

平成 22 年度国土交通省建築基準整備促進事業

29. 鉄筋コンクリート造の壁はり接合部等の耐力評価に関する実験

研究代表者： 塩原 等

国立大学法人東京大学工学系研究科・株式会社大林組技術研究所

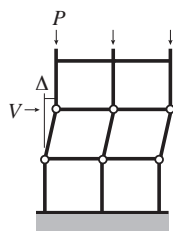


靱性骨組の耐震性の確保

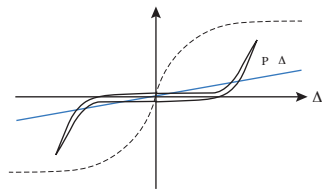
- 地震後の修復を容易にするためには柱梁接合部の損傷抑止が必要
- 柱梁接合部は、崩壊機構形成時にも、柱と梁の剛性と曲げ終局強度を発揮できることが必要
- 柱梁接合部のヒンジ化は架構の不安定化を招く



最近の接合部の地震被害



接合部ヒンジとP-Δ効果



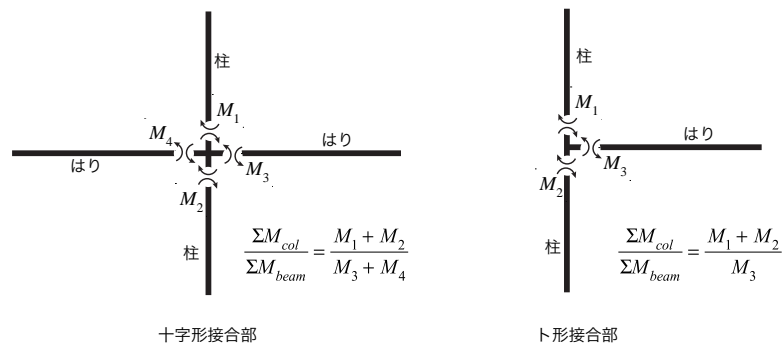
接合部ヒンジによる剛性低下とスリップ化

謝辞

- 本調査事業は、以下の補助をうけ東京大学・株式会社大林組技術研究所および行政法人建築研究所との共同研究として実施したものである。ここに記して関係各位に謝意を表します。
 - 平成 22 年度国土交通省建築基準整備促進事業
 - 平成 22 年度学術振興会科学研究補助金基盤研究 (B) 「力学モデルによる鉄筋コンクリート柱・梁接合部の耐震設計法の確立」(研究代表者:塩原等)

