

PCM 吹付け工法による既設 RC 橋脚の耐震補強に関する実験的研究

(株)さとうベネック 正会員 ○中村 智 九州大学大学院 正会員 日野 伸一
九州大学大学院 正会員 山口 浩平 奈良建設(株) 正会員 佐藤 貢一
日鉄コンポジット(株) 非会員 谷口 硯士 アイテック(株) 非会員 石田 耕生

1. 目的

ポリマーセメントモルタル(以下 PCM)巻立てによる既設 RC 橋脚の耐震補強工法¹⁾は、従来の RC 巻立て工法に比べ巻立て厚を 1/5 程度に低減できる。しかし施工方法が左官工法によるコテ塗りのため、一度に施工できる範囲が狭く、品質の均一化が難しい等の問題点がある。そこで本工法は、PCM 巻立てを吹付け工法によって行い、作業効率の向上と品質の均一化を図った。その上で PCM 吹付け工法の耐震補強効果を確認するため、地震時を想定した正負交番載荷試験を行い、本工法の有用性について検証した。

2. 供試体

表-1 に供試体の種類、図-1 に形状寸法、図-2 に基部詳細図を示す。本実験に使用した供試体は No.1~No.7 の 7 体である。これらは既設 RC 橋脚を約 1/5 スケールでモデル化したもので、No.1 は無補強(比較用)の標準供試体である。No.2~No.7 は補強筋の種類、柱基部曲げ補強の有無、PCM の種類をパラメータとして補強をおこなった。No.2~5 は鉄筋補強とし、No.6 は鉄筋補強と降伏強度が等価になるよう炭素繊維(以下 CF)シートを軸方向 4 層、周方向 1 層巻立て、No.7 は CF グリッドを 1 層補強した。また、No.2,4,6 は軸方向鉄筋をアンカー孔($\phi 26\text{mm}$)に定着長 20D でエポキシ樹脂注入により定着した。No.6 は定着した軸方向鉄筋と CF シートは柱基部より 1.5D(D: 供試体幅)の重ね継手長を確保して接合した。No.3,5,7 は基部の軸方向鉄筋は非定着とした。

表-2 にコンクリートと PCM の材料特性値を、表-3 に補強筋の材料特性値を示す。なお、吹付け厚はかぶりが 10mm となるように No.2~6 は 36mm、No.7 は 18mm とした。

3. 試験方法

載荷方法は、100kN の一定軸力下(コンクリートの設計基準強度の 5.3%, $\sigma = 1.1\text{N/mm}^2$)で正負の水平力を与えた。ただし、載荷点の位置は基部から 2555mm である。載荷は変位制御とし、正側に変位を増加させ、ひび割れ発生時の変位をひび割れ時変位(δ_{cr})と定義し、負側にも同変位を入力した。再び正側の変位を増加させ、基部に定着した軸方向鉄筋ひずみが降伏ひずみに達した時の変位を降伏変位(δ_y)と定義し、負側にも同変位を入力した。その後は δ_y の整数倍で変位振幅を増加させ正負交番載荷を繰り返した。

表-1 供試体の種類

供試体	吹付け材料 PCM 種類	補強筋	基部定着
No.1	—	(無補強)	—
No.2	高強度型	鉄筋	有
No.3		鉄筋	無
No.4		鉄筋	有
No.5		鉄筋	無
No.6	高強度型	CFシートと鉄筋	有
No.7	高強度型	CFグリッド	無

