

平成 23 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

「複雑な形状の各種鉄筋コンクリート部材仕口の耐力に関する調査」

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



謝辞



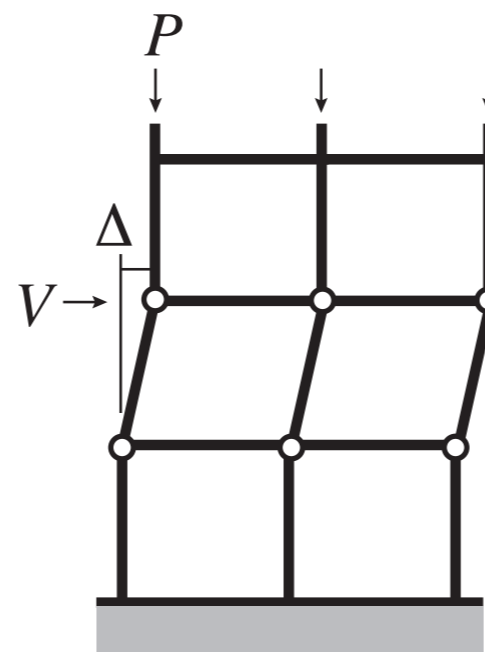
- 本調査事業は、平成 23 年度国土交通省建築基準整備促進事業の補助を受け、東京大学・株式会社大林組技術研究所および行政法人建築研究所との共同研究として実施したものである。ここに記して関係各位に謝意を表します。

靱性骨組の耐震性の確保

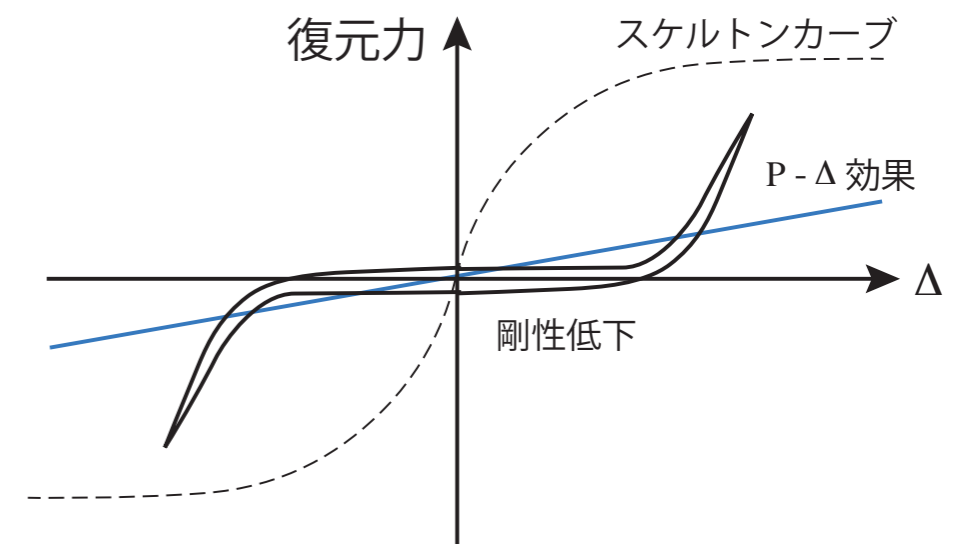
- 地震後の修復を容易にするためには柱梁接合部の損傷抑止が必要
- 柱梁接合部は、崩壊機構形成時にも、柱と梁の剛性と曲げ終局強度を発揮できることが必要
- 柱梁接合部のヒンジ化は架構の不安定化を招く



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

研究の目的

- 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
 - L形柱梁接合部におよぼす柱梁強度比の影響
 - 基礎梁－柱接合部
 - 壁柱・壁梁接合部における直交壁・スラブの拘束効果と横補強筋量の影響
 - 接合部横補強筋の影響に関する実験（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

研究計画

R シリーズ	外部壁柱・壁梁接合部の実験	2 体
V シリーズ	L 形柱梁接合部の実験	9 体
W シリーズ	基礎梁と柱の接合部の実験	2 体
RC外柱梁接合部材の耐震性能に梁主筋量と接合部横補強筋量が与える影響に関する実験		3 体
非線形FEM解析		48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

外部壁・梁接合部の実験 (Rシリーズ)



- 平成22年度の実験でわかったこと

- 壁柱のせいが最小壁長さ程度
- 壁梁主筋の定着長さはRC規準の規定に対して0.55~0.8倍
- 両側直交壁・スラブ付
- 柱梁曲げ強度比1~2

➔ 梁主筋は降伏し，梁曲げ降伏強度は発揮される

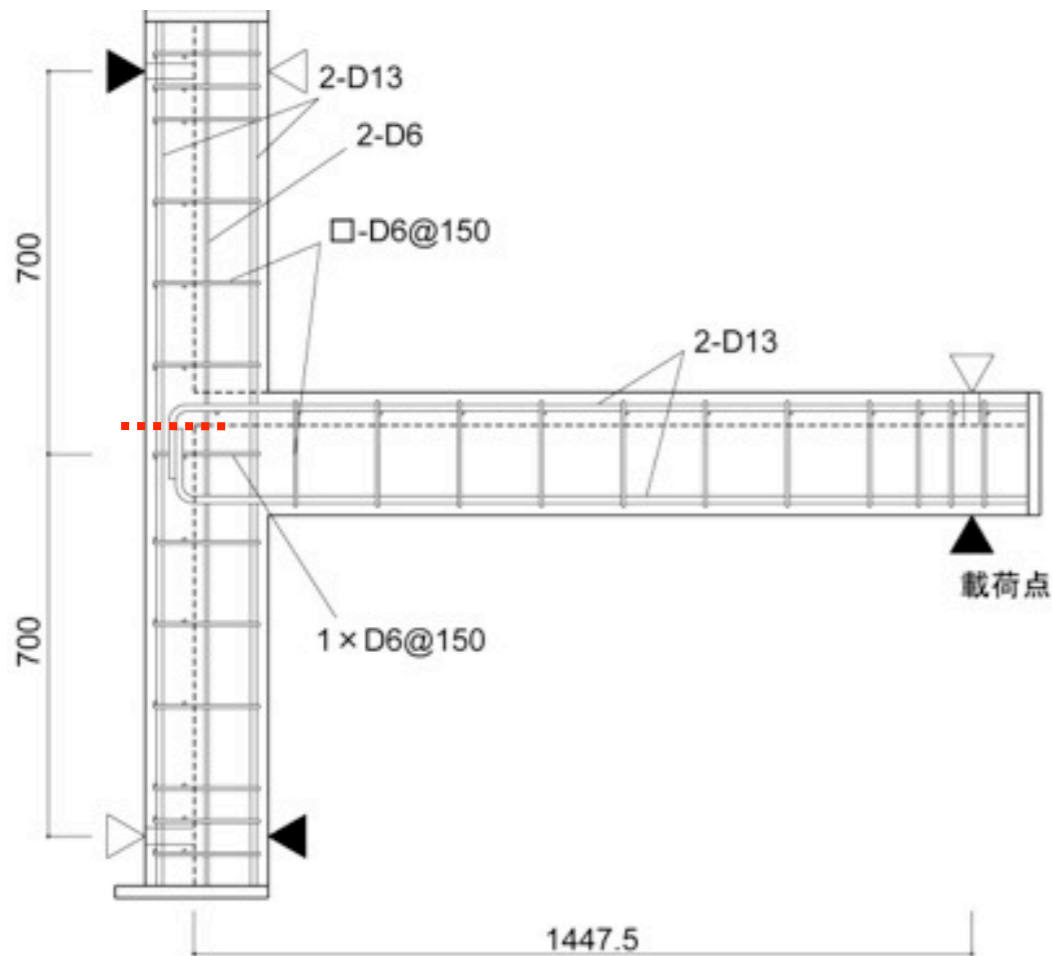
スラブが圧縮側となる方向では最大耐力は梁曲げ終局強度以下

最終的に柱梁接合部に損傷が集中

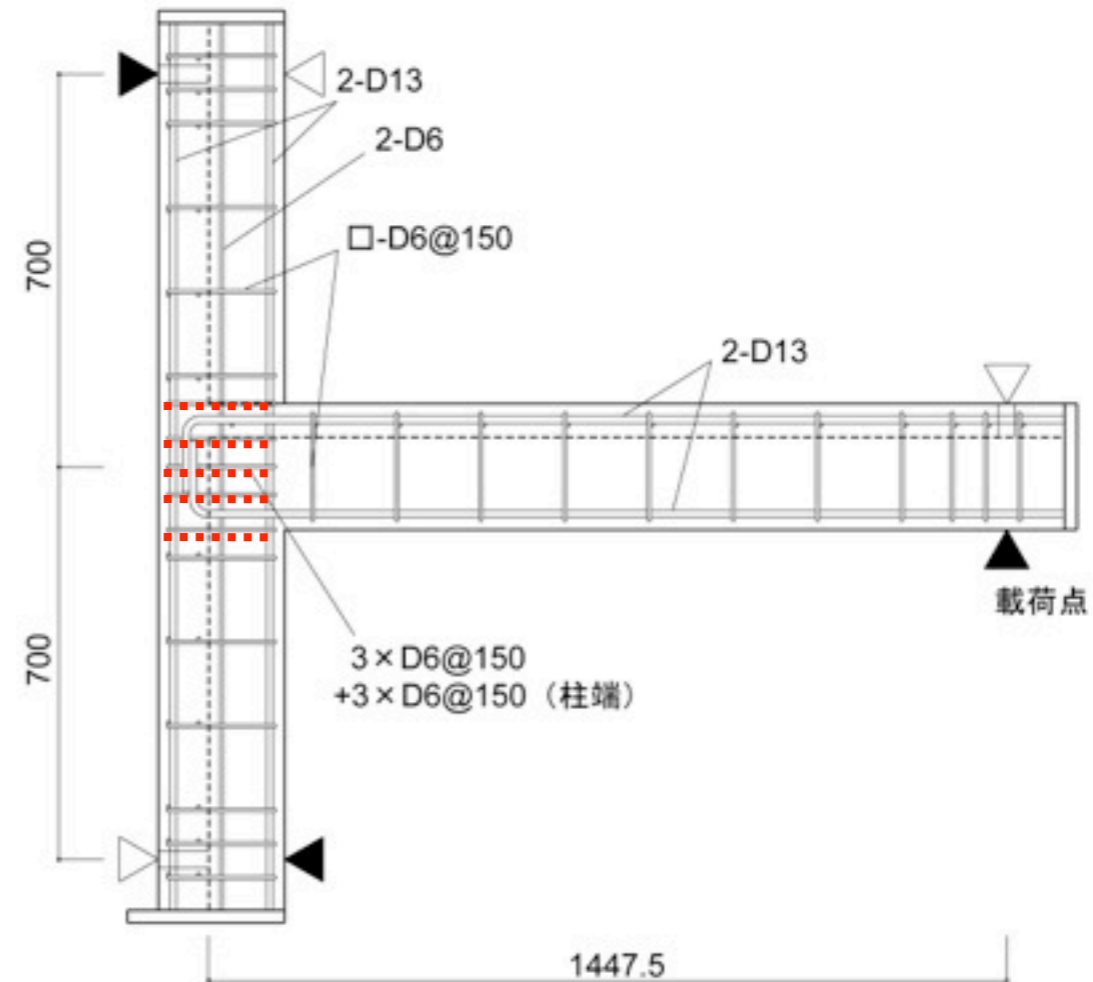
- 今年度の追加実験

- 片側のみに直交壁・スラブを有する場合
- 接合部横補強筋を増した場合

外部壁・梁接合部の実験 (Rシリーズ)



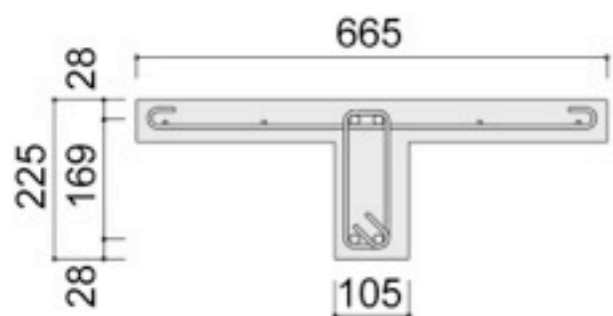
R01 (H22年度), R07



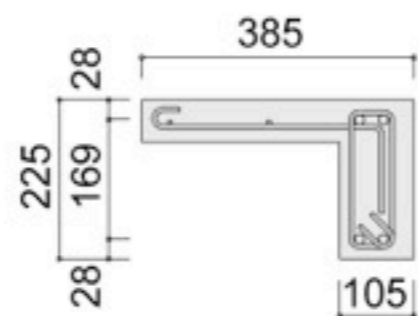
R06

共通事項

1. 梁主筋径 (D13)
RC規準の要求する定着長さの55~80%
2. 柱梁強度比 (1.0)

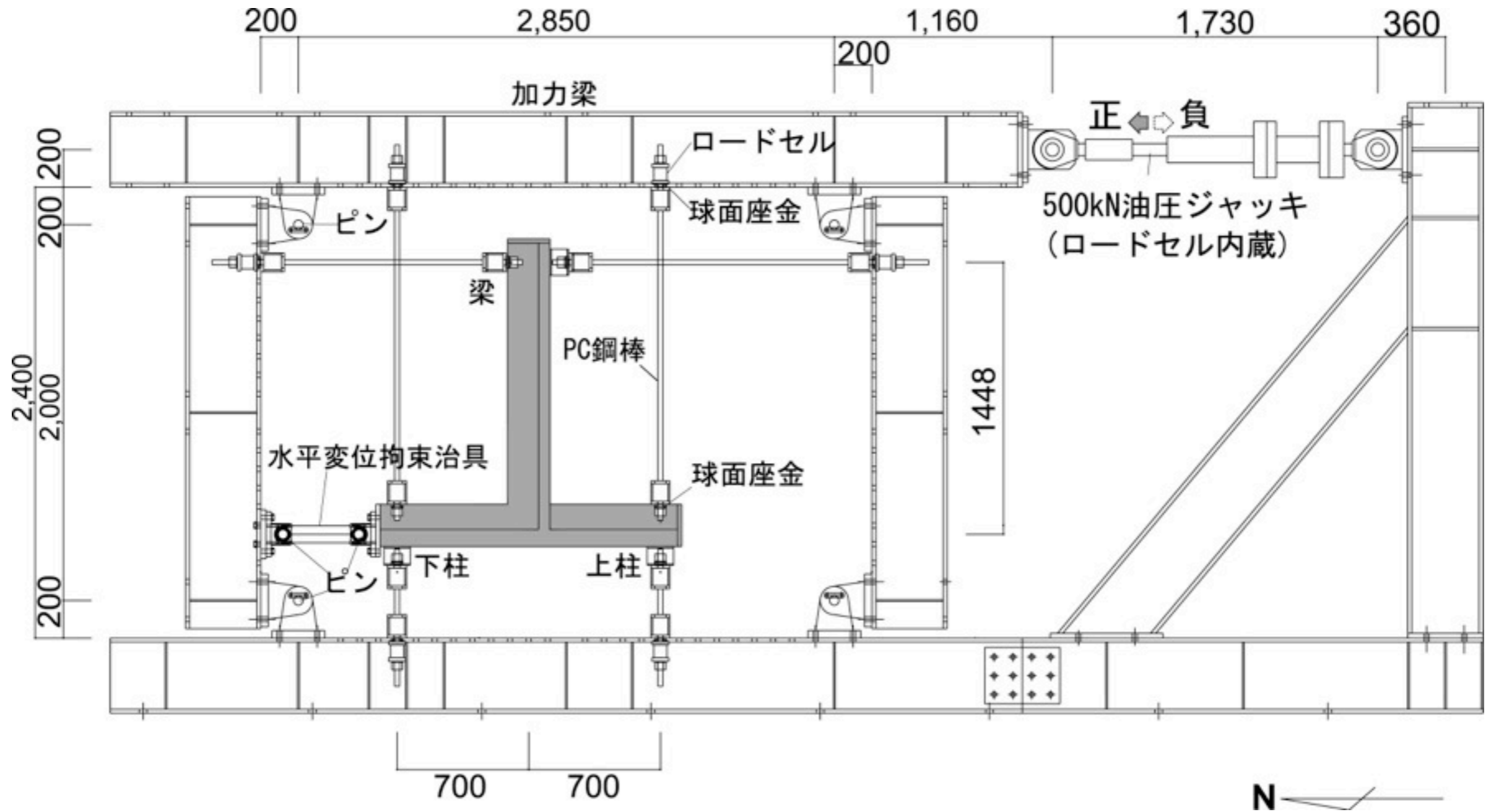


壁梁断面 (R01 : H22年度)



