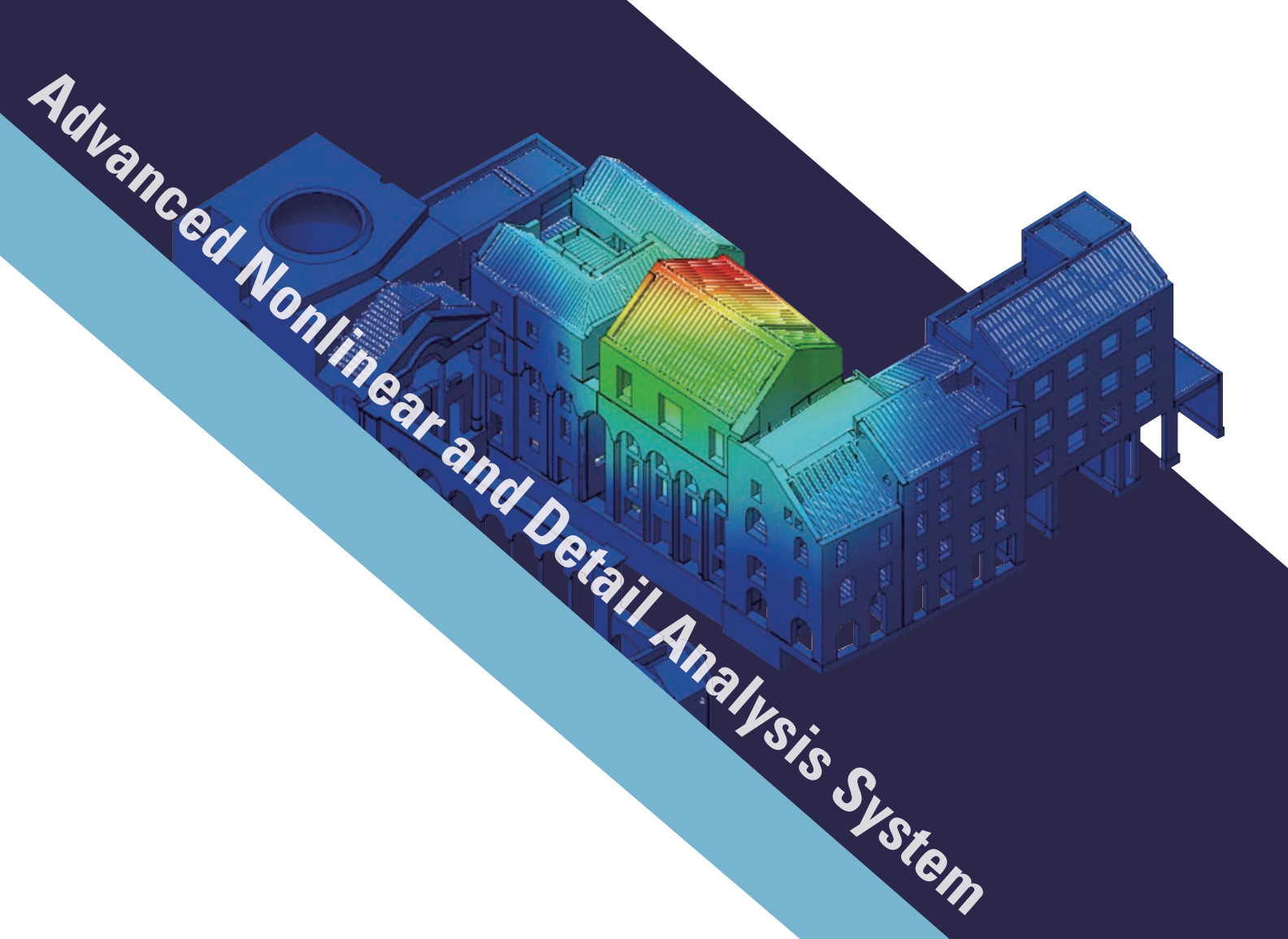


midas FEA

建築・建設分野向け
詳細解析のご紹介



Global Leader in Providing Engineering Solutions & Services

MIDAS ITは世界の技術者を支援します



世界 構造解析分野市場占有率1位(midas Gen/iGen)

韓国 建築分野/土木分野/地盤分野CAEソフト占有率1位

中国 土木/地盤構造解析分野市場占有率1位 (midas Civil, midas GTS)

建設業界	No.1	現地法人	9
海外代理店	35	使用国	110

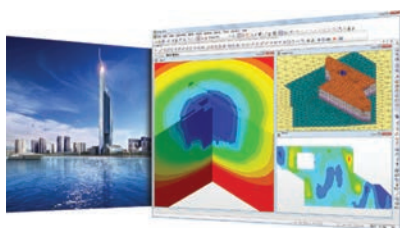
About MIDAS IT

MIDAS ITは、工学技術用ソフトウェア開発および普及、そして構造分野のエンジニアリングサービスとウェブビジネス統合ソリューションを提供する会社です。

2000年9月に設立。現在は約600名のグローバル専門技術者が在籍し、日本、アメリカ、中国、インド、ロシア、イギリス、ドバイ、シンガポール、フィリピンの現地法人や35ヶ国の代理店など、全世界ネットワークを通し、110ヶ国に工学技術用ソフトウェアを販売する世界的な企業として成長しました。

また、技術者の皆様の技術力向上のために各分野別に技術講座を実施しており、今後もこのような技術講座を定期的に関行していきたくて考えております。

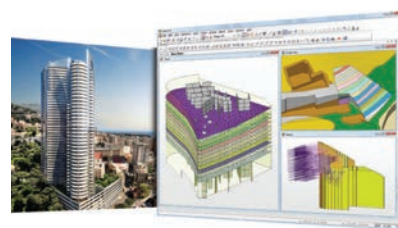
このようなセミナーに是非ともご参加頂けますようお願い申し上げます。



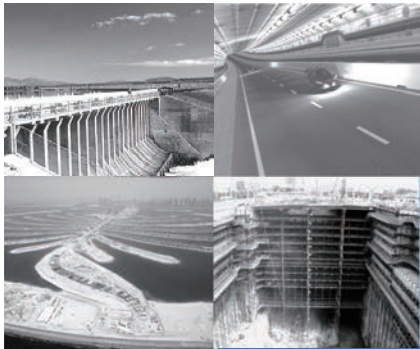
Dubai Tower



Palazzo Versace & D1 Tower



Odeon Tower

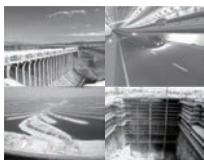


midas FEA

Advanced Nonlinear and Detail Analysis System

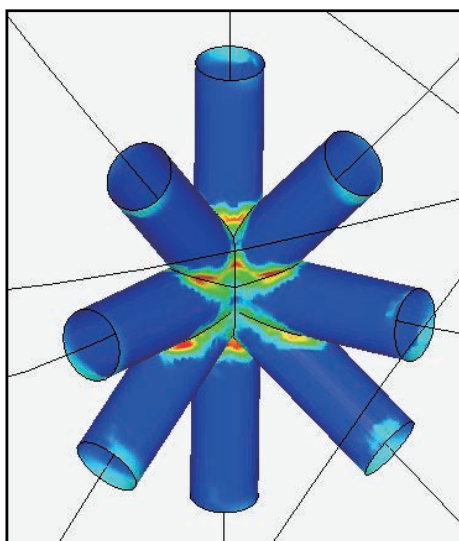
建築・建設分野向け 詳細解析のご紹介

MIDAS Information Technology Co., Ltd.



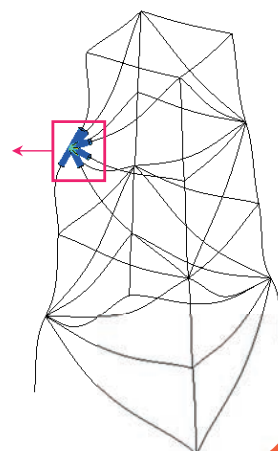
フレーム→シェル・ソリッドウィザード

FEA

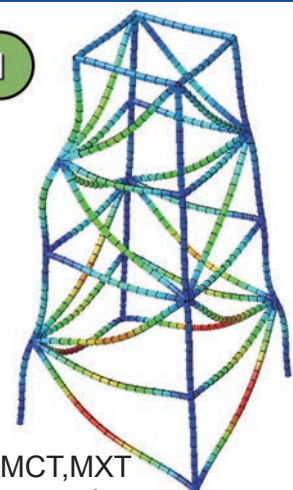


ジャケットの応力分布

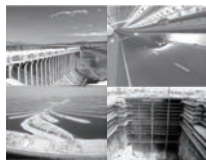
iGen ,Civil



MGT,MCT,MXT
テキスト形式



円筒ジャケットから構成される
海上作業台船の鋼製骨組み
(板 + フレーム)



midas FEAの製品構成

midas FEA プリ・ポスト

モデリング, メッシュ生成, ポストプロセッシング

ソルバー

線形、非線形（材料/幾何）

接触、熱伝導、疲労

ひび割れ、鉄筋、インターフェイス

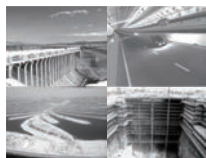
TNO DIANA社と技術提携

midas FEA

建築・建設CAEにおける
高度な解析を目的とした
統合ソリューションツール

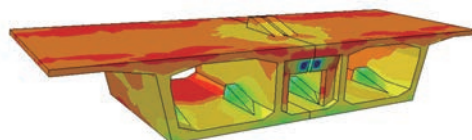
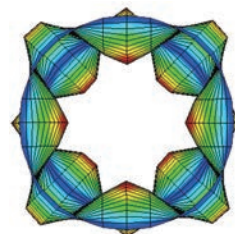
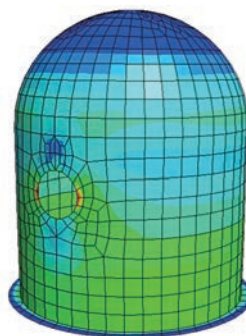
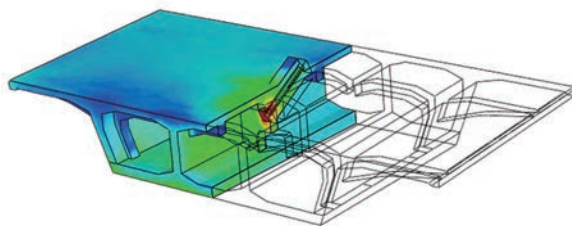
<http://jp.midasuser.com/fea>

MIDAS Information Technology Co., Ltd.



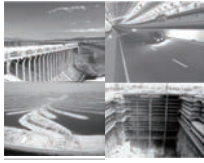
解析機能

- 静的解析
- 段階施工解析
- 固有値解析
- 線形座屈解析
- 材料 / 幾何非線形解析
 - インターフェイス要素
 - 埋込鉄筋要素
 - ひび割れモデル
- 静的接触解析
- 熱伝導 / 熱応力解析
- 時刻歴 / スペクトル応答解析
- 疲労解析
- CFD解析



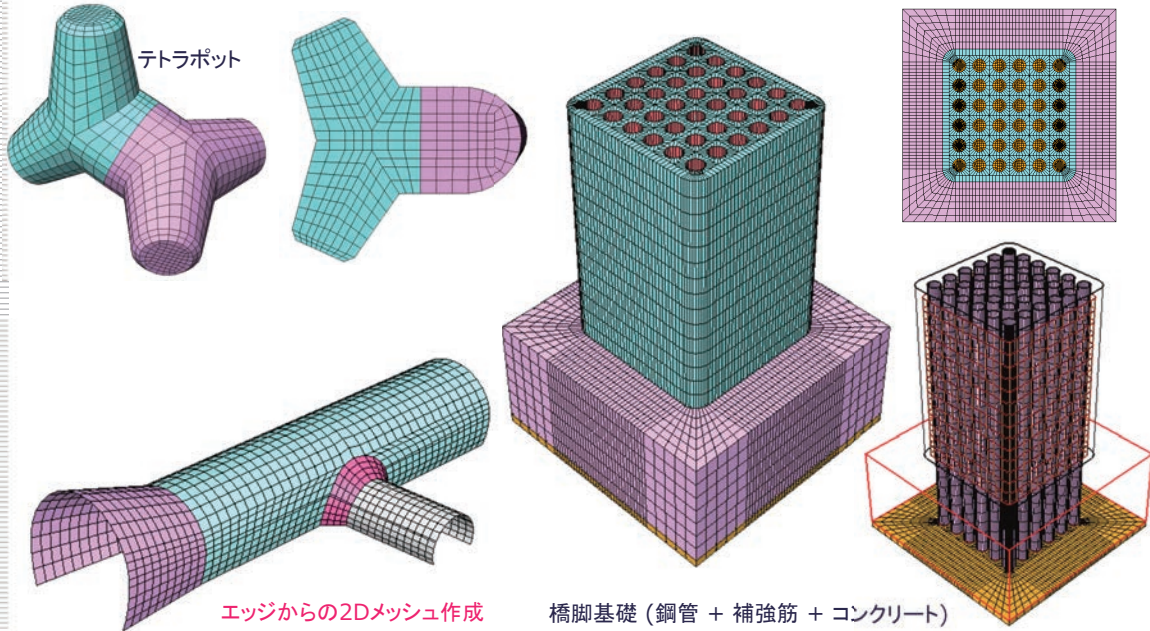
<http://jp.midasuser.com/fea>

MIDAS Information Technology Co., Ltd.



