

(83) プレストレストコンクリート橋脚の耐震性に関する実験的研究 (その3)

(株) ピー・エス 土木技術部 正会員 ○鈴木 宣政
 同 上 正会員 森 拓也
 オリエンタル建設(株) 技術研究所 正会員 吉岡 民夫
 同 上 正会員 大谷 悟司

1. はじめに

プレストレストコンクリート橋脚 (以下、PC橋脚) の実橋への適用を考えた場合、大断面では中空断面となることが予想される。しかし、これまでの実験的研究では中実断面を用いたものがほとんどである。本研究は、中空断面を有するプレストレスを導入した供試体 (以下、PC供試体) の静的正負交番荷重実験を行うことにより、その基本的な耐震性能について検討するものである。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の形状寸法を図-1に、供試体の諸元を表-1にそれぞれ示す。柱部の断面寸法は40cm×40cmの正方形断面とし、載荷スパンは柱基部から150cmとした。実験要因は、①断面形状 (中実、中空)、②プレストレス導入量 (0、2、4、8MPa) である。中空断面供試体は、柱基部から20cmの区間を中実断面とした。また、中空部の断面積は、中実部のほぼ半分となっており、表中のプレストレス導入量は中空部断面に対する値を示している。各供試体の軸方向鉄筋およびPC鋼材の配置は、鉄筋コンクリート (以下、RC) 供試体S-1、S-12の配筋を基本配筋 (32×D13) とし、プレストレス導入量に応じて鉄筋の一部をPC鋼材に置き換えて決定した。プレストレス導入は、柱頂部をデッドアンカーとし、供試体底部から片側緊張で行った。PC鋼材の導入緊張応力度は降伏強度の1/2とした。帯鉄筋量は、いずれの供試体も曲げ破壊を生じるように、せん断耐力を計算して決定した。鋼材の力学特性を表-2に示す。

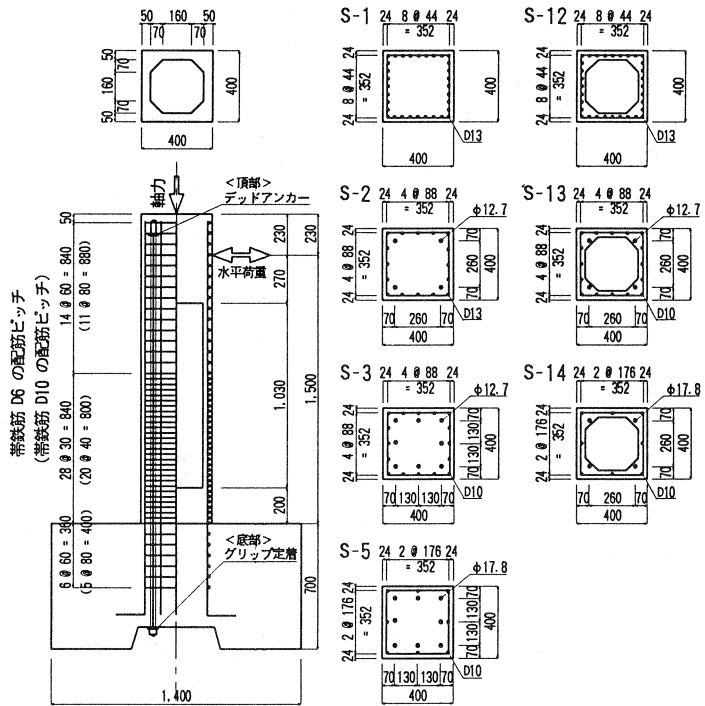


図-1 供試体の形状寸法

表-1 供試体諸元

供試体名	断面形状	軸応力度 (MPa)	コンクリート強度 (MPa)	プレストレス (MPa)	付着の有無	帯鉄筋	PC鋼材	軸方向鉄筋
S-1	中実	1.0	35.0	-	-	D6#30	-	32×D13
S-2	中実	1.0	35.0	2.0	有り	D6#30	4×SWPR7B φ12.7	16×D13
S-3	中実	1.0	35.0	4.0	有り	D6#30	8×SWPR7B φ12.7	16×D10
S-5	中実	1.0	35.0	8.0	有り	D10#40	8×SWPR19 φ17.8	8×D10
S-12	中空	1.0	35.0	-	-	D6#30	-	32×D13
S-13	中空	1.0	35.0	4.0	有り	D6#30	4×SWPR7B φ12.7	16×D10
S-14	中空	1.0	35.0	8.0	有り	D6#30	4×SWPR19 φ17.8	8×D10