壁梁断面 (R07)

加力装置 (Rシリーズ)



荷重制御

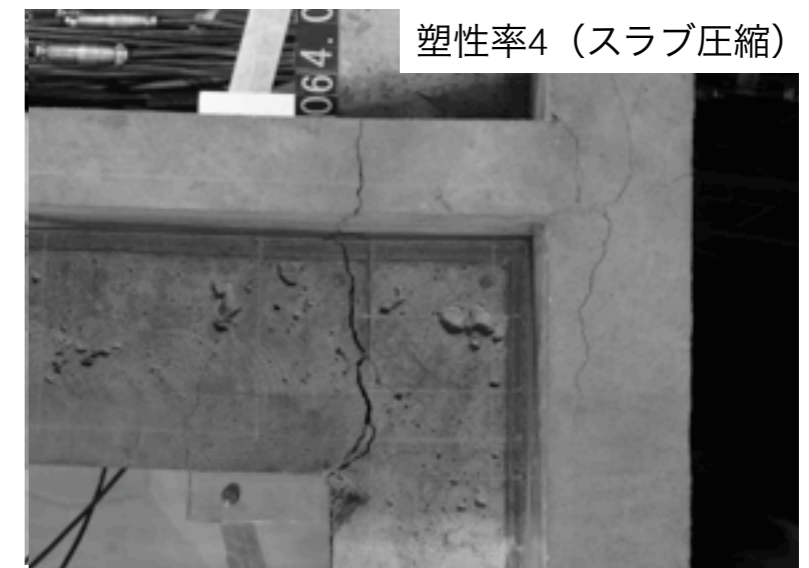
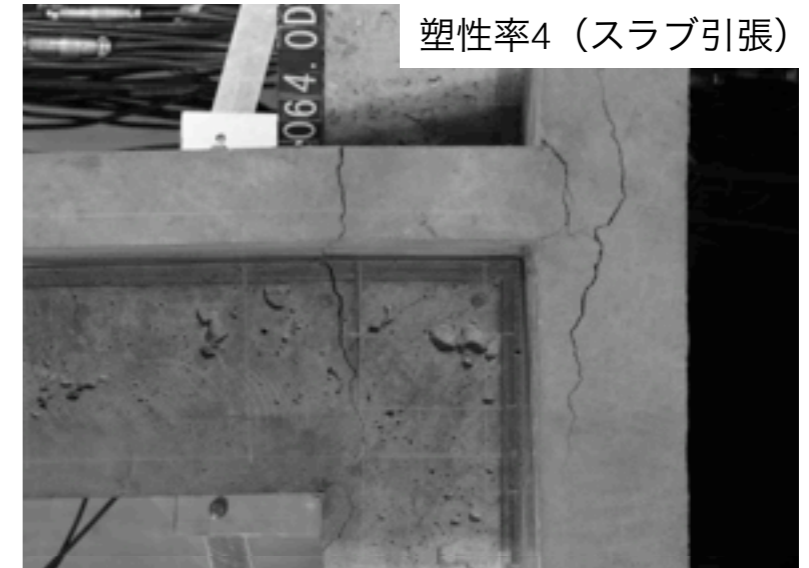
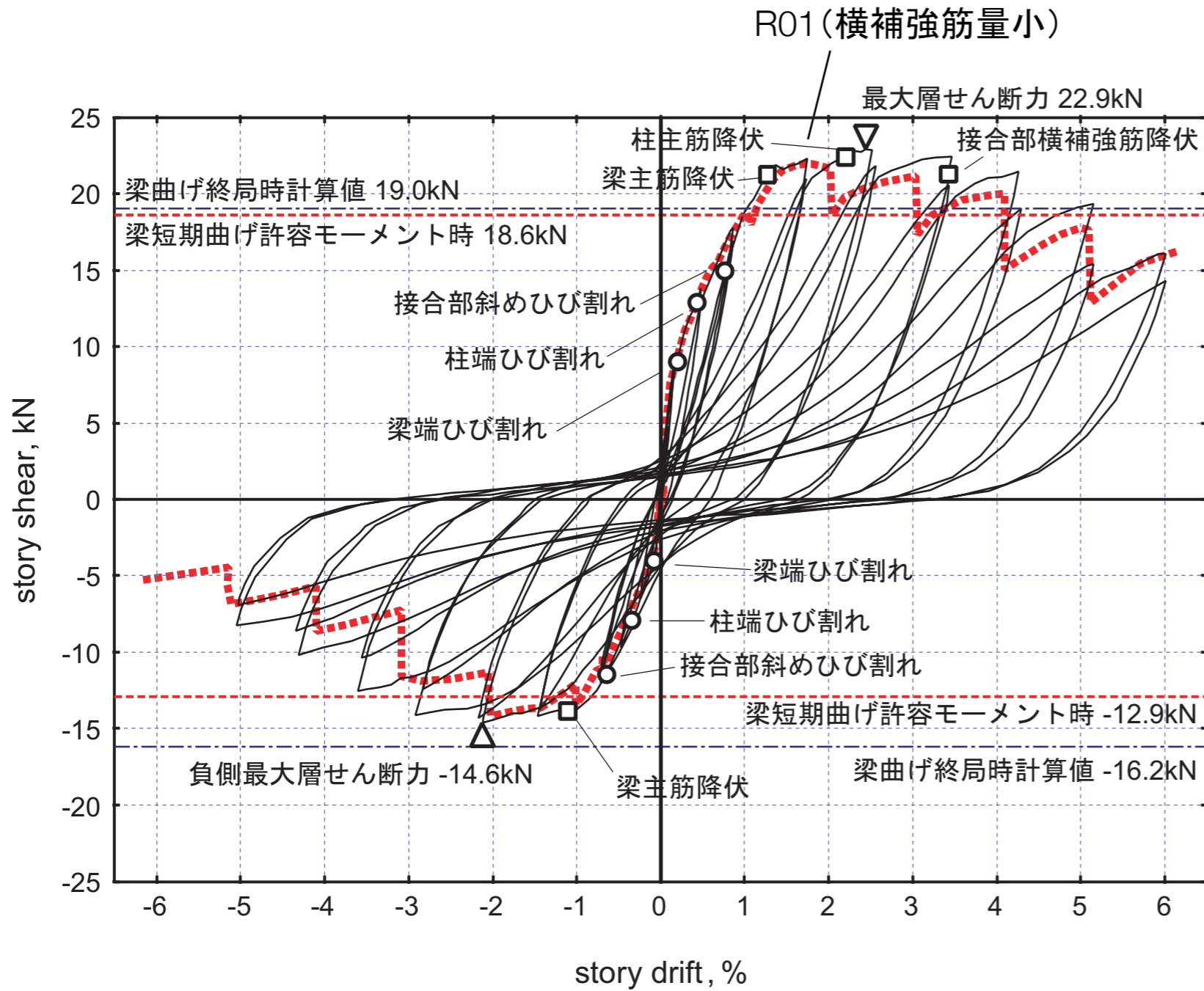
降伏荷重計算値の25%, 50%, 75%



変形制御

降伏変形の1倍, 2倍... 層間変形角6%まで

実験結果



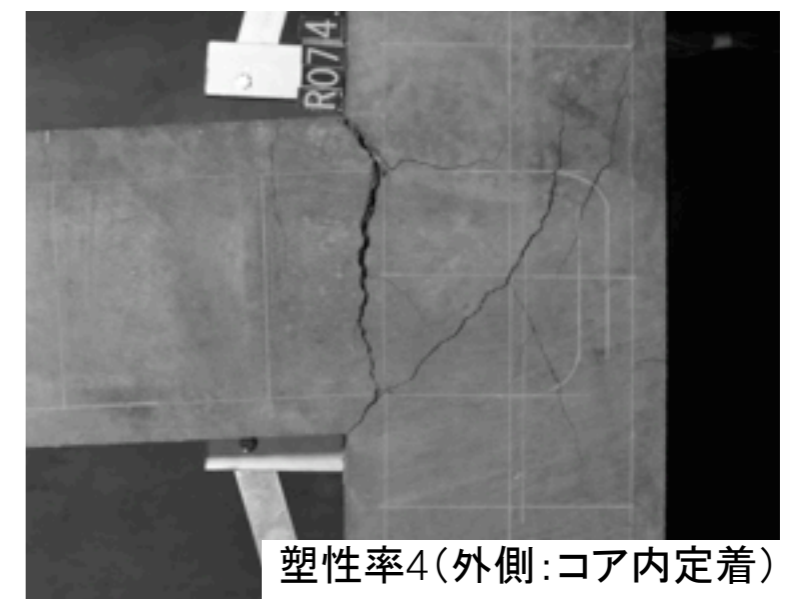
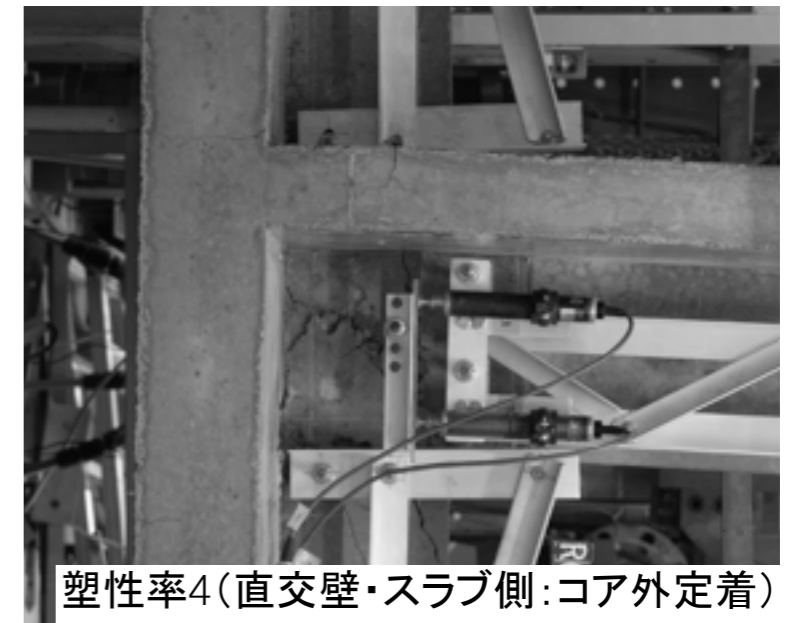
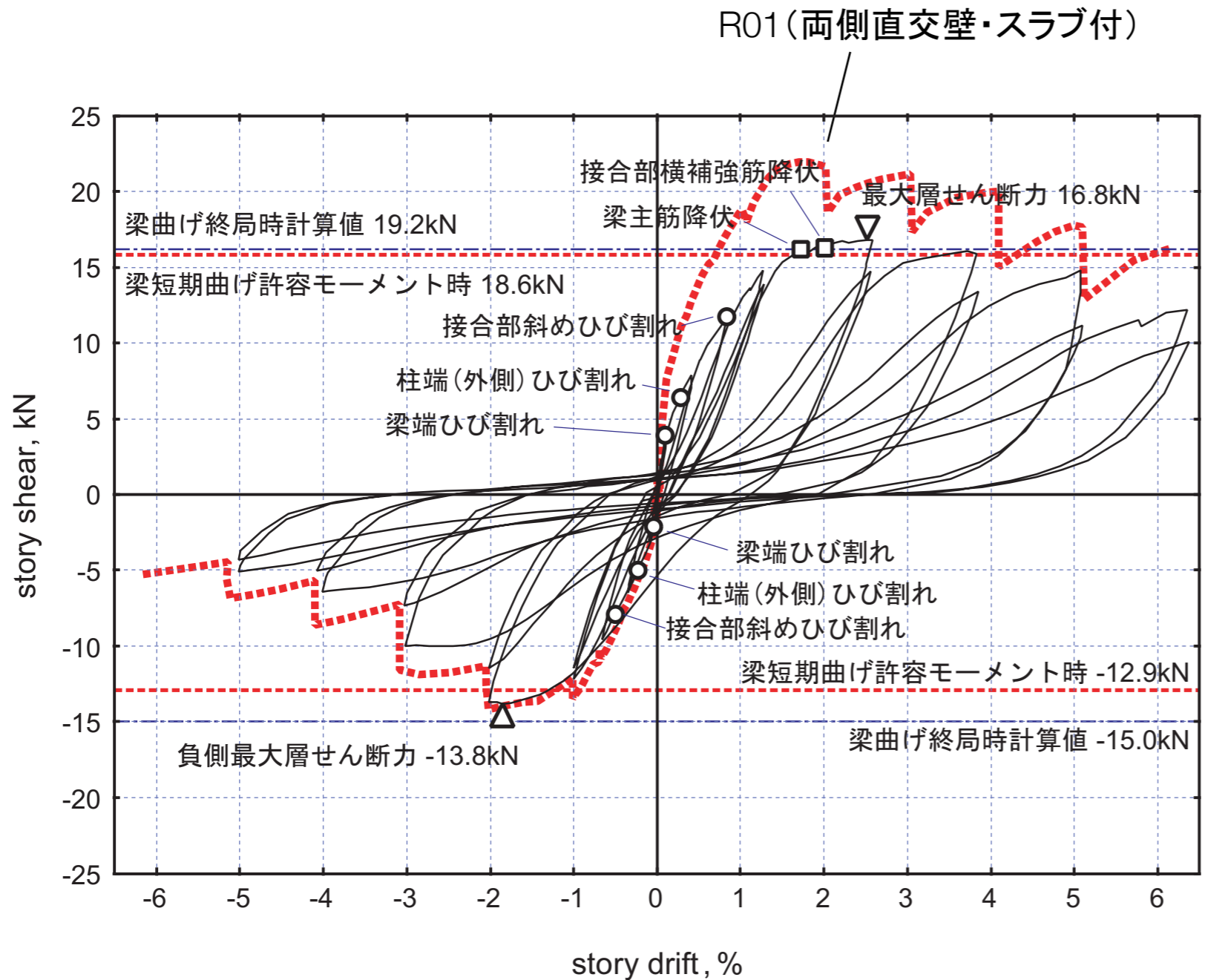
試験体 R06

