

**MIDAS  
CONSTRUCTION  
TECHNICAL  
DOCUMENT  
COLLECTION**

**動解析・液状化分野 3**



# MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

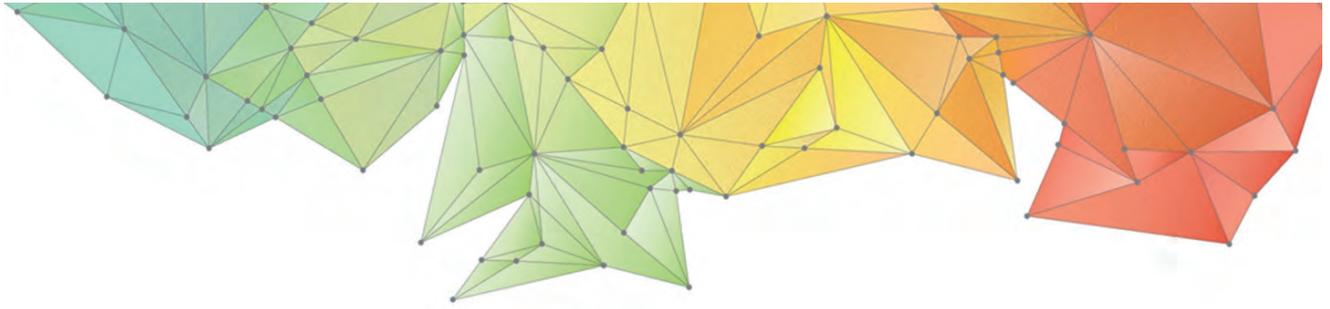
動解析・液状化分野

## 3.

### GTS NXを活用した爆発解析

株式会社 マイダスアイティジャパン





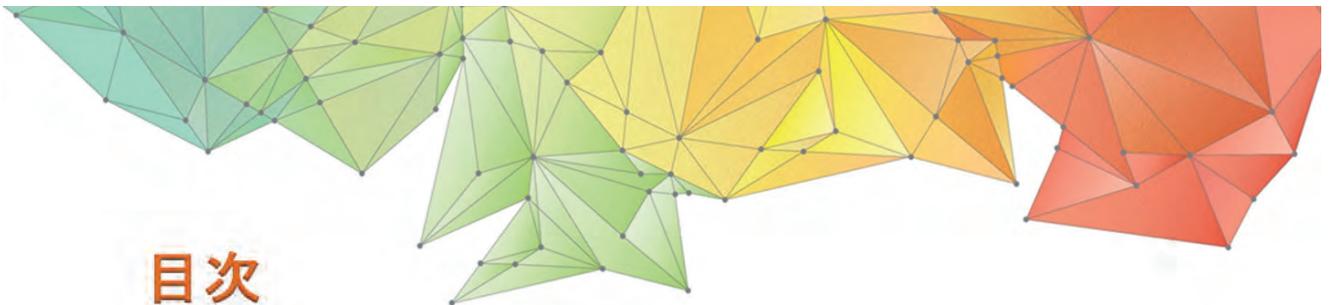
# GTS NXを活用した爆発解析

## 地盤-RC建屋一体モデル

MIDAS IT Japan TSS事業パート  
田 長雄



Integrated Solver Optimized for the next generation 64-bit platform  
Finite Element Solutions for Geotechnical Engineering



### 目次

Part 1 爆発解析とは？

Part 2 爆発解析事例

Part 3 事例の適用効果と検証



CHANGE is CHANCE

GTS NX

## Part 1 爆発解析とは？

爆発は何らかの化学的または物理的な原因で、気体が急速的に膨張することを指す。



石油精製プラント、可燃性ガス製造・貯蔵施設  
製粉工場、火薬類製造・貯蔵施設

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

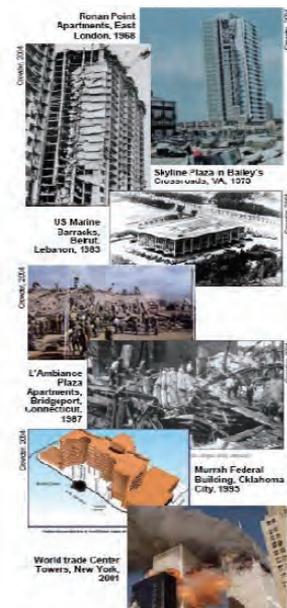
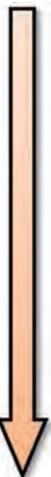
3

