

GBRC 創立60周年記念セミナー

# 効率的な技術開発を サポートする数値解析

2024年10月2日 数値解析室



Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.

## 目次



### 01 数値解析の役割と利点

### 02 解析ソフトの紹介と特徴

### 03 実験と数値解析の連携

事例：スラブによる梁の横座屈補剛工法の開発

### 04 事例紹介: 様々な工法への対応

高強度H形鋼梁の横座屈実験

木造耐力壁の解析

RC梁の繰返し載荷実験

### 05 まとめ & 質疑応答



# 数値解析の役割と利点



Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.

## 数値解析の役割と利点



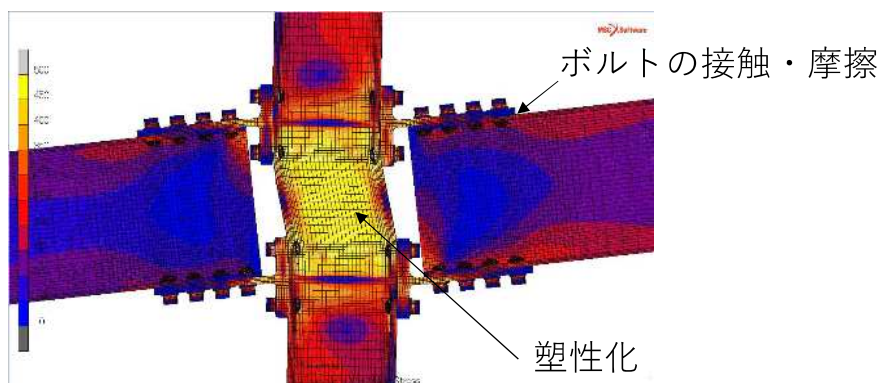
**精密なモデル化  
シミュレーション**  
有限要素解析(FEM)

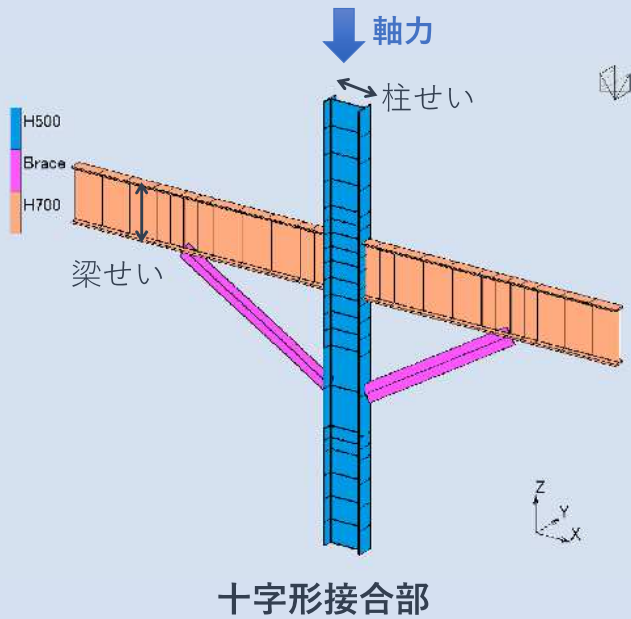


**高精度な評価**  
ひずみ・変形等の  
詳しい情報を提供



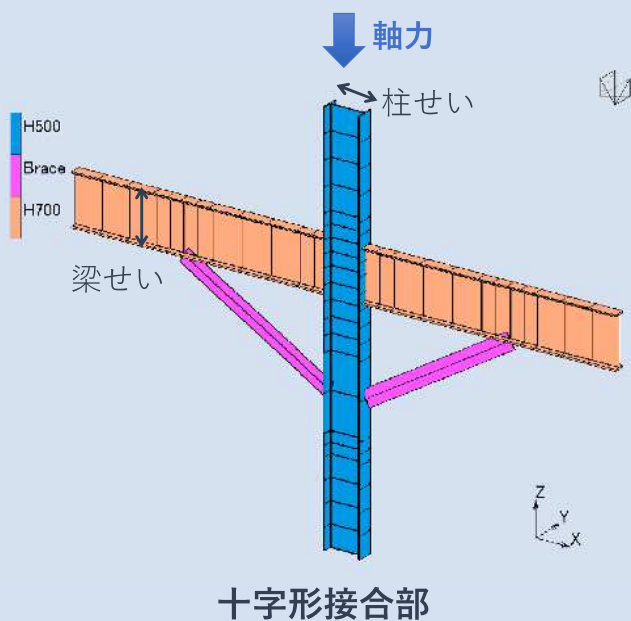
**コスト削減**  
実験数を  
必要十分な数に





## 新工法の耐震性能確認のための実験/解析

柱せい: 250mm~500mm  
 梁せい: 400mm~700mm  
 柱軸力比: 0~0.4



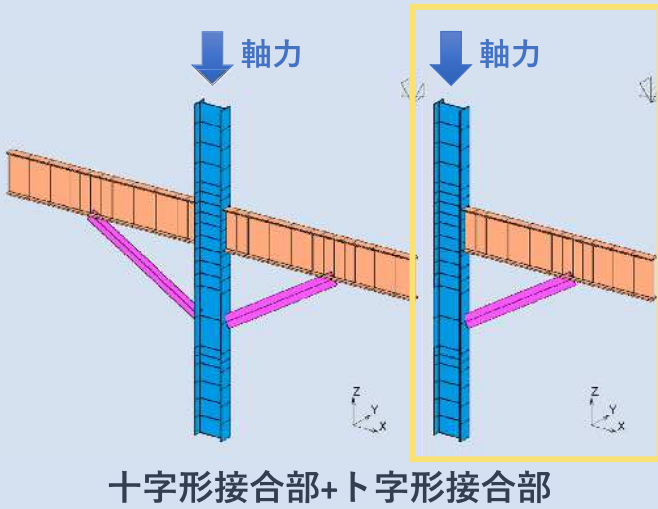
## 12ケース

架構形式	柱せい (mm)	梁せい (mm)	材料強度	軸力比
十字形	500	700	実験①	0.4
			実強度	0.2
				0.1
				0.4
	400	600	実強度	0.2
			実験④	0.1
				0.4
				0.2
	300	500	実強度	0.2
			実験③	0.1
				0.4
				0.2
250	400	実強度	0.4	
		実験②	0.2	
			0.1	
			0.1	

解析12ケース

中間 軸力比 サイズ

## 12ケース+ $\alpha$



十字形接合部+ト字形接合部

架構形式	柱せい (mm)	梁せい (mm)	材料強度	軸力比
十字形+ト字形	500	700	実強度 + 規格値	0.4
				0.2
				0.1
	400	600		0.4
				0.2
				0.1
	300	500		0.4
				0.2
				0.1
	250	400		0.4
				0.2
				0.1

# 具体例: 鉄骨接合部の新工法開発

十字形接合部、12ケース

柱せい: 250~500mm、梁せい: 400~700mm、柱軸力比: 0~0.4

アプローチ	工期	費用	精度	メリット	デメリット
実験のみ	12ヶ月	1000万円	高い	現実に即した結果	時間と費用がかかる 柔軟性の欠如
解析のみ	1ヶ月	100万円	中程度	短期間で結果が得られる 柔軟なシミュレーション	現実とは異なる可能性 信頼性の限界
実験と解析の併用	8ヶ月	500万円 +100万円	高い	高精度でバランスが良い	解析のみより 費用がかかる

# 解析ソフトの紹介



Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.