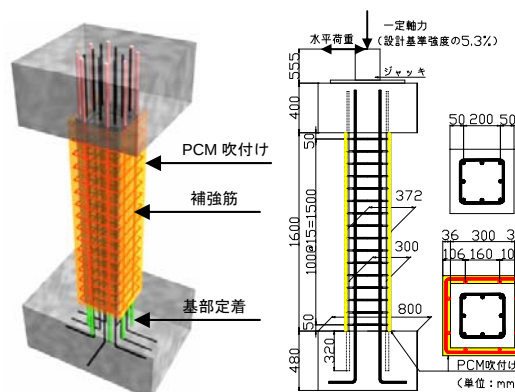


図-1 供試体形状

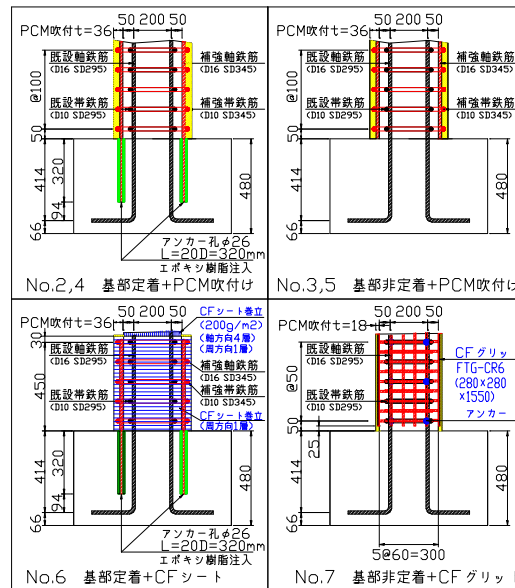


図-2 基部詳細図

表-2 コンクリートと PCM の材料特性値 (N/mm²)

	PCM 種類	圧縮強度	ヤング係数
コンクリート	—	21.0	2.35×10^4
No.2	高強度型	47.0	2.17×10^4
No.3			
No.4			
No.5	低弾性型	36.0	1.45×10^4
No.6	高強度型	45.7	1.89×10^4
No.7	高強度型	69.5	2.70×10^4

キーワード 耐震補強, ポリマーセメントモルタル, 吹付け工法, 炭素繊維, 既設 RC 橋脚

連絡先 〒870-8678 大分県大分市舞鶴町 1 丁目 7 番 1 号 (株)さとうベネック 土木部 TEL097-534-8161

4. 試験結果および考察

図-3 に設計値を示す。単柱式 RC 橋脚のひび割れ水平耐力 P_{cr} , 降伏水平耐力 P_y , 終局水平耐力 P_u , およびひび割れ変位 δ_{cr} , 降伏変位 δ_y , 終局変位 δ_u を道示 V² に規定される条件により算出した。いずれの供試体も剛性, 最大水平耐力ともに向上する。なお, 使用した材料の違いによる剛性, 耐力の差異は殆ど見られない。

図-4 に水平荷重-水平変位履歴曲線の包絡線を, 表-4 に試験結果を示す。試験においても PCM による差異は殆ど認められず, 水平耐力は無補強に比べ基部定着(No.2,4,6)で 2.2~2.4 倍, 基部非定着(No.3,5,7)で 1.3~1.4 倍増加した。塑性率に関しては補強供試体(No.2~No.7)で 4.3~9.2 を示し, いずれも道示 V に規定される曲げ破壊先行型 RC 橋脚の許容塑性率 2.1~3.8 を満たしており, 設計で想定した期待通りの靱性を有していた。さらに, エネルギー吸収能も全補強供試体が無補強供試体を 1.3~2.9 倍上回った。

図-5~8 に基部から 50mm の高さにおける, 正側載荷時に引張となる軸方向補強筋および帯補強筋の水平荷重-ひずみ関係を示す。

図-5, 6 より基部定着の供試体は, 補強部の軸方向鉄筋が降伏・座屈し, 塑性ヒンジを形成するのに対し, 基部非定着では, 既設部の軸方向鉄筋が降伏・座屈し, 塑性ヒンジを形成した。また, それに伴い, 両者ともに最外縁の補強部の帯鉄筋が拘束効果を発揮した。

図-7, 8 より No.6,7 も, No.2~No.5 と同様の結果を示した。ただし, No.6 は基部定着した補強部の軸方向鉄筋が降伏して塑性ヒンジを形成し, CF シートによる基部での応力負担は顕著には認められなかった。また, 最外縁の CF シート(No.6), CF グリッド(No.7)ともに帯補強筋としての拘束機能を発揮した。

5. まとめ

- (1) 無補強供試体に比べ, 基部定着供試体は 2.2~2.4 倍, 基部非定着供試体は 1.3~1.4 倍の水平耐力の増加が認められた。
- (2) いずれの供試体も期待通りの靱性と, エネルギー吸収率を有した。
- (3) 試験結果は, 保有水平耐力照査による耐力および荷重-変形関係とほぼ同一の結果を示した。
- (4) 高強度型, 低弾性型の PCM の種類については顕著な差異が認められなかった。

以上のことより, 本実験の範囲内で PCM 吹付け工法による既設 RC 橋脚の耐震補強効果が確認された。

参考文献

- 1) PP 工法研究会: PP マグネラインで補強した橋脚の正負交番載荷試験報告書, 1998.3
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書 V 耐震設計編, 2002.3