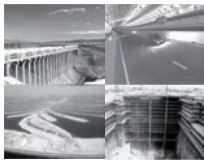
マップドメッシュ生成

- FEAのマップドメッシュでは、サーフェイスとソリッドジオメトリーに関して、規則性のある4角形メッシュを生成できます。

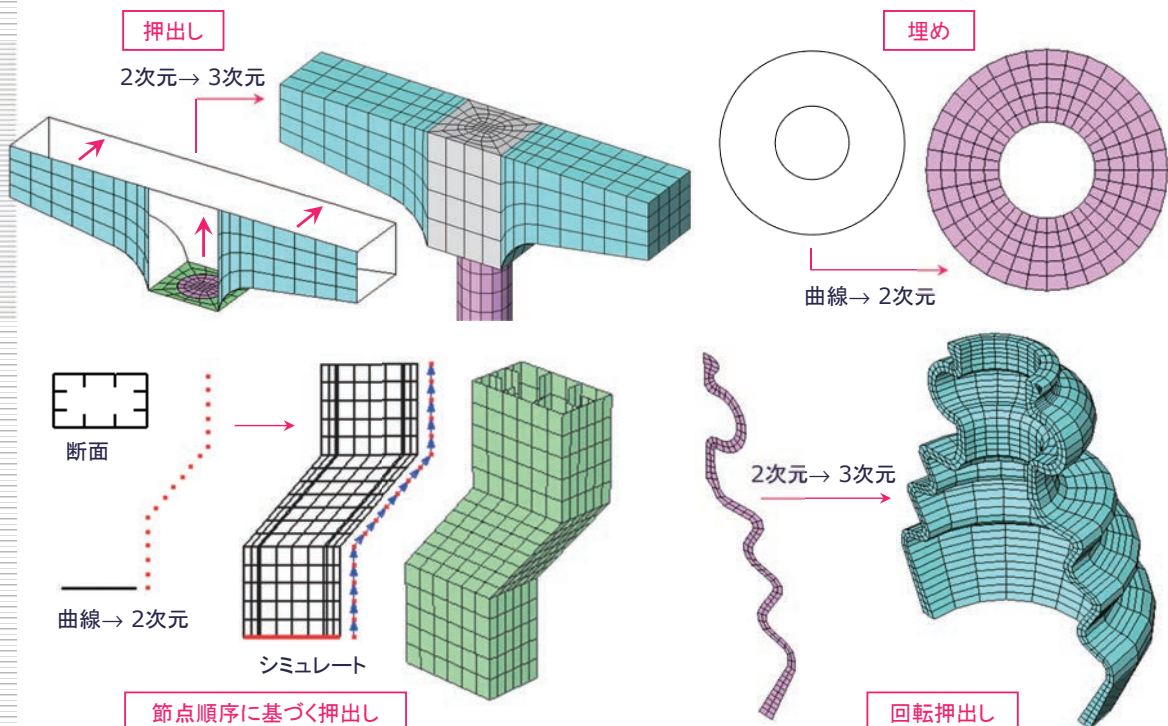


<http://jp.midasuser.com/fea>

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

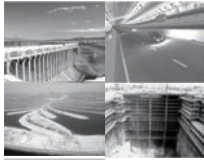


メッシュ押出し



<http://jp.midasuser.com/fea>

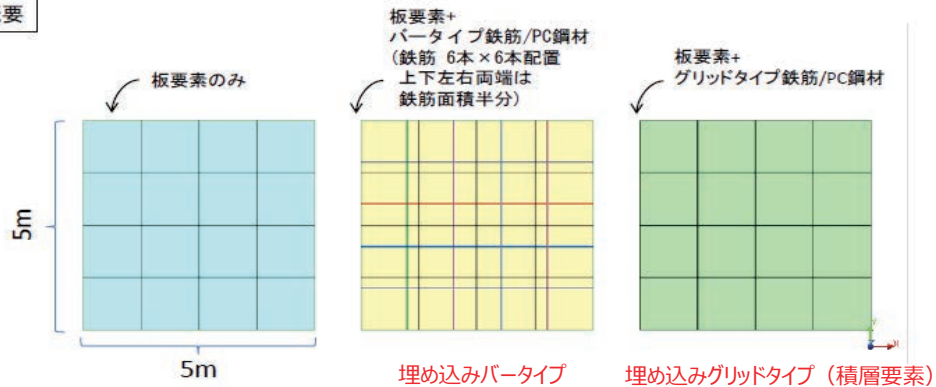
MIDAS Information Technology Co., Ltd.



鉄筋 / P C 鋼材要素



モデル概要



- ・鉄筋/PC位置にバータイプの鉄筋を配置せず、面タイプの鉄筋/PCでモデリングすることも可能です。
- ・上記の3タイプをモデリングし比較します。
- ・どのタイプも、底部を完全拘束、上部に引張荷重負荷。
- ・“バータイプ鉄筋/PC”と“グリッドタイプ鉄筋/PC”で等価な結果を確認します。

- ・シェルの板厚は1m。
- ・鉄筋PCバー1本の断面積は 0.1m^2 (周囲の4本は半分の断面積である 0.05m^2)。
- ・グリッドの等価厚さというのは、鉄筋を母材面積に均一にのばした場合の厚さ、つまり“鉄筋総体積量÷母材要素面積”の等価な厚さとして指定します。

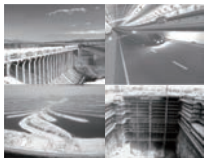
$\frac{[0.1(\text{m}^2) \times 5(\text{m}) \times 4(\text{本}) + 0.05(\text{m}^2) \times 5(\text{m}) \times 2(\text{本})]}{25(\text{mm}^2)} = 0.1(\text{m})$ と指定。



鉄筋/PCグリッドプロパティメニュー

次ページに示す結果の様に、バータイプとグリッドタイプで同等の結果となります。

<http://jp.midasuser.com/fea>

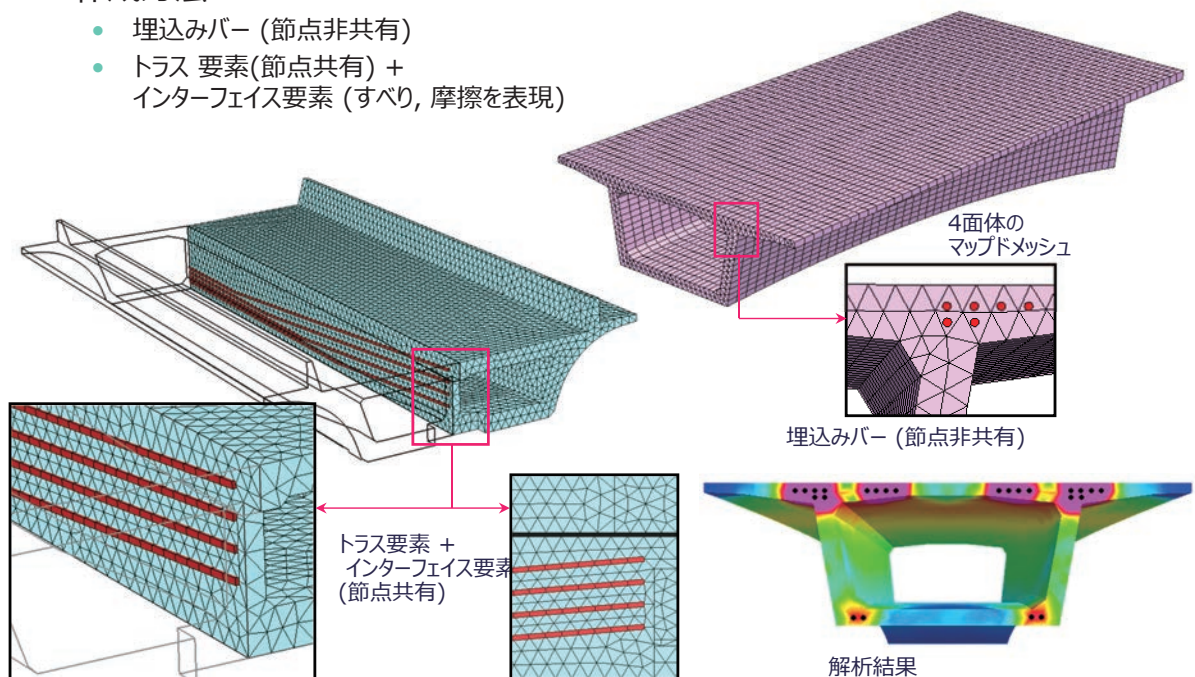


鉄筋 / P C 鋼材要素



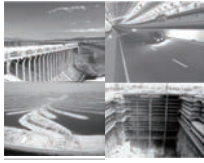
■ 作成方法

- ・埋込みバー (節点非共有)
- ・トラス 要素(節点共有) + インターフェイス要素 (すべり, 摩擦を表現)



<http://jp.midasuser.com/fea>

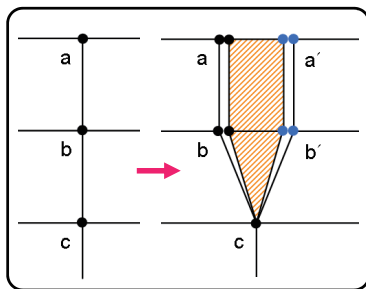
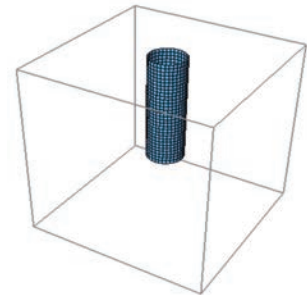
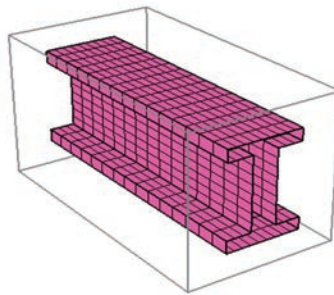
MIDAS Information Technology Co., Ltd.



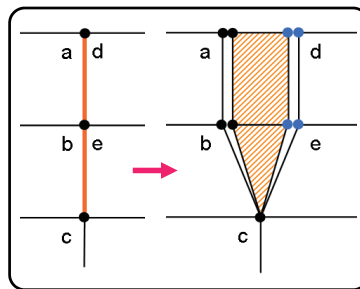
インターフェイス要素の生成

生成方法

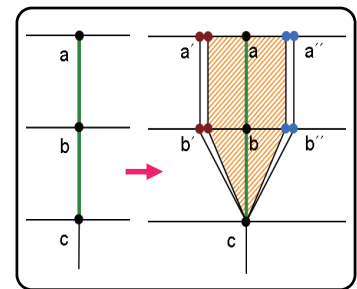
- 節点選択
- 節点ID入力
- 要素境界から抽出
- フリーフェイスから抽出
- 梁 / 板の両側に挿入
- 要素を囲んで



節点選択
節点ID入力



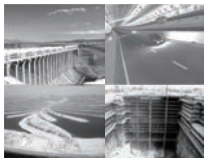
要素境界から抽出
フリーフェイスから抽出



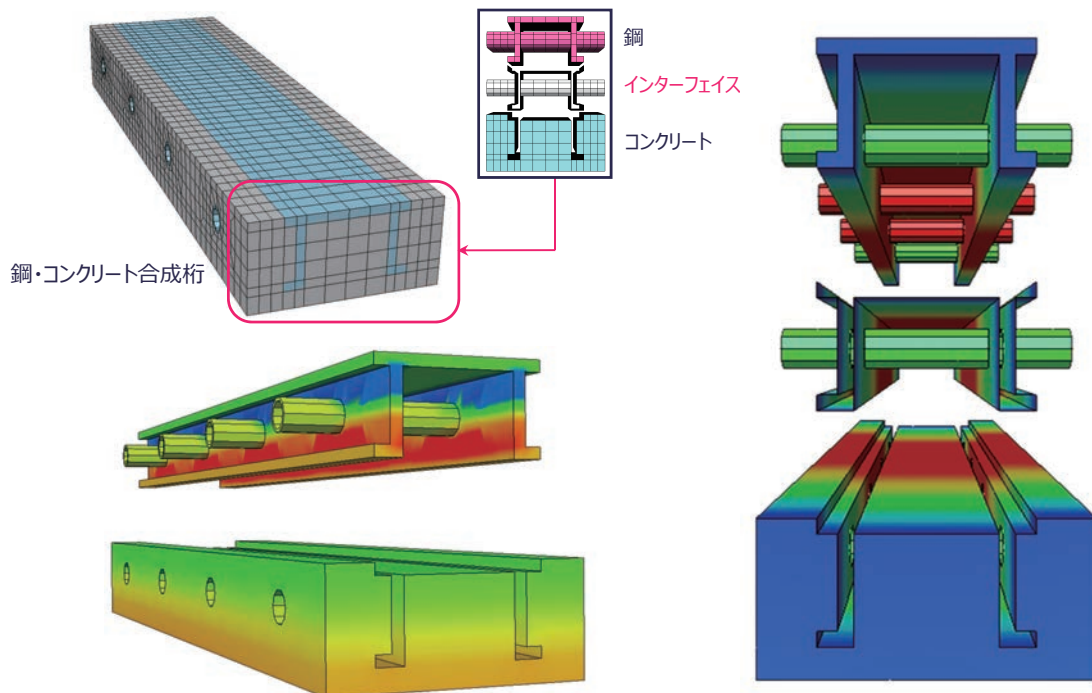
梁/板の両側に挿入

<http://jp.midasuser.com/fea>

MIDAS Information Technology Co., Ltd.



