

# プレキャストP C橋脚模型の正負交番加力実験

鹿島技術研究所 正会員 新井 崇裕<sup>\*1</sup>  
 鹿島土木設計本部 正会員 榎本 恵太<sup>\*2</sup>  
 鹿島機械部 滝沢清一郎<sup>\*3</sup>

鹿島技術研究所 正会員 日紫喜剛啓<sup>\*1</sup>  
 鹿島土木技術本部 尾鍋 卓巳<sup>\*3</sup>

## 1. はじめに

阪神大震災以降、橋脚の耐震設計が見直され、新設橋脚には従来よりも厳しい様々な耐震性能が要求されるようになった。それらの耐震性能をより合理的に満足しうる新しい構造形式の橋脚として、近年、橋脚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、P C橋脚）が注目を集めており、最近の研究成果によれば、P C橋脚は構造的に優れた耐震性能を示すということが報告されている<sup>1)</sup>。一方、P C橋脚の施工を考えた場合、条件によっては、プレキャスト工法で構築することによって、更なる合理化が図れることが試算される。しかしながら、現在報告されている研究成果は、主に場所打ちのP C橋脚についてのものであるため、橋脚躯体をプレキャスト化した場合のP C橋脚（以下、プレキャストP C橋脚）の耐震性能については十分な検討がなされているとは言い難い。そこで、優れた耐震性能を示すP C橋脚（場所打ち）に比べて、プレキャストP C橋脚がどのような挙動を示すか把握することに主眼において、大型の橋脚模型を用いて正負交番加力実験を行った。

## 2. 実験概要

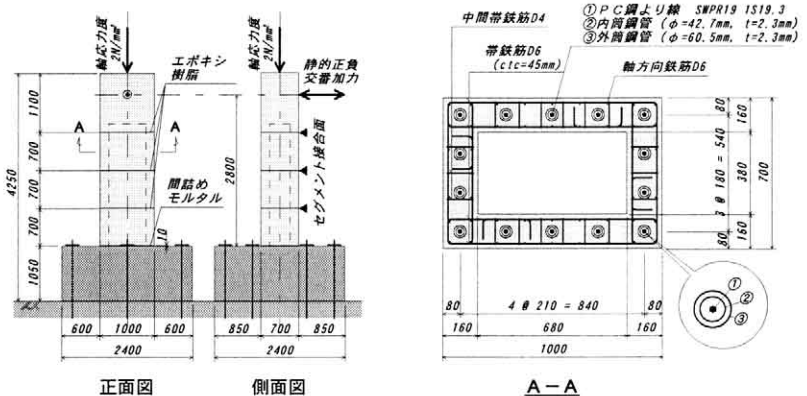
実験に用いた試験体（1体）の諸元と加力位置を図－1に、使用材料の試験結果を表－1にそれぞれ示す。

試験体は「プレストレスコンクリート橋脚の耐震設計ガイドライン」<sup>2)</sup>に準拠して設計した高さ15m程度の実橋脚を約1/5倍に縮尺した模型とした。

試験体は基本的には曲げ破壊するように、セグメント内部には十分なせん断補強筋を配置した。また、P C鋼より線とダクト（外筒鋼管）の間には、柱頭部からフーチング下面まで貫通した鋼管（内筒鋼管）を配置することにより、セグメント接合面でのせん断力を内筒鋼管のダボ作用によって伝達できるよう配慮した。

P C鋼より線には、 $0.44\sigma_{py}$ （ $\sigma_{py}:0.2\%$  永久伸びに対する応力度）の緊張力を与えることにより、 $5.5\text{N/mm}^2$ のプレストレスを導入した。P C鋼より線とダクト間の空隙にはP Cグラウトによる充填を行った。

実験では、油圧ジャッキにより、所定の定軸力（ $2.0\text{N/mm}^2$ ）を作用させながら、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加力を行った。加力は、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加力は行わなかった。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。



※1 柱部分とフーチング部分は同じコンクリートを使用している。  
 ※2 内筒鋼管は柱頭部からフーチング下面まで貫通して配置してある。  
 ※3 外筒鋼管はセグメント接合面で分断されている。

図－1 試験体諸元と加力位置

表－1 材料試験結果

| 鋼材の種類   |              | 降伏点<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数<br>(kn/mm <sup>2</sup> ) |                                 |
|---------|--------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 鉄筋      | SD345 D4     | 397                         | 567                          | 205                           |                                 |
|         | SD345 D6     | 391                         | 544                          | 208                           |                                 |
| P C鋼より線 |              | SWPR19 19.3                 | 1,762                        | 1,894                         |                                 |
| 鋼管      | φ 42.7 t=2.3 | 361                         | 469                          | 207                           |                                 |
|         | φ 60.5 t=2.3 | 347                         | 442                          | 204                           |                                 |
| 材料の種類   |              | 材齢<br>(日)                   | 圧縮強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | 圧縮弾性係数<br>(kn/mm <sup>2</sup> ) |
| コンクリート  |              | 51                          | 54.6                         | 3.30                          | 34.7                            |
| 間詰めモルタル |              | 37                          | 50.3                         | —                             | 23.3                            |
| P Cグラウト |              | 21                          | 61.0                         | —                             | 14.2                            |
| エポキシ樹脂  |              | 36                          | 70.8                         | 22.1                          | —                               |

※ 各材料試験結果は実験時における強度を示す。

キーワード：プレキャストセグメント、プレストレスコンクリート構造、橋脚、曲げ特性、耐震性能

連絡先 \*1 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7076 FAX 0424-89-7078

\*2 〒107-0036 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL 03-5561-2188 FAX 03-5561-2156

