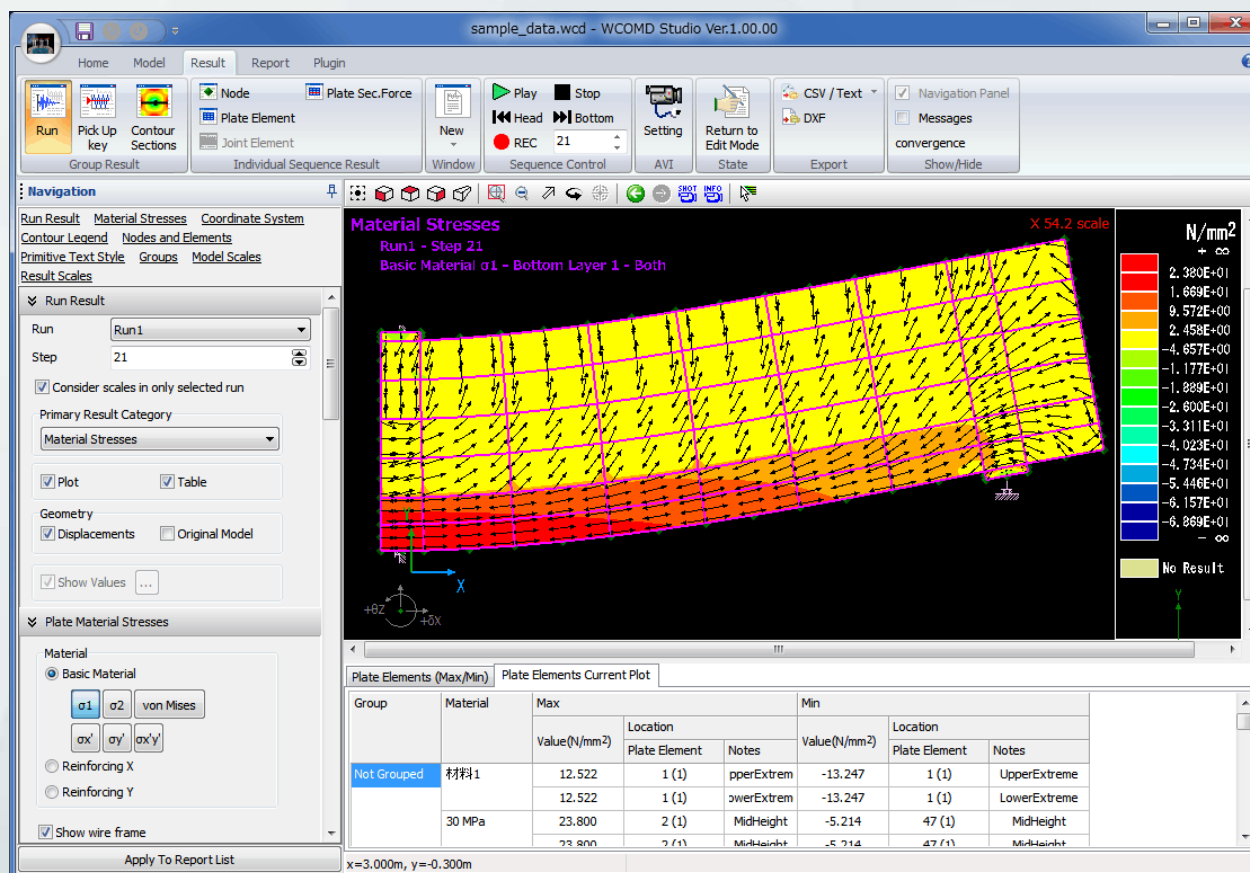
1. 結果のテキスト形式（CSVファイル）出力
2. レポート出力機能の充実
F8出力編集ツールに対応
3. 変位図と変位コンタ図



