

平成25年度 建築基準整備促進事業

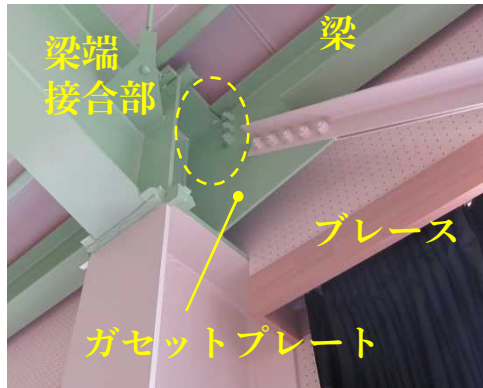
## S8. 鉄骨造部材の部材種別判定の合理化に関する検討

- (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討
- (ロ) 横座屈する梁の塑性変形性能と床スラブの座屈補剛効果に関する検討
- (ハ) 梁ウェブ継手効率が梁の塑性変形性能に及ぼす影響に関する検討

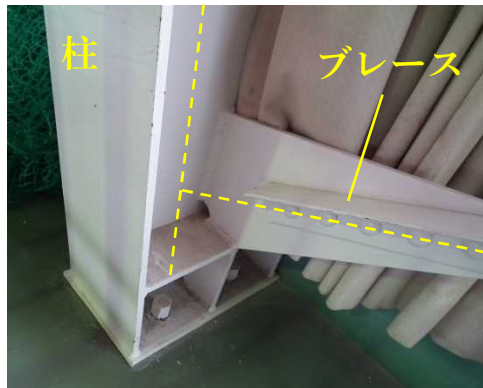
事業主体	東京工業大学	京都大学
	東京大学	大阪工業大学
共同研究機関	(独) 建築研究所	

# (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討

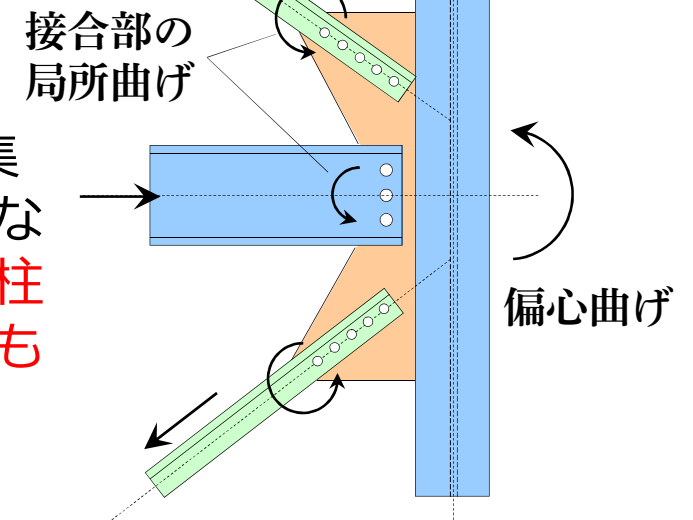
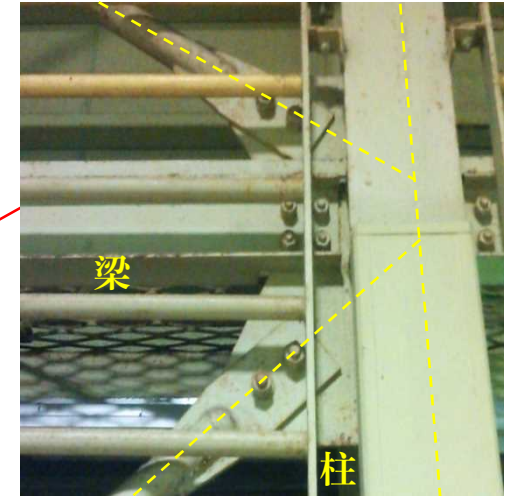
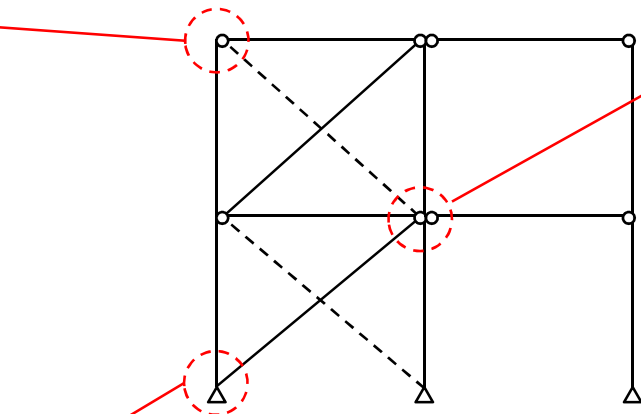
引張ブレース構造では梁端部にピンディテールを採用することが多く、**構造計算上は柱梁が弾性状態となる。**



ブレース端と梁端の兼用接合ディテール



ブレースの偏心設置



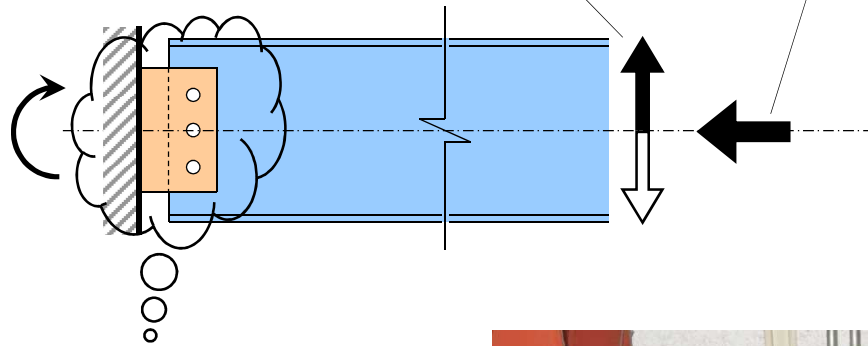
柱、梁、ブレースが1点に集まる接合部は立体的に複雑な形状を有しており、**実際に柱梁に作用する応力は必ずしも明確ではない。**

# (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討

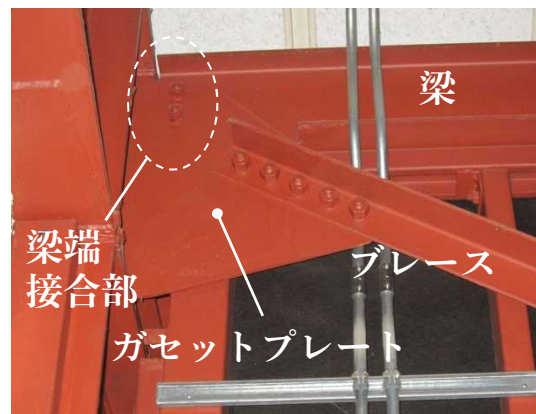
## 梁端接合部の繰り返し載荷実験（要素実験）

架構変形に伴う  
繰り返し曲げせん断

ブレース軸力の  
水平成分による圧縮力



【接合部ディテール】  
ボルトプラン  
(ピッチ・本数)  
ガセットの形状  
梁の形状と幅厚比



<目的>

梁ウェブのみを高力ボルト  
接合した**ピンディテールの  
負担応力、破壊モードと変  
形性能を把握する。**

<方法>

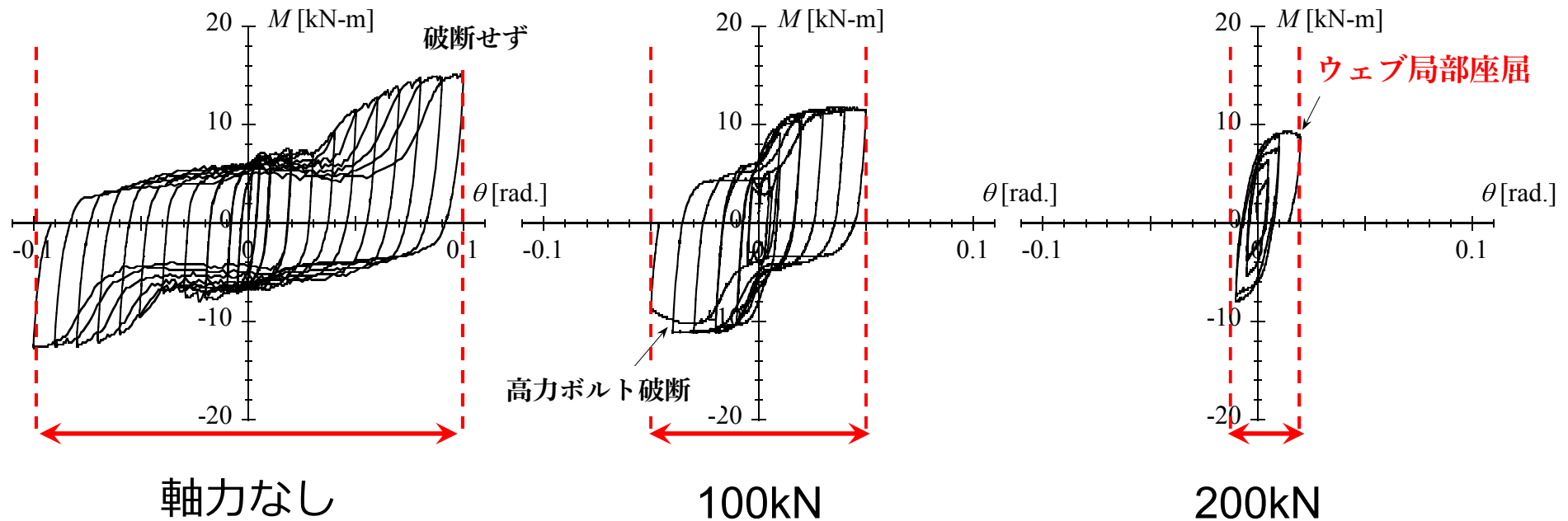
梁端ピン接合部に対して、  
ブレース軸力の水平成分に  
よる**圧縮軸力を含めた繰り  
返しせん断曲げ実験**を行う。  
実験パラメータは梁の幅厚  
比、接合ディテール、軸力  
比の組み合わせとする。

