



第9回

# FORUM8 Design Festival

2015-3Days+**Eve**



主催：株式会社 フォーラムエイト

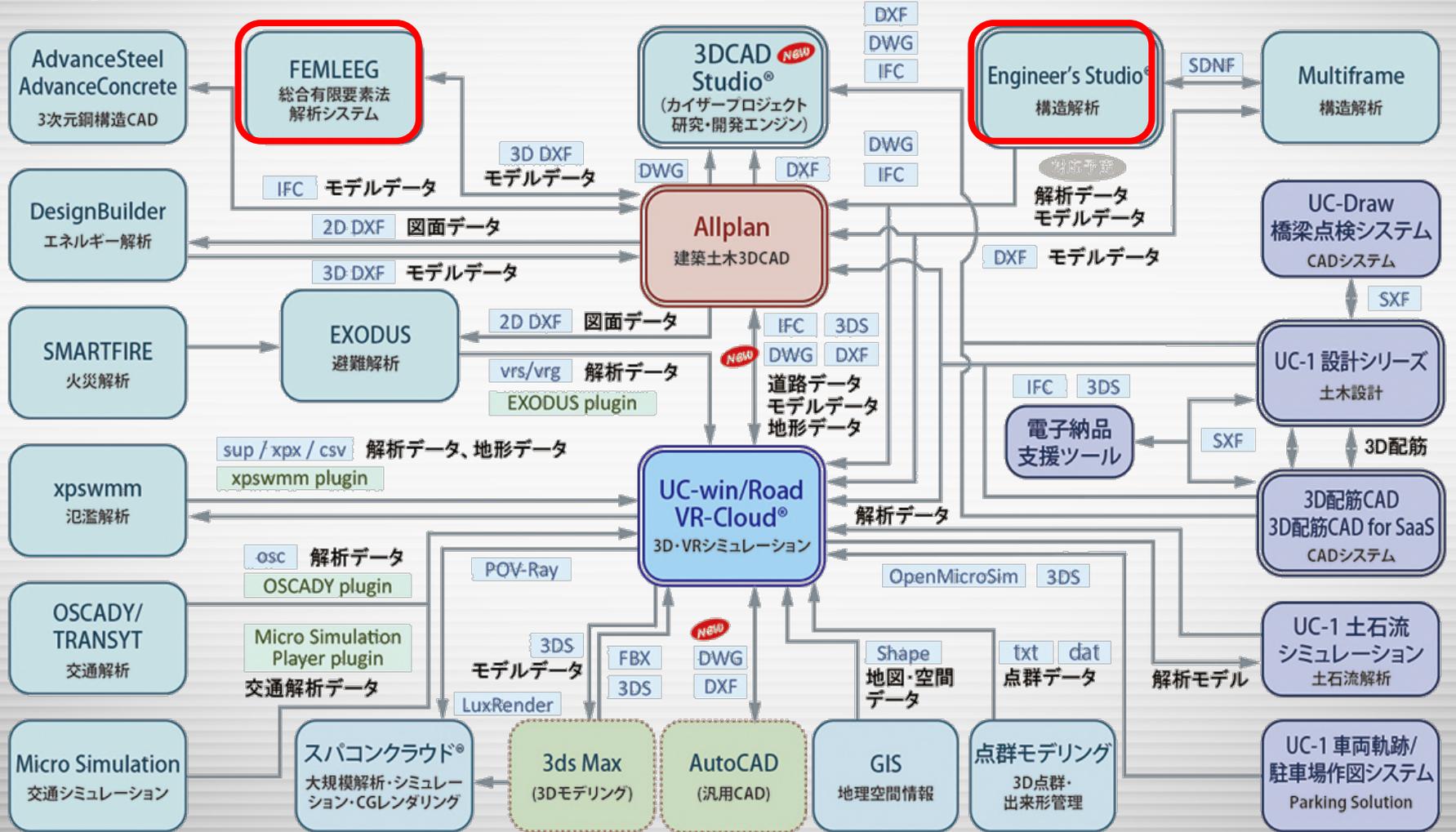
All about FORUM8 & Products.  
Era of Virtual Reality... FORUM8

# WCOMD Studio®と、 フォーラムエイト最新FEMソリューション

(株) フォーラムエイト  
UC-1開発第1Group 解析支援チーム

田代 則雄

■BIM/CIMによる統合ソリューションの連携イメージと展望





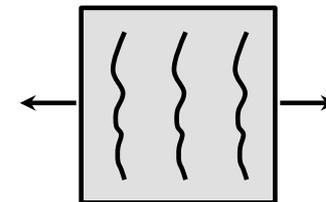
# Engineer's Studio®

# 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)



2009	Ver 1.0	初版リリース
	Ver 1.1	トラス構造(材端ピン結合)、活荷重、鋼製部材ひずみ照査
2010	Ver 1.3	平板要素コンタ図、初期断面力(梁,ばね)、固有値解析幾何剛性
	Ver 1.4	64bitソルバー切替、平板要素への面分布荷重
2011	Ver 1.7	ケーブル要素、自動M-φ、自動M-θ、残留変位
2012	Ver 2.0	減衰要素、新道示対応、平板メッシュ分割
2013	Ver 2.1	限界状態、NEXCO二集M-θ
	Ver 3.0	2012コン示、荷重質量、平板コンタ切断MSN図
2014	Ver 3.1	道示の塑性率照査、道示バイリニア
	Ver 4.0	多点入力、結果保存選択機能、Rayleigh減衰拡張
2015	Ver 5.0	<p>平板要素時刻歴、コンタ図・コンタ切断強化、M-φ・M-θ改善</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数のメッシュ要素に対するスムージング処理機能追加</li> <li>・UC-1 FRAME(面内)のFMDファイル読み込みに対応</li> <li>・平板要素断面力のコンタ切断図エクスポートに自動生成機能追加</li> <li>・道示Vのせん断耐力にディープビーム効果考慮に対応</li> </ul>

# 解析事例, サンプル紹介

## フレーム要素の例(鋼アーチ橋)

ナビゲーション

モデル特性 節点と要素 支点 荷重  
性能基準 固有値解析と減衰 照査設定

入力  
表示設定

モデル特性

- 解析設定
- 座標系
- 材料
- アウトライン
- フレーム要素の断面
- ばね要素
- M-φ特性
- ファイバー要素の断面
- 平板要素の断面
- 地層特性
- ケーブル材料

節点と要素

支点

- 支点ケース
- 支点
- 分布ばねケース
- 分布ばね

荷重

- 質量一覧
- 荷重の定義
- 活荷重の定義
- ランの定義

性能基準

- ばね要素
- M-φ要素
- ファイバー要素

固有値解析と減衰

- 減衰一覧
- 減衰定数
- 減衰モデル
- フレーム剛性低減
- ばね要素剛性低減

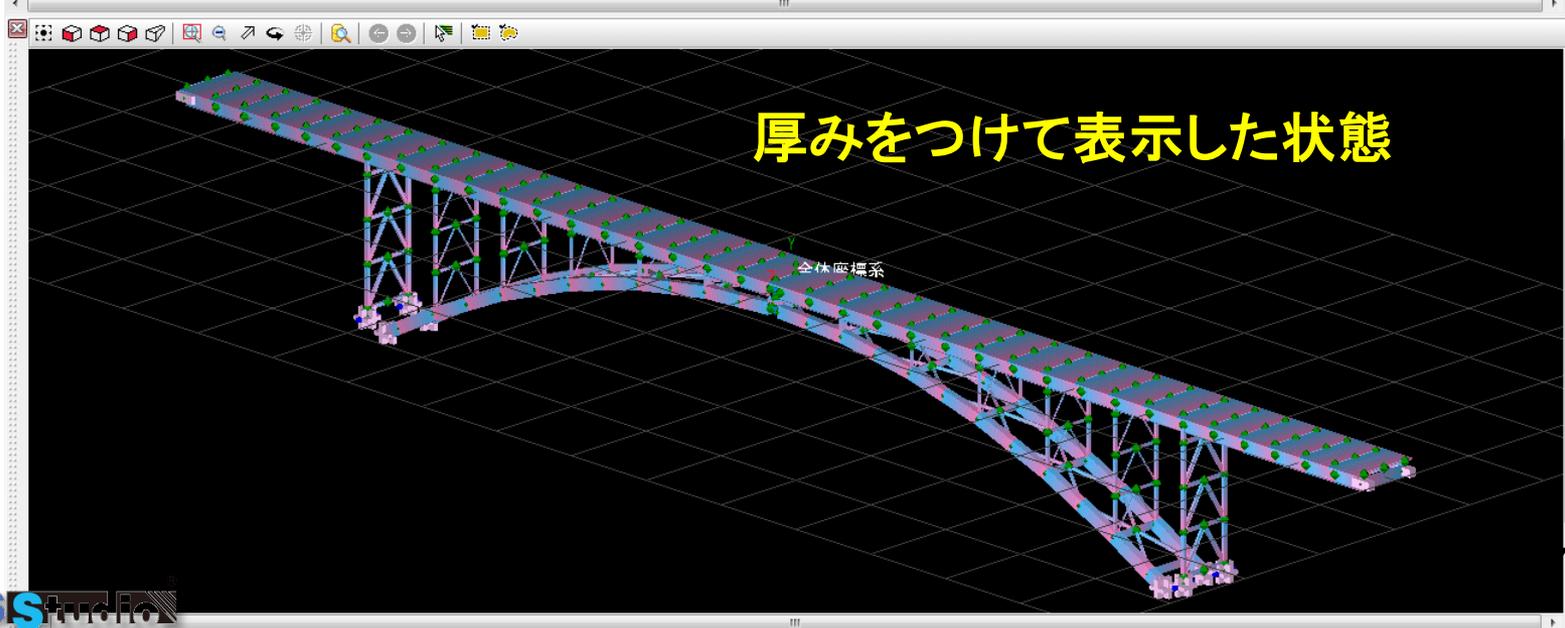
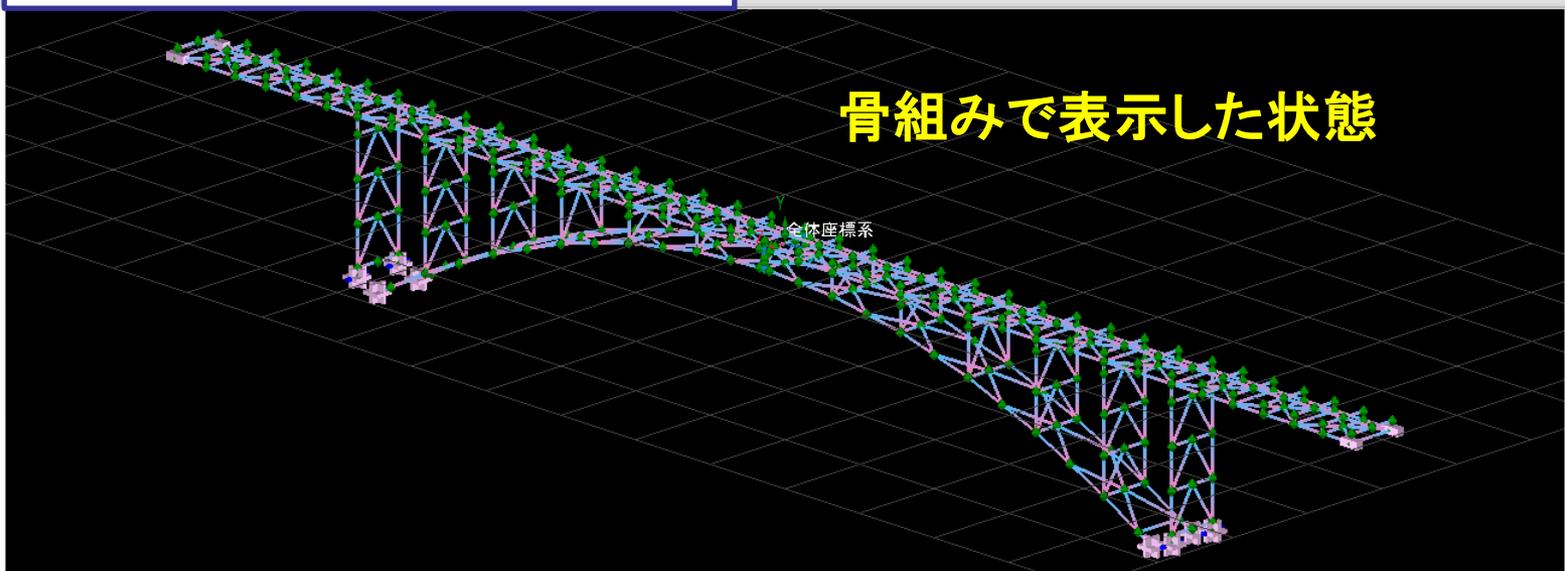
照査設定