接合部横補強筋増



接合部横補強筋による強度上昇はわずか
柱梁接合部の損傷を抑制

実験結果



試験体 R07

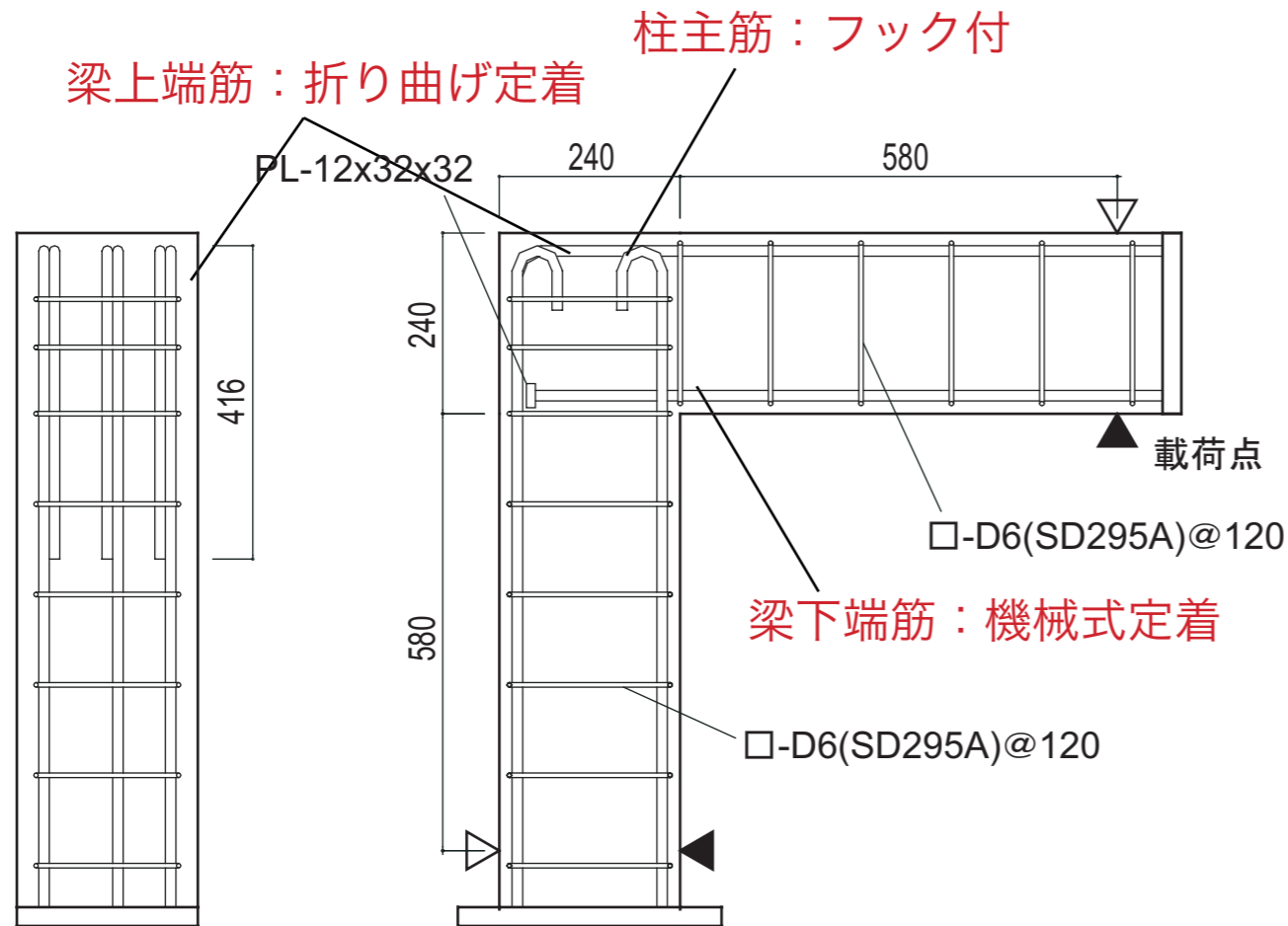
片側直交壁・スラブ →

スラブ圧縮側(下端引張)で梁主筋未降伏
直交壁・スラブがある側に損傷が集中

L形柱梁接合部の実験 (Vシリーズ)

- 十字形・ト形柱梁接合部では
 - 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。
- L形柱梁接合部について、設計因子の影響を実験により明らかにする
 - 柱梁曲げ強度比
 - 内側の梁主筋定着長
 - 接合部横補強筋量
 - 主筋量

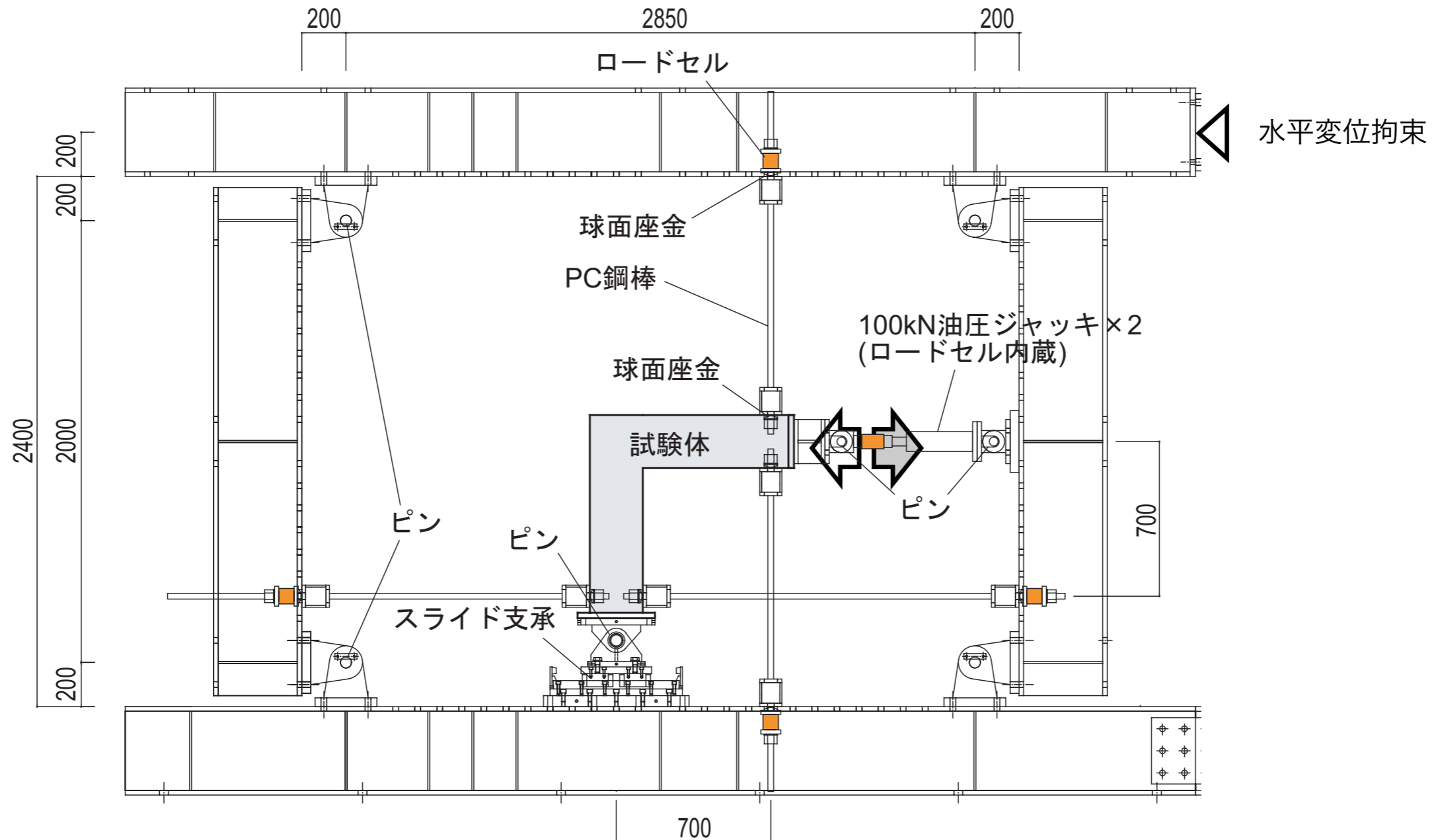
L形柱梁接合部の実験 (Vシリーズ)



梁主筋	3-D13			5-D13
梁-柱曲げ強度比	1.0	1.3	1.9	1.0
$p_{jw}=0.28\%$ $l_a/D=0.8$	V01	V02		V09
0.65	V03	V04	V05	
$p_{jw}=0.83\%$ $l_a/D=0.8$	V06			
0.65	V07	V08		

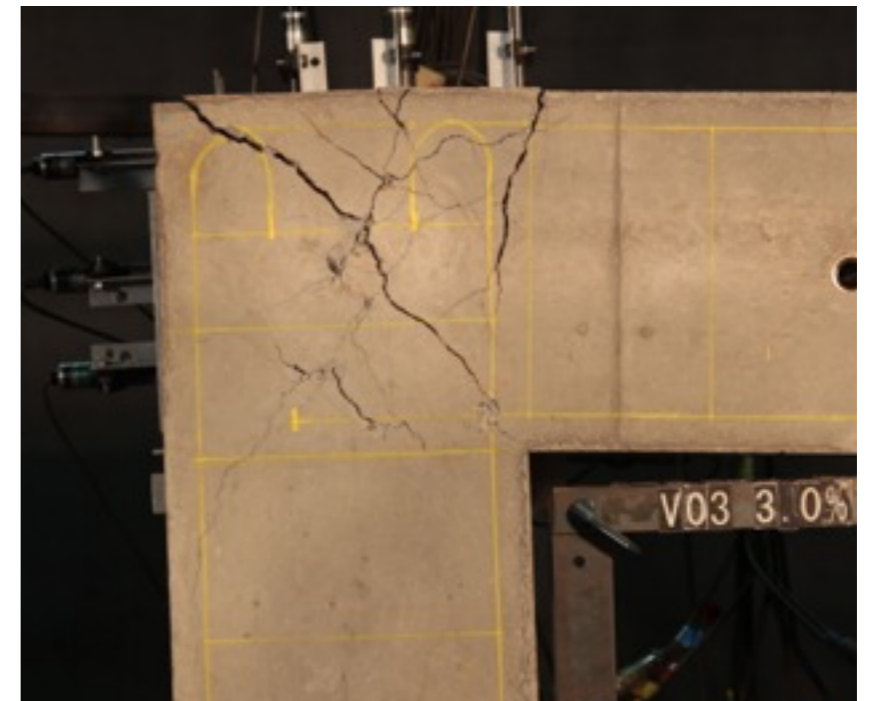
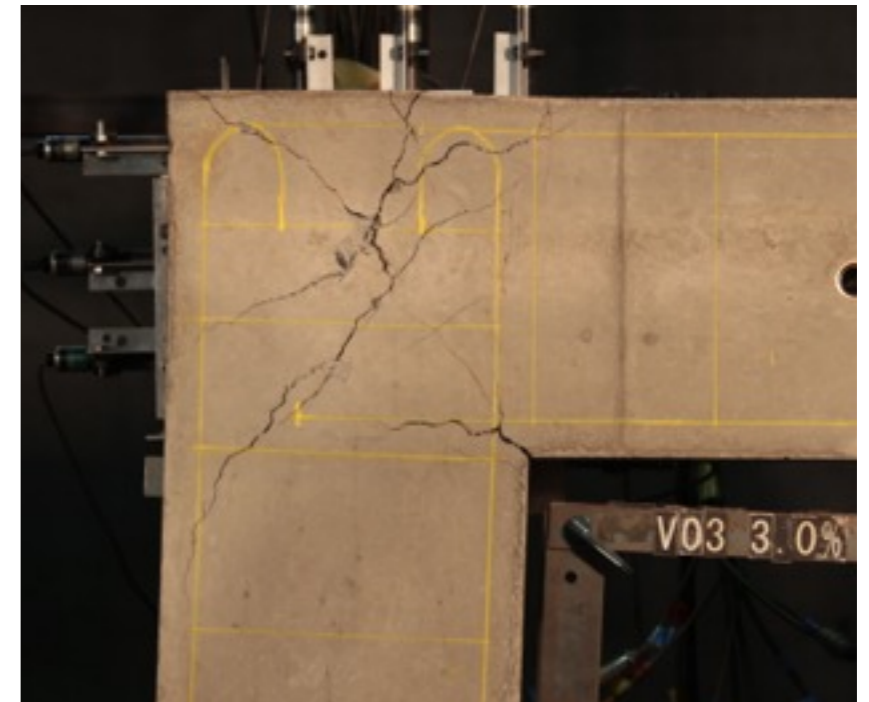
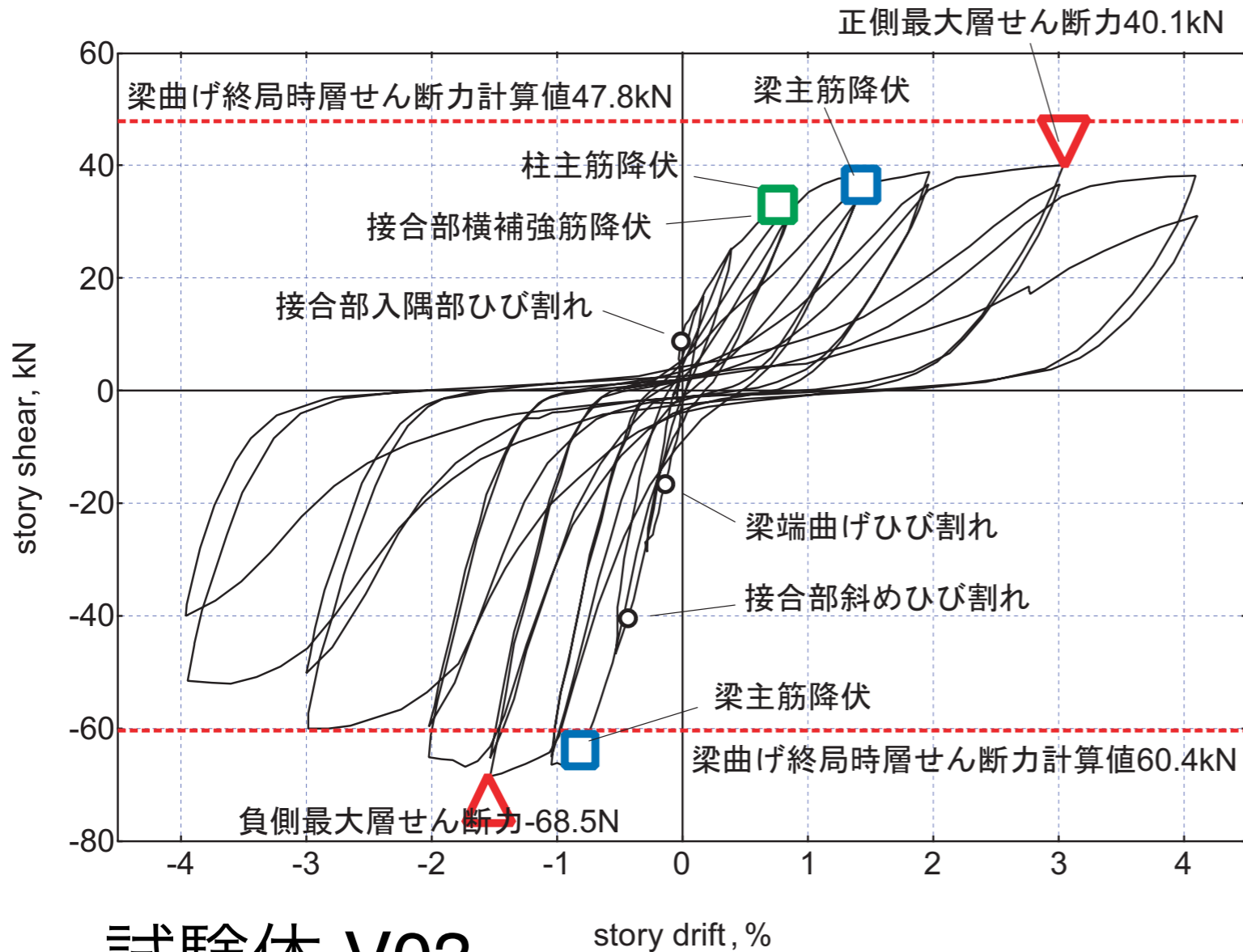
1. 柱梁強度比 (1.0, 1.3, 1.8)
2. 内側の梁主筋定着長(柱せいの0.8倍, 0.65倍)
3. 接合部の横補強筋量(横補強筋比0.28%, 0.56%)
4. 梁主筋量(接合部せん断余裕度1.1, 0.6)

