

# 圧着接合されたプレストレスト・コンクリート柱梁接合部 がせん断破壊するときの層せん断力について

正会員 ○ 北山和宏

圧着接合 プレストレスト・コンクリート 柱梁接合部  
せん断破壊 層せん断力

1. はじめに PC鋼棒を緊張してプレキャスト・コンクリート柱・梁部材を圧着接合して組み立てた(PCaPC)骨組内の柱梁接合部パネルの設計では、PC鋼材降伏時の接合部入力せん断力を評価して、それが接合部せん断強度以下であることを確認する。ここでは内柱梁接合部のせん断破壊時層せん断力を簡易に求める方法を検討した。単位架構の性能を評価する際には、接合部入力せん断力よりも層せん断力のほうが扱い易いからである。

2. 接合部破壊時の層せん断力の導出 簡単のため梁断面内のPC鋼材は上下等量に、かつ上下対称に配筋されるとする。通常のPCaPC骨組内の梁断面では、左右の梁危険断面における終局時のコンクリート圧縮域深さが梁せいの1/2を超えることはないと考えられる[1]。このとき接合部入力せん断力は式(1)によって算定できる。

$$V_j = 2P_t - V_c = 2 \frac{M_b}{j_{be}} - V_c = \left\{ \frac{H(L-D_c)}{j_{be} \cdot L} - 1 \right\} \cdot V_c \quad \dots (1)$$

ここで、 $P_t$  : 梁断面内の引張り側PC鋼材の引張り力、 $j_{be} : M_b = P_t \cdot j_{be}$  と便宜的に置いたときの梁断面内の距離 (実際のPC梁断面における応力中心間距離ではない)、そのほかの記号は図1を参照。PCaPC柱梁接合部のせん断強度はAIJ靱性保証型耐震設計指針を準用して求められる[2]ので、梁断面内の距離  $j_{be}$  を定めれば接合部破壊時層せん断力を得られる。ここで図2のような梁断面応力状態を考える。梁断面モーメント  $M_b$  はモーメントのつり合いより以下となる。

$$M_b = P_t \cdot j_{bt} - P_c \cdot j_{bc} \quad \dots (2)$$

$P_c$  : 梁断面内の圧縮側PC鋼材の引張り力、 $j_{bt}$ 、 $j_{bc}$  : 断面の圧縮合力位置から引張り側又は圧縮側のPC鋼材までの距離、である。式(2)を  $P_t \cdot j_{be}$  と等しいと置くと、

$$j_{be} = j_{bt} - \frac{P_c}{P_t} \cdot j_{bc} \quad \dots (3)$$

$P_c/P_t = \gamma$ 、 $d_t + \gamma d_c = D_e$  ( $d_t$ 、 $d_c$  : 圧縮縁から引張り側又は圧縮側のPC鋼材までの距離) とおき、圧縮縁からコンクリート圧縮合力までの距離  $x_c$  を用い  $j_{bt} = d_t - x_c$ 、 $j_{bc} = x_c - d_c$  を式(3)に代入して変形すると下式を得る。

$$j_{be} = D_e - (1 + \gamma)x_c \quad \dots (4)$$

圧縮合力位置  $x_c$  を定めるためコンクリート圧縮応力分布をACIの長方形と仮定すると、力のつり合いより、

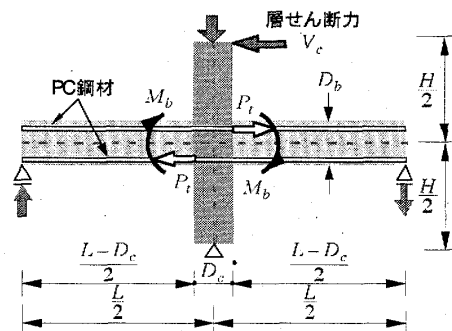


図1 対象とする十字形部分架構

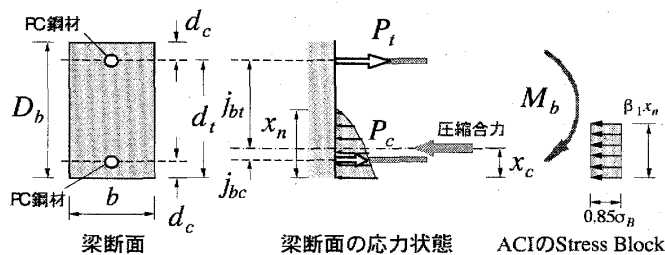


図2 梁断面の応力状態と寸法

$$P_t + P_c = 0.85\sigma_B \cdot \beta_1 x_n \cdot b \quad \dots (5)$$

ここで、 $\sigma_B$  : コンクリート圧縮強度、 $\beta_1 x_n$  : ストレス・ブロックのせい、 $b$  : 梁幅、である。 $\beta_1 x_n = 2x_c$  を式(5)に代入して距離  $x_c$  を求め、式(4)に代入すると、