柱・はり強度比 $\frac{\sum M_{column}}{\sum M_{beam}}$

- 柱断面の曲げ強度の和と梁断面の曲げ強度の和の比

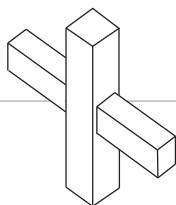


柱とはりの断面が同じ場合には：

$$\frac{\sum M_{col}}{\sum M_{beam}} = 1.0 \quad (\text{十字形接合部})$$

$$\frac{\sum M_{col}}{\sum M_{beam}} = 2.0 \quad (\text{ト形接合部})$$

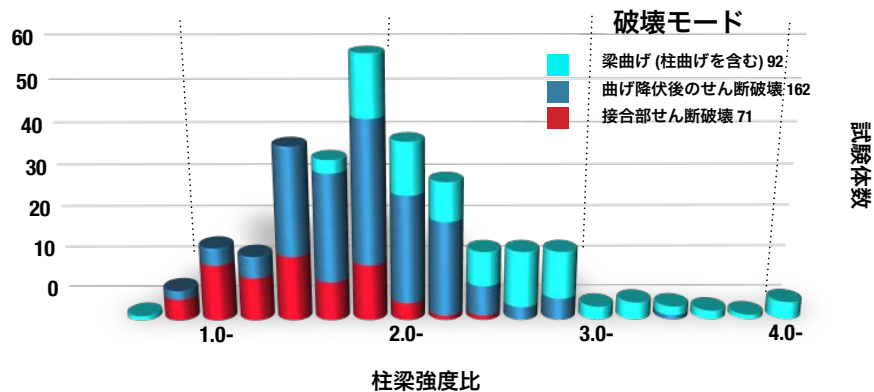
柱梁強度比の偏り



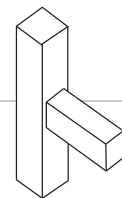
計 325 体 日本 288, 北米 28, ニュージーランド 5

平面 偏心なし 普通コンクリート 特殊補強なし
プレストレスなし、柱一定軸力

十字形



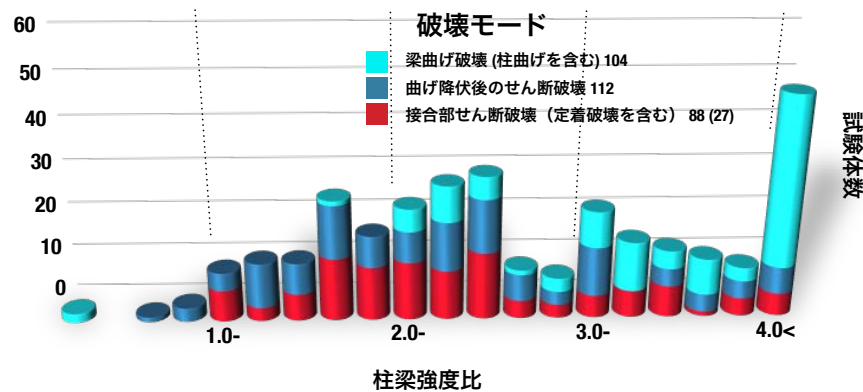
柱梁強度比の偏り



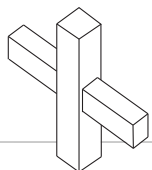
計 331 体; 日本 260, 北米 35, ニュージーランド 15

平面 偏心なし 普通コンクリート 特殊補強なし
プレストレスなし、柱一定軸力

T形接合部

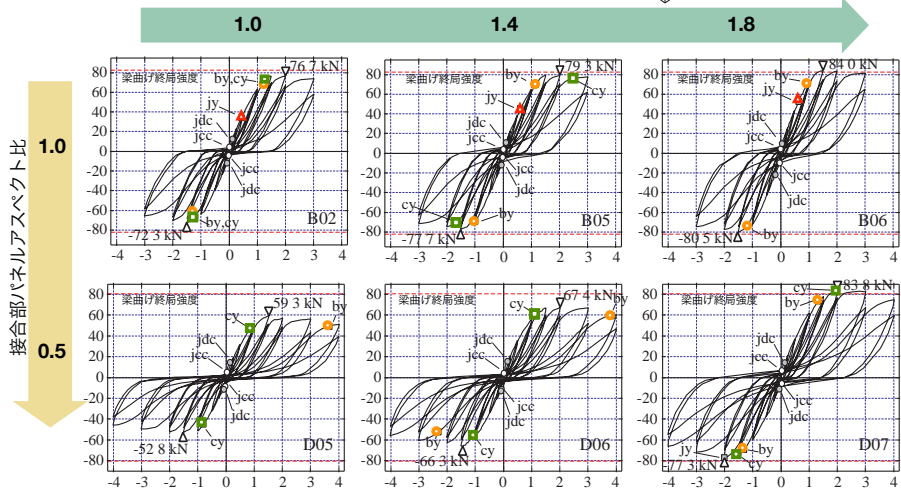


2008年度の実験 層せん断力・層間変形角の関係

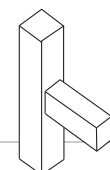


十字形

柱・梁強度比

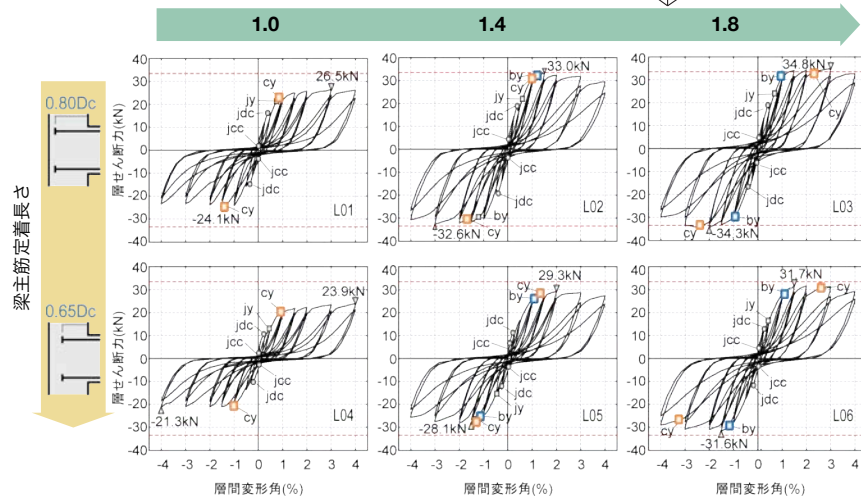


2009年度の実験 層せん断力・層間変形角の関係



T形

柱梁強度比



柱梁強度比の影響についてわかったこと

- 過去の実験では、柱梁強度比が 1.8 より小さい柱梁接合部の実験で、梁曲げ破壊型となるものがない。
- 現在の設計慣行では、柱梁強度比の目標値は、日本では 1.0 ~ 1.5 程度、米国でも、1.2 ~ 1.8 程度とされている。
- 昨年度までの研究で、柱梁強度比が 1.0 ~ 1.5 では、接合部せん断余裕度が 1.0 以上あっても、その値によらず、梁曲げ強度に達することなく接合部破壊が起こり、履歴性状にスリップ性状が著しく表れることがわかった。

研究計画

R シリーズ	外部壁柱・壁梁接合部の実験	5 体
P シリーズ	梁せいが柱せいより大きい外部柱梁接合部の実験	4 体
F シリーズ	柱幅と梁幅が異なり偏心した内部柱梁接合部の実験	5 体
鉄筋コンクリート十字形柱梁接合部パネルの破壊機構の検証実験		5 体
非線形FEM解析		32ケース