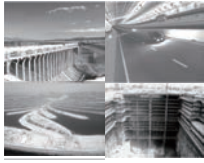
仮想移動表示



面インターフェイス(クロン摩擦モデル)

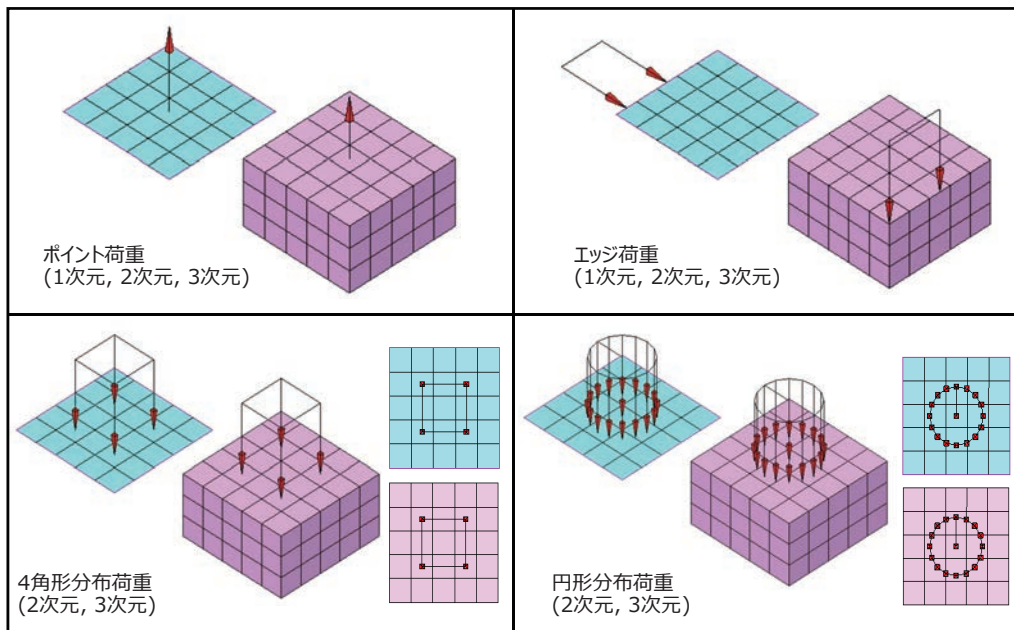
<http://jp.midasuser.com/fea>

MIDAS Information Technology Co., Ltd.



任意位置荷重

- FEAは節点や要素分割に依存しない、任意荷重の場所・面積に適用できる任意荷重機能を提供します。



<http://jp.midasuser.com/fea>

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

midas FEA

FEAを活用した建築分野における適用事例



最短時間で手軽くモデル化

線形詳細解析

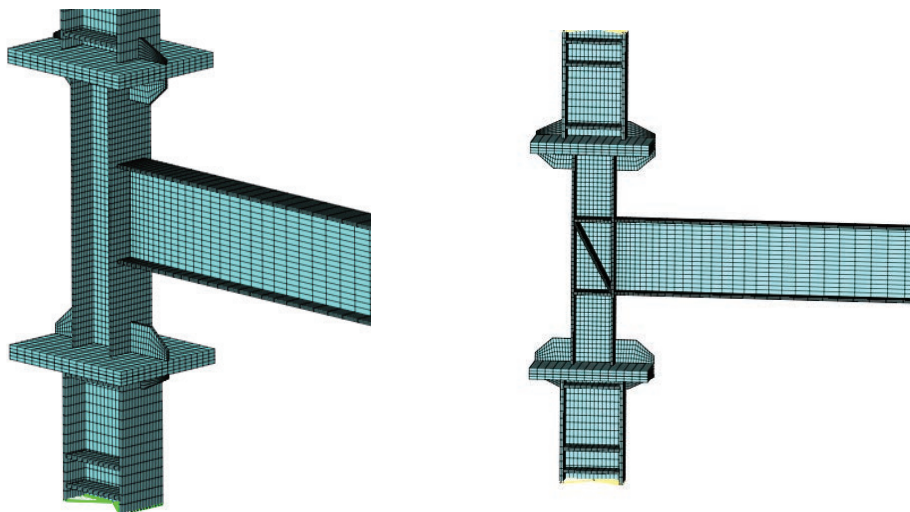
- 鉄骨の接合部の詳細解析
- 横梁の接合部の詳細解析
- クレーン桁の容量の検討
- スラブ-柱接合部の検討
- 断面の変化部分の検討
- コンクリート構造物の施工段階解析
- スキン補強材の線形座屈解析



鉄骨の接合部の詳細解析

解析及びモデリングの概要

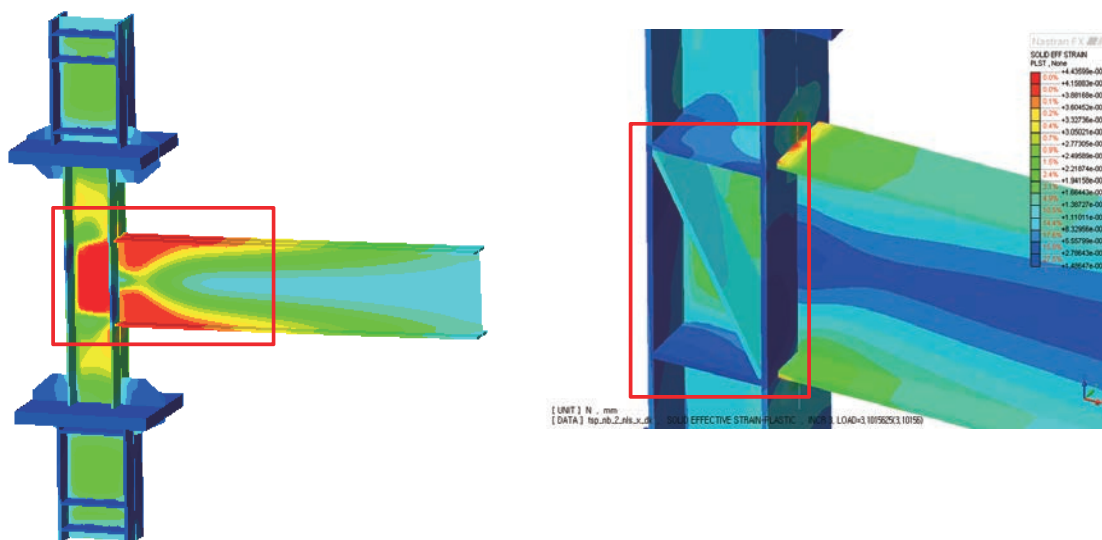
- 鋼材の線形挙動による応力集中部の安全性の検討
- 接合部の詳細解析によって鋼材の追加補強の必要性の判断
- 接合部に適切な配置方法および詳細解析による合理的な設計方法の提案



鉄骨の接合部の詳細解析

検討の結果及び結論

- Stiffener補強がない接合部の場合、応力が許容応力に近づく
- 応力集中部をStiffenerで補強し、応力の結果を比較





配筋位置を考慮せずにモデル化

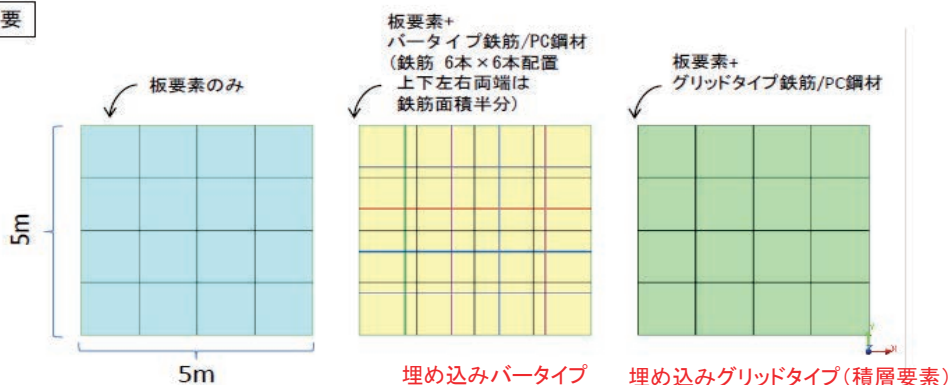
PC鋼材及び鉄筋の詳細解析

- Post-tensioning床板の解析
- LNGタンクのPC鋼材の緊張力载荷順番による影響検討
- 原子力発電所の格納庫でのPost-tensioningの改善方向の分析



鉄筋 / PC鋼材要素

モデル概要



- ・鉄筋/PC位置にパーティップの鉄筋を配置せず、面タイプの鉄筋/PCでモデリングすることも可能です。
- ・上記の3タイプをモデリングし比較します。
- ・どのタイプも、底部を完全拘束、上部に引張荷重負荷。
- ・“パーティップ鉄筋/PC”と“グリッドタイプ鉄筋/PC”で等価な結果を確認します。
- ・シェルの板厚は1m。
- ・鉄筋PCバー1本の断面積は 0.1m^2 (周囲の4本は半分の断面積である 0.05m^2)。
- ・グリッドの等価厚さというのは、鉄筋を母材面積に均一にのばした場合の厚さ、つまり“鉄筋総体積量÷母材要素面積”の等価な厚さとして指定します。
- X・Y方向それぞれに、 $[0.1(\text{m}^2) \times 5(\text{m}) \times 4(\text{本}) + 0.05(\text{m}^2) \times 5(\text{m}) \times *2(\text{本})] \div 25(\text{mm}^2) = 0.1(\text{m})$ と指定。

