

V-517 オンラインハイブリッド実験によるコンクリート剛結合橋脚の地震応答に関する研究

横浜国立大学 学生会員 辻 昌宏
 日本道路公団 正会員 松田 哲夫
 横浜国立大学 正会員 山口 隆裕
 同上 F10-会員 池田 尚治

1. はじめに

本研究は、桁と橋脚をU字形のPC緊張材(以下、U tendonと示す)によって剛結合した構造形式¹⁾の地震応答挙動を把握する目的で、独立柱形式の供試体を用いて静的正負荷実験及びオンラインハイブリッド実験を行ったものである。

2. 実験供試体

図1に供試体の形状を、表1に使用した材料の力学的特性をそれぞれ示す。供試体の形状はT形で、実験においては実際の橋脚と上下が逆になっており、桁を固定し橋脚にあたる柱に載荷を行った。供試体は、鉄筋コンクリート構造の独立した柱と桁をU tendonにより剛結合したもの(PCタイプ²⁾)と、比較用に作成した一体構造のRC橋脚(RCタイプ³⁾)の2種類となっている。U tendonには、φ12.7mmのPC鋼より線を用い、プレストレス力は8200kgf/cm²とした。また、どちらのタイプにも軸方向鉄筋にはD10及びD13、フープ筋にはD6を用いた。

表1 使用材料の力学的特性

	降伏強度	引張強度	弾性係数	適用	
鉄	D6(SD295)	3500	5520	2.0×10^4	フープ筋
	D10(SD295)	3500	5220	1.9×10^4	側方鉄筋
筋	D13(SD295)	3500	5120	1.8×10^4	主鉄筋
	PC鋼より線				PCタイプ
	φ12.7(SFPR7B)	17400	19200	1.9×10^4	剛結部
	コンクリートの圧縮強度			300	

単位: kgf/cm²

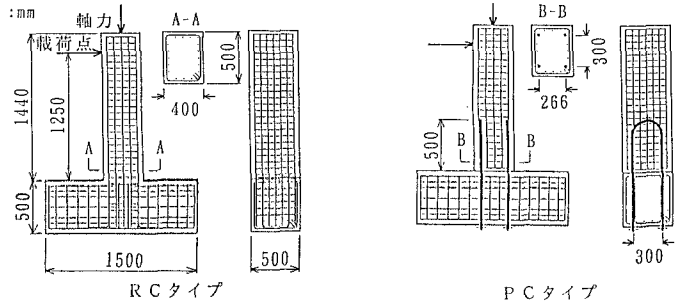


図1 供試体の形状

3. 静的正負荷実験

載荷には2本のアクチュエーターを使用し、柱頭部に一定の軸圧縮力20tfを与えながら水平変位を与えた。載荷方法は、材料の非線形性を考慮して求めたRCタイプ³⁾の計算降伏荷重時の変位を $1\delta_y$ とし、変位を $1\delta_y$ ずつ増加させながら各変位段階で1回の正負荷を行った。PCタイプ²⁾は、降伏点が明確でないので、RCタイプ³⁾の $1\delta_y$ を基準にして同様に載荷を行った。図2に静的正負荷実験により得られた荷重-変位曲線を示す。RCタイプ³⁾では、軸方向鉄筋が降伏し、残留変位の大きい挙動を示している。また $9\delta_y$ 時には、耐力が30%程度低下した。PCタイプ²⁾では、大変形時の繰返し後でも耐力の低下は小さく、残留変位の小さい非塑性的な挙動を示している。

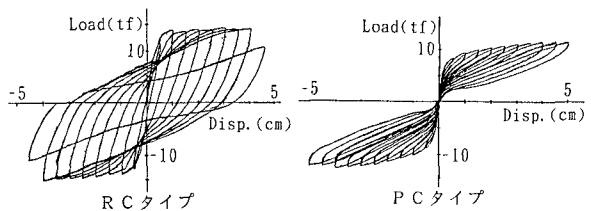


図2 静的正負荷実験による荷重-変位曲線

4. オンラインハイブリッド実験

入力地震波は、兵庫県南部地震で記録された神戸海洋気象台のNS成分の加速度波形とした。加速度データは15秒間とし、時間間隔は0.01秒とした。表2に実験に用いた初期データを示す。仮想質量は供試体を1質点系1自由度モデルと仮定し、設定した固有周期から求めた。固有周期は実構造物を参照して0.6秒と仮定し、PCタイプ²⁾については0.3秒の場合に

表2 実験の初期データ

タイプ	固有周期 sec	初期剛性 tf/cm	仮想質量 ton	減衰定数	最大加速度 gal
RCタイプ ³⁾	0.6	70.0	626.0	0.03	84.5
PCタイプ ²⁾ 1	0.6	70.0	626.0	0.03	73.6
PCタイプ ²⁾ 2	0.3	70.0	156.5	0.03	296.0