柱梁曲げ強度比が 1.0 から 2.0 の範囲での実験データを広く集める

共通条件：

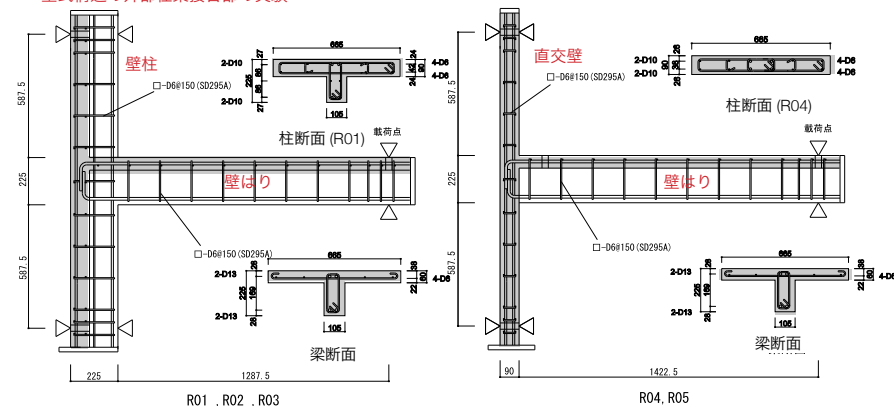
- 主筋 SD345 コンクリート強度 27 MPa
- 柱軸力 ゼロ（上下柱同になるように制御）

研究の目的 今年度の研究

- 柱梁強度比が 1.0 から 1.5 程度の範囲での接合部の形状の影響の実験
 - 梁主筋定着性能（壁柱・壁梁接合部）
 - 直交壁・スラブの影響（壁柱・壁梁接合部）
 - 柱幅・梁幅が大きく異なる場合、柱と梁が偏心する場合（十字形接合部）
 - 柱せいに対して梁せいが大きい場合（ト型接合部）
- 架構の耐力の評価法の合理化
- 架構の靱性の判定法の合理化
- 柱梁接合部の耐震設計の合理化

外部壁・梁接合部の実験 (Rシリーズ)

壁式構造の外部柱梁接合部の実験



1. 梁主筋径 (D10 D13)

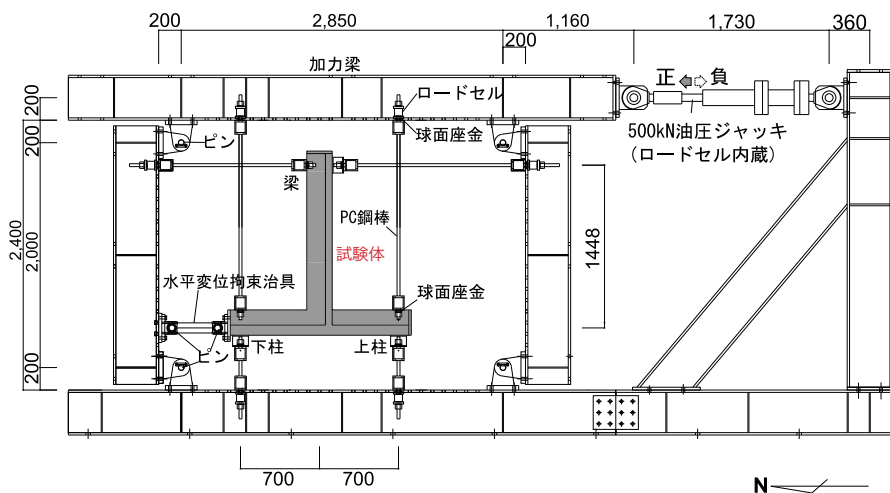
RC規準の要求する定着長さの75, 110%

2. 柱梁強度比 (1.0, 2.0)

3. 接合部拘束補強量 (0.35% 1.04%)

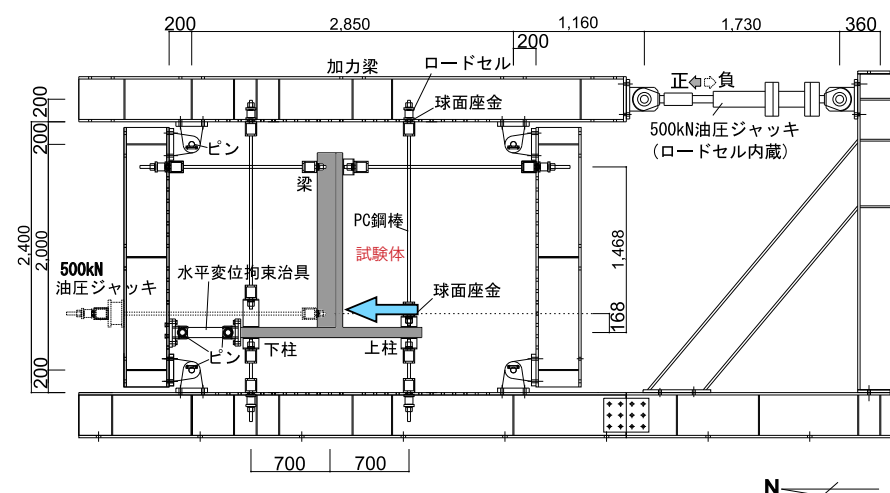
長期鉛直荷重伝達性能

加力装置 (Rシリーズ)