## Marc (Hxagon社 (旧: MSC Software社) )



### 汎用の非線形構造解析プログラム



#### 線形解析

標準的な応力  
・ひずみ解析



#### 非線形解析

材料非線形  
幾何学的非線形  
接触問題



#### 破壊力学

亀裂進展  
破壊モード予測



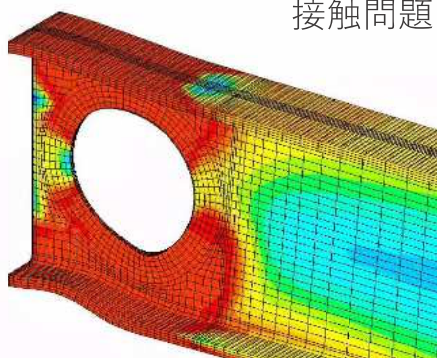
#### 動解析

地震動  
振動  
衝撃解析

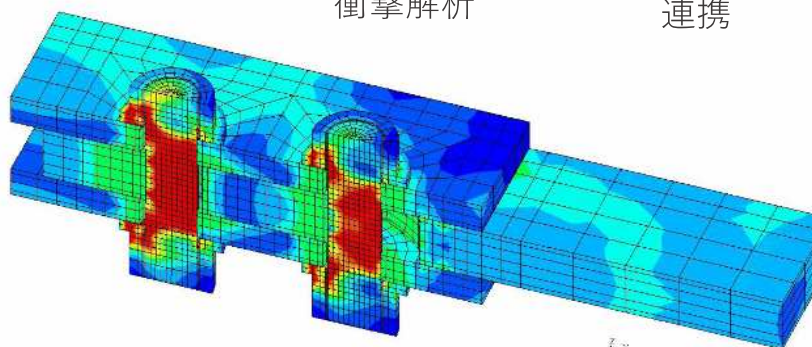


#### 熱伝導 熱応力解析

構造解析との  
連携



開孔付きH形断面梁 (応力分布)



高力ボルト摩擦接合部 (応力分布)

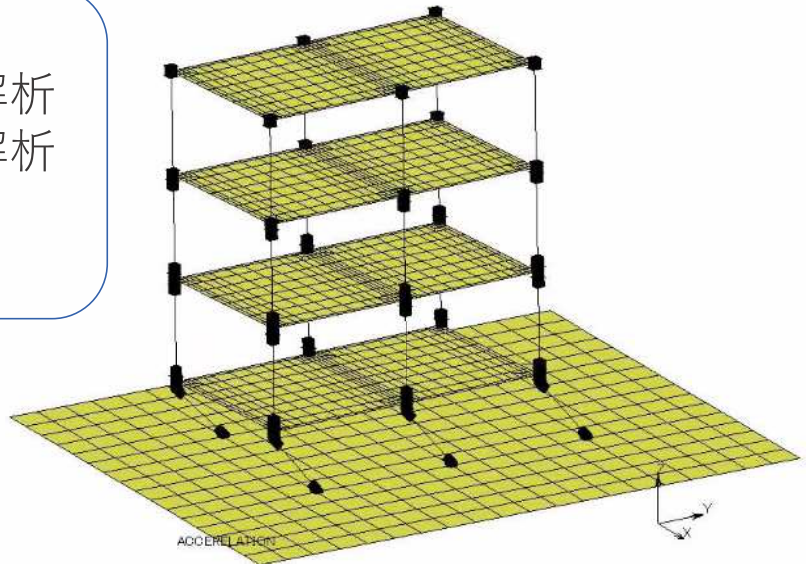


## 特長

多様な構造に汎用的に使用可能  
高性能なソルバー (解析エンジン)

## 用途例

摩擦接合部の解析  
鋼構造の座屈解析  
地震応答解析  
etc.