CHANGE is CHANCE

GTS NX

## Part 1 爆発解析とは？

爆発荷重の作用の下、抵抗の弱い建物が崩壊する  
爆発荷重の作用に対して壊れない性能



「耐爆」設計のため、爆発解析を行う。

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

4

## Part 1 爆発解析とは？

## 耐爆設計の現状と今後の趨勢

日本の従来の耐爆設計方法：

RC壁を等価な1質点系構造物に置換  
爆発荷重を等価静荷重に置換

曲げ耐力照査

その他：実験方法、エネルギー耐爆設計法

## アメリカの耐爆設計方法の進化

等価静荷重を利用する従来の静的設計方法



動的特性と構造物の靱性を考慮する簡略な動的設計方法



特性づける爆発荷重と非線形多自由度系での動的分析方法

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

5

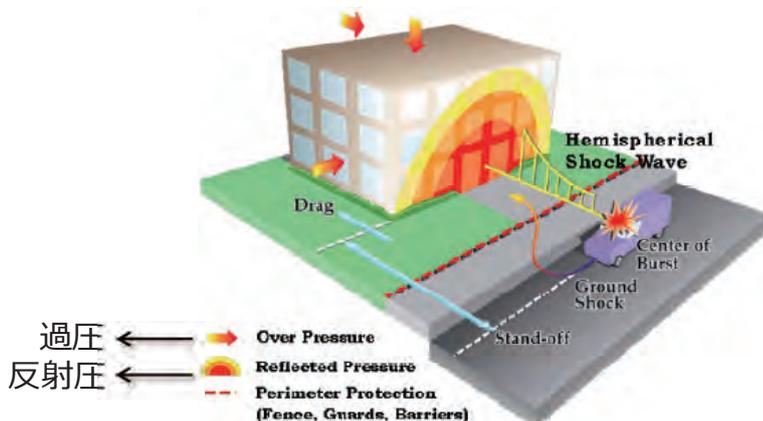
## Part 2 爆発解析事例

## 日揮株式会社様と共同に行ったプロジェクトの耐爆分析方法

爆発荷重：ASCE 7(アメリカ建築基準) - 時間依存の圧力荷重

構造物：ACI-318(アメリカRC造基準) - 非線形特性+3Dモデル

更に：地盤を考慮 - 線形3Dソリッド



## プラントのRC建屋

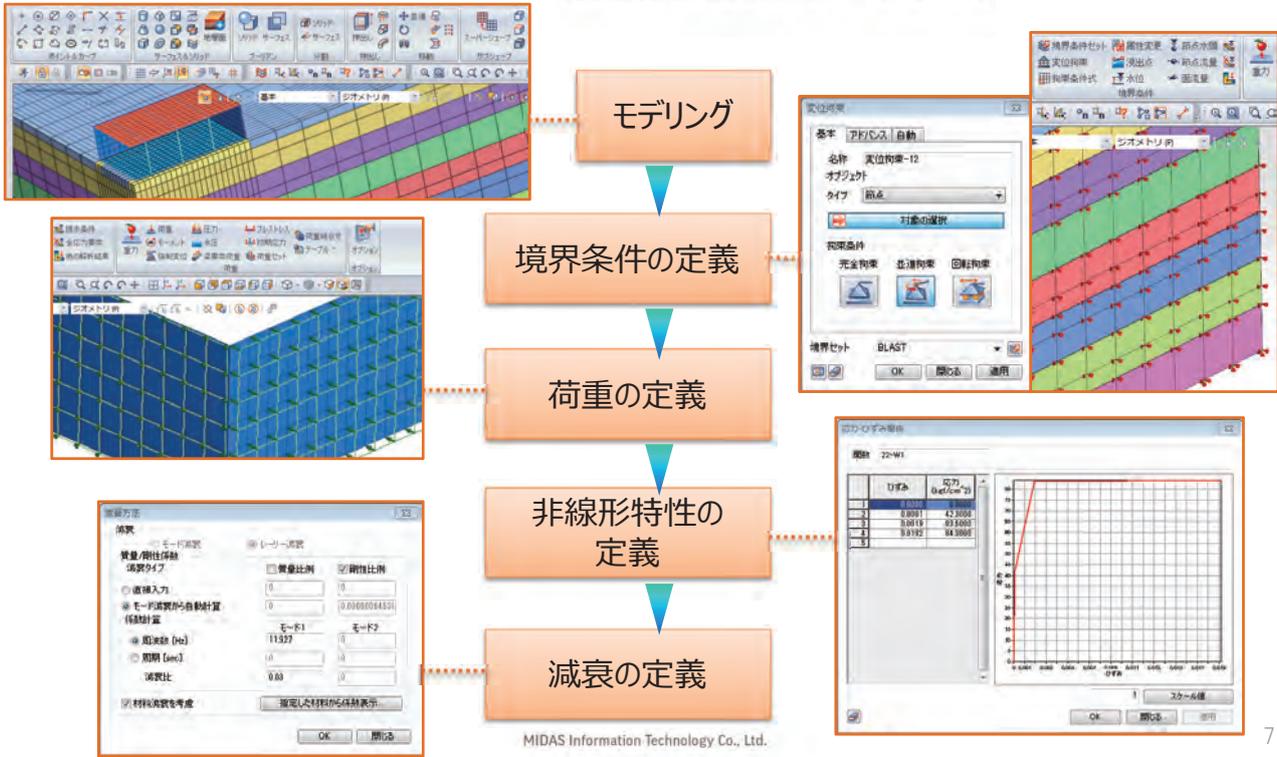


MIDAS Information Technology Co., Ltd.

6

Part 2 爆発解析事例

解析方法のフローチャート



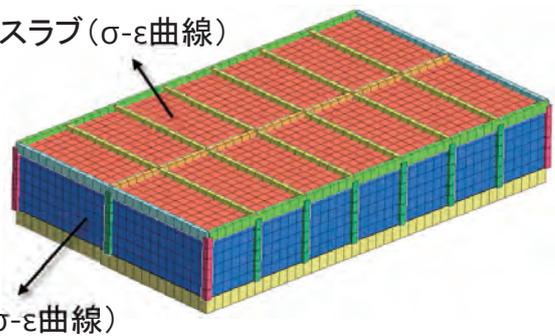
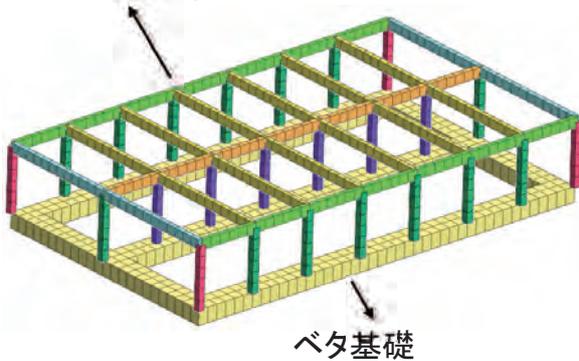
Part 2 爆発解析事例

RC建屋のモデル



梁・柱 (M-φ関係、P-M相関関係)

スラブ (σ-ε曲線)



ベタ基礎

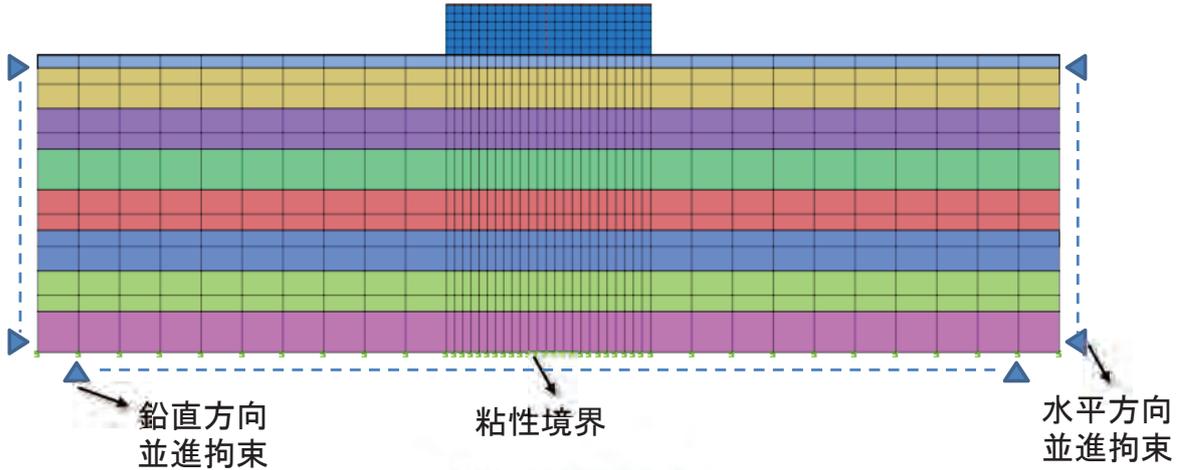
FRAME要素

+

SHELL要素

## Part 2 爆発解析事例

### 境界条件の設定 - 地盤と建物を一体としたモデル

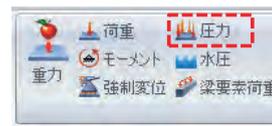


MIDAS Information Technology Co., Ltd.