2. 2 載荷方法

実験は、鉛直方向に一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。載荷は回転角(載荷点変位/載荷スパン)で制御した。載荷サイクルは、計算上のひび割れ荷重時、軸方向鉄筋降伏時、これ以降は回転角1/200(rad)の整数倍とし、同じ回転角での繰り返し載荷回数は一回とした。また、最大荷重の80%を下回った時点を部材としての終局とした。

表-2 鋼材の力学特性

鋼材種類		降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)
鉄筋	SD345D6	387	566	2.06×10^5
	SD345D10	401	565	2.06×10^5
	SD345D13	391	567	2.06×10^5
PC鋼材	SWPR7B ϕ 12.7	1753	1935	1.94×10^5
	SWPR19 ϕ 17.8	1790	1967	1.90×10^5

3. 実験結果と考察

3. 1 履歴特性と破壊性状

載荷荷重と載荷点変位の関係を図-2に、載荷終了時の損傷状況を図-3に示す。図-2中には、PC鋼材が降伏点(O)に達した時点、目視により軸方向鉄筋の座屈(●)および破断(▲)が確認された時点を示している。

中実断面供試体では、曲げひび割れが発生した後せん断ひび割れに発展し、柱基部付近のかぶりコンクリートが剥離し、軸方向鉄筋の座屈を経て破壊に至った。中空断面供試体S-12、S-13もほぼ同様の破壊性状を示し、中空断面の影響は特に見られなかった。また、RC供試体S-1とS-12の履歴曲線はよく類似しており、この点においても中空断面と中実断面との顕著な差はなかった。これに対し中空断面に高プレストレス(8MPa)を与えたS-14では、S-12およびS-13と同様に軸方向鉄筋は柱基部で先に降伏していたが、その後早期に中空部分のコンクリートが圧壊して急激に耐力が低下し、脆性的な破壊

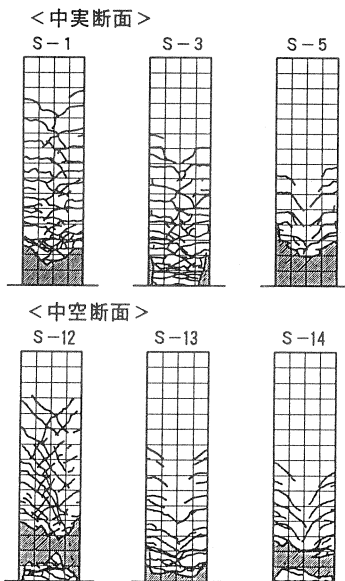


図-3 損傷状況(側面)