4層鉄骨建物の地震時応答

# DIANA (DIANA FEA社)

## 汎用線形 & 非線形構造解析システム

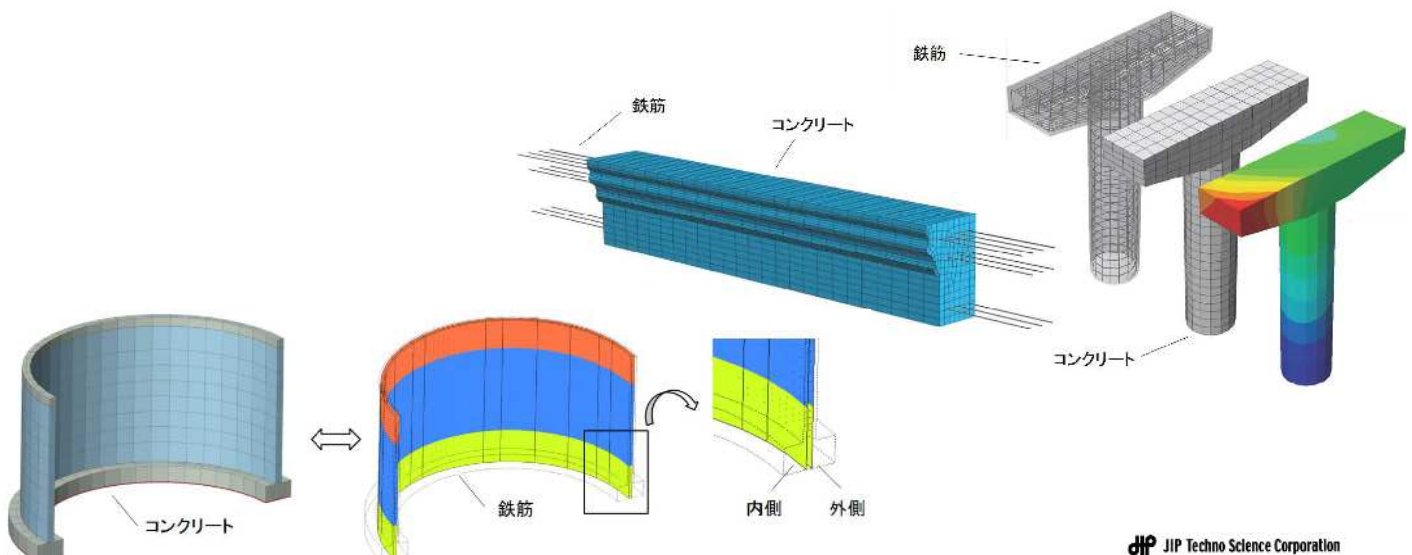
### RC構造に特化

材料モデル

コンクリートのひび割れ、圧壊、クリープ、収縮

付着モデル

鉄筋とコンクリートの複合挙動



## 汎用線形 & 非線形構造解析システム

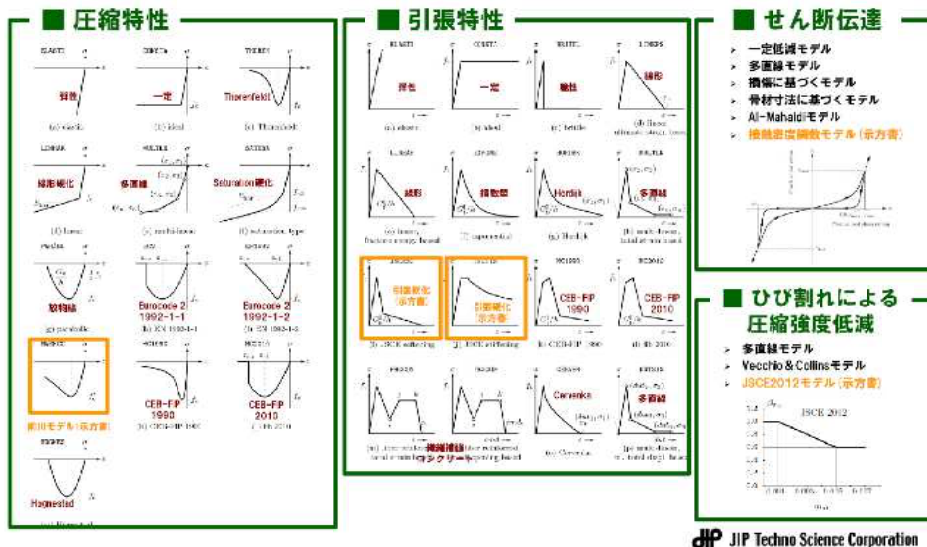
RC構造に特化

材料モデル

コンクリートのひび割れ、圧壊、クリープ、収縮

付着モデル

鉄筋とコンクリートの複合挙動



JIP Techno Science Corporation

## 汎用線形 & 非線形構造解析システム

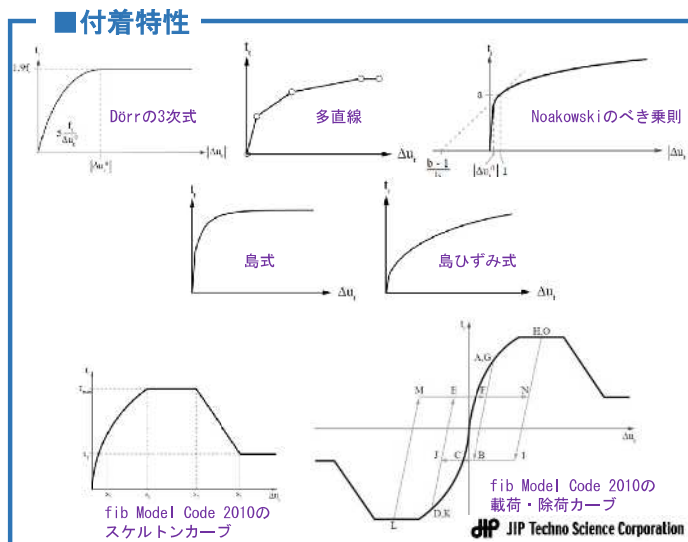
RC構造に特化

材料モデル

コンクリートのひび割れ、圧壊、クリープ、収縮

付着モデル

鉄筋とコンクリートの複合挙動



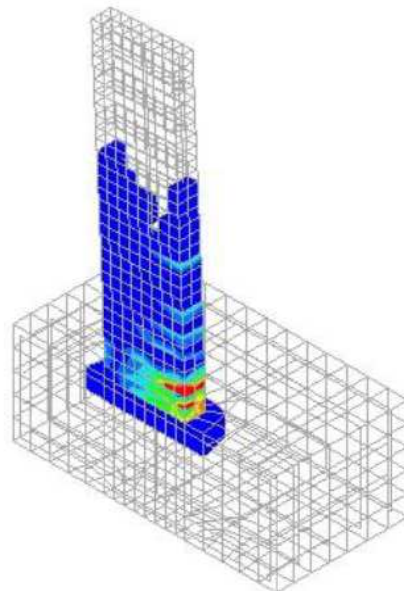
JIP Techno Science Corporation

## 特長

コンクリートの繰返しと鉄筋付着劣化を考慮  
コンクリートに合わせた鉄筋のメッシング

## 用途例

RC部材のひび割れ解析  
RC部材の繰返し载荷解析

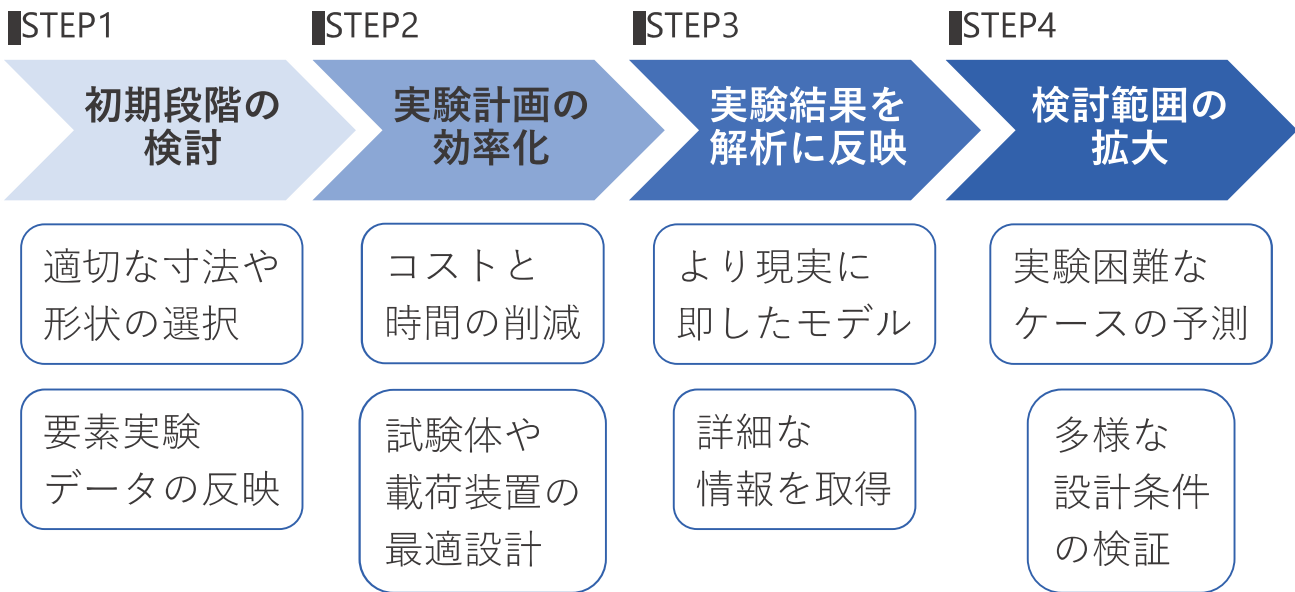


RC柱脚の繰返し载荷（ひび割れ幅分布）

## 実験と数値解析の連携

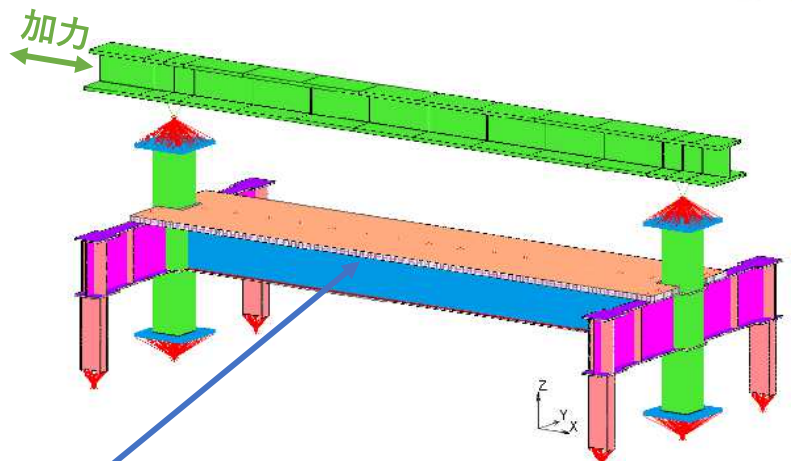






## 技術開発の様々な段階で実験と解析を連携

# スラブによる梁の横座屈補剛



上フランジがスラブにより拘束されるため横座屈が補剛される

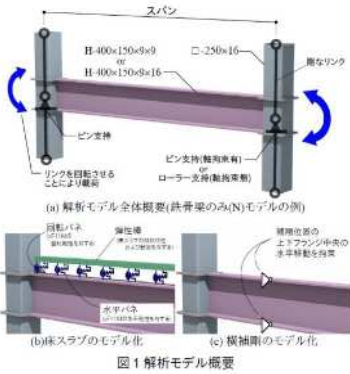
必要なスタッドの量の確認 (スタッド：上フランジとスラブを接合)  
適用範囲の確認 (梁寸法・鋼種など)