バー1本の体積

両端バー2本の体積

母材要素の面積



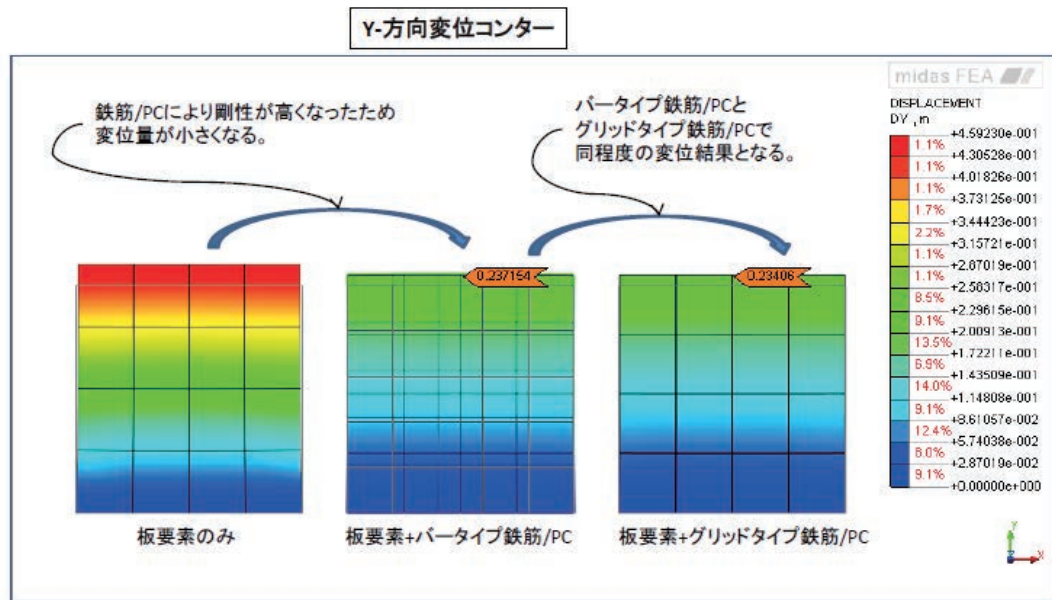
鉄筋/PCグリッドプロパティメニュー

次ページに示す結果の様に、パーティップとグリッドタイプで同等の結果となります。



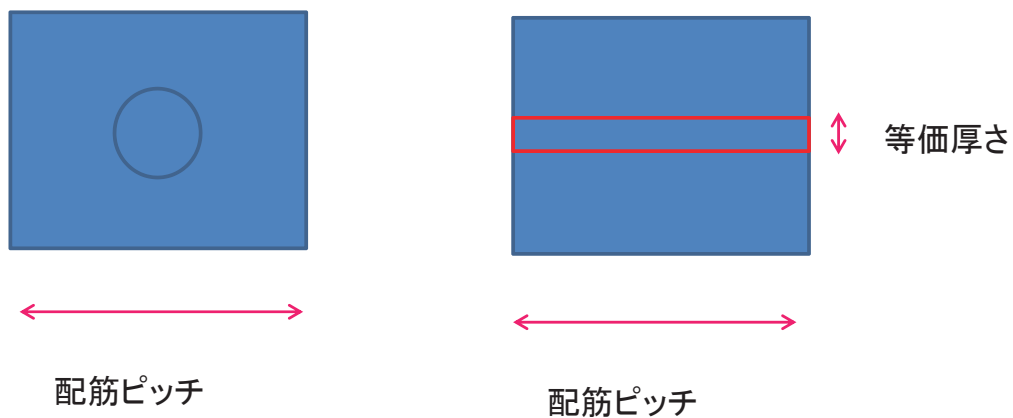
鉄筋 / PC鋼材要素

結果



鉄筋 / PC鋼材要素

埋め込みグリッドタイプ(積層要素)考え方



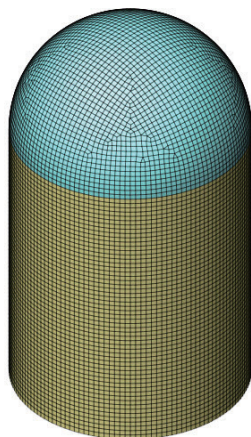
$$\text{配筋率} = \text{鉄筋断面積} / \text{ピッチ内四角形断面積}$$



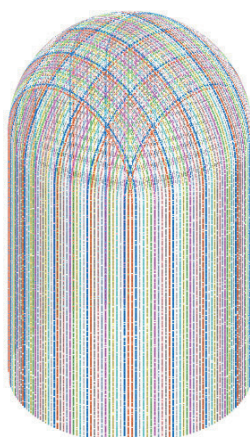
原子力発電所の格納庫のPost-tensioning解析

モデリング概要

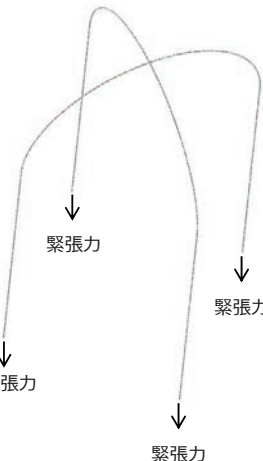
- 原電格納庫のPost-tensioningの効率性の検討(PC鋼材の損失係数、鋼線の本数など)
- 最適のPC鋼材の配置を提案
- 時間依存的な材質(クリープ・乾燥収縮、圧縮強度)を考慮
- 構造物の自重及びPC鋼材の緊張力を考慮し、施工段階を考慮した解析を遂行



原電格納庫



PC鋼材の配置方向

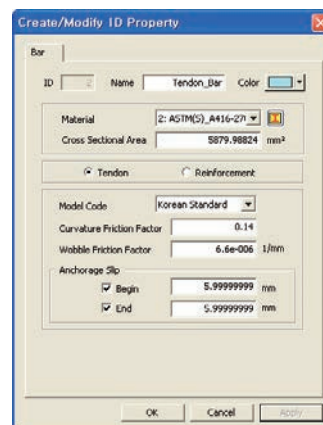


緊張力

緊張力

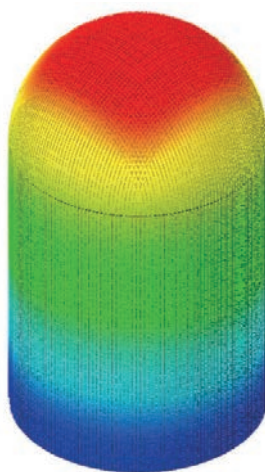
緊張力

緊張力

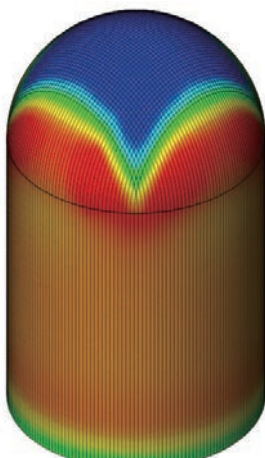
PC鋼材の諸元及び
即時損失の考慮

原子力発電所の格納庫のPost-tensioning解析

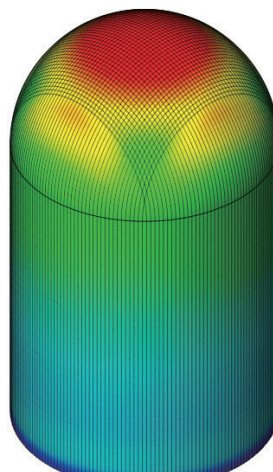
解析結果及び結論



変位



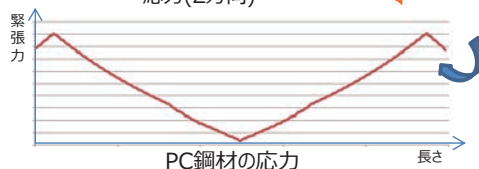
応力(Y方向)



応力(Z方向)



PC鋼材の応力



PC鋼材の応力

長さ



載荷実験に近い解析結果

S造非線形詳細解析

- 鋼材接合部の材料非線形解析
- ブレース付けのフレームのGusset Plateの接合部の詳細検討



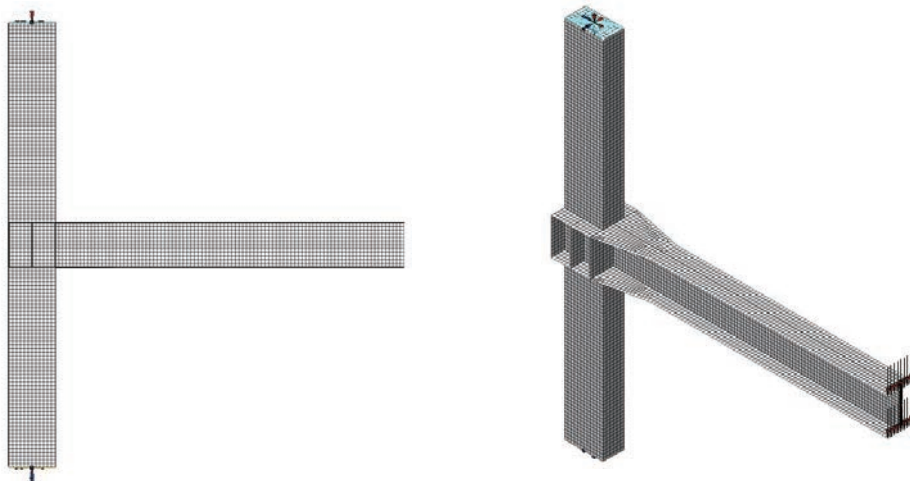
www.midasit.co.kr



鋼材接合部の材料非線形解析

解析概要

- 鋼材非線形の挙動を通した応力集中部の安定性の検討
- 接合部の詳細解析を通した鋼材の追加・補強の必要性の検討
- 鋼材非線形の特長(Von-misesモデル)による応力許容値の検討
- 増分荷重を段階載荷して実験の再現解析(修正ニュートン-ラプソン方法)

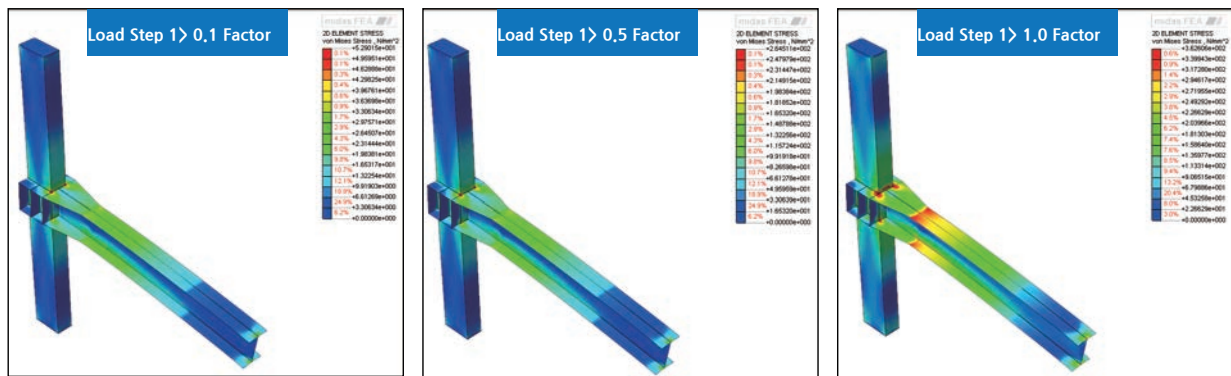


www.midasit.co.kr



鋼材接合部の材料非線形解析

荷重増分を通した非線形挙動による応力検討



鋼材の非線形挙動を把握するための荷重増分解析を通して、約150kNの荷重がかかる場合、Von-mises モデルの降伏応力である355Mpaを超過した鉄筋の硬化挙動に到達
→変位及び接合部の局部応力が大きく増加



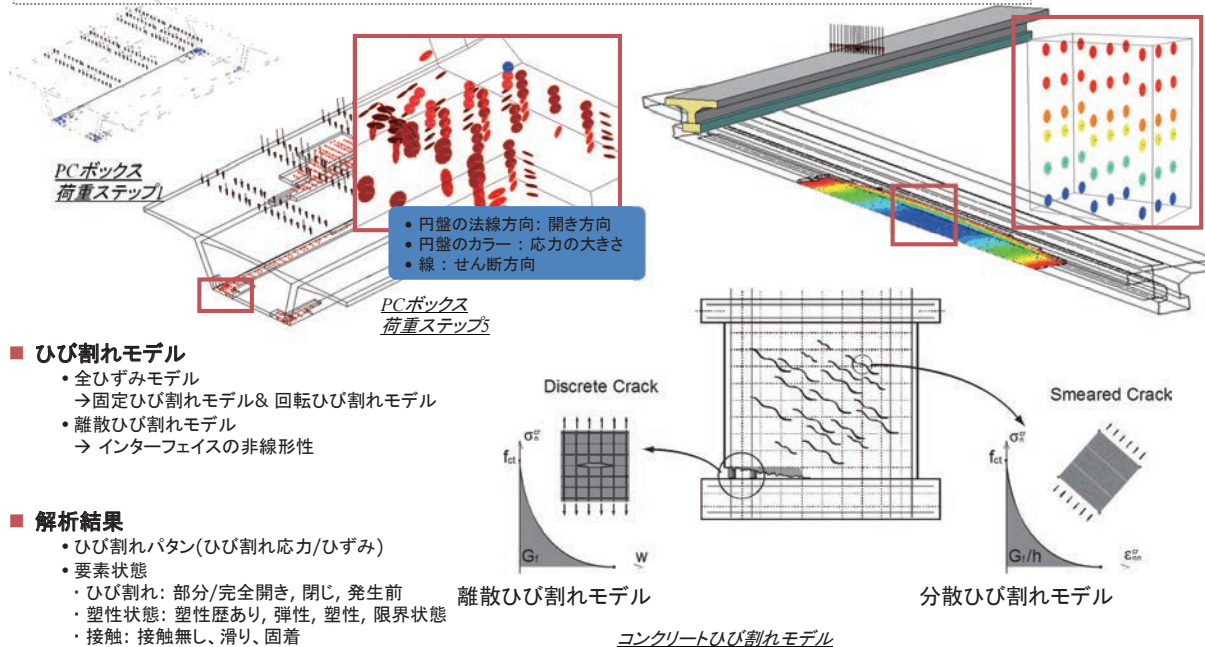
載荷実験に近い解析結果

RCの非線形(ひび割れ)解析

- 連結梁の材料非線形解析
- 強震区域のプレキャストコンクリート柱の挙動分析
- コンクリート構造物のひび割れ進行解析
- 組積造の古建築(聖堂)の非線形解析モデル

