

大阪工業大学大学院 学生員 ○飛木田 陽介 大阪工業大学大学院 学生員 金森 隆
大阪工業大学大学院 学生員 柏 直也 大阪工業大学 正会員 井上 晋
大阪工業大学 正会員 三方 康弘

1. はじめに

著者らは、プレキャスト PC 構造によるコンクリート製橋脚の高性能化に関する研究を行っている。既往の研究²⁾より PC 鋼材をアンボンド化することで、より復元性・修復性の高い構造になることが報告されている。しかし一方で、アンボンド構造にすることによりエネルギー消散能力が低下することが懸念される。そこで本研究では、エネルギー消散能力の向上を目的として柱部材断面内にフーチング部に定着された鉄筋を配置するアンボンド型プレキャスト PC (PCaPC) 柱部材を作製し、既往の結果と比較することにより、その耐震性能について検討を行った。

2. 実験概要

2012年度に作製した、断面内にネジ鉄筋を有するPCaPC柱 (0.5PCaD19, 1.0PCaD16, 1.5PCaD13) 断面を図-1A, 比較対象である2011年度に作製したPCaPC柱 (2.0PCa-U ϕ 23) 断面¹⁾を図-1B, 2008年度に作製したRC柱 (RC-D16) 断面²⁾を図-1Cに示す。供試体の幅×高さは500×500mmであり、A, Bの中央部 (300×300mm) は中空となっている。2012年度の供試体は、フーチング上に高さ600mmのPCaブロックをフーチングから突出したネジ鉄筋がPCaブロック断面内に配置したネジ鉄筋用シースを通過するように3段積み上げ、PC用シースに挿入したPC鋼材 (ϕ 17mm, $f_{py}=1256\text{N/mm}^2$) を緊張することで圧着接合を行った。その後、柱部上部でネジ鉄筋をナットにより固定した。3体の供試体のプレストレス導入量は、それぞれPC鋼材引張強度の5% (コンクリートの応力度 $\sigma_q: 0.5\text{N/mm}^2$)、10% ($\sigma_q: 1.0\text{N/mm}^2$)、15% ($\sigma_q: 1.5\text{N/mm}^2$) とし、断面耐力を等しくするために柱部断面内に配置したネジ鉄筋径はそれぞれD19 ($f_{sy}: 376\text{N/mm}^2$)、D16 ($f_{sy}: 355\text{N/mm}^2$)、D13 ($f_{sy}: 360\text{N/mm}^2$) とした (ネジ鉄筋は引張・圧縮の両方向に対抗)。一方、2011年度の供試体は柱断面内にネジ鉄筋を配置せず、2012年度供試体と同様にフーチング上にPCaブロックを3段積み上げた後、PC鋼材 (ϕ 23mm: $f_{py}=1047\text{N/mm}^2$) により圧着接合を行った。プレストレス導入量は、PC鋼材引張強度の13% (コンクリートの応力度 $\sigma_q: 2.0\text{N/mm}^2$) とした。なお、帯鉄筋にはD10 ($f_{wy}=339\text{N/mm}^2$) を用い、配置間隔は各年度供試体共に100mmとした。また、RC-D16供試体の主鉄筋にはD16 ($f_{sy}=352\text{N/mm}^2$)、帯鉄筋にはD10を用いた。コンクリートの設計基準強度は、2012年度および2011年度に作製した供試体のブロック部で $f'_{dk}=30.0\text{N/mm}^2$ 、RC-D16供試体の柱部で $f'_{dk}=24.0\text{N/mm}^2$ である。荷重方法は降伏変位 δ_y (8mm) の整数倍で各3回繰返しを行う静的正負交番繰返し漸増型荷重とした。荷重位置は基部から1600mm (H/D=3.2) とし、荷重中は断面中央部に設けたダクトに挿入したアンボンドPC鋼材を柱上部に設けた油圧ジャッキで緊張することにより、コンクリート断面に一定軸力 (1N/mm^2) を作用させた。

3. 破壊形式およびひび割れ進展状況

各供試体の詳細と実験結果を表-1に示す。最大曲げ耐力は Baker が提案した F 値法³⁾により F 値を 0.1 とし算出を行った。また、せん断耐力は土木学会コンクリート標準示方書設計編により算出を行った。荷重終了時のひび割れ進展状況を図-3に示す。2012年度に作製した断面内にネジ鉄筋を有する3体のPcaPC柱、2011年度に作製したPCaPC柱と2008年度に作製したRC柱ではひび割れ進展状況が異なり、前2者ではせん断ひび割れが柱上部にまで進展している。それに対し、RC柱では基部上方1000mm程度まで曲げひび割れが発生し、それが曲げせん断ひび割れへと移行していく様子がうか

表-1 各供試体の詳細と実験結果

供試体名称	プレストレス 導入量 [N/mm ²]	帯鉄筋 配置間隔 [mm]	コンクリート標準示方書設計編					終局時
			実材料計算値				耐力比	最大耐力 実測値
			最大曲げ耐力	せん断耐力			V/Pu	
				Pu[kN]	Vc[kN]	Vs[kN]		
0.5PCaD19	0.5	100	200.7	149.6	105.1	254.7	1.32	271.5
1.0PCaD16	1.0		195.0	155.3	105.1	260.4	1.39	255.0
1.5PCaD13	1.5		196.7	163.6	105.1	268.7	1.42	235.5
2.0PCa－U φ 23	2.0		206.1	186.9	91.5	278.4	1.47	283.6
RC－D16	－		179.0	146.7	157.7	304.4	1.70	191.6