ポスト処理の新しい内容

4. 応力のコンタと方向

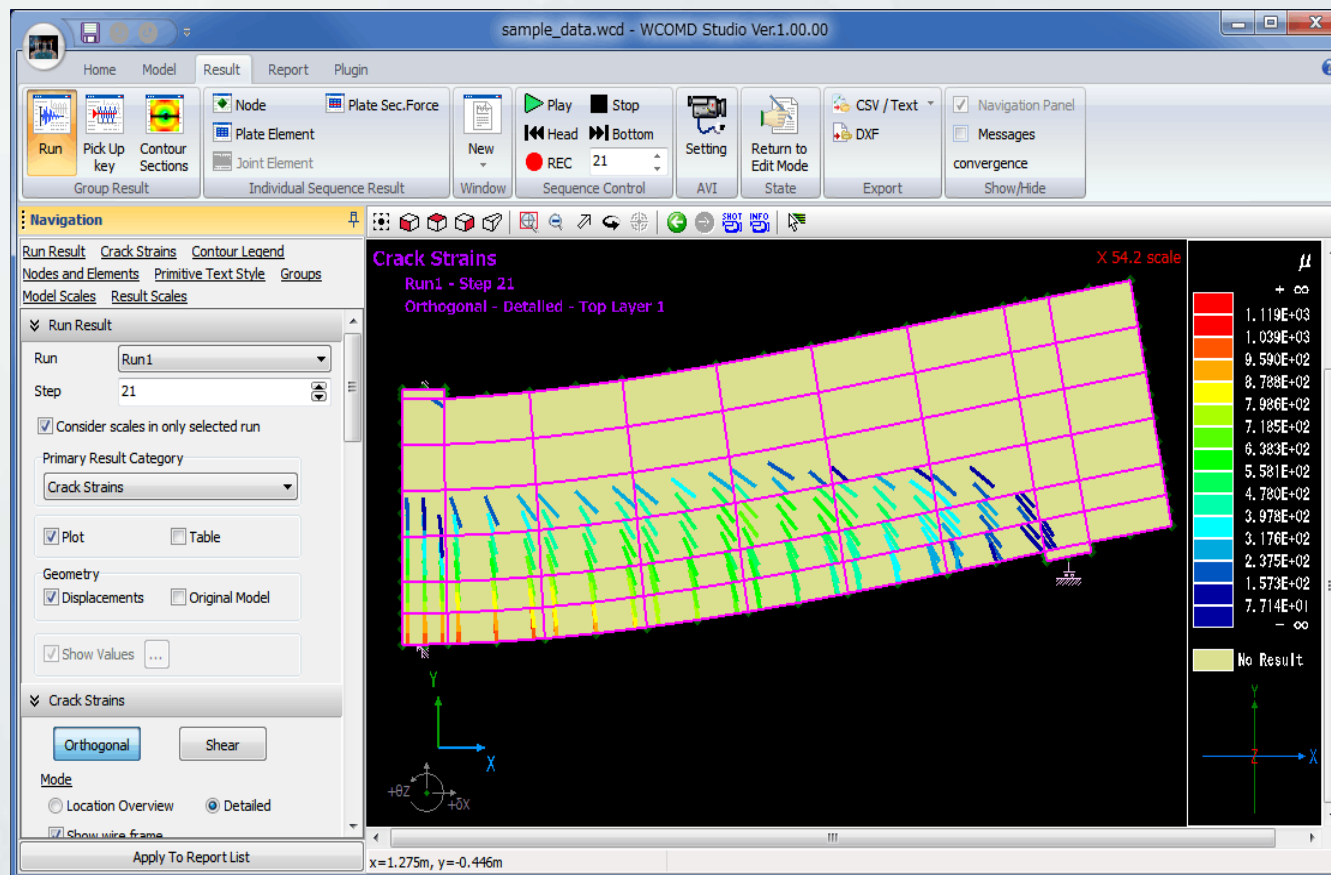
主応力コンタと主応力の方向表示



ポスト処理の新しい内容

5. 変位図とひび割れ図

変位状態とひび割れの様子図



開発予定

『 2012年制定コンクリート標準示方書 [設計編：本編]
9編 非線形有限要素解析による照査
3.5.4 応力, ひずみによる指標 』

- 正規化累加ひずみエネルギー

$$\sqrt{J_2'} = \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_x - \varepsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{xy}}{2}\right)^2}$$

- 偏差ひずみ第2不変量

$$W_n = W_{n-1} + \frac{1}{2f} \left(\sigma_{ij}^{(n-1)} + \sigma_{ij}^{(n)} \right) \cdot \left(\varepsilon_{ij}^{(n)} - \varepsilon_{ij}^{(n-1)} \right)$$