**開発の初期段階から実験と解析を併用  
パラメトリックスタディで60ケースを検討  
性能証明取得**

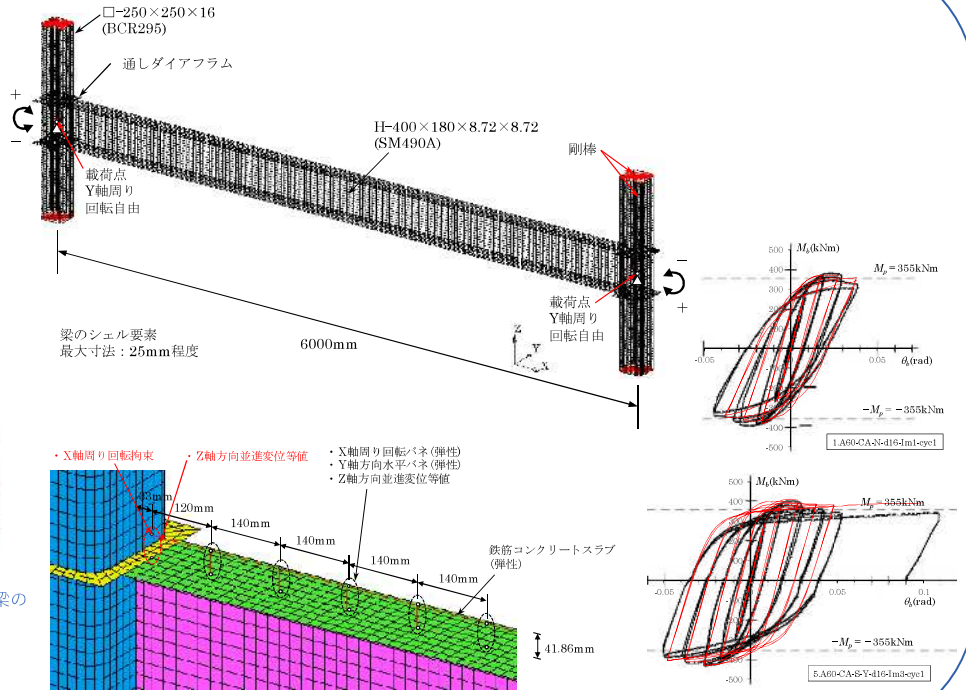
## STEP1

### 初期段階の検討

### 既往の研究の再現解析



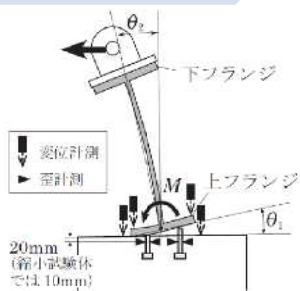
稲本ら「コンクリート床スラブによるH形断面梁の横座屈補剛効果に関する検討 その6」より



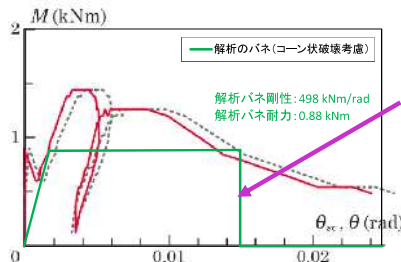
## STEP1

### 初期段階の検討

### 要素実験データ→解析のバネモデル

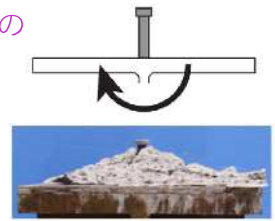


伊賀ら「合成梁のねじり剛性に及ぼす頭付きスタッドの拘束効果確認実験」より



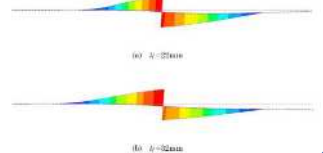
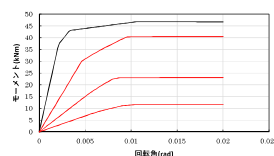
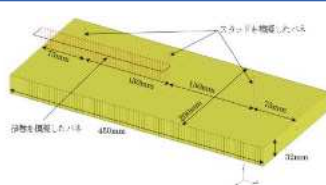
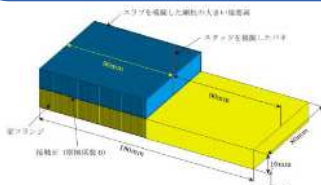
要素実験の結果に基づくスタッドばね特性

コーン状破壊の発生により耐力喪失



コーン状破壊

### フランジ幅・スタッド列数などの影響確認



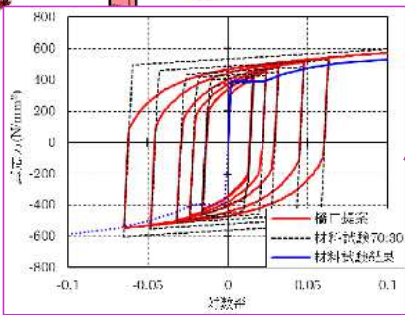
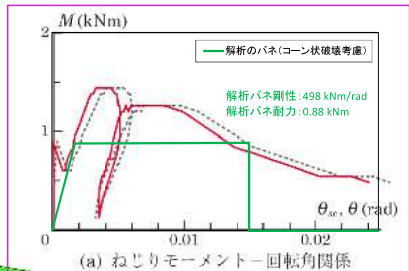
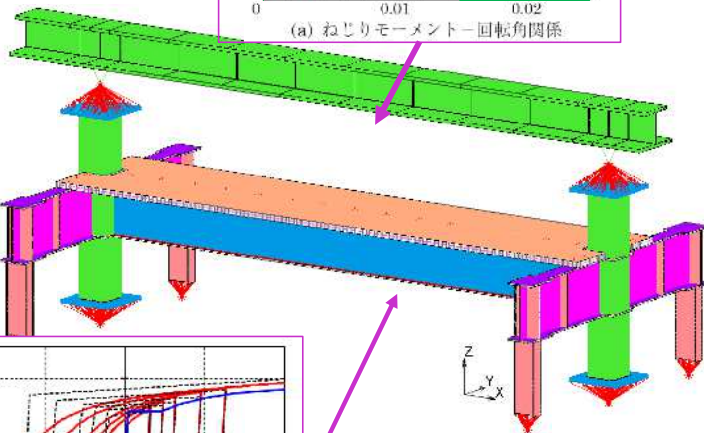
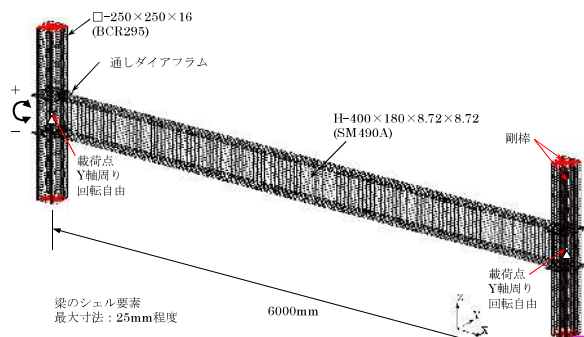
# スラブによる梁の横座屈補剛: 事前/再現解析

STEP2

実験計画の  
効率化

STEP3

実験結果を  
解析に反映

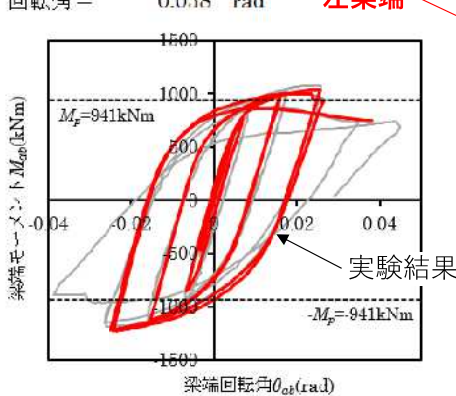


Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.

