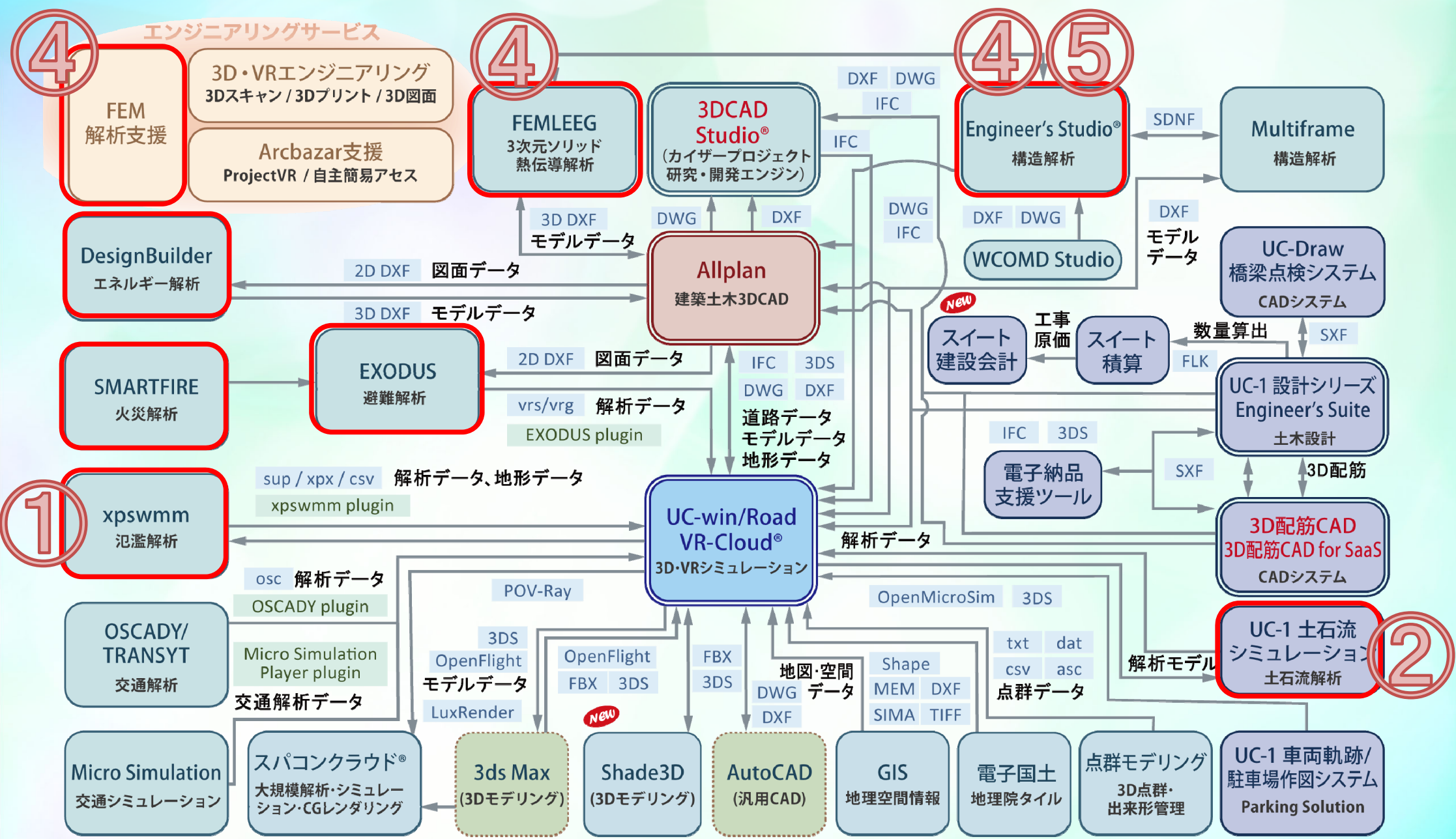


「FORUM8の災害対策・耐震ソリューションの 最新情報と今後の展開」



1	「雨水流解析・氾濫解析」 xpswmm
2	「土石流解析」 UC-win/Road 土石流シミュレーションプラグイン・オプション UC-1 土石流シミュレーション
3	「地盤解析」 GeoFEAS Flow 3D/Geo Engineer's Studio
4	「FEM解析」 Engineer's Studio®/Engineer's Studio Section/FEMLEEG
5	「H29年道路橋示方書への対応」 UC-1製品/Engineer's Studio

■ BIM/CIMによる統合ソリューションの連携イメージと展望

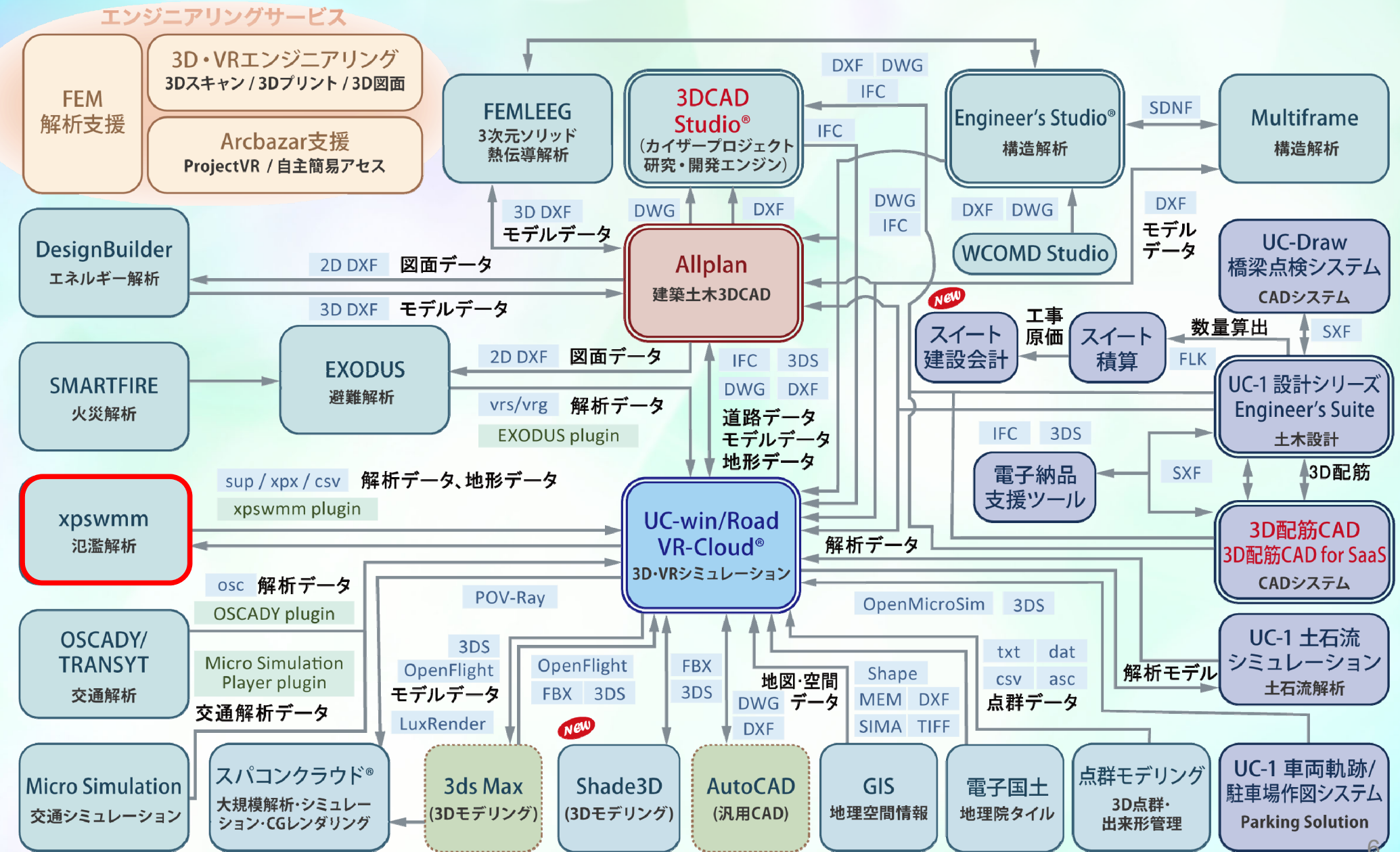


FORUM8の災害対策ソリューション

1. 雨水流・氾濫解析

xpswmm

■BIM/CIMによる統合ソリューションの連携イメージと展望



xpswmmの概要

近年、未曾有の水災害が国内で続いており、水災害対策の必要性は一層高まっています。水災害対策の現況解析と対策検討において xpswmm は有用なツールとなります。

xpswmmの地形データは容易に作成可能

- ・ 国土地理院の地図データから地形データをインポート
または、
- ・ UC-win/Roadの地形面データをインポート

xpswmmはさまざまな条件に応じて容易に解析可能

- ・ 【流出解析】降雨強度や土地利用条件を入力し、流出解析を容易にシミュレーション可能。
- ・ 【1D／2D統合解析】地形面と下水道管路をモデル化し、1D／2D統合解析が可能。
- ・ 【津波解析】沿岸から陸域への津波遡上に伴い、浸水深や氾濫範囲の解析が可能。

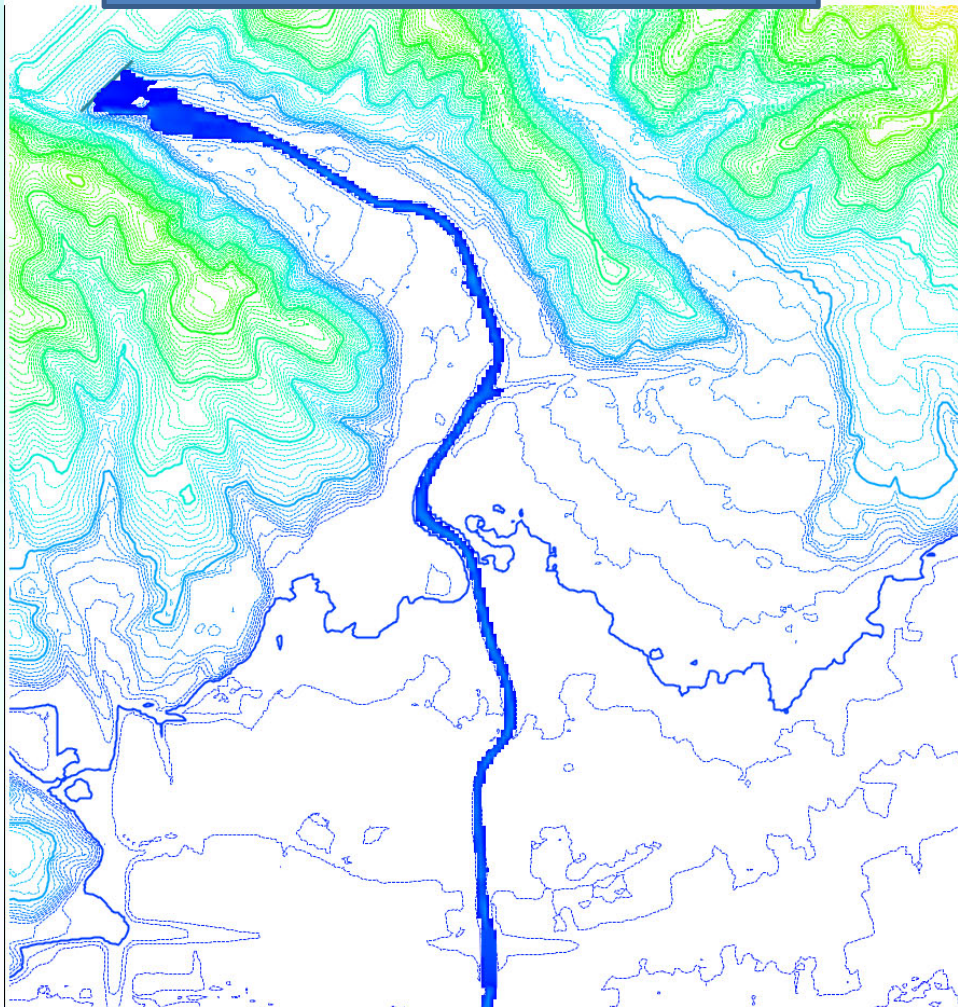
3DVRでわかりやすく可視化を提供

- ・ UC-win/Roadに解析結果を連携し、3DVRでわかりやすい可視化表現が可能。

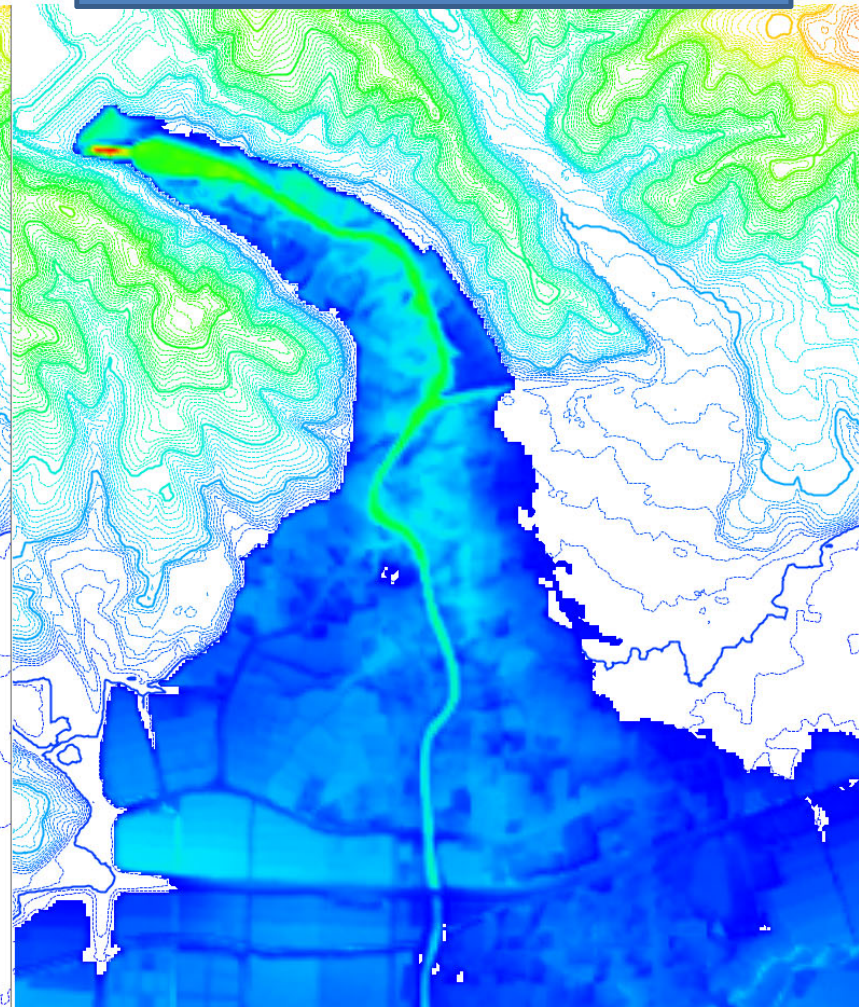
UC-win/Roadとの連携

降雨＋ダム放流時、(あるいは、ため池決壊時)等の浸水氾濫解析

常時

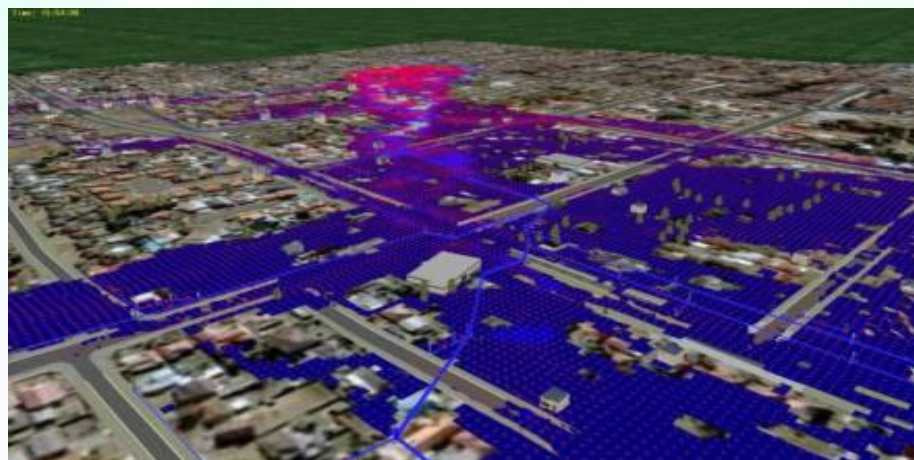
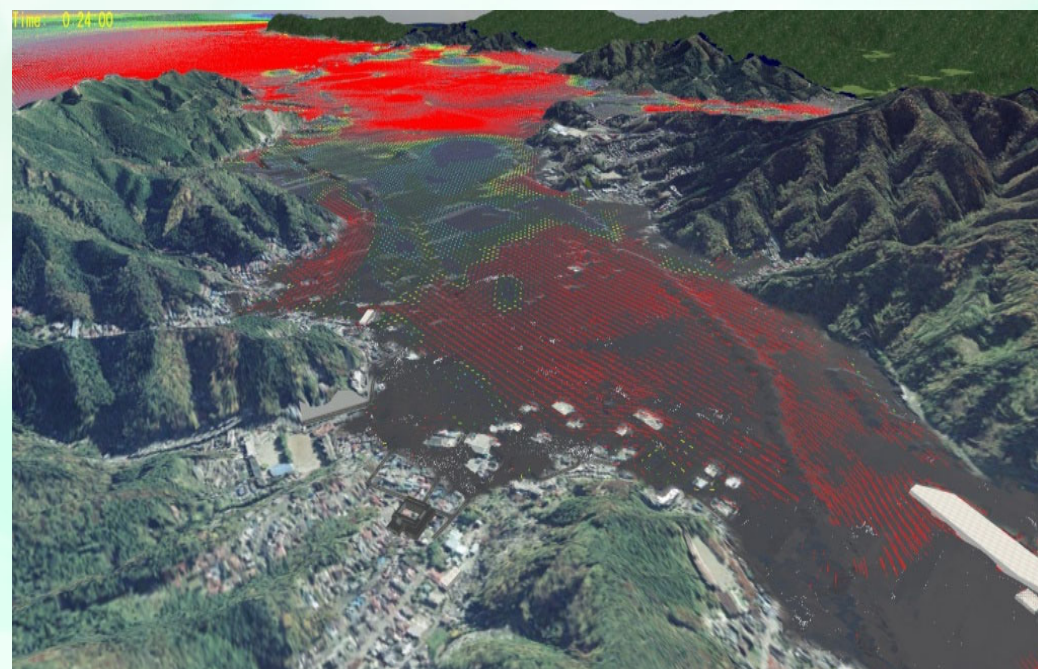
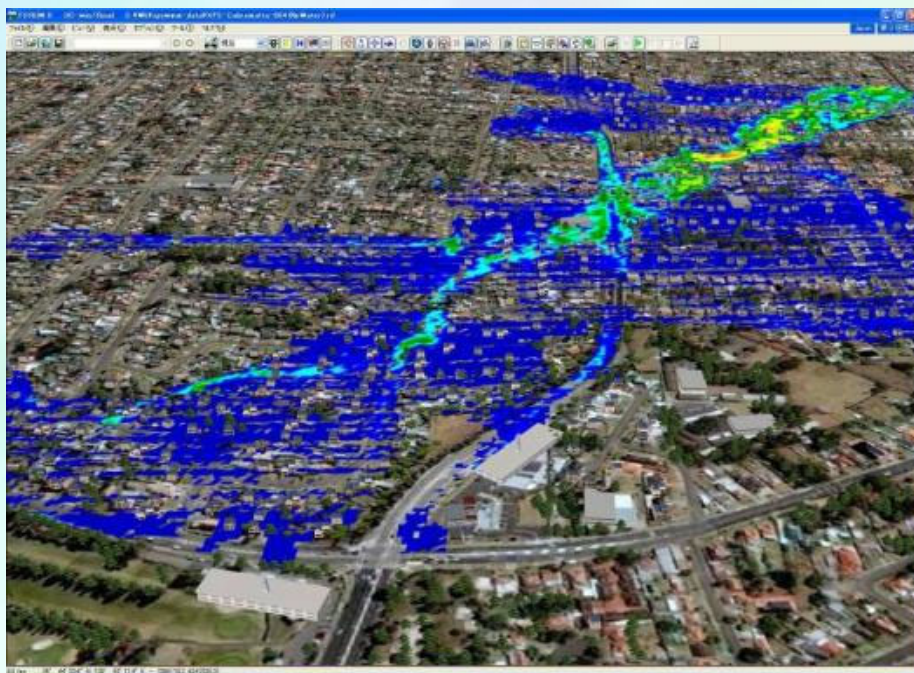