# (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討

## 梁端接合部の繰り返し载荷実験（要素実験）

梁端接合部の履歴挙動 ( $M-\theta$ ) 関係

梁ウェブ板厚6.5mm、ボルトピッチ：60mm (M16)

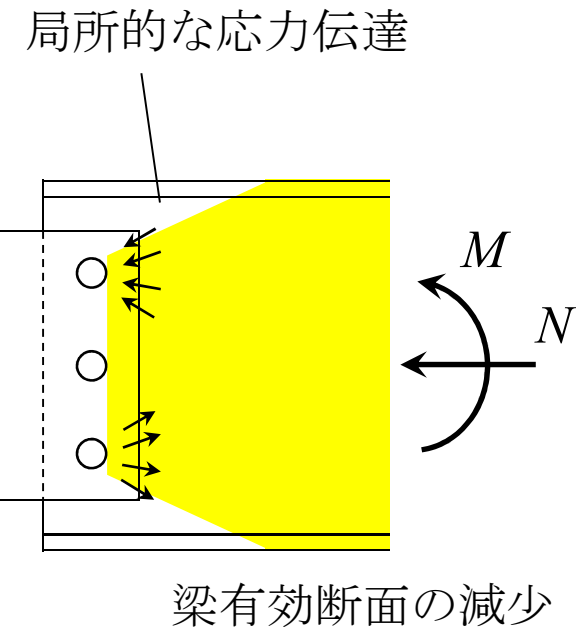
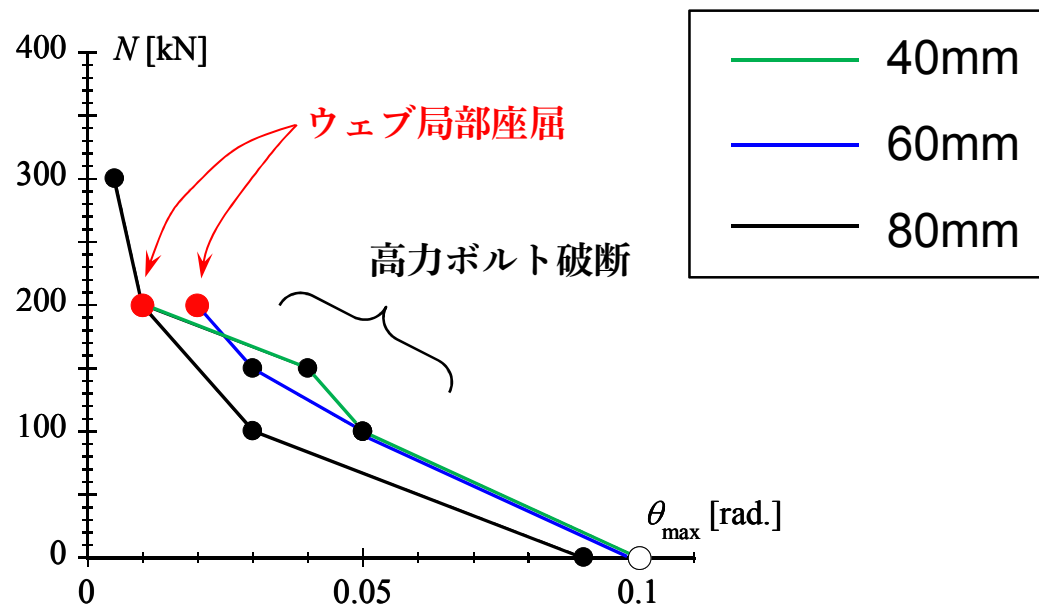