- フレーム要素着目点
- 断面照査用詳細入力
- 断面照査用荷重定義
- 断面照査
- 曲率照査
- ばね要素照査
- 橋脚種別照査
- 鋼製部

モード: 編集

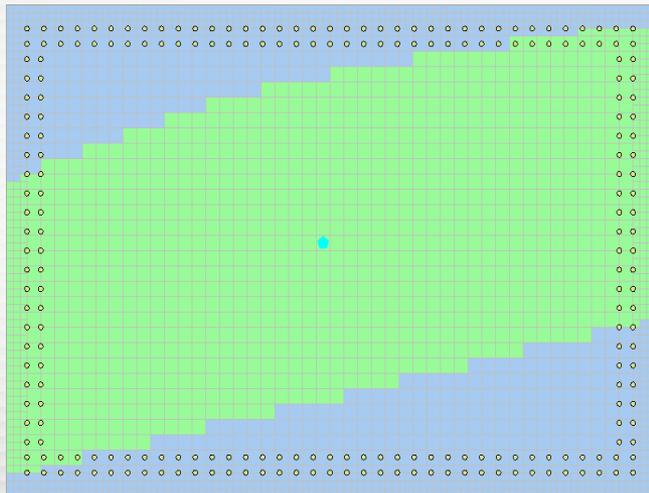
x=17.327m, y=0.000m, z=120.421m

\*サンプルデータ

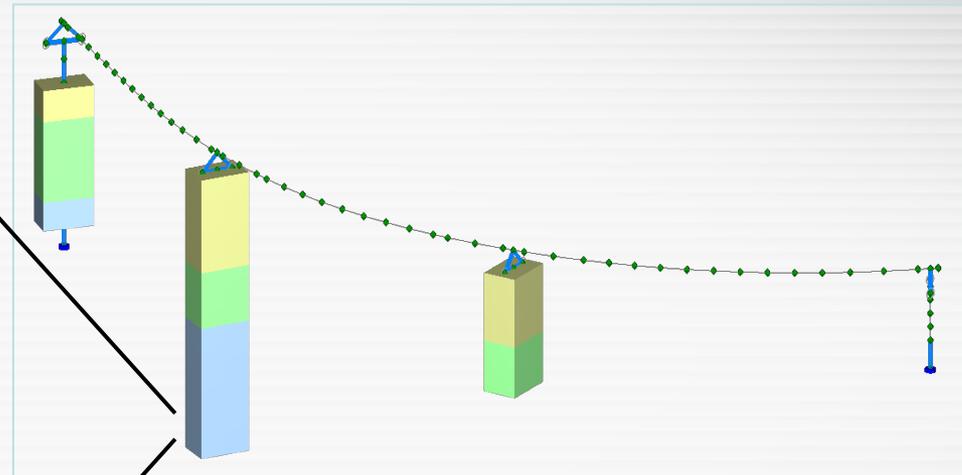


# 解析事例, サンプル紹介

## 橋梁動的解析(ファイバー要素)結果



ひずみによる損傷判定図  
(コンクリート断面)



ひずみによる損傷判定図  
(コンクリート全体)

# 解析事例, サンプル紹介

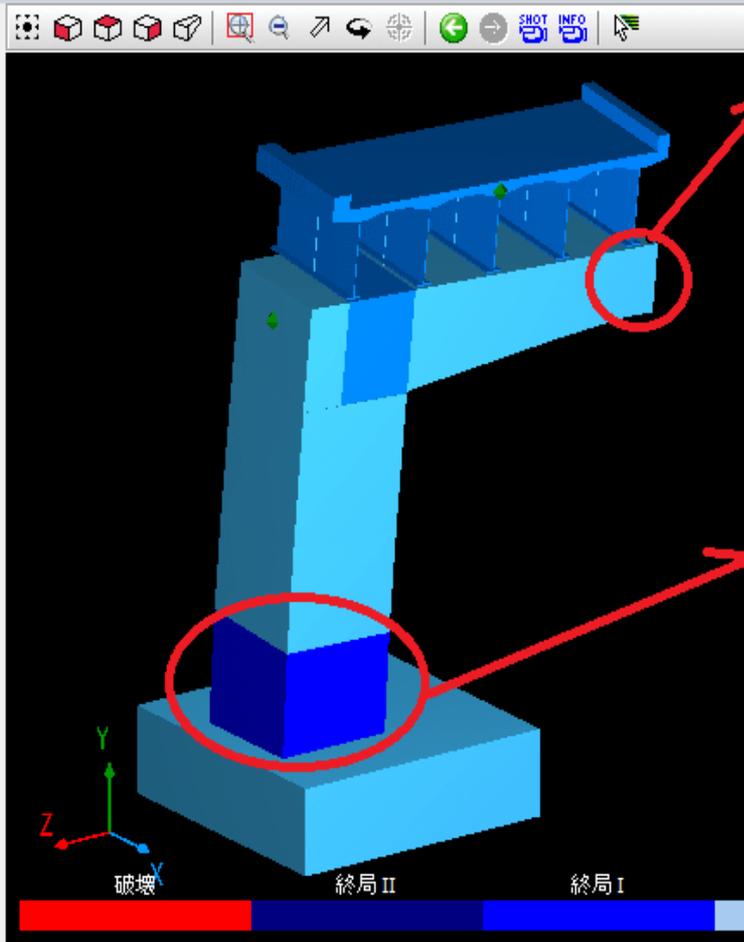
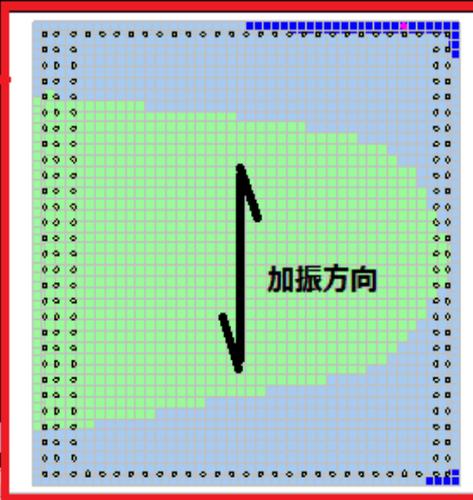
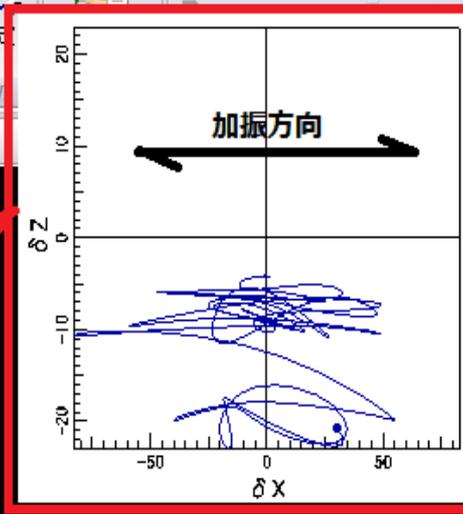
ineer's Studio Ver.3.01.02

固有値解析 荷重ケース ラン 抽出キー 影響線

グループ結果

## ファイバー要素の例(偏心橋脚)

個別結果 ウィットウ シーケンスコントロール AV



x=-27.000m, y=0.000m, z=-46.000m

ラン結果 変形性能基準 節点・要素  
グループ モデルスケール 結果スケール

ラン結果

ラン LG

ステップ 218

選択ランのみスケールに考慮

カテゴリ  
変形性能基準

3D表示  テーブル表示

形状

変位図  オリジナルモデル

変形性能基準

パフォーマンス  
評価

現在  累積

ファイバー断面ビュー オプション

断面全体で評価  セル毎に評価

基準  
損傷基準(コンクリート)

平板オプション

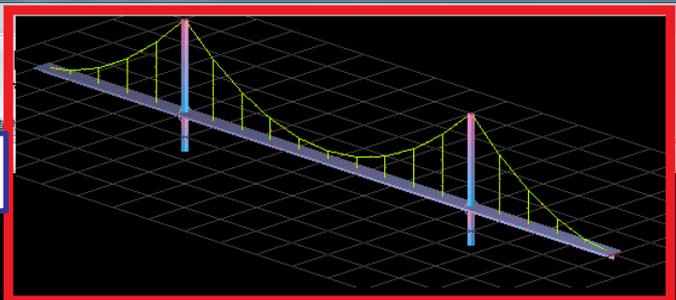
パフォーマンス表示タイプ

全体要素  レイヤ

レポートリストに追加

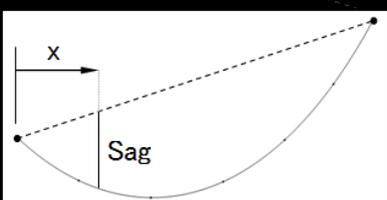
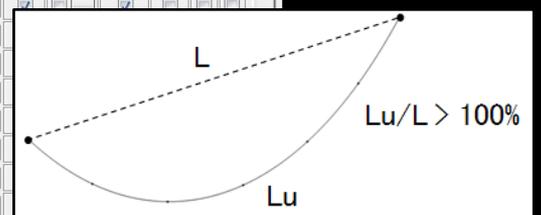
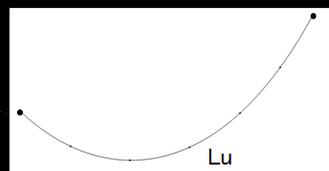
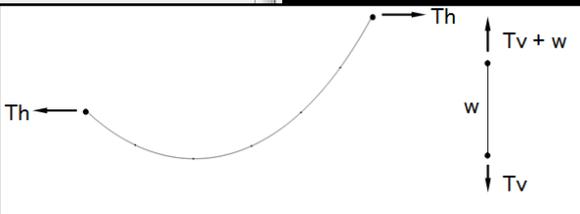
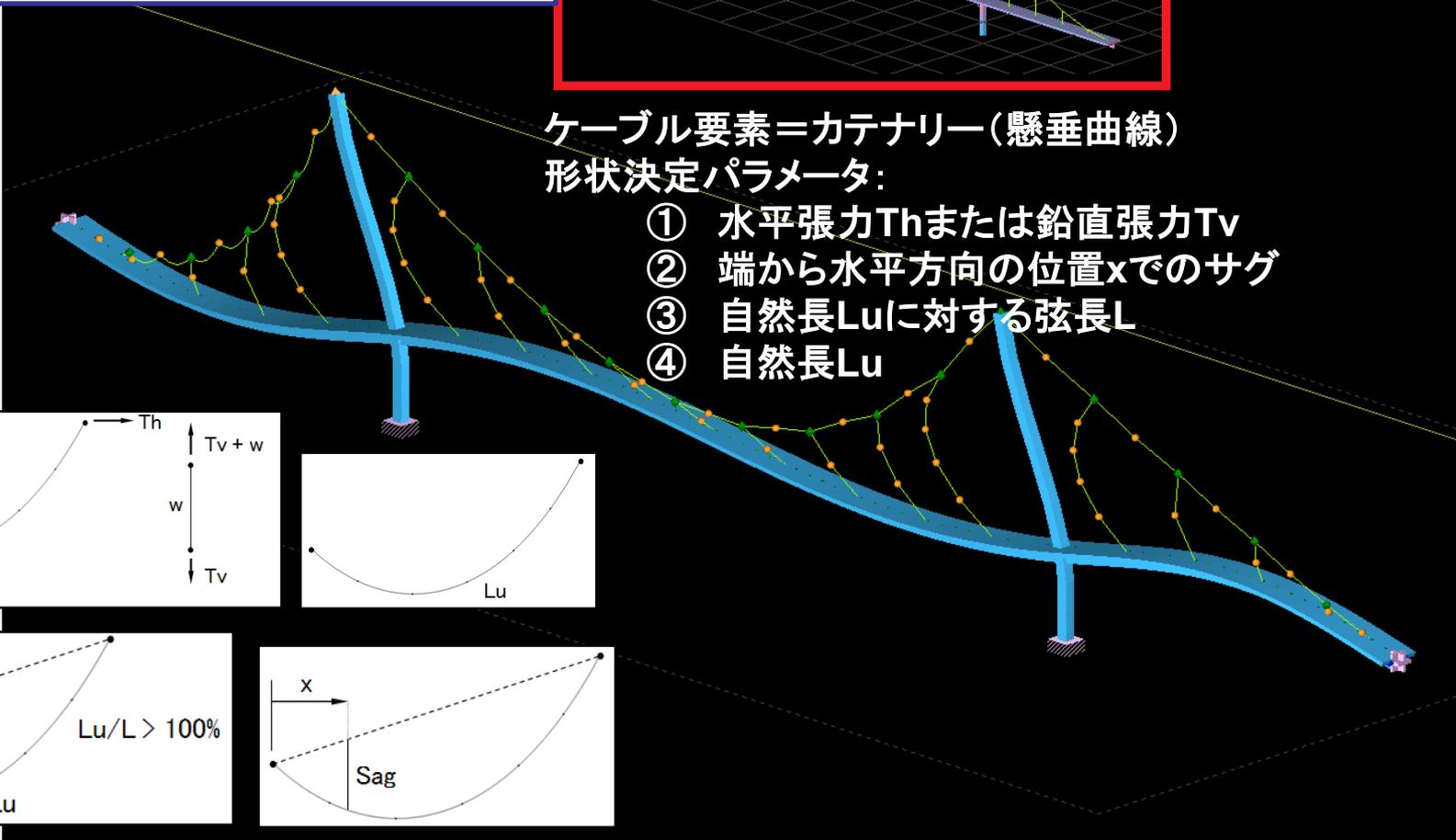
# 解析事例, サンプル紹介

## ケーブル要素の例(吊橋)

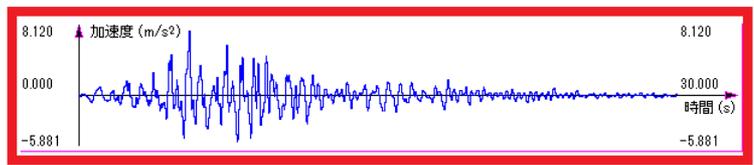


ケーブル要素=カタナリー(懸垂曲線)  
形状決定パラメータ:

- ① 水平張力 $T_h$ または鉛直張力 $T_v$
- ② 端から水平方向の位置 $x$ でのサグ
- ③ 自然長 $L_u$ に対する弦長 $L$
- ④ 自然長 $L_u$



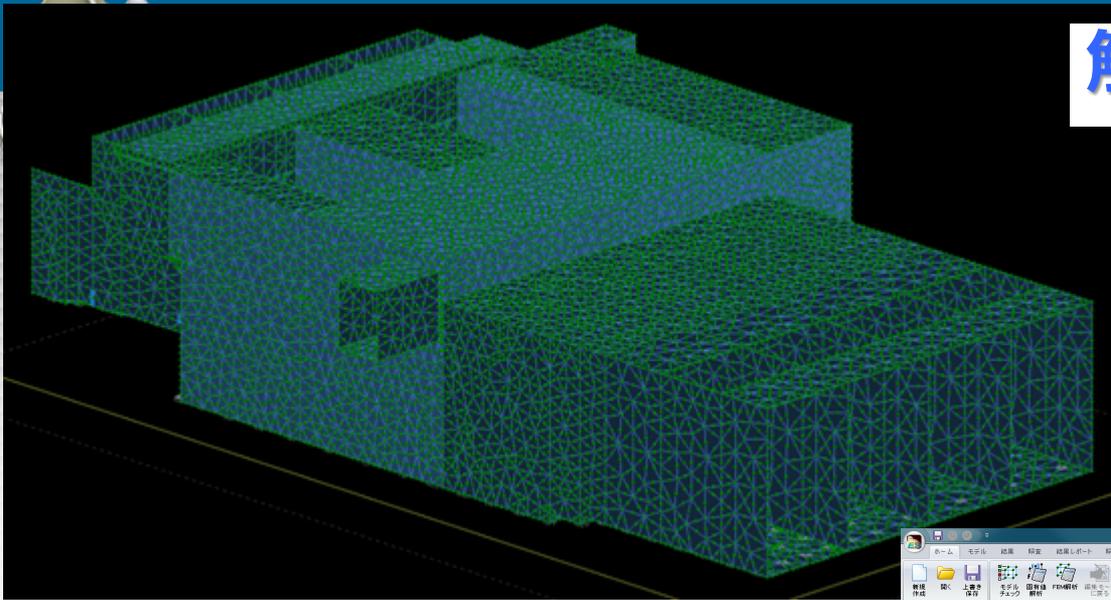
名称	ステップ	$\delta X$ (mm)	$\delta Y$ (mm)	$\delta Z$ (mm)
1	556	0.00000	0.00000	0.00000
2	556	-0.02679	-0.56217	0.00000
3	556	-0.05312	-1.11412	0.00000
4	556	-0.07898	-1.64567	0.00000
5	556	-0.10436	-2.14674	0.00000
	556	-0.12927	-2.60744	0.00000
	556	-0.15368	-3.01880	0.00000



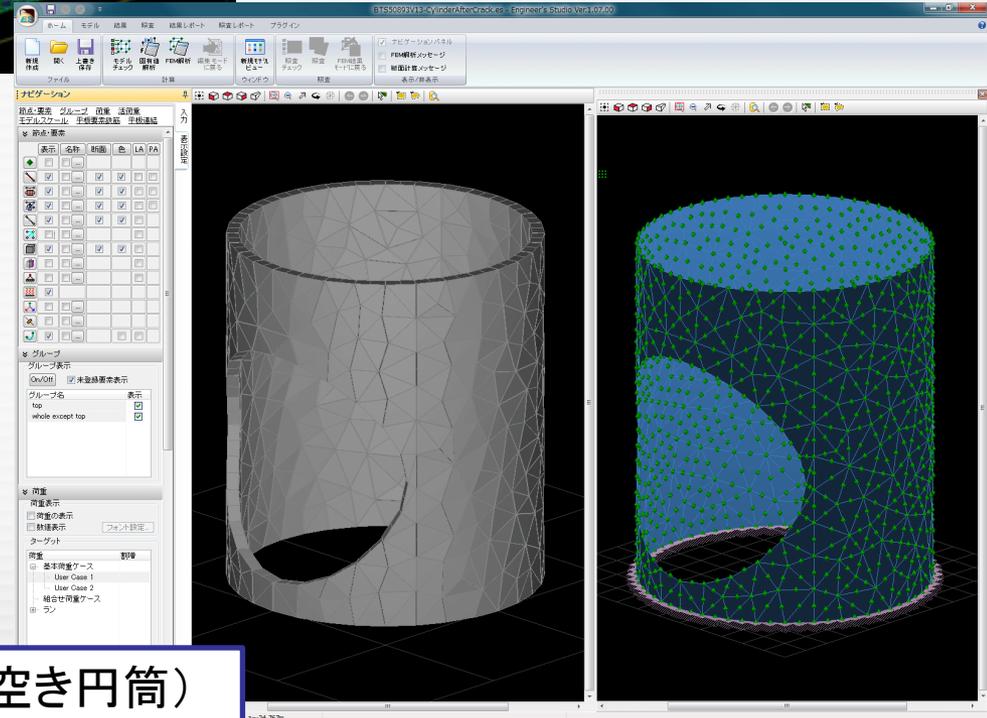
# 解析事例、サンプル紹介

## 平板要素の例(排水機場)

alysis



ザインフェスティバル2010  
「Engineer's StudioR, UWLCを用いた大規模排水機場の応答変位法による耐震照査法」  
(株)三祐コンサルタンツ 総合技術アセットマネジメント部 副参事 堀 治啓 氏 の配付資料PPTより



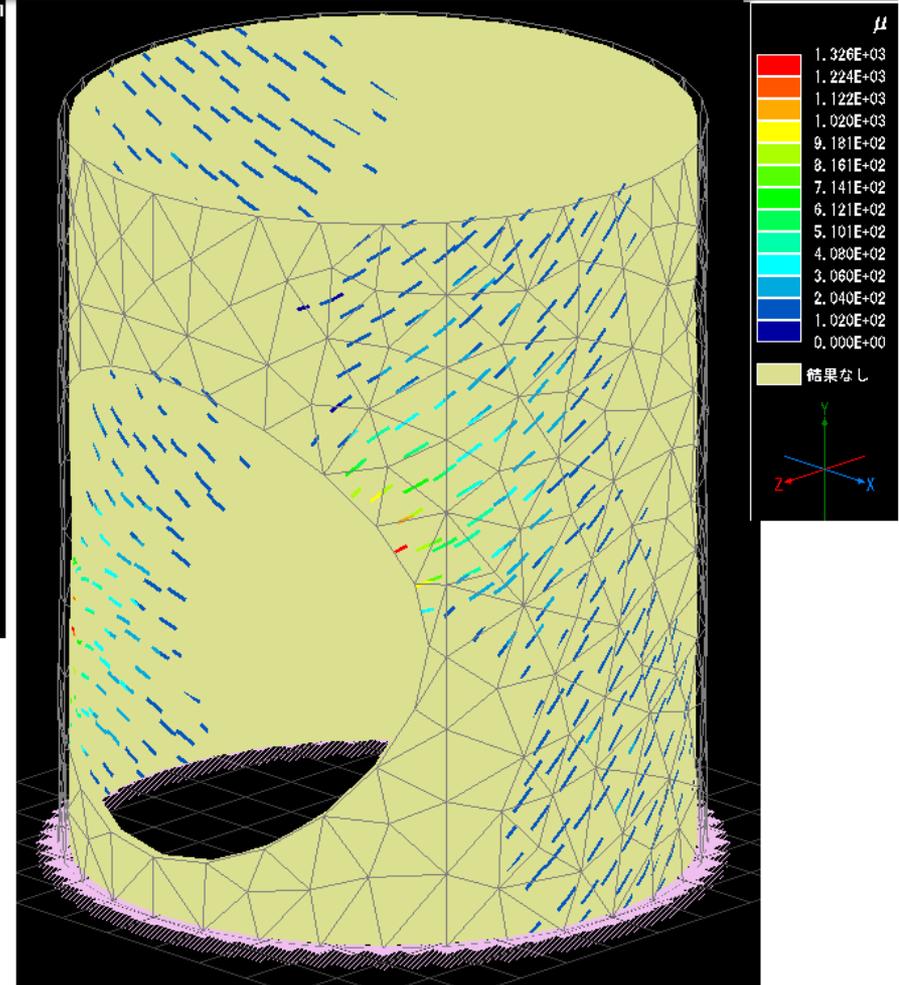
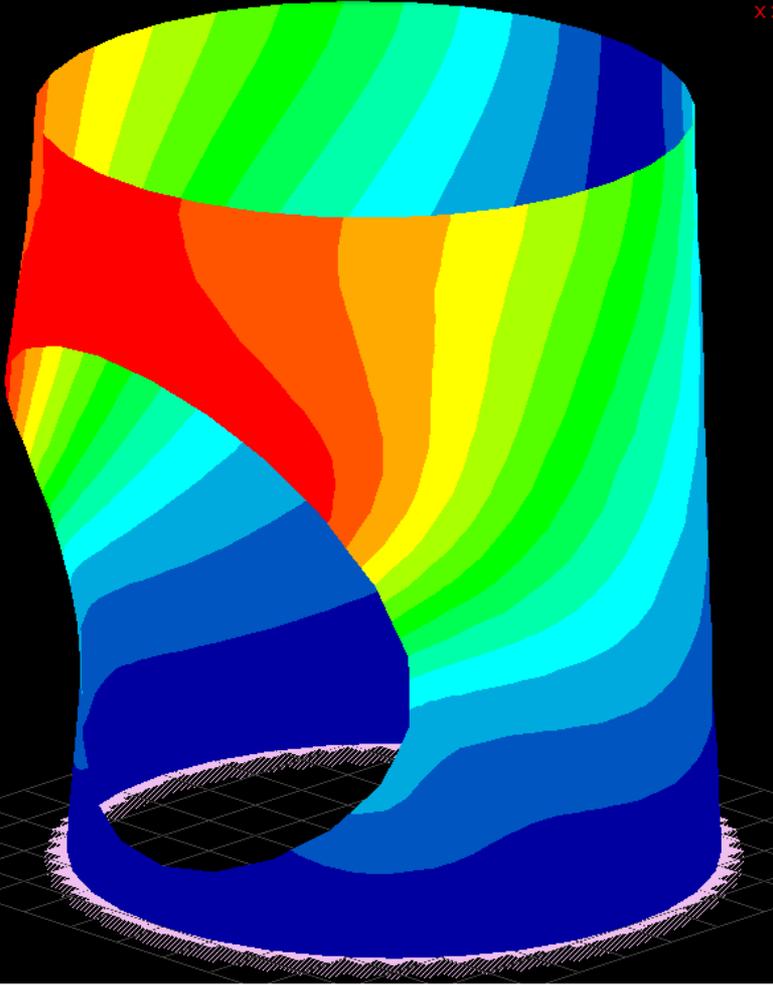
## 平板要素の例(穴空き円筒)

# 平板要素の結果例

reference

▼変位のコンタ図

▼ひび割れ図



節点

名称	ステップ	δX (mm)	δY (mm)	δZ (mm)
N1	21	0.00282	0.00192	-0.04235
N2	21	0.00000	0.00000	0.00000
N3	21	-0.00322	-0.00001	0.00186
N4	21	-0.00311	0.00132	-0.01476
N5	21	-0.00290	0.00022	-0.00424
N6	21	-0.00093	0.00004	-0.01574
N7	21	0.00305	0.00880	-0.05471

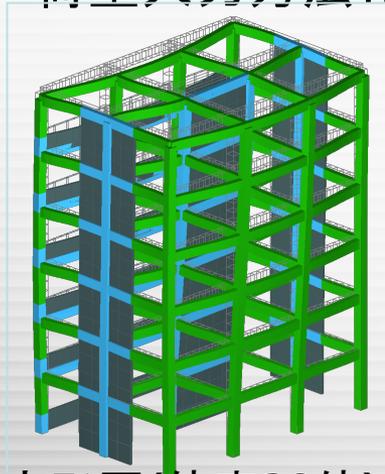
平板要素 ひび割れ一覧

名称	ステップ	配置角度 (° 直交ひずみ)	せん断ひずみ (μ)	
E1-4-1-ひび割れ1	51	-35.8	1.77E+002	0.00E+000
E1-4-2-ひび割れ1	51	-35.6	1.08E+002	0.00E+000
E1-4-3-ひび割れ1	51	-35.1	2.03E+002	2.28E+001
E1-9-1-ひび割れ1	51	-30.3	1.28E+002	0.00E+000
E1-9-2-ひび割れ1	51	-34.4	1.45E+002	0.00E+000
E1-9-3-ひび割れ1	51	-34.3	1.63E+002	0.00E+000
E1-11-1-ひび割れ1	51	-33.6	1.73E+002	0.00E+000