GeoFEAS Flow 3D

GeoFEAS Flow 3Dとは



- 有限要素法(FEM)プログラム
(有限要素は、梁要素、平板要素、ソリッド要素、ジョイント要素)
- 3次元空間にモデルをつくる

特徴 1 : FEMによる地盤の弾塑性解析(GeoFEAS)と定常/非定常, 飽和-不飽和浸透流解析(VGFlow)が可能な地盤解析プログラム

特徴 2 : GeoFEASとVGFlowが同一のプラットフォームで動作形状データおよびメッシュデータの共有化により、作業量を大幅に縮減

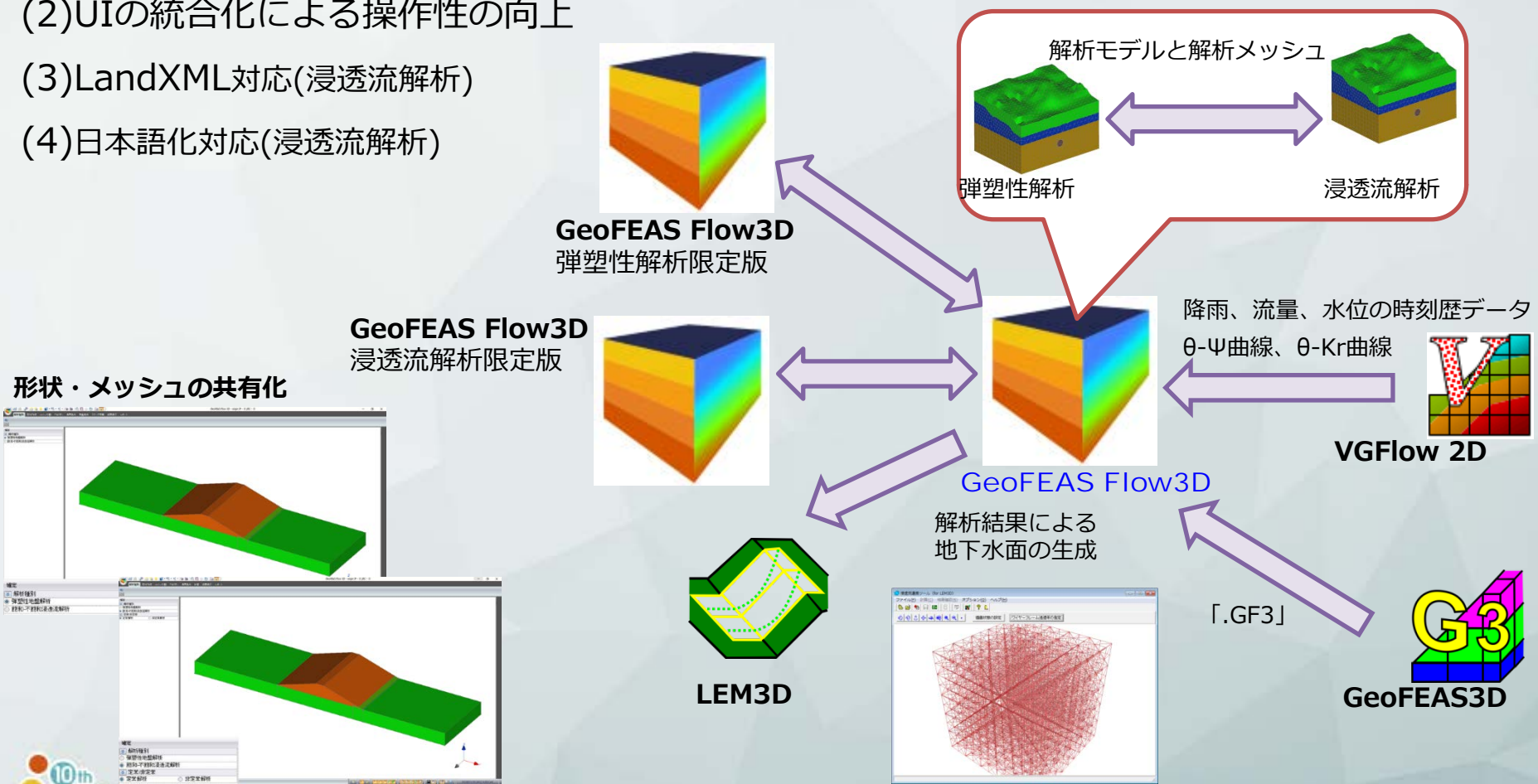
特徴 3 : 群馬大学大学院理工学府環境創生部門地盤工学研究室の地盤解析プログラムを利用

プログラムの特徴

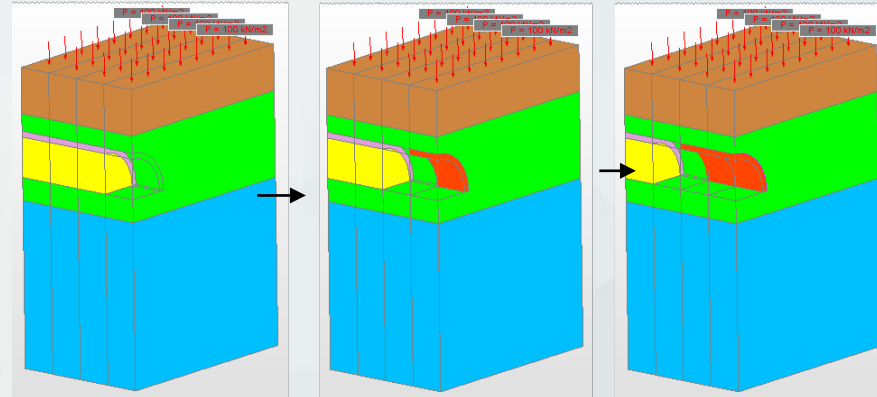


- (1)データ互換性向上
- (2)UIの統合化による操作性の向上
- (3)LandXML対応(浸透流解析)
- (4)日本語化対応(浸透流解析)