加力装置 (Vシリーズ)



変形制御 層間変形角4%まで

実験結果



試験体 V03

柱梁曲げ強度比1
梁主筋定着/柱せい 0.65
横補強筋比0.28%
接合部せん断余裕度1.1

開く方向

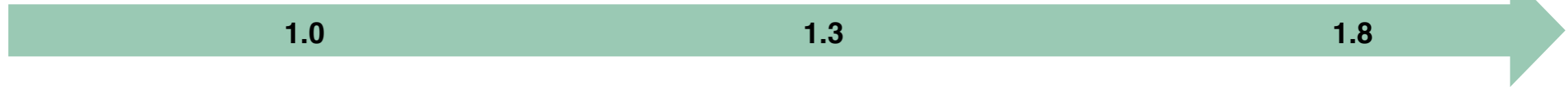
梁・柱主筋の降伏により接合部が破壊
梁曲げ強度が発揮されない

閉じる方向

梁主筋が降伏し梁曲げ強度を発揮

実験因子の影響 (Vシリーズ)

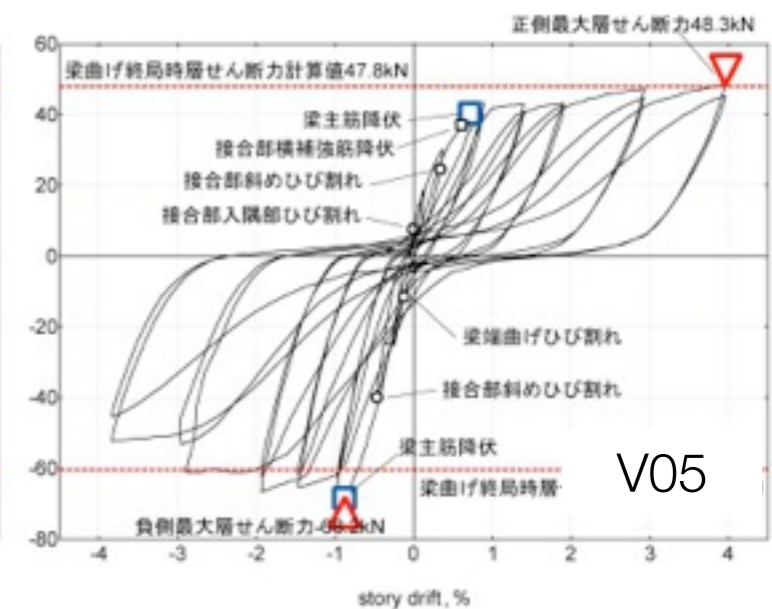
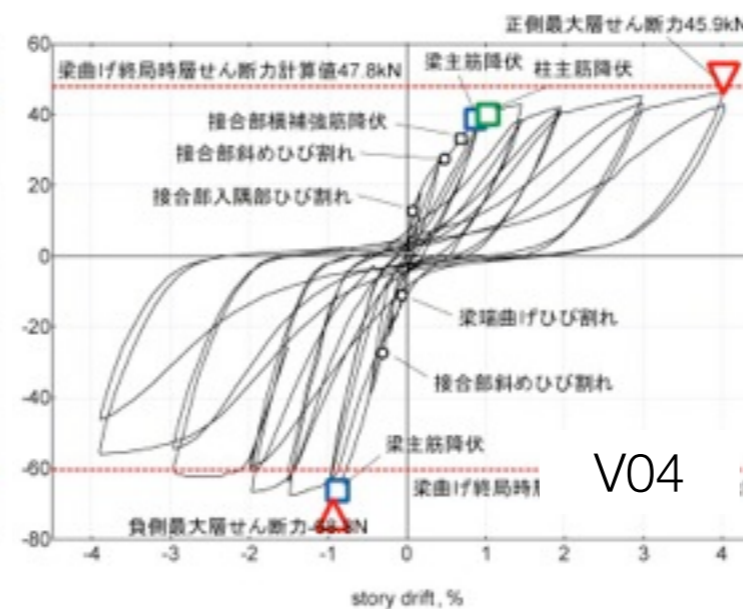
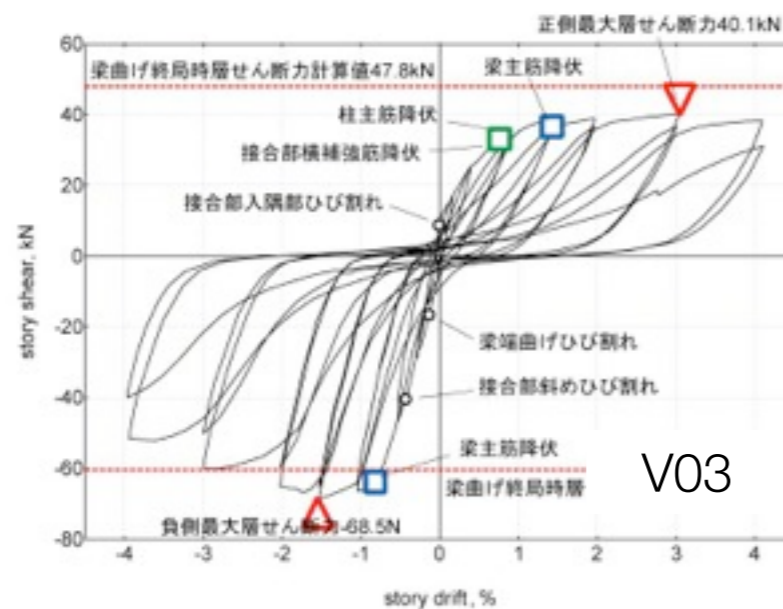
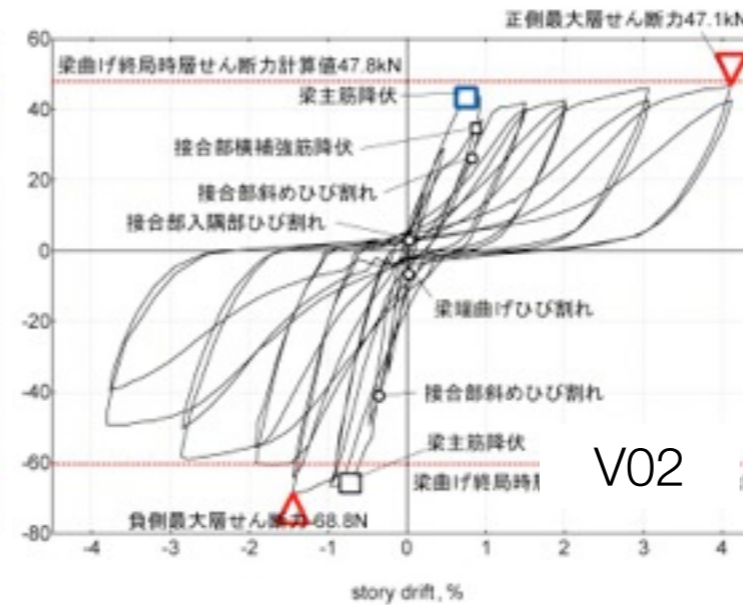
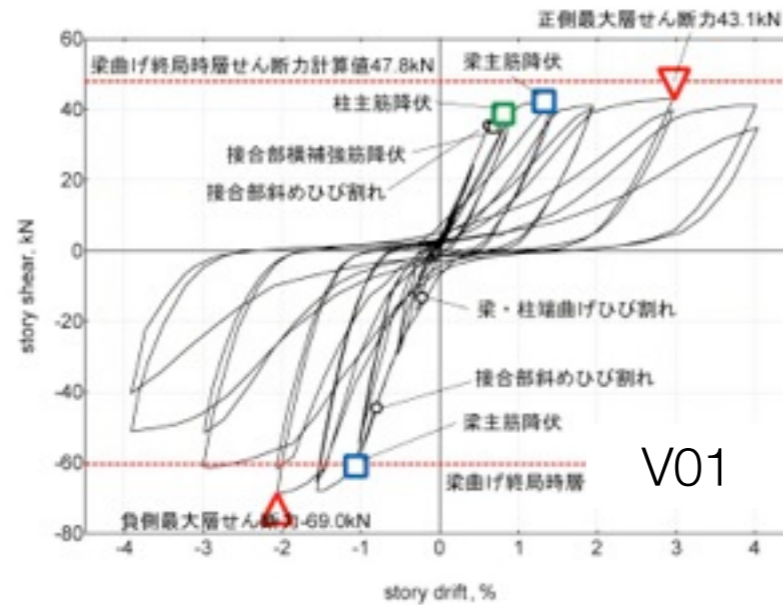
柱梁曲げ強度比



1.0

1.3

1.8



接合部せん断余裕度: 1.1
接合部横補強筋比: 0.28%

梁主筋定着長 / 柱せい

0.8

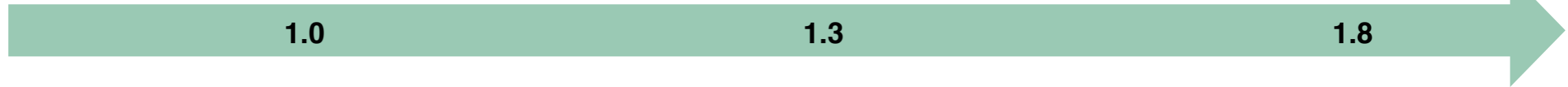
0.65

柱梁曲げ強度比を大きくすることで

- 梁主筋降伏強度, 開く側の最大耐力は増加
- 閉じる側の最大耐力には影響小

実験因子の影響 (Vシリーズ)

