

(80) プレキャスト部材を用いたRC ラーメン橋脚柱接合部の耐震性能

○住友建設(株) 技術研究所 正会員 小田切 隆 幸
 住友建設(株) 技術研究所 正会員 藤 田 学
 住友建設(株) 技 術 部 正会員 中 井 裕 司
 住友建設(株) PC設計部 正会員 浅 井 宏 隆

1. はじめに

近年市街地において、交通渋滞の緩和を図るため高架化工事が数多く行われている。この種の高架構造物ではRC ラーメン構造が採用されており、現地で鉄筋、型枠を組み立てた後、コンクリートを打設する施工方法が一般的である。今回、施工の単純化、省力化を目的としプレキャスト部材を用いた高架橋の施工方法を開発した。本工法の構造的特徴は、柱部材をプレキャスト部材で製作しフーチングとPC 鋼棒で接合組立し、その後、主鉄筋をモルタル充填継ぎ手で接合することである。

本報告は、柱基部におけるPC 鋼棒とモルタル充填継ぎ手による接続方法が、所定の耐震性能を有するか、また、高軸力が耐震性能に与える影響を照査することを目的として行った確認試験の結果報告である。

表-1 供試体の諸元

	モデル 高架橋	試験 供試体	摘要
断面外寸(mm)	900×800	600×600	1/1.5
かぶり(mm)	100	70	
主筋 (cm ²)	7-D32 (55.594)	5-D25 (25.335)	1/1.5 ²
引張鉄筋比	0.0088	0.0081	
帯鉄筋	D19 2段 a=150	D16 2段 a=150	
帯鉄筋量	0.0048ba	0.0044ba	
中間帯鉄筋	D19, S=150	D16, S=150	
横拘束筋の体積比	0.0137	0.0143	
コンクリートの設計基準強度 (kgf/cm ²)	500	500	
接合緊張材	4-φ32	4-φ23	
軸力(kgf/cm ²)	28	28	

表-2 試験水準

供試体 NO.	製作方法	軸力 (kgf/cm ²)	プレストレス (kgf/cm ²)	継ぎ手	主鉄筋 種類
RC1	一体打ち	28	0	無	ねじふし鉄筋
RC2	一体打ち	28	25	無	ねじふし鉄筋
PCa1	PCa	28	0	有	ねじふし鉄筋
PCa2	PCa	28	25	有	ねじふし鉄筋
PCa2-1	PCa	28	25	有	異形鉄筋

2. 試験供試体

2.1 供試体の設計

供試体は、モデルとした高架橋に対し有効高さを基準にし、一定の割合(1/1.5)で縮尺した。供試体の諸元の一覧を表-1に示す。主鉄筋はモデル高架橋のD32、D22に対して試験供試体はD25、D19に、帯鉄筋、及び中間帯筋はモデル高架橋のD19に対してD16にした。PC 鋼棒は、φ32に対してφ23にした。試験供試体の耐力に直接影響を及ぼす引張鉄筋比、軸力、プレストレス量等の無次元パラメーターは、モデル橋脚と試験供試体はほぼ一致している。また、シーす内は、PC 鋼棒の緊張後、従来のグラウト工を行った。

試験体は、製作方法の相違、プレストレスの有無、モルタル充填継ぎ手の有無、主鉄筋の種類をパラメーターとする、5供試体とした。試験水準の一覧を表-2に示す。RC 供試体は、コンクリートを一回で打設した。PCa 供試体は、フー

チング部と柱部を別々に製作後、接合した。供試体の側面図を図-1に、断面図を図-2に示す。また、PCa供試体の柱基部の詳細を図-3に示す。供試体は、600mm×600mmの矩形断面であり、せん断スパンは2300mmである。従って、せん断スパン比(a/d)は、約3.8である。PCa供試体において、PC鋼棒はカップラーで、主鉄筋はモルタル充填継手を用いて接続した。コンクリートの接合面は、コンクリート用エポキシ樹脂接着剤を塗布した。施工手順は、接着剤の塗布→柱部材の建て込み→PC鋼棒の接続、緊張→主鉄筋継手モルタル注入→シース内グラウト注入である。試験時のコンクリートの圧縮強度は、RC供試体が33N/mm²、PCa供試体が55N/mm²であった。主鉄筋の降伏応力は、362N/mm²であった。また、モルタル充填継手は、使用鉄筋がねじふし鉄筋の場合、破断応力の約92%で鉄筋が抜け出した。異形鉄筋の場合は、ほぼ破断応力で鉄筋が破断した。