→ ひび割れ解析

- コンクリートのひび割れ解析のためにTSC(Total Strain Crack)モデルを提供
- ひび割れの発生可否、大きさ、進展方向が確認できる



→ ひび割れ材料の定義

材料モデル

モデルタイプ: ひび割れの全ひずみ

ひび割れモデル

- ☒ 固定
- ☐ 回転
- ☐ 接線係数
- ☒ 割線係数

剛性

- ☐ なし
- ☒ Vecchio & Collins

水平ひび割れ効果

- ☐ なし
- ☒ Selby & Vecchio

拘束効果

- ☒ 直接入力
- ☐ 標準より

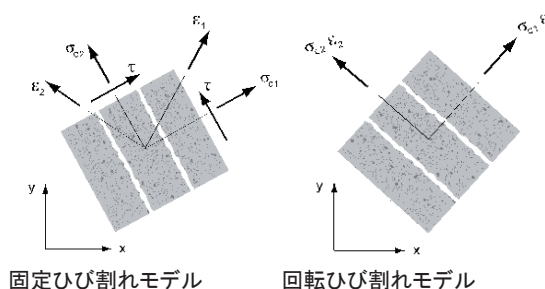
基本物性値

引張弾性係数: 引張弾性

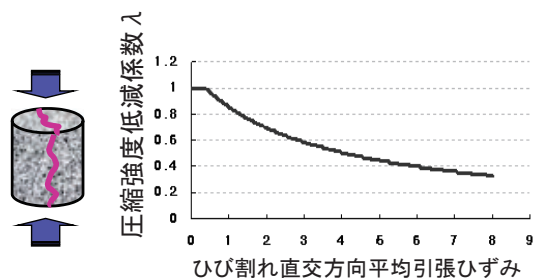
圧縮弾性係数: 圧縮弾性

せん断弾性係数: せん断弾性

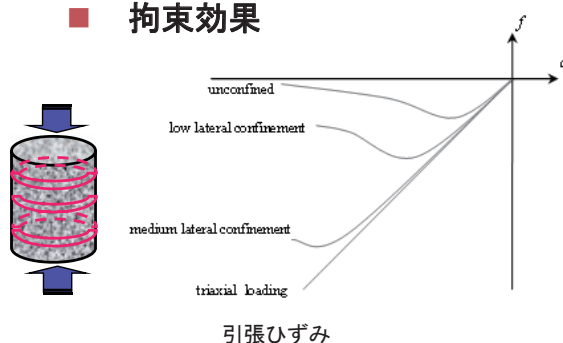
■ ひび割れモデル



■ 横ひび割れ効果

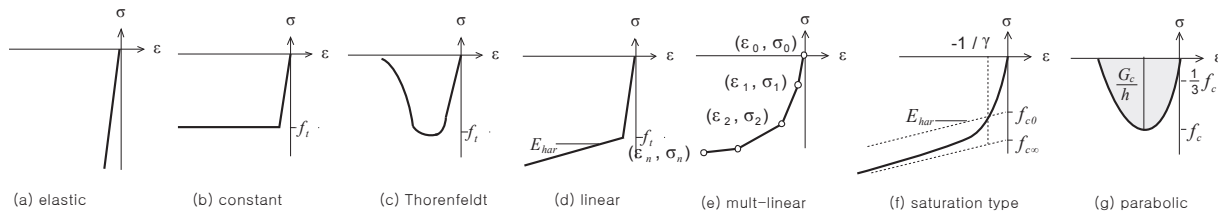


■ 拘束効果

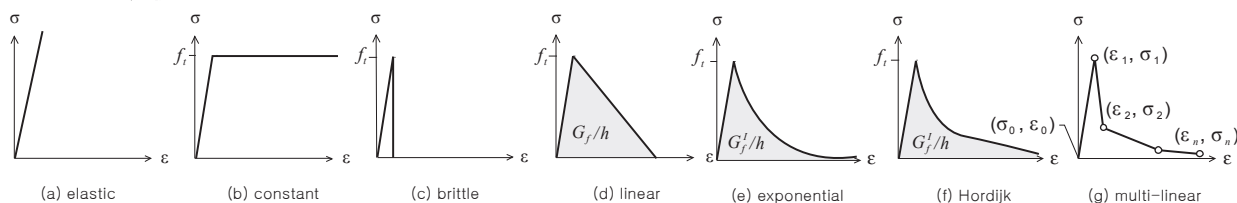


→ ひび割れ材料 (Total Strain Crack)

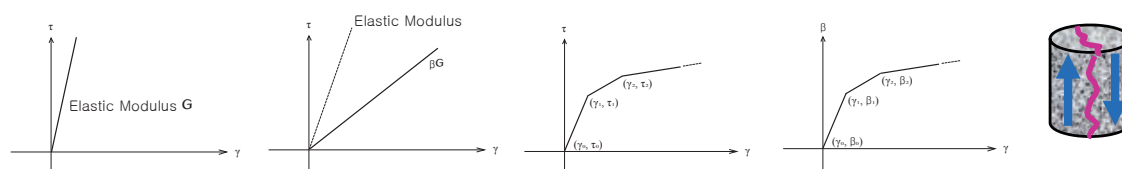
■ 圧縮側



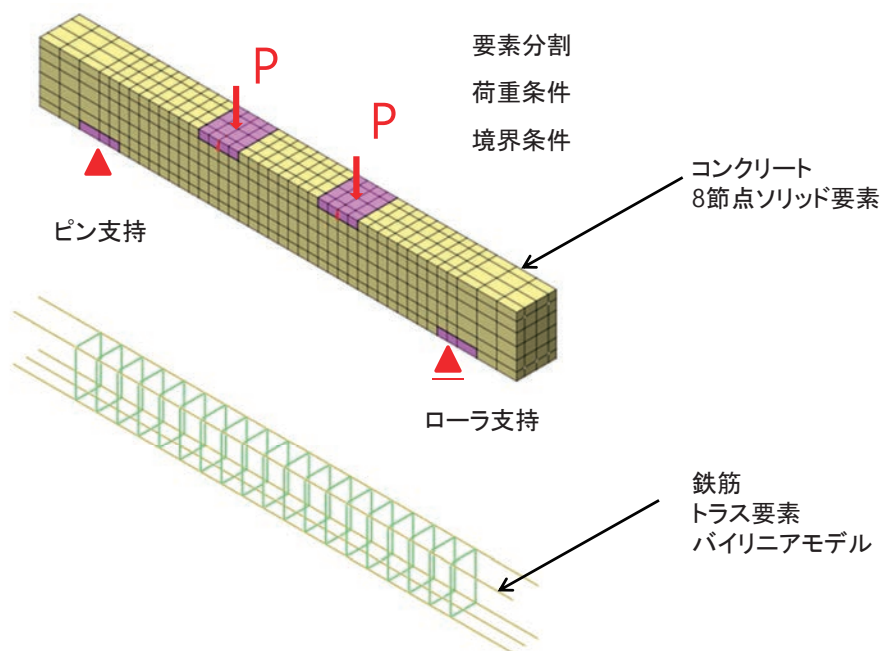
■ 引張側



■ せん断モデル

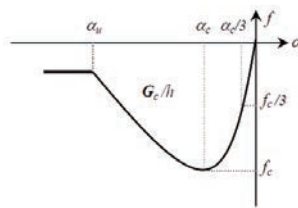


→ モデル概要





コンクリートモデル

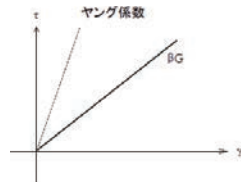


圧縮モデル(放物線)

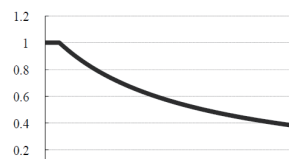
$$G_{FC} = 8.8 \times \sqrt{f_c} \quad (\text{中村らによる提案式})$$

$$L_c = 2 \times \sqrt{\frac{3V}{4\pi}}$$

ヤング係数

引張り軟化モデル
(Hordijk)

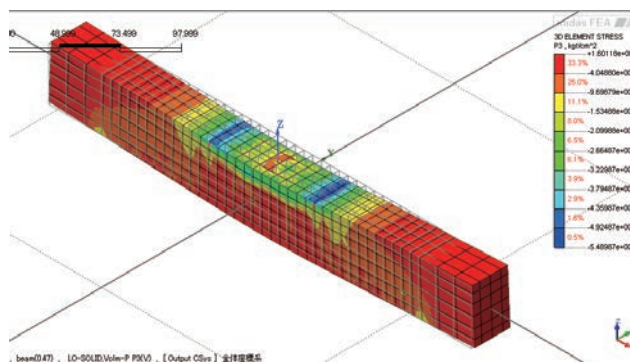
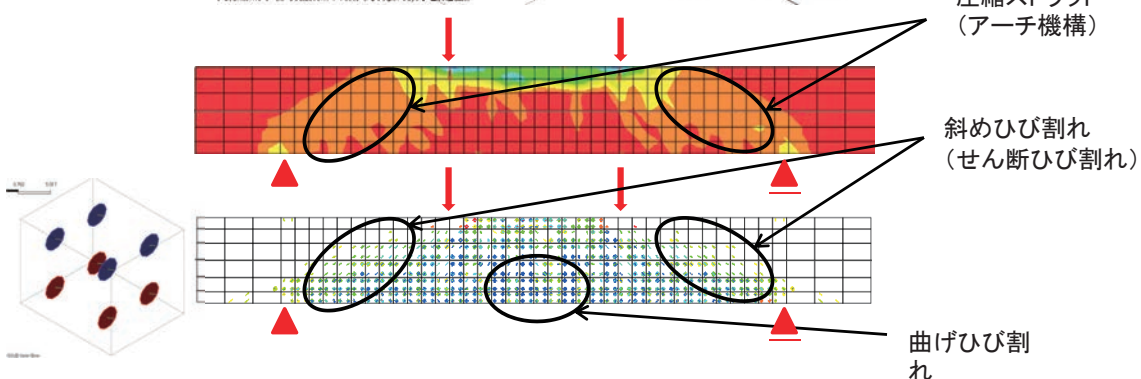
$$G_F = \frac{0.23 f_c + 136}{1000} \quad (\text{大岡らによる提案式})$$



せん断剛性の低下モデル($\beta=0.01$) 横方向ひび割れによる減少係数
(Vecchio とCollinsによる圧縮低減の提案モデル)



結果

圧縮主応力コンタ図(P3)
最大耐力時圧縮ストラット
(アーチ機構)斜めひび割れ
(せん断ひび割れ)

曲げひび割れ



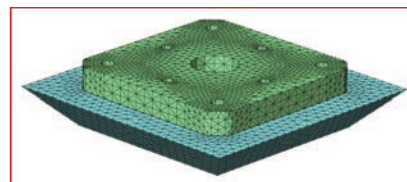
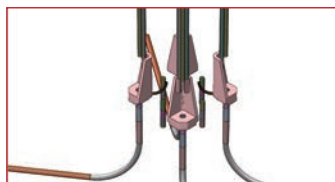
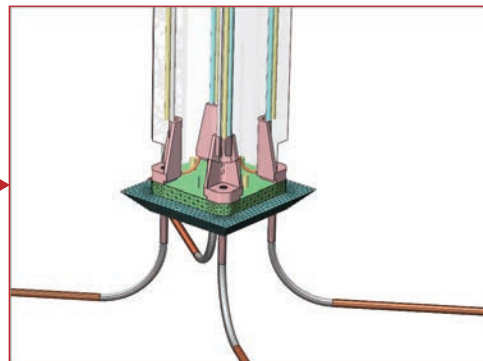
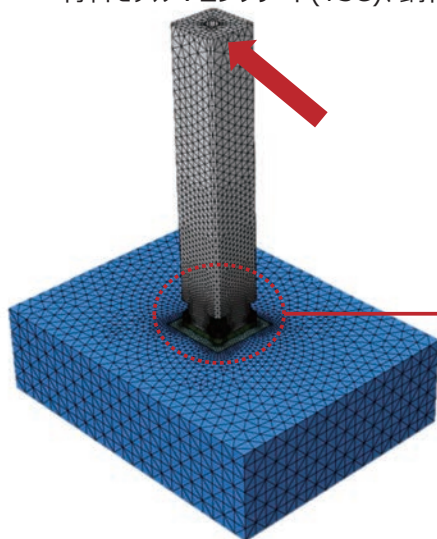
強震区域でのプレキャストコンクリート柱の挙動分析