降雨＋ダム放流時



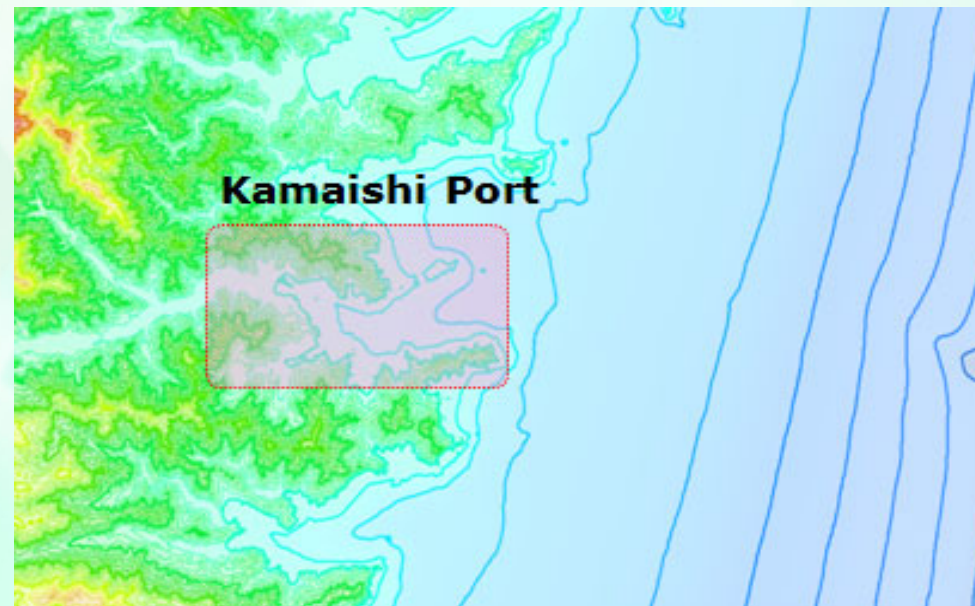
UC-win/Roadとの連携

氾濫解析結果、津波解析結果の3D表示

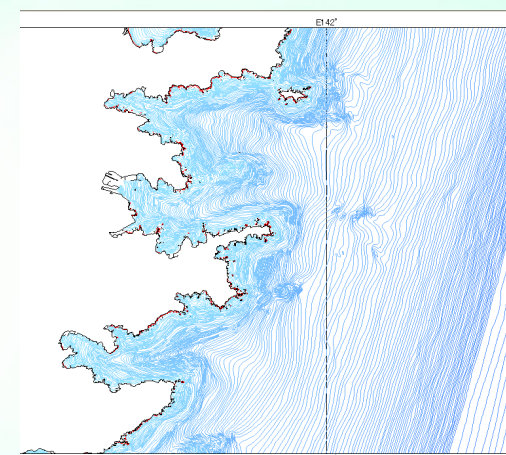
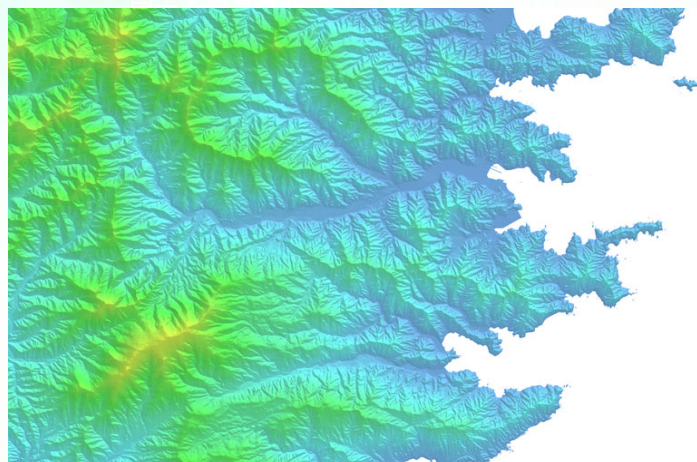


津波解析事例

釜石港の津波解析



地形データの作成(陸域+海域)



陸域: 日本国土地理院 10mメッシュ標高

海域: 日本水路協会 海底地形デジタルデータ M7000

UC-win/Road for xpswmm

- 浸水解析、氾濫解析ソフト「xpswmm」との連携
xpswmm解析結果の3D可視化が可能となる。

対象情報:

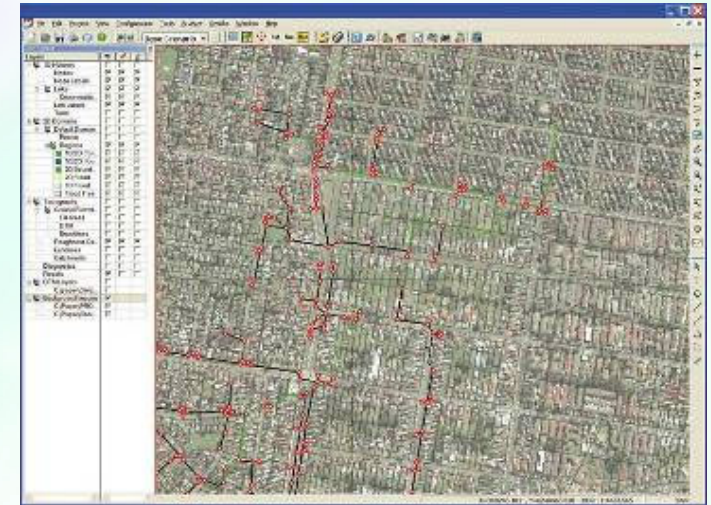
- ・地形モデルの可視化 (Shapeファイルインポート)
- ・水位、管モデルの可視化
- ・時刻歴の解析モデリング

サンプルモデル(連携イメージ):

- ・[Norwalk.avi](#)
- ・[Golf.avi](#)

UC-win/Road for xpswmm

- ・[利用方法AVI](#) / [サンプルAVI](#)

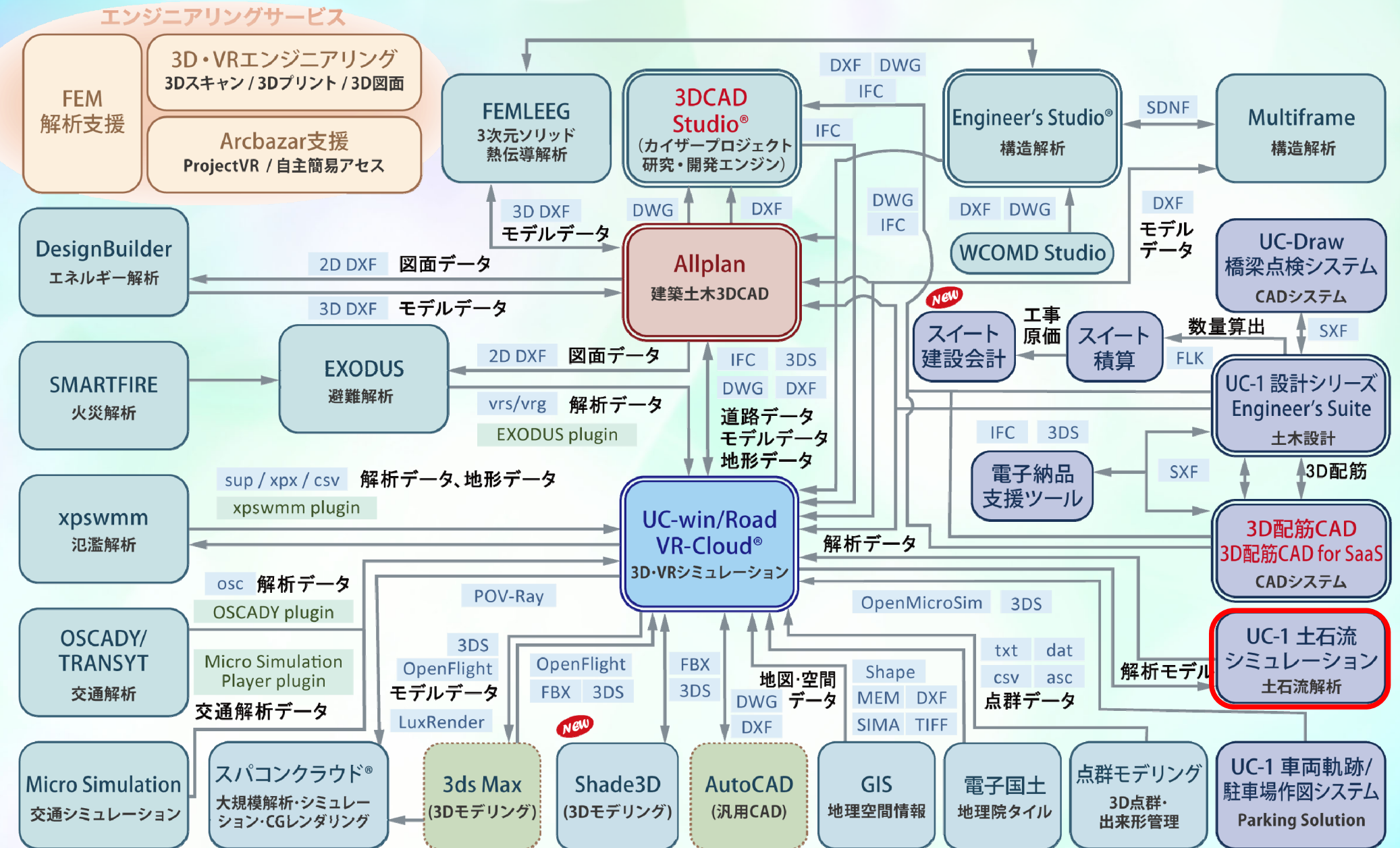


2.土石流解析

UC-win/Road 土石流シミュレーションプラグイン・オプション

UC-1 土石流シミュレーション

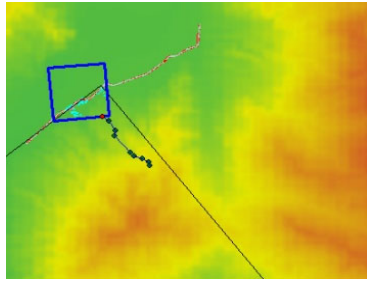
■ BIM/CIMによる統合ソリューションの連携イメージと展望



土石流シミュレーションシステムの流れ

UC-win/Road

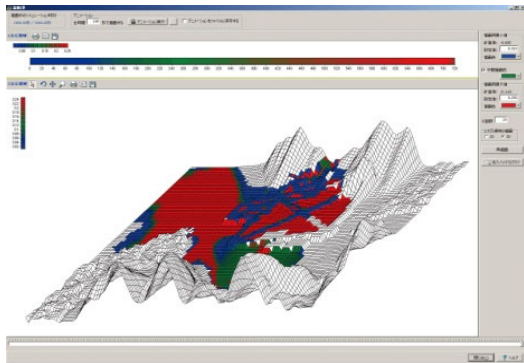
土石流プラグイン
解析範囲の設定



解析モデル

土石流シミュレーション

UC-1



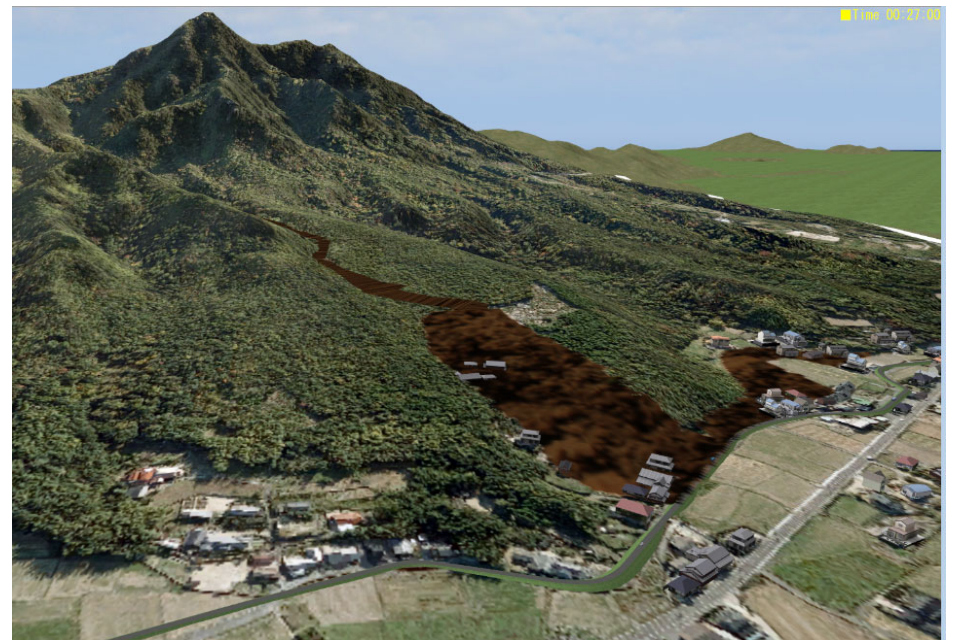
プレ処理、解析、ポスト処理

解析結果

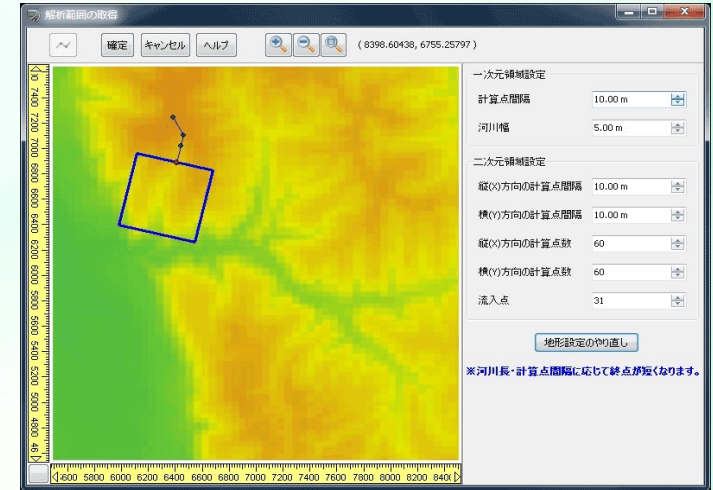
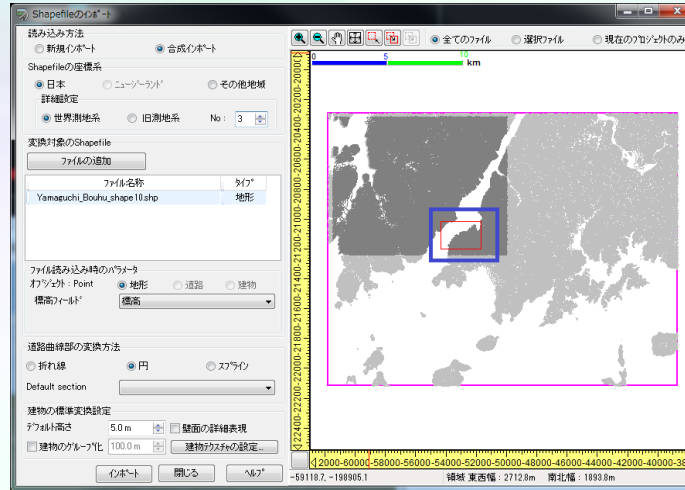
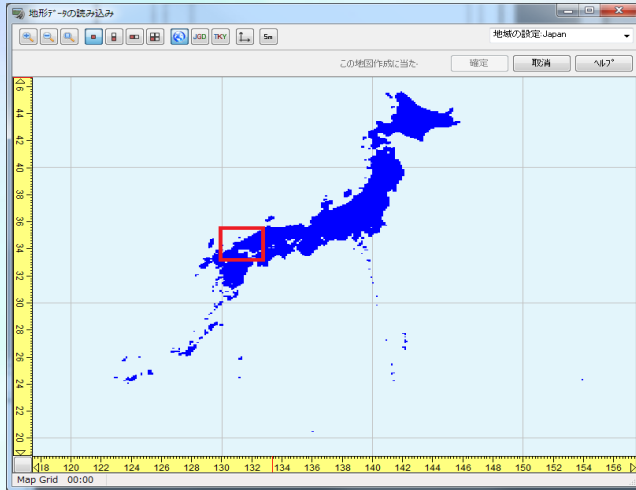
UC-win/Road

土石流プラグイン
解析結果のインポート

可視化処理



解析モデルの作成



①対象地域の選択

UC-win/Roadは、地形・地図の標準データベースを搭載。

■国土地理院承認

(平12総使、第173号)

- 50mメッシュ標高 (全国)
- 2500空間基盤 (東京/大阪)

②地形パッチの活用

精細な地形データの利用が可能

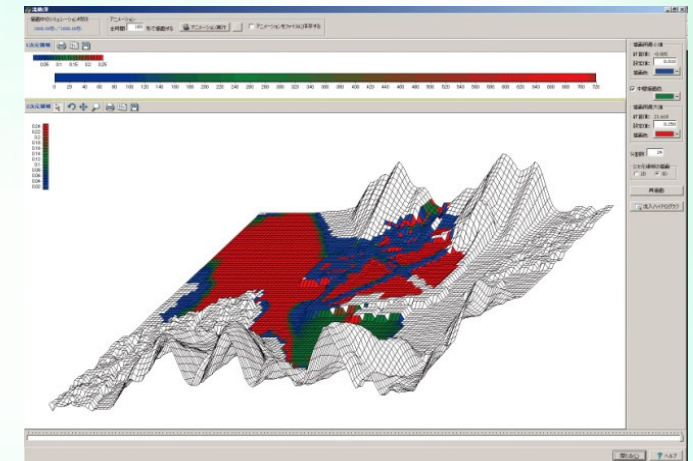
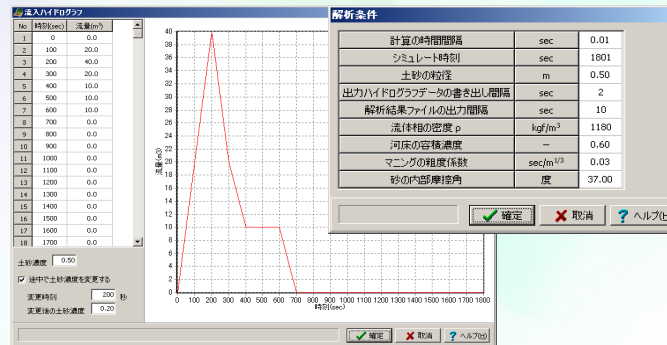
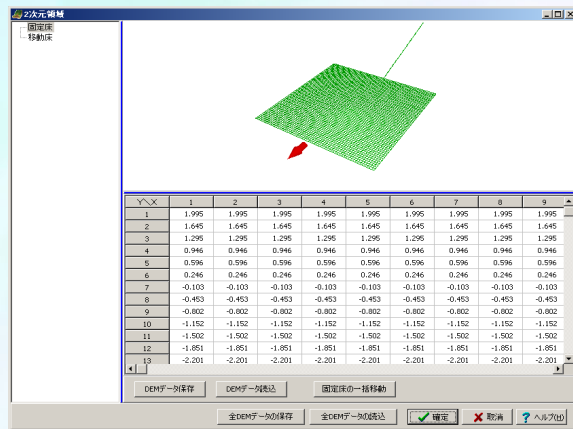
- 数値地図5mメッシュ(標高)

