

V-563

プレストレストコンクリート橋脚の耐震性能に関する実験的検討

鹿島技術研究所 正会員 ○新井 崇裕 正会員 日紫喜剛啓
横浜国立大学 フェロー会員 池田 尚治

1. はじめに

先の兵庫県南部地震のような内陸直下型の地震時には、大きな水平荷重が橋脚に作用するため、橋脚も曲げ部材として認識する必要がある。また、現行の道路橋示方書^[1]では、特に重要度が高い橋（B種）の橋脚は、地震後の許容残留変位を橋脚の回転角として1/100 (rad) としている。これらを満足する構造形式としては、曲げ部材として有利で復元力特性に優れたプレストレストコンクリート（以下、PC）構造が極めて合理的であると考えられる。しかしながら、従来PC構造は鉄筋コンクリート（以下、RC）構造に比べて、エネルギー吸収能力が小さく耐震的ではないと考えられてきた。そこで、本研究では、柱部材の軸方向にプレストレスを導入したコンクリート橋脚（以下、PC橋脚）の耐震性能に着目し、その基本的な曲げ特性や地震後の供用性能について検討することを目的に、模型供試体を用いて静的正負交番載荷実験を行った。

2. 実験概要

実験に用いた供試体の諸元と載荷位置を図-1に、鋼材の機械的性質を表-1に示す。実験因子は、構造形式（RC、PC_B、PC_U）のみとし、全供試体で耐力力が同程度となるような供試体を設計すること、その他の因子は全て一定とすることの2点を念頭において実験条件を設定した（表-2）。実験はプレストレスを導入した後に、油圧ジャッキにより所定の定軸力を載荷しながら、押引用の油圧ジャッキを用いて曲げせん断の静的漸増正負交番載荷を行った。載荷は回転角（1/200 (rad) の整数倍）で制御し、同じ回転角での繰り返し載荷は行わなかった。また、最大荷重の80%を下回った場合を部材としての終局と定義し、実験を終了した。

3. 実験結果と考察

＜曲げ特性について＞全供試体の荷重－変位関係を図-2に示す。PC橋脚では、外力（上載荷重）と内力（有効プレストレス）の双方が軸力として作用するため、一般的に高軸力となることが想定される。本実験もその点を考慮し、PC橋脚は外力4MPa内力4MPa合計8MPaの高軸力の設定としたため、載荷サイクルの早期に荷重が低下し脆性的な挙動を示すことが予想されたが、図-2に示すとおり、PC_B・PC_Uにおいても粘りのある性状を示し、全供試体ではほぼ同等の変形性能を有した。また、PC鋼より線はPC_B・PC_U双方とも破断せず、特にPC_Uでは終局状態においても弾性範囲内であった。

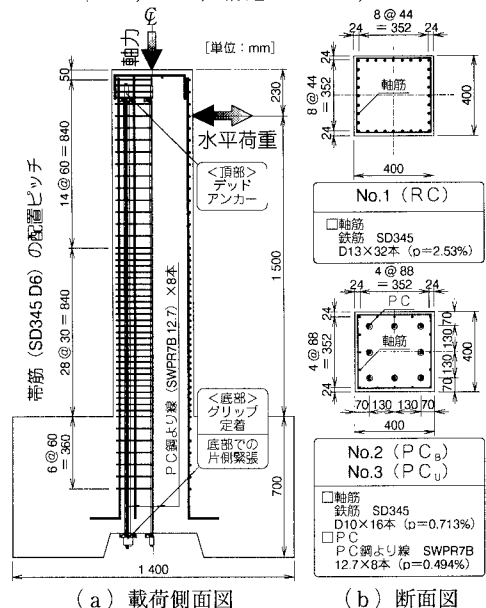


図-1 供試体の諸元と載荷位置
注1) (a) 載荷側面図はNo.2, No.3 供試体の配筋状況を示す。
注2) 帯筋はフレア溶接（ラップ長：100mm / 溶接長：60mm）により定着した。
注3) 図中の記号 p は鋼材比（（鋼材断面積 / コンクリート断面積）× 100）を表す。

表-1 鋼材の機械的性質

鋼材の種類	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
SD345 D6	387	566	2.06×10 ⁵
SD345 D10	401	565	2.06×10 ⁵
SD345 D13	391	567	2.06×10 ⁵
SWPR7B 12.7	1753	1935	1.91×10 ⁵

表-2 実験因子と実験条件

供試体 番号	構造形式	記号	PC鋼より線 の付着の有無	コンクリート強度** (MPa)	軸力強度 (MPa)	有効アスレ (MPa)
No.1	鉄筋コンクリート構造	RC	なし	40.8		0.0
No.2	プレストレスト	PC _B	あり*	45.6	4.0	4.0
No.3	コンクリート構造	PC _U	なし	46.9		

* セメントペーストによるPCグラウトにより付着。圧縮強度：41.7MPa（材齢28日）。

** コンクリート強度は載荷実験時における圧縮強度を示す。

キーワード：プレストレストコンクリート、曲げ特性、エネルギー吸収能力、残留変位

鹿島技術研究所：〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 TEL (0424) 89-7076 FAX (0424) 89-7078
横浜国立大学：〒240-0067 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5 TEL (045) 335-1451 FAX (045) 331-1707

