

B-66

接合部アスペクト比が PC 造ト型部分架構の力学的挙動に及ぼす影響に関する実験的研究
(その2 実験結果と計算値の比較)

Effects of Aspect Ratio of Beam-Column joint Core on Mechanical Behavior of Prestressed Concrete Exterior
Beam-Column Joint Assemblies

(Part2 Comparison between Experimental Result and Calculation Value)

○小池正大¹, 小松匠¹, 浜原正行²

Syodai Koike¹, Takumi Komastu¹, Masayuki Hamahara²

Abstract: Reversed cyclic loading tests were conducted on three prestressed concrete exterior beam-column joint assemblies. This paper described comparison between experimental result and calculation value.

1. はじめに

本報告は、前報で述べた接合部アスペクト比を要因とした PC 造ト型部分架構試験体 3 体について、実験値と計算値に対する考察を行うものである。

2. 記号

- b_c, b_b : 柱幅, 梁幅
- b_j : 接合部有効幅(柱幅と梁幅の平均値)
- D_c, D_b : 柱せい, 梁せい
- D_j : 接合部の有効せい(90度折曲げ筋水平投影長さ)
- H, L : 階高, スパン
- j : 梁の応力中心間距離=(7/8)×主筋の有効せい
- j_{be} : 梁の等価応力中心間距離(=0.8 D_b)
- M_{bu} : 梁の終局モーメント
- N : 軸方向力
- P_e : 有効緊張力
- σ_B : コンクリートの圧縮強度

3. 実験値と計算値の比較

3.1 接合部せん断ひび割れ発生荷重

Table 1 は接合部せん断ひび割れ時の柱せん断力の実験値 V_e と(1)式による計算値 V_c , 層間変形角 R , および V_e/V_c の一覧を示したものである。

$$V_c = \frac{b_j \cdot D_j \cdot j \cdot \tau_{ju}}{H - D_c \cdot (H/L) - j} \quad (1)$$

ここに, $\tau_{ju} = \sqrt{\sigma_t^2 - (\sigma_n + \sigma_p) \cdot \sigma_t + \sigma_n \cdot \sigma_p}$

$$\sigma_p = P_e / (b_b \cdot D_b) \quad \sigma_n = N / (b_c \cdot D_c) \quad \sigma_t = 0.07 \cdot \sigma_B$$

Table 1 より以下のことが指摘できる。

1) 梁せい 200mm の EPC-2, 300mm の EPC-3, 400mm の EPC-4 の接合部せん断ひび割れ時の柱せん断力は、それぞれ 25.2kN, 38.2kN, 58.8kN であり、その大きさは、梁せい (すなわち、アスペクト比) にほぼ比例しているといえ、アスペクト比の大きい試験体ほど大きな値を示している。

2) 接合部破壊が先行した EPC-3, EPC-4 の接合部せん断ひび割れ時の柱せん断力は、(1)式に比較的好く一

致している。しかし、梁が圧壊した EPC-2 は、実験値/計算値の値が 1.3 を上回っており、計算値は実験値を小さめに評価している。

3.2 平均せん断力と層間変形角の関係

Fig.1 は(2)式による各試験体の接合部平均せん断力 τ_j と層間変形角 R の関係を示したものである。図中の水平線は(3)式による RC 靱性保障型指針中の平均値式 τ_{ju} を示している。接合部平均せん断力との最大値と(3)式による計算値は比較的好く一致している。

$$\tau_j = \frac{V_c}{B_j \cdot D_j \cdot j_{be}} \left(H - \frac{H}{L} \cdot D_c - \frac{1}{j_{be}} \right) \quad (2)$$