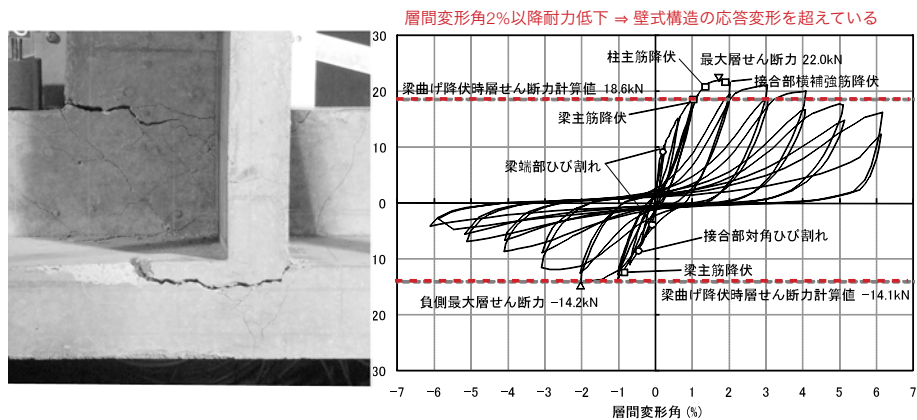
(a) 試験体 R01-R03

加力装置 (Rシリーズ) 長期鉛直荷重載荷方法



(b) 試験体 R04, R05

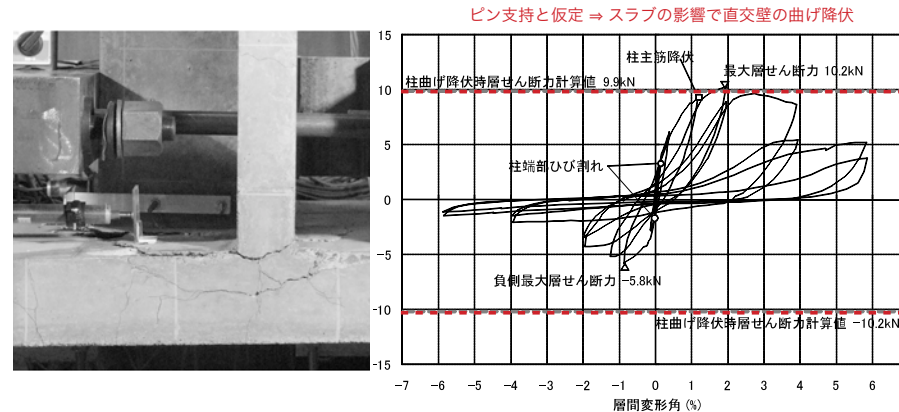
典型的な破壊 1



試験体 R01

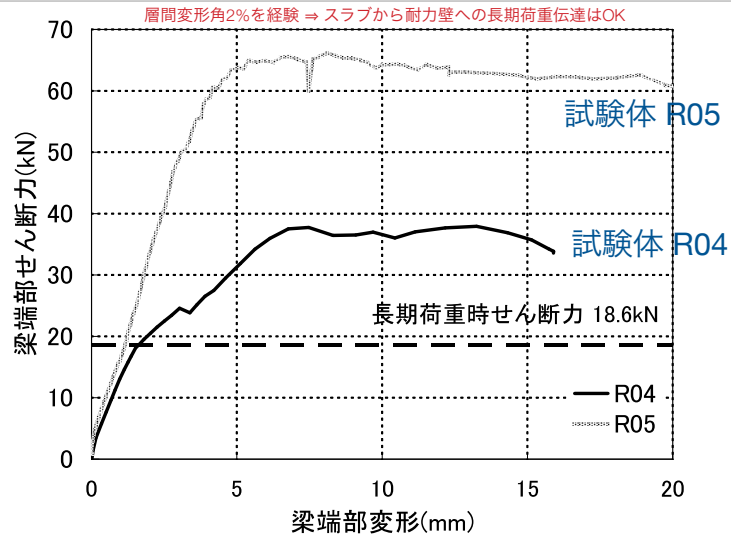
柱梁曲げ強度比 1.0
 梁主筋定着長 $0.82 D_c < \begin{cases} \text{定着長/必要定着長さ} & 0.76 \text{ コア内} \\ \text{定着長/必要定着長さ} & 0.61 \text{ コア外} \end{cases}$