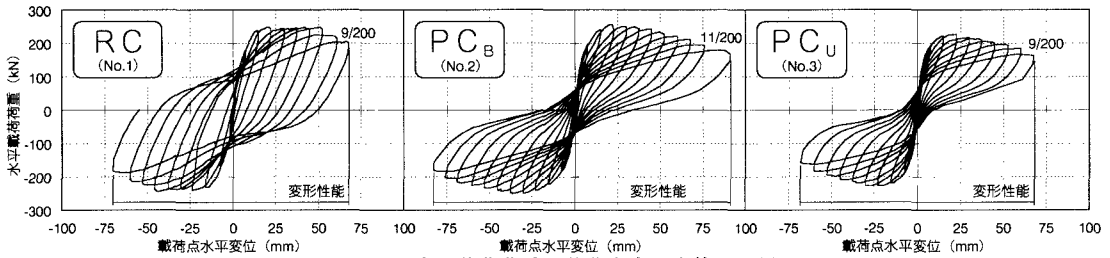


図-2 水平載荷荷重と載荷点水平変位の関係

＜エネルギー吸収能力について＞耐震性能を評価する際に一つの指標となるエネルギー吸収能力について検討するために、各サイクルにおける履歴吸収エネルギー（荷重－変位関係のループで囲まれた面積）を載荷サイクルが増加するにつれて累積した累積吸収エネルギーと載荷点変位（各サイクルの制御変位値）の関係を図-3に示す。これより、各載荷点変位で比較すると、RCは PC_U の約1.5倍程度のエネルギー吸収能力があり、この観点での耐震性能はRCの方が優れているといえる。また、 PC_B と PC_U ではほとんど差がないことがわかる。

＜残留変位について＞地震後の供用性能について評価するために、除荷時の残留変位（正負の平均値）と載荷点変位の関係を図-4に示す。これより、RCは PC_U と比べて載荷点変位で15mmを過ぎたあたりから急激に大きくなり始め、その後は約5倍程度の残留変位が残ることがわかる。また、 PC_B は PC_U と比べて各載荷点変位において、約1.5倍程度の残留変位であることがわかる。すなわち、残留変位の観点からはPCの方がかなり優れているといえる。

＜許容残留変位条件下での耐震性能＞累積吸収エネルギーと残留変位の関係を図-5に示す。道路橋示方書によれば、重要度の高い橋梁は地震後の残留変形を1/100 (rad) に留めることが規定されている。この条件（本供試体の形状寸法では、許容残留変位は15mmとなる。これを図-5の中に縦線で示す。）を満足する範囲内では、 PC_B がもっとも累積吸収エネルギーが大きいことがわかる。すなわち、許容残留変位という規定を設けると、耐震性能（エネルギー吸収能力）は、 PC_B がもっとも優れているといえる。

4. まとめ

軸力を8MPa（上載荷重＋有効プレストレス）に設定したPC橋脚の耐震性能に着目した模型実験を行った結果、PC橋脚はRC橋脚に比べてエネルギー吸収能力は低下するものの、特に脆性的な破壊性状を示すことはなく同等の変形性能を有し、残留変位の小さい復元力特性の優れた挙動を示すことが確認された。

6. 謝辞

本実験は、（社）PC技術協会「橋脚PC構造研究委員会（委員長 池田尚治）」の研究活動の一環として行ったものである。ここに、この実験に助力を賜った関係各位に謝意を表する。

【参考文献】[1]（社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説

V耐震設計編，1996.12

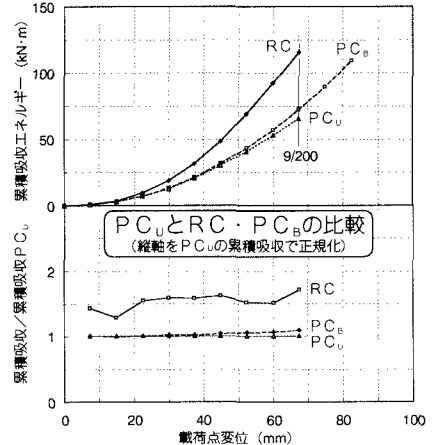


図-3 累積吸収エネルギーと載荷点変位の関係

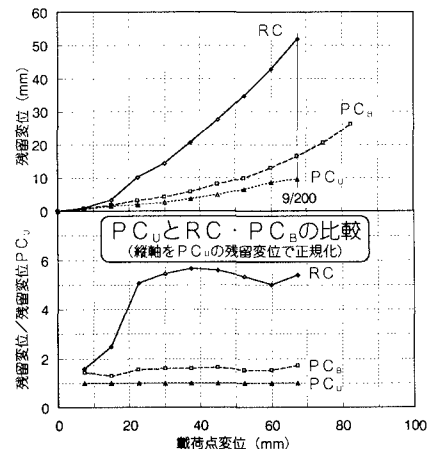


図-4 残留変位と載荷点変位の関係

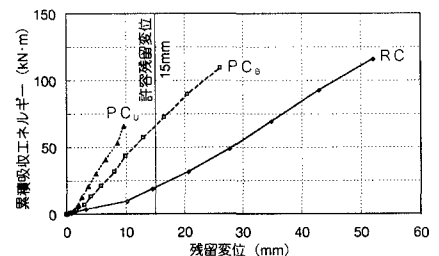


図-5 累積吸収エネルギーと残留変位の関係