③解析領域の設定

- 1次元領域
- 2次元領域
- 移動床
- 観測点
- 堰堤設置

土石流解析

解析部は条件を微調整しながらのトライアンドエラー作業が行いやすいように独立したプログラムとして提供



①解析モデルの調整

以下について調整が可能。

- 1次元領域座標
- 川幅
- 観測点・堰堤の移動
- 2次元領域座標

②条件の設定

以下の条件設定が可能。

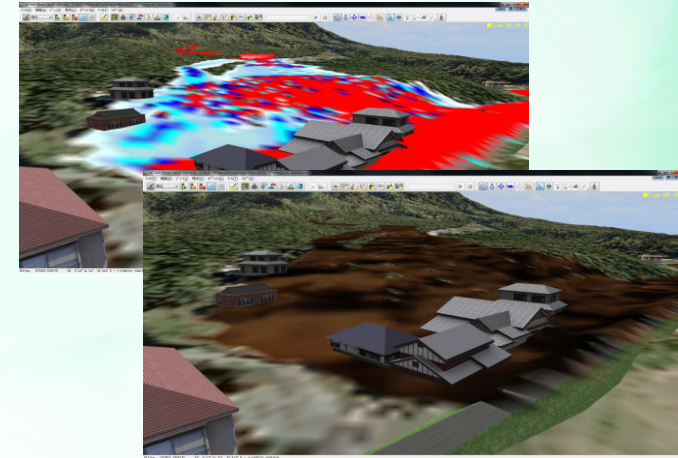
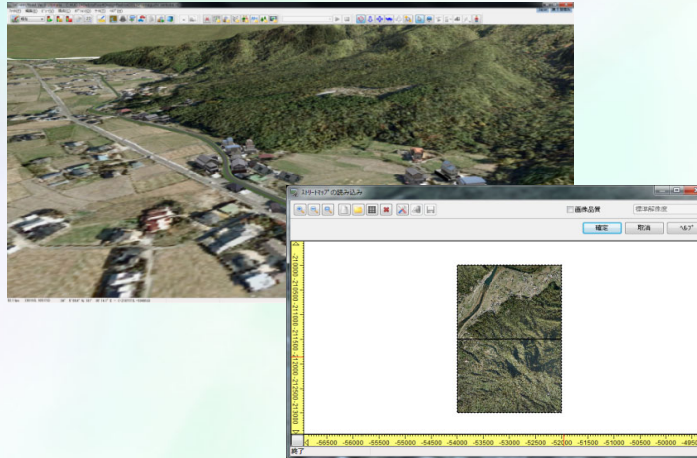
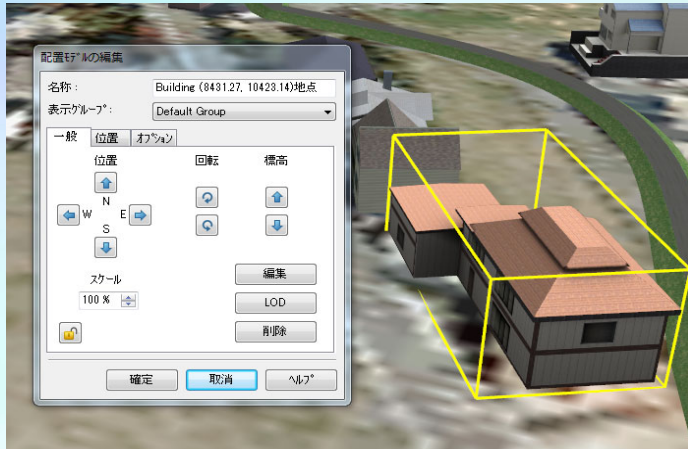
- 流入ハイドログラフ
- 解析条件（計算時間間隔、シミュレート時刻、土砂の粒径など）
- 基準値（砂礫の密度、侵食速度係数、堆積速度係数など）

③解析結果の確認

以下の結果確認が可能。

- 流動深
- 堆積厚

解析結果の可視化



① 3Dモデルの配置

家屋などのモデルを配置。
UC-win/Roadでは以下のモデルを標準モデルとして利用が可能。

- 建物（711点）
- 道路車両（208点）
- 鉄道道路施設（588点）
- 動物・人間・樹木（197点）

等

② 航空写真の活用

航空写真を別途用意することでよりリアルなプレゼンテーションが可能。

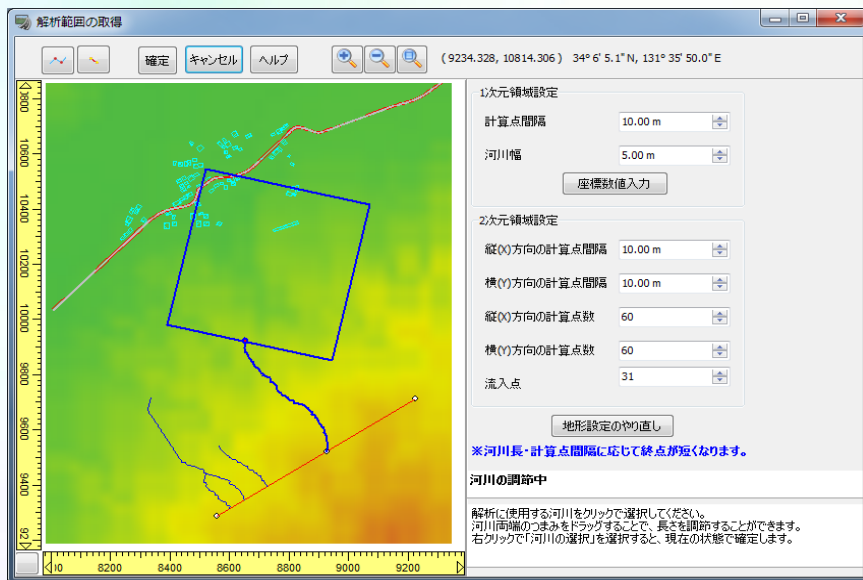
③ シミュレーション実行

解析結果をインポートしてシミュレーションを実行。

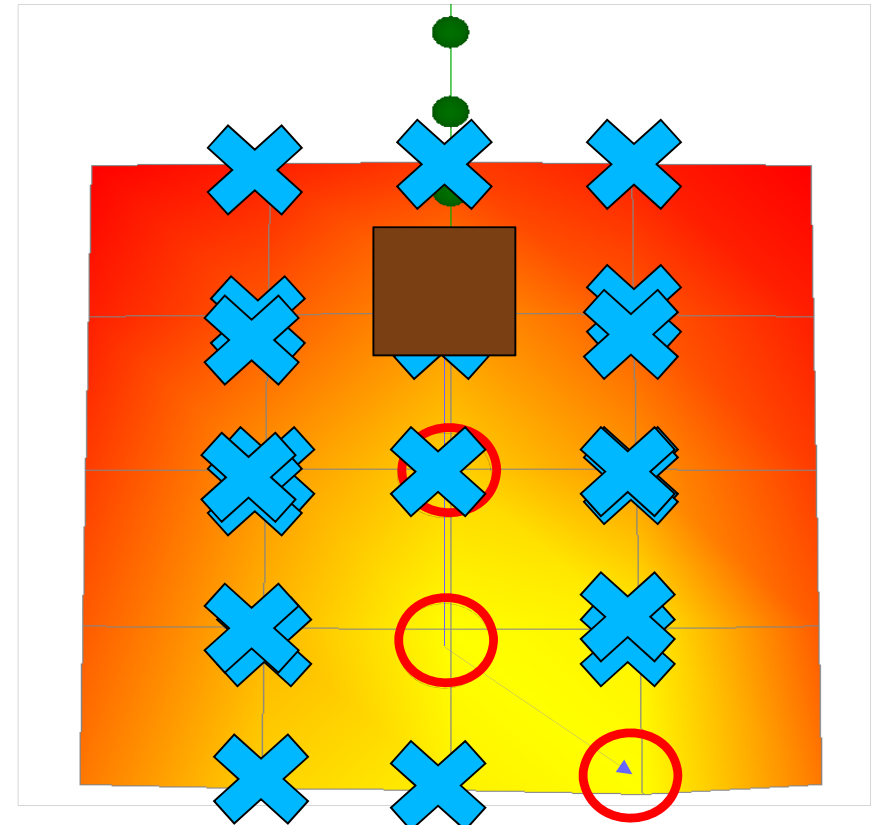
河川形状の自動計算に対応

UC-win/Roadの地形情報を元に1次元領域の自動計算に対応

①スタートは河川開始ラインの極小点

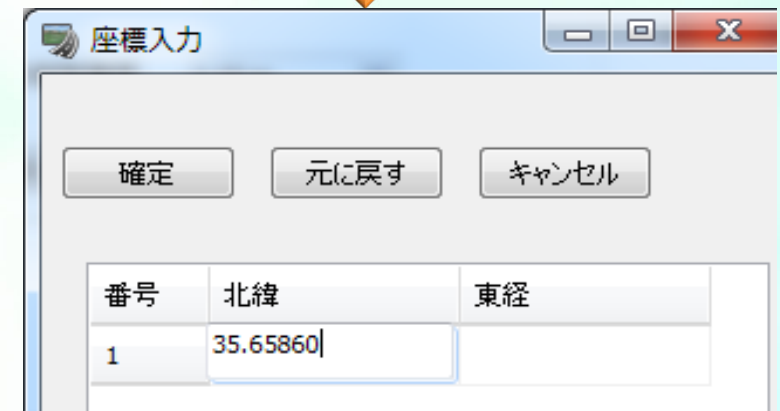
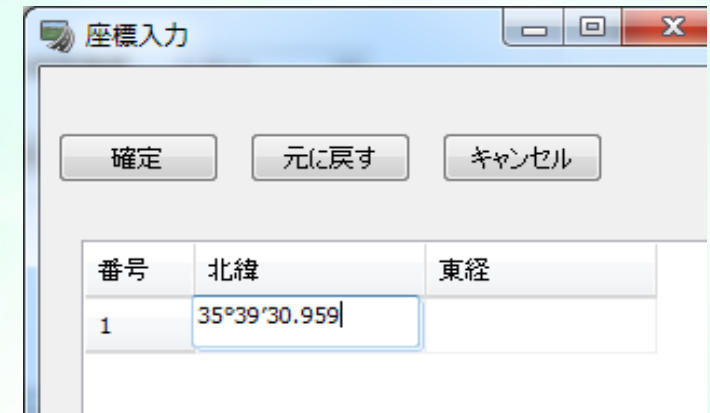
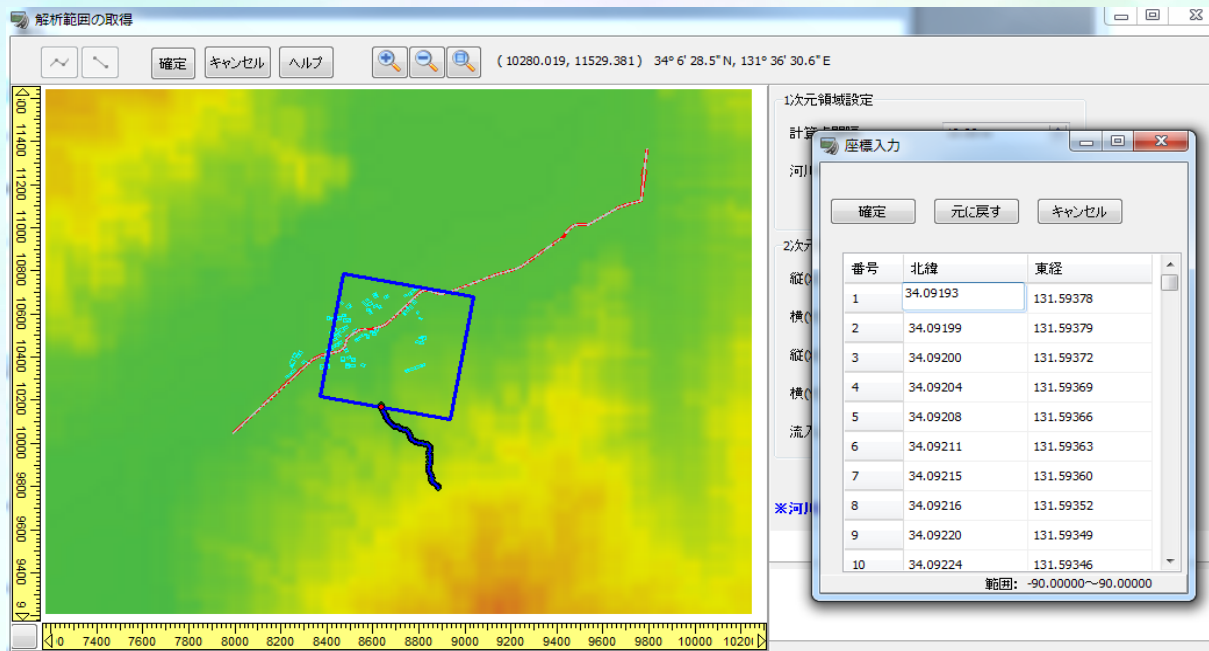


②8方向から最下点を選択して移動 最下点が自分自身の場合終了



■ 数値入力の追加

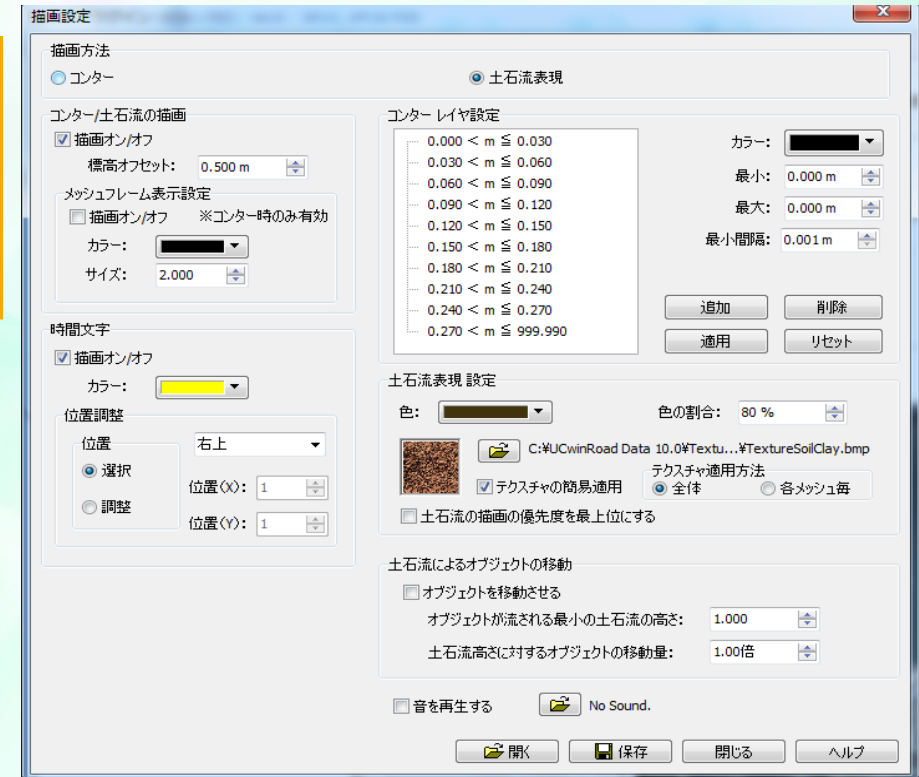
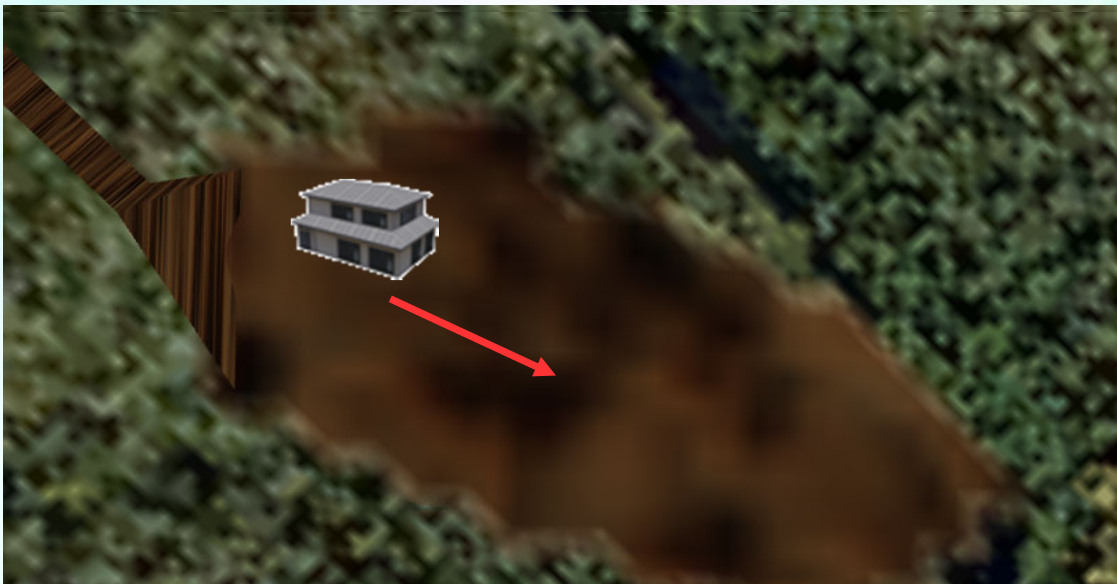
1次元領域の数値入力に対応



度分秒の入力にも対応。

オブジェクトの移動機能

土石流に合わせてオブジェクトが移動する機能を追加。現在は土石流の高さに関してオブジェクトの移動量を計算。



音の再生機能

シミュレーション実行中の音の再生が可能に。Wavファイルが指定可能。

3.地盤解析

3次元弾塑性地盤解析、浸透流解析

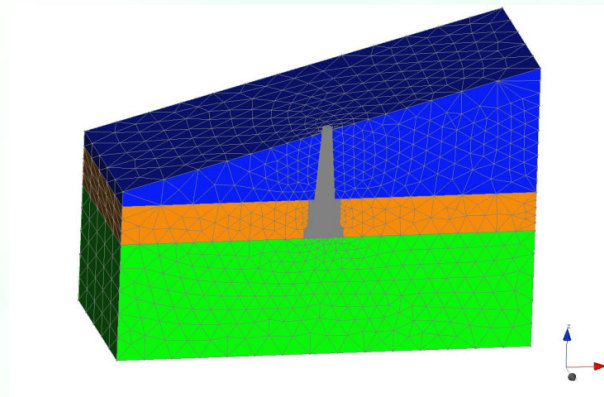
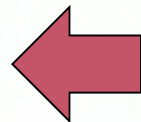
GeoFEAS Flow 3D

Geo Engineer's Studio

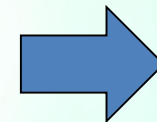
GeoFEASFlow3D

- 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)の別々の独立した解析を一つのシステムにまとめた地盤解析プログラム
- GeoFEASとVGFlowが同一のプラットフォームで動作し、形状データおよびメッシュデータの共有化により、操作性の向上、データの互換性により、モデル作成等の作業量を大幅に縮減
- 解析部は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ソルバーを導入

弾塑性解析

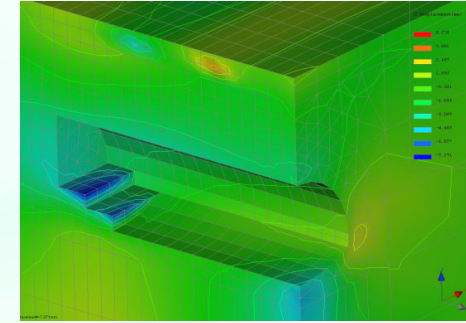
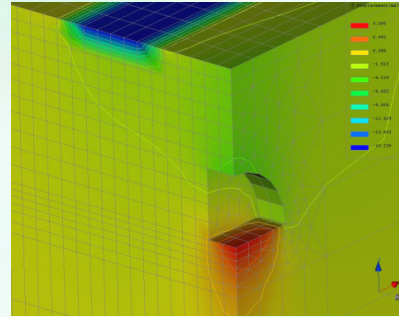
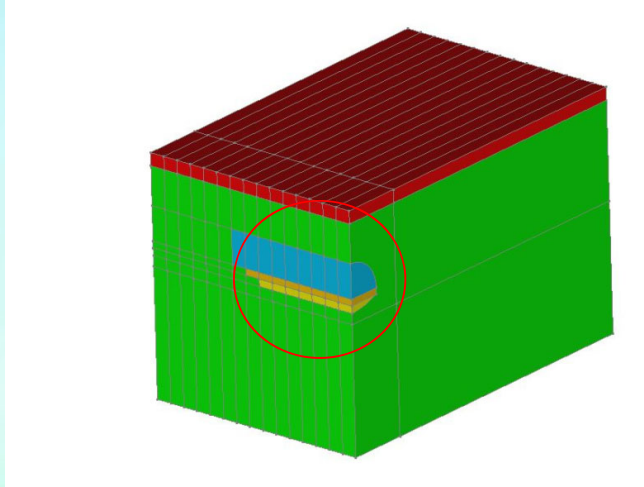