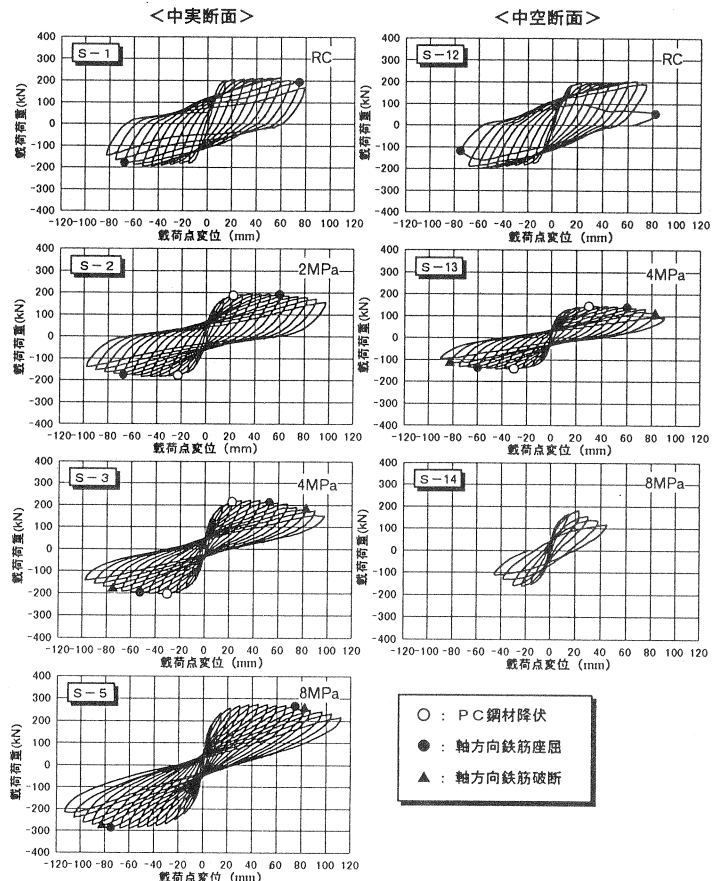


図-2 荷重-変位関係

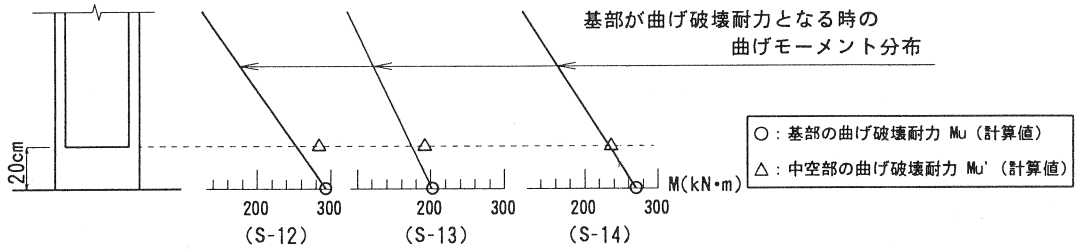


図-4 曲げ破壊耐力と曲げモーメント分布

となった。これは、実験供試体では壁厚が薄く、帯鉄筋が一段配置であり、軸方向鉄筋量も少ないためであると考えられる。図-4には、柱基部の中実断面に対する計算曲げ破壊耐力 M_u (○)と基部から20cmの中空部の計算曲げ破壊耐力 M_u' (△)および基部が M_u に達したときの曲げモーメント分布を示す。図より、S-12およびS-13では M_u と M_u' との差が小さく、基部の破壊が先行し易いのに対し、高プレストレスを導入したS-14では M_u' が M_u に対して小さくなる度合いが大きく、中空部での破壊が先行し易いことを示している。このことから、高プレストレスの橋脚において中空部の破壊を先行させないためには、十分な中実部分を確保する必要があると考えられる。

3. 2 エネルギー吸収能と残留変位

各供試体の累積吸収エネルギーの比較を図-5に、除荷時での残留変位と載荷点変位の関係を図-6に示す。図-5では、各供試体の最大荷重が異なっているため、累積吸収エネルギーを最大荷重で除している。

両図によれば、RC供試体S-1およびS-12の累積吸収エネルギーおよび残留変位は、各載荷点変位に対して大きな差は生じていない。PC供試体S-13では、中空断面に対して4MPa、基部の中実断面に対して2MPaのプレストレスを導入しており、累積吸収エネルギーおよび残留変位はプレストレス導入量2MPaのS-2と4MPaのS-3の中間的な性状を示している。S-13の破壊が中実断面である基部で生じていることを考えれば、プレストレス導入量2MPaのS-2に近い性状を示すことが予想されたが、結果的にはS-2より累積吸収エネルギーおよび残留変位は小さくなった。このことからエネルギー吸収能や残留変位は、プレストレス導入量のみで決定されるものではないと考えることができる。

図-7および図-8は、PC鋼材の耐力分担率に着目して、各載荷点変位ごとの累積吸収エネルギーと残留変位をそれぞれ示したものである。ここで、PC鋼材の耐力分担率とは、曲げ破壊耐力に対するPC鋼材が負担する耐力の比である。S-13のPC鋼材の耐力分担率はS-2とS-3の中間に位置しており、累積吸収エネルギーや残留変位の値もS-2とS-3の中間値を示している。図には、PC鋼材の耐力分担率0% (すな