作用軸力が大きくなるほど、接合部が発揮する曲げ耐力、および破壊までに回転できる変形量が低下する。

# (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討

## 梁端接合部の繰り返し载荷実験（要素実験）

梁端接合部に作用する軸力と変形能力の関係

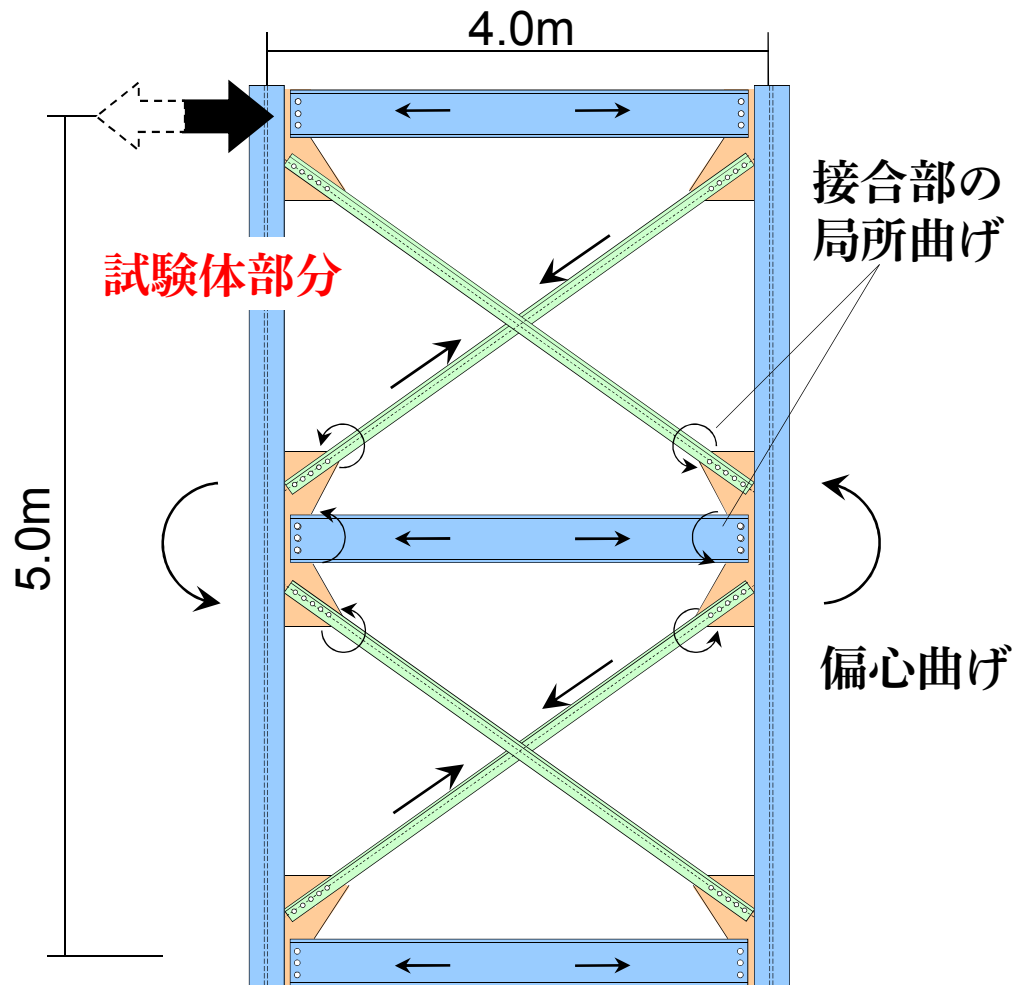


高力ボルトの破断で決まる場合：ピッチが小さいほど**有利である**

ウェブの局部座屈で決まる場合：ピッチが小さいほど**不利である**

# (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討

## 引張ブレース付き柱梁架構の実験（架構実験）



### <目的>

接合ディテールに起因する付加応力を把握するとともに、**接合ディテールの違いが架構の耐震性能に及ぼす影響を明らかにする。**

### <方法>

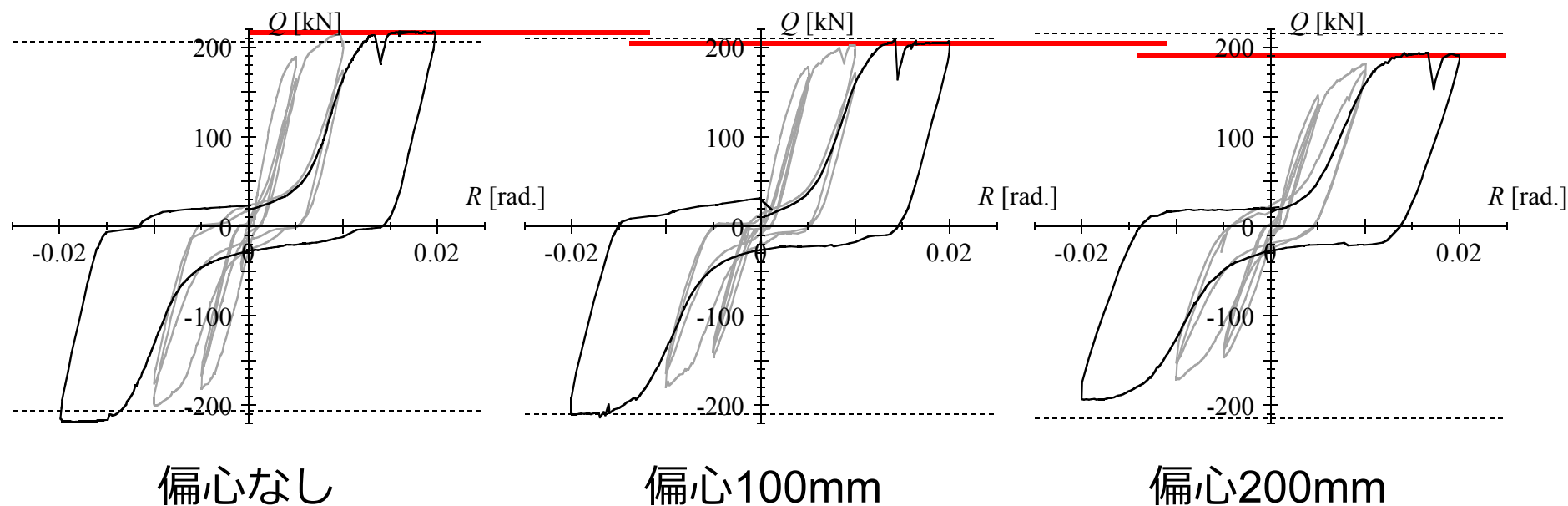
ブレースの面外座屈、偏心設置、および接合部の局所曲げがもたらす**付加応力の影響をできるだけ忠実に再現できる2層架構の実験**を行う。実験パラメータは、**接合ディテール（ボルトピッチ、ブレースの偏心距離）とする。**

# (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討

## 引張ブレース付き柱梁架構の実験（架構実験）

架構全体の履歴挙動 ( $Q-R$ ) 関係

－接合ディテール（ブレース偏心）の違いが及ぼす影響－

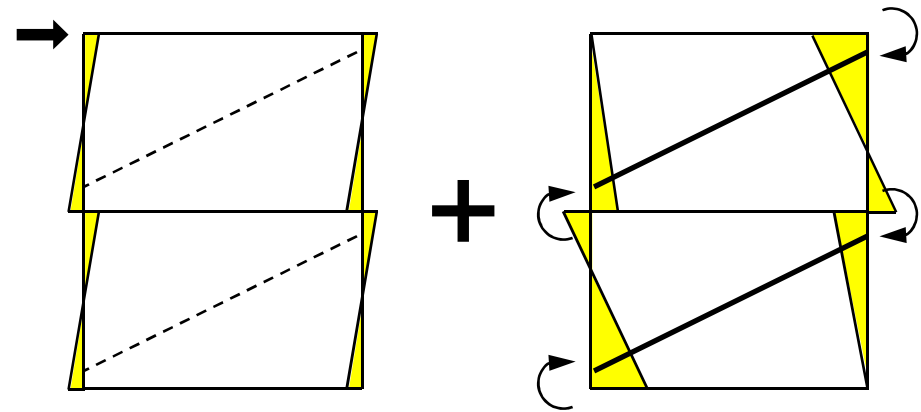
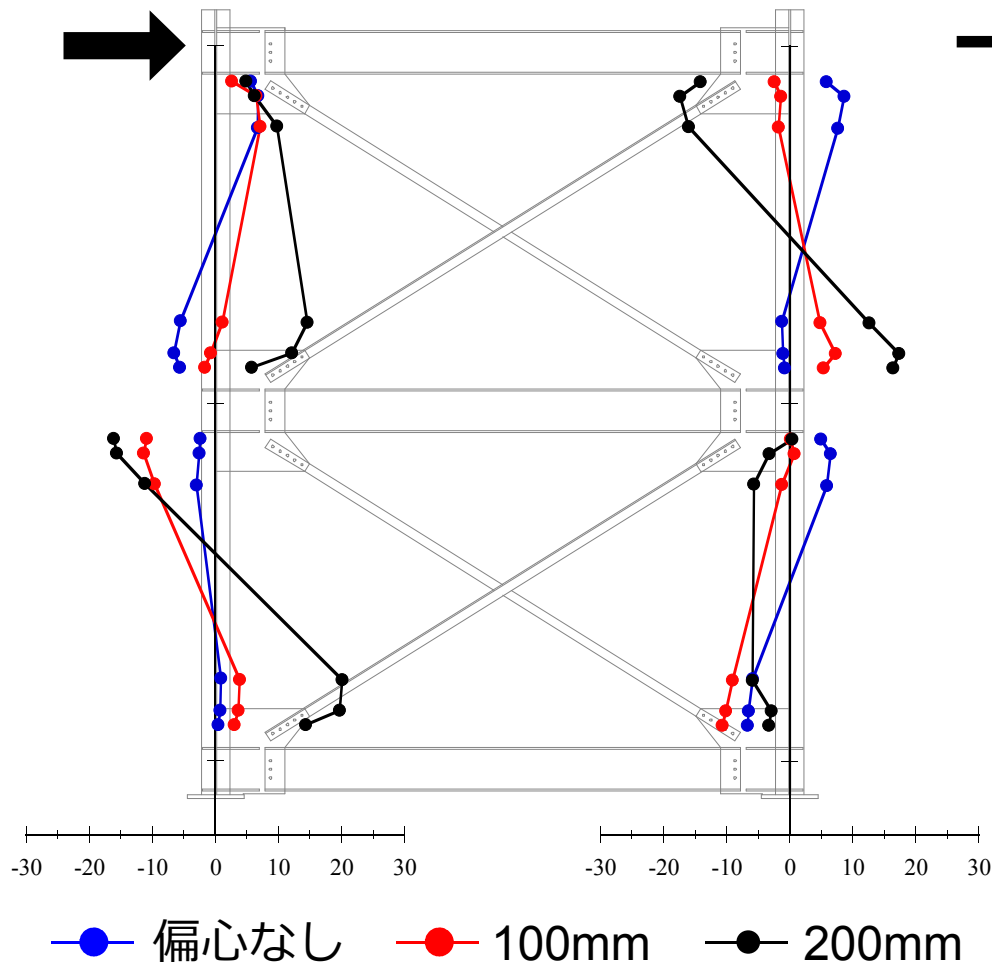