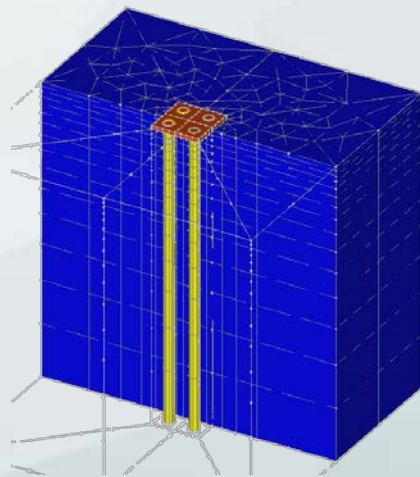
製品間データ連携



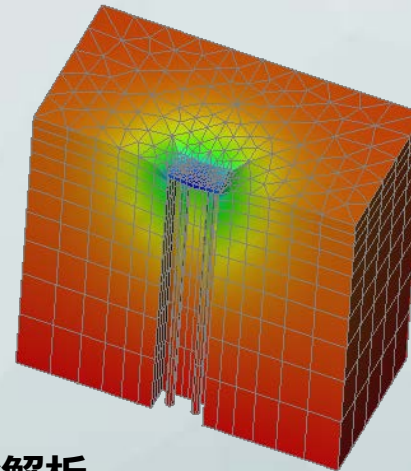
検討例



トンネル掘削解析

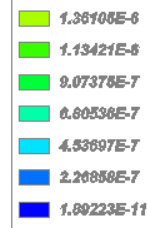
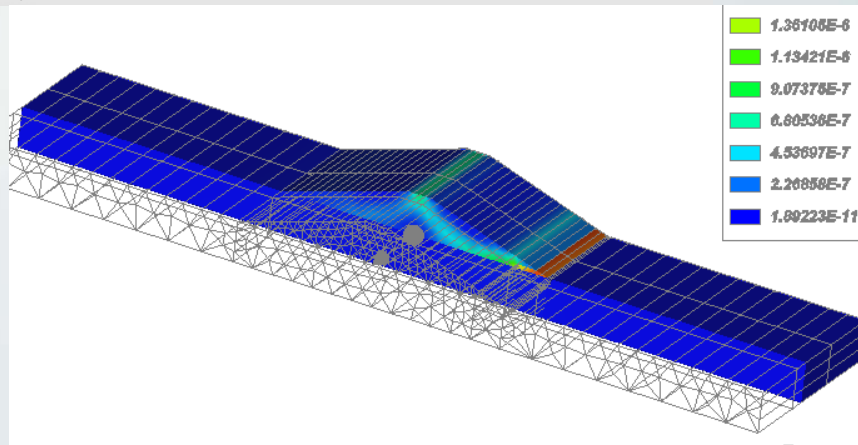
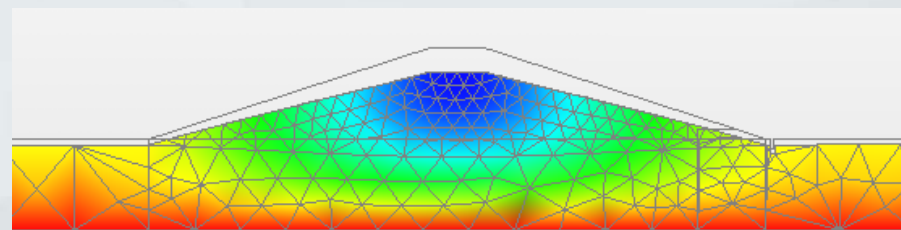
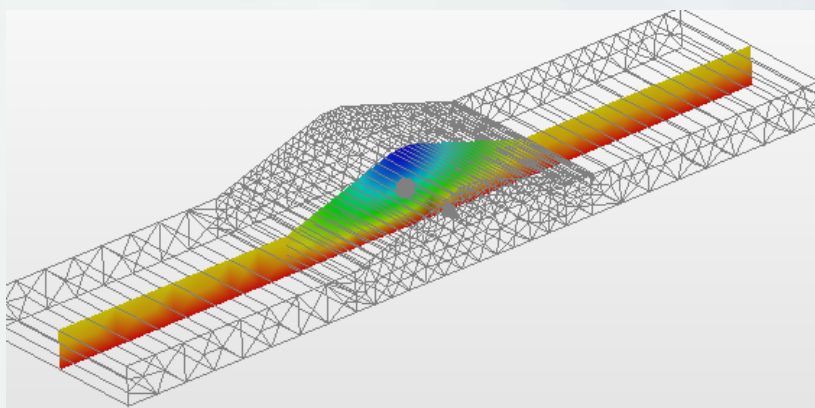


杭基礎解析



検討例

堤防地盤解析



出力項目の選択

確定

- モデル情報
- 応力変形解析
 - 立体要素の節点変位
 - 板要素の節点変位
 - 部材要素の節点変位
 - 反力
 - 立体要素の節点におけるひずみ
 - 立体要素の節点における応力
 - 板要素の節点における応力
 - 部材の断面力
 - 板の断面力
 - 局所安全率
- 強度低下法解析 (SSR)
 - 立体要素の節点の変位
 - 板要素の節点の変位
 - 部材要素の節点の変位
 - 反力
 - 立体要素の節点におけるひずみ
 - 立体要素の節点における最大
 - 立体要素の節点における応力
 - 板要素の節点の応力
 - 部材のせん断力
 - 板のせん断力
 - 局所安全率

213	283 - 290 - 291 - 284 - 332 - 339 - 340 - 333
214	284 - 291 - 292 - 285 - 333 - 340 - 341 - 334
215	285 - 292 - 293 - 286 - 334 - 341 - 342 - 335
216	286 - 293 - 294 - 287 - 335 - 342 - 343 - 336