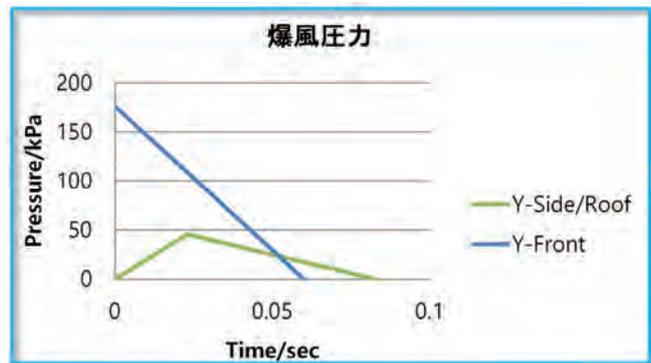
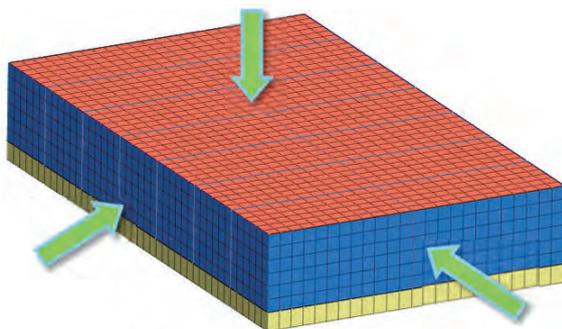
9

## Part 2 爆発解析事例

### 爆発荷重の定義 (ASCE 7)



大きさ	均一
関数依存	なし
P or P1	1200 N/m <sup>2</sup>
P2	0 N/m <sup>2</sup>
P3	0 N/m <sup>2</sup>
P4	0 N/m <sup>2</sup>



PA: 側面と屋上の圧力

PR: 正面の圧力

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

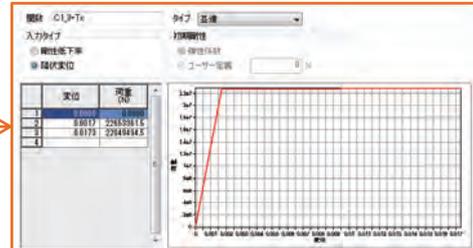
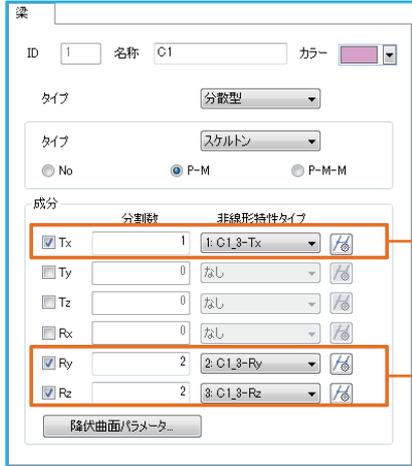
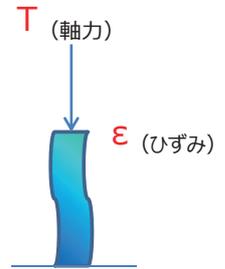
10

## Part 2 爆発解析事例

### 柱の非線形特性 (ACI-318)

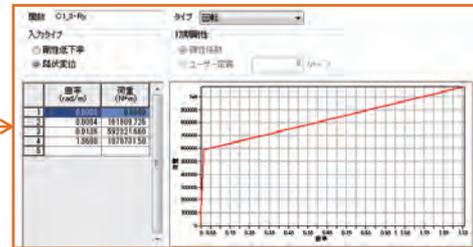
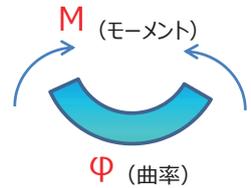
#### 軸力-ひずみ曲線 バイリニア

1、コンクリートと鉄筋降伏 ; 2、 $\infty$



#### M- $\Phi$ 曲線 トリリニア

1、ひび割れ ; 2、引張鉄筋降伏 ; 3、極限強度

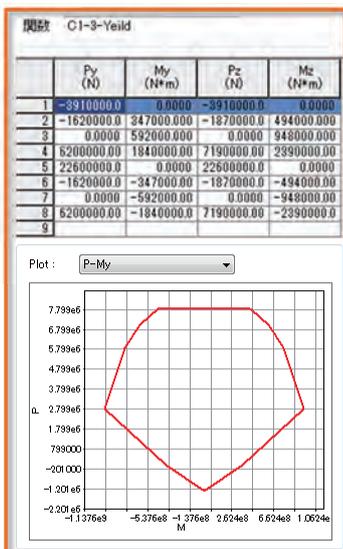
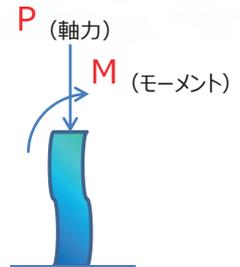


MIDAS Information Technology Co., Ltd.

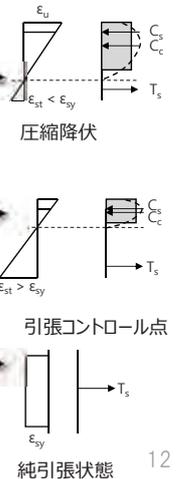
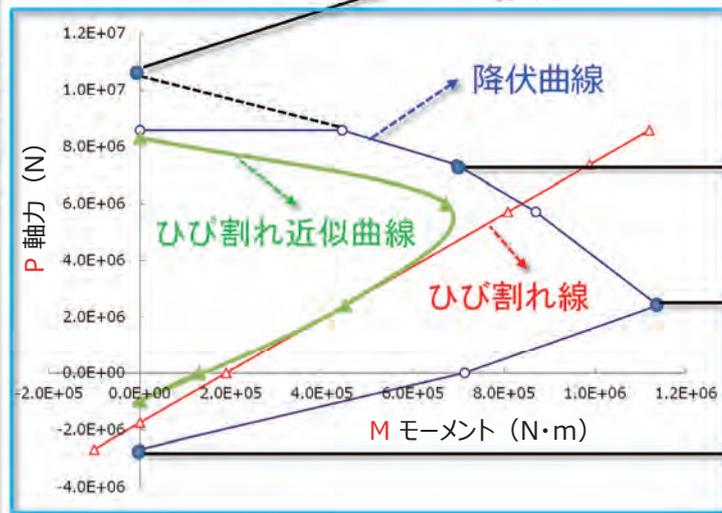
## Part 2 爆発解析事例

### 柱の非線形特性 (ACI-318/midas Civil used)

曲げモーメントと軸力が同時に作用する柱の曲げ強度は軸力より変わる



#### P-M 相関曲線

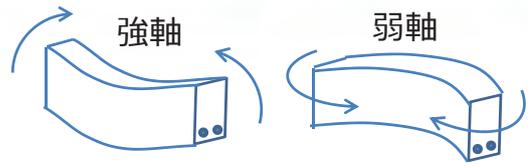


MIDAS Information Technology Co., Ltd.