がえる。0.5PCaD19 供試体に比べ 1.5PCaD13 供試体、2.0 PCa-U ϕ 23 供試体に発生したせん断ひび割れが柱部上方にまで進展している。これはプレストレスが大きくなるとブロック接合部でのせん断伝達が大きくなることによるものと考えられる。また、2012 年度に作製した 3 体の供試体のひび割れ進展状況を比較すると、柱断面内に配置した鉄筋径の違いによる影響は確認されなかったが、プレストレスが大きい 1.5PCaD13 供試体が他の 2 体に比べ、基部隅角部の損傷が顕著となった。これは、プレストレスが大きいほど載荷時に基部コンクリートに作用する圧縮力が大きくなったことによると考えられる。なお、表-1 より、2.0PCa-U ϕ 23 供試体は 2012 年度に作製した供試体に比べプレストレス導入量が大きく、それに伴いせん断耐力が大きいにも関わらず、せん断ひび割れの発生が顕著となった。これは前者の最大耐力が大きく、それに伴い作用せん断力も大きくなったことが影響していると考えられる。また、前者において使用した PC 鋼材径が ϕ 23 と後者に比べ大きいことから、圧縮域コンクリート面積が減少しブロック接合位置においてシースに沿った割裂ひび割れが多く発生し、それがせん断ひび割れに移行したことによると考えられる。

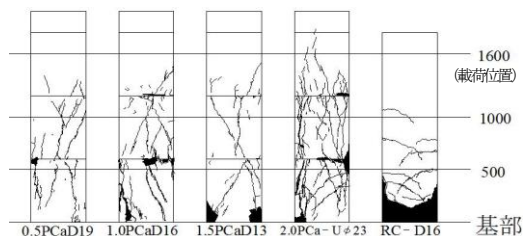


図-3 終局時ひび割れ進展状況

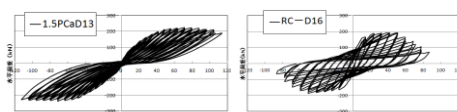


図-4 履歴曲線の例

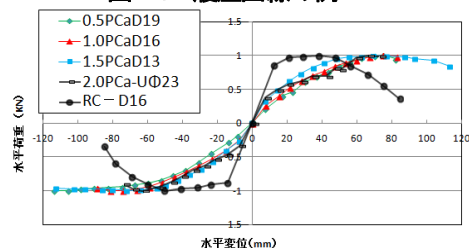


図-5 包絡線

4. 荷重－水平変位関係

図-4 に荷重－水平変位履歴曲線の例を示し、図-5 に全供試体の無次元化した包絡線を示す。PCaPC 柱部材の履歴曲線は原点指向型を示し、極めて高い変形回復性を有する反面、エネルギー消散が十分でない傾向を示している。これに対し、RC 柱部材は最大耐力に至るまでは典型的な紡錘型の履歴曲線を示している。各供試体を包絡線により比較すると、2012 年度に作製した 3 体の供試体および 2.0 PCa-U ϕ 23 供試体は初期剛性が小さい。これは、PCaPC 構造は断面内に中空部を有していることが大きな理由である。PCaPC 柱の中ではプレストレス導入量の違いによる初期剛性の差は見られたものの、柱断面内に配置したネジ鉄筋の有無およびネジ鉄筋径の違いによる荷重－水平変位関係の明確な差は確認されなかった。

5. 各種変形成分

図-6 は各供試体の最大荷重時における各種変形成分の割合を示したものであり、RC-D16 供試体では基部における鉄筋の伸出しによる影響に比べ、曲げによる影響量が上回っている。一方、PCaPC 供試体においては、プレストレス導入量および柱断面内に配置したネジ鉄筋径の違いがもたらす変形成分の傾向の違いは確認できなかったものの、基部開口による影響が約 80% を占めることが確認された。

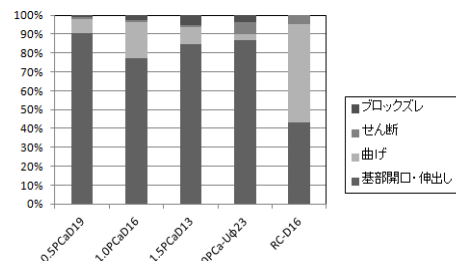


図-6 各種変形成分

6. まとめ

本研究から、アンボンド型 PCaPC 構造は変形の回復性が極めて高く、復旧性の観点から RC 構造より有効な構造となると考えられる。しかしながら、本研究で用いた供試体では柱断面内に配置したネジ鉄筋が降伏に至り、ある程度エネルギー消散能力の向上に寄与したものの、ネジ鉄筋をアンボンド型としたことによりネジ鉄筋の降伏や伸びをエネルギー消散機構として有効に活用することができなかった。よって、今後、柱断面内にネジ鉄筋をボンド型として配置し同様の検討を行う必要がある。

7. 参考文献

- 1) 金森ほか：断面外に鉄筋を配置したアンボンド型プレキャスト PC 柱部材の耐荷・変形特性に関する実験的研究 平成 22 年度土木学会関西支部年次学術講演会 V-2
- 2) 家氏ほか：中型ハーフプレキャスト PRC 柱部材の耐荷・変形特性に関する実験的研究 平成 21 年度土木学会関西支部年次学術講演会 V-6
- 3) 谷 昌典：プレキャストプレストレスコンクリート圧着柱部材の構造性能評価に関する研究 京都大学博士論文 平成 20 年度 9 月 24 日