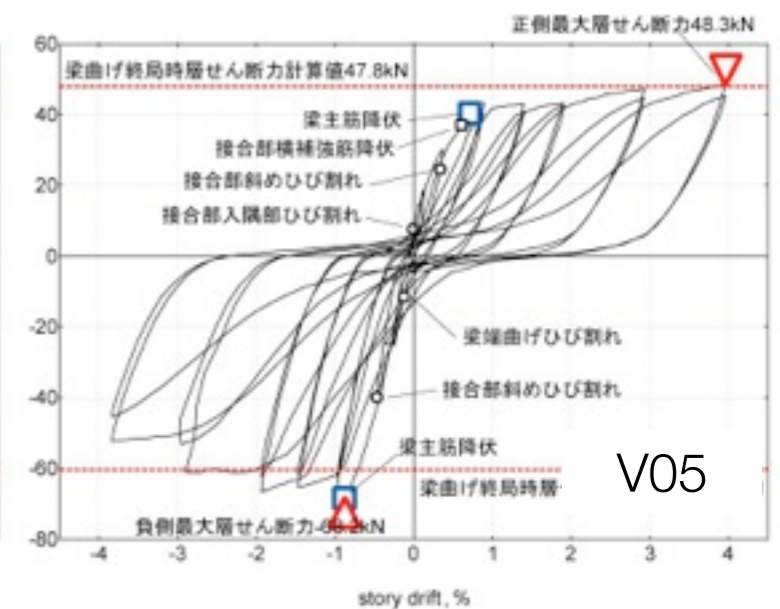
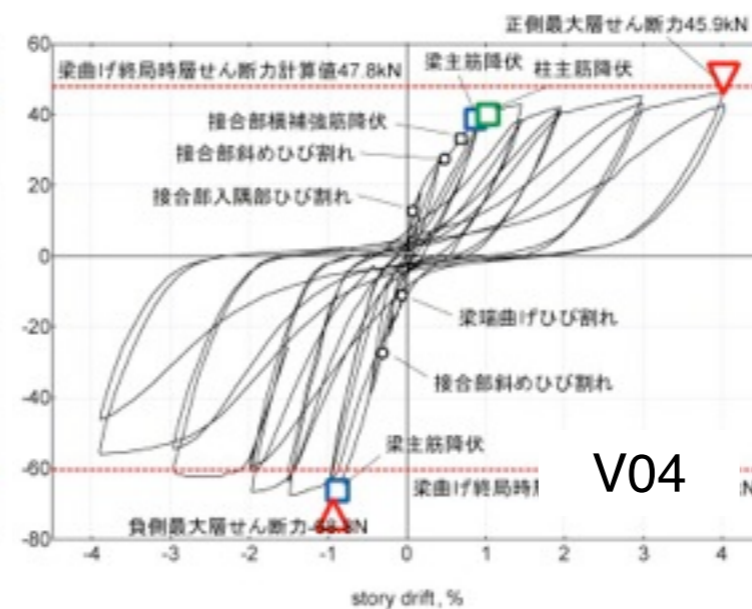
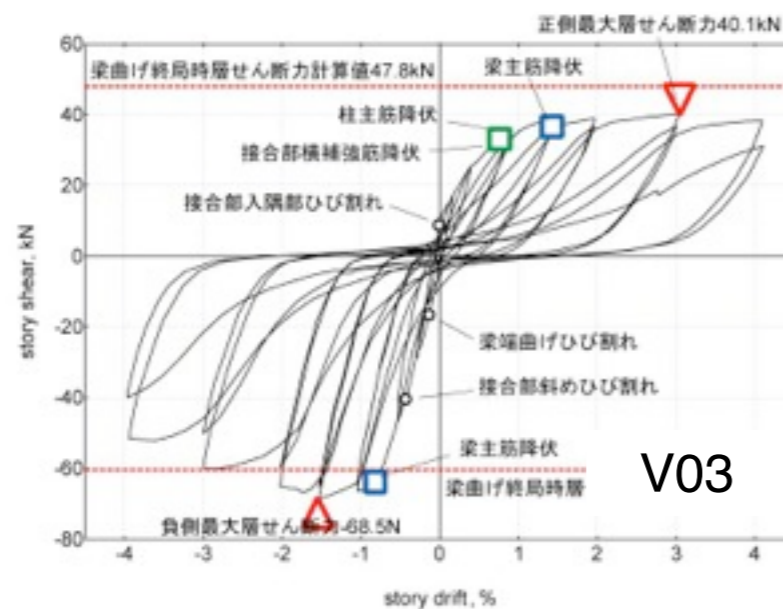
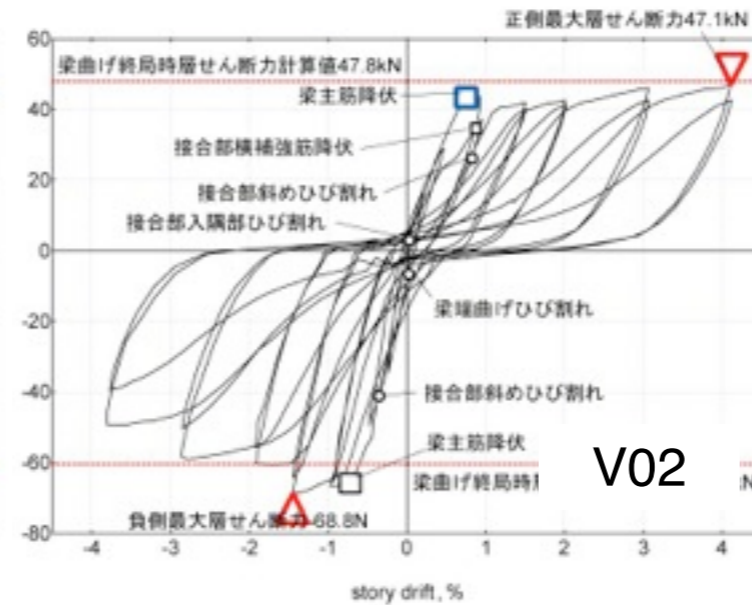
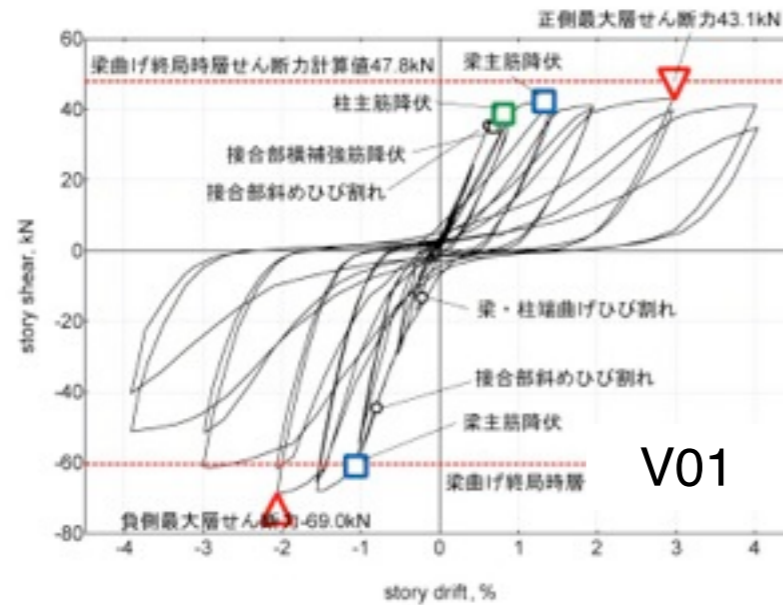
柱梁曲げ強度比



1.0

1.3

1.8



接合部せん断余裕度: 1.1
接合部横補強筋比: 0.28%

梁主筋定着長 / 柱せい

0.8

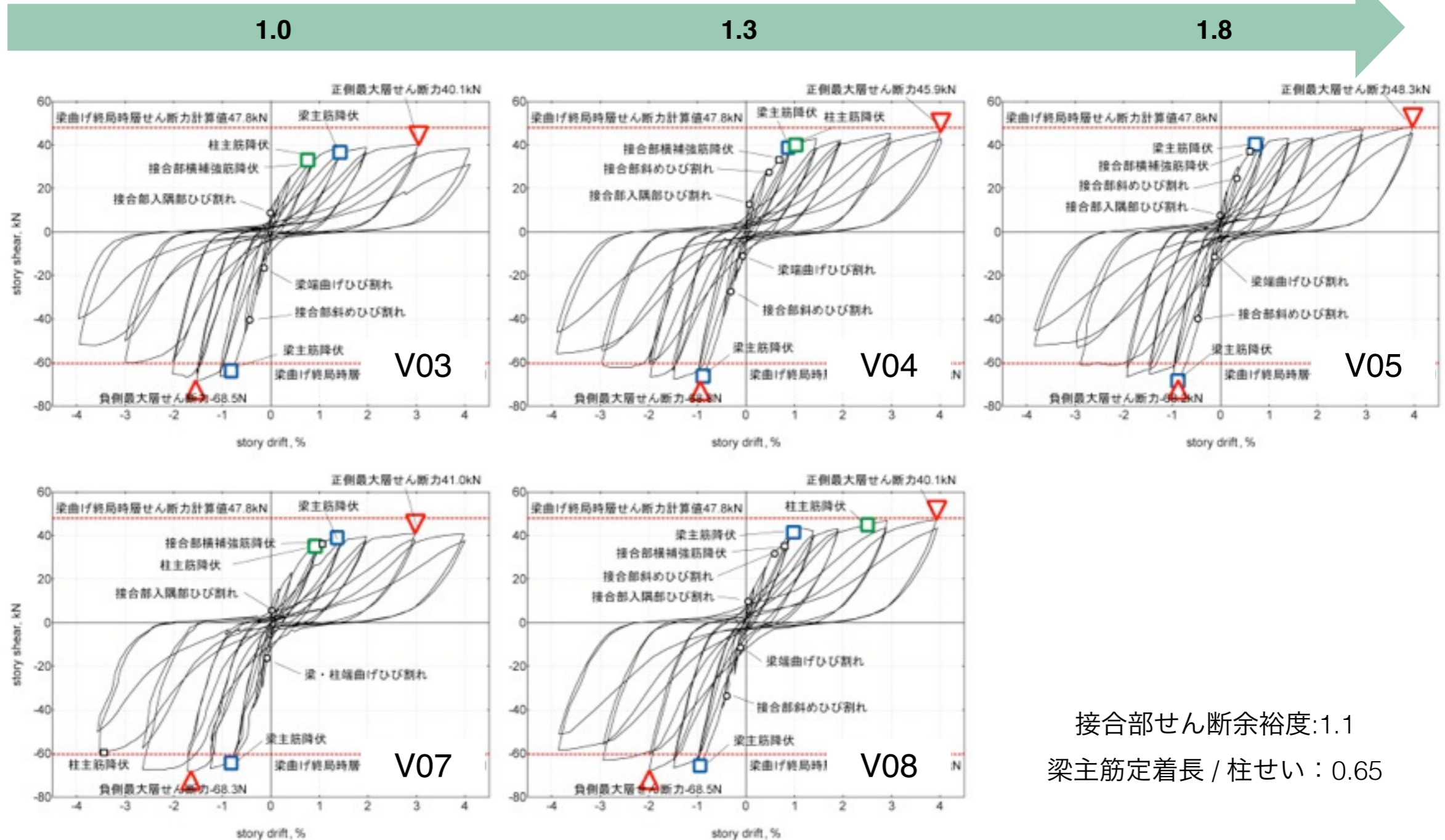
0.65

内側梁主筋の定着長が短いと

- 梁主筋降伏強度, 開く側の最大耐力は低下
- 閉じる側の最大耐力には影響小

実験因子の影響 (Vシリーズ)

柱梁曲げ強度比



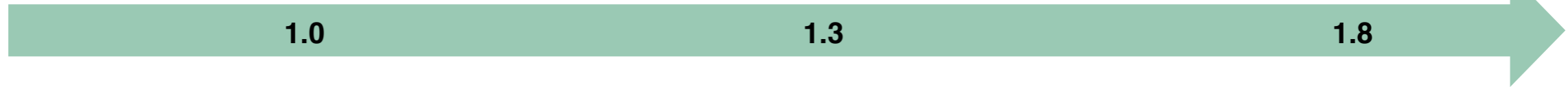
接合部せん断余裕度: 1.1
梁主筋定着長 / 柱せい : 0.65

接合部横補強筋を増やすと

- 梁主筋降伏強度, 開く側の最大耐力は増大
- 閉じる側の最大耐力には影響小

実験因子の影響 (Vシリーズ)

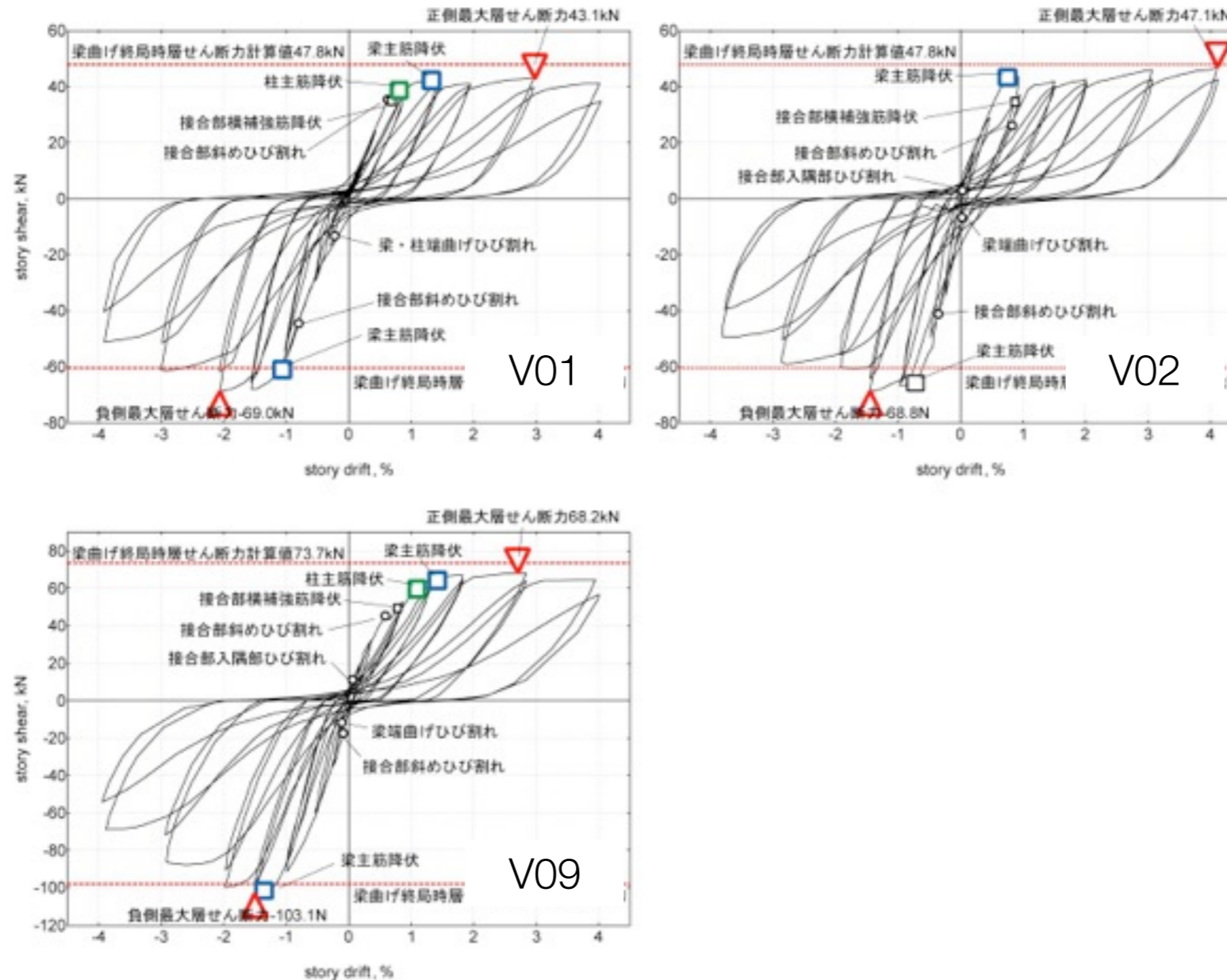
柱梁曲げ強度比



接合部せん断余裕度 (梁主筋量)

