

梁主筋接合部内定着型プレキャスト工法の開発

技術本部

技術本部

技術部

技術部

新石雅文

渡邊一弘

1. はじめに

本工法は柱と梁をプレキャスト（以下、PCa）部材とし、柱と梁の接合部で部材を一体化する工法である。通常、梁主筋は柱梁接合部内を通し配筋する、もしくは機械式継手や溶接、圧接によって接合するが、本工法では機械式定着具を梁主筋端部に取り付け、柱梁接合部に場所打ちコンクリートを打設し、左右の梁主筋を柱梁接合部内に各々定着させる。狭隘部での鉄筋相互の接合工程を省略することによる労務の省力化、および PCa レンコン工法に見られる PCa 部材製作の複雑さを回避し、PCa 部材製作コストの抑制を狙ったものである。地震力が作用した際、図-1 に示すように梁主筋に引張力が作用する。この鉄筋に作用する引張力は鉄筋の付着力と定着具底板の支圧力によってコンクリートに伝達され、支圧力は底板から斜め 45° 方向に作用しコーン状の破壊面を形成するため、定着耐力はこの範囲のコンクリートの引張強度およびコーン状破壊面を横切るせん断補強筋の引張強度によって抵抗すると考えられる。既往の定着耐力評価式には式-1¹⁾、式-2²⁾などがある。本工法では定着長が文献 1),2) で規定された長さ以下の短い範囲で使用するため、定着耐力の適切な評価が必要となる。そこで十字形架橋形式の試験体を用いて加力実験を行い構造性能を検証した。

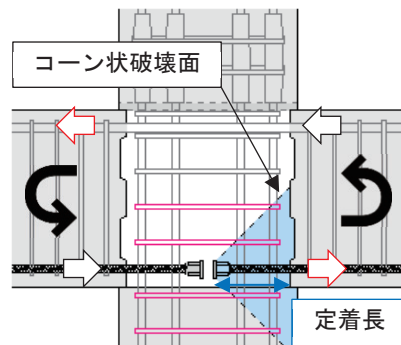


図-1 工法の概要

筋量を2倍とした。No.4 は No.2 に対して柱梁接合部内の帯筋に高強度鉄筋を使用した。No.5 は No.2 に対して梁主筋量を1.5倍とし、柱梁接合部内の帯筋に高強度鉄筋を使用し、帯筋量を2倍とした。No.6 は No.2 を基準にコーン状破壊面を横切るように柱の軸方向に補強筋を配した。No.3～No.5 はい

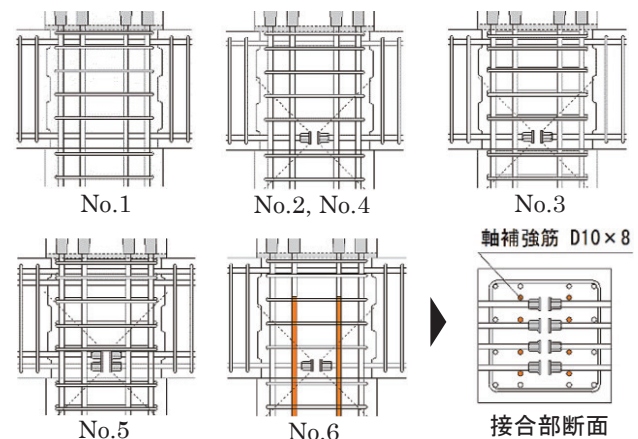
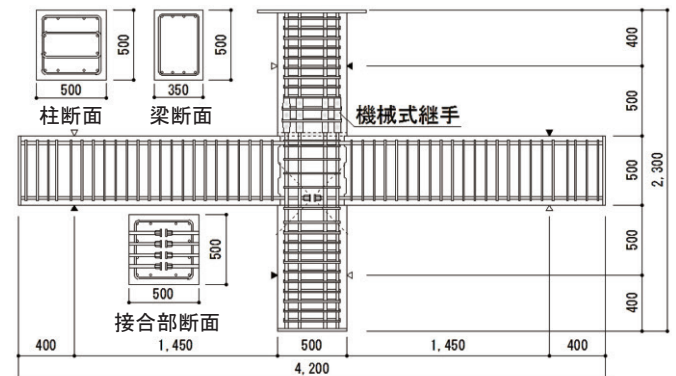


