

軸方向にプレストレスを導入したコンクリート橋脚の耐震性に関する実験的研究

大成建設 正会員 ○羽生 剛 正会員 畑 明仁 正会員 田中 篤史
 横浜国立大学 フェロー会員 池田 尚治

1.はじめに

兵庫県南部地震では、多くの RC 橋脚が被害を受けた。倒壊したものや変形が大きくなり構造物としての機能を損なったものもある。地震直後の緊急車両の通行やメンテナンス等を考えると供用性能を高める事、即ち大きな残留変位を生じさせない事が大変重要になってくる。プレストレスコンクリート構造は、その弾性的な復元力を十分に生かす事によって、最も適応した構造形式になる可能性があると言える。PC 構造の高い復元力は長所である反面、エネルギーは余り吸収されず振動しやすいという欠点もあるが、ある程度エネルギー吸収能を維持しつつ、残留変位を小さく抑えられれば、優れた耐震性を有する構造になる。本研究では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）の履歴特性を明らかにし、耐震性に優れた構造を模索すべく、PC 橋脚供試体を用いた静的正負交番載荷実験を行った。

2.実験概要

供試体寸法を図-1、図-2 に示す。断面は 40cm×40cm の正方形中実断面で、フーチング天端から載荷点までの高さは 150cm である。また供試体の諸元を表-1 に示す。コンクリート強度 60MPa、軸応力（上載荷重）4MPa、プレストレス導入力を 4MPa (PC₄) と 8MPa (PC₈) とした。共に高軸力状態を設定した。基本的に耐力を合わせるため鉄筋の一部を PC 鋼材に置き換えているが、鋼材比は多少 PC₈ の方が多くなっている。鋼材の力学特性を表-2 に示す。実験は鉛直方向に定軸力を与えながら、水平方向に静的正負交番載荷を行った。載荷ステップはひび割れ発生時、計算上の鉄筋降伏時、その後は回転角（1/200rad の整数倍）で管理し、同じ管理変位量での載荷は 1 回とした。最大荷重の 80% 以下となった時点を終局とし、実験を終了した。

3.実験結果と考察

3.1 履歴特性について

載荷点変位と荷重の関係を図-3 に示す。PC₄ では 4/200rad で最大耐力 275kN になり、8/200rad で主鉄筋が座屈、10/200rad で主鉄筋が破断した。PC₈ では 3/200rad で最大耐力 346kN になり、8/200rad で主鉄筋が座屈、11/200rad で主鉄筋が破断した。高軸力（上載荷重+プレストレス）により、早期に脆性的な破壊挙動が起こる事が予想されたが、両供試体とも粘りある挙動を示し、最大耐力は鋼材量の多い PC₈ の方が高くなった。PC 鋼材及び帯鉄筋は実験終了まで破断しておらず、靱性能の向上には帯鉄筋の横拘束が大きく影響したのと思われる。

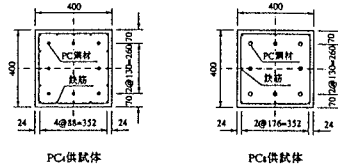


図-2 実験供試体断面図

表-2 鋼材の材料特性 (N/mm²)

鋼材	降伏点	引張強度	弾性係数
SD345D10	380	528	183000
SWPR7B 12.7	1753	1935	194100
SWPR19 17.8	1790	1967	189600

表-1 供試体諸元

記号	コンクリート強度 (MPa)	軸応力度 (MPa)	プレストレス (MPa)	主鉄筋	PC鋼より線	帯鉄筋
PC ₄	60.0	4.0	4.0	D10 x 16 (0.71)	SWPR7B 12.7 x 8 (0.49)	D10@40 (0.9)
PC ₈	60.0	4.0	8.0	D10 x 8 (0.36)	SWPR19 17.8 x 8 (1.04)	D10@40 (0.9)

