

## 3次元積層プレート・ケーブルの動的非線形解析

弊社がプレ処理～計算エンジン～ポスト処理までの全てを自社開発した3次元有限要素法 (FEM) 解析プログラムです。土木・建築構造物の部位を1本棒に見立てたはり要素や平面的に連続した平板要素でモデル化して、構造物の非線形挙動を解析するツールです。

有償セミナー

Windows Vista/7/8対応

Ultimate : ¥1,800,000.  
 Ultimate(前川モデル除く) : ¥1,150,000.  
 Ultimate(ケーブル要素除く) : ¥1,500,000.  
 Advanced : ¥780,000.  
 Lite : ¥520,000. Base : ¥330,000.  
FEMエンジニア・スイート価格:P.52参照  
 保守契約・レンタル価格:P.164～165参照

### プログラムの機能と特長

#### ●解析の特長

UC-win/FEM(3D)で高い評価と多くの実績がある3次元ファイバー要素とReissner-Mindlin理論に基づく平板要素を備え、それらの材料非線形および幾何学的非線形(大变位)を同時に考慮した静的解析および動的解析が可能です。  
 平板要素は厚さ方向に複数の層を持つ積層構造に対応し、各層には材料や線形・非線形の設定を個別に定義できます。平板要素に適用するコンクリート構成則に、東京大学コンクリート研究室で開発された世界的に評価の高い鉄筋コンクリート非線形構成則(分散ひび割れモデル)を採用しています。本製品の平板要素は、UC-win/WCOMDのRC要素を厚さ方向へ多層に拡張して、面内変形だけでなく面外変形の非線形挙動も解析可能にしたとも言えます。  
 平板要素はFEMでよく用いられるアイソパラメトリック要素を採用しています。

#### ●非線形特性

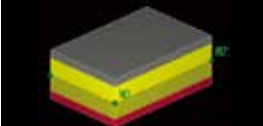
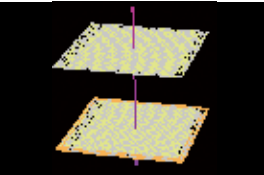
■M-φ特性  
 骨格: バイリニア(対称、非対称) / トリリニア(対称、非対称) / テトラリニア(対称、非対称)  
 内部履歴: ノーマル / Takeda / 弾性 / 原点指向 / 原点最大点指向 / H11鉄道耐震

■ばね特性  
 骨格: バイリニア(対称、非対称) / トリリニア(対称、非対称) / テトラリニア(対称、非対称)  
 名古屋高速ゴム支承型 / BMRダンパー  
 内部履歴: ノーマル / Takeda / 弾性 / 原点指向 / 原点最大点指向 / H11鉄道耐震 / 正負方向 / 正方向 / 負方向 / 緩衝装置 / Clough / スリッパ型 / Gap / Hook型

■ヒステリシス(ファイバー要素用の応力ひずみ曲線)

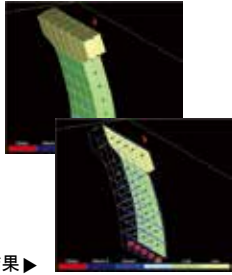


▲ファイバー要素のイメージ図(右が数学モデル)



▲積層平板要素のイメージ図(右が数学モデル)