応力変形解析 - Stage : 1

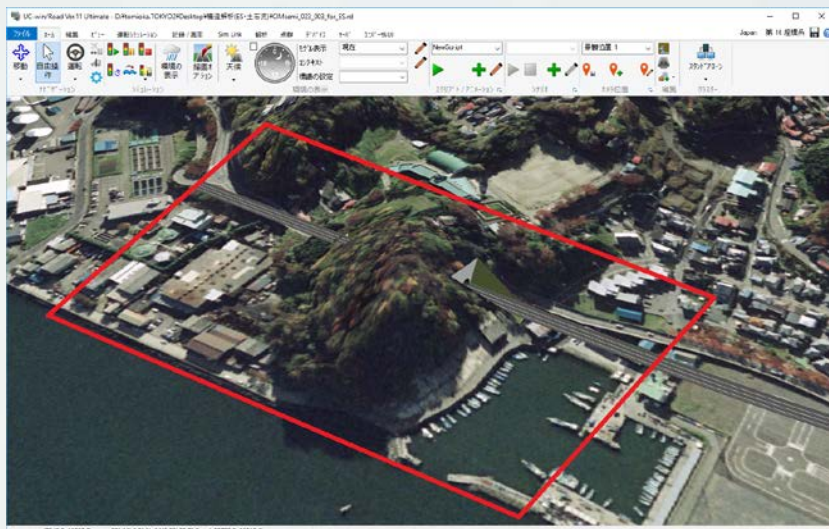
ユーザグループ : 立体要素

立体要素の節点変位

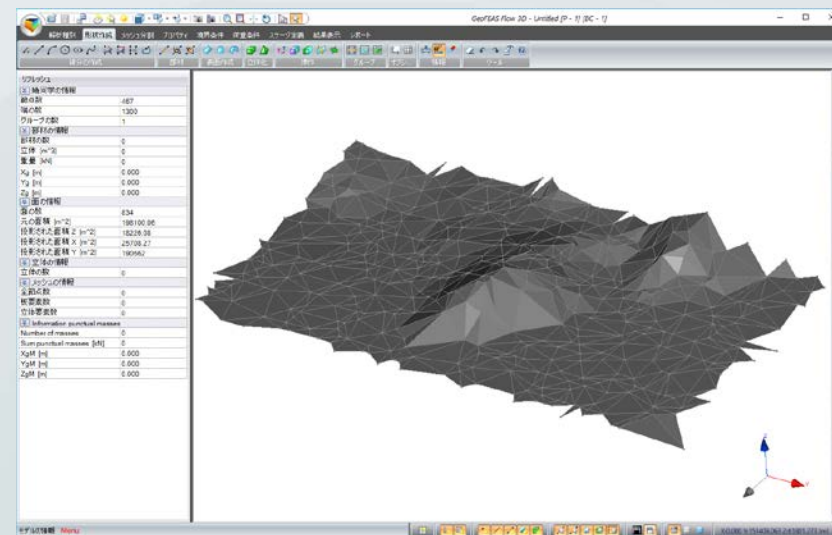
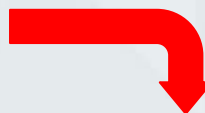
節点	U	V	W
	mm	mm	mm
1	0.074	0.713	-8.092
3	0.404	0.752	-8.162
5	0.041	0.708	-8.337
7	0.287	0.746	-8.437
9	0.401	0.356	-8.203
11	0.288	0.352	-8.505
13	0.399	-0.093	-8.231
15	0.287	-0.097	-8.545
17	0.404	-0.543	-8.352
19	0.29	-0.547	-8.655