\*3 〒107-8502 東京都港区元赤坂 1-2-7 TEL 03-5474-3782 FAX 03-5474-9739

### 3. 実験結果および考察

＜曲げ特性について＞実験結果の荷重－変位関係を図－2に、ひび割れ状況を図－3に、たわみ分布を図－4にそれぞれ示す。プレキャストP C橋脚では、軸方向の引張鋼材が全てP C鋼材となるためにP C鋼材量がP C橋脚よりも増えること、また、復元力の観点からP C鋼材には $0.5\sigma_{py}$ 程度の緊張力を与えておく必要があること、などの理由により、P C鋼材によって導入される軸応力度（プレストレスレベル）は一般的に高い値になる。本検討においても、実橋脚を試設計した結果、プレストレスによる軸応力度は $5.5\text{N/mm}^2$ となり、死荷重による軸応力度 $2.0\text{N/mm}^2$ との合計が $7.5\text{N/mm}^2$ の高い値となるために、脆性的な破壊性状を示すことが懸念されたが、橋脚全体の挙動としては、緩やかに耐荷力が低下するP C橋脚の挙動<sup>1)</sup>と同じような粘りのある挙動を示した（図－2）。しかし、橋脚基部に着目すると、 $1/2H$ （ $H$ ：断面高さ）程度の塑性ヒンジを形成するP C橋脚<sup>2)</sup>とは異なり、プレキャストP C橋脚では塑性ヒンジは形成されず（図－3）、橋脚基部に回転が集中するロッキング挙動が見られた。このことは、たわみ分布（図－4）からも見て取れる。ロッキング挙動をする場合には、P C鋼材の破断が懸念されるが、最大荷重の80%まで耐荷力が低下した後も、P C鋼より線は降伏はしているものの、破断の兆候は見られなかった。これは、回転は橋脚基部に集中したものの、適度にP C鋼より線と橋脚躯体の付着が切れ、アンボンド構造のような挙動をしたためと考えられる。このことは、ひび割れ状況（図－3）からも推察される。

今回の実験からも確認されたように、プレキャストP C橋脚の耐震設計を行うにあたっては、ロッキング挙動をするという大きな特徴を十分配慮し、P C鋼材の破断について留意することが重要であると考えられる。換言すれば、P C鋼材と橋脚躯体との付着について定量的に明らかにすることが今後の重要な課題であると考えられる。

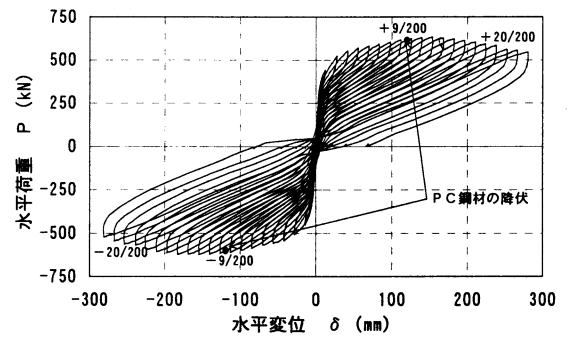
＜残留変位について＞残留変位は小さく、原点指向型の復元力特性の優れた性状を示すことがわかった（図－2、5）。また、P C鋼材の降伏後は、徐々に復元力性が失われることが図－5のグラフより見て取れる。

### 4. まとめ

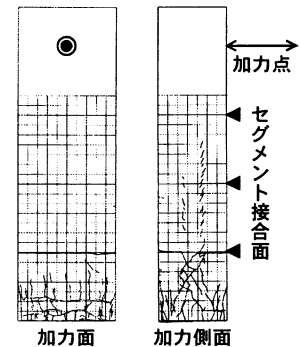
プレキャストP C橋脚の大型模型を用いて正負交番加力実験を行った結果、得られた知見は次のとおりである。

- 1) 特に脆性的な破壊性状を示すことなく、緩やかに耐荷力が低下する粘りのある挙動を示す。
- 2) 回転（損傷）が基部に集中し、ロッキング挙動を示す。
- 3) 残留変位の小さい復元力特性の優れたP C橋脚特有の挙動を示す。

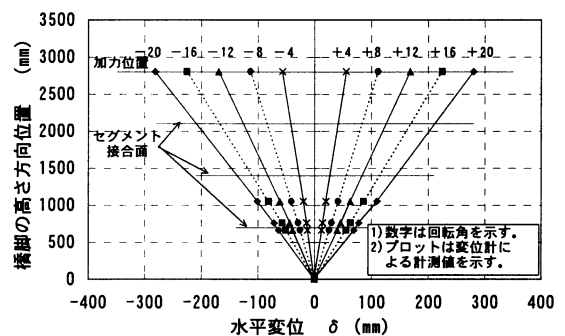
【参考文献】 1) 新井崇裕 他：プレストレスコンクリート橋脚の耐震性能に関する実験的検討，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，pp.1126～1127，1998.10 2) (社)プレストレスコンクリート技術協会：プレストレスコンクリート橋脚の耐震設計ガイドライン，1999.11



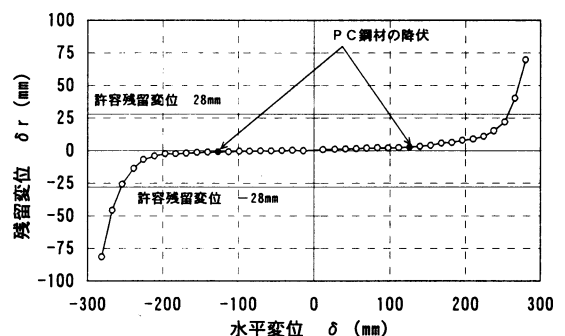
図－2 荷重－変位関係



図－3 実験後のひび割れ状況



図－4 たわみ分布



図－5 残留変位