図-2 試験体配筋図

表-1 試験体一覧および鋼材の材料強度

試験体名		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
圧縮強度 (N/mm ²)		33.5	32.9	35.3	35.9	37.3	34.0
柱	断面寸法	500×500mm 軸力比 $\eta=0.1$					
	主筋	12-D19・SD390					
	HOOP	4-D10・SD295A・@70mm					
梁	断面寸法	350×500mm					
	主筋	8-D19				12-D19	8-D19
	STR.	4-D10・SD295A・@80mm					
柱梁 接合部	横補強筋	2-D10	2-D10	4-D10	2-S10	4-S10	2-D10
	横補強筋比	0.29%	0.29%	0.58%	0.29%	0.47%	0.29%
	定着長さ	－	228mm (12 d_b かつ0.45D)				
鋼材				降伏強度 (N/mm ²)		ヤング係数 (×10 ⁵ N/mm ²)	
D10(SD295A)		せん断補強筋・横筋			345		1.86
S10(KSS785)		横筋			886		1.86
D19(SD390)		柱主筋・軸補強筋			427		1.87
D19(SD490)		梁主筋(ねじ節)			523		1.87

$$P_{cu} = \gamma \cdot 0.313 \sqrt{F_c} \cdot A_c + 0.7 \cdot A_w \cdot \sigma_{wy} \quad (1)$$

$$T_{cu} = k_n \cdot \beta_c \cdot (T_c + T_w) \quad (2)$$

$$T_c = \left(2 \cdot l_a \cdot b_c \cdot 0.313 \cdot \sqrt{F_c} \cdot \frac{\sqrt{l_a^2 + j_l^2}}{j_g} \right) \quad T_w = (0.7 \cdot A_w \cdot \sigma_{wy})$$

※P_{cu}, T_{cu}：定着耐力 その他記号は文献、または本稿を参照

2. 実験概要

2.1 試験体

図-2 に試験体配筋図、表-1 に試験体一覧および鋼材の材料強度を示す。試験体は 1/2 スケールを想定した十字形部分架橋形式 6 体で、No.1 は定着工法と比較するために通し配筋とした。No.2 は No.1 の梁下端主筋に機械式定着具を用いて、鉄筋降伏耐力に対して式-1 による定着耐力を 0.68 倍とし、定着破壊を想定した。No.3 は No.2 に対して柱梁接合部内の帯

ずれも式-1を基に定着破壊の発生を防止する計画とした。機械式定着具の定着長はいずれも定着鉄筋径に対して12倍、柱せいに対して約0.45倍とした。

2.2 荷重方法

柱脚部をピン支持、梁両端をピンローラー支持とし、一定軸力(軸力比 $\eta=0.1$)を加えた状態で柱頭部に水平力を加えた。加力は層間変形角 R で制御し、正負交番繰り返し漸増荷重試験とした。

3. 実験結果

3.1 荷重-変形関係

図-3に各試験体の柱せん断力と層間変形角の関係として正荷重時の包絡線を示す。柱せん断力の実験値は梁曲げ耐力計算値で除し基準化した。図よりNo.1とNo.2は最大荷重、履歴曲線がほぼ等しい。No.3, No.4, No.6はNo.2より最大荷重が高く、その後の荷重低下の度合いも小さかった。

3.2 破壊状況

図-4にNo.1, No.2, No.5の $R=4.0\%$ 時の破壊状況を示す。No.1は接合部に斜め対角線ひび割れが、No.2, No.5は対角線ひび割れに加えて機械式定着具端からコーン状ひび割れが発生した。No.5は他試験体に比べ接合部への入力せん断力が大きいため、接合部のせん断ひび割れ、コーン状ひび割れともにNo.2より大きかった。No.5のみ梁曲げ降伏後の接合部破壊、その他は梁曲げ破壊となった。表-2に式-1,2の定着耐力式による計算値および実験結果を示す。No.2,3,4,6の実験最大荷重は式-1による定着耐力よりは高く、いずれの試験体も顕著な定着破壊を生じていないことから、式-1による定着耐力は実験値を小さめに評価するものと思われる。

3.3 帯筋のひずみ分布

図-5に柱梁接合部横補強筋および下柱帯筋の $R=2.0\%$ 時におけるひずみ分布を示す。図内、破線は定着具端から 45° 方向に仮定したコーン状破壊線を示す。図よりNo.1は 500μ 程度で、No.2は一部降伏ひずみを超えた。No.5は $2000\sim3000\mu$ 程度のひずみとなったが、高強度鉄筋であるので降伏には至っていない。

3.4 定着耐力の比較

図-6に式-2を用いた定着耐力の計算値 T_{cu} と実験値の関係を示す。定着耐力の実験値は梁端部の曲げモーメントを0.9dで除した値である。図には一昨年に行った引抜き要素試験20体の実験値と式-2による計算値を合わせて示す。図より引抜き試験では定着耐力に対し、実験値は平均で1.2倍程度高く、架構試験では平均で1.1倍程度高くなった。ただし、架構形式の試験体は定着破壊を起こしていないことから実際の定着耐力はもっと高いことが予想される。No.3は実験値が計算値を下回っているが、これは定着耐力が梁曲げ耐力以上で、実験値が梁曲げ耐力で頭打ちとなったためである。