1.1

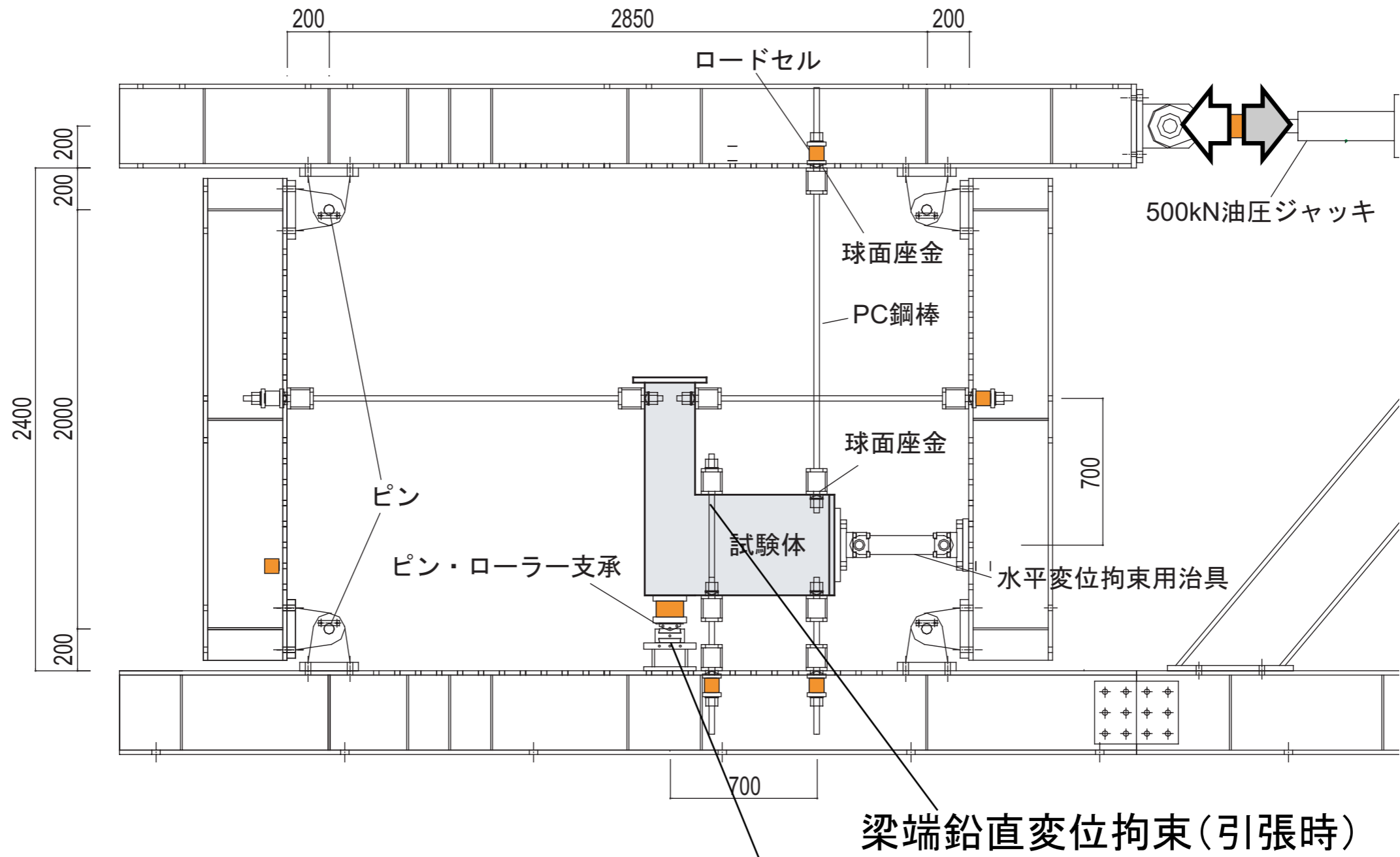
0.6



接合部横補強筋比 : 0.28%
梁主筋定着長 / 柱せい : 0.65

梁主筋量が多いと - 梁主筋降伏強度の断面保持を仮定した計算値に対する比は低下

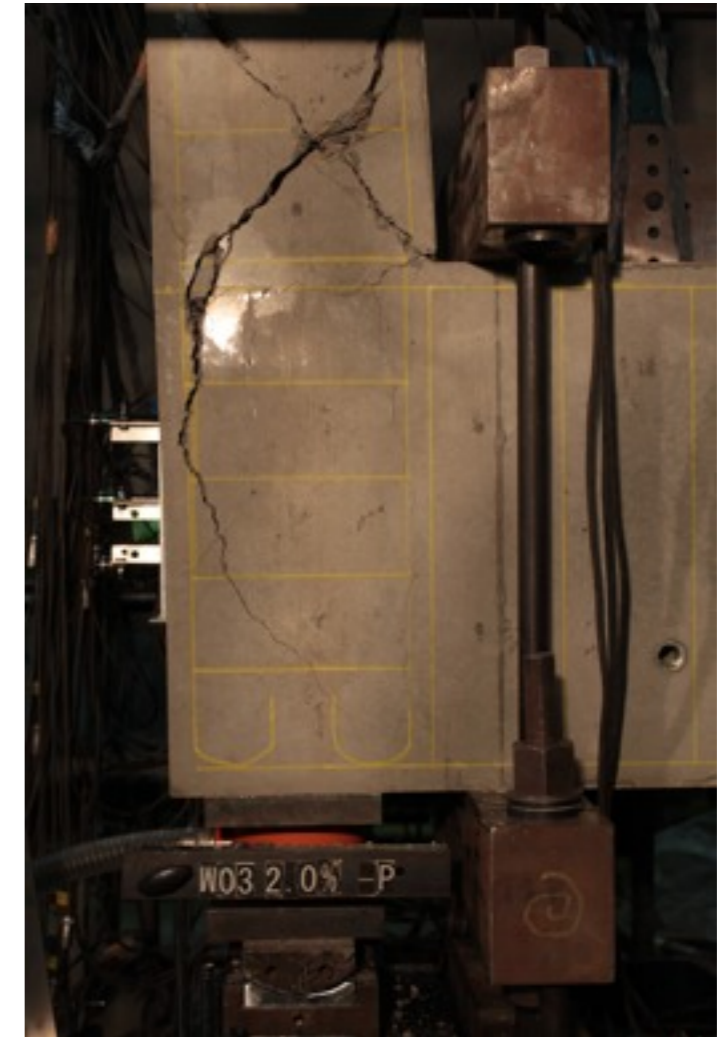
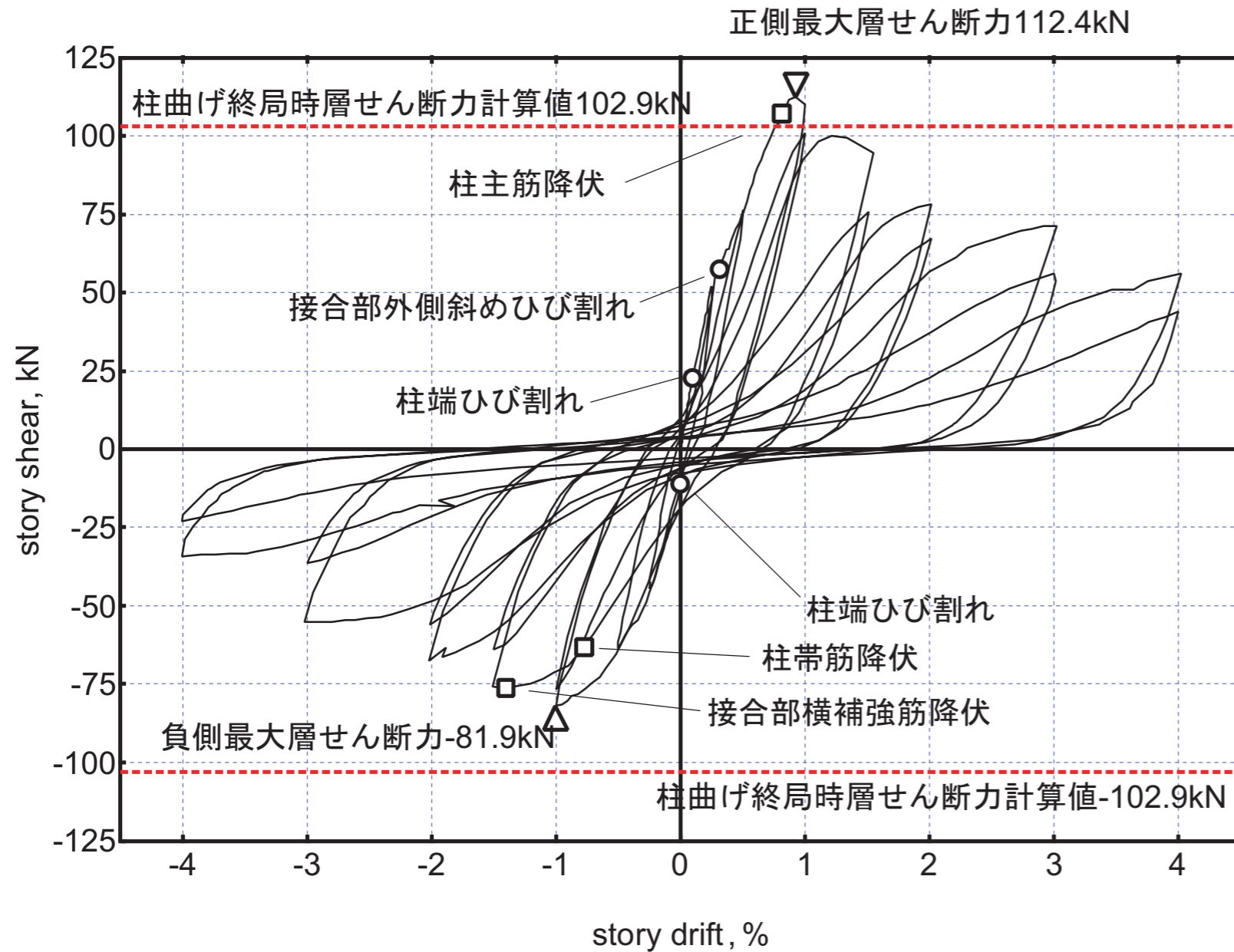
加力装置 (Wシリーズ)



変形制御 層間変形角4%まで

柱下鉛直変位拘束(圧縮時)

実験結果



閉じる方向（正）：柱主筋降伏 → 負側で柱帯筋降伏 → 柱端のせん断破壊

開く方向（負）：柱帯筋、接合部横補強筋降伏 → 掻き出し破壊面のひび割れ拡大（柱は未降伏）

RC外柱梁接合部材の耐震性能に 梁主筋量と接合部横補強筋量が与える影響

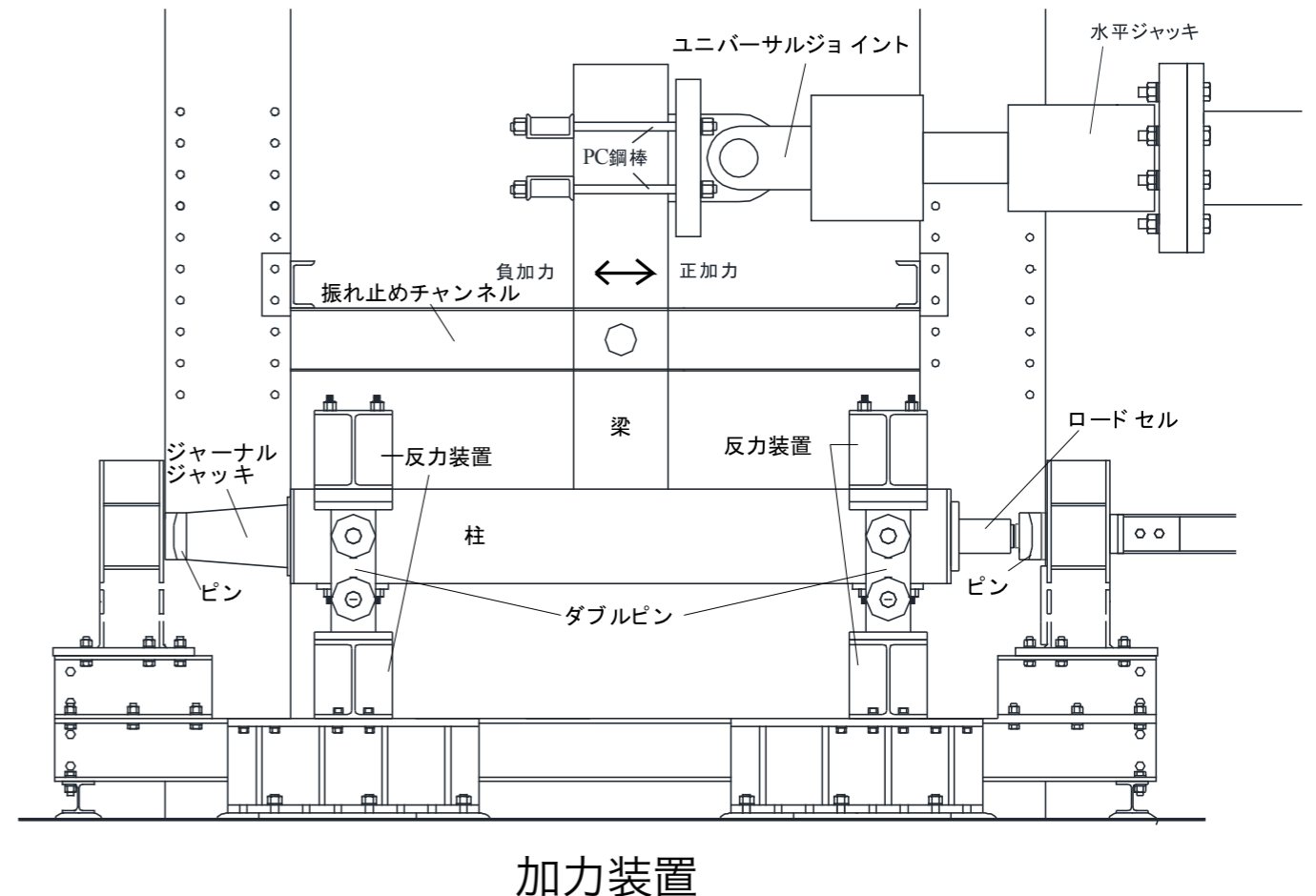
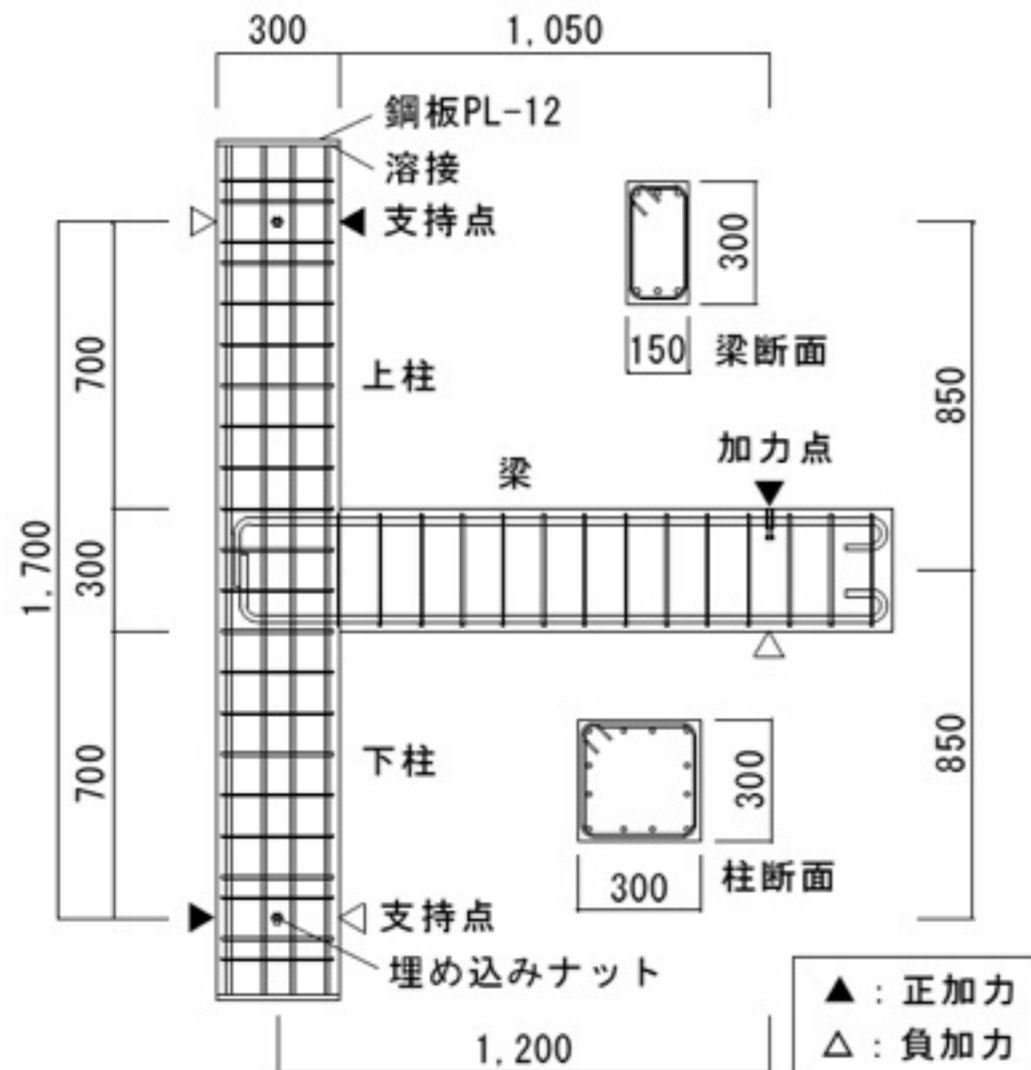
● 接合部横補強筋が梁主筋の定着性能に与える影響を検証