■ 反復履歴荷重による接合部の解析

-鋼/コンクリート材料の非線形、コンクリートひび割れ

-柱の接合部の補強位置におけるひび割れ進行の解析

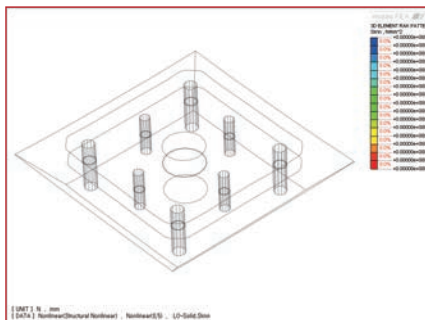
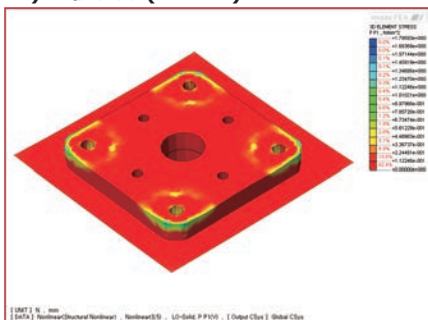
-材料モデル：コンクリート(TSC)、鋼材(von Mises)



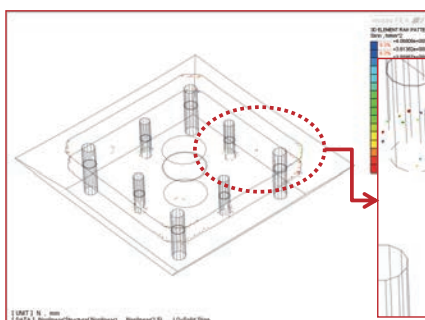
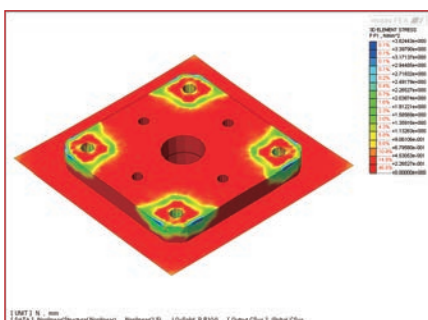
強震区域でのプレキャストコンクリート柱の挙動分析

■ 接合部コンクリートの応力及びひび割れの進行

1) 変位制御 (50mm)



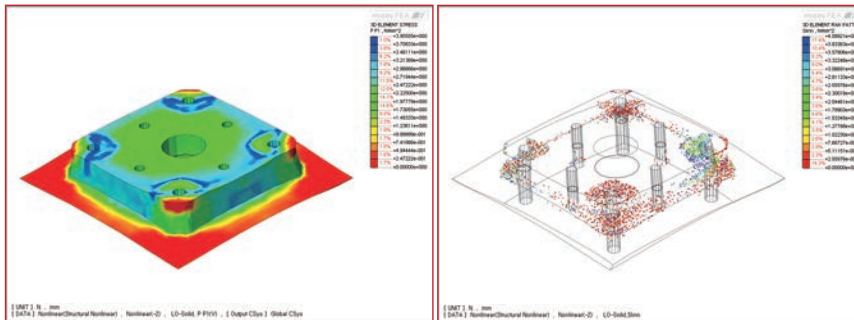
2) 変位制御(100mm)



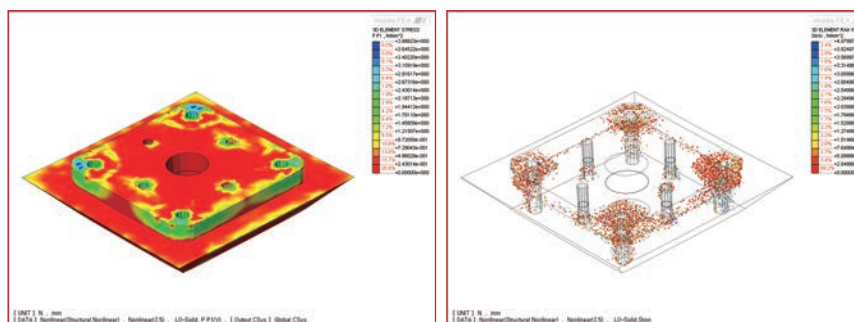
初期ひび割れの発生

→ 強震区域でのプレキャストコンクリート柱の挙動分析

3) 変位制御(-150mm)



4) 変位制御(180mm)



ひび割れ以降、より大きい変位を発生させる地震力が加わると、補強鉄筋の周りを基準に応力集中によるひび割れが拡散されるため、強震地域では柱の接合部に補強の対策が必要である。

→ コンクリート構造物のひび割れ進行の解析

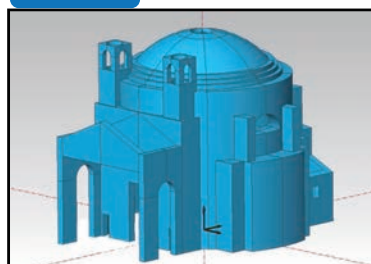
解析概要

- ・ アンドレア・パラディオのヴィラバルバーロ(Villa Barbaro)寺院（フランスでの事例）
- ・ 構造物の自重、固定荷重及び支点沈下荷重を考慮し、線形解析及び非線形解析(ひび割れ解析)を遂行

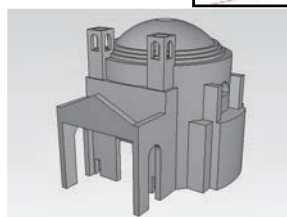
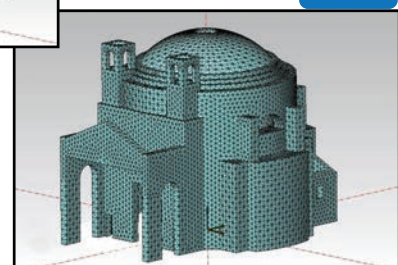
モデリング概要



幾何形状



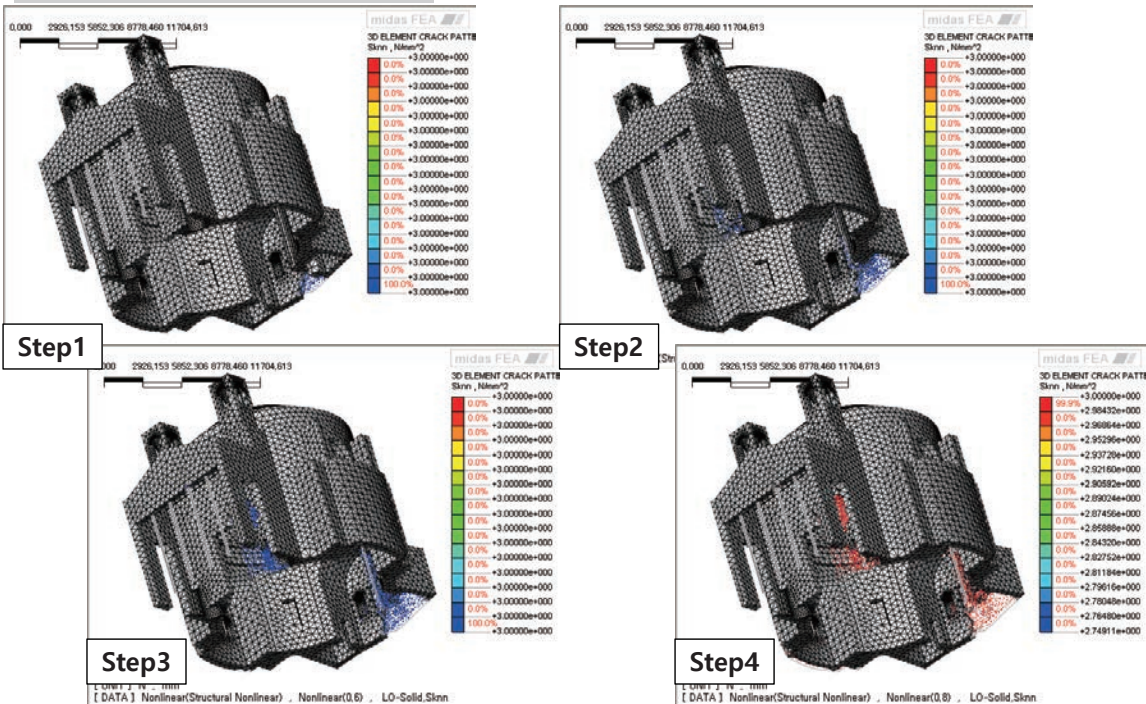
メッシュ





コンクリート構造物のひび割れ進行の解析

検討の結果及び結論

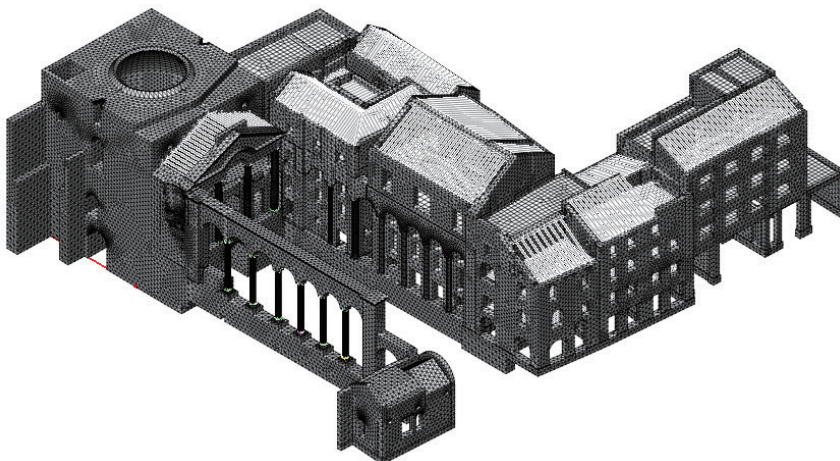


組積造の古建築(聖堂)の非線形解析モデル

解析概要

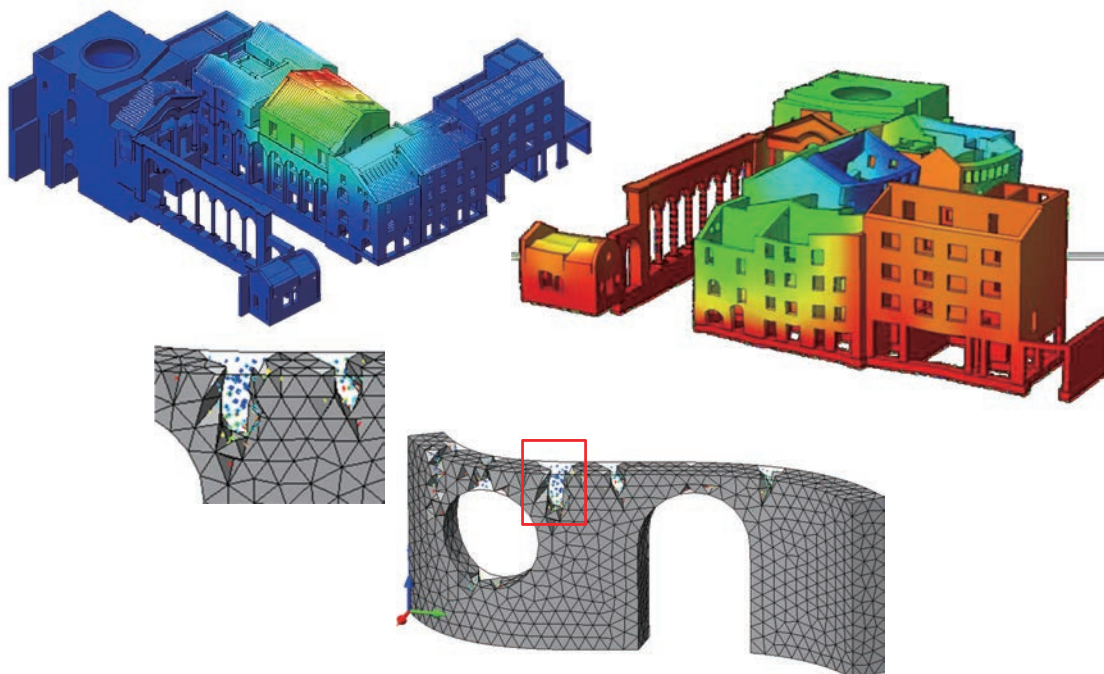
- イタリアの組積造古建築(聖堂)
- 構造物の自重、固定荷重及び支点沈下荷重を考慮し、線形解析及び非線形解析(ひび割れ解析)を遂行