典型的な破壊 2



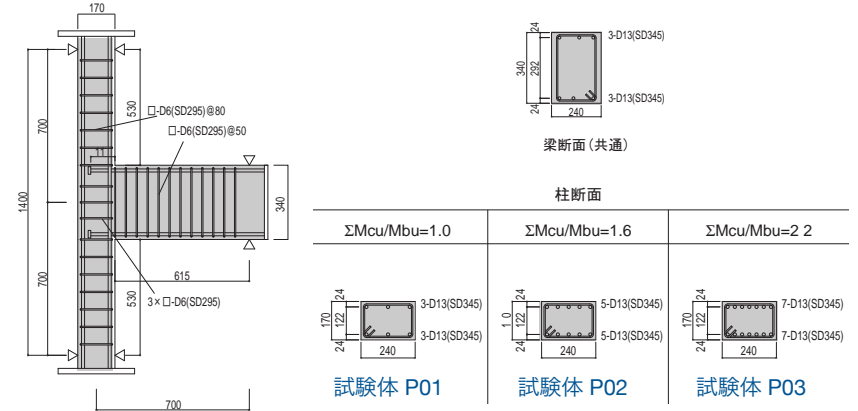
試験体 R04

梁端部の鉛直せん断力伝達能力



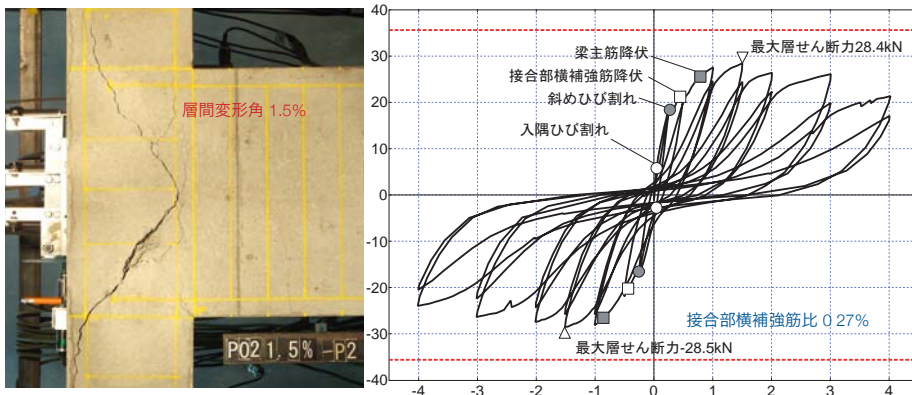
外部柱梁接合部の実験 (Pシリーズ)

梁せいが柱せいより大きい外部柱梁接合部の実験



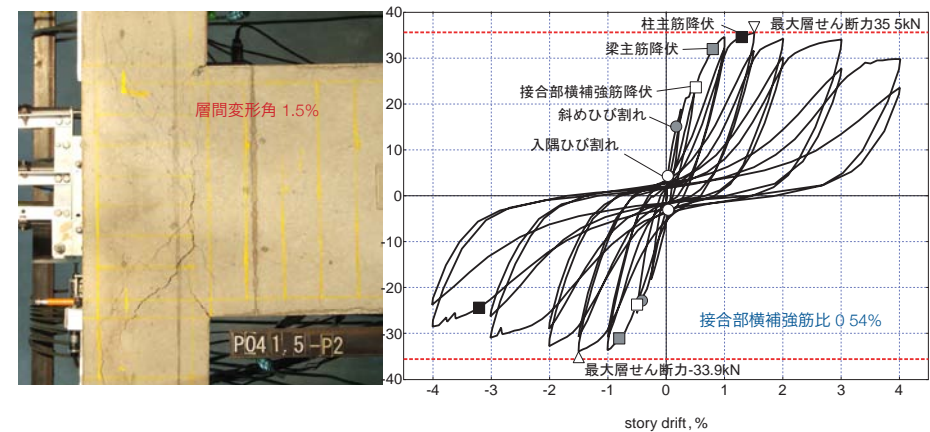
1. 柱梁強度比 (1.0, 1.6, 2.2)
2. 接合部拘束補強量 (0.27% ⇒ 0.55%) 試験体 P04

典型的な破壊 3



試験体 P01 柱梁曲げ強度比 1.6
柱梁接合部せん断余裕度 1.14

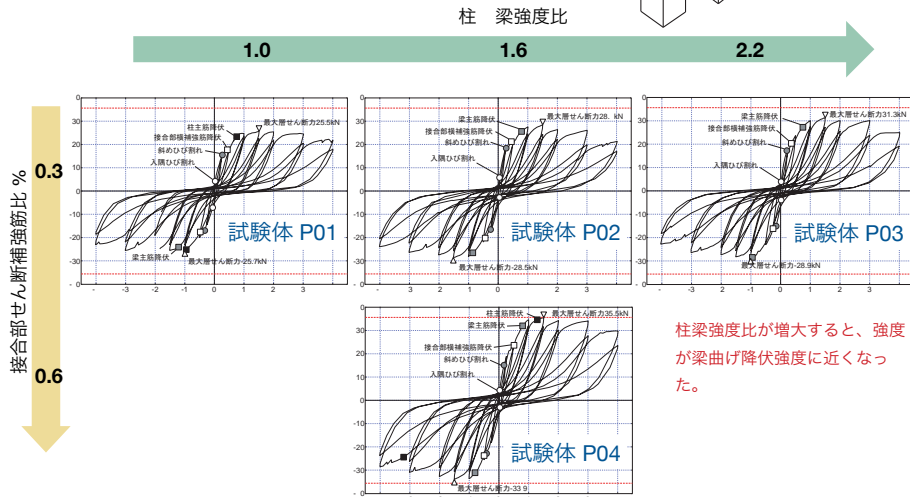
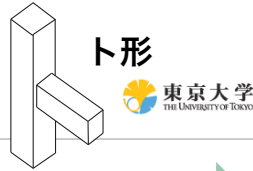
典型的な破壊 4