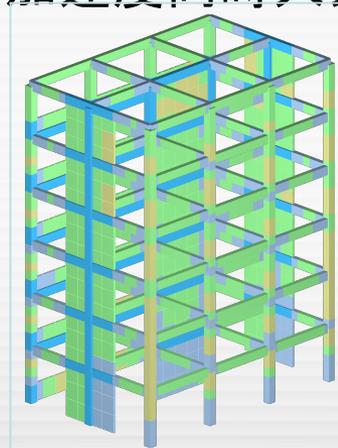
# 解析事例, サンプル紹介

## 平板要素を用いた建築構造物の動的解析

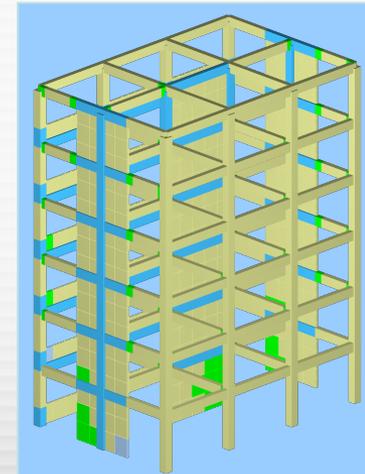
- 対象構造物: 6階建てRC造
- 解析手法: 時刻歴応答解析
- 解析モデル
  - ✓ 耐震壁 : 非線形RC平板要素(前川モデル)
  - ✓ 柱 : 非線形梁要素(ファイバーモデル)
- 荷重入力方法: 3方向加速度同時入力



変形図(倍率20倍)  
(グレー線は変形前)



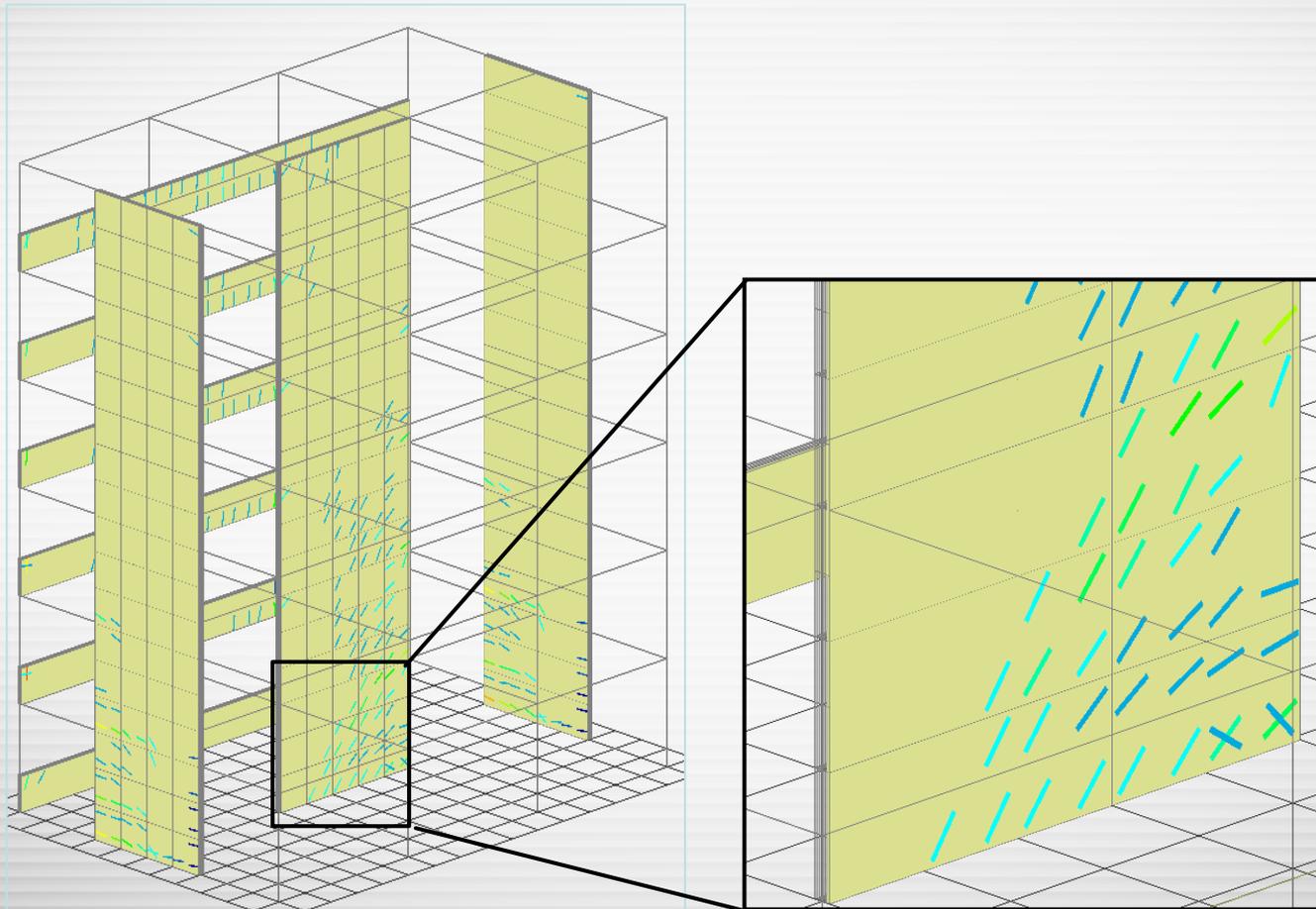
ひずみによる  
損傷判定図



鉄筋

# 解析事例, サンプル紹介

## 解析結果



ひびわれ図

# WCOMD Studio® 1.0.0

- UC-win/WCOMDの後継製品
- 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
- プリ・ポスト処理を大幅に改善

## Information about WCOMD Studio

WCOMD Studio Ver. 1.00.00

### External Library

\* CM2 MeshTools V4.3.0 by Computing Objects  
\* IFCsvr ActiveX Component, Copyright c 1999,  
2005 SECOM Co., Ltd. All rights reserved.



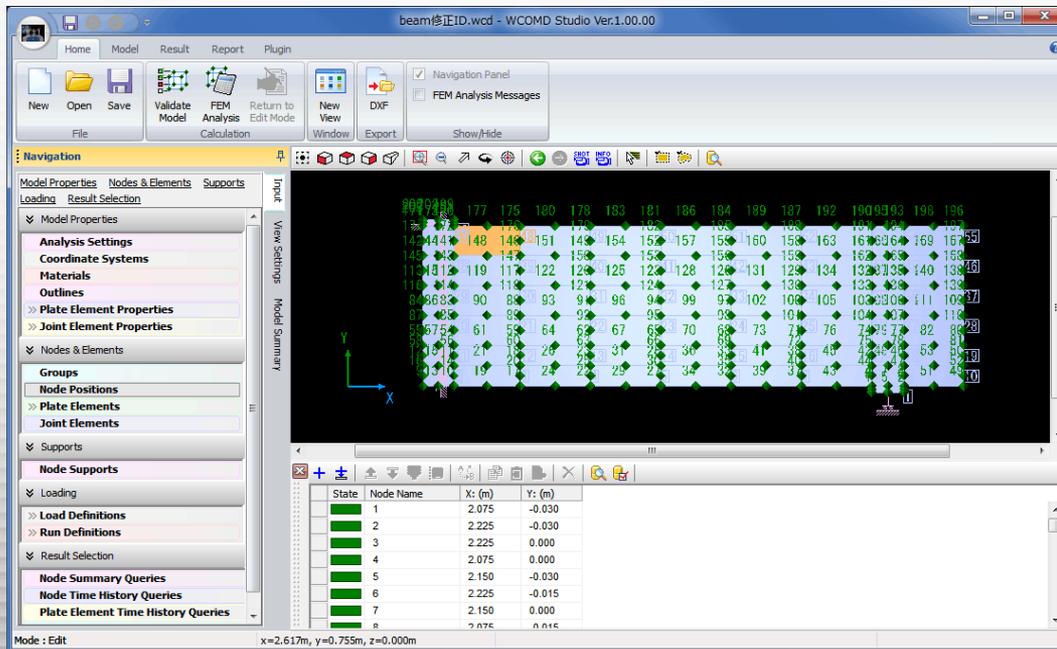
## ■ 解析対象

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

## ■ 解析内容(対象荷重)

- 非線形動的解析
- 静的解析

1. 事実上無制限なアンドウ機能
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

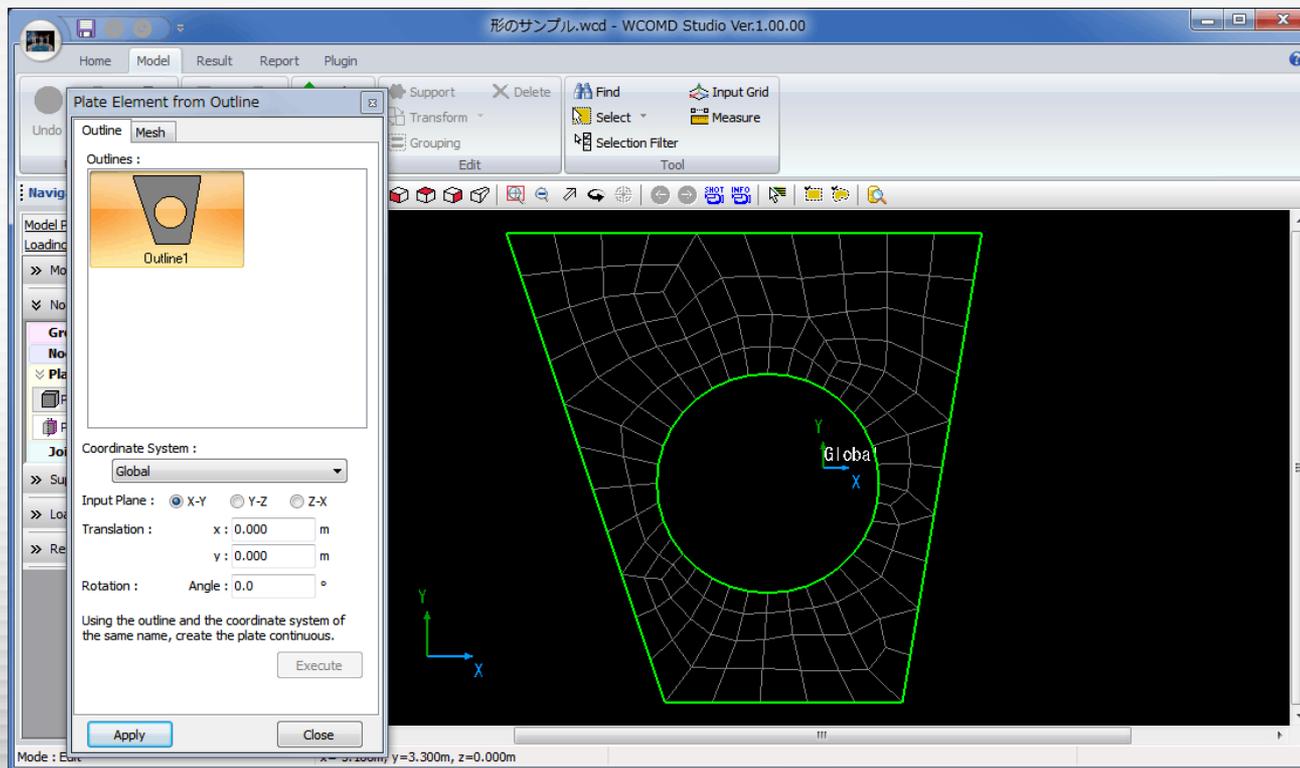


The screenshot displays the WCOMD Studio Ver.1.00.00 interface. The main window shows a finite element model of a beam structure with nodes and elements. A table at the bottom of the interface lists node data:

State	Node Name	X: (m)	Y: (m)
1	2.075	-0.030	
2	2.225	-0.030	
3	2.225	0.000	
4	2.075	0.000	
5	2.150	-0.030	
6	2.225	-0.015	
7	2.150	0.000	
8	2.075	0.015	

# 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



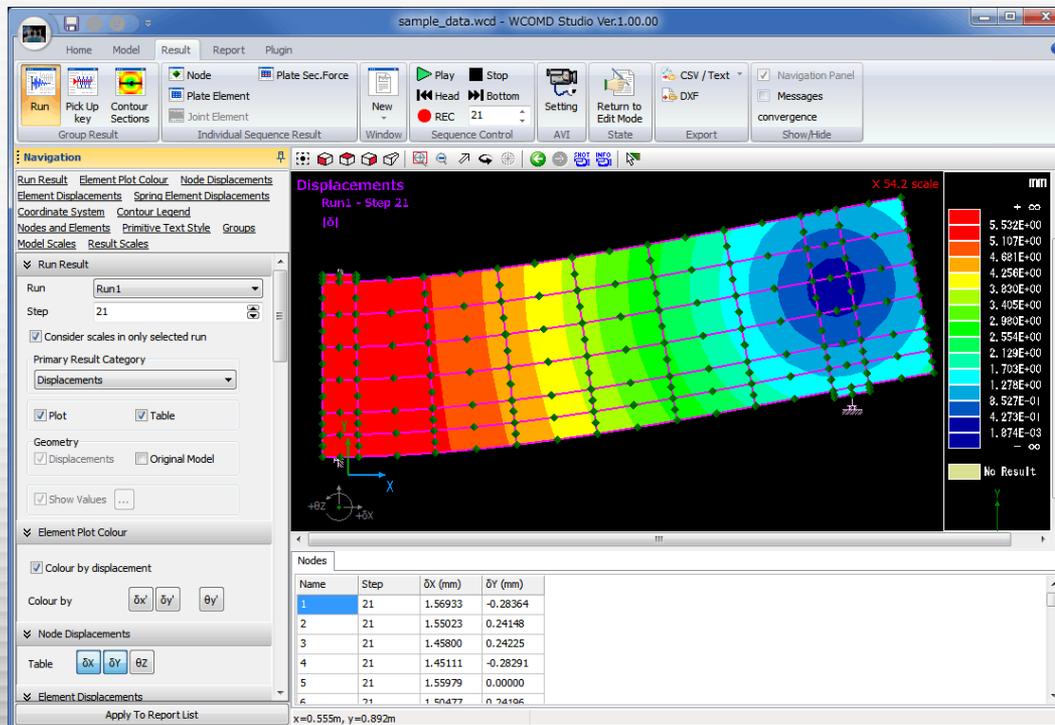
# 5. ジョイント要素

## RCジョイント、ユニバーサルジョイントの配置

The screenshot shows the WCOMD Studio interface with a structural model of a frame. The model consists of a grid of nodes (green diamonds) and elements (blue and green lines). A 'Joint Elements' table is open at the bottom, listing the configuration of various joints.