	6節点 三角形要素	4節点 四角形要素	8節点 四角形要素
Gauss Point	3	1	4
Gauss Level	2	1	2



#### ▲平板要素の種類

平板要素が変形した状態とひずみによる損傷判定結果▶

#### ●主な解析機能

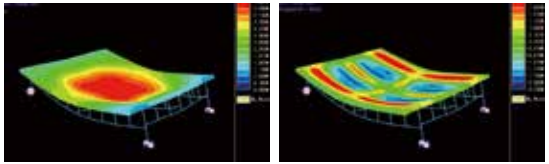
項目	内容
解析	静的解析 / 動的解析 / 固有値解析 / 影響線解析 (1本棒)
非線形解析	材料非線形 / 幾何学的非線形 (大变位理論) 複合非線形 (材料非線形と幾何学的非線形を同時に考慮)
適用理論	微小変位理論 / 大变位理論 / 弾性床の上のはり理論 Bernoulli-Eulerのはり理論 / Timoshenkoはり理論 (せん断変形考慮) Reissner-Mindlin理論
要素	弾性はり要素 / 剛体要素 / ばね要素 / M-φ要素 ファイバー要素 / 平板要素 (積層プレート) ケーブル要素 / 減衰要素 (速度べき乗型粘性ダンパー)
境界条件	節点に対して6自由度の拘束条件 (自由 or 固定 or ばね) 弾性梁要素に対して分布ばね (部材軸方向 + 部材軸直角2方向) 連成ばね (節点に定義)
材料の種類	コンクリート / 鉄筋 / PC鋼材 (鋼より線、鋼棒) / 鋼板 / 炭素繊維シート / アラミド繊維シート / 弾性材料 (ヤング係数を任意に入力) / 非構造材料 (単位体積重量のみを考慮した材料)
定義可能な荷重	フレーム要素に対して 節点荷重 / 部材荷重 (集中、分布、射影長) / 温度荷重 / 強制変位 平板要素に対して 平板面荷重 (分布荷重) / 平板体積力 (質量に比例する作用力) 平板地盤変位 (円筒水槽が対象。地盤応答変位を荷重で載荷) 平板動水圧 (円筒水槽が対象。ハウスナーの近似式) ケーブル要素に対して: 分布荷重 (ケーブル全長に分布する荷重) / 温度荷重
自動生成する荷重	死荷重 / プレストレス荷重 / 水平震度荷重
静的荷重	単調増加 / 繰り返し (一定、増加) / 反転繰り返し (一定、増加)
動的荷重	加速度波形 (鉛直と水平2成分の個別または同時入力)
動的解析	Newmark-β法 (β = 1/4) による直接積分法
減衰	要素別剛性比例型 / Rayleigh型 / 要素別Rayleigh型 (初期剛性、瞬間剛性)
質量マトリクス	Consistent mass matrix / Lumped mass matrix

#### ■ファイバー要素

ファイバー要素(オリジナル): 剛体リンク・分布ばね要素を用いた非線形梁要素。せん断変形の影響は無視。部材両端の変形・剛性が独立しており、負の剛性が生じる部材の解析に適している。また要素の半分の長さまで曲率一定の仮定に基づく剛性マトリクスのため、道路橋など曲率一定区間を仮定する塑性ヒンジなどの仮定とも整合がとりやすい。  
 ファイバー要素(1次): 形状関数に1次曲線を用いた、2節点アイソパラメトリック要素。Timoshenko梁理論に基づき、せん断変形の影響を考慮。要素長さ方向の曲率分布は一定。部材中央の1つのガウス積分点での剛性評価に基づき、ガウス積分により要素の剛性マトリクスを構築。  
 ファイバー要素(2次): 形状関数に2次曲線を用いた、3節点アイソパラメトリック要素。

#### ●設計支援

- ・ファイバー要素、M-φ要素、ばね要素の損傷表示
- ・応力度計算、耐力計算 (主に道路橋示方書)
- ・曲率の照査 / ばね要素の照査 ・道路橋の残留変位照査機能
- ・道路橋の塑性率照査 ( $\mu = \delta_{max} / \delta_y$ ,  $\mu_a = \delta_{IS2} / (\alpha * \delta_y)$ )



▲変位図センター

#### ●設計支援

- ・CADデータ (DXF・DWG形式) のインポート / エクスポートに対応
- ・IFCエクスポートに対応

#### ●平成24年道路橋示方書対応

主な対応項目は、「新道示の地震波形収録」、「鉄筋コンクリート断面および鋼製橋脚断面のM-φ」、「残留変位の照査」。

#### ■Ver.4 改訂内容<2014年8月4日リリース>

- ・多点入力 (複数波形入力、時刻歴荷重など)
- ・保存対象の選択 (節点、フレーム要素、ばね要素)
- ・動的解析の粘性減衰拡張 (節点直接入力)