レポート出力

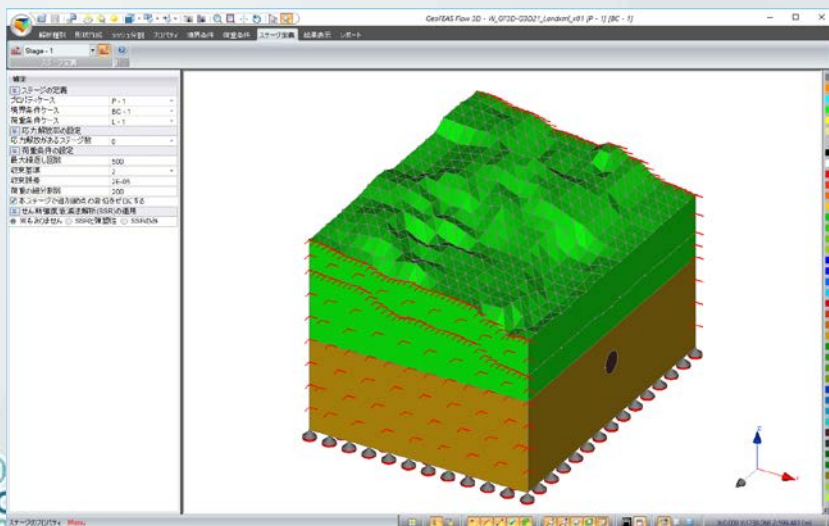
UC-win/Roadとの連携



Landxml形式による地形データ読み込み



地層データ、支持条件、荷重条件の設定



FEMLEEG

FEMLEEGとは

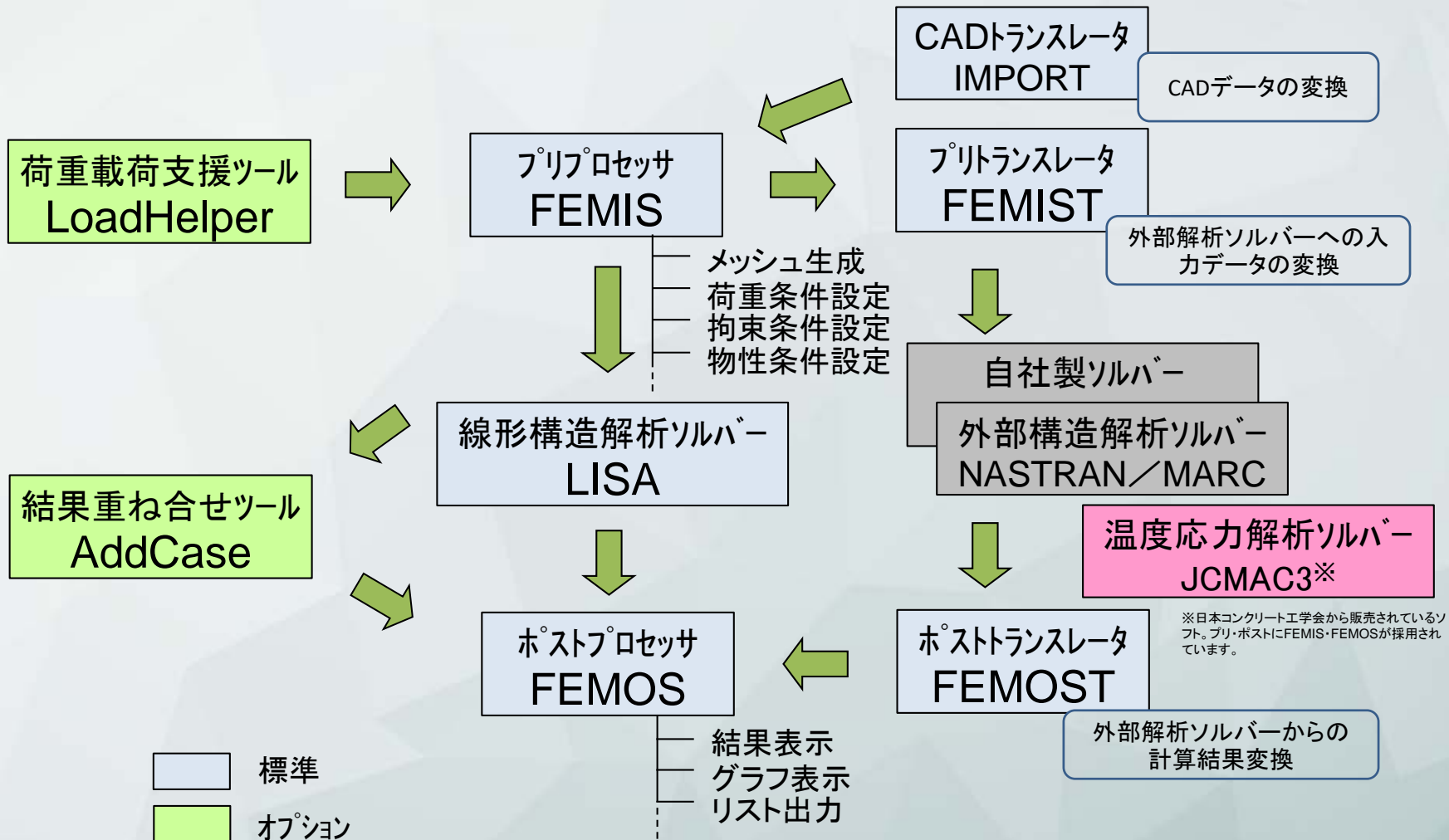


- 有限要素法(FEM)プログラム
(有限要素は、梁要素、プレート/**シェル要素**、ソリッド要素)
- 3次元空間にモデルをつくる

- 特徴 1 : 3次元ソリッド要素
- 特徴 2 : 多彩な解析機能(構造解析/伝熱解析/熱応力解析)
- 特徴 3 : オープンで汎用なシステム
- 特徴 4 : コマンド形式によるバッチ実行



FEMLEEGシステム構成



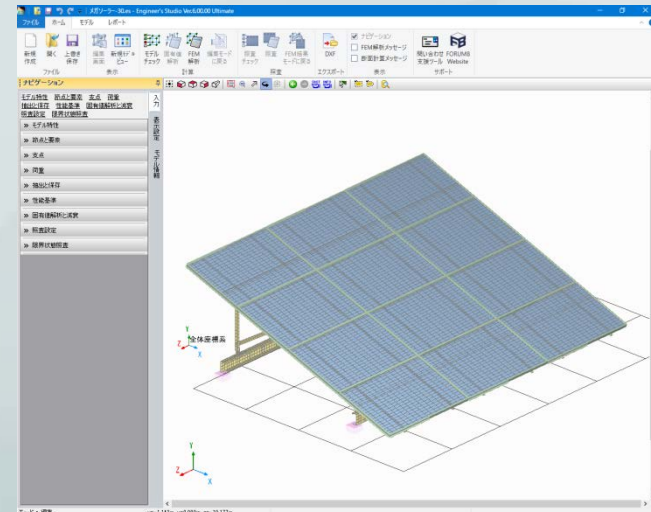
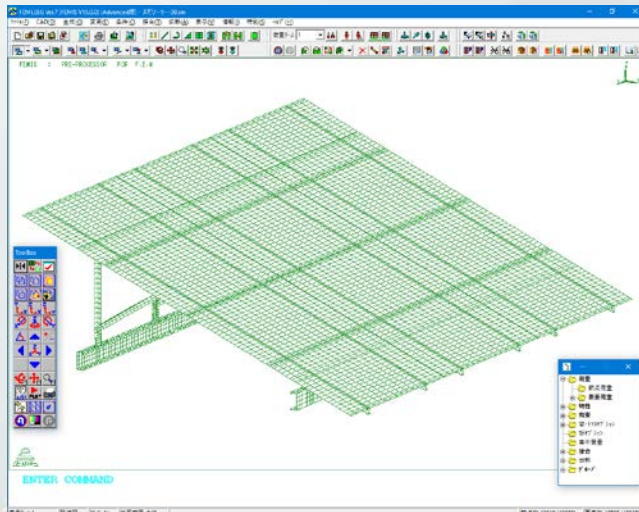
Ver.7 主な新機能



- 2016年9月28日リリース
- Engineer's Studioへのエクスポート機能の追加
- 要素辺選択機能の追加
- 描画範囲選択の保存・呼び出し機能の追加
- CADデータのコピー機能の追加
- 等価節点力の出力機能の追加
- TreeViewから条件確認画面の表示機能の追加