## Part 2 爆発解析事例

### 梁の非線形特性 (ACI-318)

梁は曲げ成分だけ非線形特性を割り当てる



#### M-φ曲線 トリリニア

梁

ID: 6 名称: RG1 カラー: [Blue]

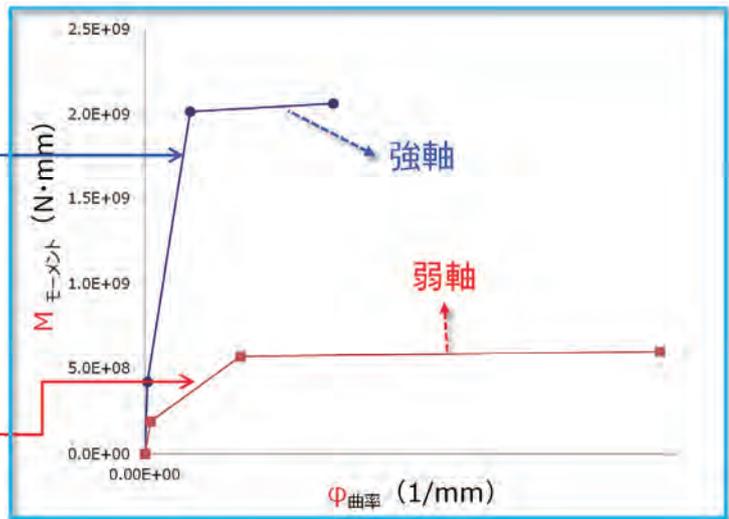
タイプ: 分散型

タイプ: スケルトン

成分: No (selected), P-M, P-M-M

成分	分割数	非線形特性タイプ
Tx	0	なし
Ty	0	なし
Tz	0	なし
Rx	0	なし
Ry	2	& RG1-Str
Rz	2	& RG1-Wea

降伏曲面パラメータ...



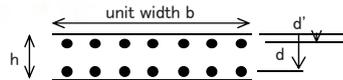
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

13

## Part 2 爆発解析事例

### スラブと壁の非線形特性 (ACI-318)

単位長さ幅の梁としてM-φを計算し  
等価降伏応力・ひずみを計算する



$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{6M}{bh^2}$$

$$\varepsilon = \frac{\phi h}{2}$$

#### σ-ε曲線

モデルタイプ: von Mises [checked] 構造

一般 非線形 時間依存性

完全塑性

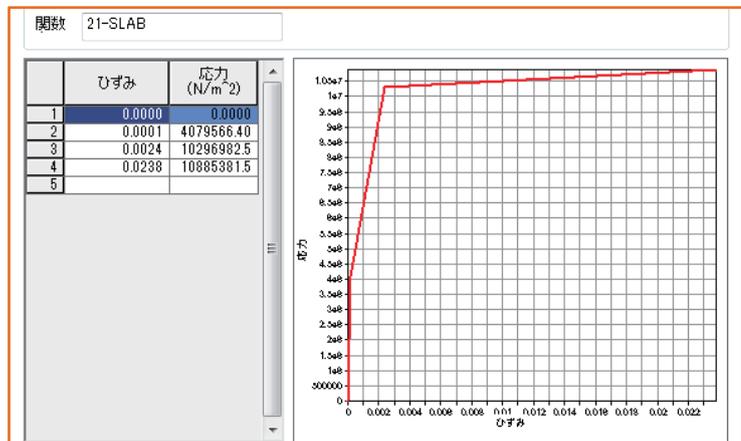
降伏応力: 1.96133e+011 N/m<sup>2</sup>

硬化関数: なし

応力-ひずみ関係: 21-SLAB (selected)

硬化則: 運動力学

硬化関数組合せ (0~1): 0



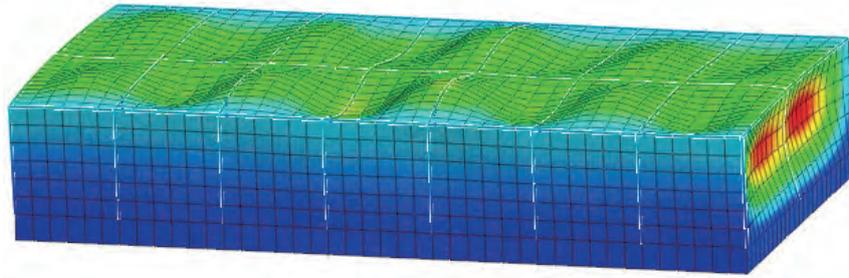
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

14

## Part 2 爆発解析事例

## 減衰の設定

固有周期の減衰定数（剛性比例型）を設定する。  
固有周期は構造物の固有値解析で求める。



## 材料別のレーリー減衰

- 固有周波数 : 11.92Hz
- 構造物 : 減衰定数0.03
- 地盤 : 減衰定数0.05

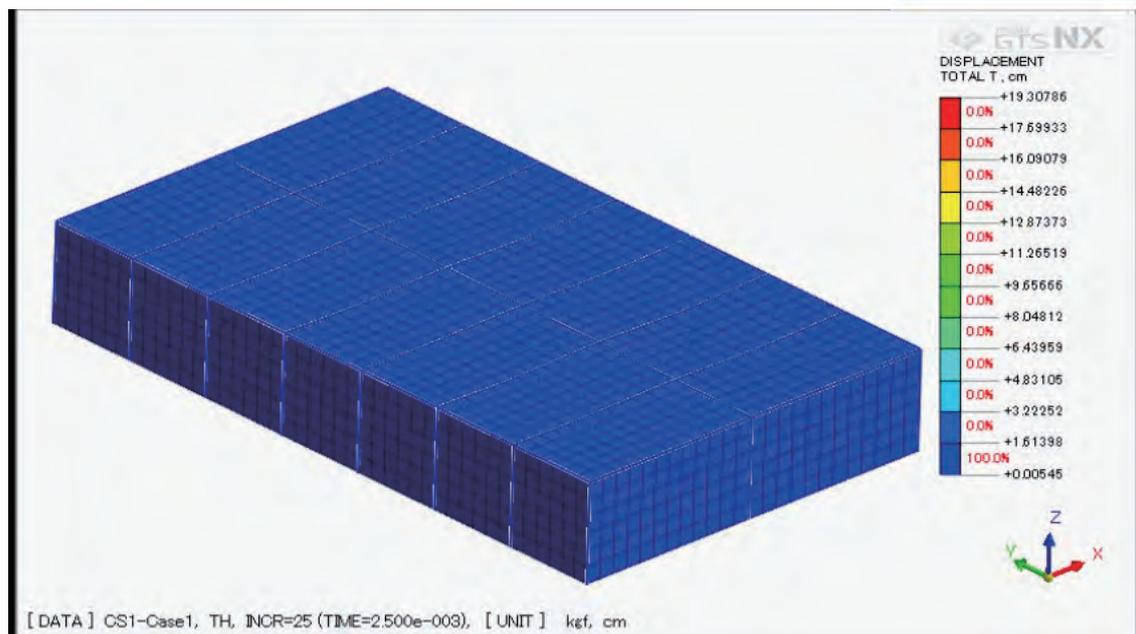
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