#### ■Ver.4.01.00 改訂内容<2014年10月14日リリース>

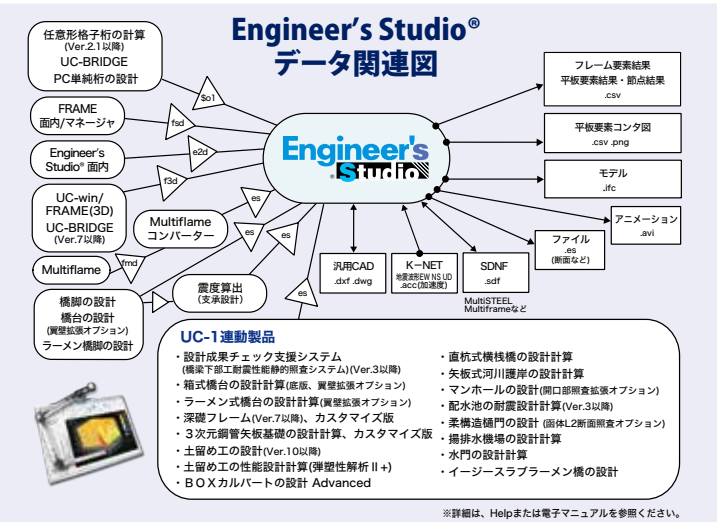
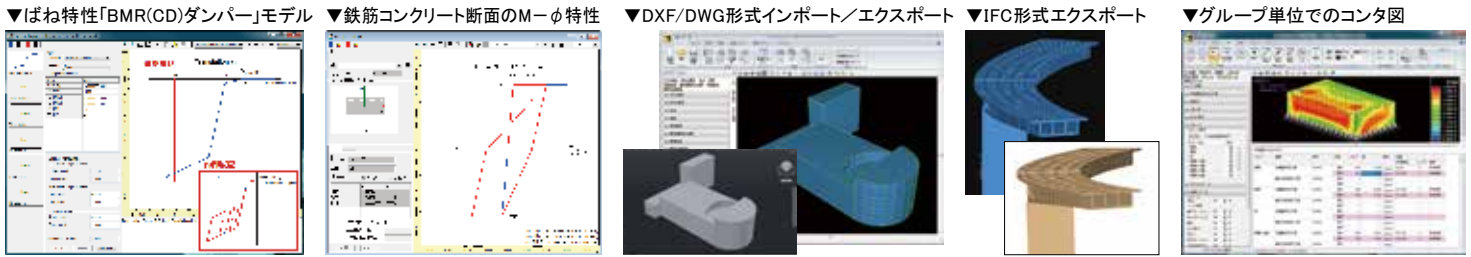
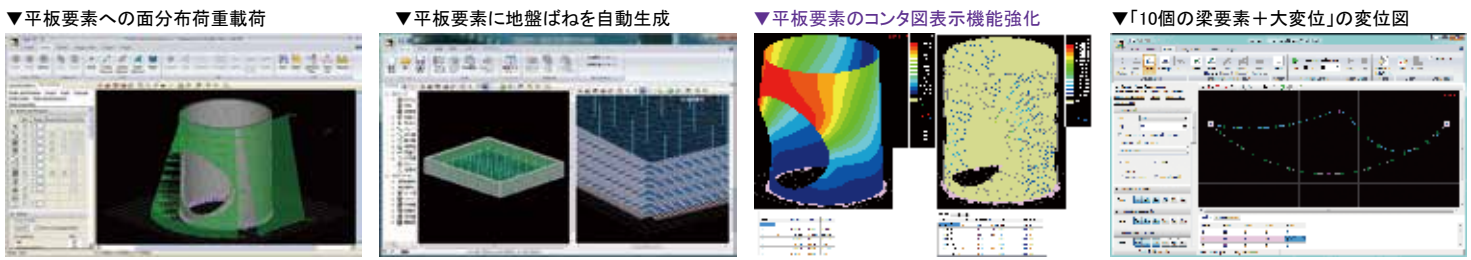
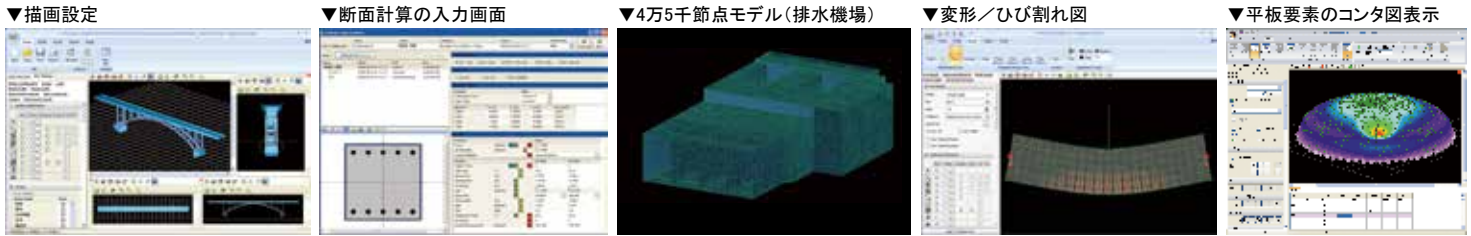
- ・平板要素のコンタ図表示機能強化
- ・データファイル形式追加 (拡張子「esx」の圧縮ファイル)



▲多点入力(杭深海の加速度設定)

#### ●オプション価格

オプション	価格	オプション	価格
ES-固有値解析オプション	¥20,000	ES-平板要素オプション	¥100,000
ES-動的解析オプション	¥20,000	ES-前川コンクリート構成則オプション	¥650,000
ES-M-φ要素オプション	¥70,000	ES-活荷重一本棒解析オプション	¥20,000
ES-非線形ばね要素オプション	¥70,000	ES-土木構造二軸断面計算オプション	¥120,000
ES-ファイバー要素オプション	¥20,000	ES-鋼製部材ひずみ照査オプション	¥30,000
ES-幾何学的非線形オプション	¥20,000	ES-道路橋残留変位照査オプション	¥30,000
		ES-ケーブル要素オプション	¥400,000