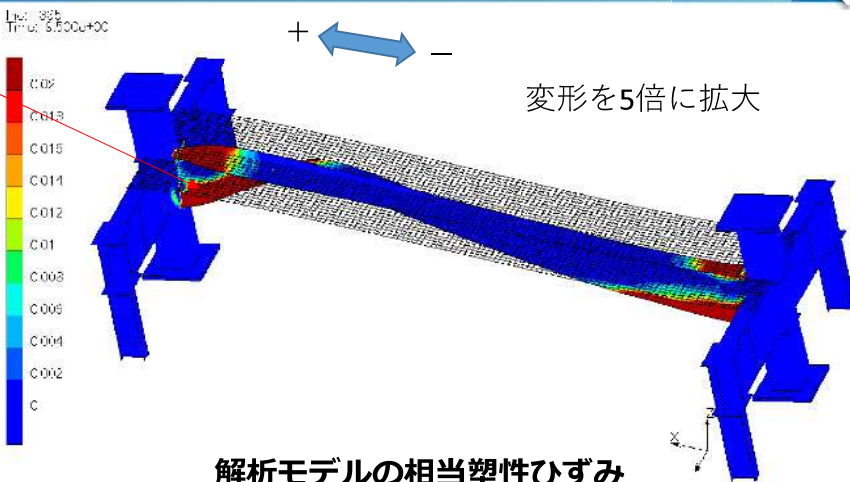
21

# スラブによる梁の横座屈補剛: 再現解析

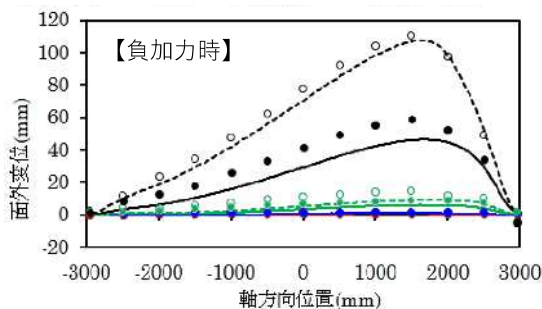
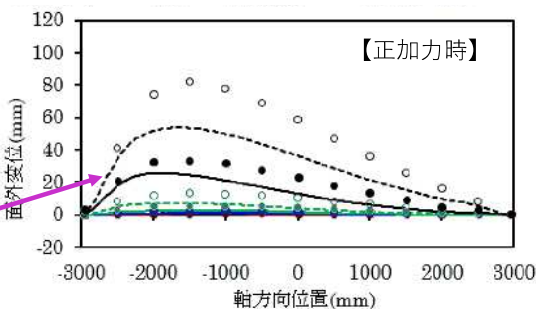
ステップ 335  
回転角 = 0.038 rad



梁端のモーメント-回転角関係



解析モデルの相当塑性ひずみ



下フランジの面外変形

○: モーション  
キャプチャー  
の計測結果

Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.

22



## STEP3

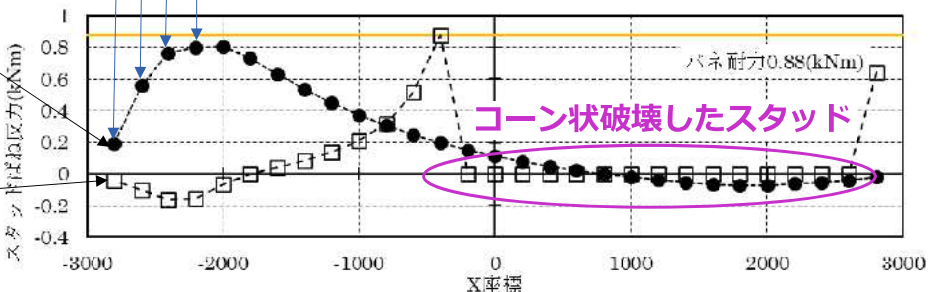
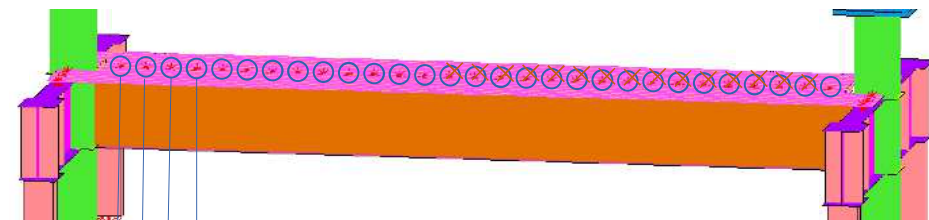
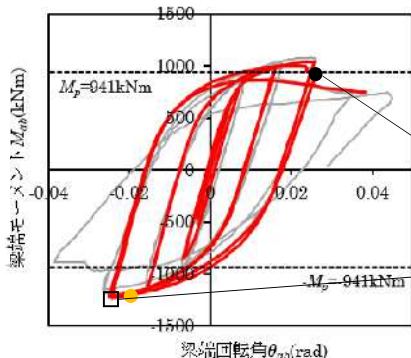
実験結果を  
解析に反映

## スタッドの破壊状況

実験: 計測困難

解析: 推測値が得られる

ステップ = 335  
回転角 = 0.038 rad



## STEP4

検討範囲の  
拡大

## パラメトリックスタディ

梁断面: 12種類

梁せい . . . 700~1500mm

梁幅 . . . 200~400mm

梁スパン: 6種類

鋼種: 3種類

スタッド列数: 1~3列

スラブ形状: 両側/片側

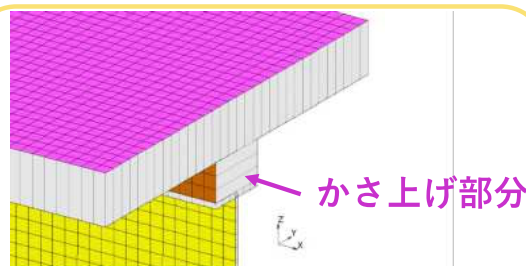
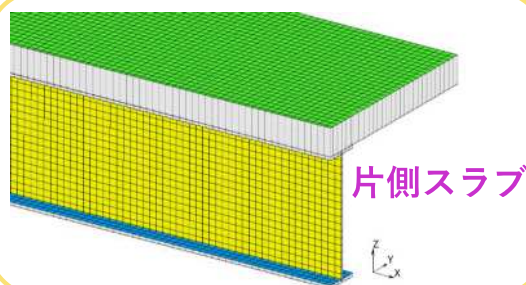
その他形状詳細

スチフナ付き

開口あり

梁継手あり

スラブかさ上げなど



# 事例紹介: 様々な工法への対応



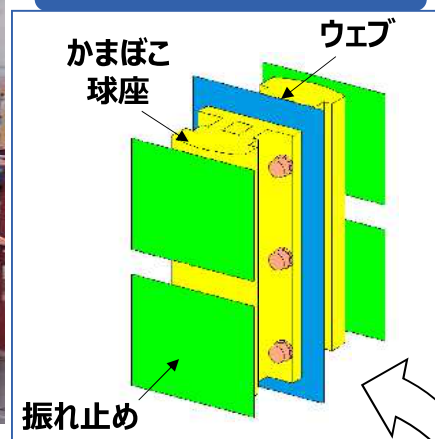
Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.

## 解析例① H形断面梁の横座屈

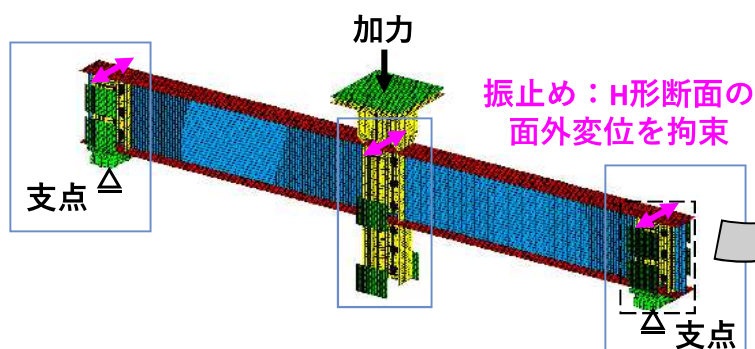
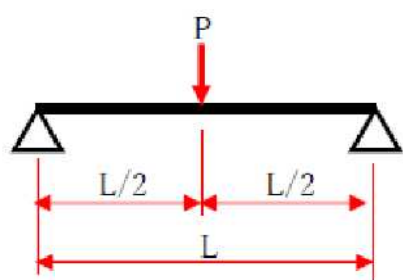