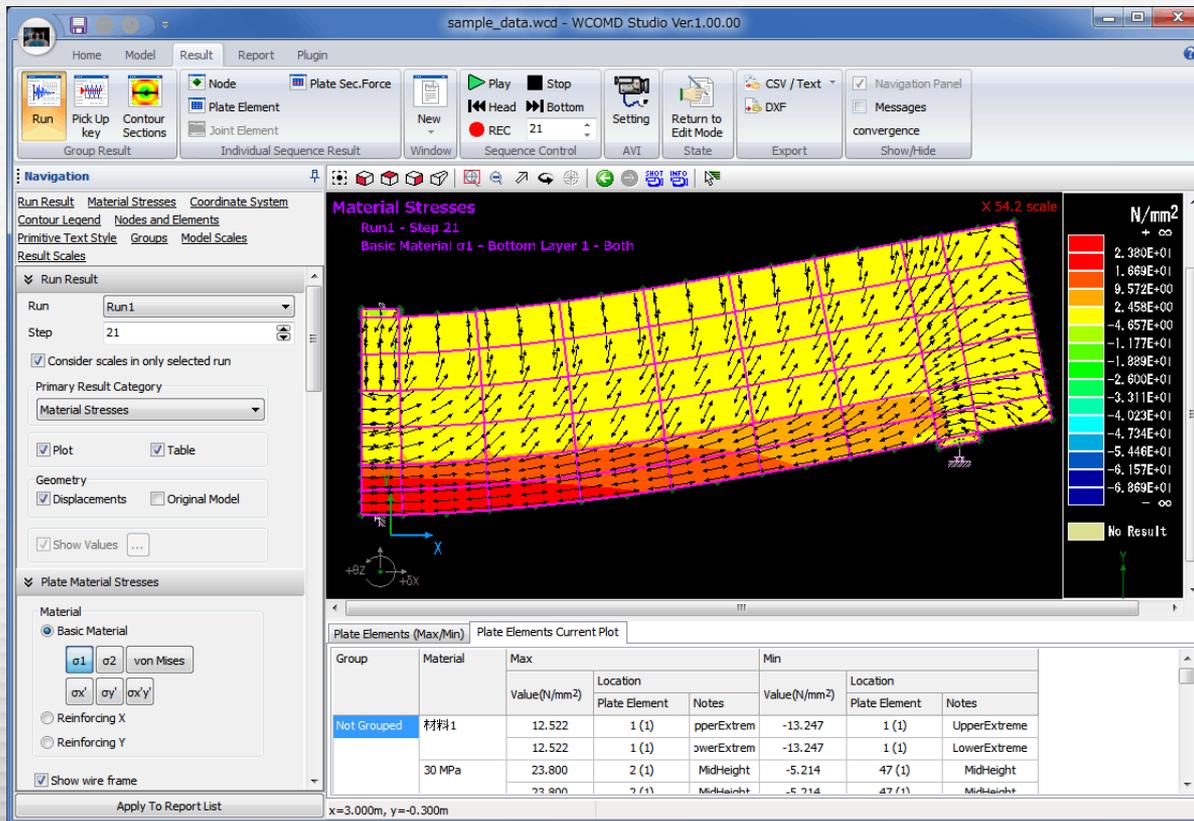
State	Element Name	Type	i-Node	j-Node	Nodes	Thickness: (m)	Joint Proc
▶	62	RC Joint Element	149	152	149,Link5,Link8,Link7,152,...	0.375	Joint ▲
▶	63	RC Joint Element	152	155	152,Link7,Link10,Link9,15...	0.375	Joint ▲
▶	64	RC Joint Element	155	126	155,Link9,Link12,Link11,1...	0.375	Joint ▲
▶	65	RC Joint 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 ▼

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



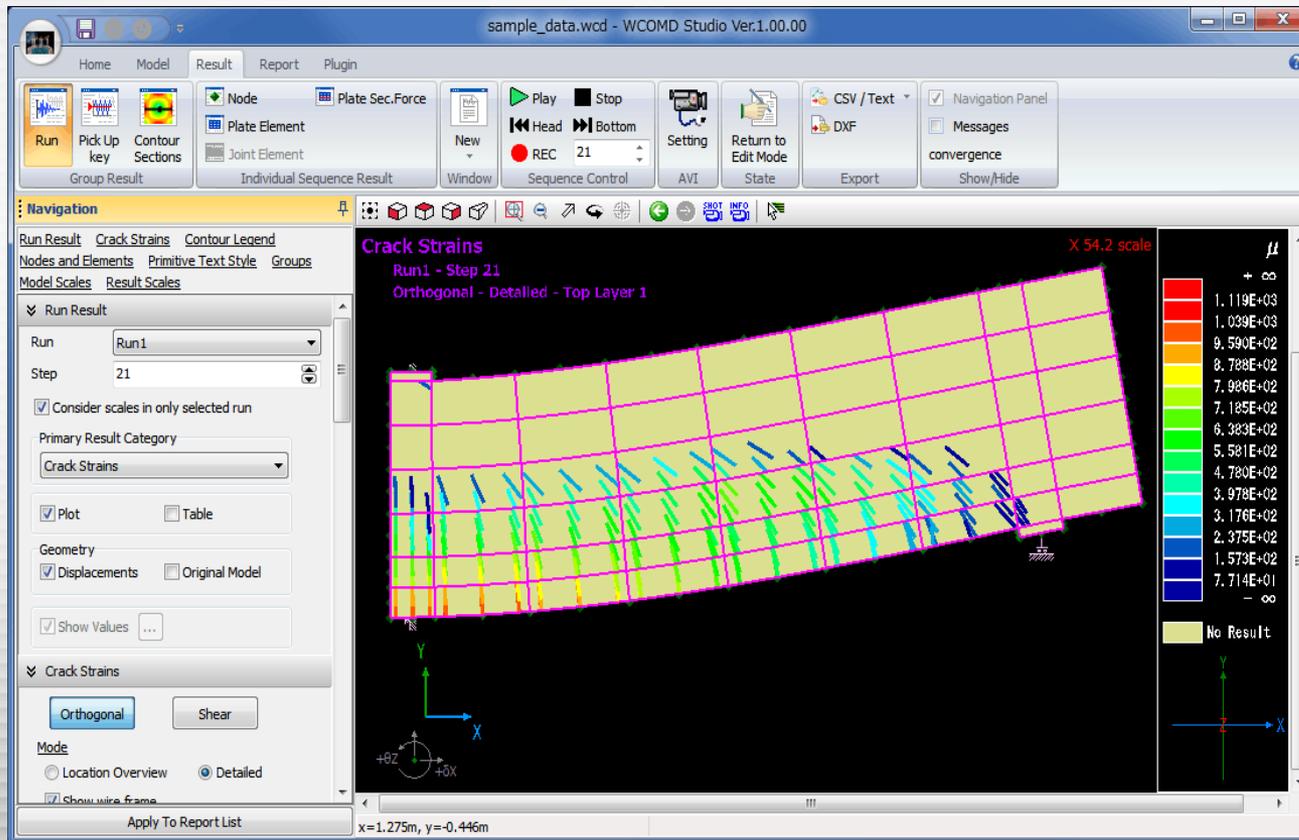
# 4. 応力のコンタと方向

## 主応力コンタと主応力の方向表示



# 5. 変位図とひび割れ図

変位状態とひび割れの様子図



# 初版リリース後の予定

『 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

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

# FEMLEEG

# FEMLEEG とは

## 製品概要

- **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           |

# 解析の種類

## 構造解析

- 静弾性解析
- 固有振動解析(フリーボディ解析機能)
- 応答スペクトル解析(最大応答解析)
- 時刻歴応答解析
- 座屈解析
- NO TENSION解析※
- CAP(Cut and Paste)解析※

## 伝熱解析

- 定常熱伝導解析
- 非定常熱伝導解析
- 伝熱・熱応力連動解析

# FEMLEEGシステム構成

荷重载荷支援ツール  
LoadHelper

プリプロセッサ  
FEMIS

CADトランスレータ  
IMPORT

CADデータの変換

プリトランスレータ  
FEMIST

外部解析ソルバーへの入  
力データの変換

メッシュ生成  
荷重条件設定  
拘束条件設定  
物性条件設定

自社製ソルバー

外部構造解析ソルバー  
NASTRAN/MARC

温度応力解析ソルバー  
JCMAC3※

結果重ね合せツール  
AddCase

線形構造解析ソルバー  
LISA

※日本コンクリート工学会から販売されているソ  
フト。プリ・ポストにFEMIS・FEMOSが採用され  
ています。

ポストプロセッサ  
FEMOS

ポストトランスレータ  
FEMOST

外部解析ソルバーからの  
計算結果変換

結果表示  
グラフ表示  
リスト出力

標準  
オプション

## 要素タイプ

- 一次元～三次元の要素が用意されているので、フレーム構造からソリッド構造まで対応できます。  
スレンダーな構造で、全体の挙動の解析ならフレームモデルで十分ですが、マッシュブな構造や局部応力の解析などフレームでは無理な解析が可能。
- 一次元
  - ビーム、トラス、スプリング、リンク※、埋め込みトラス※
- 二次元
  - 平面応力・歪※、プレート／シェル※、軸対称
- 三次元
  - ソリッド(4面体、5面体、6面体)

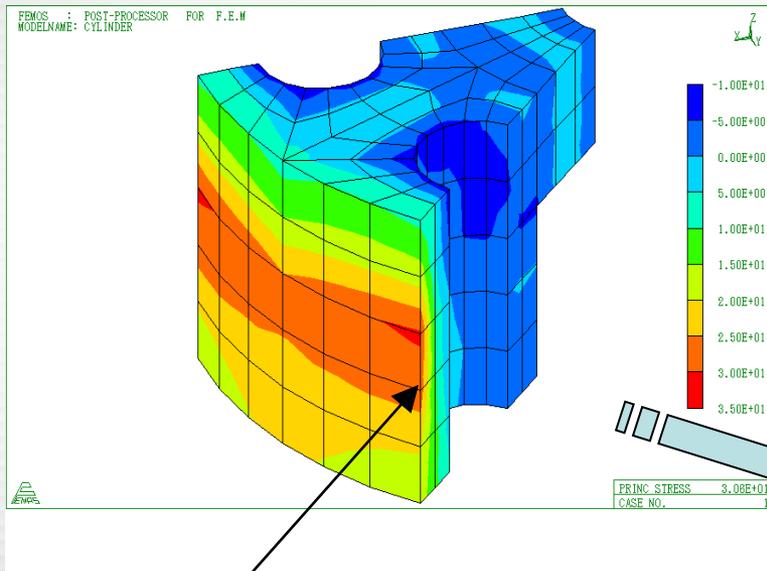
## 解析条件

荷重	拘束	物性	伝熱	その他
節点集中 要素分布 エリア载荷 ビーム中間 慣性力 遠心力 節点温度 水圧	自由度 強制変位 バネ 不要自由度 エリア拘束	等方性材料 異方性材料 積層板 板厚 エリア板厚	固定温度 等方性熱物性 異方性熱物性 熱伝達 熱流束 内部発熱 初期温度 時間関数	タイピング リンク スプリング 分離・再接合 多自由度拘束 ペースト