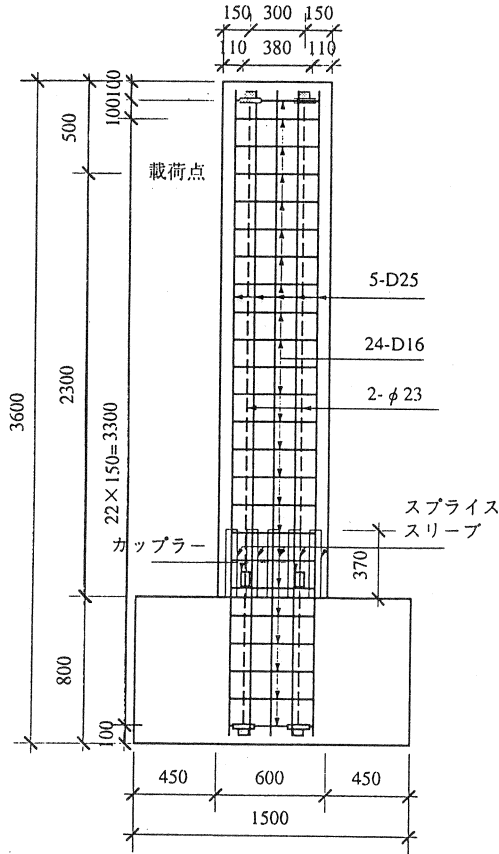


図-1 供試体側面図

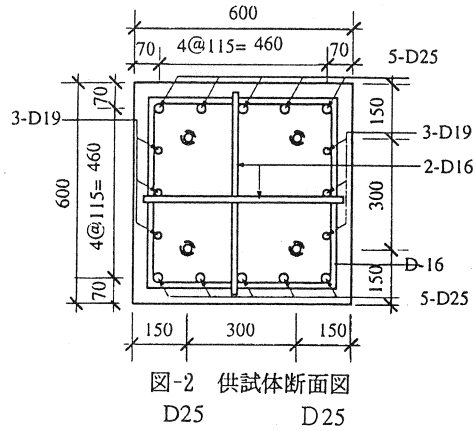


図-2 供試体断面図

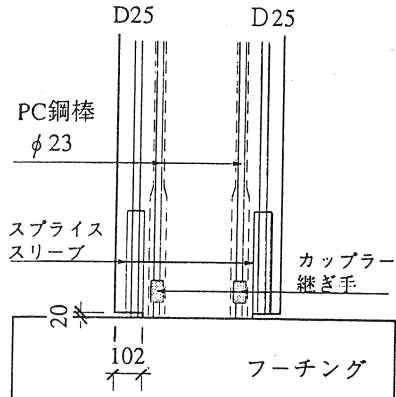


図-3 柱基部詳細図

2.4 試験方法

載荷装置図を図-4に示す。供試体は、橋脚上下方向を90度回転させ、フーチングを反力壁に取り付け、100tfの軸力を与えながら、鉛直方向に押し引きジャッキで正負交番載荷した。材料試験より得られる特性値より算出した降伏荷重に対応する正負の降伏変位の平均値を基準変位 δy とし、 $\pm \delta y$ を各3回載荷し、以後、整数倍の δy で同様の手順を行った。計算降伏荷重を下回った時点を終局と定義した。