10MN試験機

### モデル化のポイント



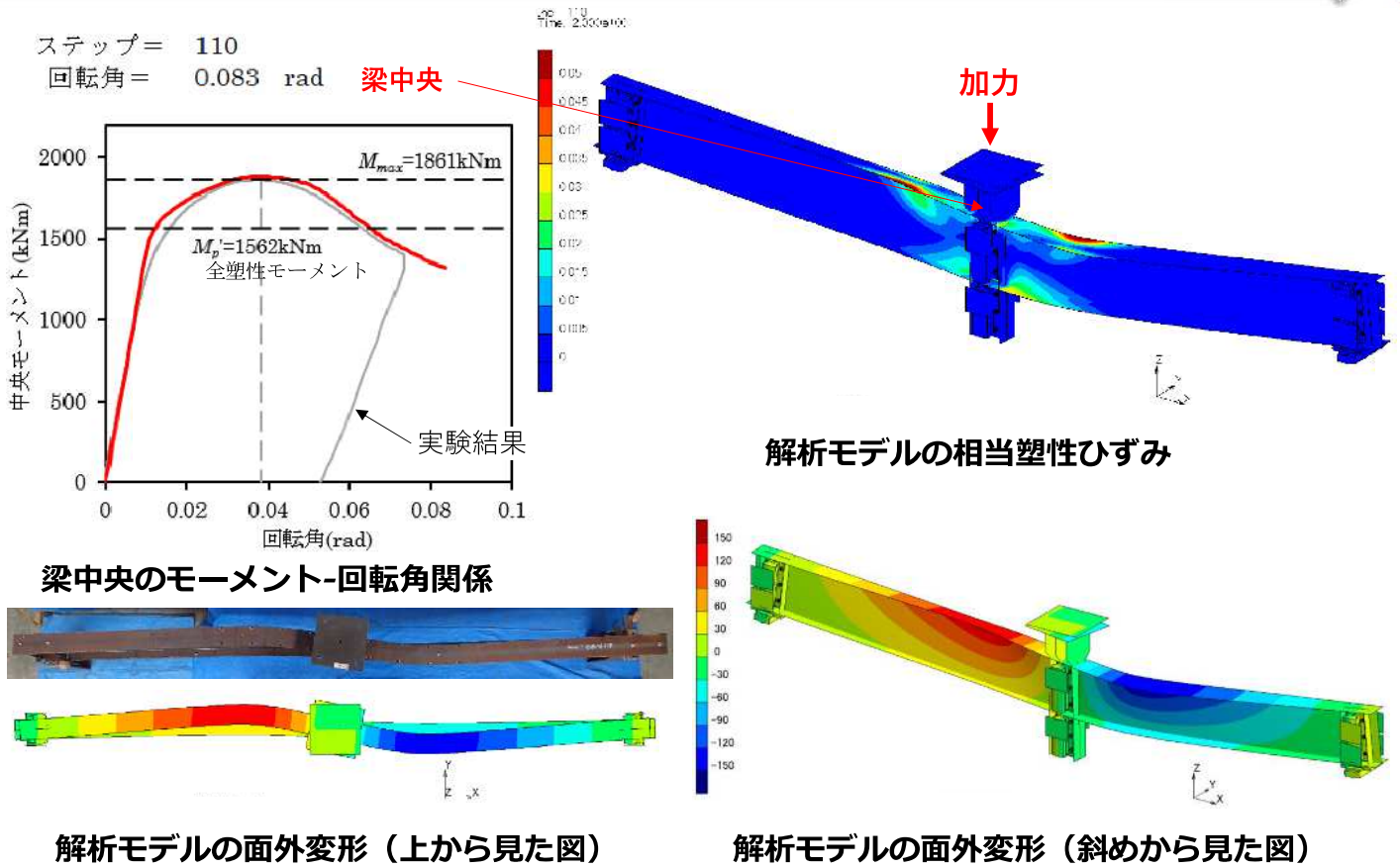
### 実験方法：単純梁形式



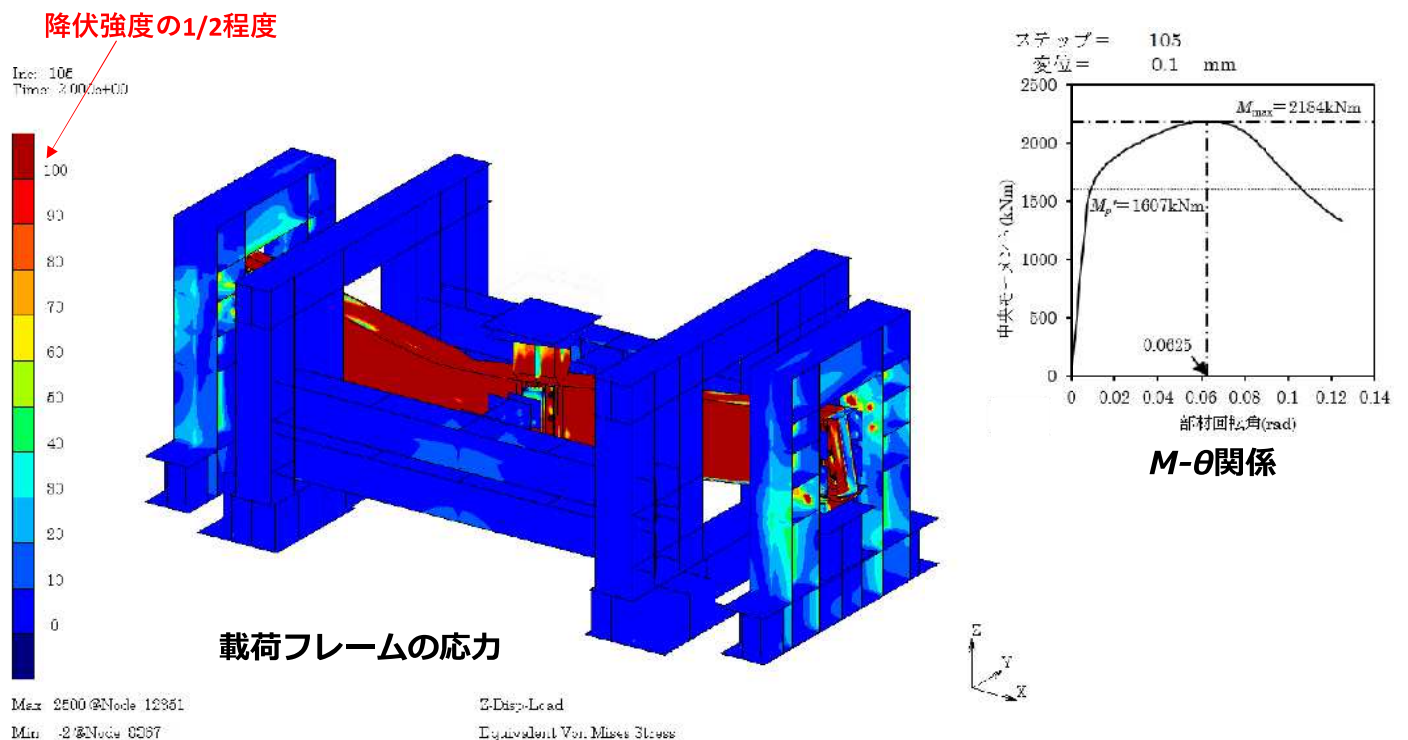
Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.