偏心距離が大きくなるほど、**架構の保有水平耐力は低下する**

# (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討

## 引張ブレース付き柱梁架構の実験（架構実験）

柱梁の曲げモーメント分布（+1/50rad.時）



偏心による付加曲げモーメントの作用によって、柱は逆せん断状態となる。  
→ 保有水平耐力の低下

付加曲げモーメントによって柱が降伏する可能性が高まっている。



# (イ) ブレース構造の柱梁の部材種別の設定方法に関する検討

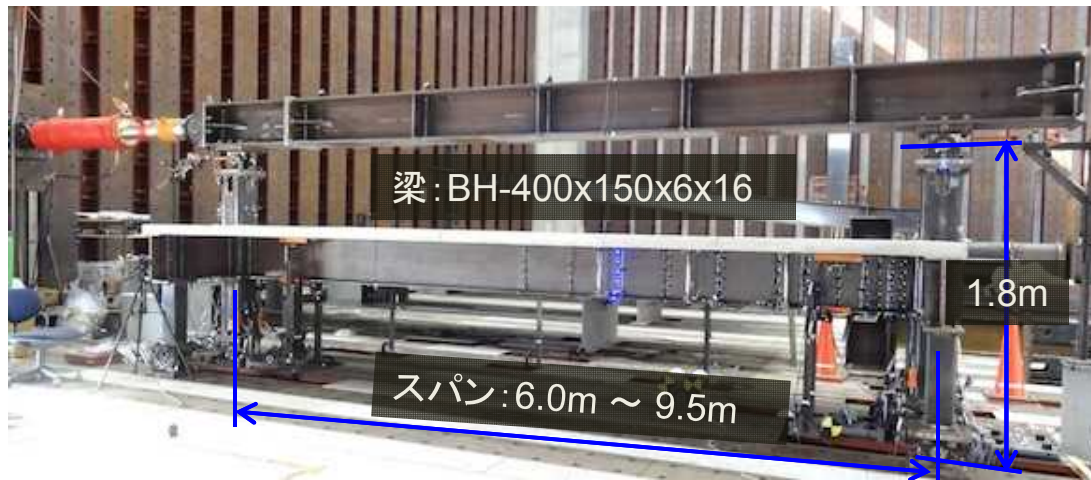
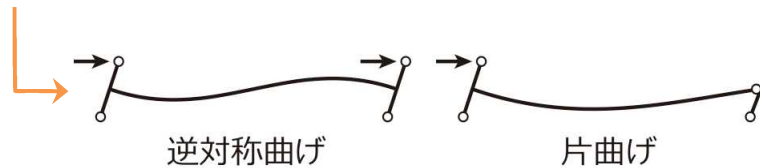
## まとめと今後の課題

本年度はまず、梁端部のウェブのみを高力ボルト摩擦接合するピンディテール接合部における軸力作用時の曲げ耐力と変形能力を把握した。次いで、引張ブレース付き柱梁架構の実験を行い、ブレースの偏心に伴う付加応力により保有水平耐力が低下すること、柱に大きな付加曲げモーメントが作用することを明らかにした。今後の課題としては、ピンディテール接合部において回転性能を確保するための設計法の構築、床スラブが梁の挙動に及ぼす影響の把握、および柱の降伏（局部座屈を含む）が架構全体の耐震性能に及ぼす影響の把握が挙げられる。

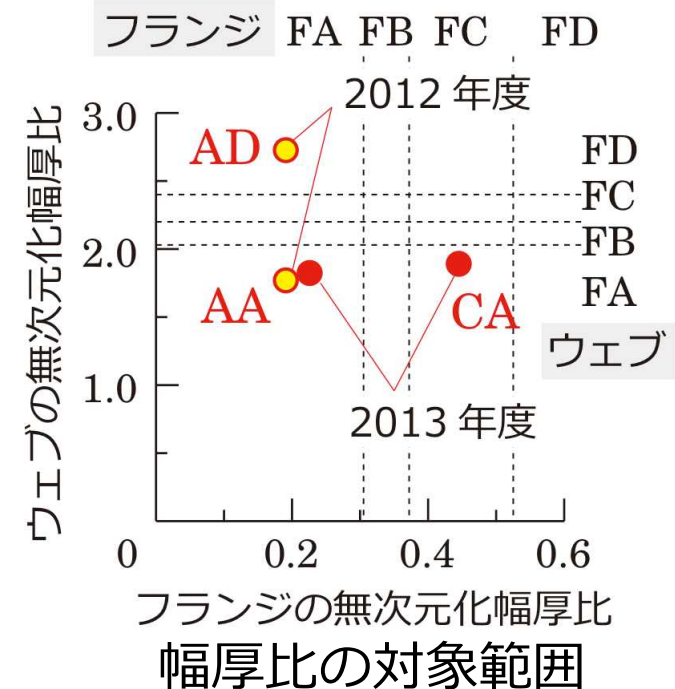
# (口) 横座屈する梁の塑性変形性能と床スラブの座屈補剛効果に関する検討

## H形断面梁の横座屈性状確認実験

- 目的：横座屈によって終局状態を迎えるH形断面梁の塑性変形能力を確認し、横座屈性状に及ぼす床スラブの影響を把握する。
- 実験パラメータ：床スラブの有無・横補剛材の有無・梁の細長比(材長)・曲げモーメント分布・フランジの幅厚比・梁の軸方向拘束の有無