エリア×× … 平面領域などの分布設定  
 ペースト … CAP解析用の接合部設定

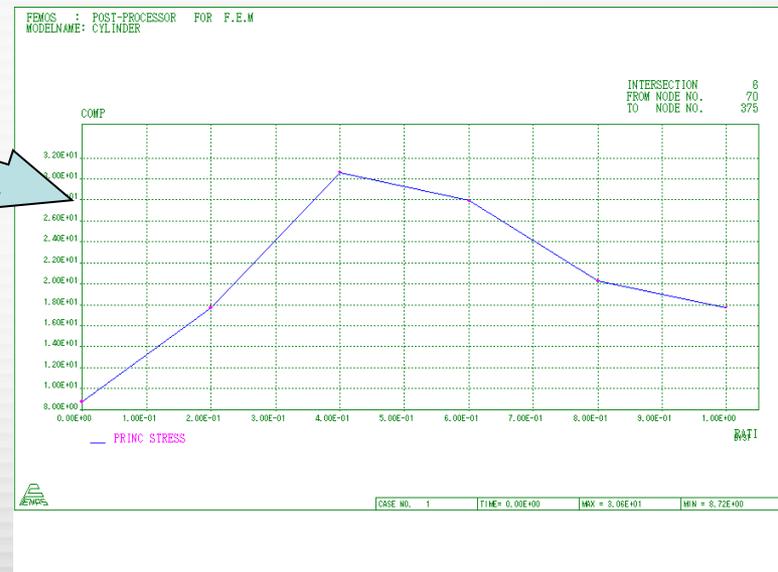
# 結果表示機能

## 評価ライン



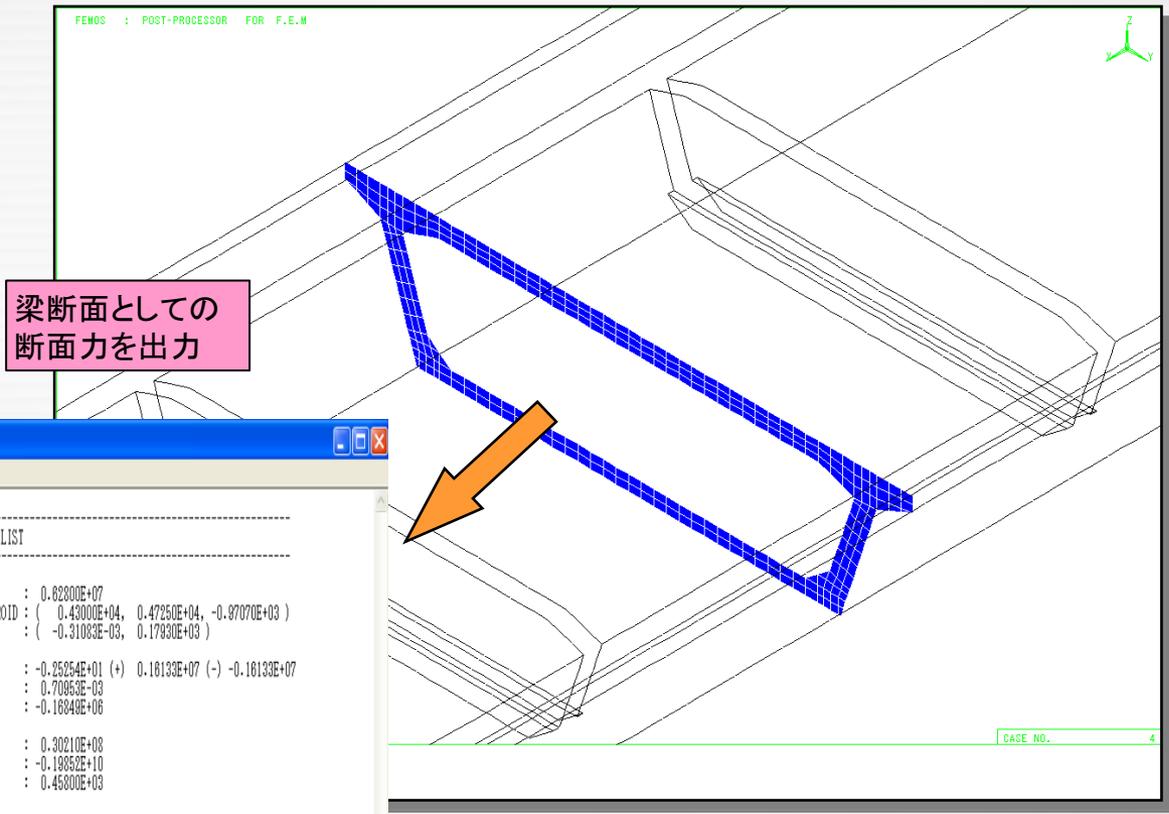
評価ラインを指示

評価ライン上の指定物理量のグラフ表示



# 結果表示機能

## 切断面断面力



ListPage

777777 編集(E) ^677777

---

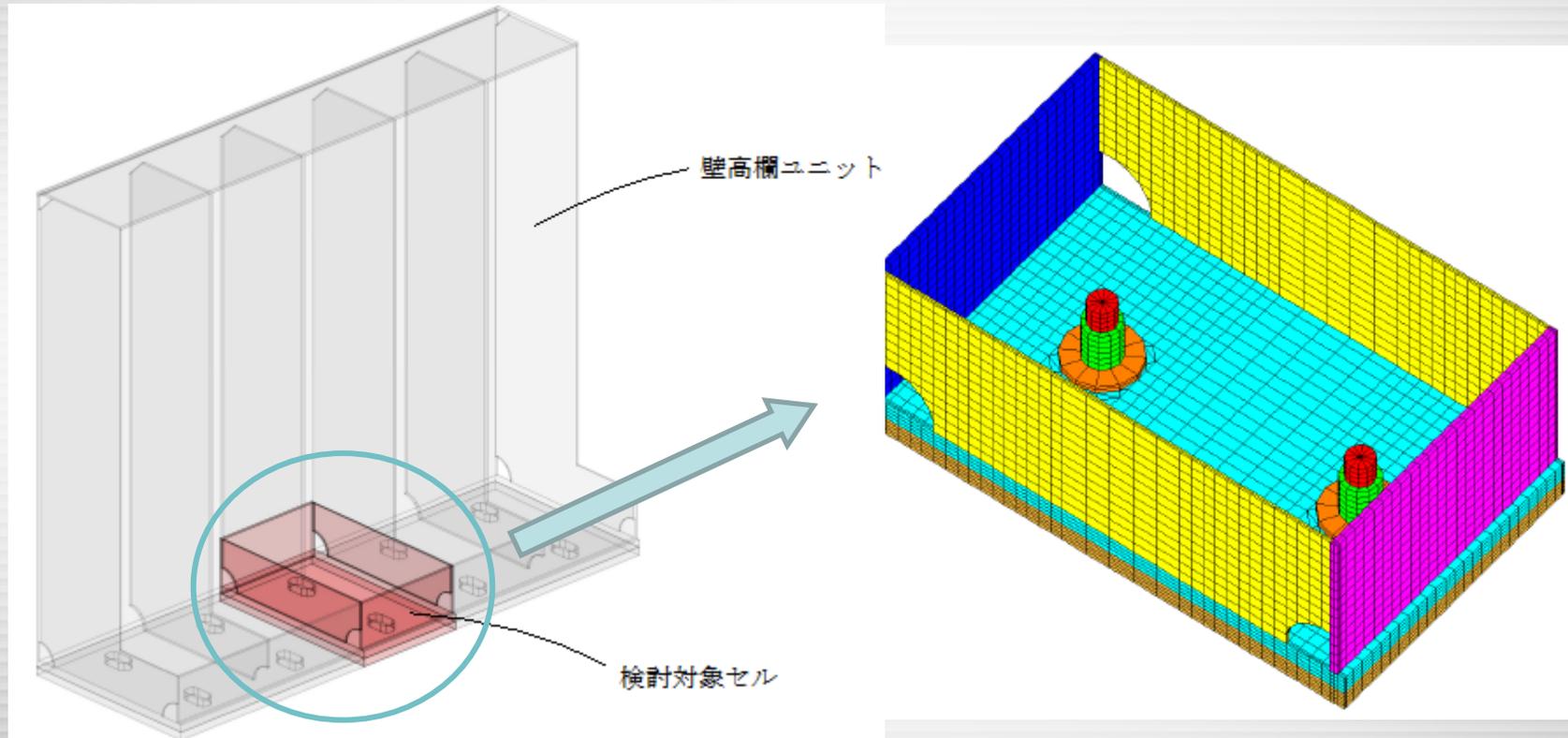
CROSS SECTION DATA LIST

---

TOTAL AREA	:	0.62800E+07
COORDINATE OF CENTROID	:	( 0.43000E+04, 0.47250E+04, -0.97070E+03 )
ECCENTRIC DISTANCE	:	( -0.31083E-03, 0.17930E+03 )
<hr/>		
AXIAL FORCE	:	-0.25054E+01 (+) 0.18133E+07 (-) -0.18133E+07
SHEAR 2	:	0.70953E-03
SHEAR 3	:	-0.18848E+06
<hr/>		
TORQUE	:	0.30210E+08
BENDING MOMENT 2	:	-0.18952E+10
BENDING MOMENT 3	:	0.45800E+03

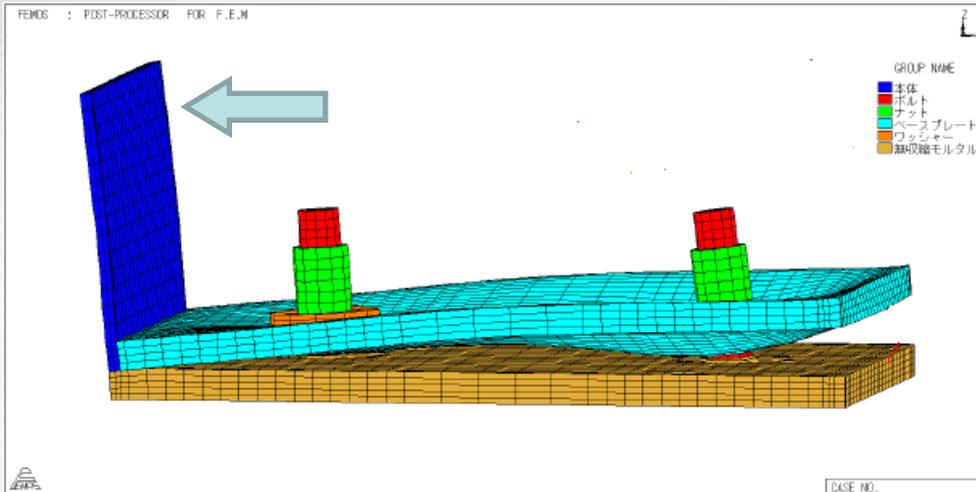
CASE NO. 4

## 鋼製壁高欄セルの応力解析(1)



## 鋼製壁高欄セルの応力解析 (2)

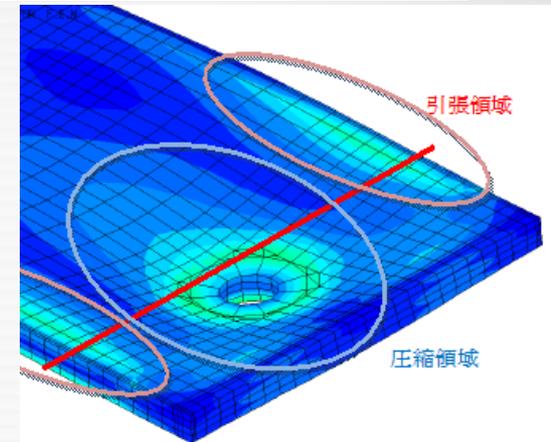
ベースプレートの変形図



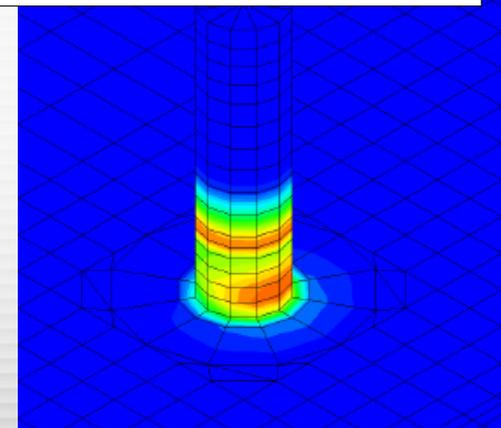
道路側からの衝突荷重によりめくれあがろうとするベースプレートがアンカーボルトに押さえつけられている様子が確認できる。