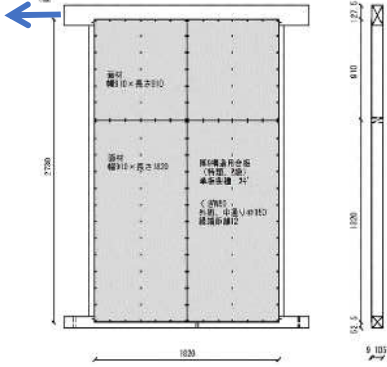
# 解析例① 事前解析と実験結果



# 解析例① 载荷装置の耐力確認



## 実験の試験体



木質耐力壁加力装置  
No.1,  $\gamma=67.1 \times 10^{-3} \text{rad}$



面材接合くぎ頭部の  
面材からの抜け出し

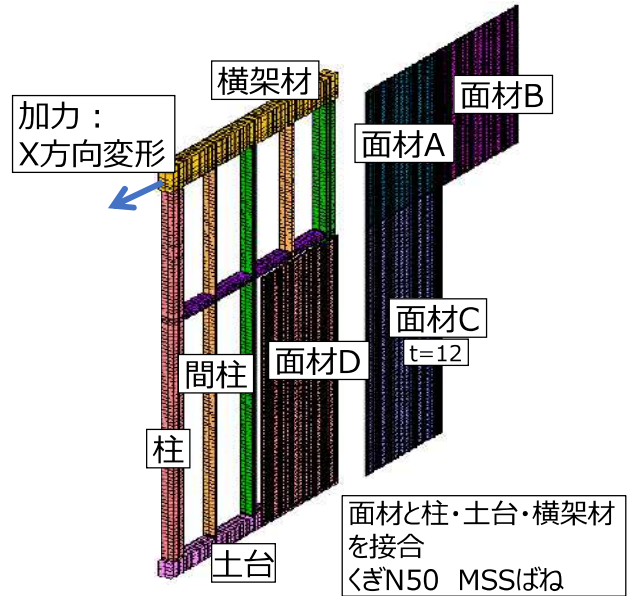


縁切れ

## 解析モデル

(2P縦継あり大壁耐力壁)

柱、土台：ソリッド要素、等方性弾性  
横架材：ソリッド要素、等方性弾性  
面材：ソリッド要素、等方性弾性  
柱梁接合部：ピン



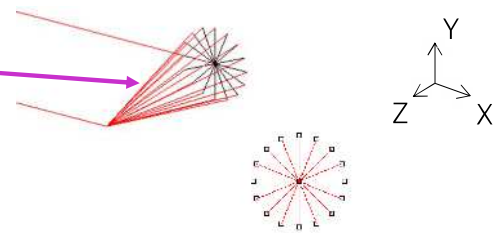
# 解析例② くぎのモデル化

## くぎの一面せん断

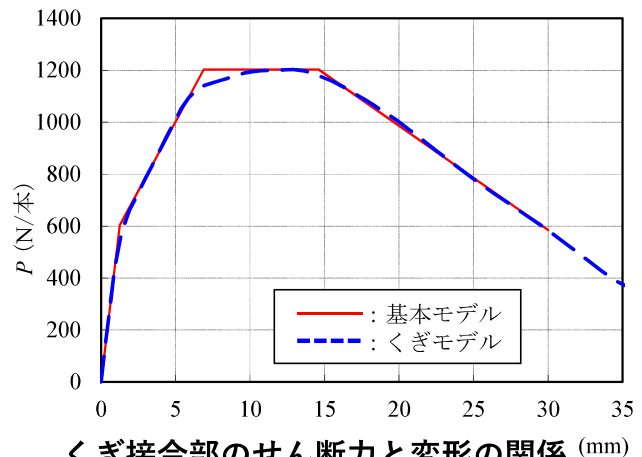
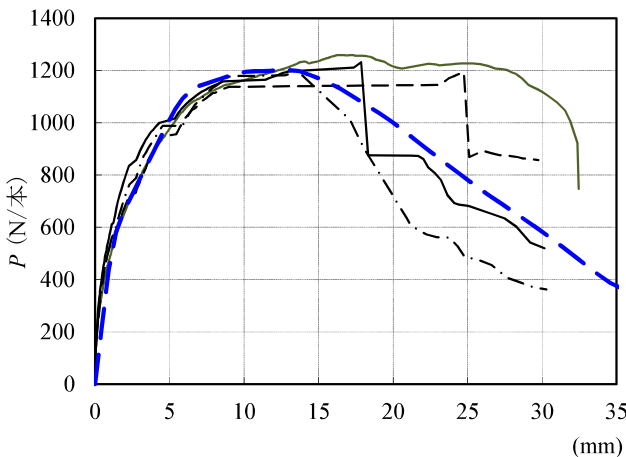
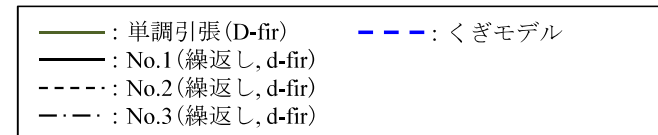
隙間0mmの結果をもとにくぎをモデル化

XY平面のどの方向に変位しても同じ荷重変形関係

## モデル化のポイント

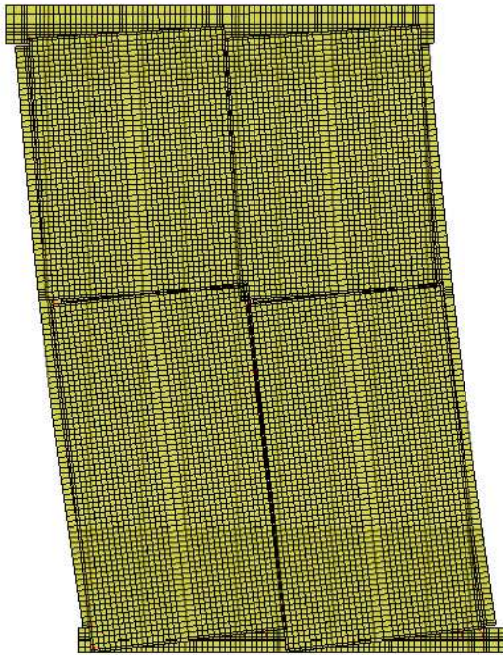


くぎ1本を16本のばねに分割したモデル

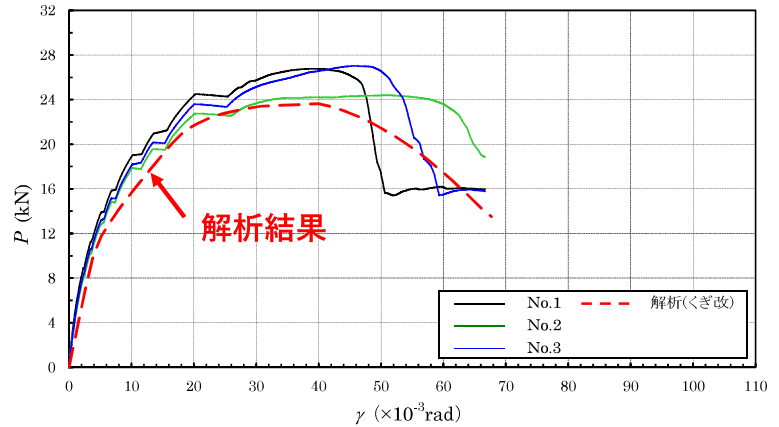


くぎ接合部のせん断力と変形の関係 (mm)

## 部材間接触なし、柱-梁・土台接合部ピン接合モデル



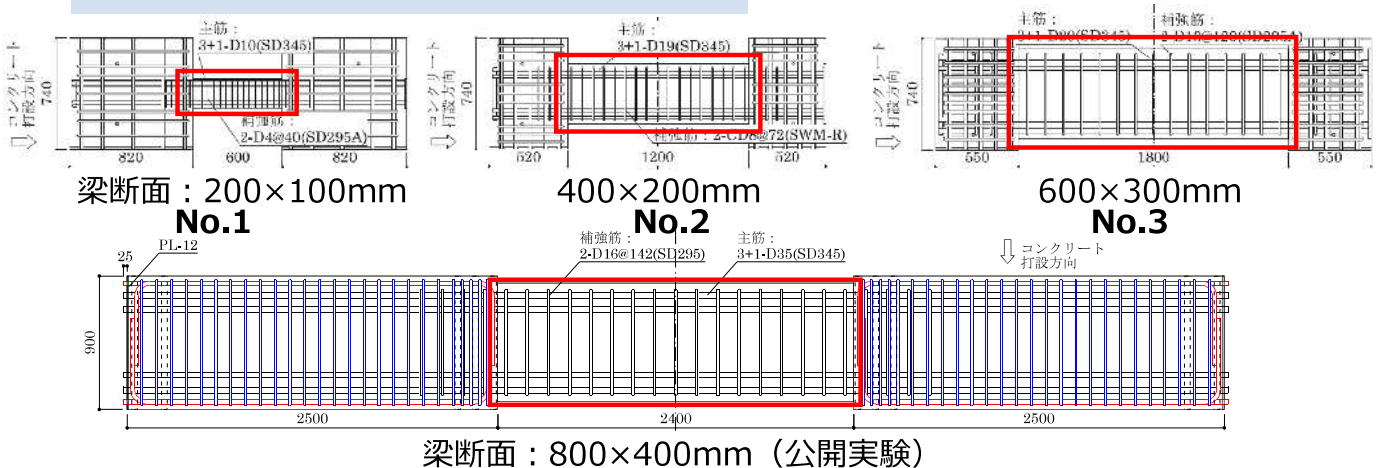
変形図(2倍に拡大)