$$P_t = B \cdot (D_e - j_{be}) \quad \dots (6)$$

ここで、 $B = \frac{1.7\sigma_B \cdot b}{(1 + \gamma)^2}$  である。層せん断力  $V_c$  と梁危険断面でのモーメント  $M_b$  とは以下の関係にある。

$$V_c = k \cdot 2M_b = 2k P_t \cdot j_{be} = 2kB j_{be} \cdot (D_e - j_{be}) \quad \dots (7)$$

ここで、 $k = \frac{L}{H(L-D_c)}$  である。式(6)および式(7)を式(2)に代入すると、

$$V_j = 2B(1 - k \cdot j_{be}) \cdot (D_e - j_{be}) \quad \dots (8)$$

これを距離  $j_{be}$  について解いて有意な解を求める。

$$j_{be} = \frac{1 + k \cdot D_e - \sqrt{(1 + k \cdot D_e)^2 - 4k \left( D_e - \frac{V_j}{2B} \right)}}{2k} \quad \dots (9)$$

式(9)の  $V_j$  に接合部せん断強度を代入すれば接合部破

壊時の距離  $j_{be}$  が求められるので、そのときの層せん断力  $V_c$  を式(7)によって得ることができる。

3. 実験結果と計算値との比較

以上の方法によって柱梁接合部がせん断破壊するときの層せん断力を求め、実験結果と比較・検討した(表1)。使用した試験体はPCaPC十字形試験体12体である[1~4]。コンクリート強度が柱、梁部材で異なる場合には小さい方を使用した。接合部せん断強度はRC建物の靱性保証型耐震設計指針[5]による平均値(せん断応力度で  $0.80 \cdot \sigma_B^{0.712}$  MPa)を準用して求めた。なお、実験結果に基づき  $\gamma = 1$  ( $P_t = P_c$ ) とした。

接合部破壊時の層せん断力計算値  $V_{c,cal}$  と実験による最大層せん断力  $V_{c,exp}$  との比 ( $V_{c,cal}/V_{c,exp}$ ) は接合部破壊したものでは1より小さく、接合部破壊が先行しなかったものでは1より大きかった。接合部破壊した野口らの試験体[3]の計算値は実験値の75%であり、接合部破壊時の層せん断力を過小評価した。梁断面内のPC鋼棒位置が断面中央に比較的近かった(梁せい30cmに対して上下の縁から10cmに位置した)ことが一因と考えられる。

平面保持仮定の梁断面解析によってPC鋼材が降伏する(試験体BNUのみはコンクリート圧壊が発生する)ときの層せん断力を  $V_{cy}$  (計算値) とする。  $V_{c,cal}/V_{cy}$  を横軸とし、  $V_{c,exp}/V_{cy}$  を縦軸とした関係を図3に示す。曲げ破壊後に接合部せん断破壊した試験体を■で示した。接合部が破壊した試験体(●印)は図中の実線よりも上にあることから、本提案によって計算した接合部破壊時の層せん断力は安全側の評価を与えると判断できる。

距離  $d_t$  (梁断面の有効せいに該当) に対する断面内の距離  $j_{be}$  (計算値) の比 ( $j_{be}/d_t$ ) は0.66から0.87となった。これをRC構造で一般的な応力中心間距離  $j = \frac{7}{8}d$  ( $d$ : 梁断面の有効せい) の係数  $7/8$  と便宜的に比較すると全試験体で係数  $7/8$  のほうが大きかった。

提案法の妥当性を検証するため、本学実施の6体の試験体について梁危険断面における距離  $j_{be}$  を検討した。その一例を図4に示す。実験での  $j_{be}$  は、測定ひずみを応力変換して求めたPC鋼棒引張り力と、測定した梁せん断力とから計算した。実験結果の包絡線を太

線で、計算値を細線で示した。最大層せん断力時の  $j_{be}$  の実験値(図中の矢印)と計算値とはほぼ一致した。

これらの6体に関して、最大層せん断力時の距離  $j_{be}$  の実験値(左右の梁の正負加力時の平均)に対する計算値の比は0.84から1.01であり(表1参照)、計算値は実験結果を過小評価する傾向にあったが、提案法で仮定した断面応力状態はほぼ妥当であると判断する。