※上の変形図は実際の変位を何百倍も強調して表示したものであり、実際の変位は、0.1mm程度となっている。

ベースプレートの応力分布図

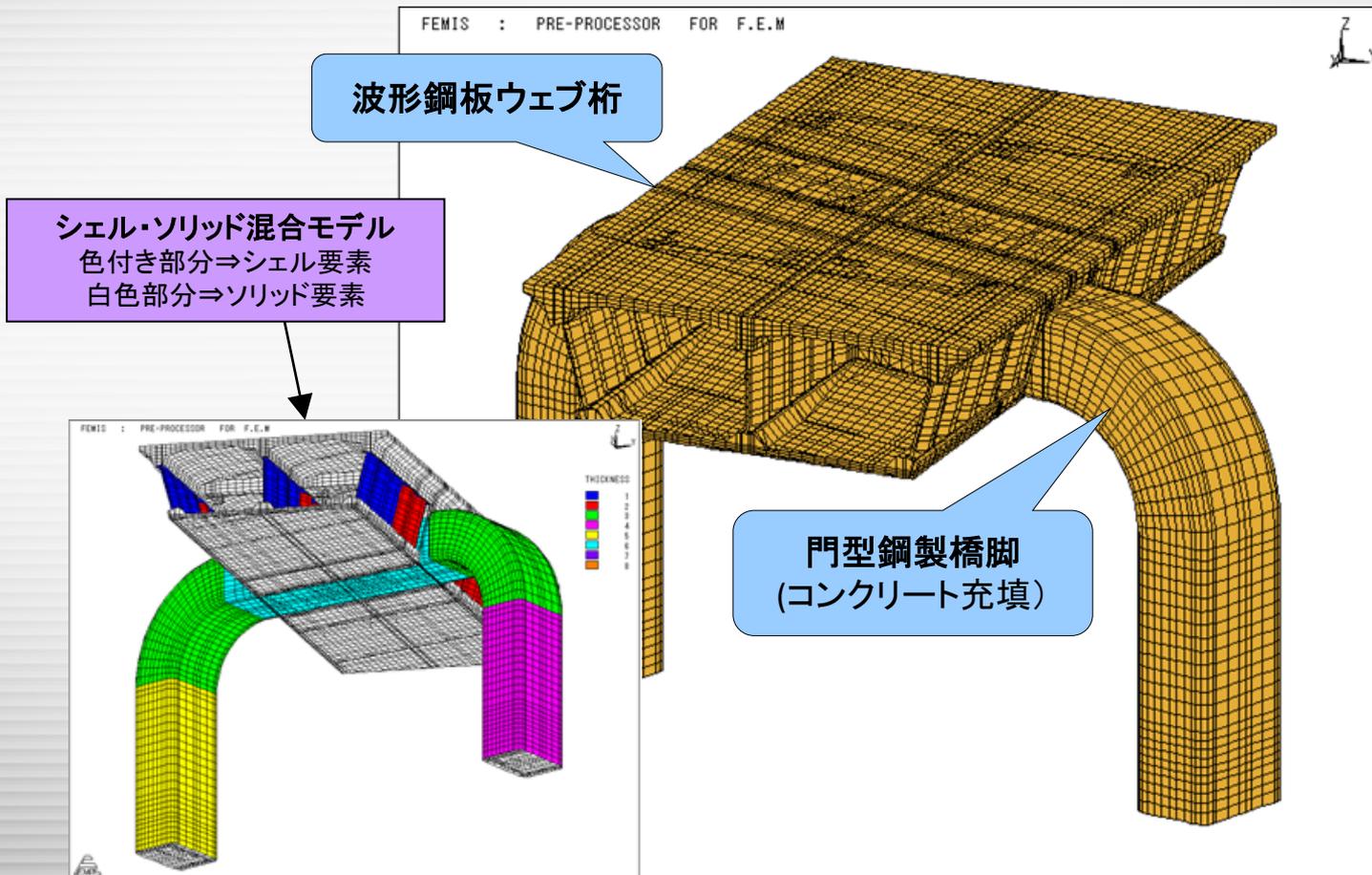


アンカーボルトの応力分布図



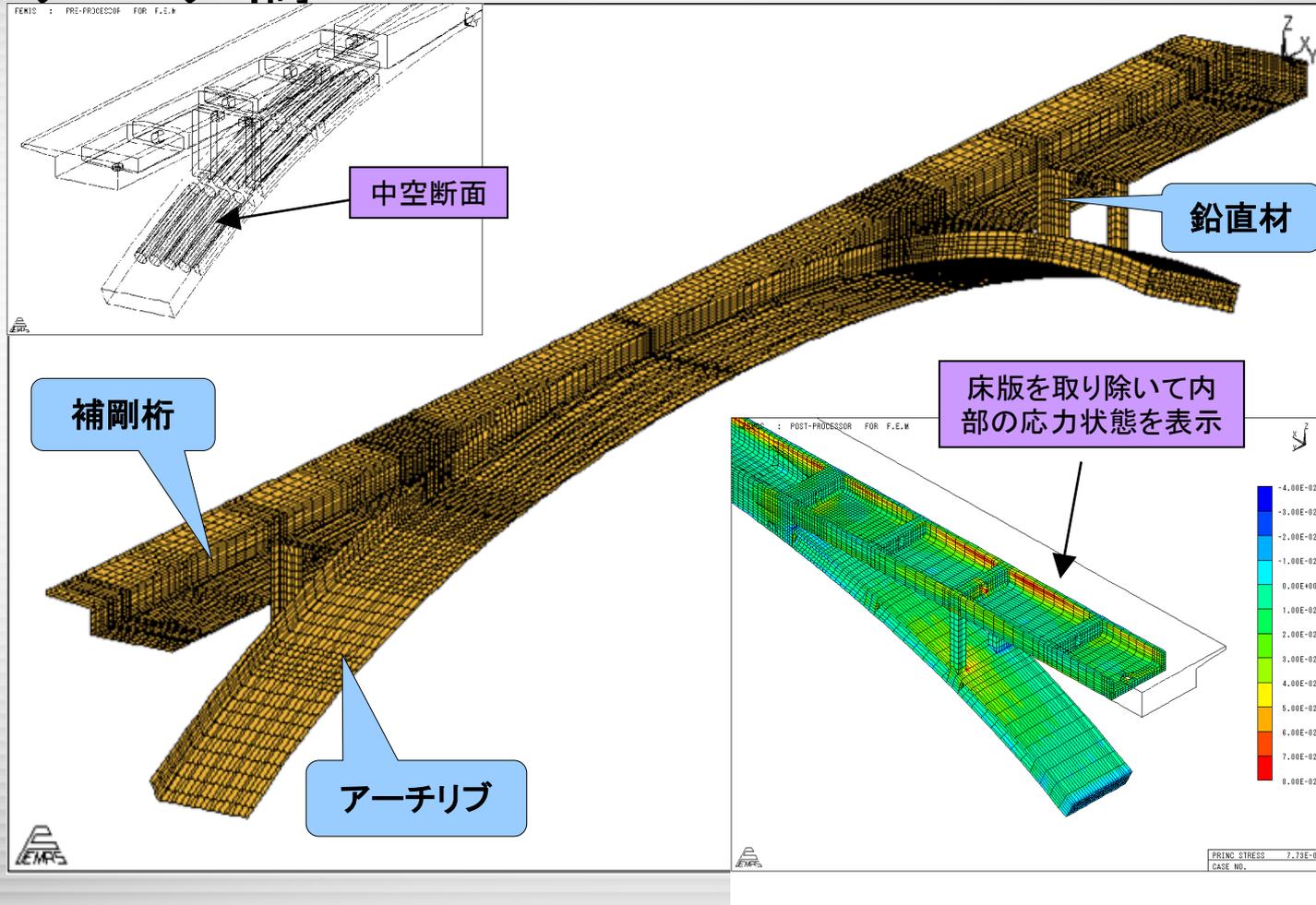
# 解析事例, サンプル紹介

## 橋梁上部工と鋼製橋脚との剛結部



# 解析事例, サンプル紹介

## RCアーチ橋



# FEMLEEG Ver6.0

## 新機能

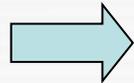
- 面荷重に任意方向の指定を追加
- 基準座標系指定での切断面断面力算定機能
- 静弾性解析で軸対称シェル要素に対応
- 3角形低次シェル要素（フラットシェル要素）を追加
- モデルプレビュー表示する機能を追加
- 解析結果重ね合わせに座標値マッチングと番号マッチングの選択機能を追加

# GeoFEAS2D、 3D

# 弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D

- GeoFEASは、Geotechnical Finite element Elastoplastic Analysis Softwareの略で、静的な条件下での**地盤の応力～変形解析**を行うプログラムです。
- 斜面、土留め、トンネルなど地盤に関する多くの分野において、弾塑性地盤解析を実施する場合に、威力を発揮する汎用FEM解析ソフトウェアです。

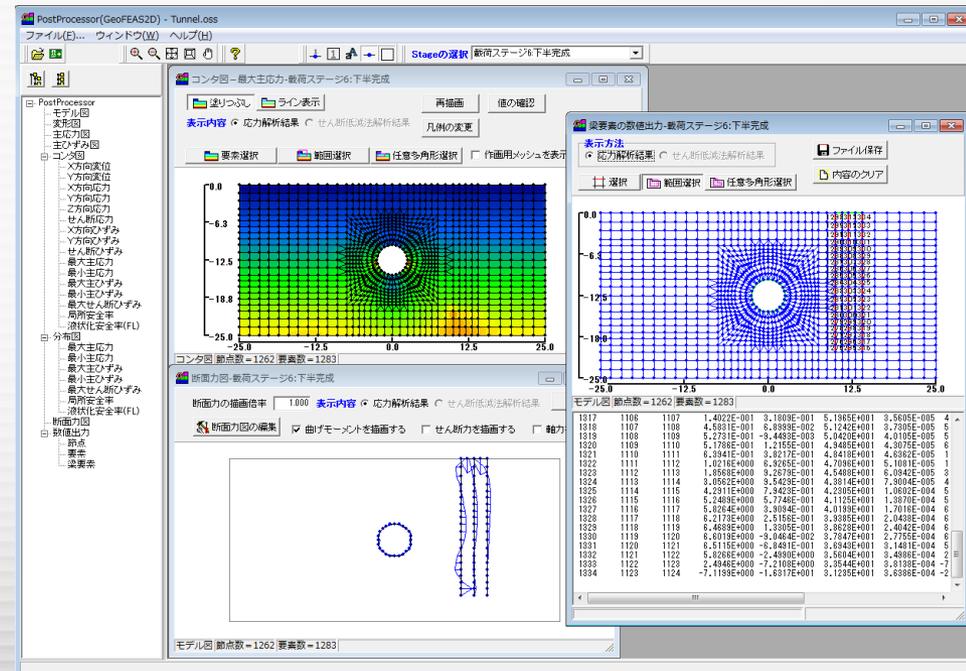
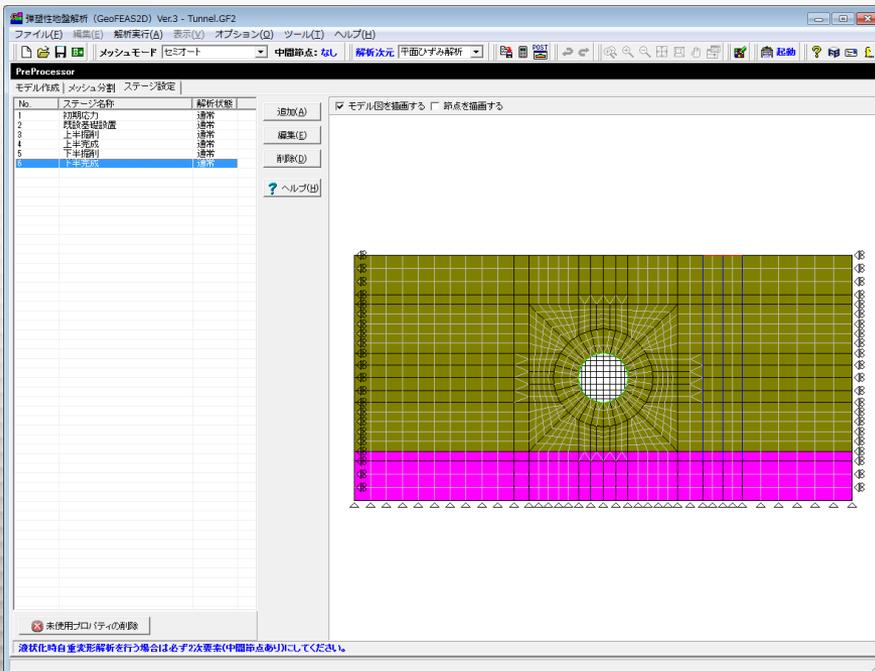
プリプロセッサ



プロセッサ



ポストプロセッサ

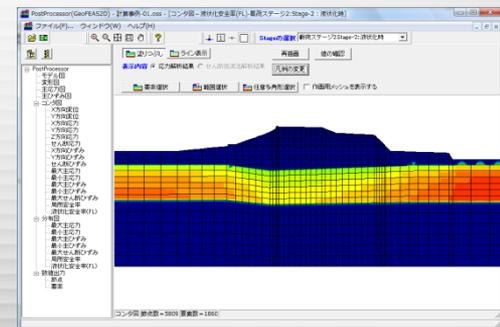
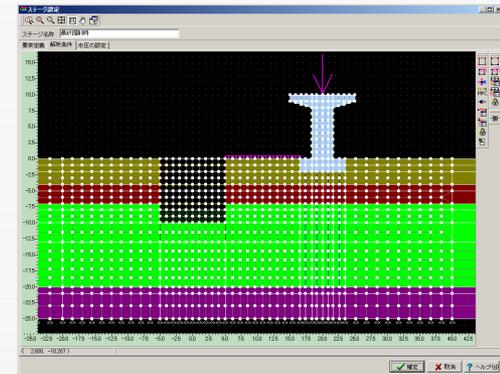
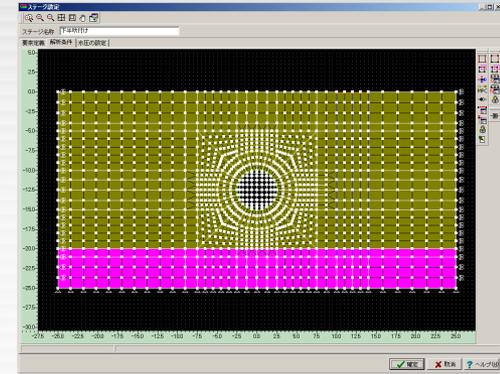


## 適用範囲

- 地盤の応力・変形解析
- 斜面安定解析
- 土留め掘削解析
- トンネル掘削時の周辺地盤影響解析
- NATM工法におけるトンネル施工検討解析
- 水圧の変動が地盤に及ぼす影響の検討
- 河川耐震性能照査(液状化検討)
- 地盤と構造物の相互作用の検討
- 応答震度法

## ポストプロセッサ機能

- モデル図
- 変形図
- ベクトル図
- コンタ図
- 分布図
- 数値出力





# 弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 2D/3D: 要素ライブラリ

Design-Analysis

●  
節点質量  
要素

●—●  
部材要素  
(梁・棒)

← ●—[Spring]— ● →  
軸方向バネ要素

← ●—[Spring]— ● →  
せん断バネ要素

●—[Spring]—  
支点バネ要素

●—●—●  
線ジョイント要素

●—●—●  
面ジョイント要素  
(3Dのみ)

●—●—●  
3角形要素  
(2D:土要素、  
3D:板要素)

●—●—●—●  
4角形要素  
(2D:土要素、  
3D:板要素)

