

PRC および PC 構造の柱梁十字形部分架構における梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊に関する研究
 (その2 柱梁接合部入力せん断力の簡易な算定法および十字形部分架構の変形性能)

正会員 田島 祐之 2**
 同 北山 和宏 1*

PRC 構造 梁曲げ降伏 PC 構造 接合部せん断破壊 十字形部分架構 せん断余裕度

1. はじめに

その 1 に引き続き, RC構造のBJ破壊したデータ¹⁾と比較して PRCおよびPC構造の柱梁接合部せん断余裕度と十字形部分架構の変形性能との関係を検討した。

2. 接合部入力せん断力の簡易な算定法

柱梁接合部入力せん断力 V_{jh} は(その 1)で示した接合部周りの梁主筋および梁PC鋼材の応力から求める方法と, 以下で示す 2 通りの方法で求めた。なお全試験体の実験結果で, 梁危険断面におけるコンクリート圧縮域が左右の梁で層間変形角 4%まで梁せいの 1/2 を超えないことを, 梁危険断面から 50(mm)の位置の梁表面に貼付したゲージ(梁せいの高さ方向にわたって 7ヶ所)による歪み分布から確認した。

接合部の左右梁端部モーメントと(その 1)の図-1 に示す梁断面内の距離 J_{be} を用いると, 接合部入力せん断力 V_{jh} は次式で求められる。

$$V_{jh} = \frac{M_{b1}}{J_{be1}} + \frac{M_{b2}}{J_{be2}} - V_c \quad (4)$$

ここで, 左右の応力状態は逆対称で同じと仮定すると

$$\frac{M_{b1}}{J_{be1}} = \frac{M_{b2}}{J_{be2}} \quad (5)$$

であり, これを (4) 式に代入すると

$$V_{jh} = 2 \frac{M_{b1}}{J_{be1}} - V_c \quad (6)$$

を得る。ここで, M_{b1}, M_{b2} : 左右の梁端部モーメント, J_{be1}, J_{be2} : 左右の梁断面引張領域内の引張合力($T_{s1}+T_{p1}$)と圧縮合力との距離(その 1 参照)である。文献²⁾では, J_{be1} として一定値である 0.8D(Dは梁せい)を用いることが提案された。すなわち以下の式で表される。

$$V_{jh} = 2 \frac{M_{b1}}{0.8D} - V_c \quad (7)$$

(その 1)の(3)式と(7)式から得られる接合部入力せん断力を接合部断面積で除したものと(せん断応力度)と実験で得られた接合部せん断変形角の関係を試験体N-1 について図-1 に示す。なお, 接合部断面積は文献³⁾を準用し, 接合部の有効幅(本論文の試験体では 300(mm))と柱せいの積とした。(その 1)の(3)式による計算値を実線, (7)式による計算値を破線, 断面解析から求めた梁曲げ耐力時の接合部入力せん断力を一点鎖線で, それぞれ表す。また, RC柱梁接合部のせん断強度の下限値を求める

計算式³⁾($\mu_{ju}=0.68 \sigma_B^{0.7}$, σ_B : コンクリートの圧縮強度(MPa))を準用して求めた接合部せん断強度を水平の実線で示した。全ての試験体で最大層せん断力時まで(その 1)の(3)式と(7)式はほぼ同程度の値を示した。最大層せん断力以降から(その 1)の(3)式と(7)式の値は離れる傾向が見られる。