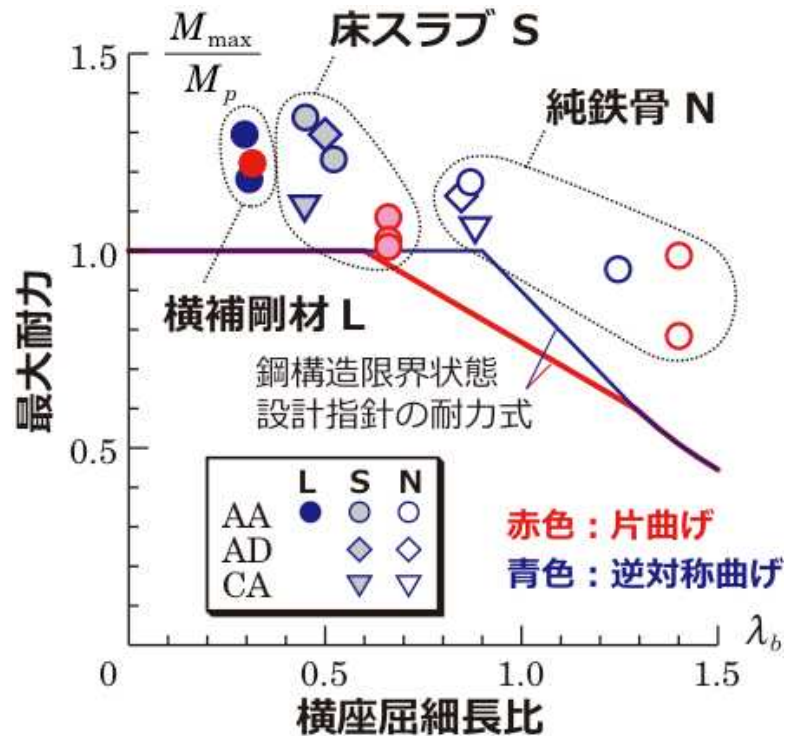
実験の様子



# (口) 横座屈する梁の塑性変形性能と床スラブの座屈補剛効果に関する検討

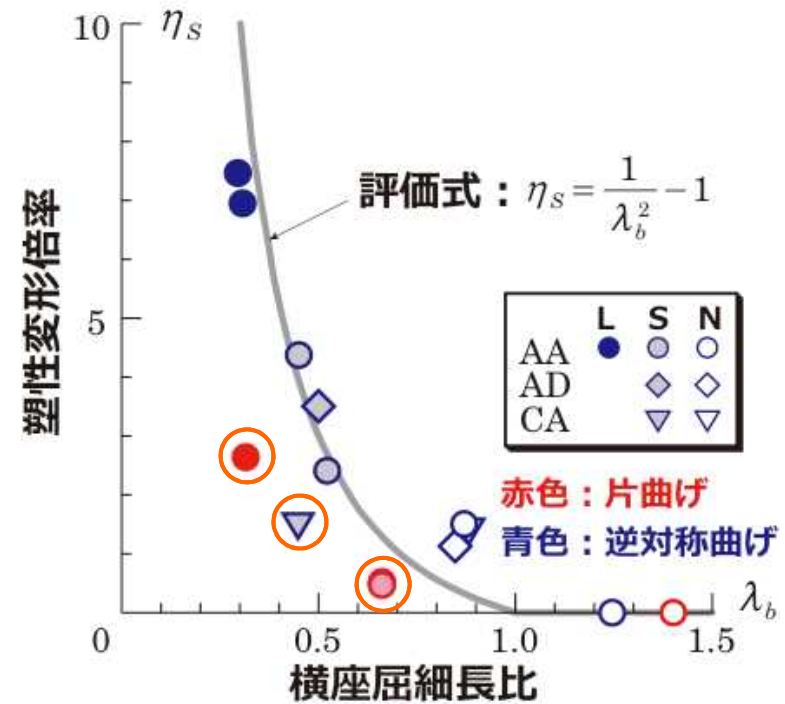
## H形断面梁の横座屈性状確認実験

### ■ 修正横座屈細長比と耐力の関係



- 横補剛や床スラブの有無にかかわらず、修正横座屈細長比を用いれば、既往の耐力式によって梁の耐力を評価できる。

### ■ 修正横座屈細長比と変形能力の関係



- ほとんどの実験結果は既往の評価式と良い対応を示しているが、一部の結果に評価式を下まわるものがある。

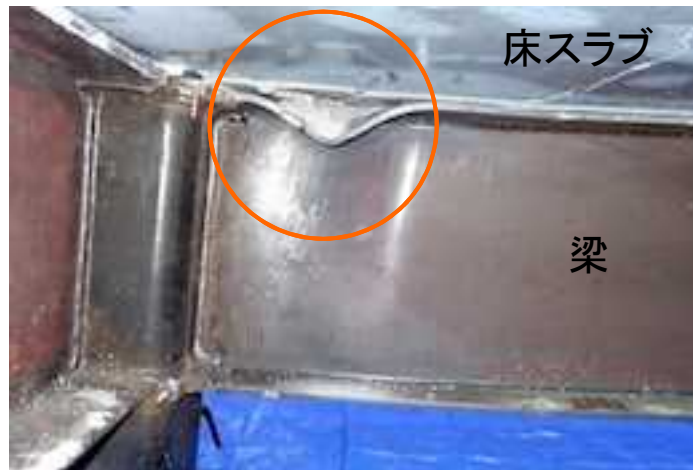
# (口) 横座屈する梁の塑性変形性能と 床スラブの座屈補剛効果に関する検討

## H形断面梁の横座屈性状確認実験

### ■ 変形能力が乏しかった原因

- 梁フランジの**局部座屈**が横座屈に先行して発生した。
- 局部座屈を考慮した変形能力の評価法が必要。

- **頭付きスタッドの破断**やコンクリートの**コーン状破壊**が生じた。
- スタッドの作用応力の把握と、破壊を防止するための設計法が必要。



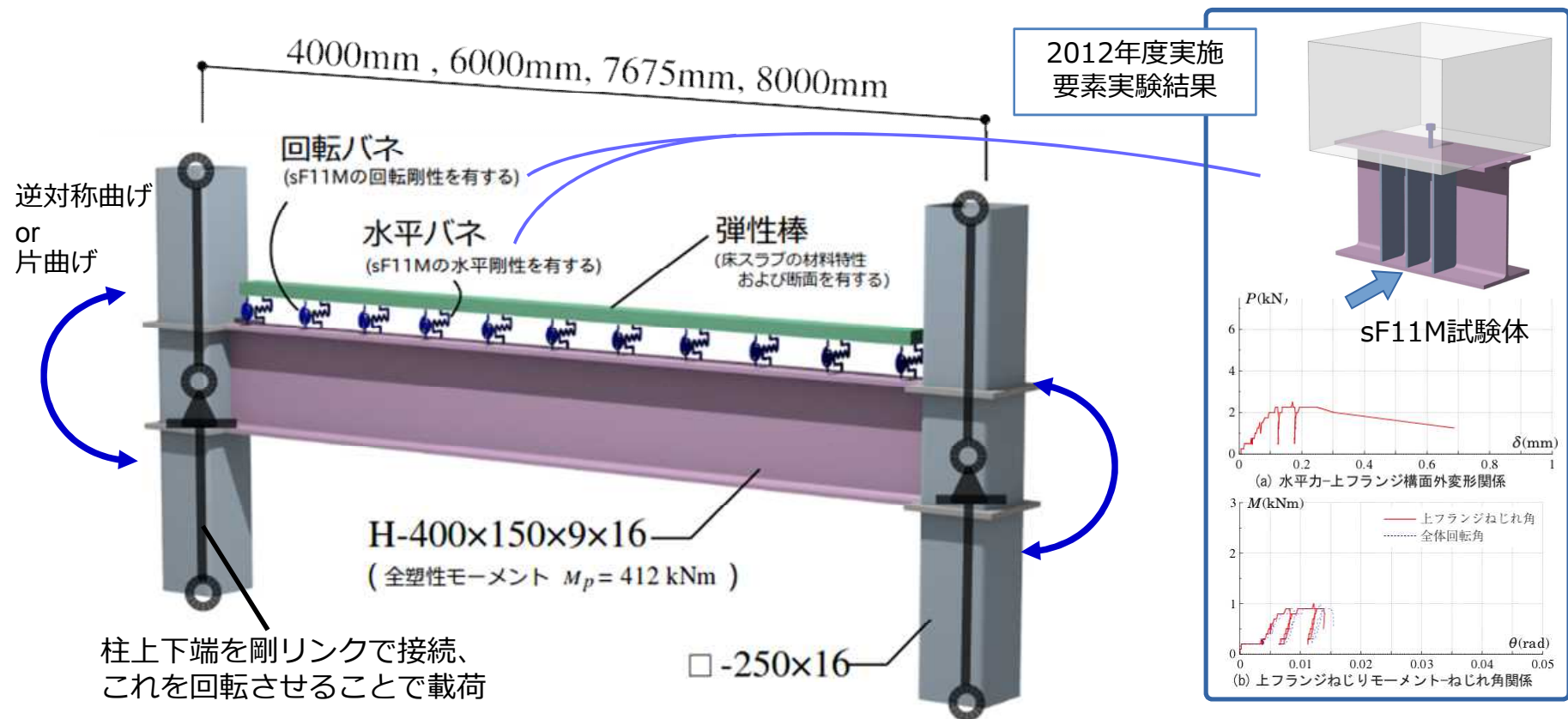
### ■ 床スラブによる変形能力の向上

- 上記以外のパラメータについては、床スラブによる変形能力の向上を適切に評価できることを確認した。

# (口) 横座屈する梁の塑性変形性能と床スラブの座屈補剛効果に関する検討

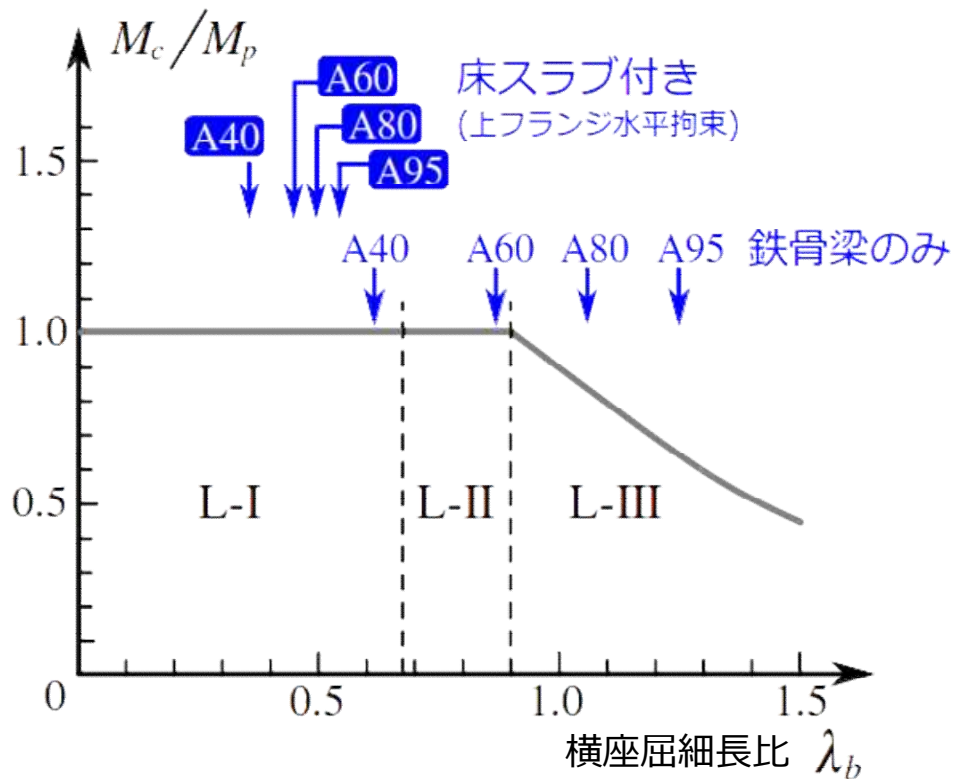
## 有限要素解析の目的および概要

- 目的： 実験結果の検証および、実験と解析との対応関係の確認。  
 スパン、載荷方法、床スラブ有無が変形能力向上に及ぼす影響の把握。
- 概要： 実験で用いた試験体と同断面モデル。スパンと載荷方法を変化させた解析