15

## Part 2 爆発解析事例

## 結果アニメーション

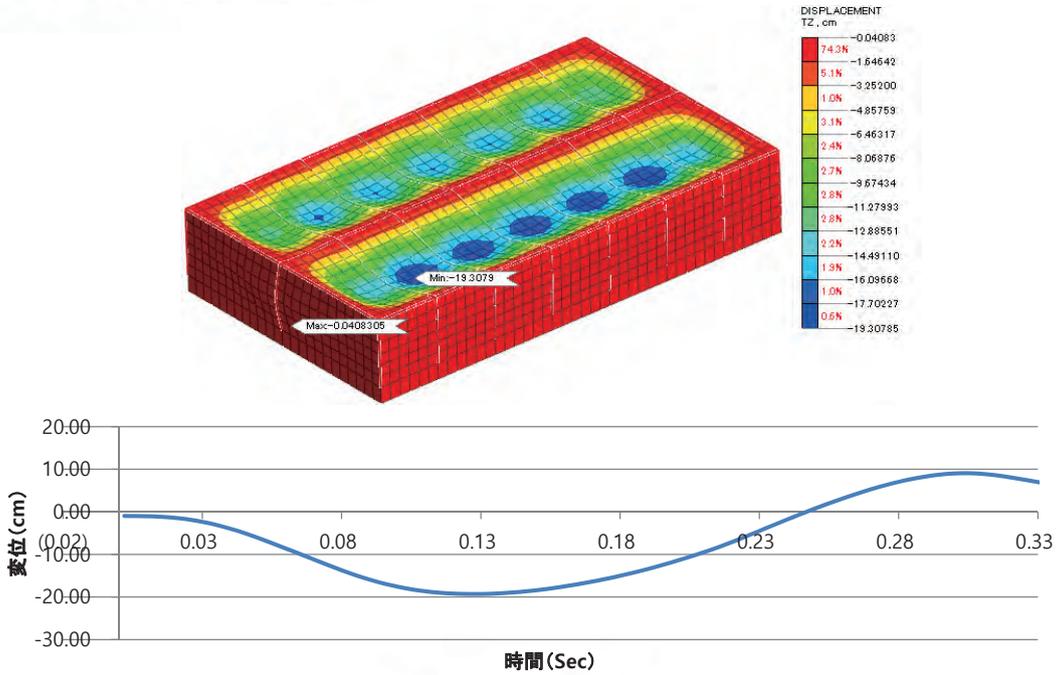
スケール : 10倍



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

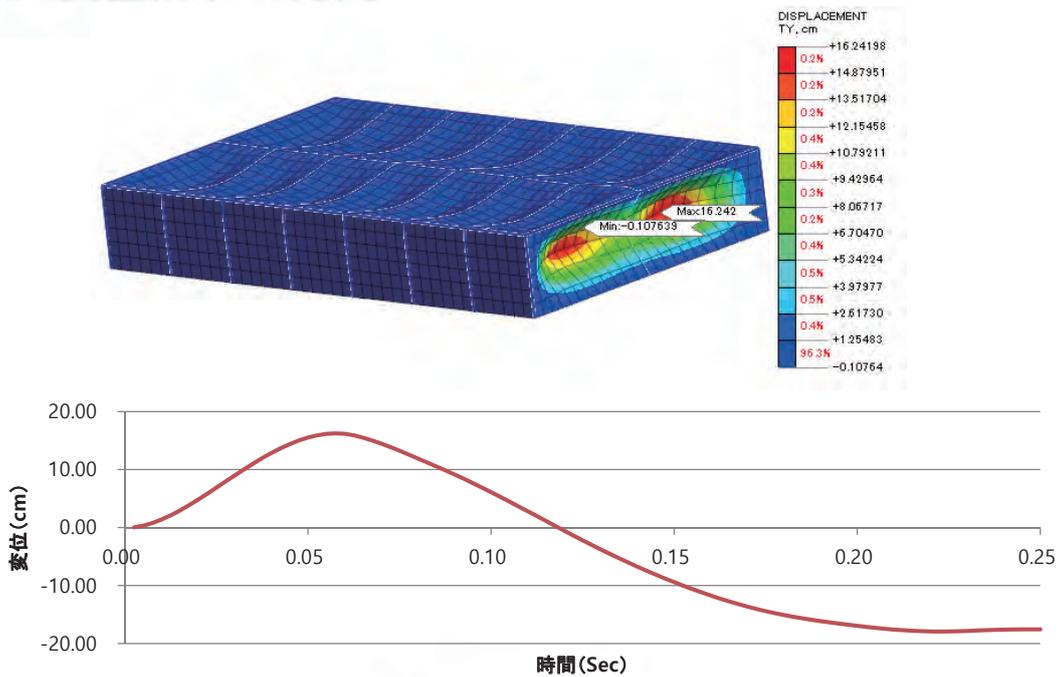
16

## Part 2 爆発解析事例 最大変位結果 Z方向



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

## Part 2 爆発解析事例 最大変位結果 Y方向



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

## Part 2 爆発解析事例

## 動的解析結果の検討は変形と塑性率で判断する (ASCE基準)

事例の建屋の設計は爆発荷重を考慮していないので、NGの部材が多い。  
爆発に耐えるため、補強は必要

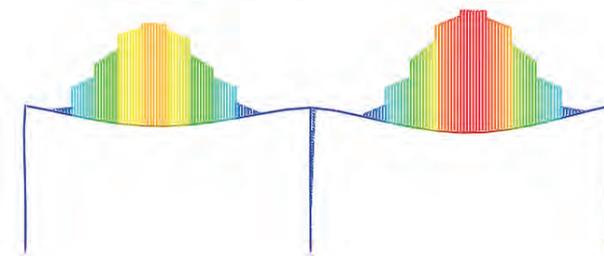
変形： 支持端部の回転角度(梁、柱、スラブと壁)



塑性率： 結果変形量と降伏変形量の比率(梁、柱、スラブと壁)