4. まとめ

PCaPC柱梁接合部のせん断破壊時層せん断力を簡易に求める方法を提案した。梁危険断面でのコンクリートは圧縮強度に達すると仮定し、梁断面モーメントを(引張り側PC鋼材の引張り力) × (腕の長さ  $j_{be}$ ) と表現したときの距離  $j_{be}$  を求め、これに基づき接合部せん断破壊時の層せん断力を算定した。圧着接合によって組み立てられたPC内柱梁接合部の実験結果と計算値とを比較したところ、使用した試験体数は少ないものの本方法による接合部破壊時の層せん断力は安全側の評価を与えた。

謝辞: 本研究は鹿島技術研究所との共同研究である。

参考文献: [1] 岸田、北山ほか: 圧着接合されたプレストレスト・コンクリート柱・梁接合部の力学性状に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、2002年8月、pp.613-618. [2] S. Kishida, K. Kitayama et al.: Hysteresis Characteristics and Failure Mechanism of Precast Prestressed Concrete Beam-Column Joints Assembled by Post-tensioning Steel, Proceedings of Fib 2002 Osaka Congress, 2002, October, pp.627-636. [3] 紅谷、柏崎、野口: プレストレストコンクリート柱・梁接合部のせん断性状に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19, No.2, 1997年、pp.1179-1184. [4] 足立、西山: プレキャスト圧着接合梁柱十字型骨組の履歴挙動、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19, No.2, 1997年、pp.1329-1334. [5] 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.

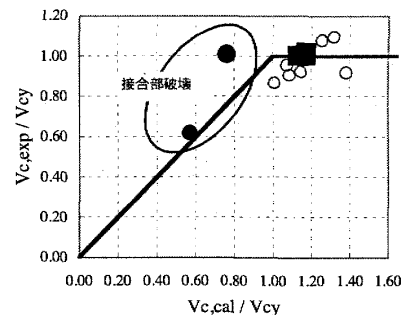


図3 実験結果と計算値との比較

表1 検証に使用した試験体の実験結果と計算値

試験体名	実施者	実験での最大層せん断力 $V_{c,exp}$ (kN)	接合部破壊時の層せん断力(計算値) $V_{c,cal}$ (kN)	$V_{c,cal}/V_{c,exp}$	距離 $j_{be}$ (計算値) (mm)	$j_{be}/d_t$	最大層せん断力時 $j_{be}$ (実験値) (mm)
PCa-2	相崎・野口	144.2	108.6	0.75	158.3	0.79	—
S15.2-I	足立・西山	53.5	64.3	1.20	168.2	0.84	—
S17.8-I	足立・西山	67.9	76.2	1.12	174.6	0.87	—
S15.2-O	足立・西山	55.2	64.3	1.16	168.2	0.66	—
S17.8-O	足立・西山	65.6	76.2	1.16	174.6	0.68	—
BNN1	岸田・北山	190.3	215.7	1.13	271.4	0.82	307.2
WNN	岸田・北山	184.2	221.2	1.20	272.4	0.83	—
BNU	岸田・北山	149.0	224.0	1.50	272.9	0.83	325.9
BNN2	岸田・北山	179.6	222.7	1.24	272.7	0.83	288.2
BHH1	岸田・北山	195.6	225.5	1.15	273.2	0.83	297.1
BHH	岸田・北山	194.2	226.7	1.17	273.4	0.83	310.3
BHH2	岸田・北山	147.2	135.4	0.92	251.4	0.76	249.4

イタリックはPC鋼棒降伏後の接合部破壊、太字は接合部破壊、その他は梁曲げ破壊

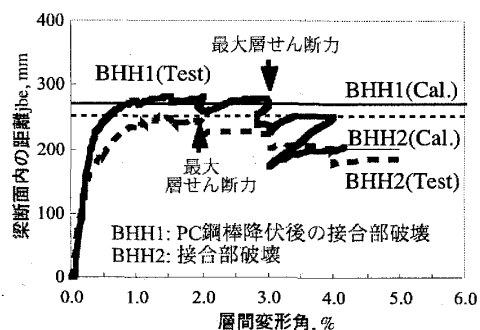


図4 断面内の距離  $j_{be}$  の実験値と計算値との比較

東京都立大学大学院工学研究科助教授・工学博士

Associate Professor, Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.