についても検討した。初期剛性は静的正負荷実験より得られたひび割れ前の剛性とした。減衰定数は3%とし、 $1\delta_v$ を越えてからは0とした。最大加速度は実構造物との対応を考慮して、PC鋼より線または鉄筋の応力がそれぞれ設計荷重時の応力に相当する 13500kgf/cm^2 、 3000kgf/cm^2 となるときの水平荷重を計算し、これを仮想質量で除したものを0.17G相当として、最大加速度の 818gal に相当する値を比例計算により求めた値とした。図3に実験より得られた復元力-変位曲線を示す。RCタイプでは、柱と桁に多くのひび割れが生じ損傷が大きかったが、PCタイプでは、柱と桁の接合部が開口するのみでほとんど損傷を受けていない。PCタイプで固有周期を0.3秒としたものでは、生起時刻が4秒過ぎでアクチュエーターの载荷ストローク $\pm 100\text{mm}$ を超え、実験継続不可能となった。

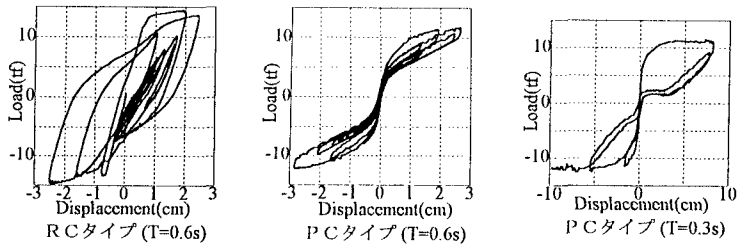


図3 復元力-変位曲線

5. 復元力モデルと計算値の検討

オンラインハイブリッド実験で得られた復元力-変位曲線をモデル化し、時刻歴応答変位を計算で求め、実験値と比較した。図4に設定した復元力モデルを示す。包絡線は4本の直線で表し、除荷の場合については、RCタイプでは残留変位が生じるように、PCタイプでは原点に戻るように、また再载荷の場合については、どちらも過去の最大応答変位に向かうようにそれぞれ設定した。図5に時刻歴応答変位の実験値と計算値の比較を示す。RCタイプでは、正側に残留変位が生じたことが再現でき、PCタイプでは、応答周期がほぼ一致するなど実験値によく適合する結果を得た。

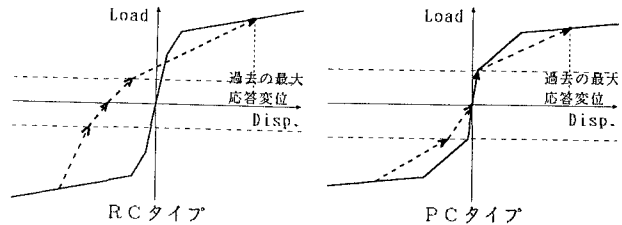


図4 設定した復元力モデル

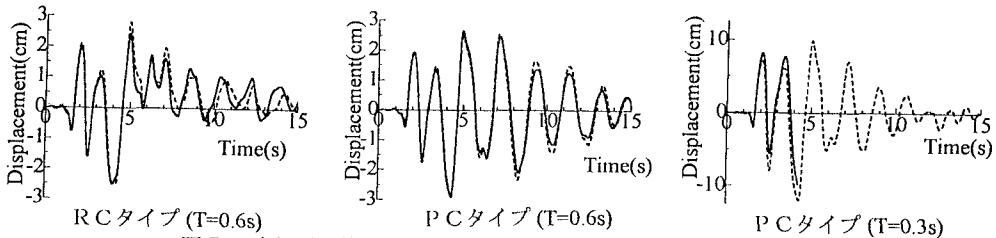


図5 時刻歴応答変位の実験値(実線)と計算値(破線)の比較

6. まとめ

- (1) PCタイプは残留変位の小さい非塑性的な挙動を示し、大きな地震が作用した後においても耐力の低下はわずかであり、耐震性能に優れていることが示された。
- (2) オンラインハイブリッド実験の結果を基に設定した復元力モデルから地震時の挙動を計算でほぼ正確に求めることができた。

謝辞：供試体の製作において、(株)ピー・エスの河村直彦氏及び関係各位に御協力をいただいた。また実験を行うに当たり、横浜国立大学土木工学教室の森下豊技官及び平陽兵院生(現 鹿島)に多大な御協力を得た。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 長谷俊彦, 馬場照幸, 岡田稔規, 吉松慎哉: 重信川高架橋の設計報告, プレストレストコンクリート技術協会第5回シンポジウム論文集, pp397~400, 1995. 10