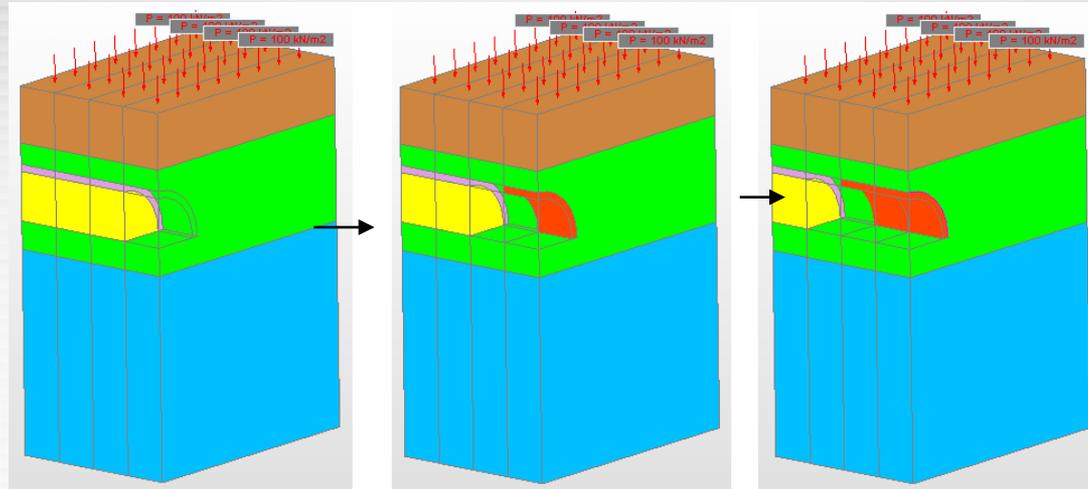
●—●—●—●  
4面体要素  
(3Dのみ)

●—●—●—●—●  
5面体要素  
(3Dのみ)

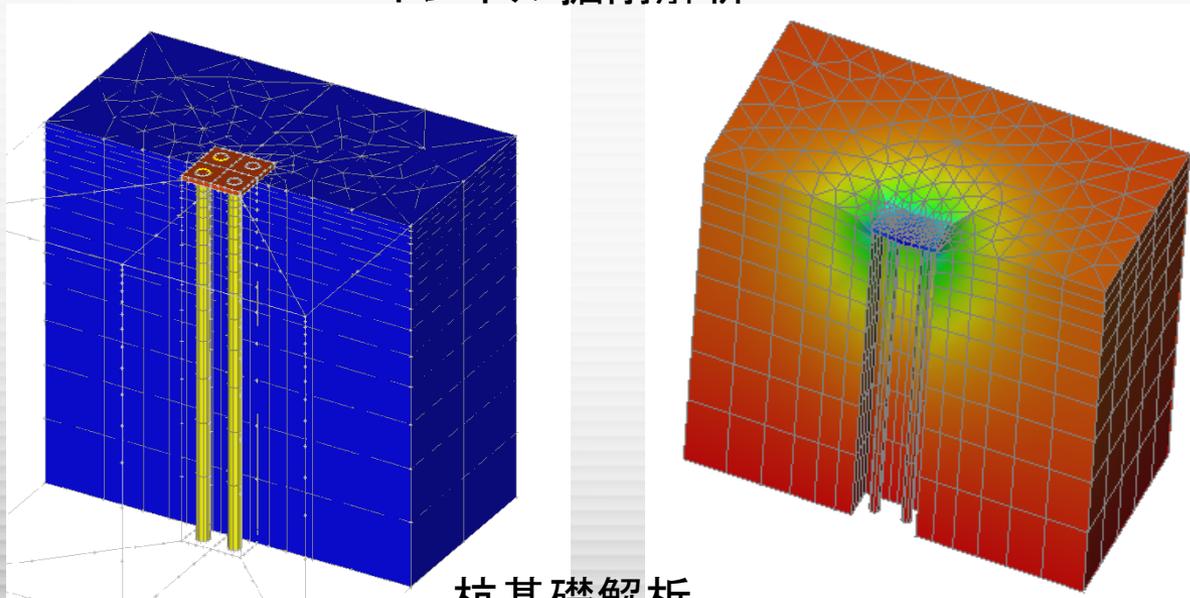
●—●—●—●—●—●  
6面体要素  
(3Dのみ)

注意:  
● 2次要素があるとき  
の中間節点

# 弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 3D: 検討例

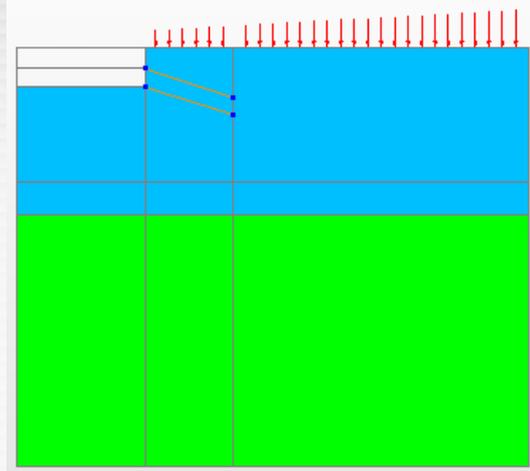
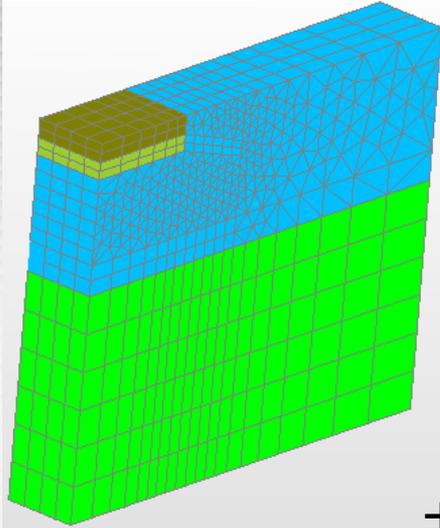


トンネル掘削解析

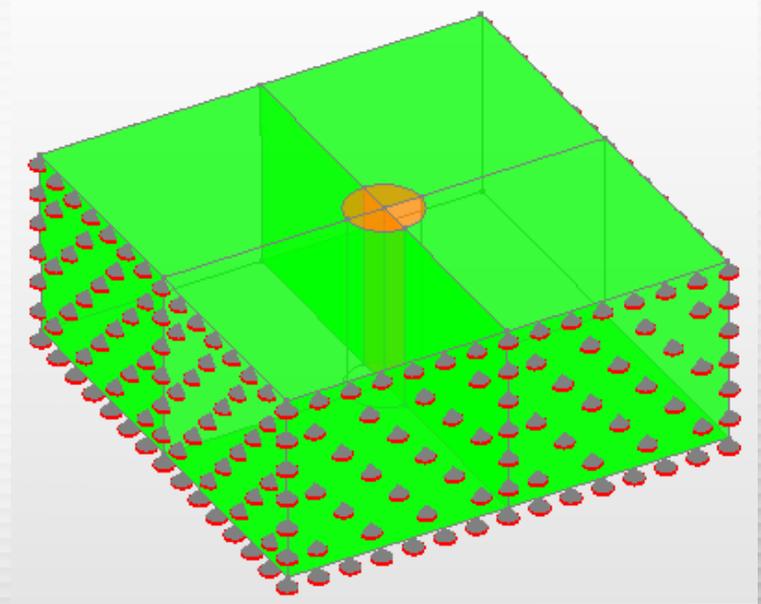
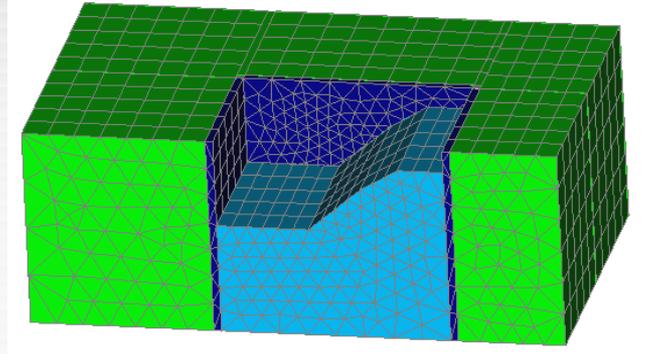


杭基礎解析

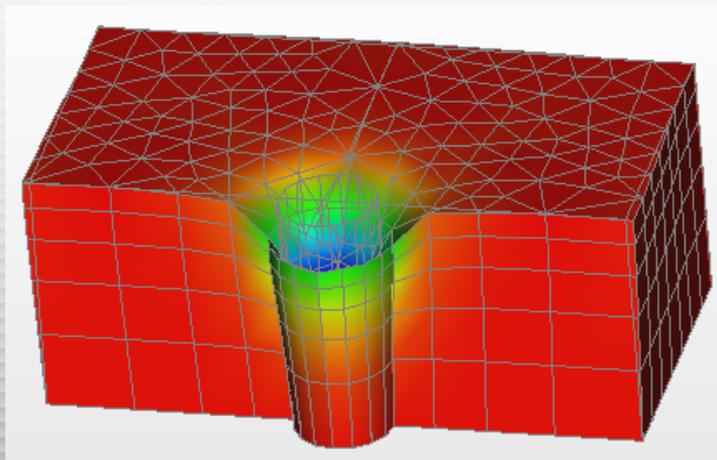
# 弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 3D : 検討例



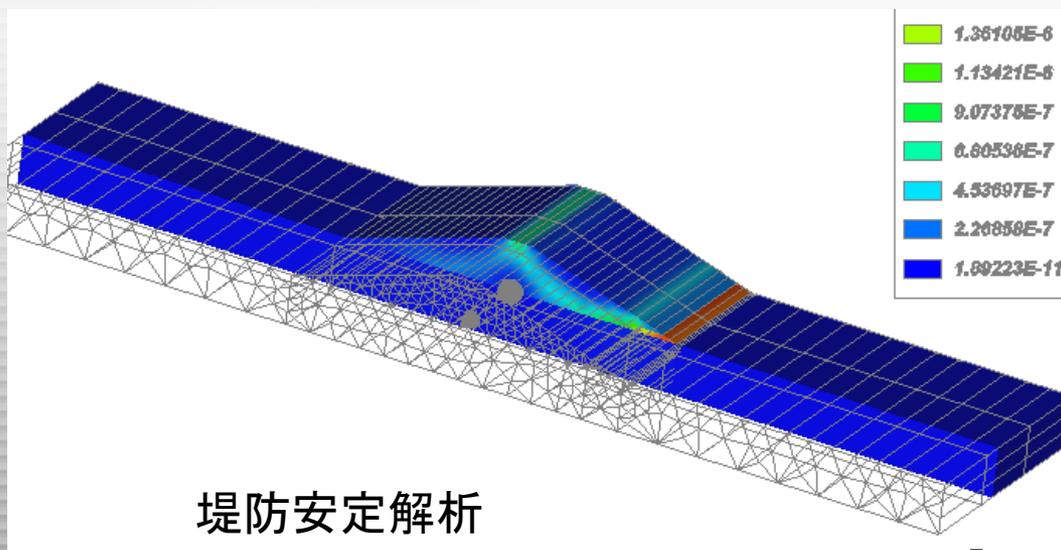
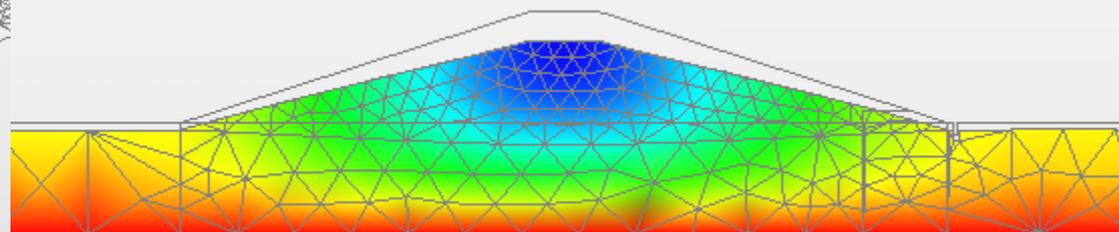
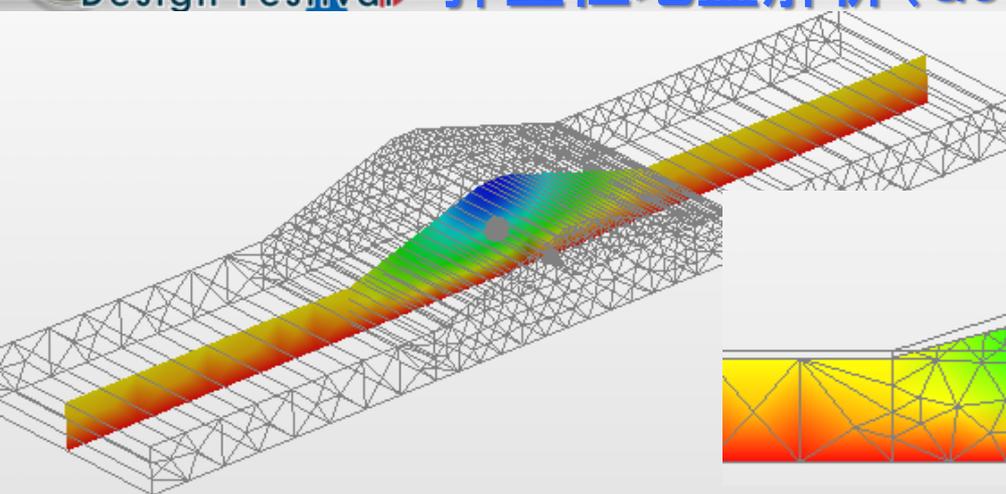
土留め工解析



タンク沈下解析



# 弾塑性地盤解析 (GeoFEAS) 3D : 検討例



堤防安定解析

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
- 強度低減法解析 (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	263 - 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