**「中小企業優秀新技術・新製品賞」ソフトウェア部門 優良賞受賞!**  
 平成23年5月11日、「第23回 中小企業優秀新技術・新製品賞」ソフトウェア部門において優良賞を受賞致しました。同時受賞：産学官連携特別賞(東京大学教授 前川宏一氏)

**NETIS「震災復興・復旧に資する技術情報」認定**  
 フォーラムエイトのNETIS(新技術活用システム)登録技術である「3次元プレート動的非線形解析 Engineer's Studio®」、「洪水氾濫浸水解析シミュレーション」、「道路損傷情報システム」は、国土交通省より「震災の復興・復旧に資する技術」として認定されました。

**破壊解析コンテスト優勝!**  
 平成22年7月8日(独)防災科学技術研究所主催の「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」において、当社解析支援チームメンバーがEngineer's Studio®を用いて優勝致しました。

**危機管理デザイン賞受賞**  
 平成25年3月15日公共ネットワーク機構「危機管理デザイン賞」を受賞しました。(RIMDA: Risk Management Design Award)

**Engineer's Studio®解析支援サービス**  
 3次元積層プレート、分差ひび割れモデル入力カデータ支援サービス >> 詳細:P.147

# Multiframe to Engineer's Studio® コンバーター

**MultiframeのデータをEngineer's Studio®形式に変換** プログラム価格: ¥30,000. 保守契約・レンタル価格: P.164~165参照

ベントレー・システムズ社により開発された3次元構造解析ソフトウェアMultiframe(詳細:P.138)のデータファイルを、弊社の3次元構造計算プログラムEngineer's Studio®のデータファイル形式に変換するプログラムです。

MultiframeのデータをMultiframeのCOM APIを通して変換を行います。ゆえに、MultiframeのCOM APIで公開されていないインターフェイスに対して、その対応するデータを取得できません。また、Engineer's Studio®のデータベースに登録されていない部材形状・寸法は数値データとして変換されます。

- 変換可能な項目
  - 単位 ・解析設定: 材料線形、静的解析のみ ・節点データ ・支点条件 ・グループデータ
  - ・節点重量 ・部材重量 ・節点荷重 ・部材荷重 ・強制変位 ・基本荷重 ・抽出荷重
- 条件付きで変換可能な項目
  - ・フレーム要素: Multiframeにある圧縮側、引張側のみ剛性をもつフレーム要素は、両側に剛性のあるフレーム要素へと変換されます。
  - ・ばね支点: 圧縮側、引張側のみ剛性があるばね支点は、両側に剛性があるばね支点へと変換されます。
  - ・フレーム要素の材端条件: 材端条件の軸力非伝動機能は、変換できません。
  - ・フレーム要素の材端形状: オフセット機能は変換できません。
  - ・ばね要素: MultiframeのAPIが未公開のため、変換されません。Engineer's Studio®で新規作成となります。
  - ・剛体要素: 属節点の各自由度(DOF)はマスター節点の各自由度と同じように設定されます。
  - ・断面データ: MultiframeのAPIが未公開のためMultiframeの標準断面とCustom1~Custom3に登録された断面データのみが変換されます。断面寸法でテーパのパラメータ、Bulb Flat型の断面のパラメータはESの断面データベース内に相当するパラメータがないため変換されません。Hat型、LSB型、Unknown型の断面データがESの断面データベース内にESIに相当する断面形状がないため、数値断面として変換されます。

- ・材料: 「鉄」は鋼板材料として変換されます。「Aluminium」材料と「Timber」材料、「Unknown」材料は、Engineer's Studio®には存在しないため弾性材料として変換されます。
- ・死荷重: 複数死荷重がある場合、最初の死荷重が死荷重として変換されます。他の死荷重はその荷重と相当する基本荷重として変換されます。
- ・組合せ荷重: 組合せ荷重は、基本荷重に分解後、組合せ荷重になります。
- ・温度荷重: 部材断面の上部と下部で温度差がある場合は、断面の上部と下部の温度差の平均値を設定されます。
- 変換できない項目: 以下の項目に関しては、MultiframeのAPIが未公開のため、変換されません。Engineer's Studio®で手動設定となります。
  - ・フレーム要素の材端形状 ・ばね要素 ・平板要素 ・静水圧荷重 ・流量荷重 ・浮力荷重
  - ・波動荷重 ・風荷重 ・地震荷重 ・パネル荷重