- 柱梁曲げ強度比 およそ1.55
- 柱幅は梁幅の2倍

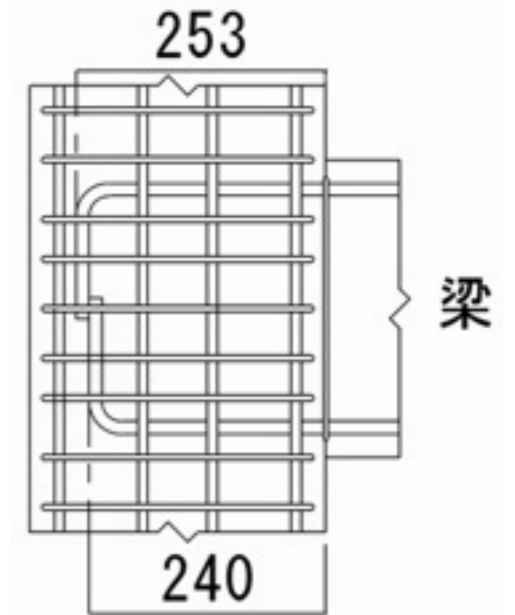
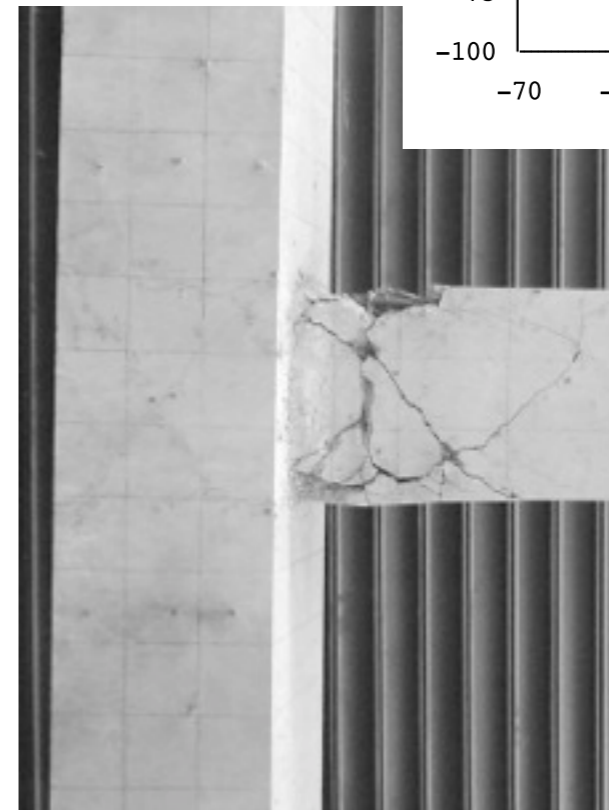
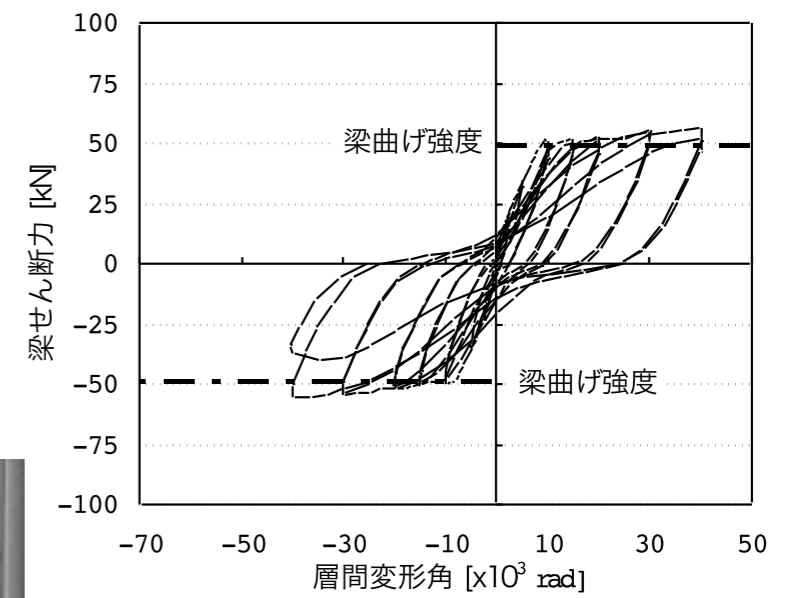
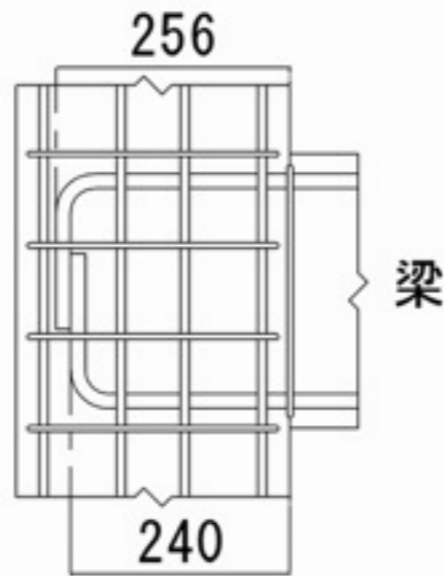
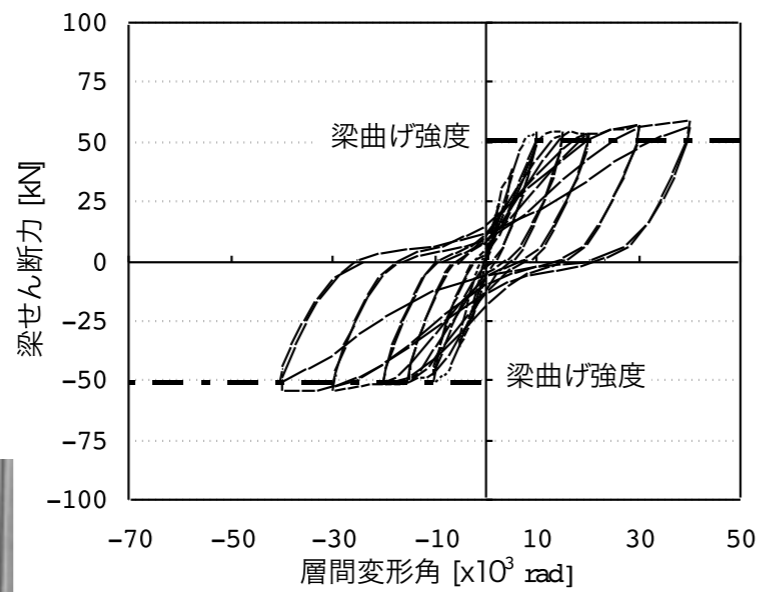
【実験変数】：

- 梁引張鉄筋量
- 接合部横補強筋量

柱軸力は初期で20kN、両端ブロックが柱伸びを拘束



実験結果



接合部せん断余裕度1.6

接合部横補強筋量が多いほうが接合部の損傷が少ない

柱梁接合部を含む部分架構の非線形FEM解析

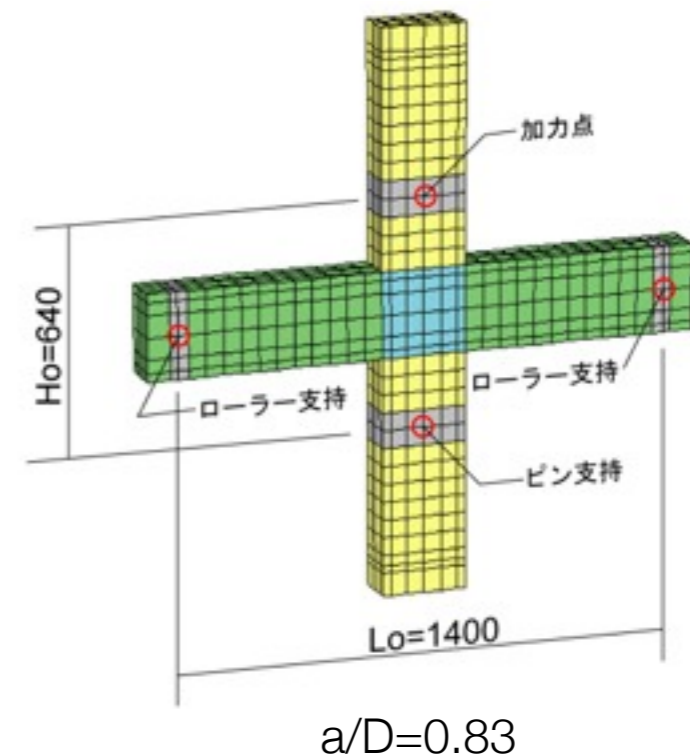
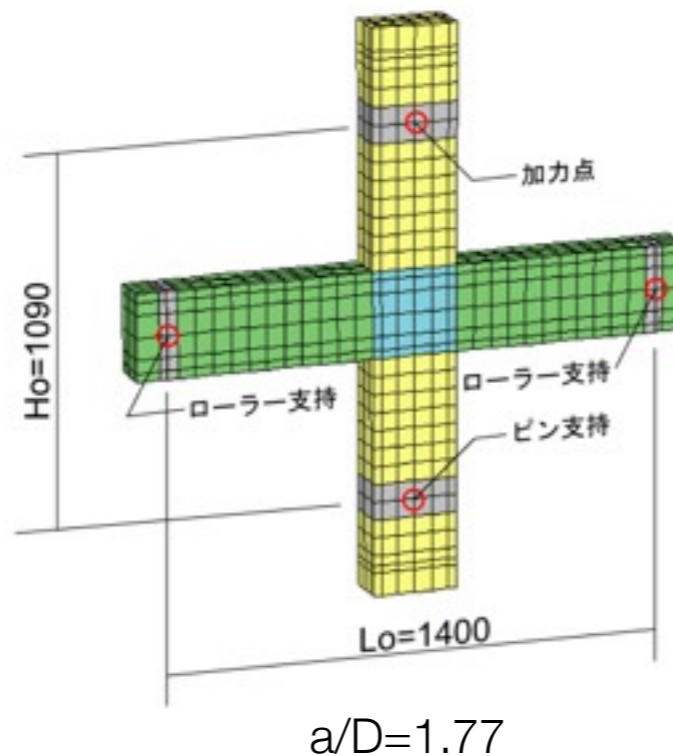
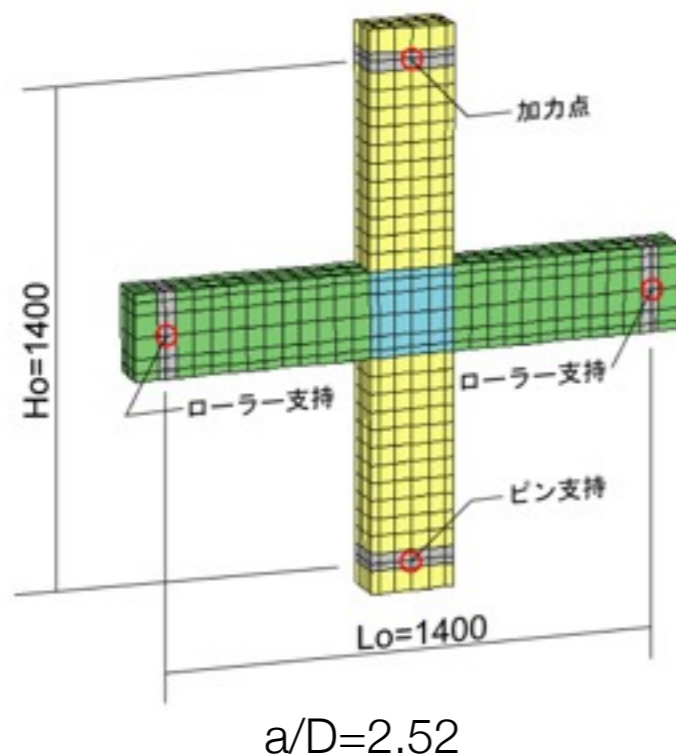


1. 柱梁の配筋以外の要因による柱梁曲げ強度比変動の影響

- 柱と梁の断面を一定の条件下で、柱と梁の曲げ耐力比の変動による影響を検討（十字形接合部）

【解析変数】:

- 柱軸力 ($h=0, 0.1, 0.2$) ※ただし、軸力による付着強度の上昇は考慮しない
- 柱せん断スパン ($a/D=2.42, 1.77, 0.83$)
- 梁・柱主筋径 (D10, D13, D16)