形状・メッシュの共有化

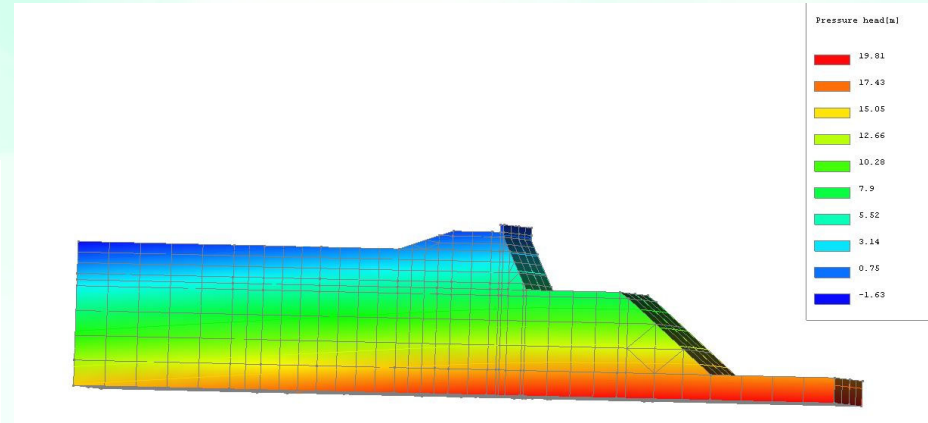
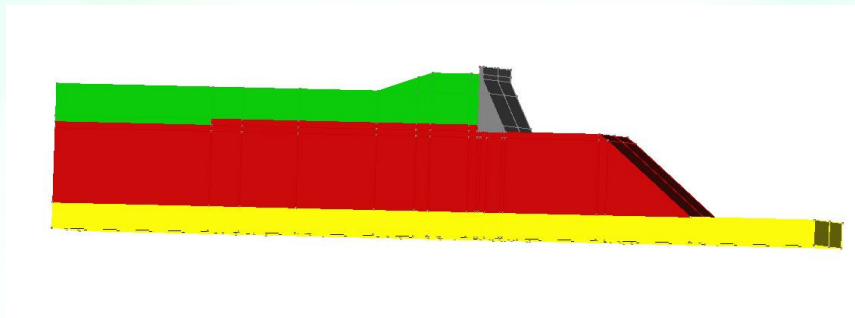


浸透流解析

検討例



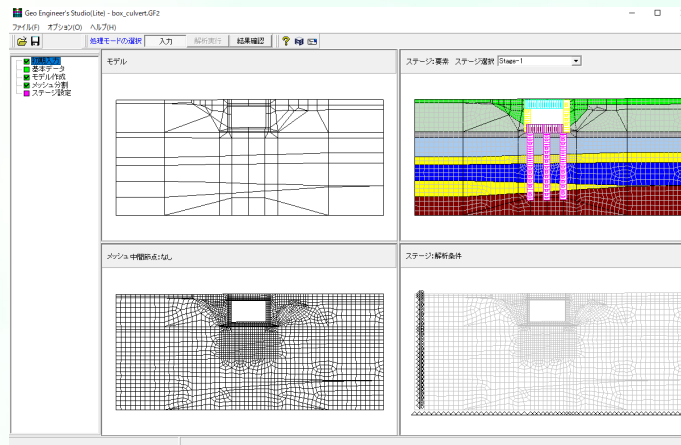
トンネル掘削解析
(モデルと変形図)



堤体浸透流解析
(モデルと圧力分布図)

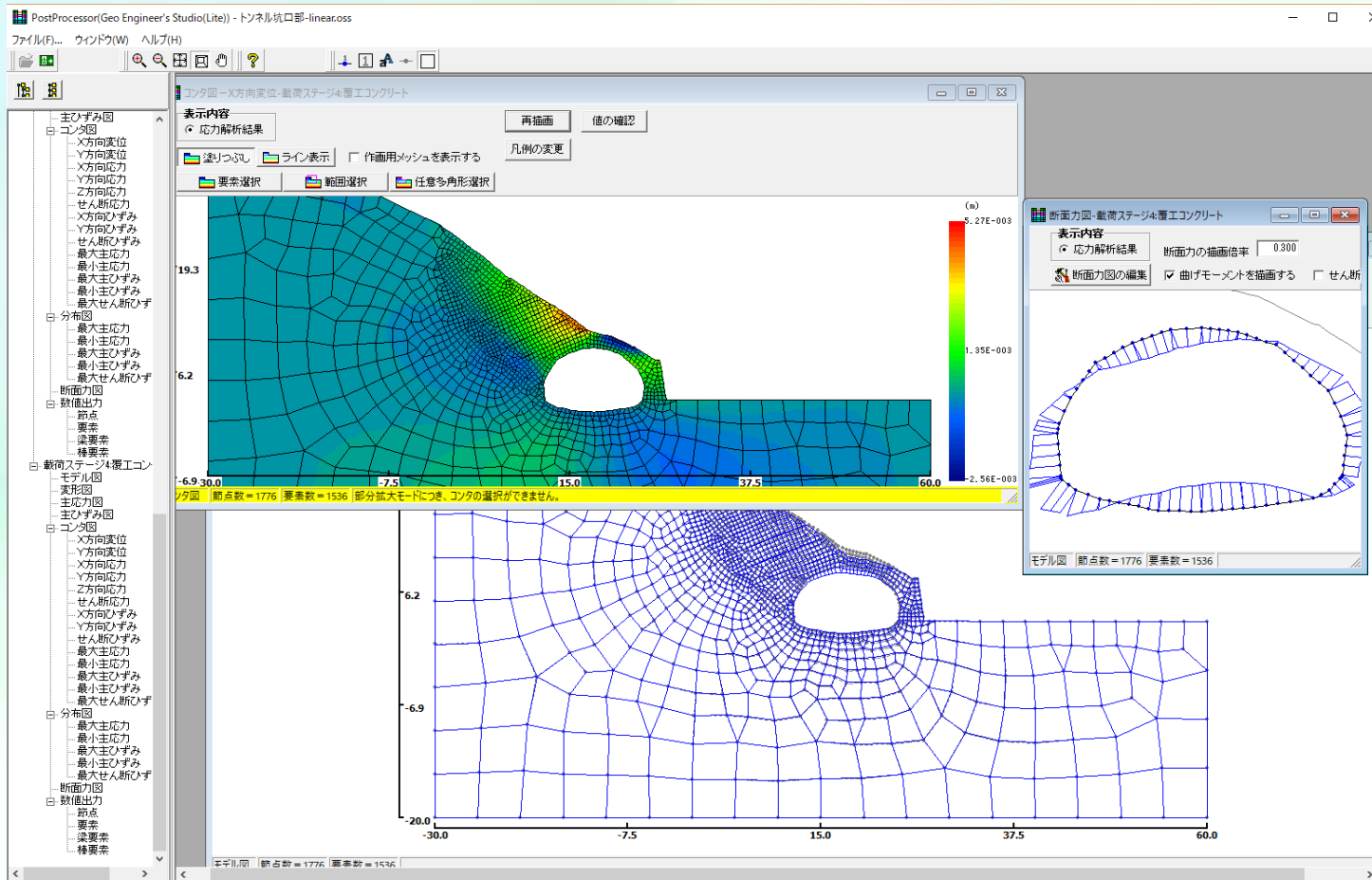
Geo Engineer's Studio

- Forum8による自社開発プログラム。現行のlite版では、地盤および構造部材の弾性解析の機能をもつ。現在の開発状況は、構造部材のバイリニア特性に拡張し、弊社構造プログラムESのMφ要素と整合する。地盤の弾塑性機能についても拡張中であり、すでに弾塑性の主要な収束計算部分は終了している。また、来春を目標に液状化による自重変形解析の機能も組み込む予定である。
- 解析部の処理は、高速演算によって従来の地盤解析ソフトに比べ格段のスピードをもつ。また、ファイルは、従来からの地盤解析ソフトと互換性があるため、モデルの共有化が計れる。



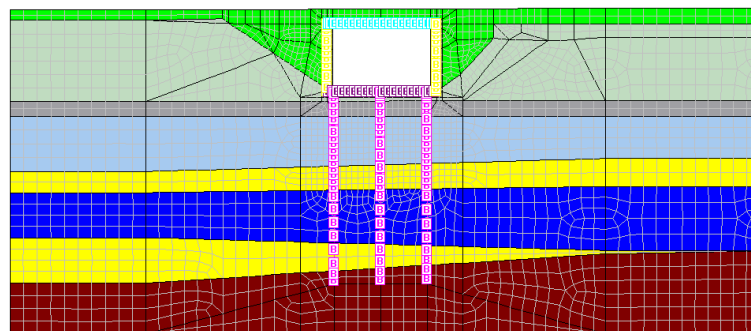
初期画面

検討例1

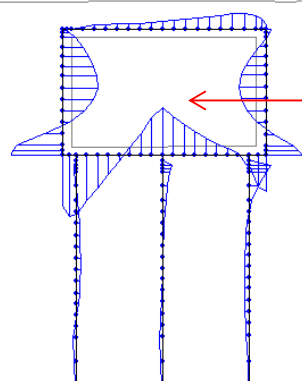


- 地盤および構造部材（アンカー、覆工）が構成する、複雑なモデルを作成し、施工段階に従って順次、変形や断面力を再現することにより、トンネル掘削に際して施工中の安全性を評価することができる。

検討例2(開発中)

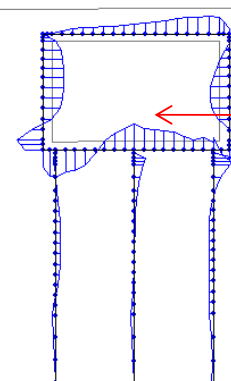


線形梁 曲げモーメント図



621.46 kNm

バイリニア梁 曲げモーメント図



303.43 kNm

- 現在開発中の機能では、地盤および構造部材の非線形性を再現することで、L2地震時の耐震性能照査（耐力照査および曲率照査等）に対応することができる。深さ方向に変化する震度をかけ、地下構造物を照査する方法を応答震度法と呼ぶ。

4.FEM解析

3次元有限要素法解析プログラム

Engineer's Studio®

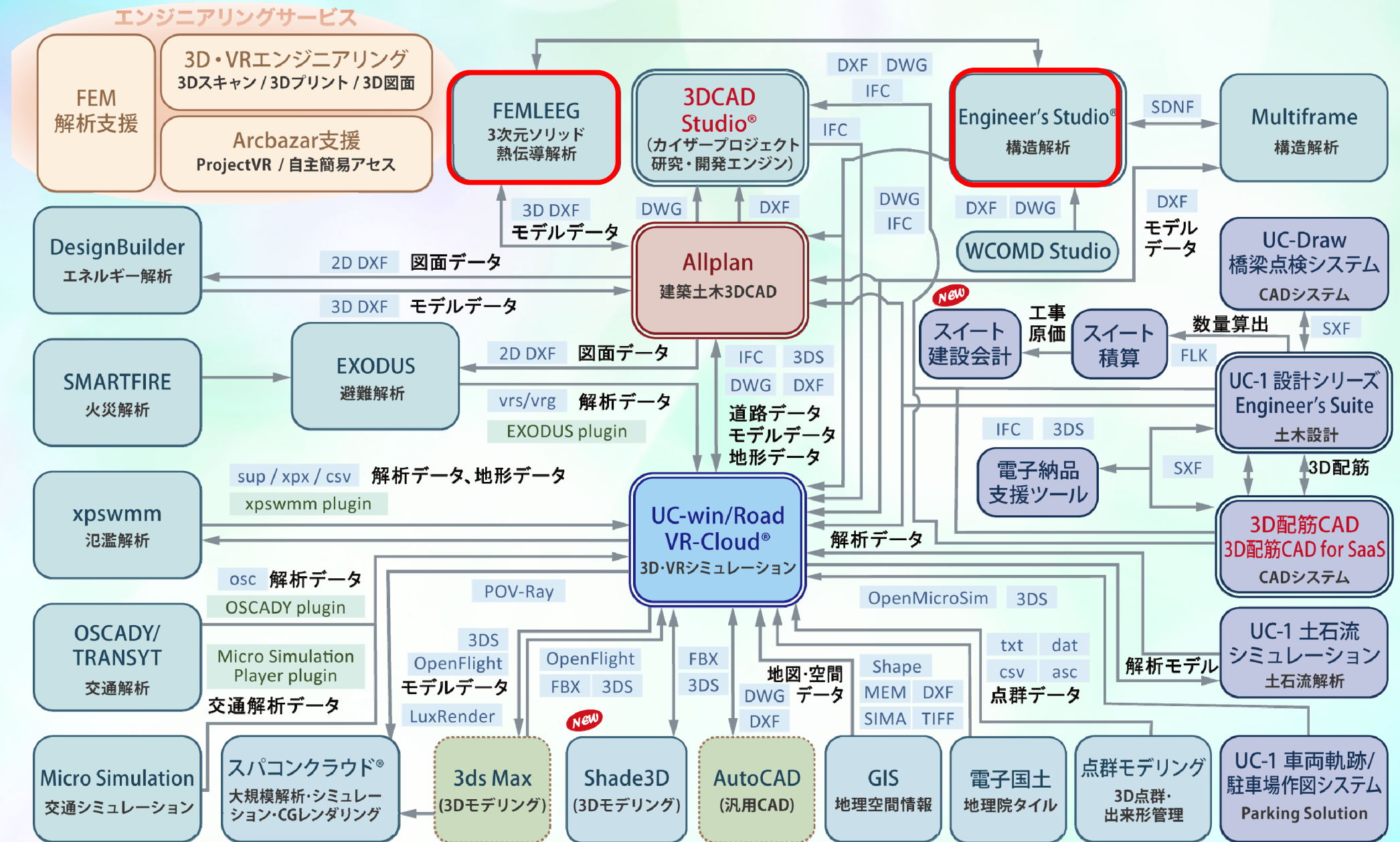
断面計算プログラム

Engineer's Studio Section

総合有限要素法解析システム

FEMLEEG

■ BIM/CIMによる統合ソリューションの連携イメージと展望



3次元有限要素法解析プログラム
Engineer's Studio®

製品機能および解析理論

Engineer's Studio®は、弊社がプレ処理から計算エンジン、ポスト処理までのすべてを自社開発した**3次元有限要素法**解析プログラムです。

土木・建築構造物の部材を1本棒に見立てた**梁要素**や平面的に連続した**平板要素**でモデル化し、構造物の**静的／動的**、**線形／非線形**解析を行います。

解析に用いる要素には、

梁要素(弾性要素/M-φ要素/ファイバー要素)

平板要素

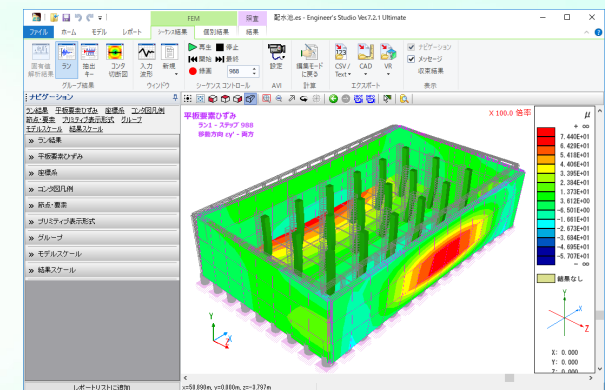
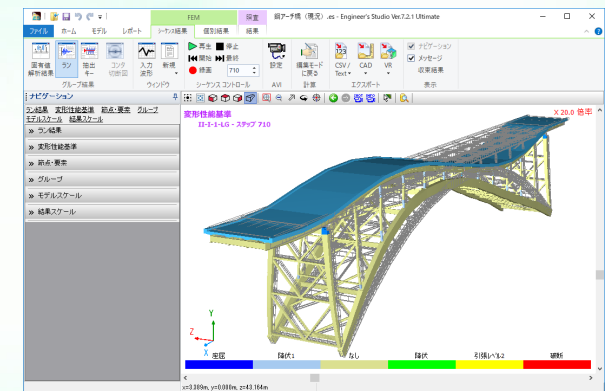
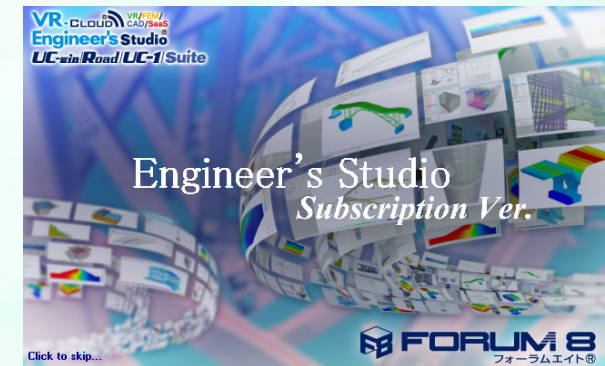
ばね要素

剛体要素

減衰要素

ケーブル要素

などをサポートしています。



製品機能および解析理論

・破壊解析コンテスト(2010年)優勝！

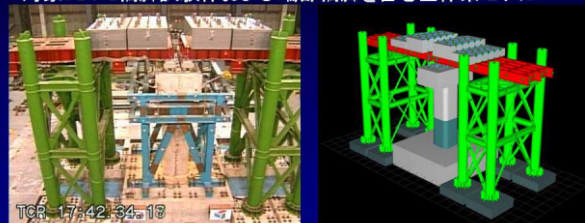
平成22年度橋梁耐震実験研究成果発表会((主催)(独)防災科学技術研究所)において実施された「高じん性モルタルを用いた実大橋梁耐震実験の破壊解析ブラインド解析コンテスト結果発表・表彰」にて、弊社社員および吉川弘道氏(東京都市大学名誉教授)による合同チームが優勝者として表彰されました。

解析ソフトは、「Engineer's Studio®」が使用されています。

平成22年7月8日 平成22年度 橋梁耐震実験研究成果発表会

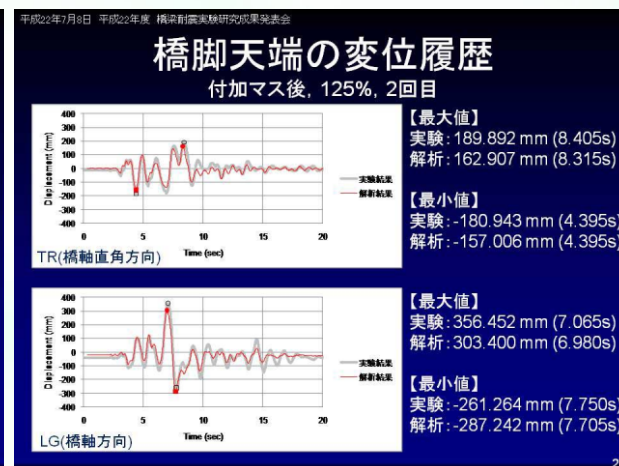
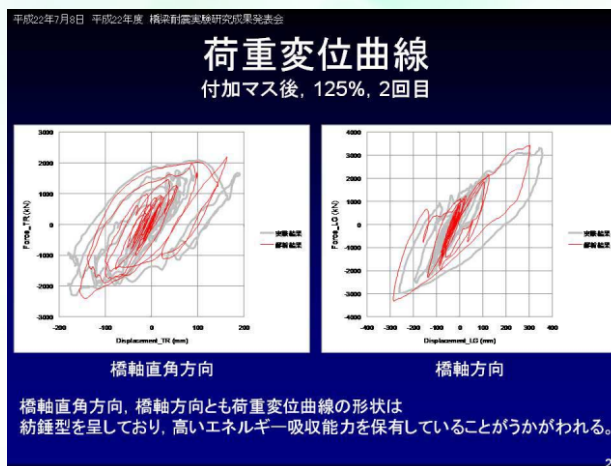
解析概要

- ・使用プログラム: Engineer's Studio ver.1.03.00 (HPFRCC追加版)
株式会社フォーラムエイト
- ・対象: C1-6橋脚試験体および端部橋脚を含む全体系モデル