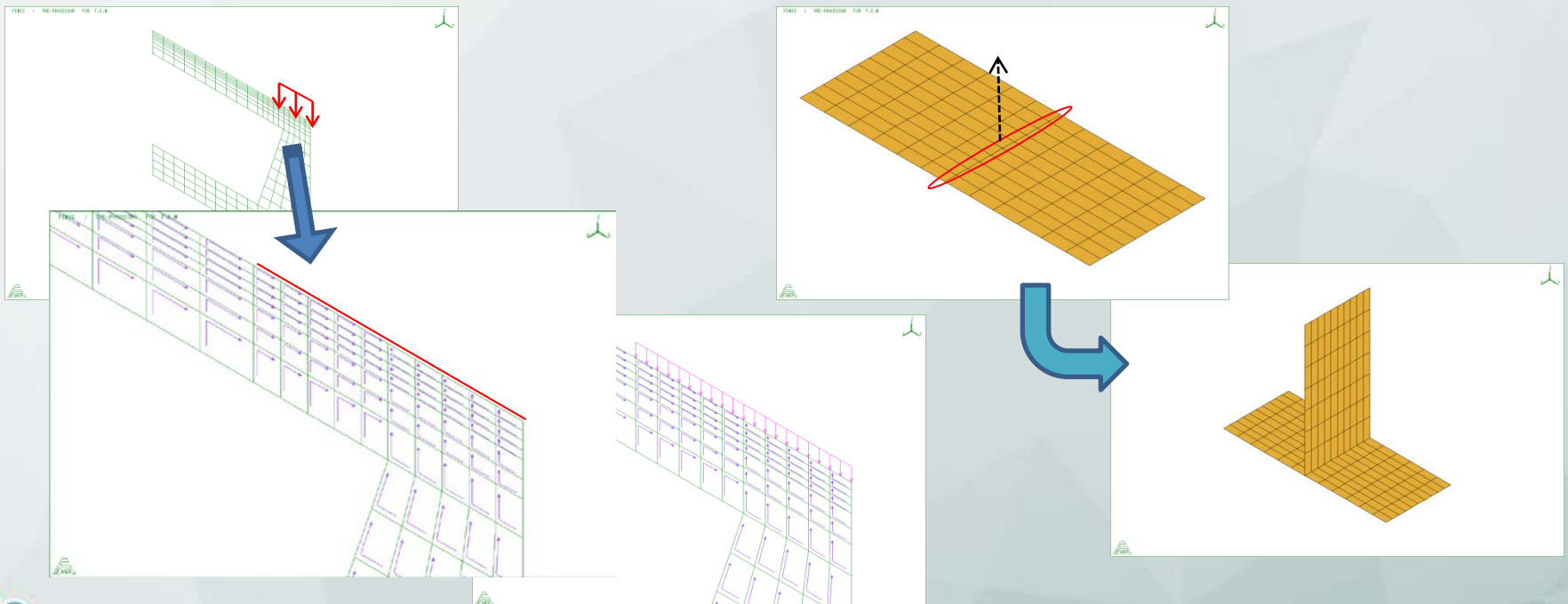
Engineer's Studio[®]への エクスポート機能の追加

- プリプロセッサ（FEMIS）で作成した梁・プレート要素のメッシュデータ、断面情報・荷重・拘束などの条件データを Engineer's Studio[®]のデータとして出力する機能を追加しました。
- Engineer's Studio[®]で動的非線形解析が可能となります。
- Engineer's Studio[®]では設定が困難な円筒座標系を参照した荷重・拘束や、LoadHelperを使用したメッシュに依存しない荷重データもESで利用できるようになります。