$$\text{平均値式: } \tau_{ju} = 0.587 \cdot \sigma_B^{0.718} \quad (3)$$

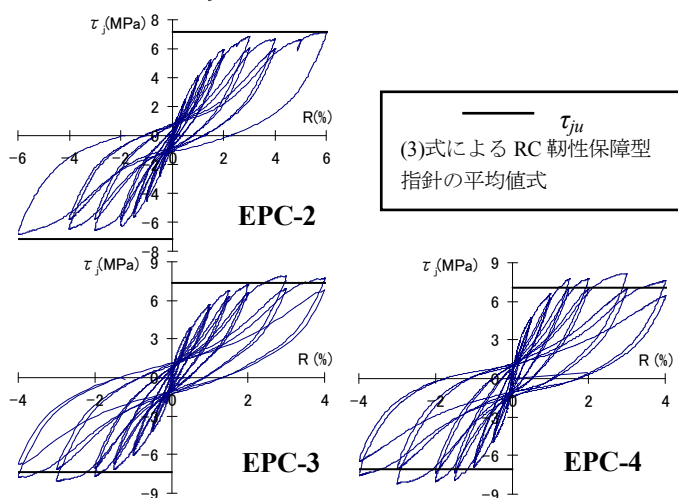


Fig.1. average shearing stress of beam-column joint core versus story deformation angle

Table 1. shear cracking load of beam-column joint cores

試験体	V_e (kN)			R (%)			V_c	V_e/V_c
	正	負	平均	正	負	平均		
EPC-2	33.3	----	33.3	1.4	----	1.4	25.2	1.32
EPC-3	43.4	47.8	45.6	0.5	0.5	0.5	38.2	1.19
EPC-4	64.4	66.9	65.7	0.4	0.4	0.4	58.8	1.12

【記号】 V_e : 接合部せん断ひび割れ発生時の柱せん断力

R : V_e 時の層間変形角, ----: 記入漏れ

V_c : 接合部せん断ひび割れ発生時の柱せん断力の計算値

1: 日大理工・院 (前)・海建、Graduate Student of Oceanic Architecture & Engineering, Nihon University

2: 日大理工・教員・海建、Prof., Dept. of Oceanic Architecture & Engineering, Science & Technology Nihon University

3.3 最大荷重

Table 2 に最大柱せん断力の実験値 V_{eu} , (4)式による梁曲げ終局強度時の柱せん断力 V_{bu} , 及び(5)式による柱・梁接合部終局強度時の柱せん断力 V_{ju} の一覧を示す.

$$V_{bu} = \frac{M_{bu} \cdot L}{H \cdot (L - D_c)} \quad \text{----- (4)}$$

$$V_{ju} = \frac{b_j \cdot D_j \cdot j_{be}}{H - D_c \cdot (H/L) - j_{be}} \cdot \tau_{ju} \quad \text{----- (5)}$$

(4)式中の梁曲げ終局モーメント M_{bu} の算定に際しては、以下の仮定を設定した.

1) 圧縮コンクリートの応力分布には ACI ストレスブロックの形状係数³⁾を用いた.

2) コンクリートは平面保持が成立し、同位置のコンクリートと鋼材のひずみは等しい.

(5)式中の接合部のせん断強度には、(3)式に示した靱性保障型指針の平均値式および、(6)式に示す同指針中の下限式を用いた.

$$\text{下限式: } \tau_{ju} = 0.476 \cdot \sigma_B^{0.7} \quad \text{----- (6)}$$

Table 2 より以下のことが指摘できる.

1) 実験値を曲げ終局時の柱せん断力で除した値 V_{eu}/V_{bu} は、0.52~0.68 となっており、実験値は曲げ終局強度を大きく下回っている.

2) 実験値を接合部終局時における柱せん断力で除した値は、(3)式の平均値式、(6)式の下限値式とも梁せい(すなわちアスペクト比)が大きい試験体ほど大きな値を示している. その具体的な値は平均値式では、梁の圧壊によって破壊した梁せい 200mm の EPC-2 が 0.97, 柱梁接合部のせん断破壊を起こした梁せい 300mm の EPC-3, 400mm の EPC-4 では、それぞれ 1.09, 1.15 であり、梁の圧壊で破壊した EPC-2 以外の 2 体は(3)式による接合部強度に達していることが分かる. 一方、下限式で除した値は、1.28~1.52 となっており、いずれも 1 を上回っている.