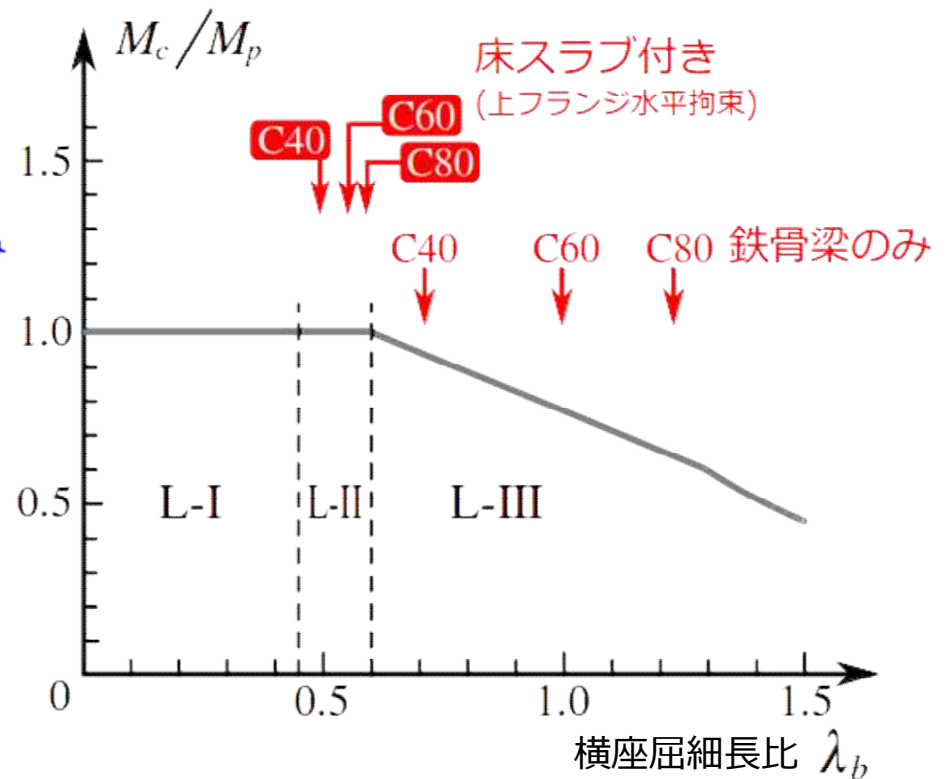


# (口) 横座屈する梁の塑性変形性能と 床スラブの座屈補剛効果に関する検討

有限要素解析モデル および 各モデルの横座屈細長比



(a) 逆対称曲げ

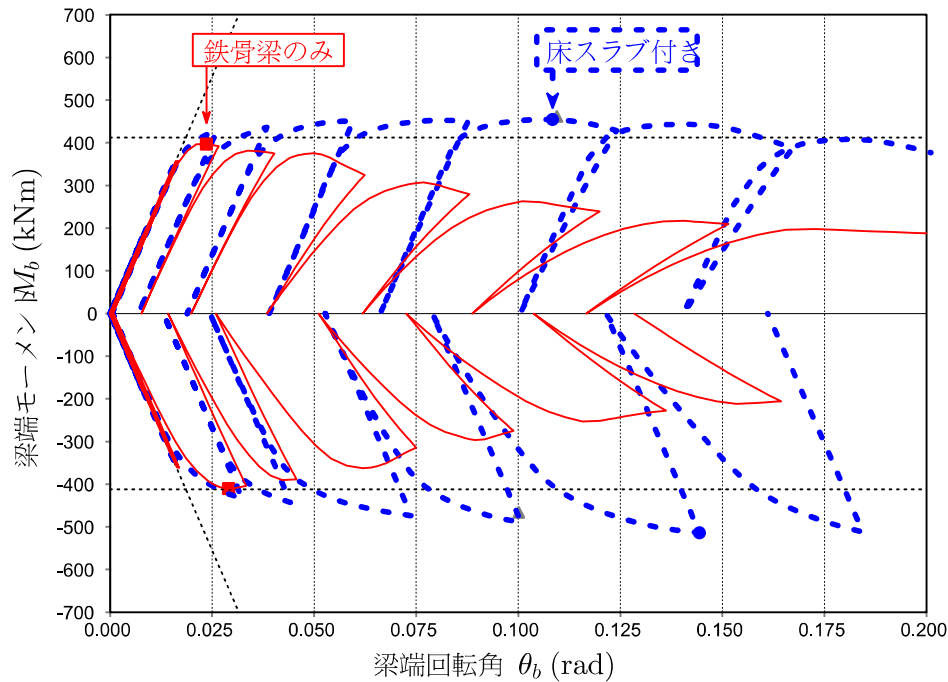


(b) 片曲げ

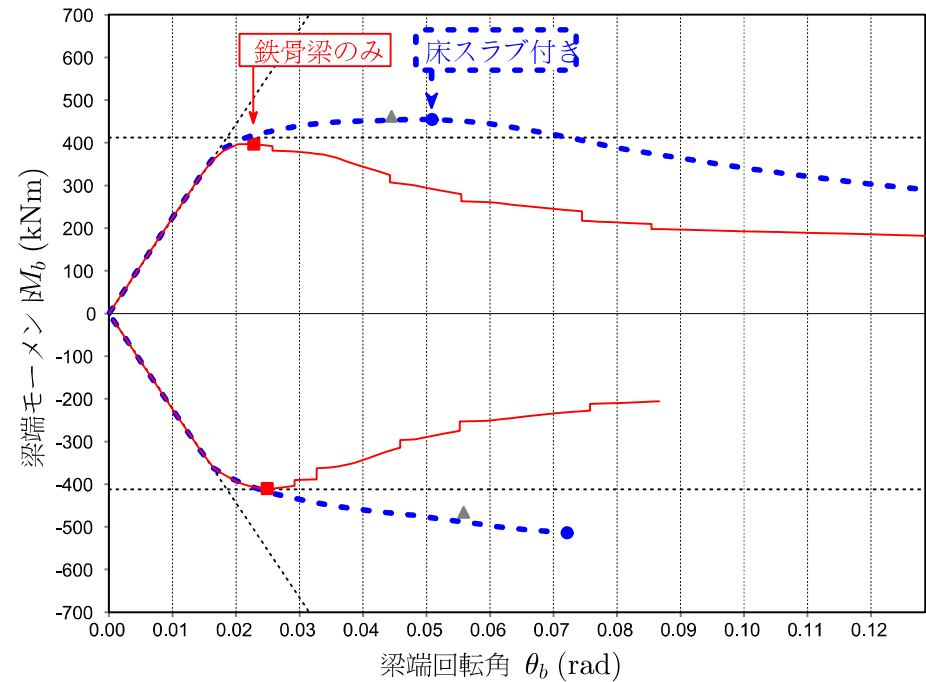
# (口) 横座屈する梁の塑性変形性能と 床スラブの座屈補剛効果に関する検討

得られた荷重—変形関係

■ スパン6000mm、片曲げ(C60シリーズ)の累積曲線および骨格曲線



(a) 累積曲線

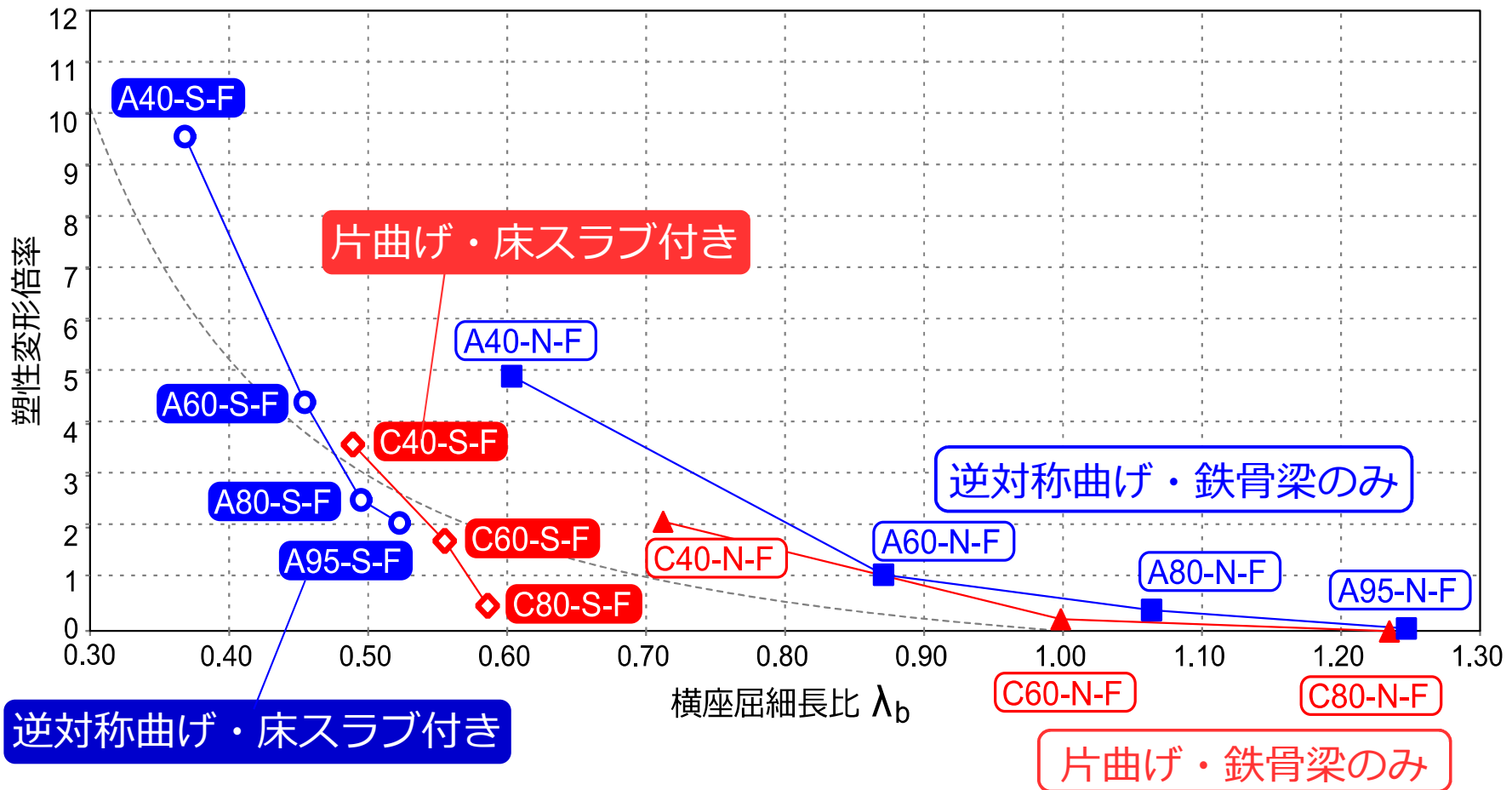


(b) 骨格曲線

# (口) 横座屈する梁の塑性変形性能と床スラブの座屈補剛効果に関する検討

横座屈細長比と、床スラブの座屈補剛効果の関係

■ 骨格曲線における塑性変形能力 (モーメントが最大となる点までの変形能力)





# (口) 横座屈する梁の塑性変形性能と 床スラブの座屈補剛効果に関する検討

## まとめと今後の課題

- 横座屈する梁の塑性変形性能を横座屈細長比に基づいて評価する方法を提案し、構造実験および有限要素解析による検証を行った。
- 床スラブを設置することで、最大曲げ耐力や塑性変形能力の向上が確認された。この挙動は概ね、既往研究に基づく上記提案手法により把握することができる。