試験体 P04 柱梁曲げ強度比 1.6
柱梁接合部せん断余裕度 1.14

接合部横補強筋を増やすと、接合部のひび割れが減り、強度が梁曲げ降伏強度に近くなった。

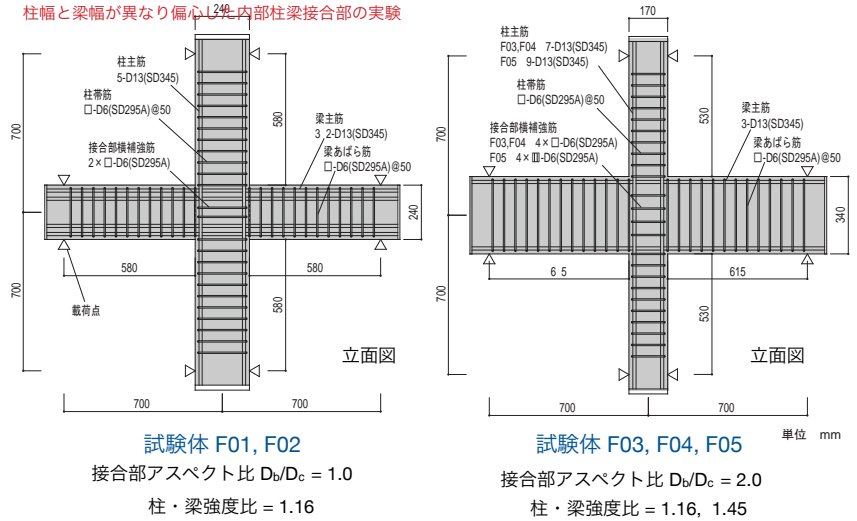
層せん断力・層間変形角の関係



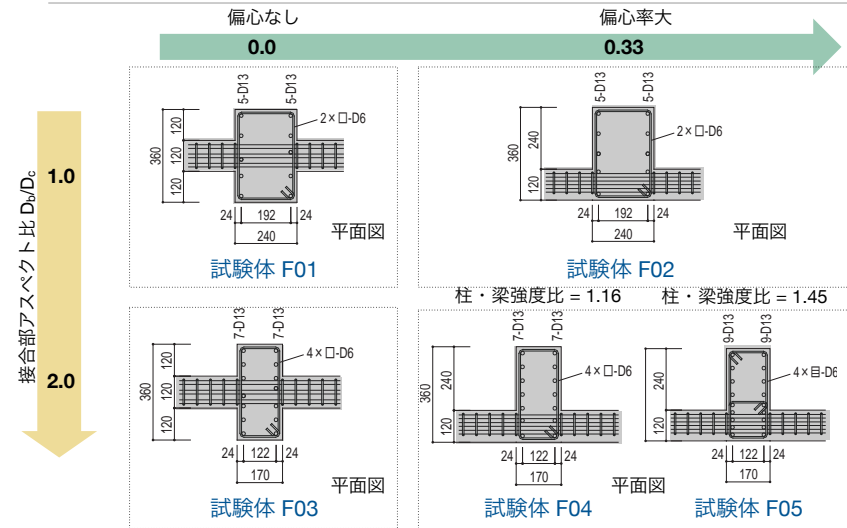
内部柱梁接合部の実験 (Fシリーズ)