() 内はそれぞれ主鉄筋比、PC鋼材比、帯鉄筋比を示す

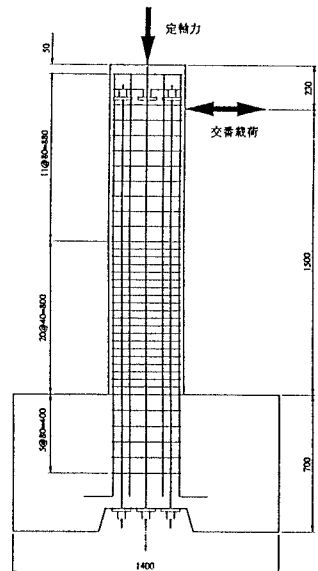


図-1 実験供試体側面図

キーワード : プレストレス、静的正負交番載荷実験、残留変位、エネルギー吸収能

大成建設 (株) : 〒163-0615 東京都新宿区西新宿 1-25-1 TEL 03-5381-5289 FAX 03-3345-1914

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

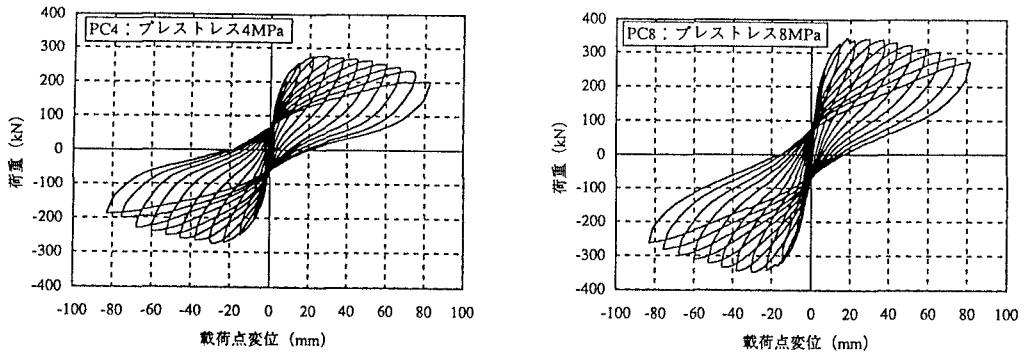


図-3 載荷点変位と荷重の関係

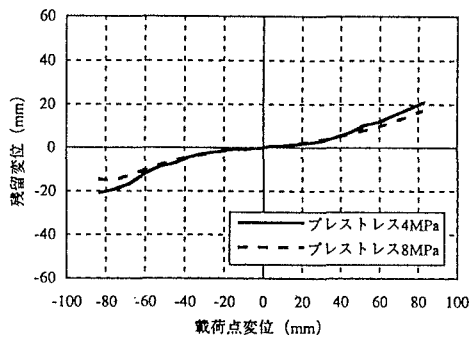


図-4 残留変位と荷重の関係

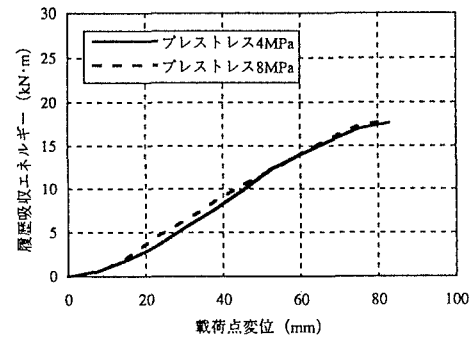


図-5 履歴吸収エネルギーと荷重の関係

3.2 残留変位について

供用性能を評価するため、残留変位と荷重の関係を図-4 に示す。PC 鋼材の復元力特性によって残留変位は小さくなり、その値はプレストレスが大きい程小さくなるのではないかと考えられたが、ほぼ同じであった。しかしある値以上のプレストレスが導入されていれば、残留変位を小さく抑えられる事が確認できた。道路橋示方書では許容残留変位を橋脚の回転角として $1/100\text{rad}$ としており、その範囲では両供試体とも $9/200\text{rad}$ という高い靱性能を有していた。

3.3 エネルギー吸収能について

エネルギー吸収能を評価するため、履歴吸収エネルギーと荷重の関係を図-5 に示す。履歴吸収エネルギーとは荷重～変位関係の各ループで囲まれた面積で表されるものである。残留変位と同様、プレストレスが大きい程その値は小さくなるのではないかと考えられたが、ほぼ同等であった。PC 構造は原点指向型の履歴を描くため RC 構造よりエネルギー消費が劣っているように思える。しかし先に述べた示方書の適用範囲内で考えれば、エネルギー吸収能は $9/200\text{rad}$ (載荷点変位で 67.5cm) までの履歴吸収エネルギーの累積で表されるので、両供試体とも優れた靱性を有していると考えられる。

4.まとめ

- 1) 高軸力状態を想定した本実験では早期に脆性的な破壊が起こる事が予想されたが、十分な帯鉄筋を用いれば急激な耐力低下も見られず、PC 特有の残留変位が少なく靱性の高い粘りある変形性能を有する事が確認された。
- 2) 本実験からある値以上のプレストレスが導入されていれば、ある程度エネルギー吸収能を持ち、なおかつ残留変位の小さい構造が得られる事がわかった。

5.今後の課題

本実験は、(社)プレストレストコンクリート技術協会「橋脚PC構造研究委員会(委員長:池田尚治)」の研究の一環として行ったものである。ここに関係各位に謝意を表す。今後は他の実験と比較し最適なプレストレスレベルを設計すべく、コンクリート強度・プレストレス等をパラメータとして解析的検討を進めていくつもりである。