4. まとめ

梁主筋に機械式定着具を用いて接合部内で定着させた十字形架構形式の実験から定着耐力を検討した。定着長が鉄筋径に対し12倍かつ柱せいに対し0.45倍と短い場合でも定着破

壊は発生せず、式-1,2による定着耐力は実験値を安全側に評価した。今後、実用化に向けて設計方法を検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 東京鉄鋼株式会社：プレートナット工法設計施工指針
- 2) (財)日本建築総合試験所：機械式鉄筋定着工法設計指針

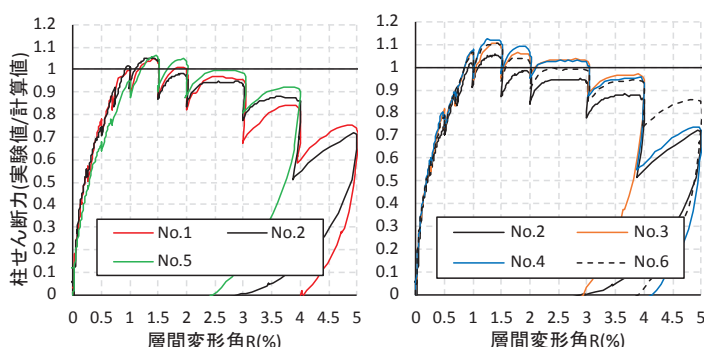


図-3 荷重-変形関係 (正荷重時包絡線)

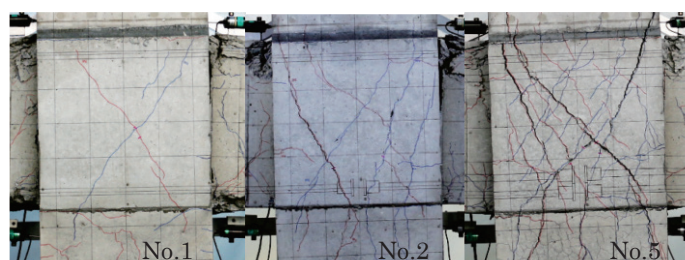


図-4 破壊状況 ($R=4.0\%$)

表-2 計算耐力と実験結果

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
梁曲げ耐力計算値 cQ_{bu} (kN) ^{※1}	378	378	378	378	547	378
式-1 定着耐力 P_{cu} (kN) ^{※1}	—	257	352	401	624	261
定着耐力余裕度 P_{cu}/cQ_{bu}	—	0.68	0.93	1.06	1.14	0.69
式-2 定着耐力 T_{cu} (kN) ^{※1}	—	363	450	499	717	367
定着耐力余裕度 T_{cu}/cQ_{bu}	—	0.96	1.19	1.32	1.31	0.97
最大荷重実験値 (kN) ^{※1}	396	399	418	425	580	418
破壊形式 ^{※2}	B	B	B	B	BJ	B
実験値/計算値 cQ_{bu}	1.05	1.06	1.11	1.12	1.06	1.11

※1 柱せん断力に置換 ※2 B: 梁曲げ破壊 BJ: 梁曲げ降伏後接合部破壊

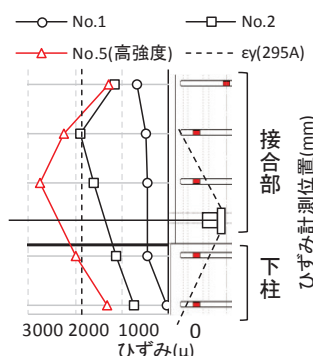


図-5 帯筋のひずみ分布

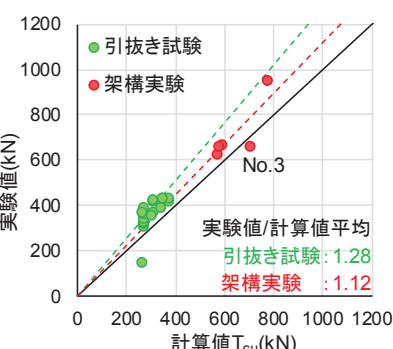
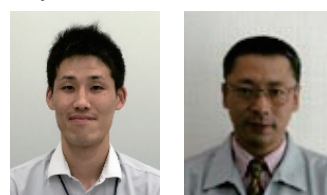


図-6 定着耐力実験値比較

Key Words: 機械式定着, コーン状破壊, 定着耐力



新石雅文

渡邊一弘