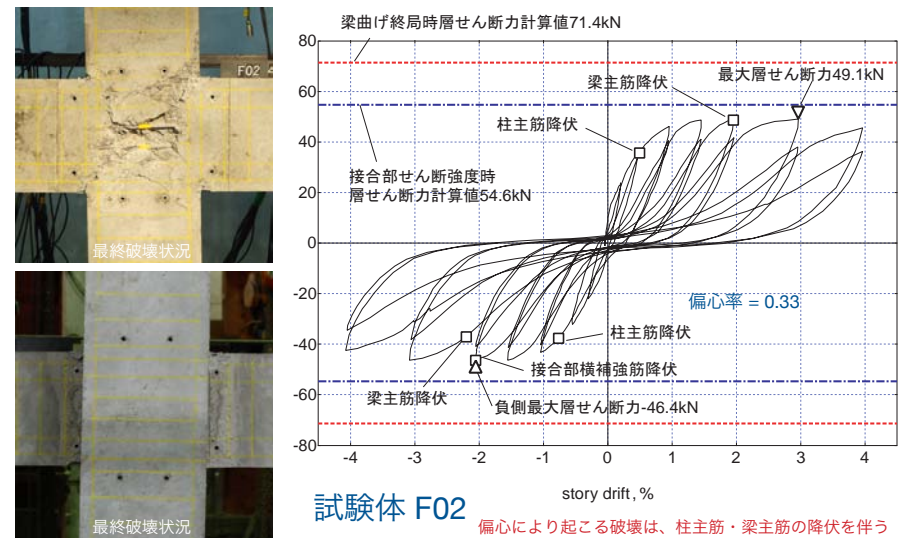
柱幅と梁幅が異なり偏心した内部柱梁接合部の実験



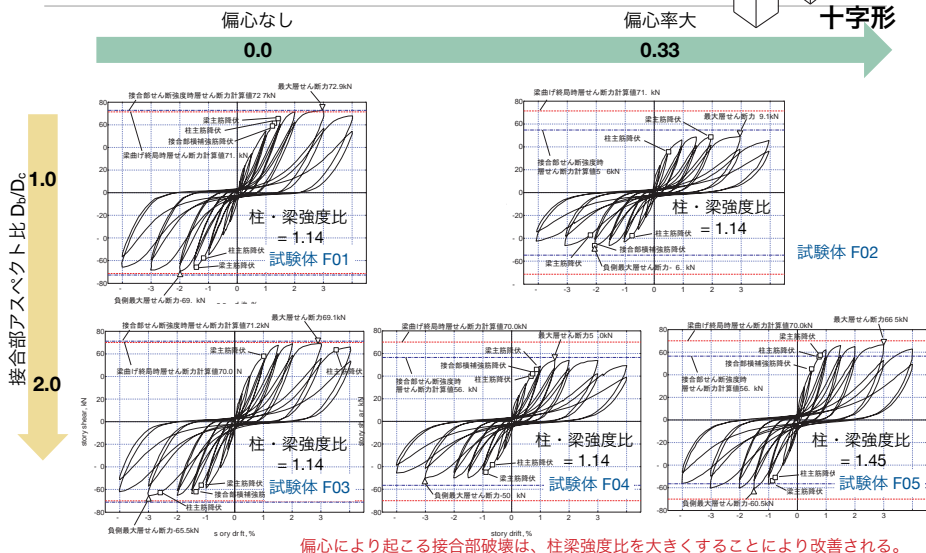
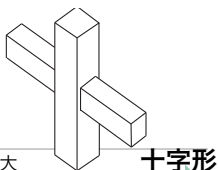
内部部柱梁接合部の実験 (Fシリーズ)



典型的な破壊 5



層せん断力・層間変形角の関係



まとめ (R・P・Fシリーズ)

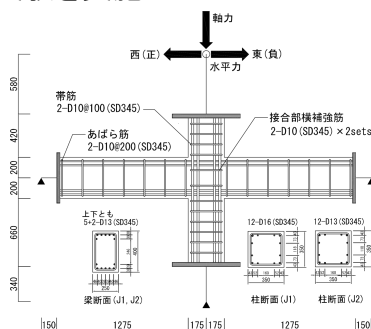
- 柱梁接合部の試験体のデータベースにおける偏り
 - 柱梁強度比が 1.8 以上ないと梁降伏型が見られない
 - 柱梁強度比が 1.0~1.5程度の実験データが少ないので実験が必要
- スラブ直交壁付き壁柱・壁梁外部接合部の実験
 - 1) 定着筋、2) 柱梁強度比、3) 接合部補強筋量の影響
- 梁せいが柱せいより大きい外部柱梁接合部の実験
- 柱幅が梁幅より大きい内部柱梁接合部の実験

鉄筋コンクリート十字形柱梁接合部パネルの破壊機構の検証実験

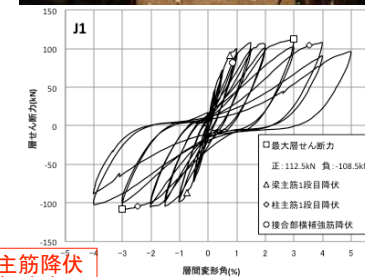
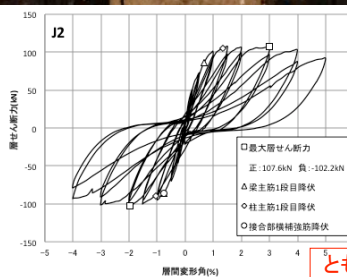
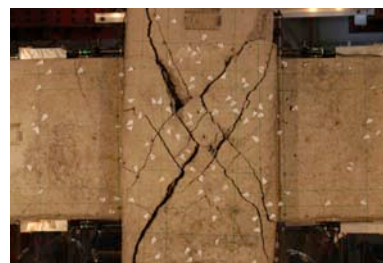
【目的】: 柱幅(350mm)と梁幅(250mm)とが異なり、柱に軸力が作用するという、より現実に近い状況で十字形柱梁接合部パネルの破壊機構を検証すること

【方法】: 平面十字形柱梁部分架構試験体5体に一定軸力を与え、水平力を正負交番载荷する実験を実施した

【変数】: 柱と梁との曲げ強度比 (1.3および1.8)
柱軸力 (圧縮および引張り)
柱梁接合部パネルの形状



実験結果(1) 柱梁曲げ強度比の違い (柱圧縮軸力一定)

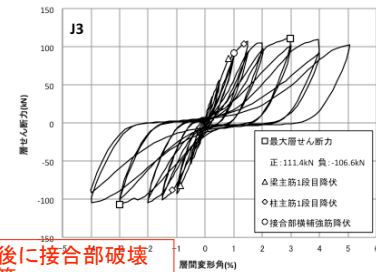
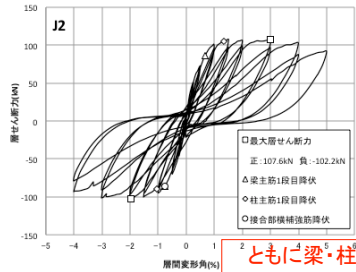
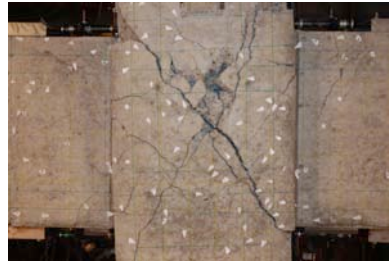
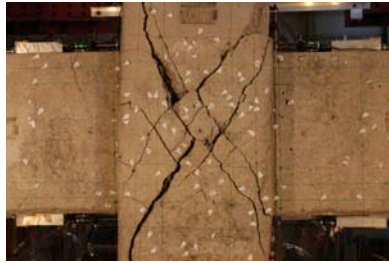