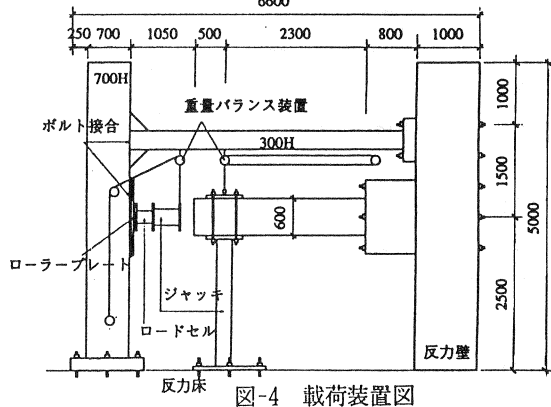


図-4 載荷装置図

3. 試験結果

3.1 試験結果概要

試験結果の一覧を表-5に履歴曲線の代表例を図-5、6に示す。RC供試体は、7δyで主鉄筋が座屈し帯鉄筋、中間帯鉄筋が破断し終局に至った。主鉄筋にねじふし鉄筋を使用したPCa供試体は、6~7δyで主鉄筋がモルタル充填継手内から抜け出して急激に耐力を失い、その後、鉄筋の破断を伴わずに終局に至った。異形鉄筋を使用したPCa供試体は、主鉄筋の座屈、及び抜け出しは観察されず、10δyで柱基部の20mm区間において主鉄筋が破断し終局に至った。履歴曲線を比較すると、RC供試体の場合3δyで最大荷重に達するが、PCa供試体の場合5δyまで耐力が増加した。特に主鉄筋に異形鉄筋を用いたPCa供試体は、モルタル充填継手が主鉄筋の座屈を抑制するため、良好な変形性状を示し10δyまで終局に至らなかった。

3.2 エネルギー吸収能

累積吸収エネルギーの比較を図-7に示す。累積吸収エネルギーは、全ての供試体が変位レベルにおいて同等であると言える。

3.3 変形性能の比較

プレストレスの有無による包絡線の比較を図-8、9に示す。RC、及びPCa供試体ともに、プレストレスが増加すると最大荷重が増加しているのが理解できる。RC供試体の場合、終局時の全体変形量には大きな差は見られないが、PCa供試体においては、主鉄筋の種類の違いにより7δy以降の傾向が異なる。これは、鉄筋とコンクリートとの付着特性の相違によりモルタル充填継手内の主鉄筋が滑り出した影響が、包絡線に表れた結果であると推定される。

主鉄筋の継ぎ手の有無による包絡線の比較を図-10、11に示す。鉄筋継ぎ手の無い

表-5 試験結果一覧

	初期降伏時				最大荷重 (KN)		主筋座屈 サイクル		終局 サイクル	
	荷重(KN)		変位(mm)		正	負	正	負	正	負
	正	負	正	負						
RC1	343	343	12.0	14.0	464	454	8δy	7δy	9δy	8δy
RC2	412	412	12.0	16.8	514	457	6δy	6δy	7δy	7δy
PCa1	373	373	10.6	11.6	533	507	---	---	9δy	9δy
PCa2	447	447	11.8	12.0	583	579	---	---	8δy	8δy
PCa2-1	431	431	12.2	15.6	572	536	---	---	10δy	10δy

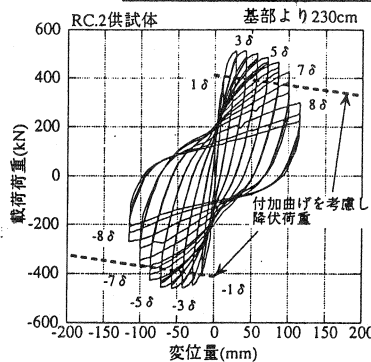


図-5 履歴曲線 (RC2 供試体)

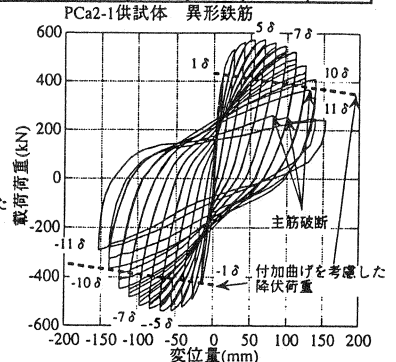


図-6 履歴曲線 (PCa2-1 供試体)

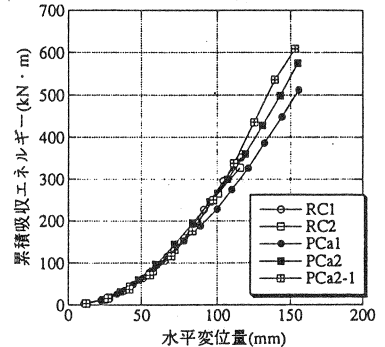


図-7 累積吸収エネルギーの比較

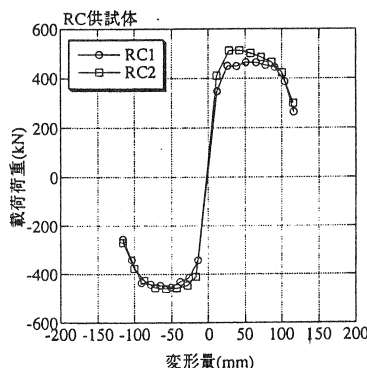


図-8 包絡線の比較 (RC 供試体)