軸組の耐力を差し引いた実験結果と解析結果の比較

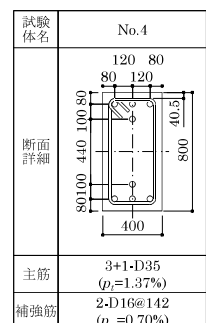
# 解析例③ RC梁部材の解析

## スケールの異なる4つの試験体



試験体名	$F_c$ ( $N/mm^2$ )	部材寸法			主筋			せん断補強筋		
		$L$ (mm)	$b \times D$ (mm)	$L/D$	配筋	$p_f$ (%)	鋼種	配筋	$p_w$ (%)	鋼種
No.1	27	600	100×200	3	3+1-D10	1.64	SD345	2-D4@40	0.70	SD295A
No.2		1200	200×400		3+1-D19	1.64	SD345	2-CD8@72	0.70	SWM-R
No.3		1800	300×600		3+1-D29	1.64	SD345	2-D13@120	0.70	SD295A
No.4	21	2400	400×800	3	3+1-D35	1.37	SD345	2-D16@142	0.70	SD295A

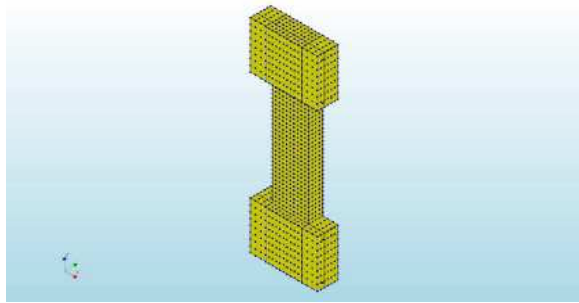
【記号】  $L$  : 内法スパン長、 $b$  : 幅、 $D$  : せい  
 $F_c$  : コンクリートの目標圧縮強度  
 $p_f$  : 引張鉄筋比、 $p_w$  : せん断補強筋比



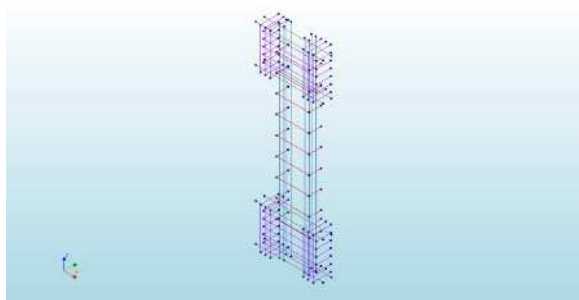




## 解析モデル

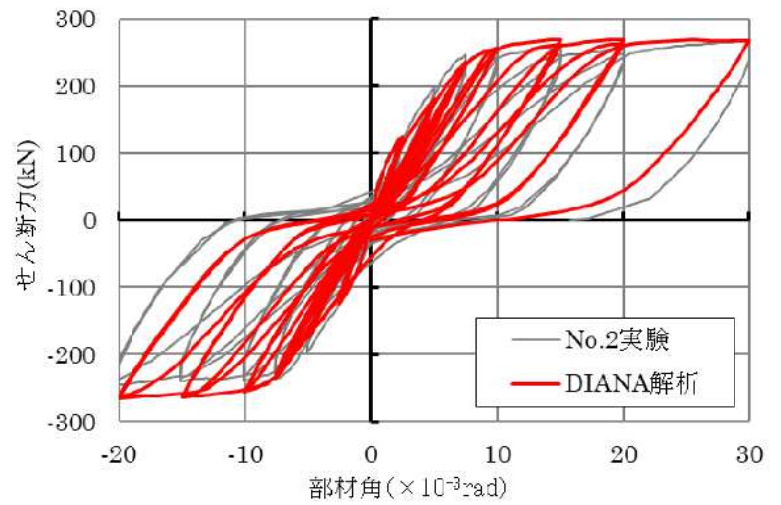


【コンクリート】



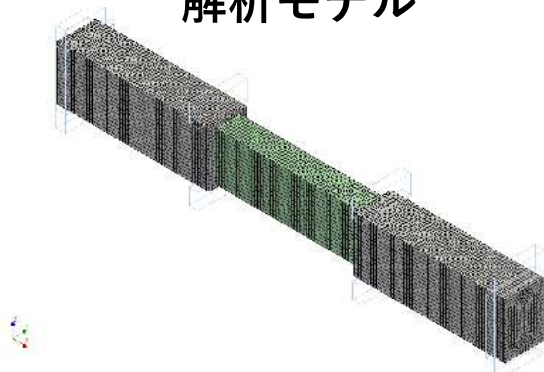
【鉄筋】

## 解析結果

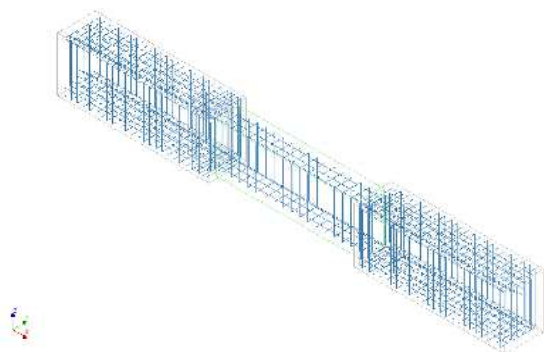


梁断面：400×200mm

## 解析モデル

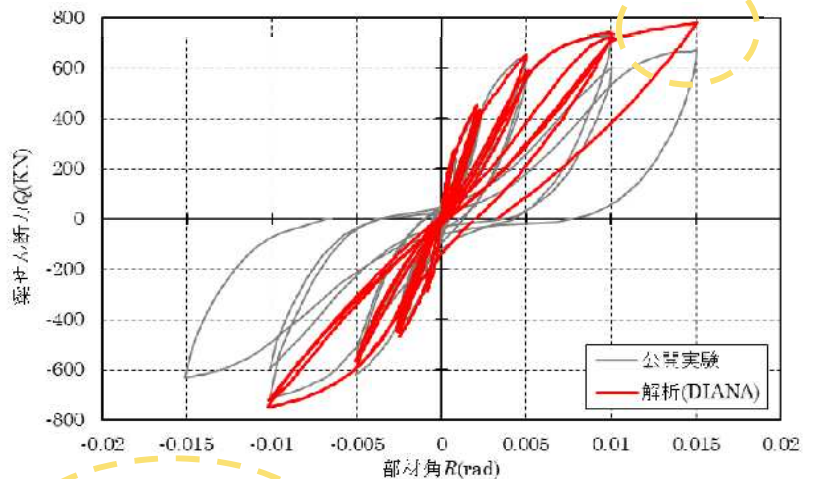


【コンクリート】



【鉄筋】

## 解析結果



梁断面：800×400mm



# まとめ & 質疑応答



Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.

## まとめ



### 数値解析と実験の連携で技術開発をサポート

- 技術開発の様々な段階で実験と解析を連携
- 実験と解析の相互フィードバックによる高精度な実験・評価
- 技術開発のコスト軽減や効率化を図ることが可能
- より詳細な情報の提供

### 数値解析だけのご依頼にも対応します

- 初期検討
- パラメトリックスタディ

**実験方法や数値解析の提案を行いますので、お気軽にご相談ください**

**お問い合わせ**

**試験研究センター  
数値解析室**

**TEL : 06-6834-5317**

**FAX: 06-6155-5367**



一般財団法人

**日本建築総合試験所**

Copyright © 2024 General Building Research Corporation of Japan. All Rights Reserved.

---