試験体写真※ Engineer's Studioモデル

※兵庫県工業研究センターHPFRCC実験映像(http://www.bosai.go.jp/kyodo/movie.html)の20100302n_wmvより

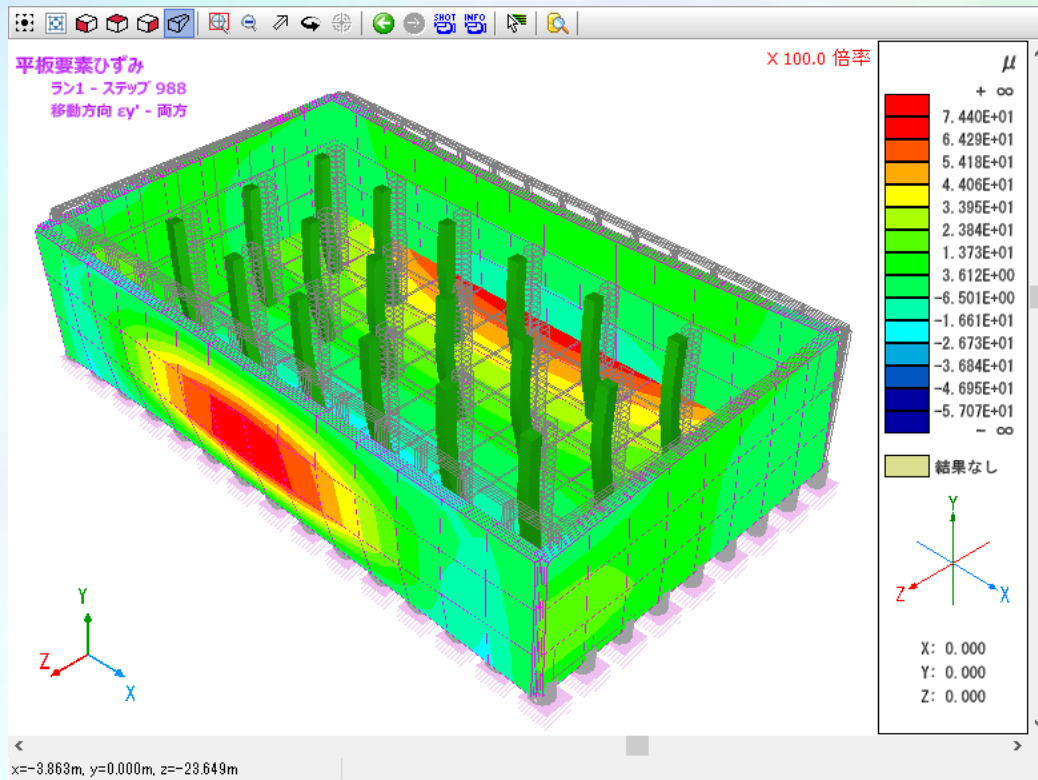


動的非線形解析「Engineer's Studio®」解析結果が、E-ディフェンス、実大橋梁耐震実験の破壊解析コンテストで優勝
フォーラムエイトプレスリリース 2010/7/8 <http://www.forum8.co.jp/forum8/press/press100708.htm>

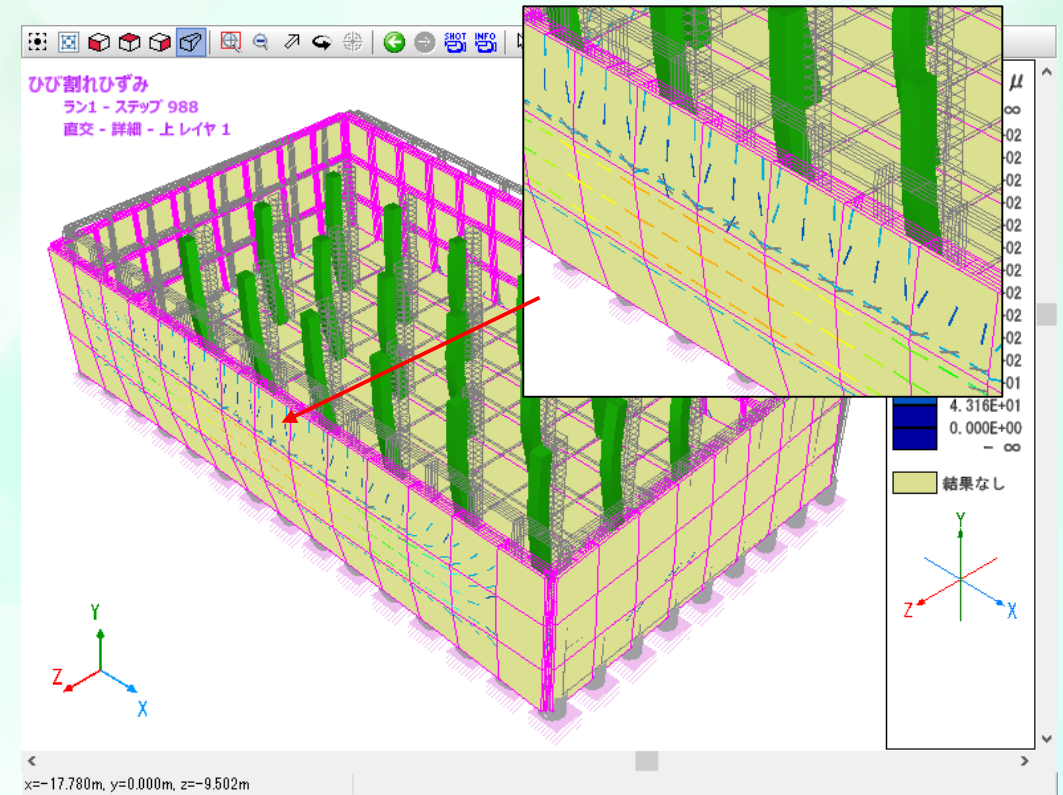
驚異の精度！橋脚動的解析コンテストの優勝者とは一日経ケンプラッツイエイリ建設ITラボ 2010/7/4
<http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/article/it/column/20100712/542245/>

解析事例

平板要素およびファイバー要素を用いた池状構造物



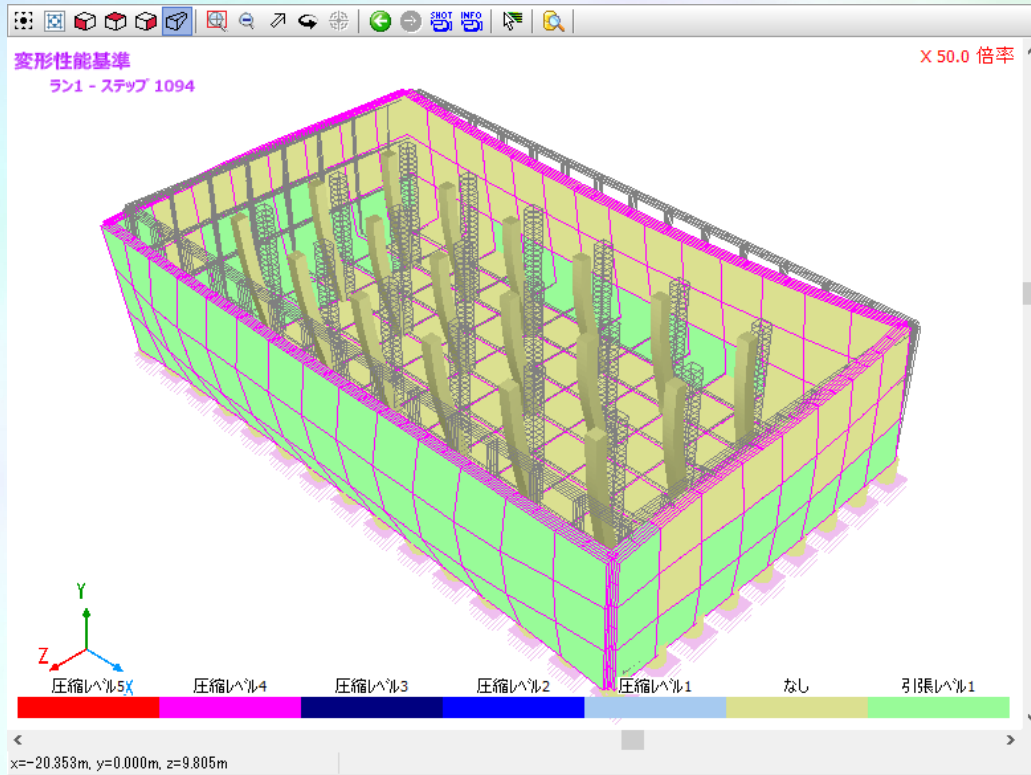
平板要素ひずみ
(変形倍率100倍)



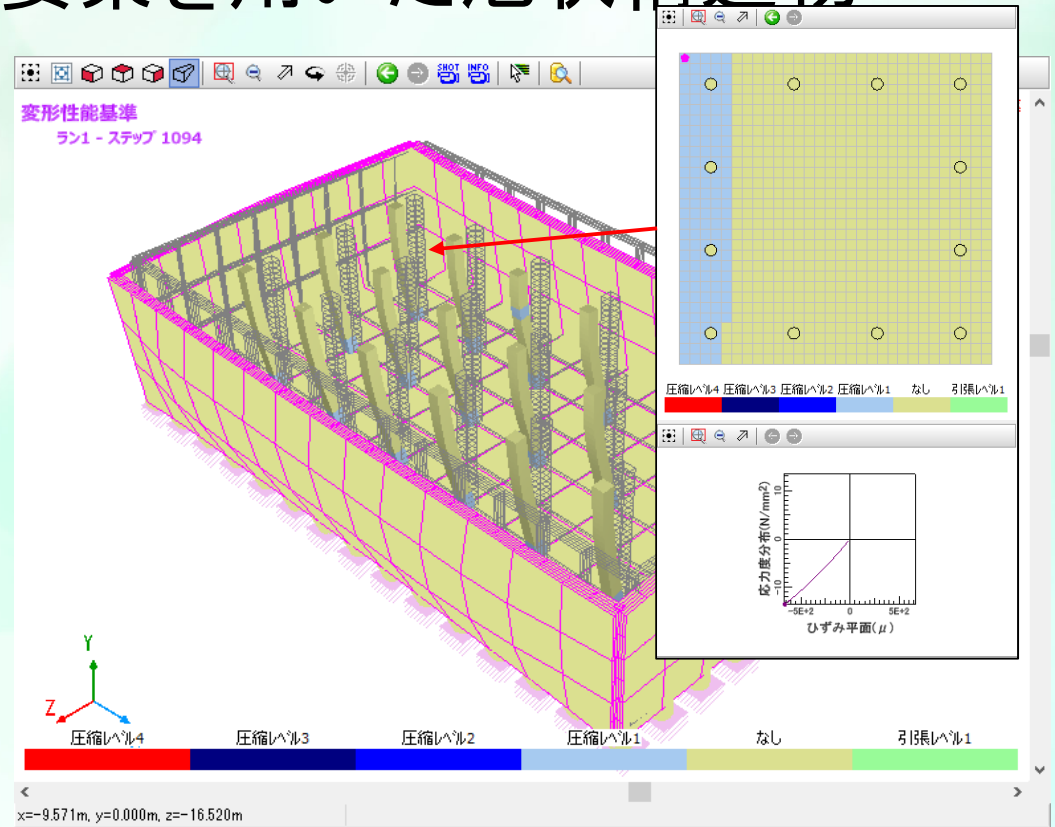
平板要素のひび割れひずみ

解析事例

平板要素およびファイバー要素を用いた池状構造物

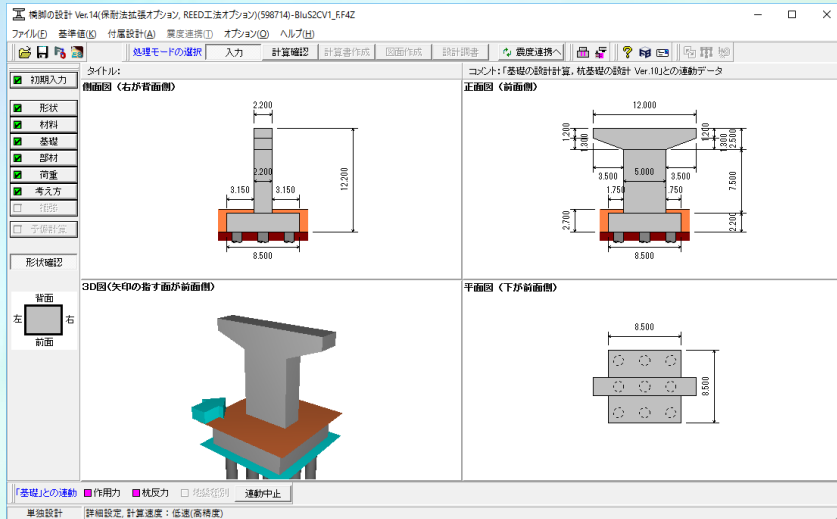


平板要素の損傷判定

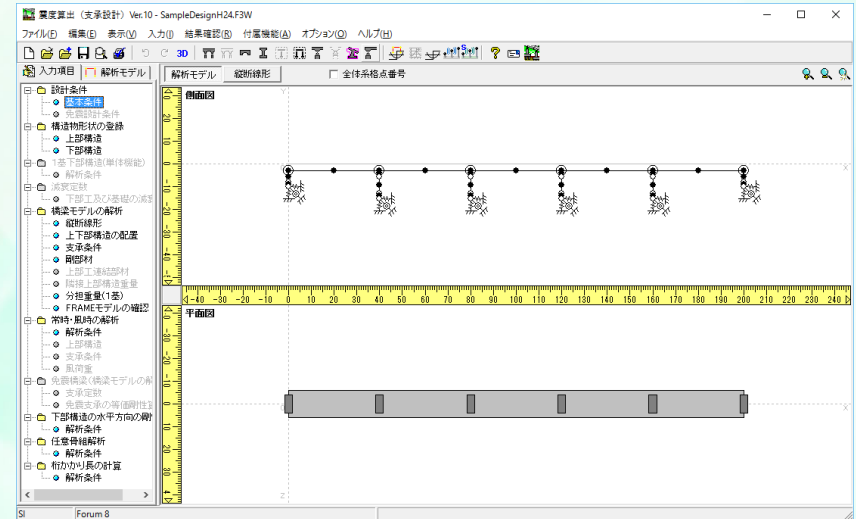


ファイバー要素の損傷判定

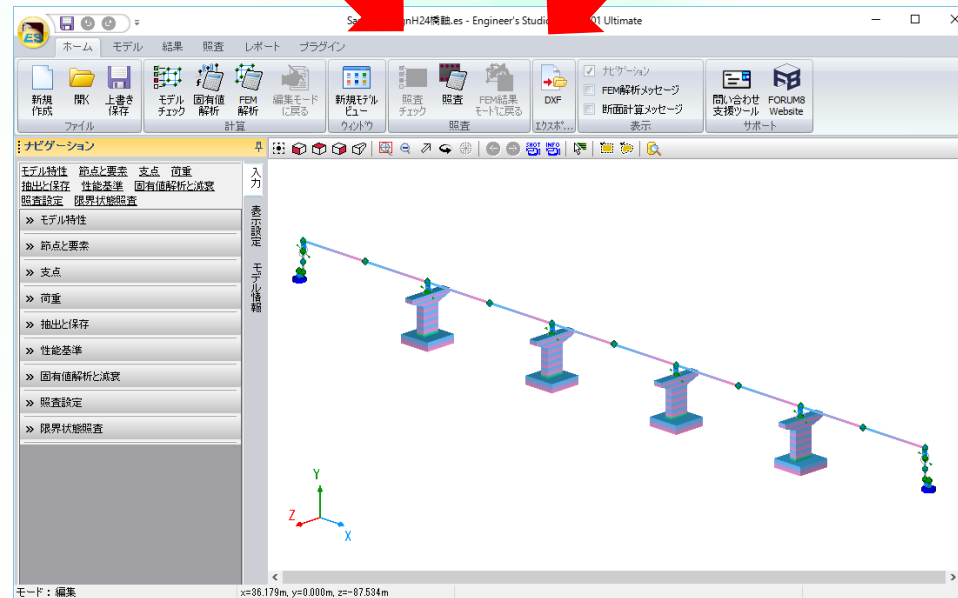
設計プログラムとのデータ連携



UC-1「橋脚の設計」



UC-1「震度算出」



Engineer's Studio®

Engineer's Studio®の改訂

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
	Ver 1.2	Windows7対応
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
	Ver 1.5	道示断面計算
	Ver 1.6	PARDISO Sparse Matrix Solver、地盤ばね生成(平板)
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、H24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

Engineer's Studio[®]の改訂

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	平板要素時刻歴、コンタ図・コンタ切断強化、 $M-\phi$ ・ $M-\theta$ 改善
2016	Ver 6.0	平板1次要素、平板高次低次変換、新リボンUI
2017	Ver 7.0	H29道示対応(国交省通達)
2018	Ver 7.1	H29道示対応(同解説)
	Ver 7.2	簡易照査機能、3dsエクスポート

Engineer's Studio[®]の改訂

H29道示: 部分係数の入力(7.1.0)

PFD 係数	
III	V
Myd (表 5.5.1)	
係数	値
$\xi 1$ (永続作用, 変動作用)	0.9000
$\xi 1$ (偶発作用)	1.0000
ϕy (永続作用)	0.8500
ϕy (変動作用, 偶発作用)	1.0000
Mud (表 5.8.1)	
係数	値
$\xi 1$ (永続作用, 変動作用)	0.9000
$\xi 1$ (偶発作用)	1.0000
$\xi 2$	0.9000
ϕu (永続作用)	0.8000
ϕu (変動作用, 偶発作用)	1.0000
Susdの第1項 (表 5.8.3)	
係数	値
$\xi 1$ (永続作用, 変動作用)	0.9000
$\xi 1$ (偶発作用)	1.0000
$\xi 2$	0.8500
ϕuc (永続作用)	0.6500
ϕuc (変動作用, 偶発作用)	0.9500
ϕus (永続作用)	0.6500
ϕus (変動作用, 偶発作用)	0.9500
Susdの第2項 (表 5.8.4)	
係数	値
$\xi 1$ (永続作用, 変動作用)	0.9000
$\xi 1$ (偶発作用)	1.0000
$\xi 2 \phi up$ (永続作用)	0.7000
$\xi 2 \phi up$ (変動作用, 偶発作用)	0.9500
Sucd (表 5.8.9)	
係数	値
$\xi 1$ (永続作用, 変動作用)	0.9000
$\xi 1$ (偶発作用)	1.0000
$\xi 2 \phi usw$ (永続作用)	0.7000
$\xi 2 \phi usw$ (変動作用, 偶発作用)	1.0000

Engineer's Studio®の改訂

H29道示: 質量と死荷重の荷重係数入力(7.1.0)

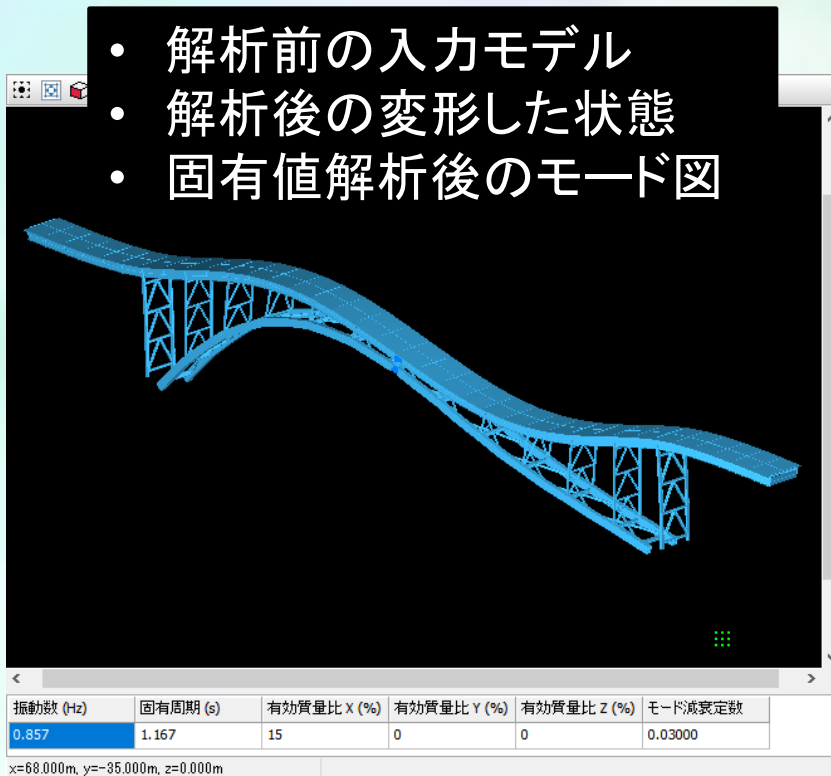
The screenshot displays the '解析設定' (Analysis Settings) window in Engineer's Studio. A red arrow points to the '解析設定' menu item in the left-hand navigation pane. The main window is divided into several sections:

- 解析条件 (Analysis Conditions):**
 - 材料特性 (Material Properties): 線形 (Linear), 非線形 (Non-linear)
 - 幾何学的非線形 (Geometric Non-linearity): 微小変位 (Small Displacement), 大変位 (Large Displacement)
 - 荷重載荷方法 (Load Application Method): ケース載荷 (Case Load), シーケンス載荷 (Sequence Load)
 - 動的用質量モデル (Dynamic Mass Model): 整合質量 (Consistent Mass), 集中質量 (Lumped Mass)
 - 死荷重と水平震度荷重のタイプ (Type of Dead Load and Horizontal Seismic Load): 分布荷重 (Distributed Load), 集中荷重 (Concentrated Load)
- 荷重ケースの設定 (Load Case Settings):**
 - 死荷重 (Dead Load)
 - 水平震度荷重 (X) (Horizontal Seismic Load (X)): khX, 1.0000
 - 水平震度荷重 (Z') (Horizontal Seismic Load (Z')): khZ', 1.0000
 - 水平震度荷重角度 (Horizontal Seismic Load Angle): 0.0 (°)
 - 活荷重(影響線解析) (Live Load (Influence Line Analysis))
- 質量と自動荷重用の係数 (Coefficients for Mass and Automatic Load Use):**
 - 死荷重固有値解析, 動解用 (Dead Load Eigenvalue Analysis, Dynamic Solution): 1.0500
 - 水平震度荷重用 (Horizontal Seismic Load Use): 1.0000
- ポストプロセスオプション (Post-Processing Options):**
 - 部材変位の座標系 (Coordinate System for Member Displacement): 全体座標系 (Global), 要素座標系 (Element), 主軸座標系 (Principal)
 - 内力によるフレーム要素断面力算出 (Calculate Frame Element Section Forces from Internal Forces): 1次力 + 2次力 (1st + 2nd Order), 2次力 (2nd Order)
 - フレーム要素着目点間Mmax算出 (Calculate Mmax between Frame Element Nodes)
 - 大変位解析時のポスト処理方法 (Post-processing method for large displacement analysis): 微小変位 (Small Displacement), 大変位 (Large Displacement)
- 収束しない場合の設定 (Settings for Non-convergence):**
 - 収束しない場合に計算を打切る (Stop calculation when it does not converge)
 - 収束しないことを許すステップ数 (Number of steps allowed to not converge): 0
- 収束基準 (Convergence Criteria):**
 - 比率 (Ratio): 0.010
 - 絶対値 (F, M) (Absolute Value (F, M)): 5 (kN, kNm)

Engineer's Studio®の改訂

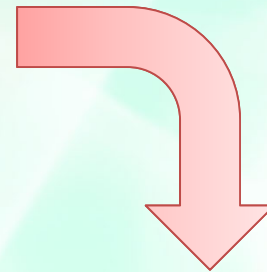
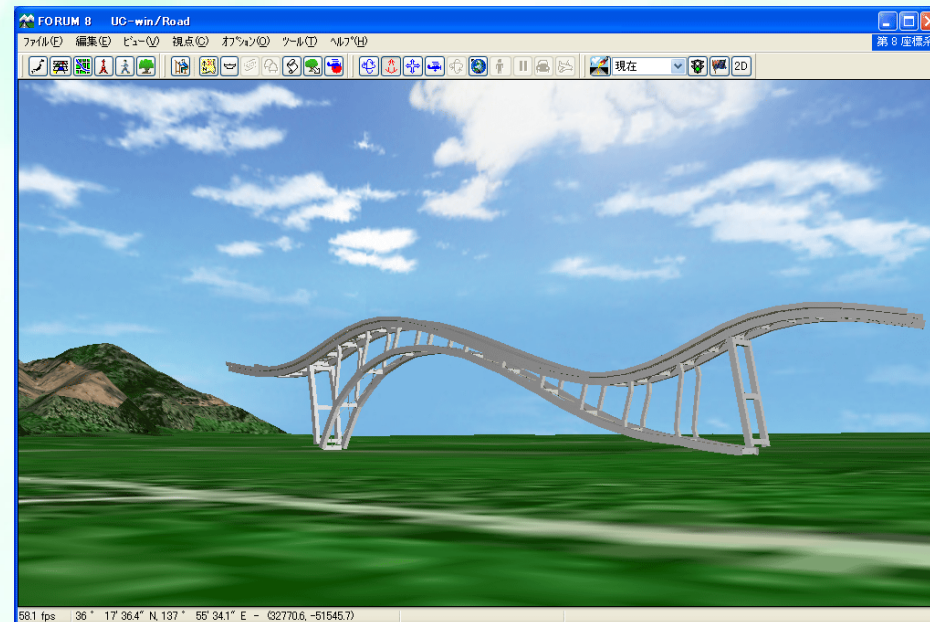
3dsエクスポート(7.2.0)

- 解析前の入力モデル
- 解析後の変形した状態
- 固有値解析後のモード図



振動数 (Hz)	固有周期 (s)	有効質量比 X (%)	有効質量比 Y (%)	有効質量比 Z (%)	モード減衰定数
0.857	1.167	15	0	0	0.03000

x=68.000m, y=-35.000m, z=0.000m

FORUM 8 UC-win/Road

58.1 fps 36° 17' 36.4" N, 137° 55' 34.1" E - (32770.6, -51545.7)

Engineer's Studio®の改訂

簡易照査(7.2.0)

- ・ フレーム要素がなくても断面照査が可能
- ・ 3次元ひずみ平面／3次元応力度分布図
- ・ 3次元／2次元 M-N相互作用図
- ・ H8/H14/H24/H29道路橋示方書の
曲げ応力度と曲げ耐力
- ・ H8/2002/2007/2012コンクリート標準示方書と
H14/H16鉄道標準の限界状態設計

Engineer's Studio®の改訂

ひずみ平面, 応力度分布(7.2.0)

簡易照査結果

表示設定

結果種類
 曲げ応力度
 抵抗曲げモーメント(最大)
 抵抗曲げモーメント(最小)

スケール
 ひずみ: 100 %
 応力: 100000 %
 材料マーカ: 4 pt

照査用詳細入力
 Dosi
 断面 RC
 σ_{sa} の状態 一般荷重
 せん断用荷重タイプ 一方向載荷
 地震タイプ L1地震時

断面力
 N' (kN) 0.000
 Syp (kN) 0.000
 Szp (kN) 0.000
 T (kNm) 0.000
 Myp (kNm) 0.000
 Mzp (kNm) 29400.000

一覧 応力ひずみ M-N

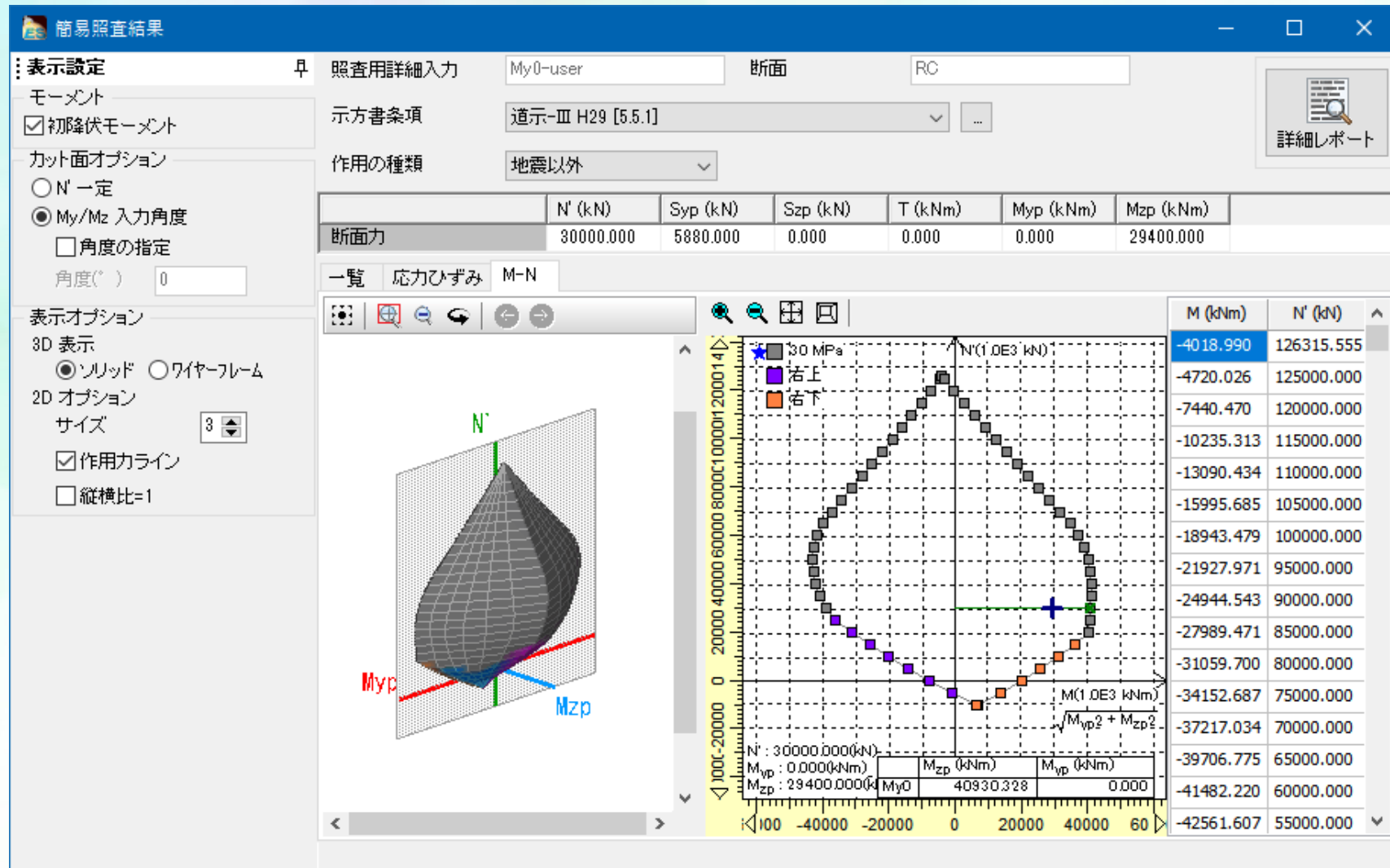
材料名	色	圧縮				引張			
		$\epsilon' (\mu)$	$\sigma' (N/mm^2)$	$\sigma'_a (N/mm^2)$	$y (m)$	$\epsilon (\mu)$	$\sigma (N/mm^2)$	$\sigma_a (N/mm^2)$	$y (m)$
30 MPa	Blue	4.884E+2	13.676	10.000	1.5000	1.302E+3	0.000	0.000	-1.5000
SD345	Red	4.287E+2	0.000	200.000	1.4000	1.243E+3	521.939	180.000	-1.4000

ひずみ平面

応力度分布

Engineer's Studio®の改訂

M-N相互作用図(7.2.0)



Engineer's Studio®の改訂

今後の予定

2018.12	Ver 8.0	<ul style="list-style-type: none">・非線形平板要素の照査機能 (損傷指標:平均化偏差ひずみ第2不変量、 平均化正規化累加ひずみエネルギー)・非線形平板要素の収束性改善・照査結果で厳しい部材の着色表示・活荷重の結果拡張、ばね要素と節点・抽出キーMax/Min/Absを個別指定・アウトラインの一覧入力
2019.4	Ver 9.0	<ul style="list-style-type: none">・軸力変動を考慮したM-ϕ要素・二軸曲げを受けるファイバー要素の曲率照査・64bit 版・断面照査に関する入力の簡素化・F3Dの操作・機能の取り込み

断面計算プログラム
Engineer's Studio Section

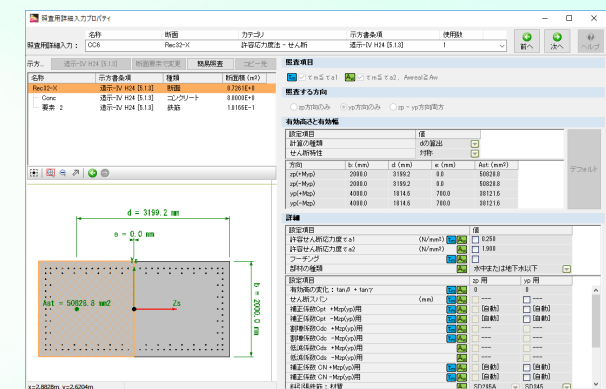
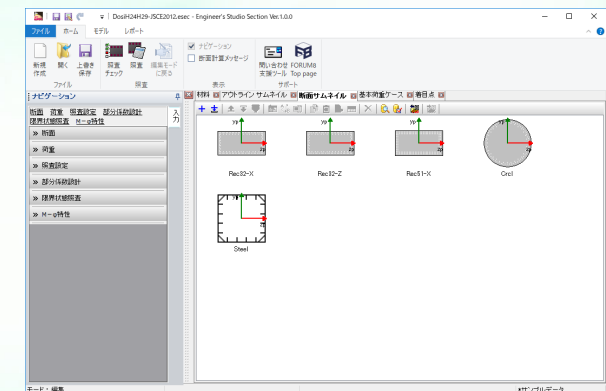
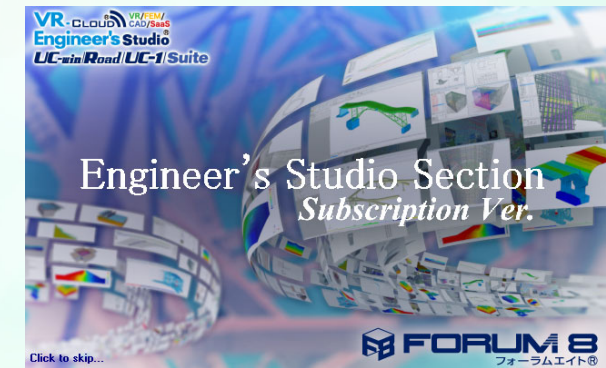
製品概要

Engineer's Studio Section(ES Section)は、**任意の断面形状**に各示方書の設定および断面力を与えることにより、**断面照査**を行うプログラムです。

断面や示方書の設定をEngineer's Studio®に取り込むことが可能です。逆にEngineer's Studio®からES Sectionのデータ形式でエクスポートすることも可能です。

断面照査に対応している項目は、

- ・H24以前の道路橋示方書関連
 - RC部材の曲げ応力度, せん断応力度
 - RC部材の曲げ耐力, せん断耐力
 - 鋼製橋脚の曲げ耐力
- ・限界状態設計法関連のRC部材
- ・H29道路橋示方書(部分係数設計法)などをサポートしています。



入出力画面

照査結果画面(総括表の例)

示方書条項 / 照査	比率	OK/NG	コメント
道示-IV H24 [5.1.1]	1.126	NG	L1M矩32軸,CP1,L1
道示-IV H24 [5.1.3]	0.951	OK	L1S矩32軸,CP1,L1
道示-V H24 [Mu, Ma]	0.998	OK	L2M鋼1,CP5,L2
道示-V H24 [10.5]	0.996	OK	L2S矩32軸,CP1,L2
コン示 2012 [2編 2.1.2(M)]	1.499	NG	LSD 1,CP1,永:L1,変:L3
コン示 2012 [2編 2.1.2(S)]	1.020	NG	LSD 1,CP1,永:L1,変:L3
コン示 2012 [3編 2.4.2]	1.190	NG	LSD 1,CP1,L2
コン示 2012 [3編 2.4.3.2]	10.735	NG	LSD 1,CP1,L2
コン示 2012 [3編 3.3.4(1)]	0.145	OK	LSD 1,CP1,永:L1,変:L3
コン示 2012 [3編 3.3.4(2)]	6.680	NG	LSD 1,CP1,永:L1,変:L3
コン示 2012 [4編 2.1(1)(2)]	2.499	NG	LSD 1,CP1,永:L1,変:L3
コン示 2012 [4編 2.1(3)]	1.020	NG	LSD 1,CP1,永:L1,変:L3
コン示 2012 [本編 10.2]	0.630	OK	LSD 1,CP1,永:L1,変:L3
道示-V H29 [Mu]	0.998	OK	PPFD鋼1,CP5,L2
道示-V H29 [6.2.4]	0.894	OK	PPFD矩51軸,CP3,L2
M-φ 照査	0.999	OK	phi円1,CP4,L2
PPFD曲率照査	0.984	OK	PPFDphi鋼1,CP5,L2

断面形

示方書

断面力の

照査結果画面(総括表の例)