接合部せん断余裕度 = 1.36
柱梁曲げ強度比 1.3

ともに梁・柱主筋降伏後に接合部破壊耐力同等

接合部せん断余裕度 = 1.36
柱梁曲げ強度比 1.8

実験結果(2) 柱軸力の違い(柱梁曲げ強度比一定)



圧縮軸力

ともに梁・柱主筋降伏後に接合部破壊
耐力同等
引張り軸力の方がピンチ化が顕著

引張り軸力

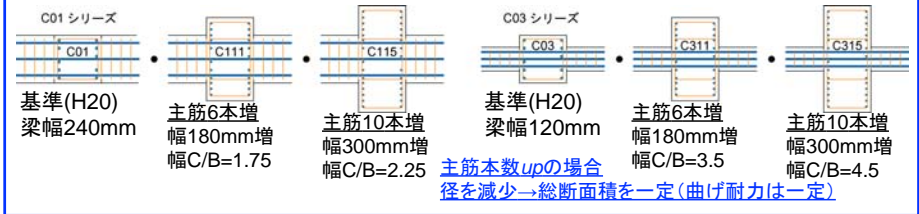
非線形FEM解析

【目的】: 柱と梁の断面形状(幅)が大きく異なる場合の挙動を、解析的に検証すること

【方法】: 既往の実験試験体(H20年度実験)を基準とし、柱幅・柱主筋本数などを解析パラメータとする

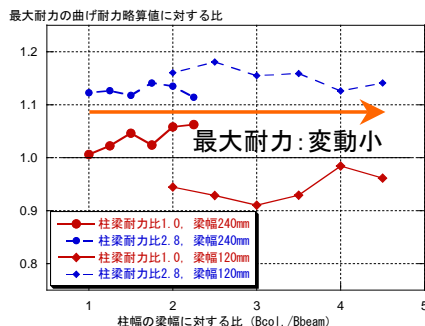
【変数】: 柱幅/梁幅(幅C/B)=1.0~8.0まで、32ケース
柱梁耐力比1.0:柱梁主筋ともにD13, 試験体ベース
柱梁耐力比2.8:柱主筋D16, 梁主筋D10に変更

解析ケース(例)

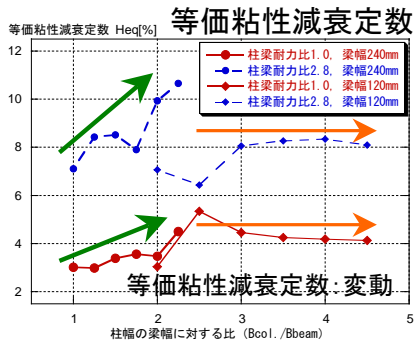


非線形FEM解析

【解析結果】 最大耐力と等価粘性減衰定数



最大耐力:変動小

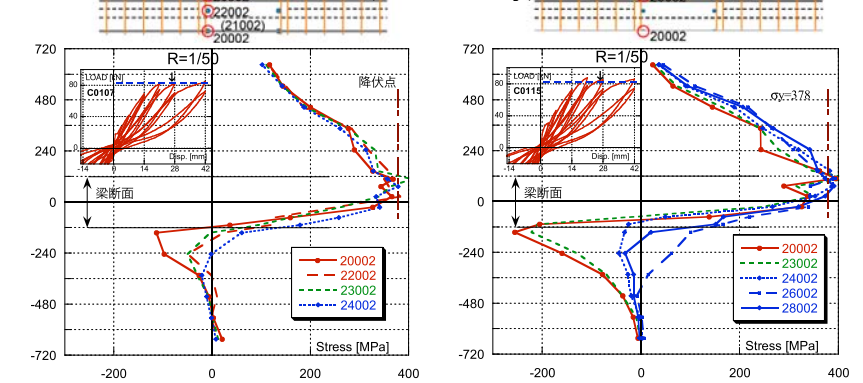


等価粘性減衰定数:変動

最大耐力については、柱幅/梁幅によって変動しない。
等価粘性減衰定数は、柱幅/梁幅が大きくなると上昇するが、
柱幅/梁幅が大きくなると(2以上), 変動しない
→柱幅は 耐力への影響は小さく, 履歴性状への影響は大きい

非線形FEM解析

【解析結果】: 柱主筋の応力度分布 (R=1/50時)



引張応力は全幅で負担/圧縮応力は外縁ほど負担が小さい
→柱幅/梁幅が大きくなることで, 有効な圧縮主筋が少なくなる
(ただし, このパラスタ範囲では耐力への影響は小さい)