モデリング概要



→ 組積造の古建築(聖堂)の非線形解析モデル

検討結果



☝ 実挙動に近いすべり表現

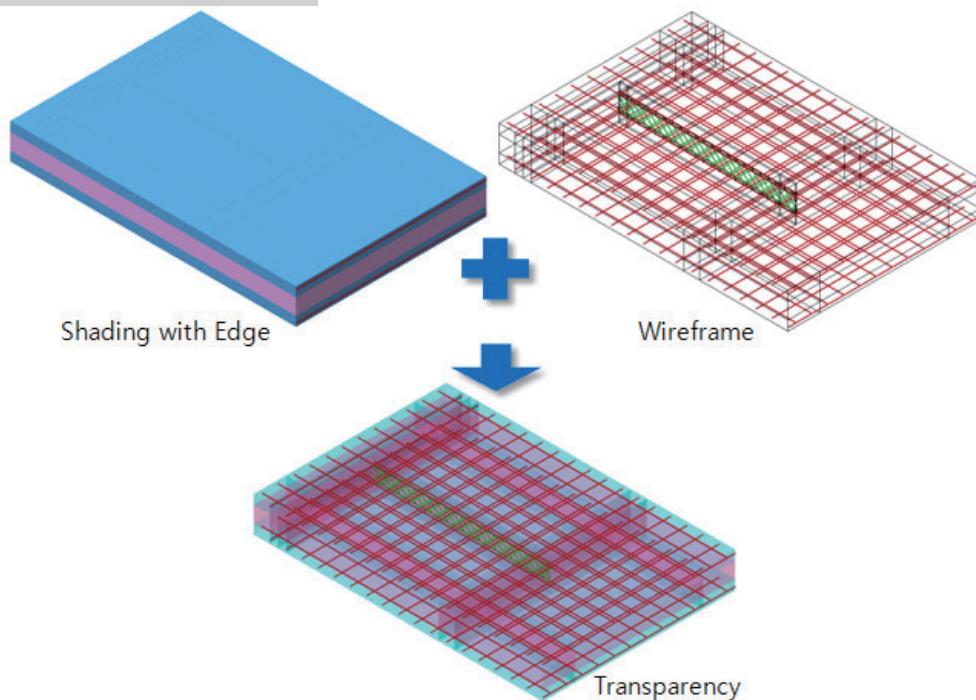
材料の界面挙動解析

- FRPせん断連結材を用いた壁の挙動解析
- 組積壁の挙動解析



FRPせん断連結材を用いた壁の挙動解析

モデリング概要

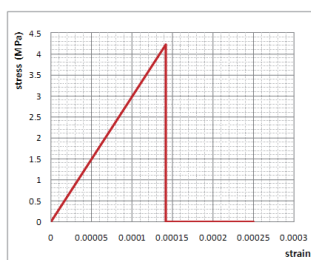
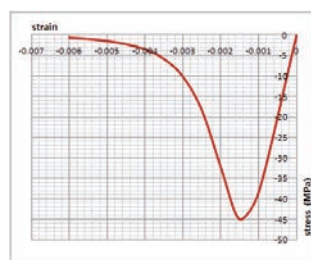
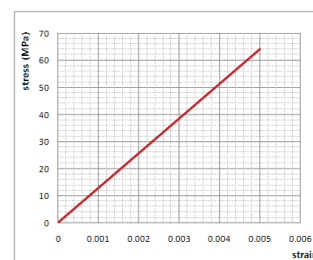


FRPせん断連結材を用いた壁の挙動解析

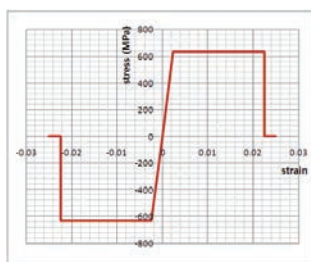
モデリング概要

材料特性及び非線形モデル

1. コンクリート

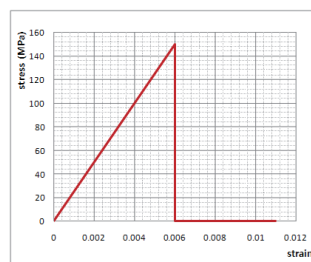
引張非線形履歴曲線
(Brittle Model)圧縮非線形履歴曲線
(Thorenfeldt Model)せん断非線形履歴曲線
(Elastic Model)

2. ワイヤメッシュ



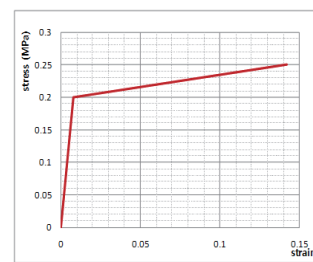
ワイヤメッシュ非線形履歴曲線

3. FRP



FRP非線形履歴曲線

4. 断熱材(EPS)



EPS断熱材非線形履歴曲線

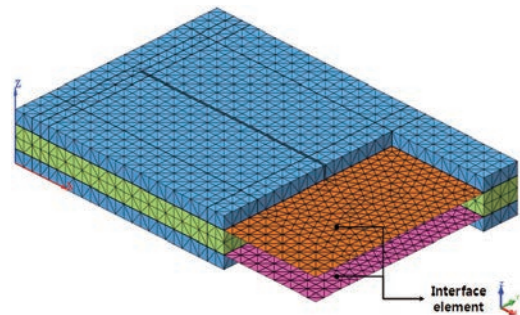


FRPせん断連結材を用いた壁の挙動解析

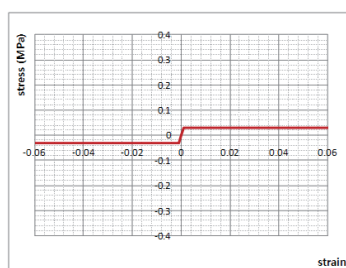
モデリング概要

■ 表面付着力

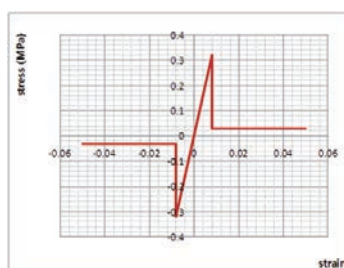
2種類の断熱材(XPS, EPS)を実験による結果をもとに、
midas FEAの界面(Interface)要素で具現



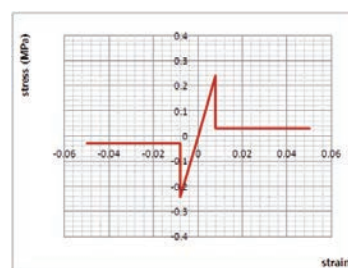
断熱材の種類ごとの表面部摘力の履歴曲線



XPS断熱材



EPS断熱材



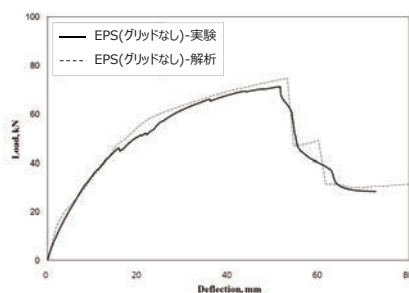
表面処理したXPS断熱材



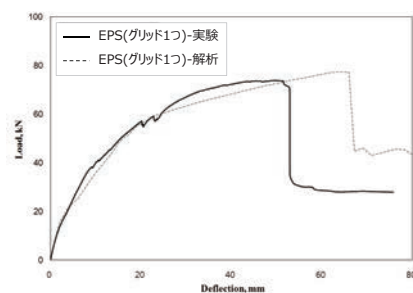
FRPせん断連結材を用いた壁の挙動解析

検討結果及び結論

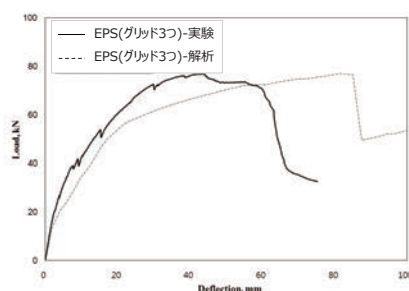
荷重－変位曲線



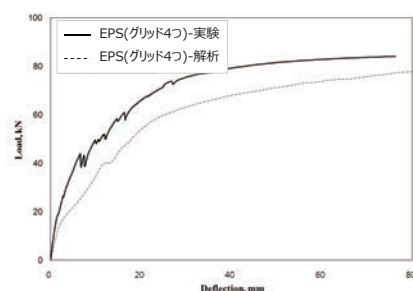
EPS100-0



EPS100-1



EPS100-3



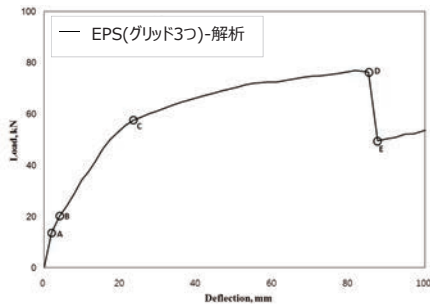
EPS100-4



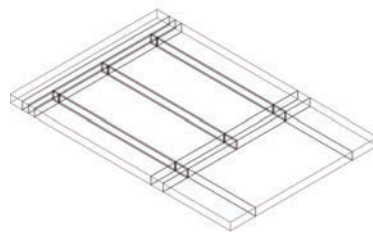
FRPせん断連結材を用いた壁の挙動解析

検討結果及び結論

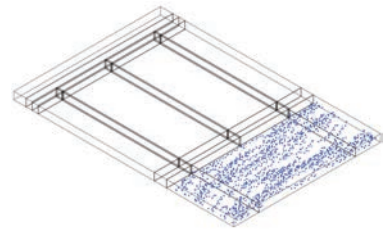
ひび割れ



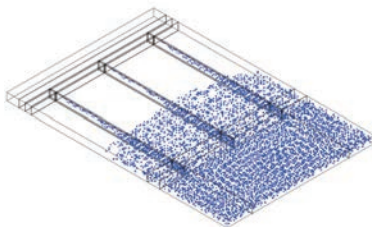
EPS100-3 荷重-変位曲線



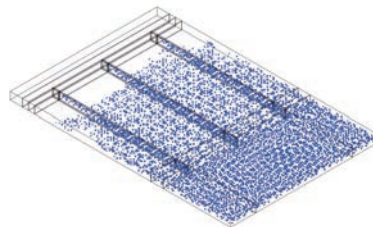
A 時点



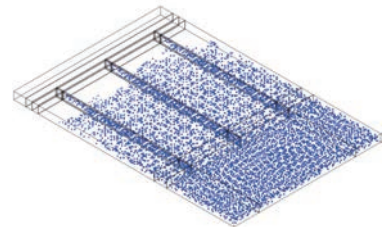
B 時点



C 時点



D 時点



E 時点



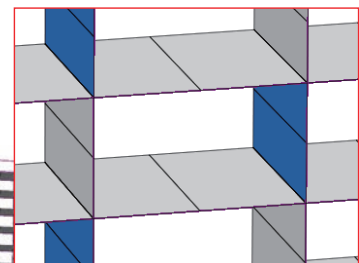
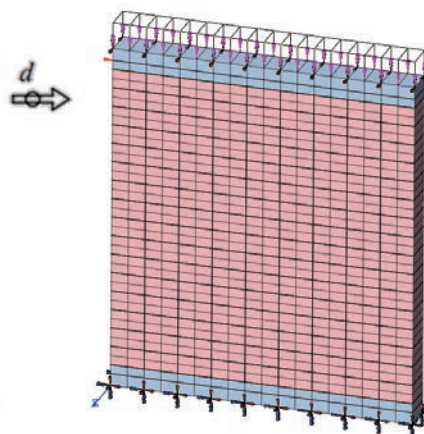
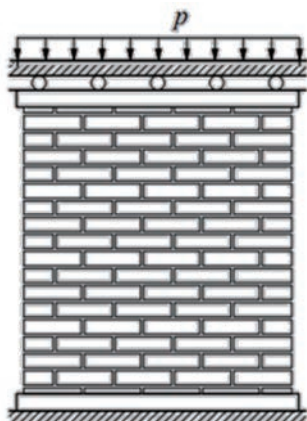
組積壁の挙動解析

解析及びモデリング概要

- 組積レンガとモルタル間の異質材料の接触面の摩擦スリップと変形形状の非線形挙動を把握
- 組積レンガは弾性挙動、モルタルは界面要素(Combined cracking-shearing crushing model)でモデリング

荷重概要

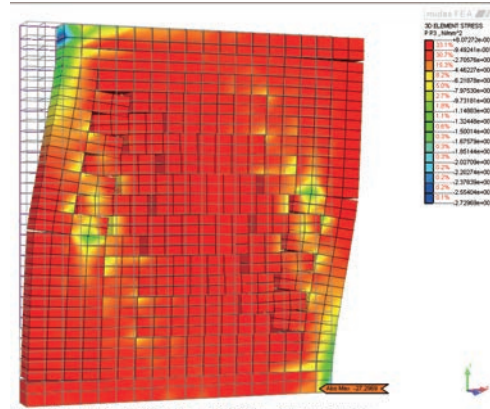
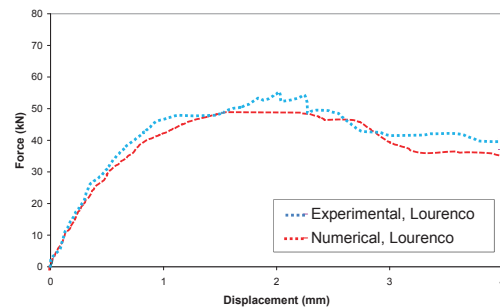
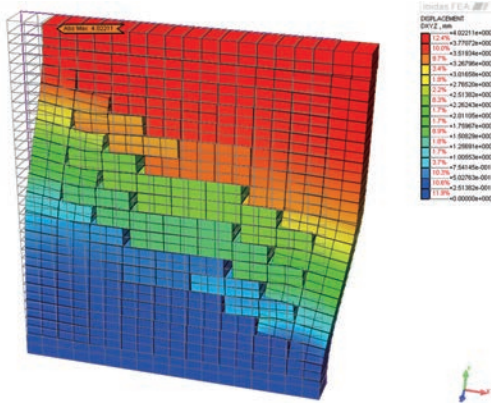
- 床は支点拘束、上部は鉛直方向で拘束
- 垂直圧縮荷重の載荷、以降、一方向で変位制御で水平荷重の載荷