総合有限要素法解析システム
FEMLEEG

製品概要

解析範囲：線形解析

設計者が手軽に現場でも解析が行えるというコンセプトで開発されており、通常的设计範囲では十分な機能となっています。

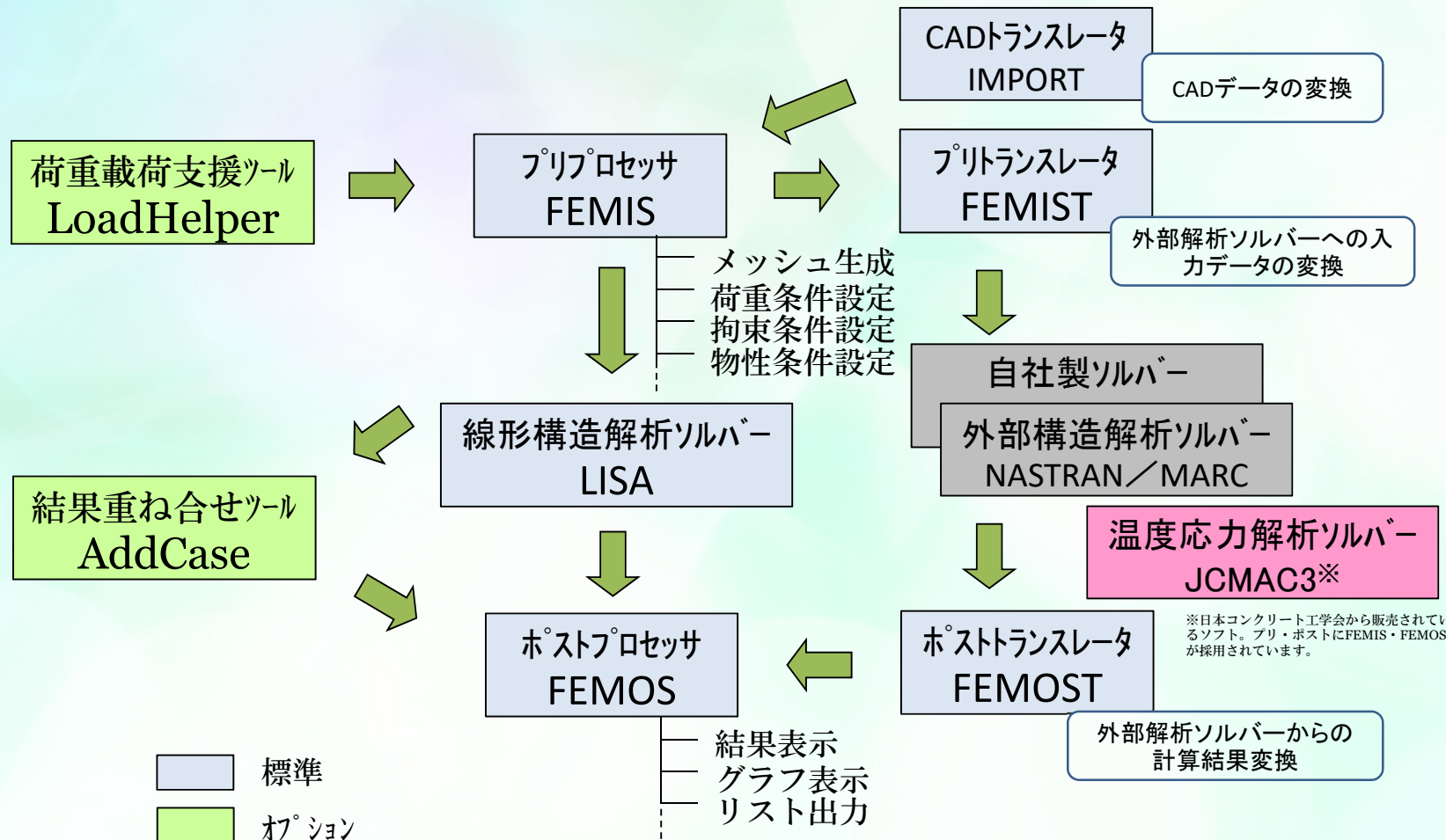
- 構造解析

- 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

システム構成

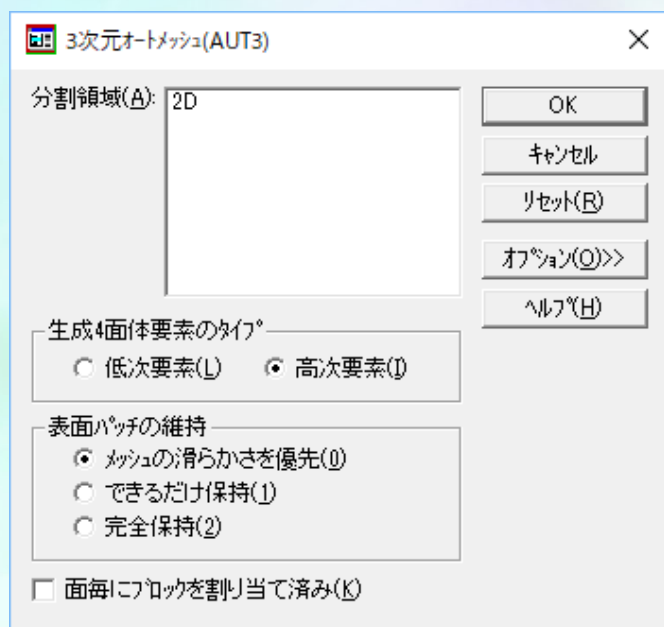


最新Ver.9 新機能紹介

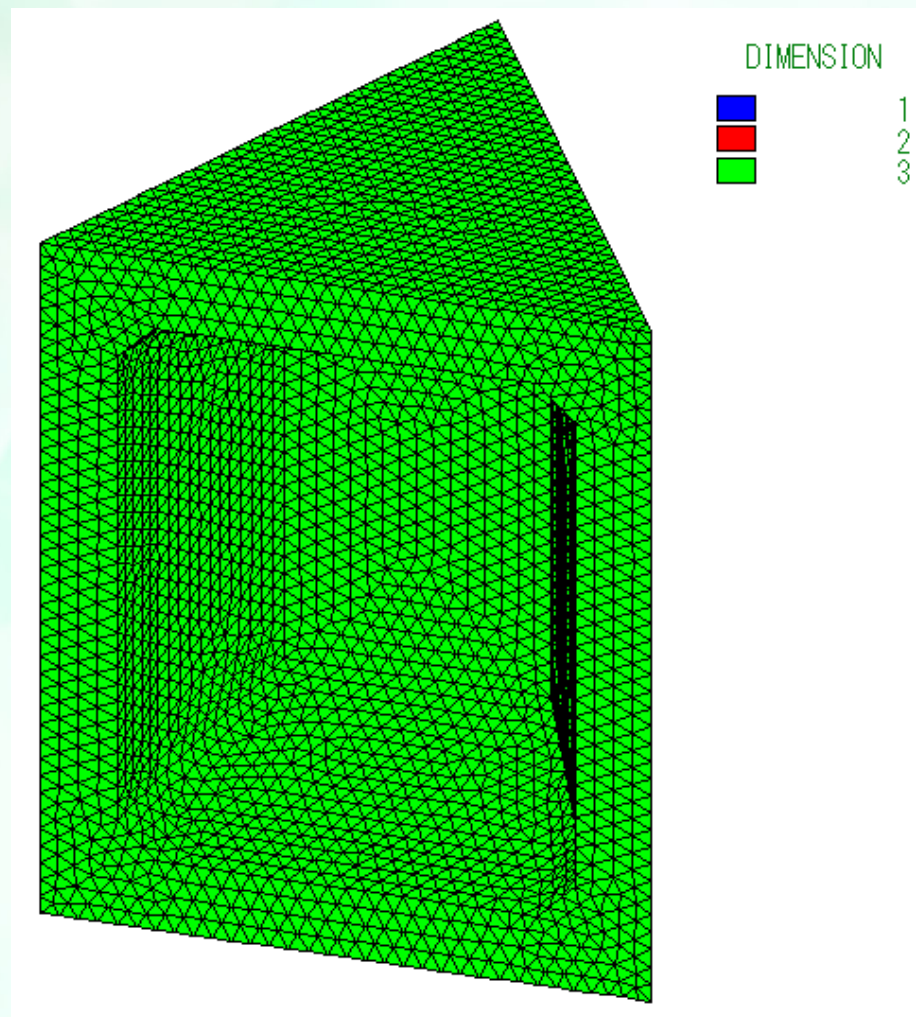
1. 3次元オートメッシュ機能
2. 任意平面での要素分割機能
3. 3角形平面領域メッシュ生成
4. 要素面の面積計算機能
5. 荷重図に重力荷重の描画

最新Ver.9 新機能紹介

1. 3次元オートメッシュ機能



3次元オートメッシュ設定メニュー



3次元オートメッシュ作成例

5.H29年道路橋示方書改訂の対応

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

■道路橋示方書の改定(平成29年7月21日条文通達)
昭和47年の制定以来の大幅な改訂を実施

■改定のポイント

1. 橋の安全性や性能に対してきめ細やかな設計が可能な設計手法を導入(部分係数法)
2. 橋が良好な状態を維持する期間(設計供用期間)として、100年を標準とすることを規定し、その間、適切な維持管理を行うことを規定(耐久性能規程)

今回の改定により、安全性の向上、国際競争力の向上、技術開発・新技術導入の促進、ライフサイクルコストの縮減が図られるとともに、適切な維持管理による橋の長寿命化が期待される。

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

1. 部分係数法

性能照査手法の一種で、降伏強度に安全率を掛け合わせて安全を担保するという従来の方法に対し、材料特性や荷重などの不確実性に応じて、荷重や強度の両方に複数の安全係数を用いて、より合理的な信頼性の確保を行う照査方法

■国内の他分野の構造物の設計基準の動向

	建築	港湾	鉄道
基準名	日本建築学会 「建築物の限界状態 設計指針」	港湾の施設の技術上の基準	鉄道構造物等設計標準
設計法	部分係数設計法	部分係数設計法	部分係数設計法
導入年	平成14年	平成19年	平成4年

■海外の橋梁の設計基準の動向

地域・国	ISO	米国	欧州
基準名	ISO 2394	AASHTO LRFD Bridge Design Specifications	Eurocode
設計法	Partial factors format (部分係数設計法)	LRFD (Load Resistance Factor Design) (荷重抵抗係数設計法)	Partial factor method (部分係数設計法)
	1986年	1994年	2007年

p.3-5

▲国内外の各種設計基準の動向(参考資料:国土交通省ホームページより)

※海外の基準も部分係数法と取り入れており、今後国際競争力の向上が見込まれる

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

● 従来の方法(許容応力度法)

荷重の組合せ		割増 係数
1)	死荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)	1.00
2)	死荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+温度変化の影響(T)	1.15
3)	死荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+風荷重(W)	1.25
4)	死荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+温度変化の影響(T)+風荷重(W)	1.35
5)	死荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+制動荷重(BK)	1.25
6)	死荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+衝突荷重(CO)	1.50
7)	活荷重及び衝撃以外の主荷重+地震の影響(EQ)	1.50
8)	風荷重(W)	1.20
9)	施工時荷重(ER)	1.25

※荷重の組合せに応じて許容値(抵抗値)を割増

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

● 部分係数法 耐荷性能の照査の基本式

$$\sum S_i(\gamma_{qi}\gamma_{pi}P_i) \leq \xi_1\xi_2\phi_R R(f_c, \Delta_c) \quad \dots(5.2.1)$$

ここに、

P_i : 作用の特性値

S_i : 作用効果であり、作用の組み合わせに対する橋の限界状態

R : 部材などの抵抗に係る特性値で、材料の特性値 f_c や寸法の特性値 Δ_c を用いて算出される値

f_c : 材料の特性値

Δ_c : 寸法の特性値

γ_{pi} : 荷重組合せ係数

γ_{qi} : 荷重係数

ξ_1 : 調査・解析係数

ξ_2 : 部材・構造係数

ϕ_R : 抵抗係数

※従来、荷重組合せ毎に与えられていた許容応力度の割増係数は荷重組合せ係数に包含され、原理的には荷重組合せ毎に抵抗側に乗じる部分係数が変わることはない
従前のように荷重組合せに応じて抵抗値が割り増されるといった許容応力度法特有の概念はなくなっている

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

● 部分係数

$$\sum S_i (\gamma_{qi} \gamma_{pi} P_i) \leq \xi_1 \xi_2 \phi_R R(f_c, \Delta_c)$$

荷重組合せ毎に与えられていた許容応力度の割増係数は荷重組合せ係数に包含

No	作用の組合せ	設計状況の区分	荷重組合せ係数 γ_p と荷重係数 γ_q の値			
			死荷重		活荷重	
			D	L	D	L
			γ_p	γ_q	γ_p	γ_q
1	D	永続作用が支配的な状況	1.00	1.05	-	-
2	D+L	変動作用が支配的な状況	1.00	1.05	1.00	1.25
3	D+TH		1.00	1.05	-	-
4	D+TH+WS		1.00	1.05	-	-
5	D+L+TH		1.00	1.05	0.95	1.25
6	D+L+WS+WL		1.00	1.05	0.95	1.25
7	D+L+TH+WS+WL		1.00	1.05	0.95	1.25
8	D+WS		1.00	1.05	-	-
9	D+TH+EQ	1.00	1.05	-	-	
10	D+EQ	1.00	1.05	-	-	
11	D+EQ	偶発作用が支配的な状況	1.00	1.05	-	-
12	D+CO	1.00	1.05	-	-	

原理的に荷重組合せ毎に抵抗側に乗じる部分係数は変わらない

対象	ξ_1	$\xi_2 \cdot \phi_R$
i)ii)およびiii)以外の作用の組合せを考慮する場合	0.90	0.70
ii)地震の影響(変動)を考慮する場合		1.00
iii)地震の影響(偶発)を考慮する場合	1.00	

※抵抗側に乗じる部分係数の例

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

- 永続作用

設計供用期間内において、その大きさが大きく変動することなく継続的に、又は、非常に高い頻度で部材等に影響を及ぼす作用(死荷重、プレストレス力など)

- 変動作用

設計供用期間内において、絶えず大きさが変動し、その作用の最大値又は最小値が部材等に及ぼす影響が無視できない作用(活荷重、温度変化など)

- 偶発作用

設計供用期間内に生じる可能性が極めて小さい、又は、その規模や頻度について確率統計的に扱うことが困難であるが、部材等に及ぼす影響が甚大である作用(大規模地震など)

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

● 作用の種類

H29 道示		H24 道示			
D	死荷重	P	主荷重	D	死荷重
L	活荷重	P	主荷重	L	活荷重
I	衝撃の影響	P	主荷重	I	衝撃
PS	プレストレスカ	P	主荷重	PS	プレストレスカ
CR	コンクリートのクリープの影響	P	主荷重	CR	コンクリートのクリープの影響
SH	コンクリートの乾燥収縮の影響	P	主荷重	SH	コンクリートの乾燥収縮の影響
E	土圧	P	主荷重	E	土圧
HP	水圧	P	主荷重	HP	水圧
U	浮力又は揚圧力	P	主荷重	U	浮力又は揚圧力
TH	温度変化の影響	S	従荷重	T	温度変化の影響
TF	温度差の影響				
SW	雪荷重	PP	主荷重に相当する特殊荷重	SW	雪荷重
GD	地盤変動の影響	PP	主荷重に相当する特殊荷重	GD	地盤変動の影響
SD	支点移動の影響	PP	主荷重に相当する特殊荷重	SD	支点移動の影響
CF	遠心荷重	PP	主荷重に相当する特殊荷重	CF	遠心荷重
BK	制動荷重	PA	従荷重に相当する特殊荷重	BK	制動荷重
WS	橋桁に作用する風荷重	S	従荷重	W	風荷重
WL	活荷重に対する風荷重				
WP	波圧	PP	主荷重に相当する特殊荷重	WP	波圧
EQ	地震の影響	S	従荷重	EQ	地震の影響
CO	衝突荷重	PA	従荷重に相当する特殊荷重	CO	衝突荷重
ER	施工時荷重	PA	従荷重に相当する特殊荷重	ER	施工時荷重

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

● 作用の組合せ

1) 永続作用による影響が支配的な状況（永続作用支配状況）										
①	D		+PS+CR+SH+E+HP+(U)	+TF	+GD	+SD		+WP		+ (ER)
2) 変動作用による影響が支配的な状況（変動作用支配状況）										
②	D	+L+I	+PS+CR+SH+E+HP+(U)	+TF+SW	+GD	+SD+(CF)+(BK)		+WP		+ (ER)
③	D		+PS+CR+SH+E+HP+(U)+TH	+TF	+GD	+SD		+WP		+ (ER)
④	D		+PS+CR+SH+E+HP+(U)+TH	+TF	+GD	+SD	+WS	+WP		+ (ER)
⑤	D	+L+I	+PS+CR+SH+E+HP+(U)+TH	+TF+SW	+GD	+SD+(CF)+(BK)		+WP		+ (ER)
⑥	D	+L+I	+PS+CR+SH+E+HP+(U)	+TF	+GD	+SD+(CF)+(BK)	+WS+WL	+WP		+ (ER)
⑦	D	+L+I	+PS+CR+SH+E+HP+(U)+TH	+TF	+GD	+SD+(CF)+(BK)	+WS+WL	+WP		+ (ER)
⑧	D		+PS+CR+SH+E+HP+(U)	+TF	+GD	+SD	+WS	+WP		+ (ER)
⑨	D		+PS+CR+SH+E+HP+(U)+TH	+TF+SW	+GD	+SD		+WP	+EQ	+ (ER)
⑩	D		+PS+CR+SH+E+HP+(U)	+TF	+GD	+SD		+WP	+EQ	+ (ER)
3) 偶発作用による影響が支配的な状況（偶発作用支配状況）										
⑪	D		+PS+CR+SH+E+HP+(U)			+GD	+SD		+EQ(L2)	
⑫	D		+PS+CR+SH+E+HP+(U)			+GD	+SD			+CO

※H24道示以前の常時、地震時、暴風時などの設計ケースのいずれとも対応しているものではないことに注意。

出典：道路橋示方書・同解説、I共通編、平成29年11月、P.47～48

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

● 荷重組合せ係数および荷重係数

作用組み合わせ		係数值																											
状況		D		L		PS, CR, SH		E, HP, U		TH		TF		SW		GD SD		CF BK		WS		WL		WP		EQ		CO	
		YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq	YP	Yq
永続作用 支配状況	①D	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-
	②D+L	1.00	1.05	1.00	1.25	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-
	③D+TH	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-
	④D+TH+WS	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	0.75	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-	0.75	1.25	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-
	⑤D+L+TH	1.00	1.05	0.95	1.25	1.00	1.05	1.00	1.05	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	
変動作用 支配状況	⑥D+L+WS+WL	1.00	1.05	0.95	1.25	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.25	0.50	1.25	1.00	1.00	-	-	-	-
	⑦D+L+TH+WS+WL	1.00	1.05	0.95	1.25	1.00	1.05	1.00	1.05	0.50	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.25	0.50	1.25	1.00	1.00	-	-	-	-
	⑧D+WS	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-	1.00	1.25	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-
	⑨D+TH+EQ	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	0.50	1.00	-	-
	⑩D+EQ	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
偶発作用 支配状況	⑪D+EQ	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-
	⑫D+CO	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00

出典：道路橋示方書・同解説、I共通編、平成29年11月、P.49

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

● 橋の耐荷性能

設計状況に対して、橋としての荷重を支持する能力の観点及び橋の構造安全性の観点から、橋の状態が想定される区分にあることを所要の信頼性で実現する性能

耐震設計上の橋の重要度を考慮して、耐荷性能1と耐荷性能2に分類される

橋として荷重を支持する能力に関する観点	i)橋としての荷重を支持する能力が損なわれない状態 (橋は計画どおりに交通に利用できる) ii)部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としてあらかじめ想定する荷重を支持する能力の範囲である状態 (大地震直後に緊急輸送道路等として期待される機能を担う)
橋の構造安全性に係る観点	i)橋としての荷重を支持する能力の低下が生じ進展しているものの、落橋等の致命的ではない状態。 (落橋、崩壊には至らない)

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

2. 設計供用期間

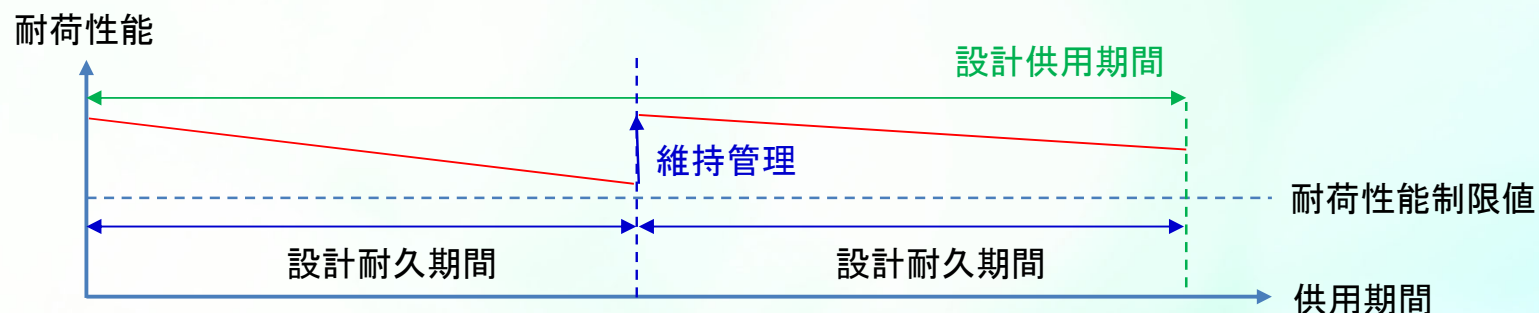
適切な維持管理が行われることを前提に、設計の前提として橋が所要の性能を発揮することを期待する期間(今回100年に規定)

→橋の耐荷性能により保障する

● 部材等の設計耐久期間

適切な維持管理が行われることを前提に、経年の影響に対し、部材等毎に材料の機械的性質や力学的特性等が部材等の耐荷性能の設計における前提に適合する範囲に留まることを期待する期間

→橋の耐久性能により保障する



UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

● 橋の耐久性能

設計供用期間に対して、材料の経年的な劣化が橋の耐荷性能に影響を及ぼさない状態を、所要の信頼性で実現する性能

維持管理しやすい設計をしたり、やむを得ず維持管理がしにくい部位がある場合は、劣化しないようにするなど、部材毎に設計耐久期間を選定できるようにされている

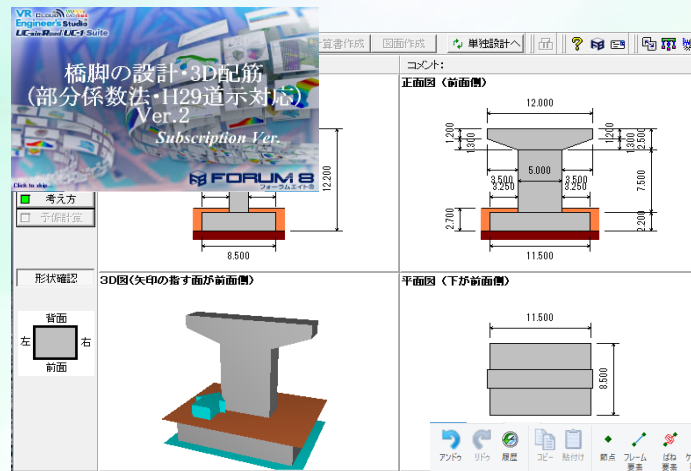
照査の方法としては、例えば腐食することを前提に、応力がある一定の許容応力度以下であれば腐食しても問題ないとする、設計に腐食代を見込む、腐食しないような対策を施すなどといった3つの方法が規定されている