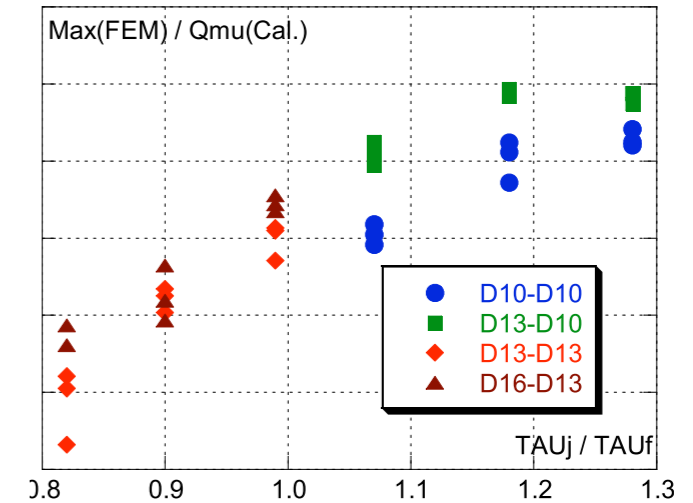
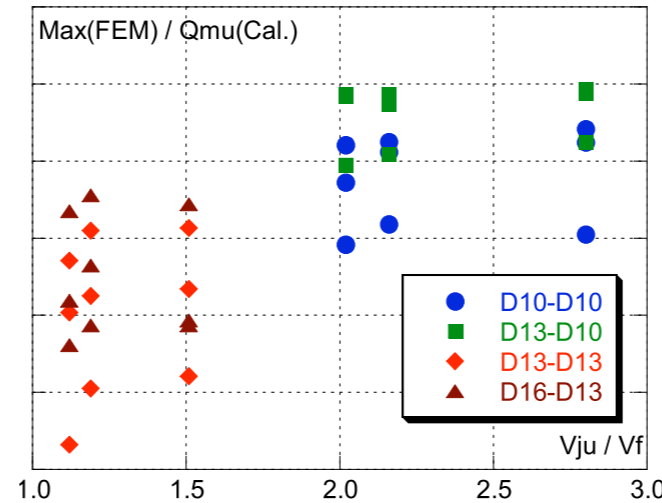
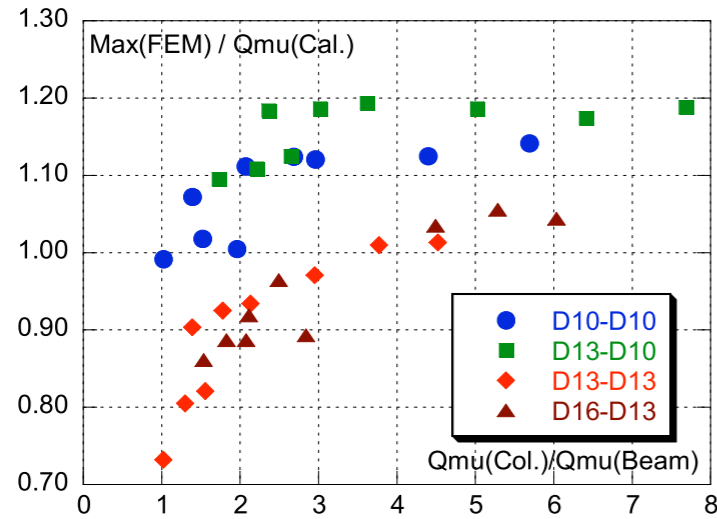


解析結果



柱軸力, せん断スパン比の変動による
柱梁曲げ強度比, 接合部せん断余裕度, 付着余裕度の上昇 → 最大耐力が増大

最大耐力

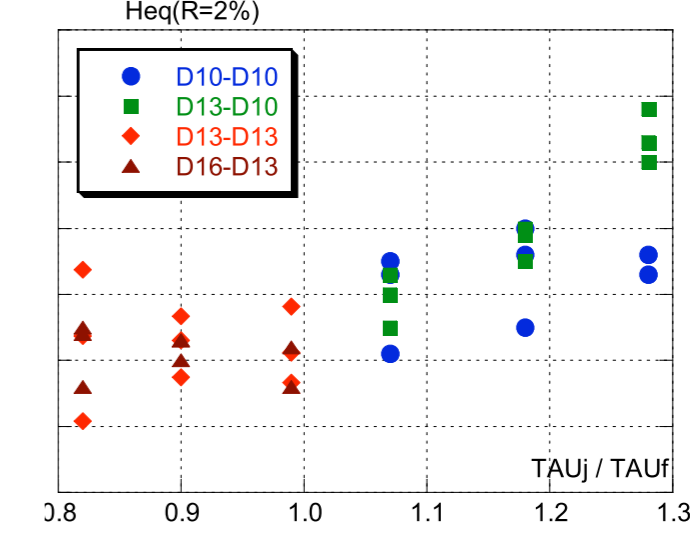
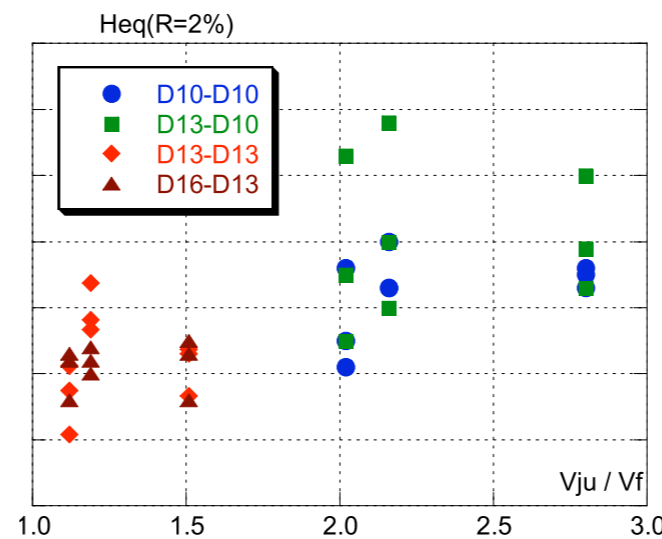
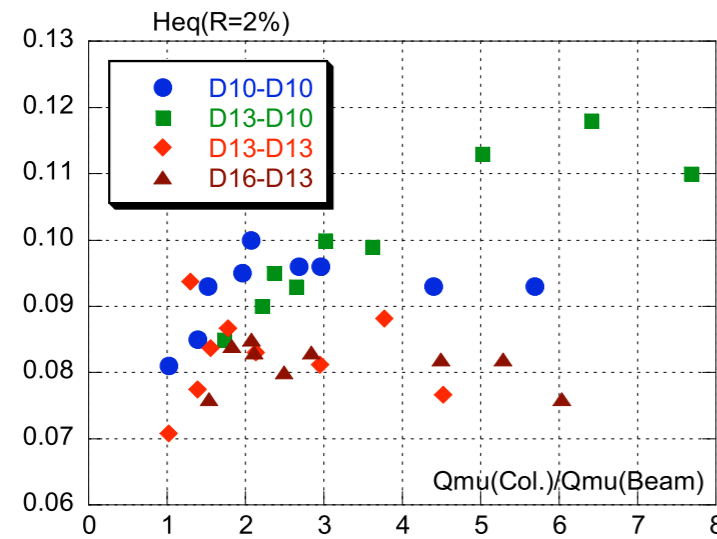


1 ← 柱梁曲げ強度比 → 8

1 ← 接合部せん断余裕度 → 3

0.8 ← 通し主筋付着余裕度 → 1.3

等価粘性減衰定数
(R=2%)



柱軸力, せん断スパン比の変動による
柱梁曲げ強度比の上昇 → 等価粘性減衰定数が増大
接合部せん断余裕度, 付着余裕度の上昇 → 等価粘性減衰定数が増大傾向

柱梁接合部を含む部分架構の非線形FEM解析

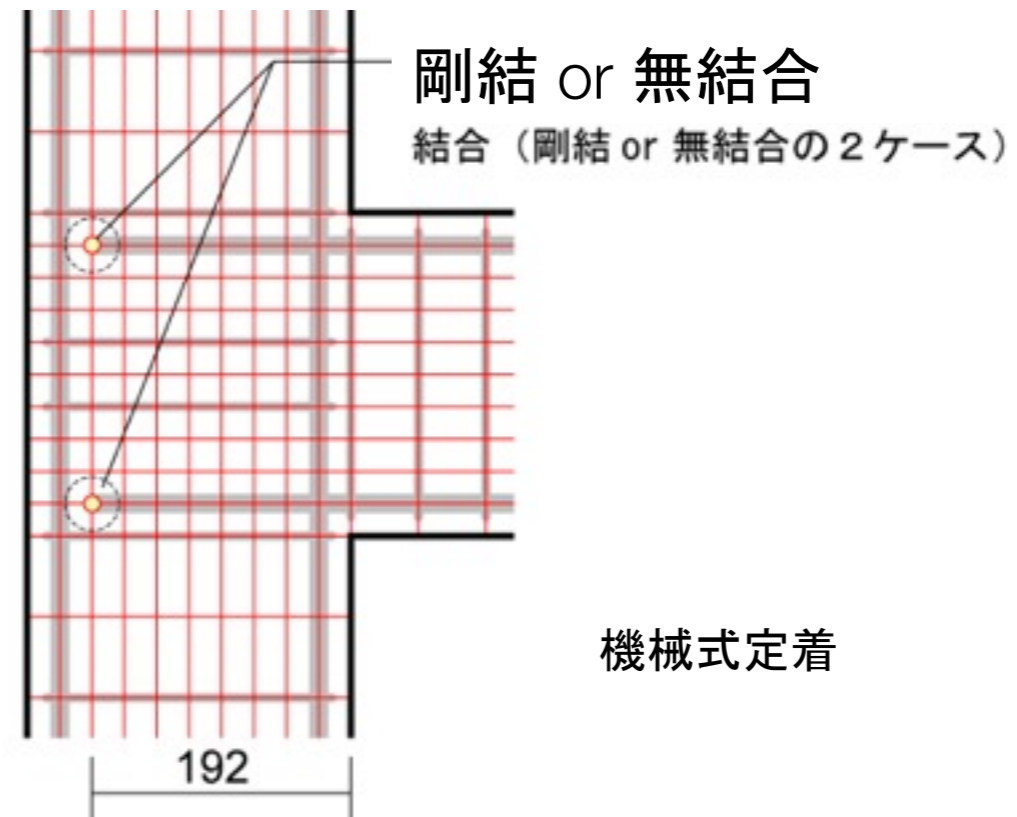
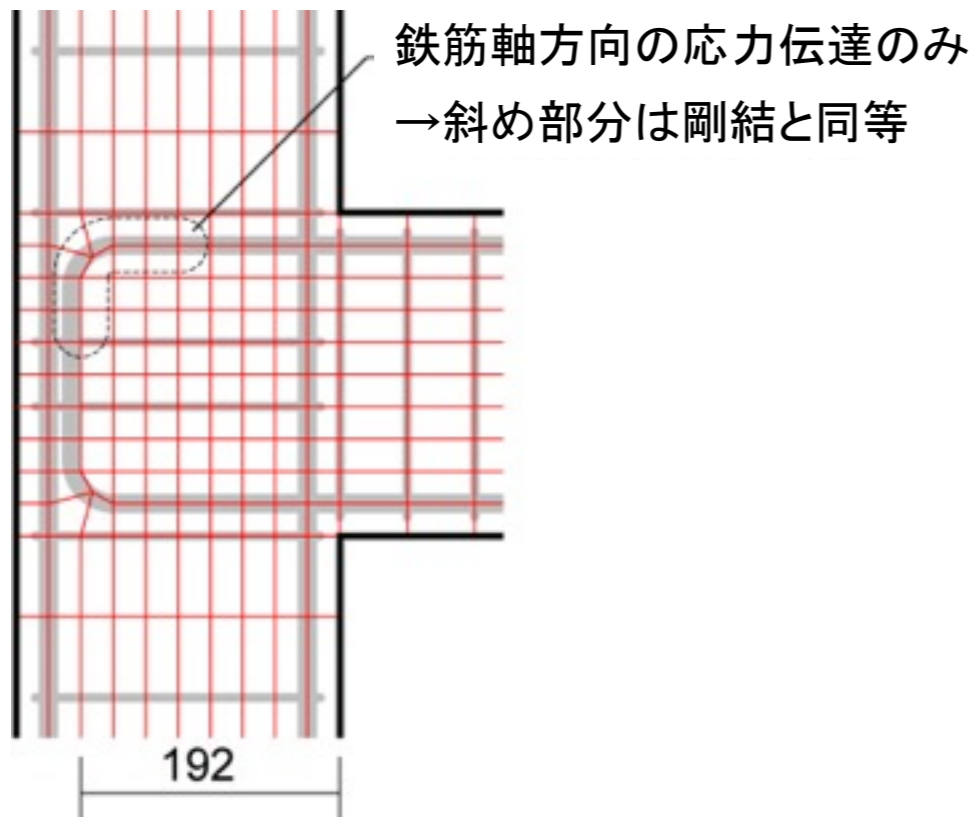


2. ト形接合部における梁主筋定着仕様の影響

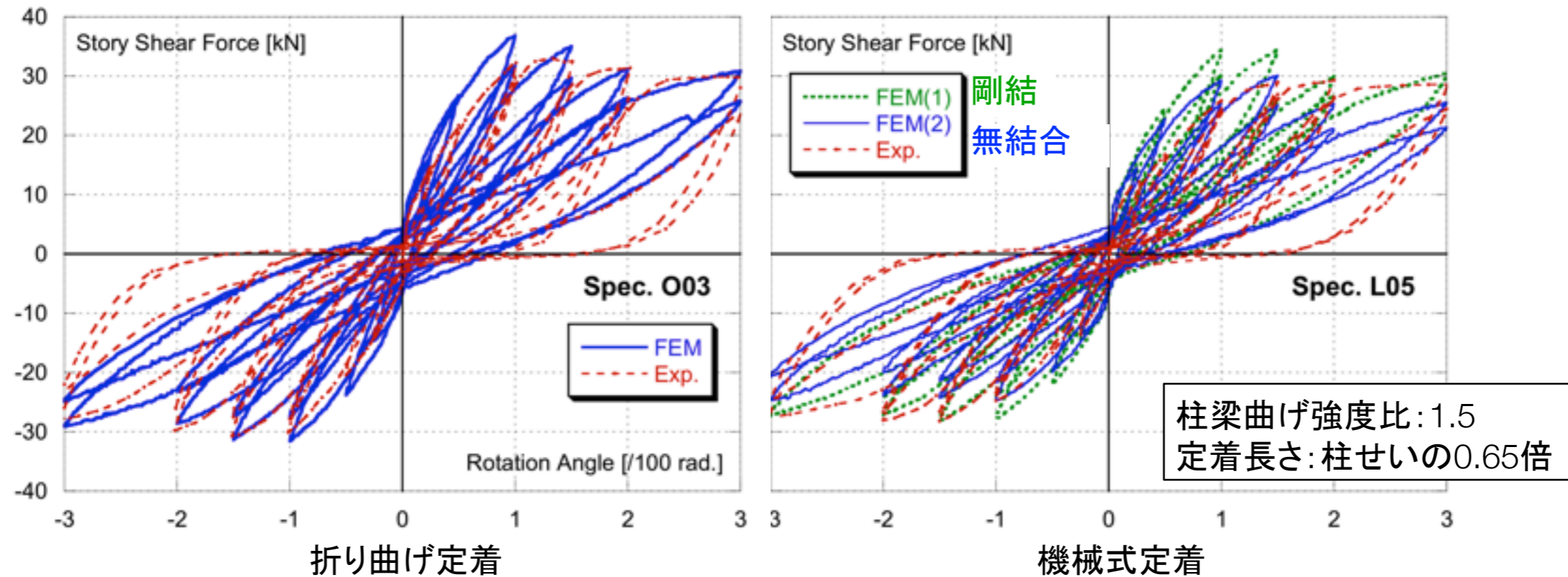
● 梁主筋の定着方法に関する実験

- 柱梁を同一配筋とし，梁主筋の定着方法を，折曲定着とした場合と機械式定着を模擬した場合とで，耐力・剛性に差が生じる

➔ 既往の試験体の解析により，定着方法の差の影響を解析的に再現するための手法を検討



解析結果



解析結果は

- 定着部仕様の違い(折曲定着と機械式定着の違いにより生じる耐力差)を概ね表現できた.
- 機械式定着の場合の剛性・耐力は実験に比べて剛性, 耐力とも大きい傾向
 - 機械式定着の影響を表現するための解析手法の改善が必要