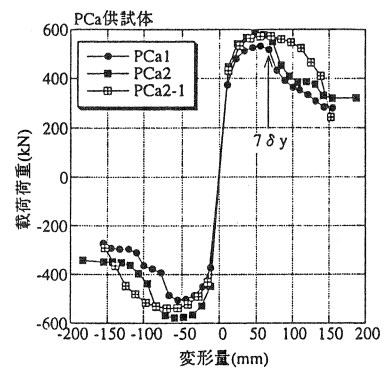


図-9 包絡線の比較 (PCa 供試体)

RC供試体に比べPCa供試体の方が最大荷重が大きいのが理解できる。これは、コンクリートの圧縮強度の相違が影響していると思われる。終局変位量は、鉄筋の種類が同じであれば、鉄筋継ぎ手の有無に関係なくほぼ同等である。また、主筋が座屈せず、モルタル充填継手内鉄筋が滑り出さなかったPCa2-1供試体は安定した包絡性状を示し、終局変位量も大きかった。

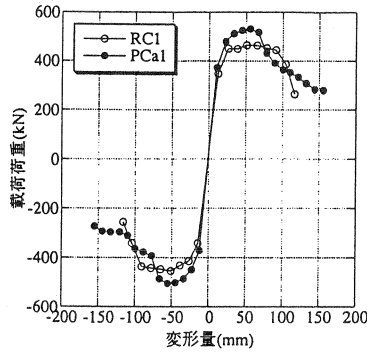


図-10 包絡線の比較(プレストレス無)

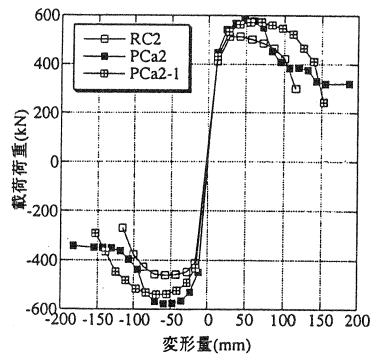


図-11 包絡線の比較(プレストレス有)

表-6 靱性率の比較

	全体靱性率		躯体靱性率	
	計算値 (土木学会)	試験値	計算値 (鉄道構造物設計)	試験値
RC1	8.2	8.5	7.1	9.1
RC2	8.2	7.6	7.6	8.1
PCa1	8.4	10.3	7.0	11.4
PCa2	8.6	8.3	7.4	8.6
PCa2-1	9.1	10.2	7.7	10.5

3.4 靱性率の評価

各供試体の靱性率の比較を表-6に示す。全体靱性率の計算値は、「阪神淡路大震災被害分析と靱性率評価式、土木学会」に従い、躯体靱性率の計算値は、「鉄道構造物等設計標準・同解説、鉄道総合技術研究所」に従った。主鉄筋にネジテックンを使用した供試体は、本試験の範囲内においてプレストレスの導入により靱性率が小さくなる傾向にあるが、全体変形量、及びエネルギー吸収能は

同等であり、耐震性能は同レベルであると考えられる。また、異形鉄筋を用いたPCa2-1供試体は、全体靱性率、及び躯体靱性率ともに計算値に比べ安全側の値であり、優れた靱性能を有した。これは、剛性の高い鉄筋継ぎ手を柱基部に配置することにより、主鉄筋の座屈が抑制され、変形性能が向上したと推測される。

4. まとめ

本試験の結果より、以下の知見を得た。

1. 異形鉄筋を主鉄筋に使用し、柱基部をモルタル充填継ぎ手で接合した場合、RC一体打ちの場合と同等以上の変形性能を有する。
2. 本試験の範囲内では、全ての供試体は変位レベルにおいて累積吸収エネルギーはほぼ同等である。
3. 本試験の範囲内のプレストレス量が、変形性能に及ぼす影響は少ない
4. モルタル充填継手内の鉄筋の滑り出しにより、変形性能が低下する。
5. 異形鉄筋を主鉄筋に使用し、柱基部モルタル充填継ぎ手で接合した場合、「阪神淡路大震災被害分析と靱性率評価式」、及び「鉄道構造物等設計・同解説」で示す変形性能を有する。

【参考文献】

- 1) コンクリート標準示方書 平成8年版、土木学会
- 2) 阪神淡路大震災被害分析と靱性率評価式、土木学会
- 3) 鉄道構造物等設計・同解説 コンクリート構造 平成4年10月、鉄道総合技術研究所