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

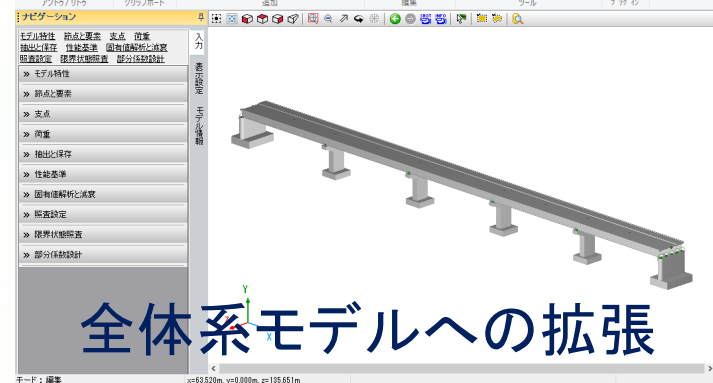
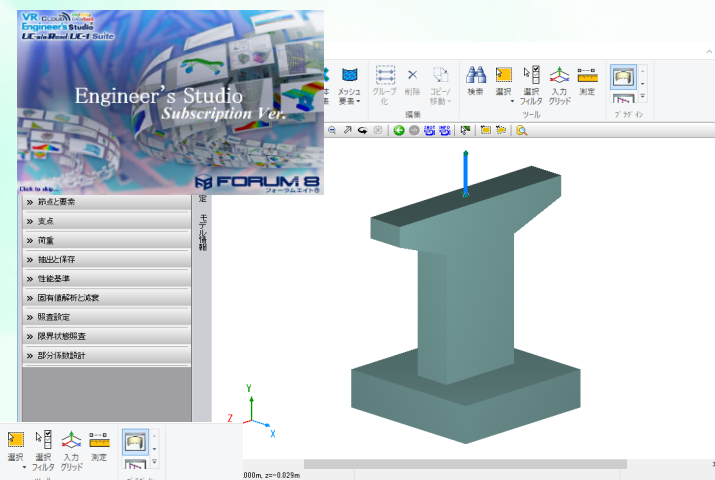
■運用に向けて

- ・平成30年1月以降の新たに着手する設計に適用される。
- ・当面は設計品質確保のため、異なる2つ設計計算手法を用いて設計。
(当初設計、照査計算と呼ばれ、当初設計を照査計算でチェック)

例：当初設計：専用ソフトを利用



例：照査計算：汎用ソフトを利用



全体系モデルへの拡張

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

■製品別対応状況

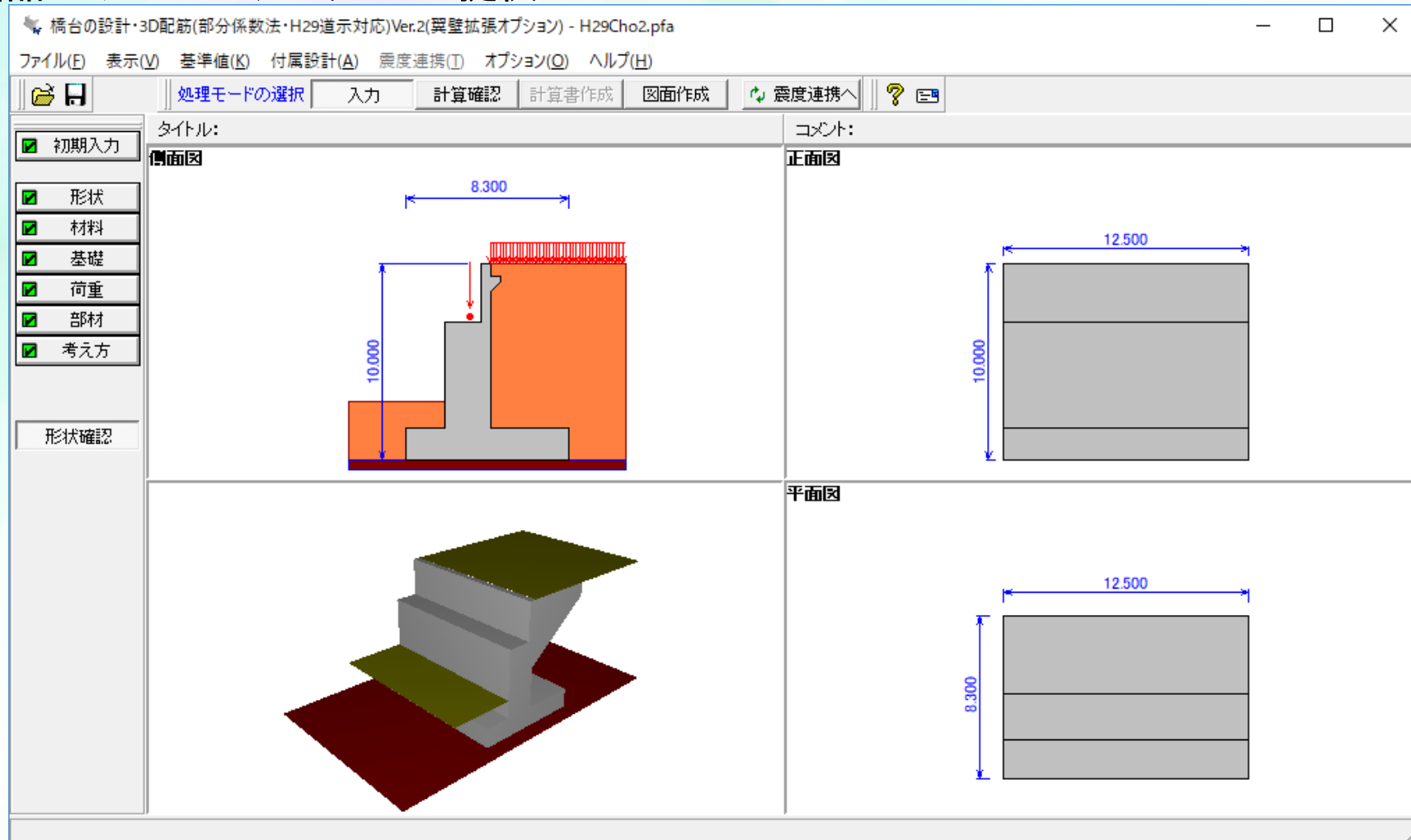
- UC-BRIDGE(III編、V編)
耐荷性能/耐久性能の照査(降伏曲げモーメント照査(RC)、せん断の耐力照査など)
- 橋脚の設計、橋台の設計(III編、IV編、V編)
耐荷性能/耐久性能の照査、L2地震時水平変位照査(橋脚)
- 基礎の設計(III編、IV編、V編)
耐荷性能/耐久性能の照査、水平変位の応じた地盤反力係数低減(杭基礎)
鉛直支持の限界状態として基礎底面に作用する合力の照査(直接基礎)
- 深礎フレームの設計(III編、IV編、V編)
耐荷性能の照査
水平方向地盤反力係数/深礎底面の鉛直ばね算定に用いる換算載荷幅
- Engineer's Studio®
ES-土木構造二軸断面計算 (部分係数法・H29道示対応)オプション

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

■「平成29年道路橋示方書に基づく道路橋の設計計算例」

直接基礎を有するRC逆T式橋台の設計計算例

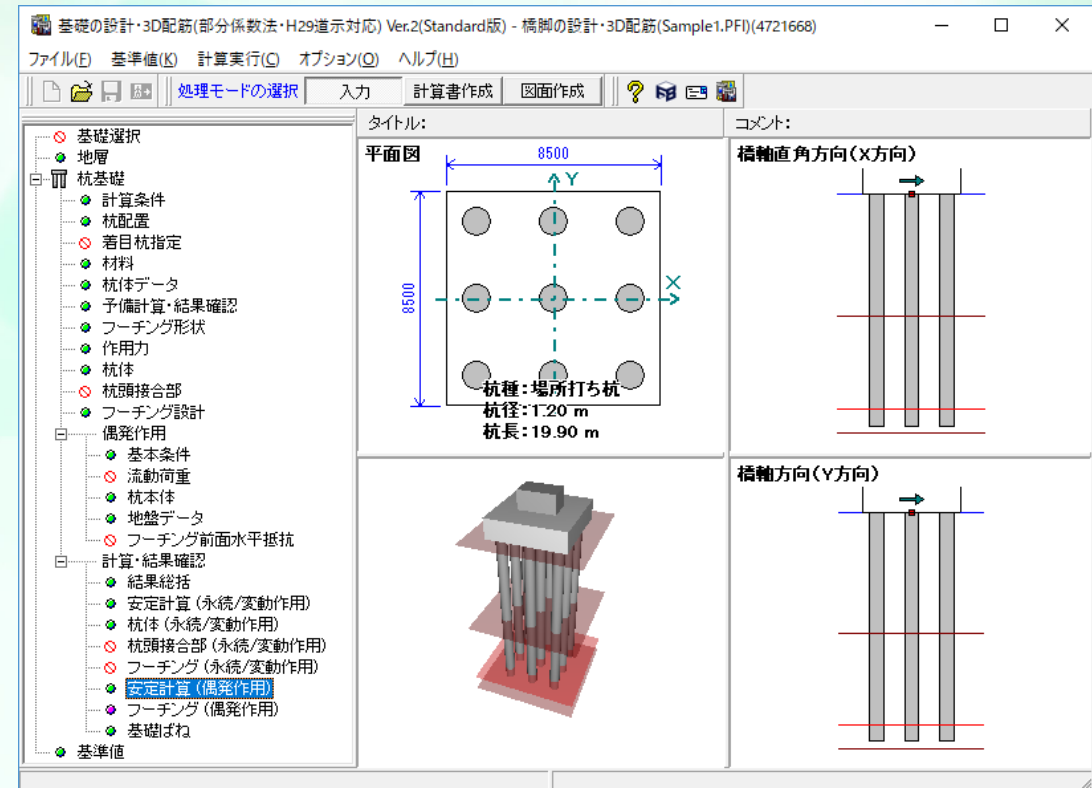
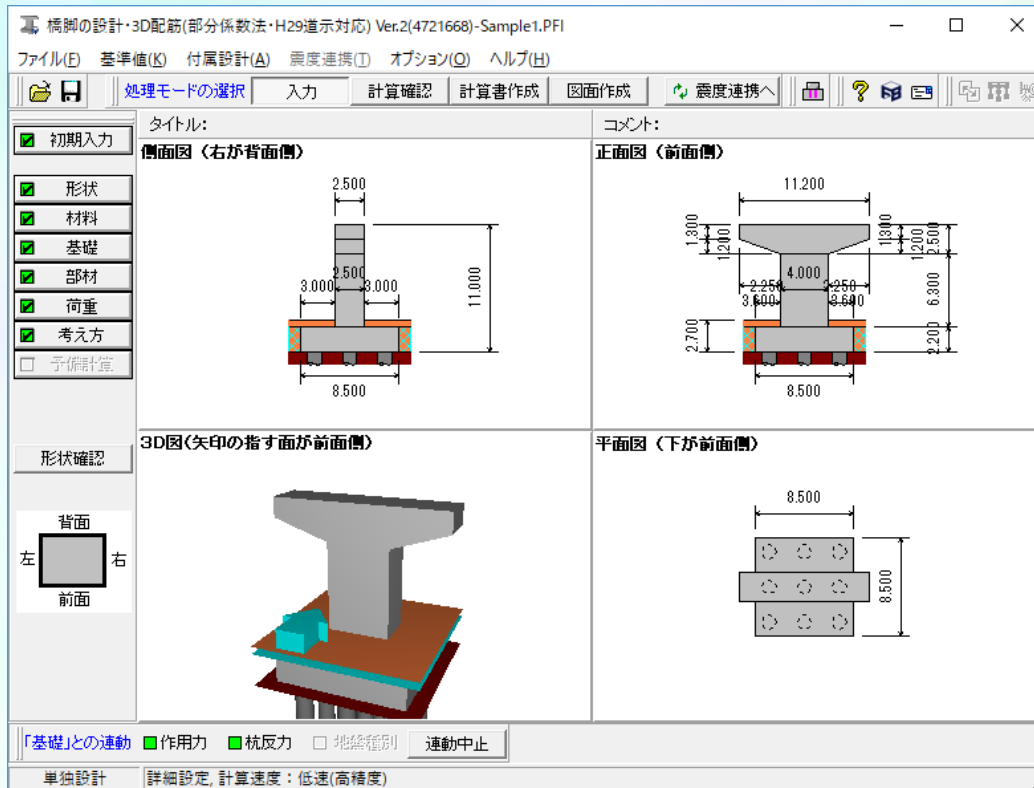
製品のサンプルデータとして提供



UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

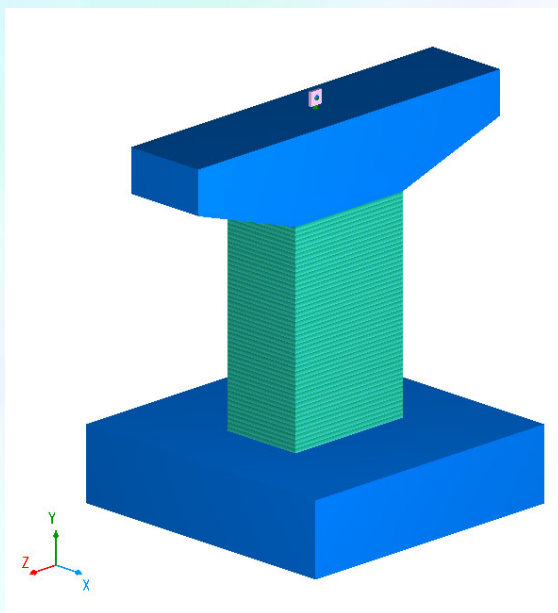
■「平成29年道路橋示方書に基づく道路橋の設計計算例」

場所打ち杭基礎を有するRC形橋脚の設計計算例
製品のサンプルデータとして提供



UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

- 「平成29年道路橋示方書に基づく道路橋の設計計算例」との比較
汎用解析ソフト(Engineer's Studio®)を使用し、設計計算例との結果比較
場所打ち杭基礎を有するRC形橋脚の設計計算例の偶発作用時の橋脚の耐荷性能照査

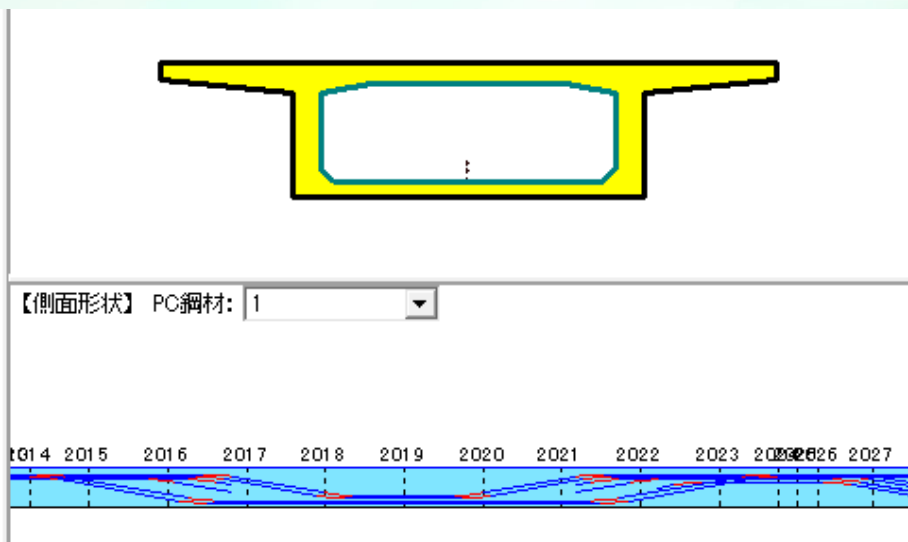
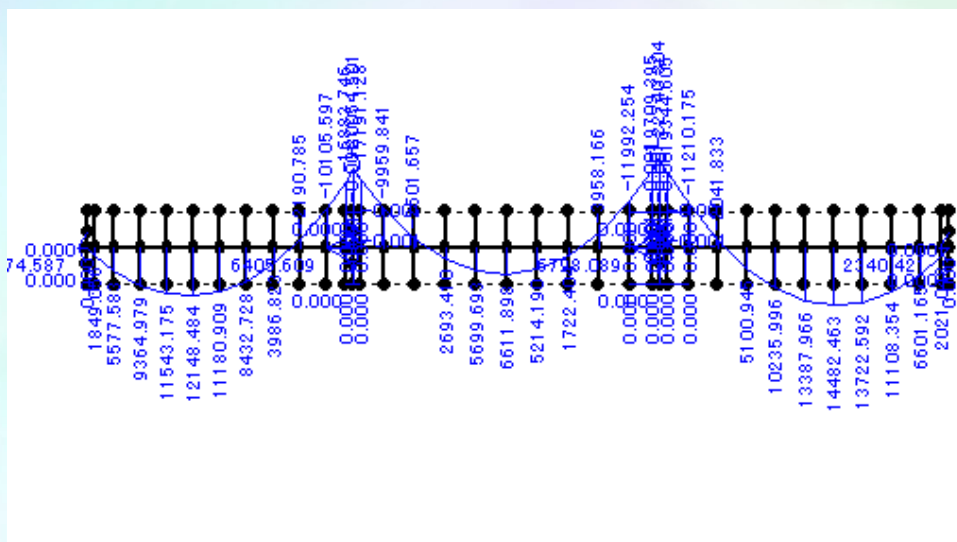


				A:ESでの計算結果		B:設計計算例の計算結果		比率(A/B)	
				タイプ1	タイプ2	タイプ1	タイプ2	タイプ1	タイプ2
破壊形態の判定	ひび割れ水平耐力	P_c	(kN)	1510	1510	1497	1497	101%	101%
	終局水平耐力	P_u	(kN)	6816	6816	6770	6770	101%	101%
	せん断耐力	P_s	(kN)	9263	10015	9263	10014	100%	100%
		P_{s0}	(kN)	10766	10766	10765	10765	100%	100%
破壊形態		-	$P_u \leq P_s$ 曲げ破壊型 $P_c < P_u$ OK	$P_u \leq P_s$ 曲げ破壊型 $P_c < P_u$ OK	$P_u \leq P_s$ 曲げ破壊型 $P_c < P_u$ OK	$P_u \leq P_s$ 曲げ破壊型 $P_c < P_u$ OK		-	-
最大応答変位の照査	塑性ヒンジ長	L_p	(m)	0.756	0.756	0.756		100%	100%
	設計水平震度	$C2z \cdot k2h0$	(-)	1.30	1.75	1.30	1.75	100%	100%
	支持している上部工重量	W_u	(kN)	7350	7350	7350		100%	100%
	橋脚の重量	W_p	(kN)	3144	3144	3144		100%	100%
	等価重量算出係数	C_p	(kN)	0.5	0.5	0.5	0.5	100%	100%
	等価重量	W	(kN)	8922	8922	8922	8922	100%	100%
	地震時保有水平耐力	P_a	(kN)	6816	6816	6770	6770	101%	101%
	最大応答塑性率	μ_r	(kN)	1.948	3.124	1.967	3.159	99%	99%
	降伏変位	δ_{yE}	(m)	0.0314	0.0314	0.0311		101%	101%
	最大応答変位	δ_r	(m)	0.0611	0.0980	0.0612	0.0982	100%	100%
	限界状態2に対応する水平変位の制限値	δ_{ls2}	(m)	0.1698	0.1698	0.1695		100%	100%
		ξ_1	(-)	1.00	1.00	1.00		100%	100%
		ϕ_s	(-)	0.65	0.65	0.65		100%	100%
		δ_{ls2d}	(m)	0.1104	0.1104	0.1101		100%	100%
判定		(-)		$\delta_r \leq \delta_{ls2d}$ OK	$\delta_r \leq \delta_{ls2d}$ OK	$\delta_r \leq \delta_{ls2d}$ OK	$\delta_r \leq \delta_{ls2d}$ OK	-	-
残留変位の照査	残留変位	CR	(-)	0.60	0.60	0.60		100%	100%
		δ_R	(m)	0.018	0.040	0.018	0.040	99%	100%
		制限値	(m)	0.091	0.091	0.091		100%	100%
		判定	(-)		OK	OK	OK	OK	-
構造細目	地震時保有水平耐力の下限値の照査($P_a \geq 0.4C2z \cdot W$)	$0.4C2z \cdot W$	(-)	3569	3569	3569	3569	100%	100%
		判定	(-)		OK	OK	OK	OK	-

設計計算例の結果とほぼ一致した。(差は1%以内)

UC-1設計シリーズ 道路橋示方書改訂の対応

■「平成29年道路橋示方書に基づく道路橋の設計計算例」との比較
UC-1 UC-BRIDGEにてコンクリート上部構造の設計計算例と比較検証。



▼曲げモーメントによる限界状態3に対する照査
終局曲げ耐力照査

部材No.	Md	Mud	Muc	判定	計算例Mud	比率
2007-i	27808	36150.1	55787.2	OK	38059	95.0%
2013-i	-31315	-56227.5	-86770.9	OK	-58154	96.7%
2019-i	27558.3	39389.8	60786.8	OK	41221	95.6%

▼せん断照査による限界状態3に対する照査
ウェブ圧壊に対する照査

部材No.	Sh	Sucd	判定	安全率	計算例Sucd	比率
2002-i	4210.8	11680.7	OK	2.77	11665	100.1%
2012-i	5671.7	10109.1	OK	1.78	10028	100.8%
2014-i	5590.6	10116.8	OK	1.81	10036	100.8%