3) 以上より文献 2)の手法はアスペクト比が 1~1.2 の範囲を超える部分架構にも適用可能なことが分かる.

Table 2. Column maximum shear force obtained experimentally and theoretically

試験体名	V_{eu} (kN)	V_{bu} (kN)	V_{ju} 平均	V_{ju} 下限	$\frac{V_{eu}}{V_{mu}}$	$\frac{V_{eu}}{V_{ju}}$	$\frac{V_{eu}}{V_{ju}}$	破壊モード
EPC-2	48.3	70.8	49.6	37.8	0.68	0.97	1.28	BC
EPC-3	89.4	163.3	82.4	62.7	0.55	1.09	1.43	J
EPC-4	132.3	231.7	114.6	87.3	0.52	1.15	1.52	J

【記号】 V_{eu} : 最大柱せん断力の実験値

V_{bu} : 梁が終局強度に達した時の柱せん断力の計算値

V_{ju} (平均): (5)式による接合部終局強度時の柱せん断力

V_{ju} (下限): (6)式による接合部終局強度時の柱せん断力

BC: 梁端部の圧壊

J: 接合部せん断圧縮破壊

3.4 初期剛性

Table 3 は各試験体の初期剛性の実験値 k_e (=柱せん断力/層間変形角)と(7)式による計算値 k_c を比較したものである. Table 3 より初期剛性の実験値/計算値の値は 0.87~1.08 の範囲に分布しており、実験値と計算値は比較的良好に一致しているといえる.

$$k_c = \frac{12 \cdot E \cdot K_c}{\{1 + (2/k)\} \cdot H} \quad \text{----- (7)}$$

ここに、 $K_c = I_c / H$ $K_b = I_b / L$ $k = K_b / K_c$

I_c =柱の断面二次モーメント

I_b =梁の断面二次モーメント

Table 3. Comparison between experimental result and calculation value of initial stiffness

試験体	$k_e (\times 10^4 \text{ kN/rad})$			計算値 $k_c (\times 10^4 \text{ kN/rad})$	$\frac{k_e}{k_c}$
	正	負	平均		
EPC-2	0.70	0.63	0.66	0.76	0.87
EPC-3	2.01	2.52	2.26	2.09	1.08
EPC-4	3.46	2.83	3.15	3.45	0.91

【記号】 k_e : 初期剛性の実験値

k_c : (7)式による初期剛性の計算値

4. まとめ

- 1) 接合部せん断ひび割れ発生時の柱せん断力は、アスペクト比の大きい試験体ほど大きな値を示していた.
- 2) 梁の曲げ破壊が先行した EPC-2 は、接合部破壊が先行した EPC-3,4 に比べ、接合部せん断ひび割れ時の柱せん断力の実験値と計算値の違いが大きくなった.
- 3) いずれの試験体も、接合部終局強度が梁の曲げ終局強度を下回っており、EPC-3,4 においては実験結果の破壊に対応している. しかし、EPC-2 においては梁曲げによる端部の圧壊をしている.
- 4) 文献 2)の手法はアスペクト比が 1~1.2 の範囲を超える部分架構にも適用可能であった.
- 5) 初期剛性の実験値と計算値は比較的良好に一致した.

【参考文献】

- 1) 原井ほか: 接合部のアスペクト比が PC 骨組の力学的挙動に及ぼす影響に関する実験的研究, 日本建築学会学術講演梗概集 構造, pp.929-934, 2008
- 2) Hamahara et al.: "Design for Shear of Prestressed Concrete Beam-Column Joint Cores", ASCE, Jour. of Structural Engineering, pp.1520-1530, 2007.11
- 3) ACI Committee340: "Design Handbook, Vol.1, Beams One-Way Slabs, Brackets, Footings and Caps, in Accordance With the Strength Design Method of ACI 318-89", ACI Publication SP-17(1991), p361
- 4) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震指針・同解説, 1999