梁の曲げ方向の塑性率：

$$\mu = \frac{\varphi}{\varphi_r}$$



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

19

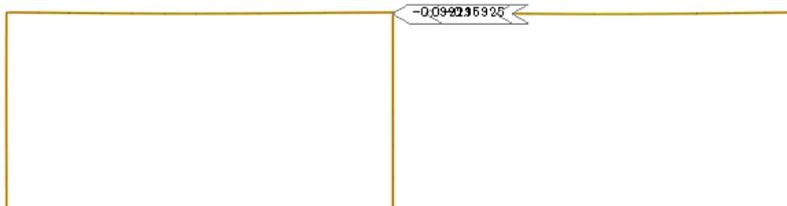
## Part 2 爆発解析事例

## 梁の支持端回転角度

$$\theta = \text{ATAN}(\Delta Z/L) = 1.176^\circ > 1^\circ \quad \text{NG}$$



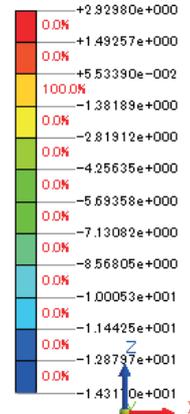
スケール：10倍



GTS NX

DISPLACEMENT

TZ, cm



[DATA] CS1-Case1, TH, INCR=25 (TIME=2.500e-003), [UNIT] kgf, cm

**結論：梁は補強する必要がある**

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

20

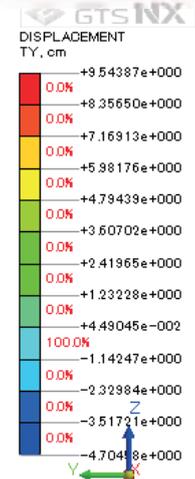
## Part 2 爆発解析事例

柱の支持端回転角度

$$\theta = \text{ATAN}(\Delta Y/L) = 2.237^\circ > 1^\circ \quad \text{NG}$$



スケール：10倍



[DATA] CS1-Case1, TH, INCR=25 (TIME=2.500e-003), [UNIT] kgf, cm

**結論：柱は補強する必要がある**

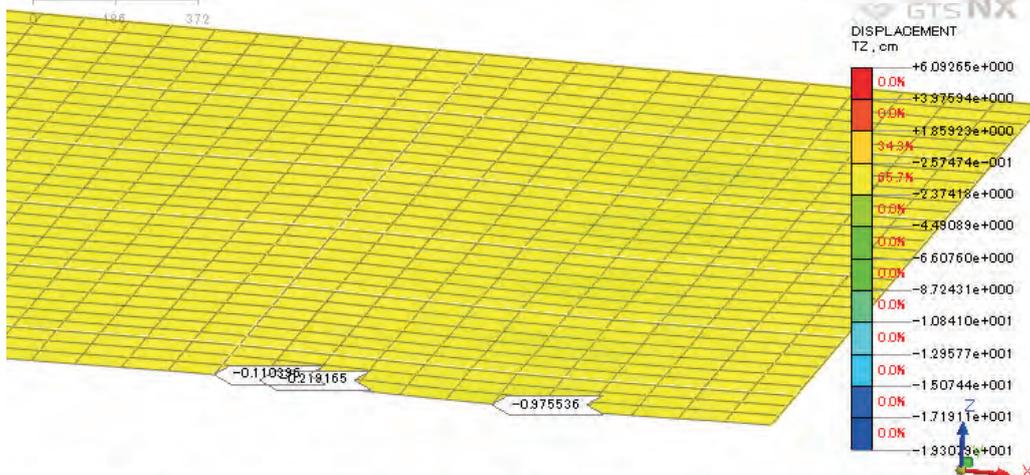
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

21

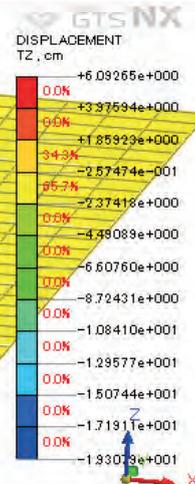
## Part 2 爆発解析事例

スラブの支持端回転角度

$$\theta = \text{ATAN}(\Delta Z/L) = 1.333^\circ < 2^\circ \quad \text{OK}$$



スケール：10倍



[DATA] CS1-Case1, TH, INCR=25 (TIME=2.500e-003), [UNIT] kgf, cm

**結論：スラブの強度は十分である**

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

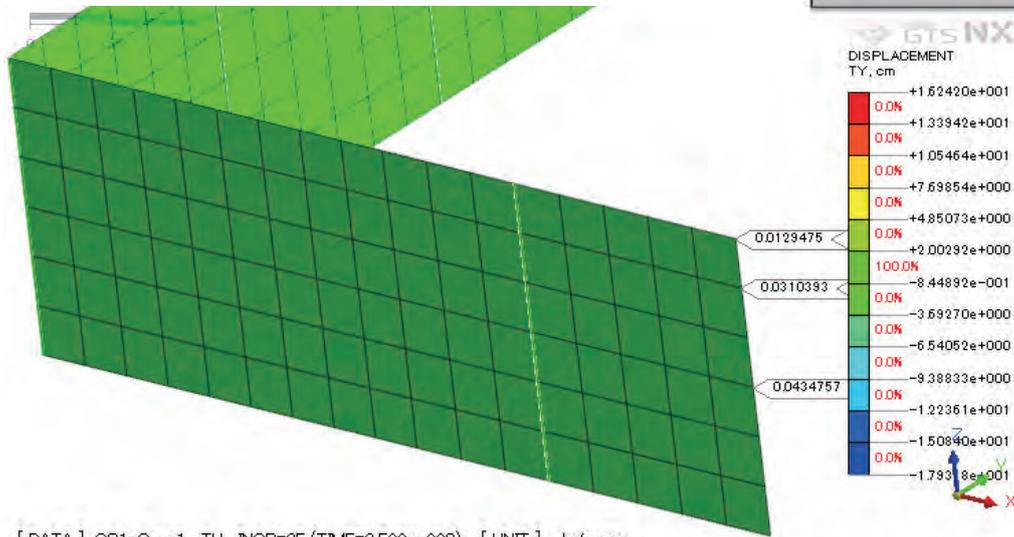
22

## Part 2 爆発解析事例

壁の支持端回転角度

$$\theta = \text{ATAN}(\Delta Y/L) = 3.305^\circ > 1^\circ \quad \text{NG}$$

スケール：10倍



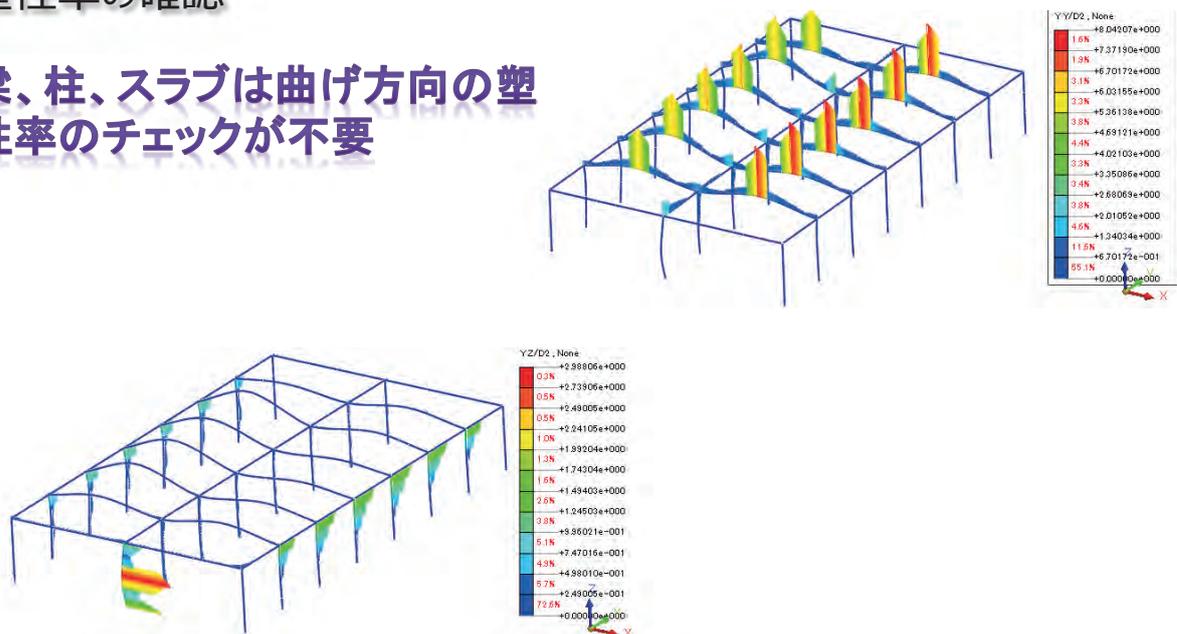
[DATA] CS1-Case1, TH, INCR=25 (TIME=2.500e-003), [UNIT] kgf, cm