組積壁の挙動解析

解析結果及び結論

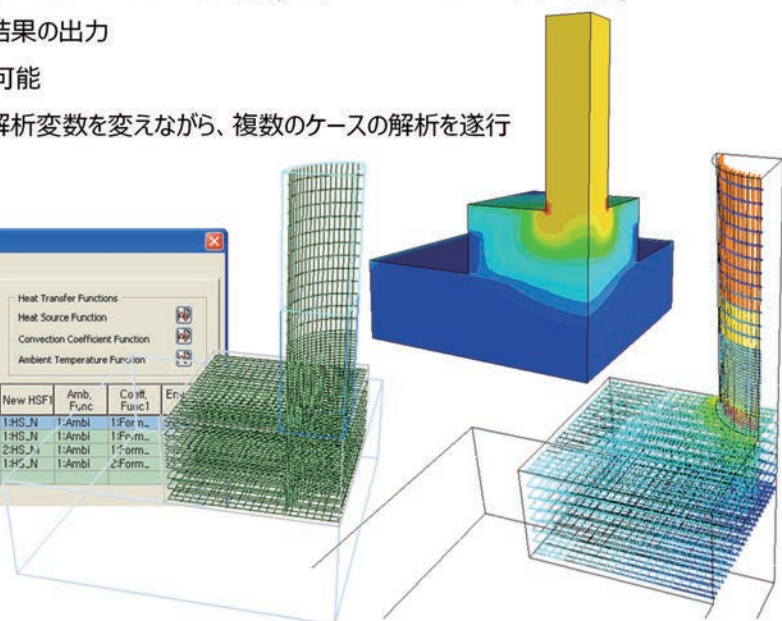
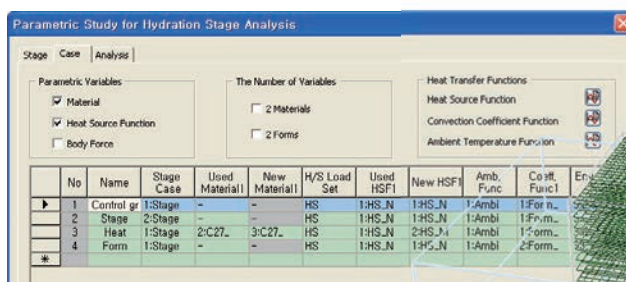
- 死引張りひ割れの壁の中心から端部に進行
- 荷重と変位の非線形挙動が実験と同様に進行



水和熱の媒介変数解析

FEAの水和熱解析の長所

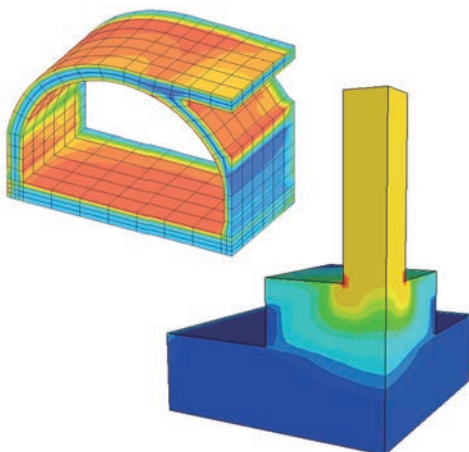
- Geometry基盤のモデリングで、簡単にメッシュモデリングが可能(要素のSurface、face面の定義)
- 鉄筋要素を考慮したモデリング及び結果の出力
- 高次要素を利用した精密な解析が可能
- 媒介変数解析：同じモデルの中で解析変数を変えながら、複数のケースの解析を遂行



→ マスコンクリート温度応力解析

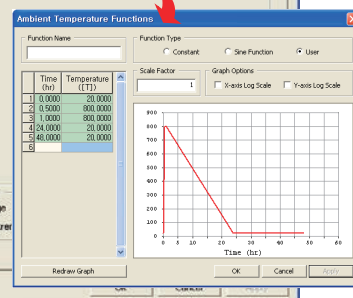
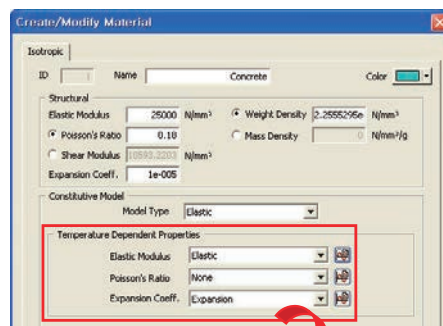
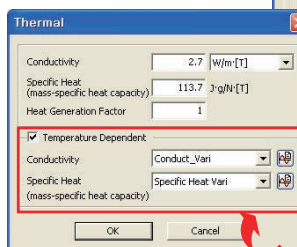
FEAの水和熱解析の長所

- 温度変化による材料の特性の変化を考慮した非線形解析が可能
- 伝導、対流などの一般的な熱伝達及び熱応力解析
- 水分拡散を考慮したコンクリートの不等乾燥収縮解析



■ 適用可能な材料特性

- 熱伝導率、比熱
- 弾性係数、ポアソン比
- 熱膨張係数



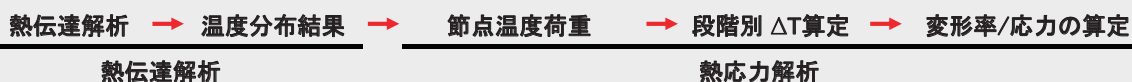
→ 熱伝達/熱応力解析

• 熱伝達解析 (Heat Transfer Analysis)

熱伝達メカニズムである伝導、対流の現象に対し、熱伝達の支配方程式を利用し、時間変化による構造物の温度分布及び変化様相を検討する解析方法

• 熱応力解析 (Heat Stress Analysis)

熱伝達解析を通して得られた温度分布及び温度変改に基づいた構造的反応（変形、応力、反力）を検討する解析



- 支配方程式(Governing Equation)：エネルギー保存方式に基づく

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + Q$$

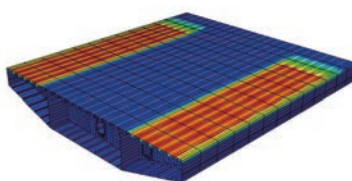
熱増加率 熱流量 発熱率

ρ ：密度 (kg/m^3)

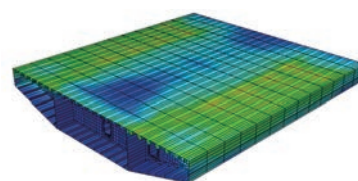
C ：比熱 ($\text{J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

∇T ：温度勾配 ($^\circ\text{C}/\text{m}$)

k ：熱伝導率 ($\text{J}/\text{m} \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$)

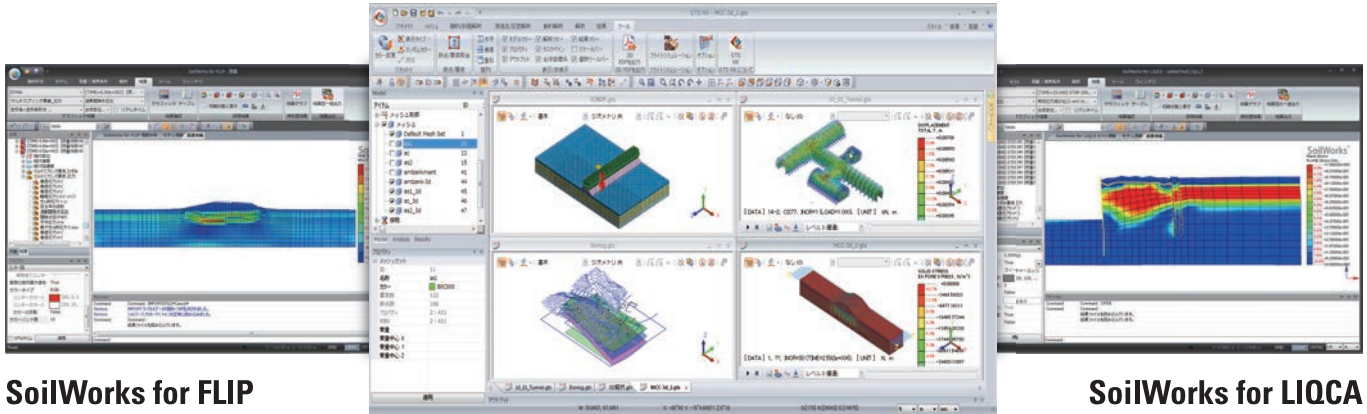


Temperature Distribution



Stress Distribution

MIDAS Total Solution



SoilWorks for FLIP

FLIP専用のプリ・ポスト

SoilWorks for FLIPはFLIP「地震時の液状化による構造物被害予測プログラム」専用のプリ・ポストです。SoilWorksの操作性をそのまま継承しており、AutoCAD感覚でデータを作成することができます。データ作成後は、FLIPを起動させ計算を実行することもでき、FLIP解析のための統合された作業環境を提供します。

GTS NX

GTS NX - 地盤分野汎用解析システム

GTS NXは最先端プリ・ポストと解析機能を搭載した新しい概念の地盤汎用解析プログラムです。GTS NXは最新のOS環境変化に合わせて64ビット、並列処理を適用した統合ソルバを搭載しており、初心者も使いやすいように直観的なリボンメニュー形式を用意しております。また、様々な解析機能、圧倒的に速い解析速度、優れているグラフィック表現および結果整理機能などを提供します。

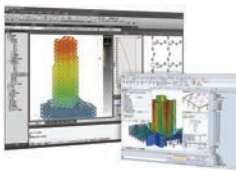
SoilWorks for LIQCA

LIQCA専用のプリ・ポスト

SoilWorks for LIQCAはLIQCA専用のプリ・ポストです。SoilWorksの操作性をそのまま継承しており、AutoCAD感覚でデータを作成することができます。データ作成後は、LIQCAを起動させ計算を実行することもでき、LIQCA解析のための統合された作業環境を提供します。
※ LIQCAは1987年京都大学の岡 二三生教授をはじめとするLIQCA開発グループにより開発された有効応力に基づく液状化解析プログラムです。

建築

Building Engineering



midas iGen

任意形状構造物の
汎用構造解析
及び許容応力度計算

midas eGen

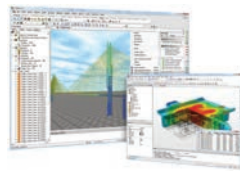
任意形状建物の
一貫構造計算
CAD基盤モデリング

midas Drawing

建築構造図面の
自動生成プログラム

土木

Bridge Engineering



midas Civil

土木分野の
汎用構造解析および
最適設計システム

midas FEA

建設分野の非線形解析
および詳細解析システム

midas CIM

※開発中
3D情報モデルを活用した
土木構造物のモデリング/
図面生成/施工管理
ソリューション

地盤

Geotechnical Engineering



GTS NX

2/3次元地盤汎用解析
プログラム

SoilWorks

2次元専用地盤汎用解析
プログラム

SoilWorks for FLIP

液状化解析プログラム
FLIP用のプリ・ポスト

SoilWorks for LIQCA

液状化解析プログラム
LIQCA用のプリ・ポスト

midas GeoXD

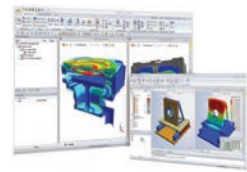
土留め設計図面生成
プログラム

SOLIFLUK PE

河川堤防の液状化
対策設計ソリューション

機械

Mechanical Engineering



midas NFX

機械分野の
汎用構造解析システム

midas NFX CFD

流動解析システム

MIDAS 詳細FEM解析

Change is Chance



株式会社マイダスイテュジャパン

〒101-0021 東京都千代田区外神田5-3-1 秋葉原OSビル7F

TEL 03-5817-0787 | FAX 03-5817-0784 | e-mail g.support@midasit.com

Copyright© Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.

<http://jp.midasuser.com/geotech>