- ただし、横座屈よりも局部座屈が先行して起こる場合や頭付きスタッドが破断して終局状態に達する場合あるいは片曲げの場合において、提案手法が過大評価することがある。
- 今後の課題としては、梁断面サイズやスラブのディテール等について実施適用の範囲を想定した検討や、床スラブやスタッドの破断を防ぐ条件の検討、および実設計で要求される塑性変形能力確保のための条件の検討が必要である。

# (八) 梁ウェブ継手効率 $\alpha$ が梁の塑性変形性能に及ぼす影響に関する検討

梁が柱やパネルに対して不利となるト形部分架構による  
接合部実験を実施

・実験パラメータ

梁断面(溶接組立部材)と鋼管断面

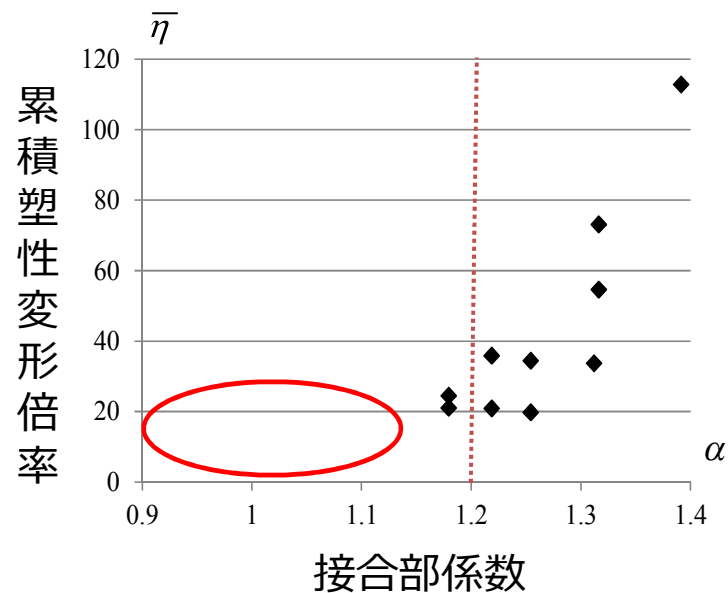
BH-600×200×16×16

BH-600×200×12×16

× □-400×12,16,22

素材試験結果による接合部係数

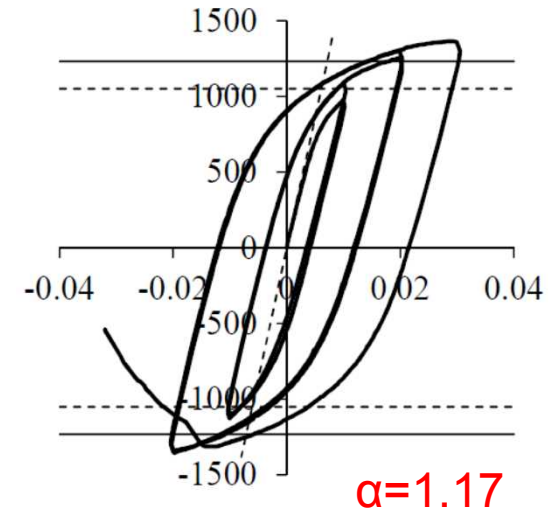
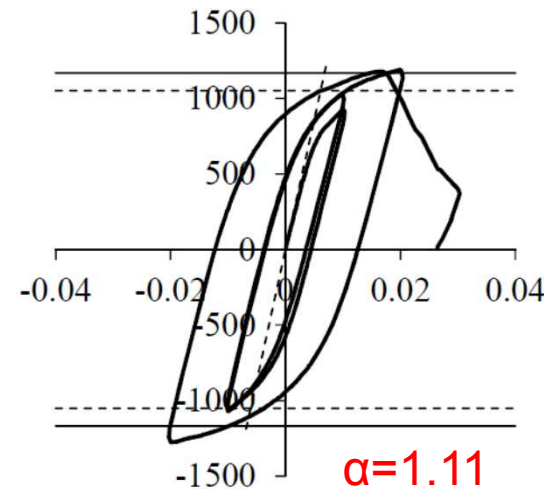
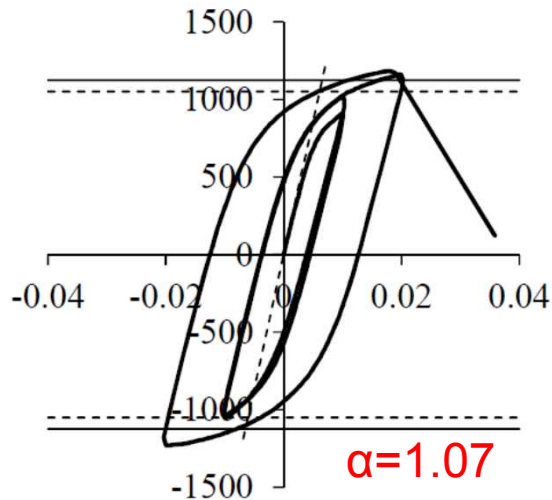
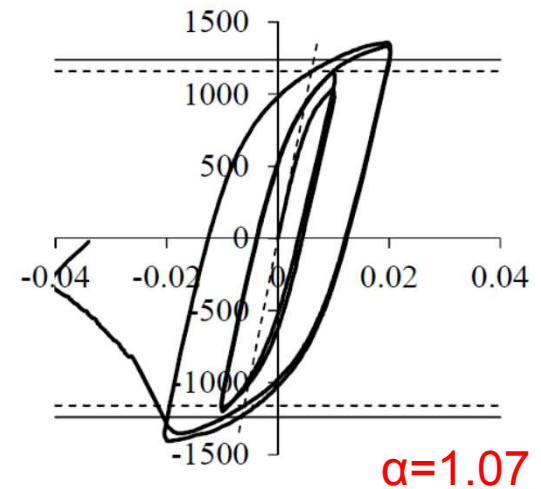
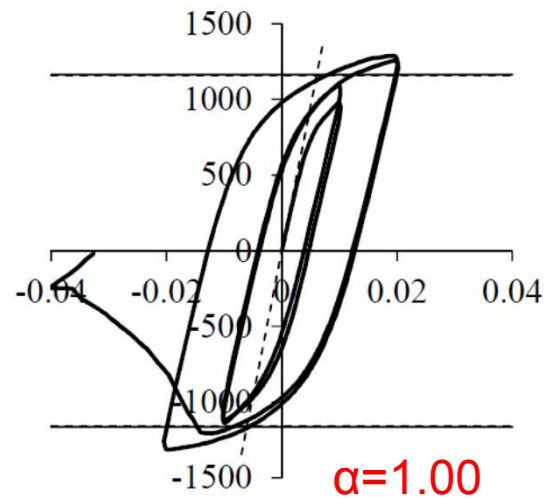
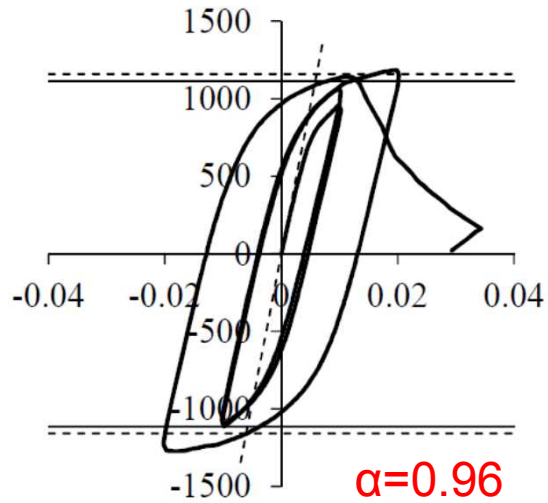
0.96~1.17