**結論：壁は補強する必要がある**

## Part 2 爆発解析事例

塑性率の確認

梁、柱、スラブは曲げ方向の塑性率のチェックが不要

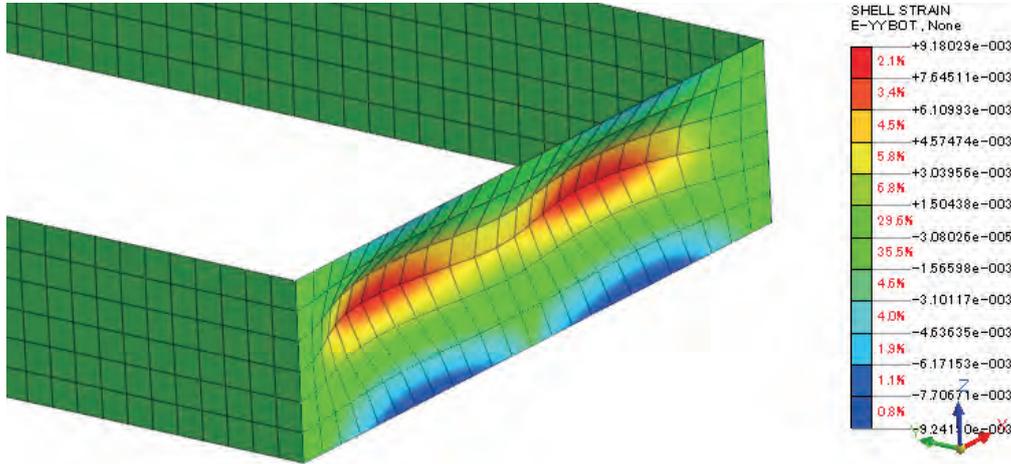


## Part 2 爆発解析事例

壁の塑性率の確認

$$\mu = \varepsilon / \varepsilon_r = 4.863 > 3 \quad \text{NG}$$

スケール：10倍



結論：壁は補強する必要がある

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

25

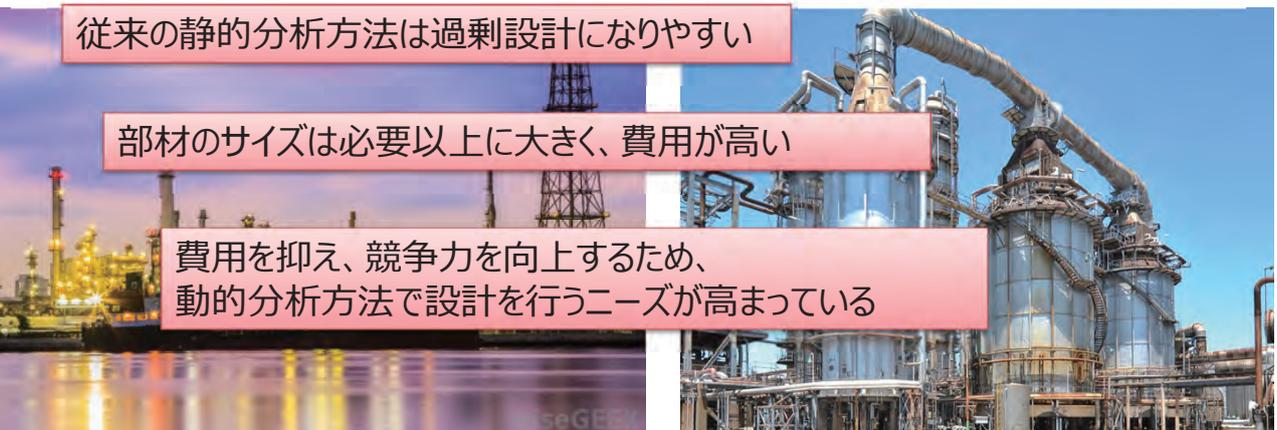
## Part 3 事例の適用効果

日揮株式会社様：海外プラントの耐爆設計ジョブが増えている

従来の静的分析方法は過剰設計になりやすい

部材のサイズは必要以上に大きく、費用が高い

費用を抑え、競争力を向上するため、動的分析方法で設計を行うニーズが高まっている



耐爆設計は過剰な結果になる原因：

- 1、静的荷重で評価する
- 2、スラブや壁をモデリングせず解析する（もしくは、スラブや、壁を線形で解析する）
- 3、地盤を考慮せず、基礎固定モデルで解析する

MIDAS Information Technology Co., Ltd.

26

## Part 3 事例の適用効果

## GTS NXを活用し現実と近い爆発解析ができる

耐爆設計は過剰な結果になる原因：

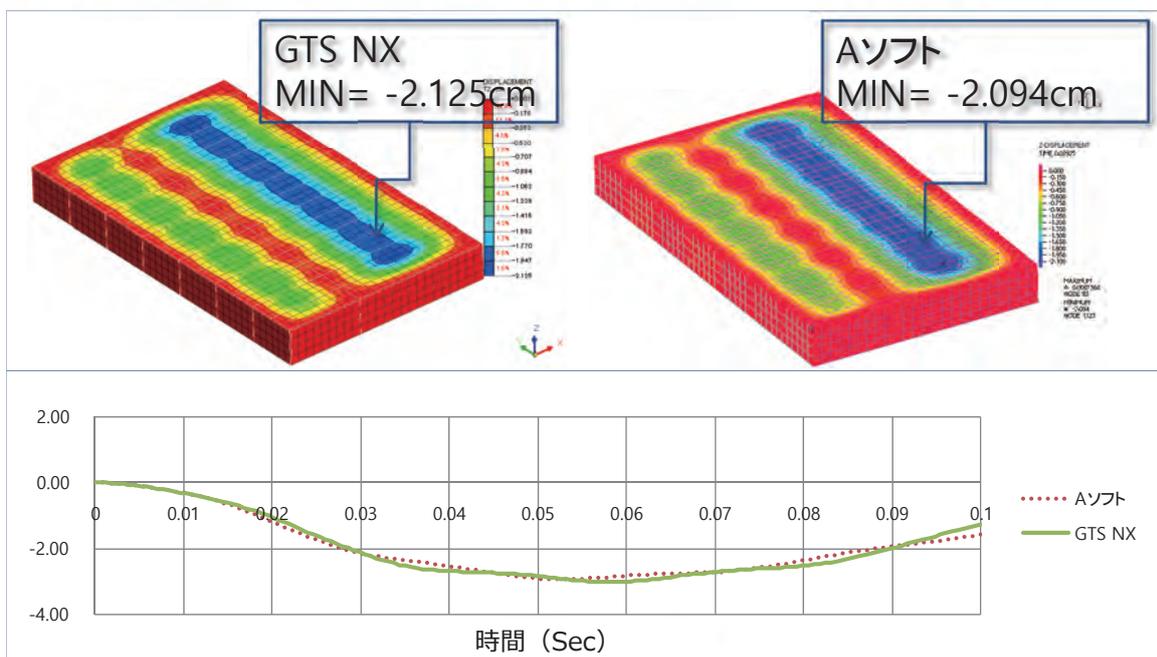
- 静的荷重で評価する
- スラブや壁をモデリングせず解析する（もしくは、スラブや、壁を線形で解析する）
- 基礎固定モデルで解析する

GTS NX機能：

- 動的解析をサポート。静的の近似荷重より実際と近い動的荷重で解析できる。
- 非線形シェル要素をサポート。壁とスラブのエネルギーを吸収する影響が考慮できる。
- 地盤+建築機能をサポート。建物と地盤を一体モデルにして解析できる。