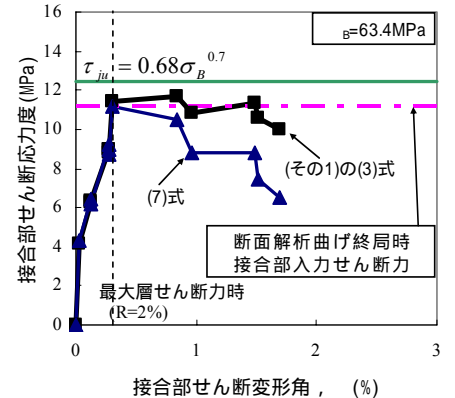


図-1 柱梁接合部せん断応力度 せん断変形角関係

図-2 に試験体N-1 とM-1 の実験で得られた梁危険断面モーメントを梁断面引張領域内の引張合力($T_{s1}+T_{p1}$)で除して求めた J_{be} ($J_{be}=M_b/(T_{s1}+T_{p1})$)と層間変形角との関係を示す。図の一点鎖線は, J_{be} に一定値として代入した 0.8Dを示す。全試験体で同様の履歴を示した。最大層せん断力時に J_{be} はほぼ 0.8Dと一致した。最大層せん断力付近から J_{be} は徐々に減少し, 層間変形角 6%時で 0.5Dまで減少した。これは接合部パネルの損傷が進展すると共に, 接合部パネル内の圧縮域の拡大に起因して梁危険断面の圧縮域が増大するためである。よって最大層せん断力後の耐力低下域では, J_{be} に一定値を使用することは適切ではない。(その 1)で示した接合部周りの梁主筋および梁PC鋼材の応力から求める方法は, J_{be} に依存しないため正確に接合部せん断応力度を求めることができるが, 接合部の左右梁端部モーメントと J_{be} を用いた方法は非常に簡便であるので, 最大耐力までは梁曲げ降伏が先行する十字形部分架構の柱梁接合部設計

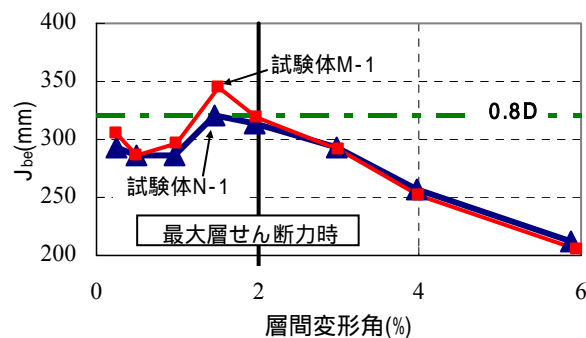


図-2 J_{be} -層間変形角関係

に有用である。

3. 柱梁接合部せん断余裕度

図-3 に塑性率 μ と接合部せん断余裕度 の関係を で示す。なお、文献¹⁾のBJ破壊した純PC構造の試験体 1 体も加えて示す。塑性率 μ は、最大層せん断力の 95%に耐力が低下した時の層間変形角R95 (図-4)を、梁降伏時に相当する層間変形角 R_y で除した値 (μ_{95})で定義した。ここで、梁降伏時変形は通し配筋された梁主筋およびPC 鋼材が降伏した時点もしくは剛性の急激な減少点とした。

一方、せん断余裕度 は、文献³⁾のRC柱梁接合部せん断強度をPC構造にも適用できることが既往の研究⁵⁾で指摘されているので、柱梁接合部せん断強度の平均値とされる以下の式を用い、 τ_{ju} を(その 1)の(3)式で求めた実験の接合部入力せん断応力度の最大値 τ_u で除して算出 (τ_{ju}/τ_u)した。

$$\tau_{ju} = 0.8\sigma_B^{0.7} \quad (8)$$

RC構造を対象に提案されている以下の式³⁾と比較する。

$$\mu = (5.36\alpha - 2.82)(0.437p_{jw} + 0.873) \quad (9)$$

ここで p_{jw} は接合部横補強筋比で以下による。

$p_{jw} = 100 \times A_{jw}/(b_c \cdot j)$ (%表示), A_{jw} は接合部内の全ての横補強筋断面積の総和を表す。 A_{jw} : 一組の接合部横補強筋の断面積, b_c : 柱幅, j : 梁断面の全せいDとする。

層間変形角R95 に対応する塑性率 μ_{95} を最小二乗近似した直線は以下で表示され、図-3 に実線で示す。合わせて図-3 に p_{jw} が 0.41%の時の(9)式を点線で、 μ が 4.5 までのRC試験体のデータ¹⁾を で示した。本研究で p_{jw} は 2 種類しかないので接合部横補強筋による影響は適切に評価できない。そこで暫定的にRC構造と同じものを準用した。

$$\mu_{95} = (3.32\alpha - 2.46)(0.437p_{jw} + 0.873) \quad (10)$$

(9)式と(10)式を比較すると、RC構造に比べPRCおよびPC構造の曲げ降伏後接合部せん断破壊型の十字形部分架構の変形性能は 39~48%劣っている。PRC 及びPC構造はプレストレスにより梁に圧縮軸力が生じているために、変形性能は低下することが考えられる。また対象とした σ_B は 56~78(MPa)と高強度であるため(文献¹⁾の対象としたRC試験体の σ_B は 22~55(MPa)である)、最大耐力以降の接合部パネルコンクリートの圧壊がRC構造の場合と比べて早期に発生したとも考えられる。