繰り返し載荷実験

# (八) 梁ウェブ継手効率 $\alpha$ が梁の塑性変形性能に及ぼす影響に関する検討

実験結果

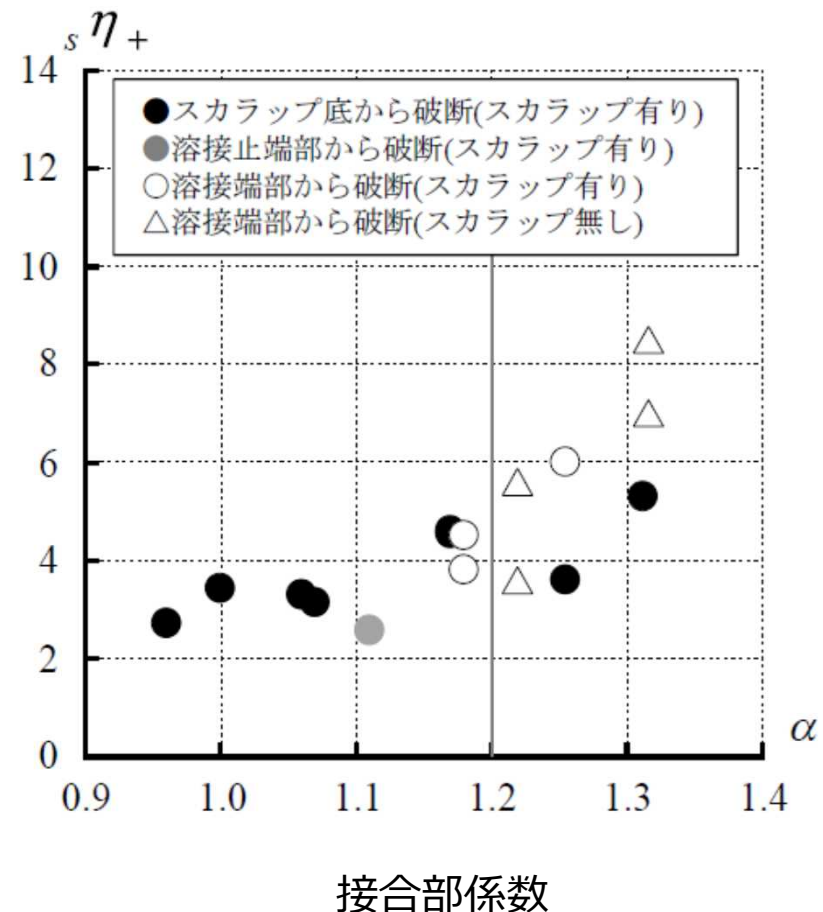


# (八) 梁ウェブ継手効率 $\alpha$ が梁の塑性変形性能に及ぼす影響に関する検討

## ウェブのモーメント伝達効率が低い梁の塑性変形能力

使用鋼材の降伏点を用いて計算した試験体の接合部係数(実験値)は0.96~1.17となった。これら接合部係数が1.2を下回る試験体が破断に至るまでの塑性変形能力は、累積塑性変形倍率で10程度、一方向載荷の条件下における塑性変形能力と対応する骨格曲線における塑性変形倍率においても2程度の変形能力があることがわかった。

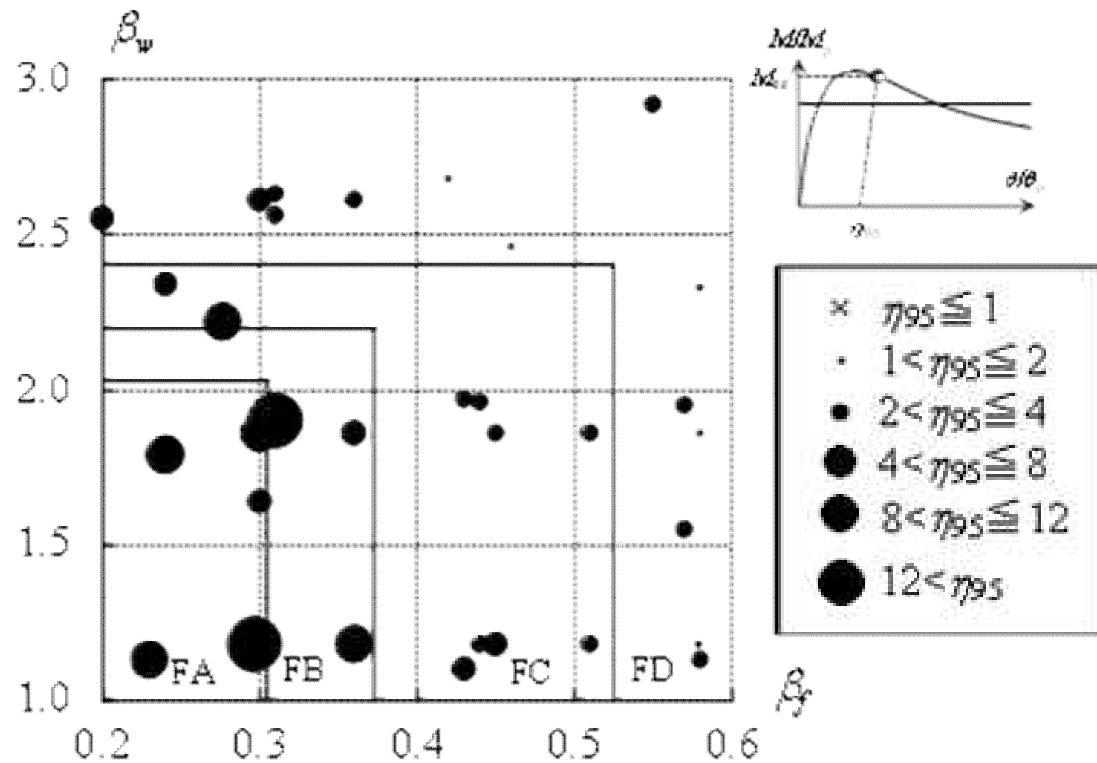
骨格曲線における累積塑性変形倍率



# (八) 梁ウェブ継手効率 $\beta_w$ が梁の塑性変形性能に及ぼす影響に関する検討

## 既往の部材実験結果との比較

部材種別の設定において基準となっている局部座屈によって最大耐力が決まる場合について、既往の実験を整理し、一方向荷重の条件下における塑性変形能力と対応する骨格曲線における塑性変形倍率において、最大耐力までの塑性変形倍率で見ると、種別FBでは5以上、種別FCでは2以上となっていることを示した。



# (八) 梁ウェブ継手効率が梁の塑性変形性能に及ぼす影響に関する検討

## まとめ

- 使用鋼材の降伏点を用いて計算した接合部係数が0.96～1.17となる試験体を用いた実験から、接合部係数が1.2を下回る試験体が破断に至るまでの塑性変形能力は、累積塑性変形倍率で10程度、一方向載荷の条件下における塑性変形能力と対応する骨格曲線における塑性変形倍率においても2程度の変形能力があることがわかった。
- 部材種別の設定において基準となっている局部座屈によって最大耐力が決まる場合について、既往の実験を整理し、一方向載荷の条件下における塑性変形能力と対応する骨格曲線における塑性変形倍率において、最大耐力までの塑性変形倍率で見ると、種別FBでは5以上、種別FCでは2以上となっていることを示した。
- 併せて数値解析も行い、解析においても接合部係数が1.2を下回るような場合でも骨格曲線における塑性変形能力は2程度はあるという結果が得られた。
- 実験と解析から得られた結果は、材端部におけるフランジがある程度伸びた後しか破断しないことから、最低限の塑性変形能力が確保されていることを示すものである。