表-3 補強筋の材料特性値

		供試体		規格	降伏強度	引張強度	(N/mm ²)	ヤング係数			
既設部	軸方向鉄筋	No.1～	SD295/D16	349	487	2.0×10 ⁵					
	帯鉄筋	No.5	SD295/D10	354	511						
補強部	軸方向鉄筋	No.2～	SD345/D16	398	552						
	帯鉄筋	No.5	SD345/D10	421	581						
CFシート		No.6	200 (g/m ²)	—	3400	2.45×10 ⁵					
CFグリッド		No.7	17.5 (mm ²)	—	1400	1.0×10 ⁵					

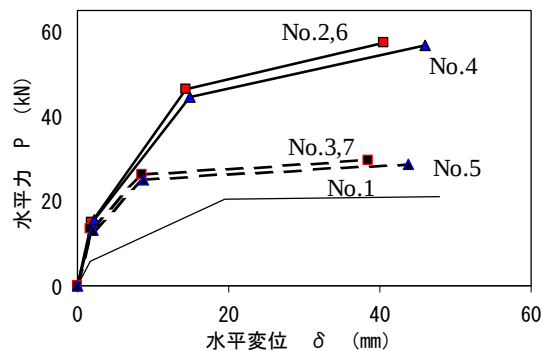


図-3 設計値

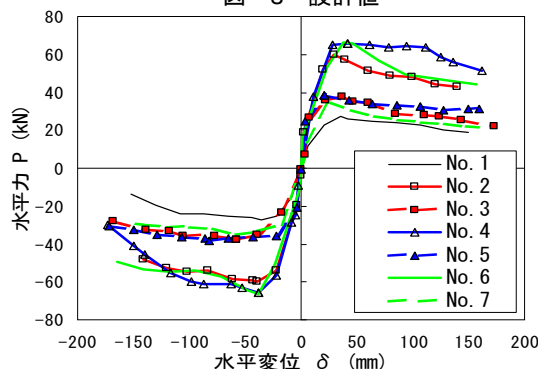


図-4 包絡線

表-4 試験結果

供試体	仕様	降伏		最大荷重	塑性率	エネルギー吸収能
		荷重 (kN)	変位 (mm)			
No.1	無補強	25.3	23.6	21.5	27.3	5.9
No.2	基部定着+高強度PCM	52.2	52.9	19.7	64.3	5.8
No.3	基部非定着+高強度PCM	36.0	30.2	19.0	37.6	6.4
No.4	基部定着+低弾性PCM	37.4	51.5	14.5	65.9	9.2
No.5	基部非定着+低弾性PCM	38.7	29.1	21.4	38.7	5.5
No.6	基部定着+CFシート	53.2	52.9	23.4	66.1	4.3
No.7	基部非定着+CFグリッド	35.0	30.2	20.7	35.0	4.7

*設計値は材料試験値を用いて計算

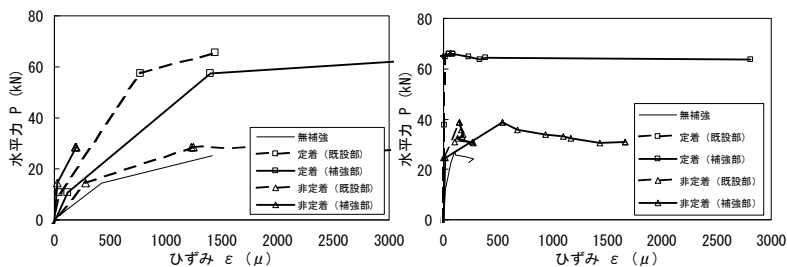


図-5 軸方向鉄筋(No.2,5)

図-6 帯鉄筋(No.2,5)

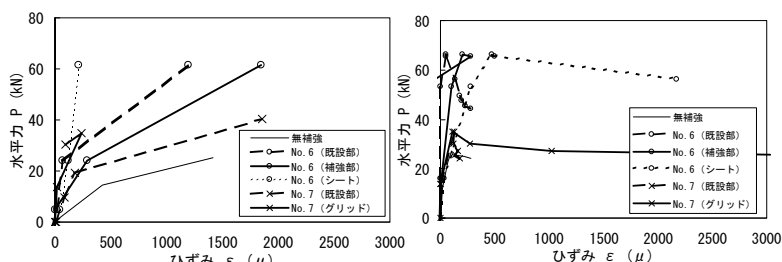


図-7 軸方向補強筋(No.6,7)

図-8 帯補強筋(No.6,7)