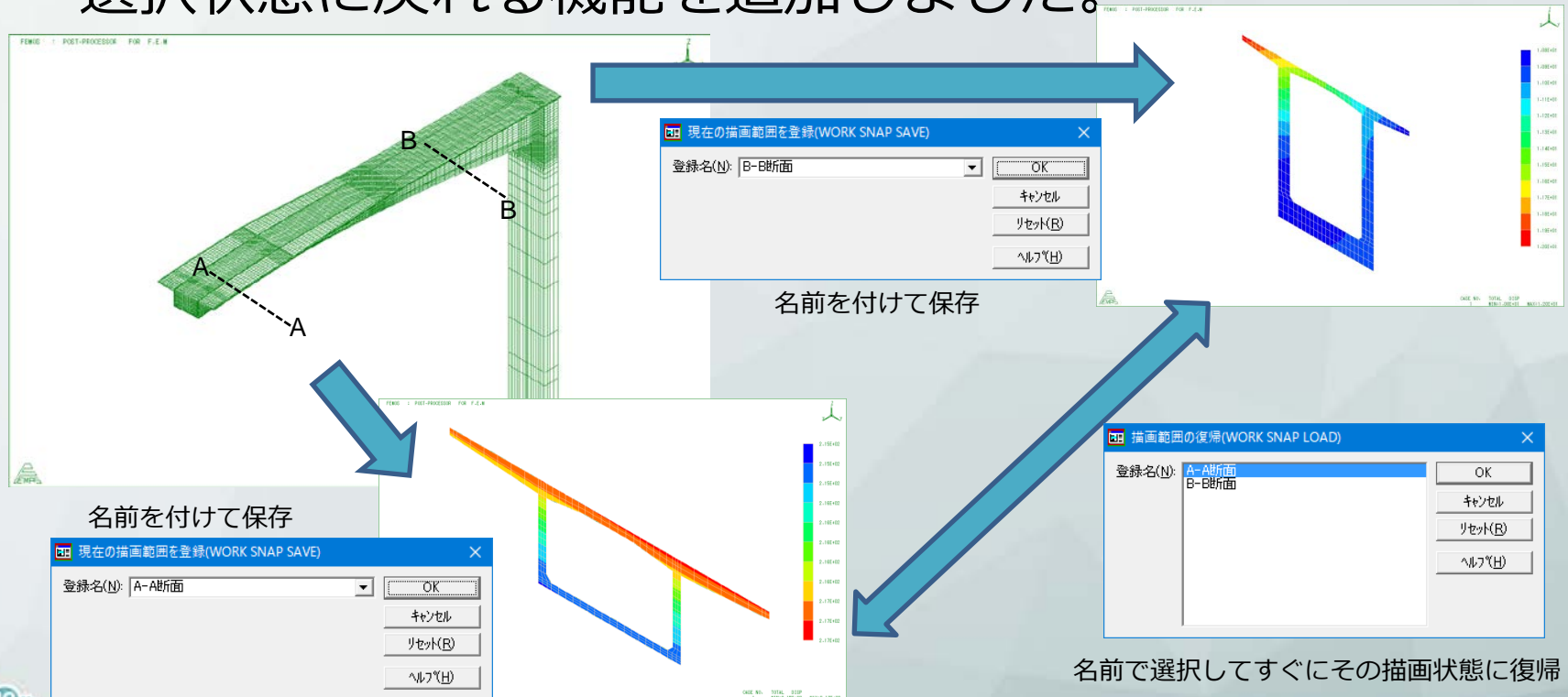
要素辺選択機能の追加

- 要素の辺を画面上で直接指定できるようになりました。これにより要素辺の押し出しによる2次元要素生成や、任意の要素辺上に1次元要素を生成したり、辺番号を意識しない辺荷重を設定できるようになります。



描画範囲選択の 保存・呼び出し機能の追加

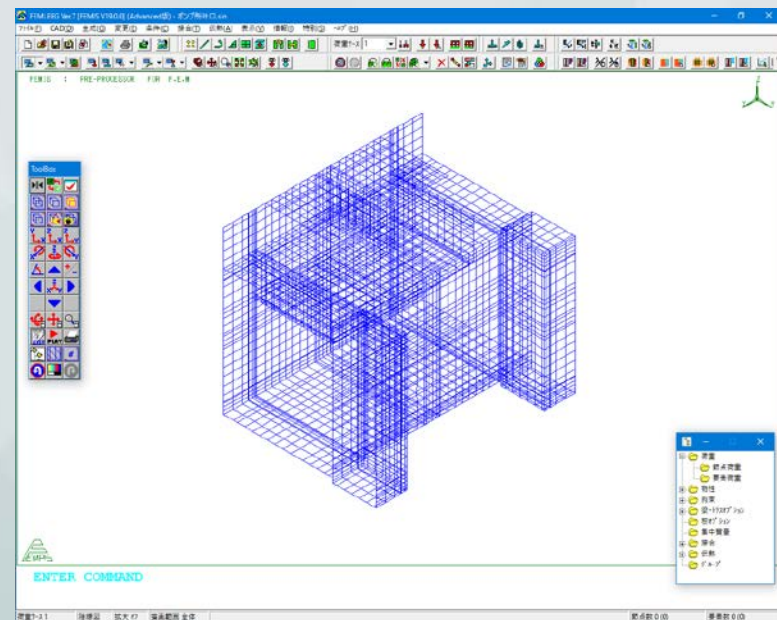
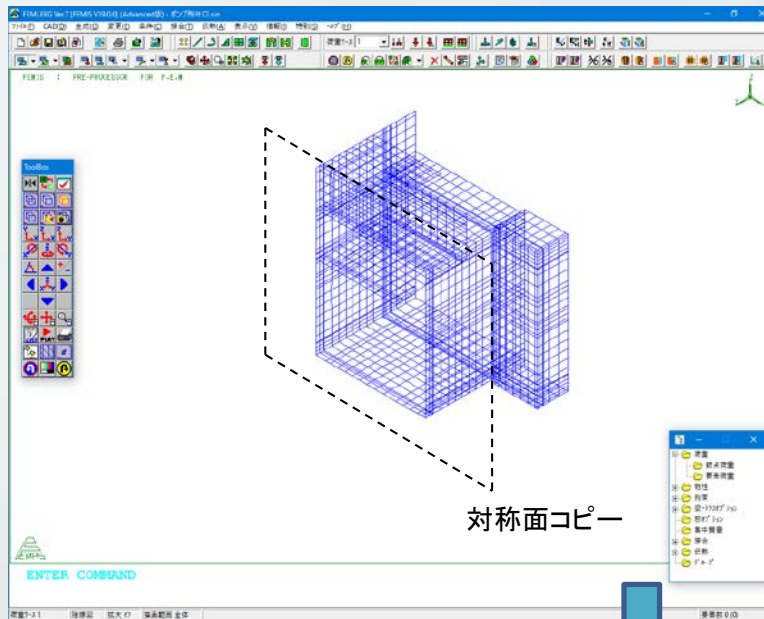
- ポストプロセッサ（FEMOS）の描画範囲選択で、現在の状態を名前を付けて保存して、後からその保存時の描画選択状態に戻れる機能を追加しました。



CADデータのコピー機能の追加



- 要素のコピー/移動と同等のコピー/移動機能（回転・対称面・平行）を追加しました。



開発予定



- RC要素のNO TENSION解析機能
- EXCEL連携によるグラフ出力
- Engineer's Studio®からのインポート機能
- ビューのアンドウ・リドウ機能
- 大規模モデル読込時のメモリ自動拡張機能