4. まとめ

(1)梁断面の引張領域内の引張合力 T' と圧縮合力との距離 J_{bc} を $0.8D$ (D は梁せい)で一定値として、梁端モーメントを距離 J_{bc} で除して得た引張合力 T' より求めた柱梁接合部入力せん断力と、梁鋼材引張力から直接求めた接合部入力せん断力とは最大層せん断力までは良好に一致した。

(2)接合部パネルの損傷が進展するとともに、接合部パネル内

の圧縮域が拡大し、それにともない梁危険断面の圧縮域が増大したため、引張領域内にある引張合力と圧縮合力との距離 J_{bc} は減少した。すなわち、梁曲げ降伏後に柱梁接合部がせん断破壊して層せん断力の低下が生じた以降には、 J_{bc} に一定値を使用することは適切ではない。

(3)接合部せん断余裕度 と塑性率 μ の関係を RC 構造と比較すると、PRC および PC 構造の変形性能は 39~48%劣っていた。これはプレストレスにより梁に圧縮軸力が生じているためと考える。また本論文で扱った試験体のコンクリート強度は 56~78(MPa)と高強度であるため、最大耐力以降の接合部パネルコンクリートの圧壊が RC 構造の場合と比べて早期に発生したことも考えられる。

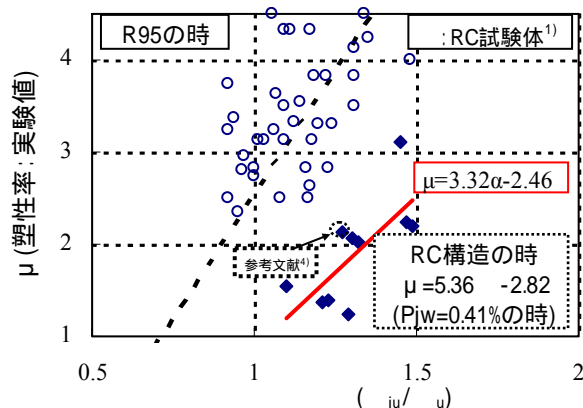


図-3 μ (塑性率: 実験値) - (τ_{ju}/τ_u) 関係

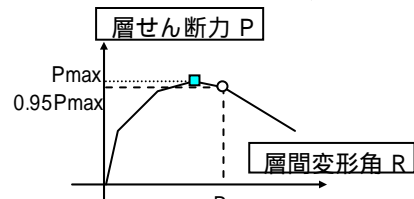


図-4 R95の求め方

謝辞 永井寛氏(鹿島建設(株)技術研究所)にご助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。

参考文献 (1)村上秀夫, 藤井栄ほか: 鉄筋コンクリート造内部柱・梁接合部単位架構の変形性能に関する検討(接合部データベース解析 その 1), 日本建築学会構造系論文集, 第 503 号, pp.85-92, 1998.9 (2)内田龍一郎, 浜原正行ほか 2 名: PC 造骨組における内側柱・梁接合部の終局強度に及ぼすプレストレスの影響, 日本建築学会構造系論文集, 第 583 号, pp.107-113, 2004.9 (3)日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999 (4)西村知明, 谷昌典, 西山峰広: プレストレストコンクリート圧着骨組の損傷評価, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.30, No.3, pp.511-516, 2008.7 (5)舩田尚之, 北山和宏, 岸田慎司: 圧着接合されたプレレスト・コンクリート造立体柱梁接合部の地震時挙動, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.27, No.2, pp.397-402, 2005.6

*首都大学東京都市環境科学研究科建築学域教授 工博

**首都大学東京工学研究科建築学専攻 修士(工学)

*Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.

**Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University, M. Eng.