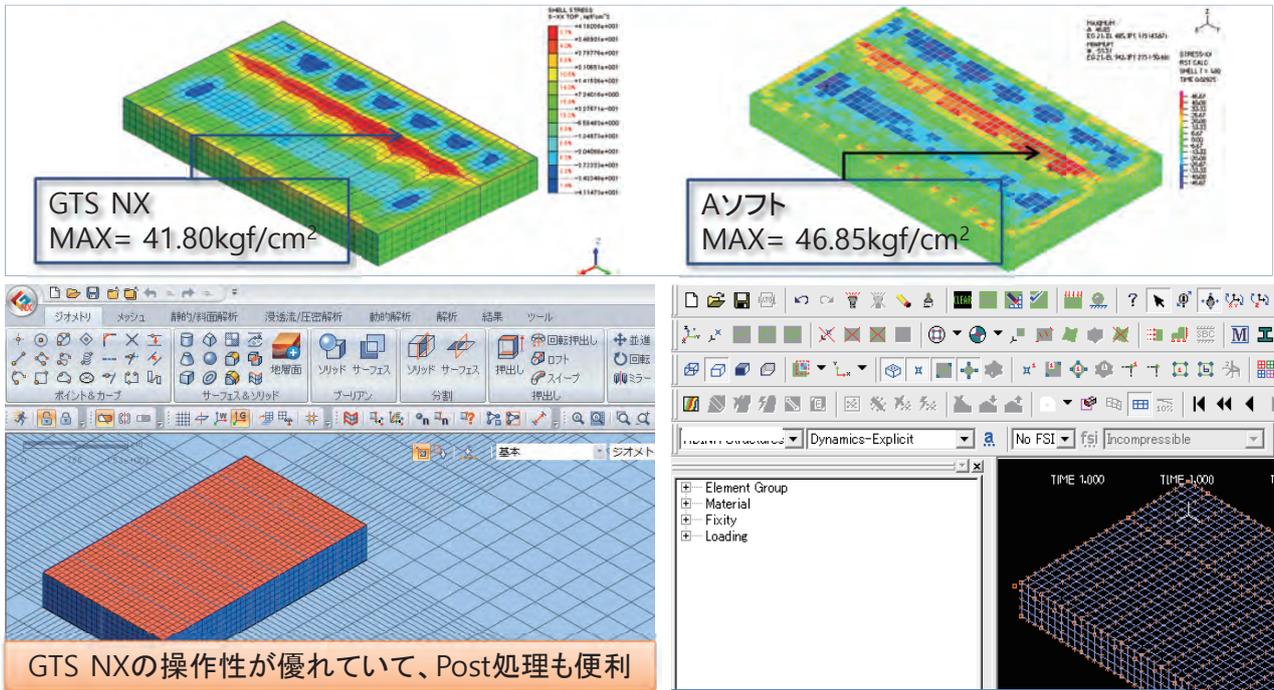
## Part 3 事例の検証

## GTS NXと業界に著名なAソフトとの比較 - Z方向変位



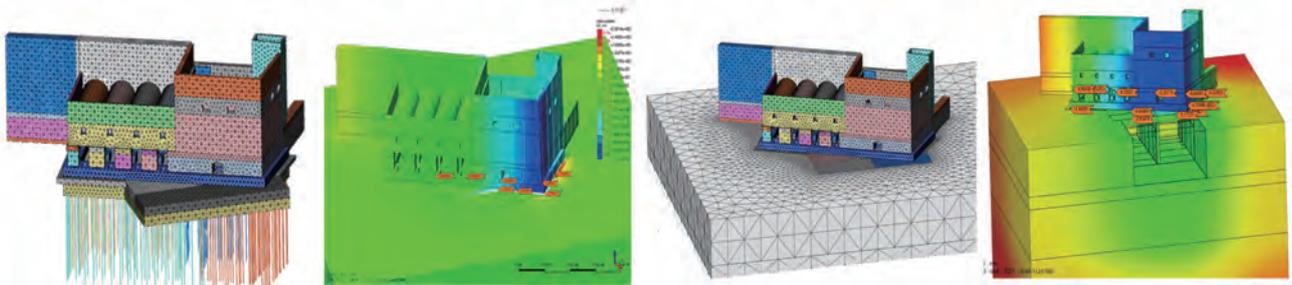
Part 3 事例の検証

GTS NXとAソフトとの比較 - 応力分布



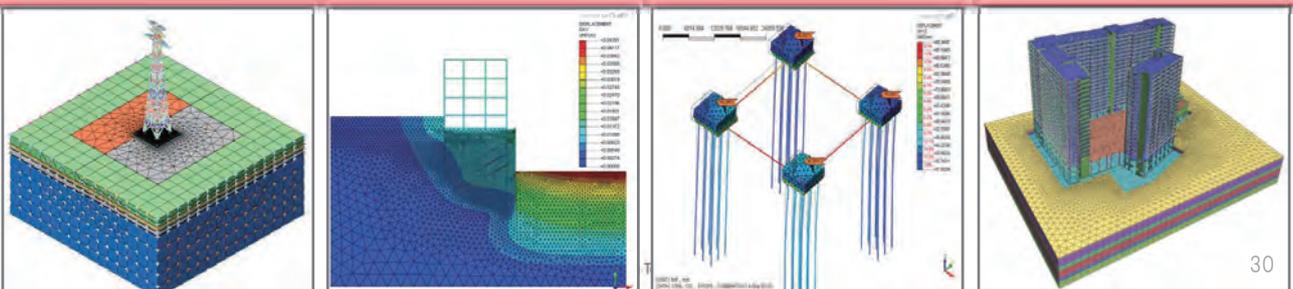
MIDAS Information Technology Co., Ltd.

構造 (Structural) と地盤 (Geotechnical) 分野の融合



GTS NX 提供価値

上部と下部構造物の統合解析と設計環境をサポートし  
プロジェクトの成果の品質と技術競争力の向上の価値を提供する



CHANGE is CHANCE

GTS NX

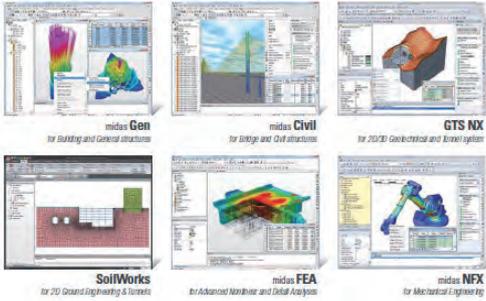
## GTS NX は MIDAS Family 製品との交換性

MIDAS Family Program間の連携解析と設計機能を通じた技術競争力の確保

## プログラム連携を通じた“モデル情報の生成機能”

GTS NXはCADだけでなく、マイダスプログラム (Gen, Civil, SoilWorks, GeoXD)間のモデル情報を連動して幾何形状を生成することができます。

## MIDAS Family 製品



## MIDAS 製品間のデータ連携

## 2D/3D CAD



## GeoXD



## SoilWorks



## Gen



## Civil



MIDAS Information Technology Co., Ltd.

31



ご清聴ありがとうございました。

# 動解析・液状化分野

## MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION



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](mailto:g.support@midasit.com) | URL <http://jp.midasuser.com/geotech>

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