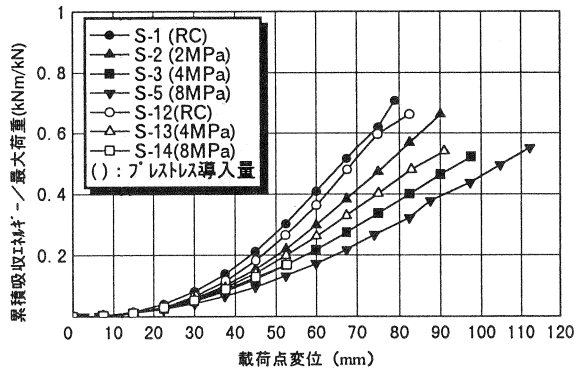


図-5 累積吸収エネルギーの比較

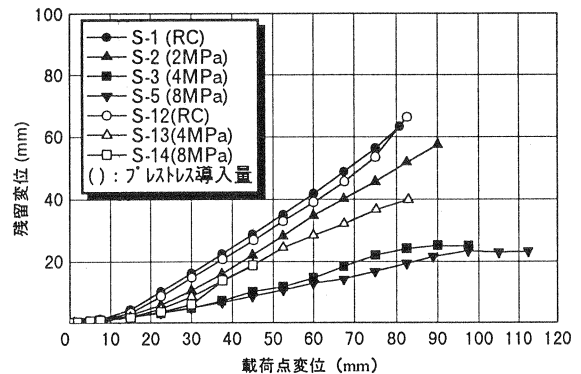


図-6 残留変位と載荷点変位の関係

わちRC供試体)のS-1、S-12および86%のS-5も示しているが、PC鋼材の耐力分担率の増加に伴って、累積吸収エネルギーおよび残留変位が小さくなっていることが明らかである。したがって、エネルギー吸収能や残留変位といった耐震性能を評価するに当たり、PC鋼材の耐力分担率が大きな要因となっていると考えられる。

4. まとめ

中空断面を有するプレストレストコンクリート橋脚の基本的な耐震性能を静的正負交番載荷実験により検討した。本実験で得られた主な結果を以下にまとめる。

- 1) 中空断面PC供試体は、適切な鋼材量やプレストレス導入量を決定すれば、中実断面PC供試体と同等の耐震性能を有することが示された。
- 2) 高プレストレスを与えた中空断面PC供試体では、中空部での破壊が先行し易くなる傾向があり、中実部の長さや鉄筋配置等に関し、今後更に検討する必要がある。
- 3) プレストレストコンクリート橋脚のエネルギー吸収能や残留変位などの耐震性能は、プレストレス導入量だけでなく、PC鋼材の耐力分担率も大きな要因となっている。

謝辞

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)」が行った委託研究の一部である。ここに関係各位に深く謝意を表する。

参考文献

- [1]Shoji Ikeda, Seismic Behavior of Reinforced Concrete Columns and Improvement by Vertical Prestressing : Proceedings of The 13th FIP Congress on Challenges for Concrete in The Next Millennium, Vol12, pp.879-884, May.1998
- [2]伊藤忠彦・山口隆裕・池田尚治:プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol12, pp.71-76, 1997.10
- [3]稲田文展・睦好宏史・W Zatar:プレストレスを導入したRC橋脚の耐震性状, コンクリート工学論文集, Vol20-3, pp.739-744, 1998.7
- [4]白浜寛・山口隆裕・池田尚治:軸方向プレストレスを有するコンクリート橋脚の地震応答挙動, コンクリート工学論文集, Vol20-3, pp.745-750, 1998.7
- [5]日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 1996.12

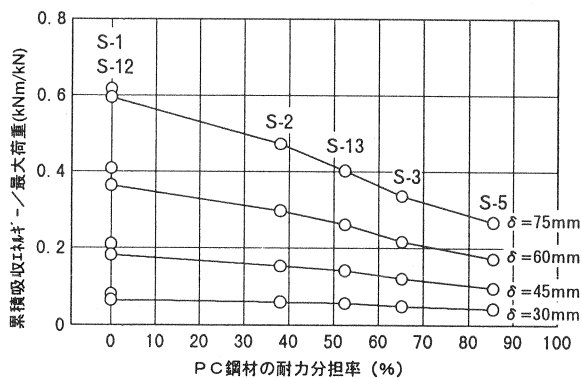


図-7 累積吸収エネルギーとPC鋼材耐力分担率の関係

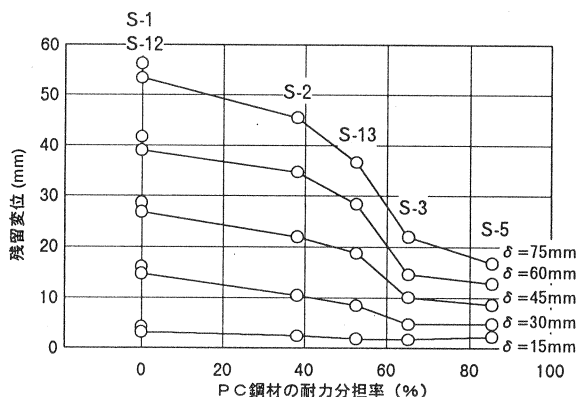


図-8 残留変位とPC鋼材耐力分担率の関係