

PCM 吹付け工法による既設 RC 橋脚の段落とし部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 フェロー会員 日野 伸一
九州大学大学院 正会員 山口 浩平 サンメイツ(株) 正会員 石田 耕生
奈良建設(株) 正会員 佐藤 貢一 (株)さとうベネック 正会員 竹内 一博

1. 目的

既設 RC 橋脚の段落とし部の耐震補強工法としては RC 巻立て工法が一般的であるが、巻立て厚の増加に伴う河積阻害率の増大や建築限界等や自重の増加等の問題があった。

そこで筆者らは、ポリマーセメントモルタル（以下、PCM）吹付け工法を提案した。本工法は補強筋を既設橋脚表面に接触配置し、付着特性に優れた PCM を吹き付けることで、断面増厚量を RC 巻立て工法の約 1/5 に抑えることが可能である。

本研究では、地震時を想定した正負交番载荷試験を行い、本工法による既設 RC 橋脚の段落とし部の耐震補強効果、ならびに有効定着長に基づく補強範囲について検証した。

2. 供試体

供試体の種類を表-1 に形状を図-1 に示す。供試体は計 4 体で PCM と補強筋の種類をパラメータとして、柱部高 1600mm、断面高×幅=350×400mm とし、既設 RC 橋脚の約 1/5 で作製した。

既設部は A-A 断面（基部）から 1250mm の C-C 断面（実際の段落とし位置）で D16 の軸方向鉄筋を段落とした。段落とし鉄筋の定着長は旧基準の示方書より 30ϕ としたため、設計上の段落とし位置は B-B 断面となる。なお、既設部の帯鉄筋は重ね継手とし、D10 を 100mm 間隔で 16 本配置した。

補強部の軸方向補強筋は B-B 断面より下側に 35ϕ の必要定着長（CF グリッドは 2 格子の必要定着長）をとり、本試験では上部が先行して曲げ破壊しないように上部フーチングに 35ϕ 以上定着した。よって本実験での有効定着長の着目部は B-B 断面より下側となる。補強部の帯鉄筋は 100mm 間隔で 12 本配置し、横拘束効果を期待できるようにラップ長を 10ϕ とし、フレアー溶接した。なお、CF グリッドは鉄筋補強と降伏耐力が等価になるように CR-5（格子ピッチ 100mm）を設置した。PCM は最外縁補強筋からのかぶり厚が 10mm となるよう吹き付けた。

3. 試験方法

载荷方法は、154kN ($\sigma=1.1\text{N/mm}^2$) の一定軸力下で正負の水平力を与えた。なお、载荷点は基部から 2555mm の位置とした。载荷は変位制御とし、ひび割れ変位 (δ_{cr}) 計測後、軸方向鉄筋ひずみが降伏ひずみに達した時の変位を初降伏変位 (δ_{y0}) と定義した。その後は δ_{y0} の整数倍で変位振幅を増加させ正負交番载荷した。

表-1 供試体種類

試験体	PCM		補強筋	
	種類	圧縮強度 (N/mm^2)	種類	降伏強度 (N/mm^2)
No.1	-	41.8	なし(無補強)	
No.2	高強度	71.6	鉄筋	377
No.3	低弾性	31.2		
No.4	高強度	79.0	CFグリッド	1400

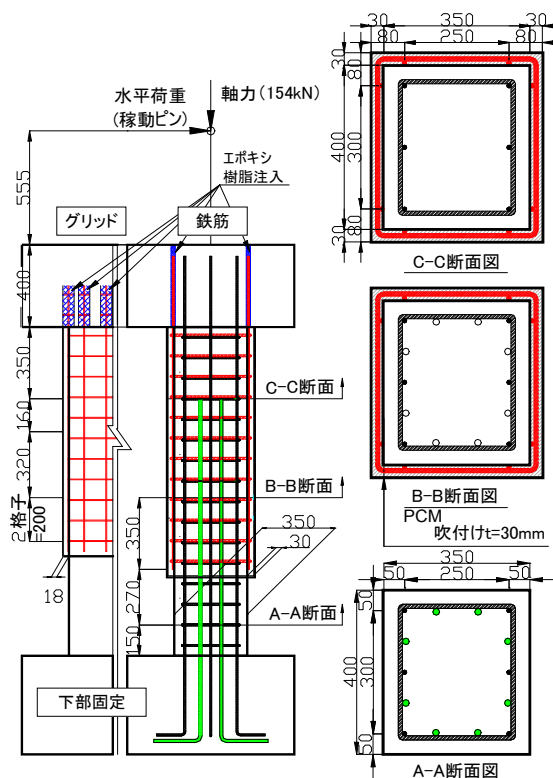


図-1 供試体形状

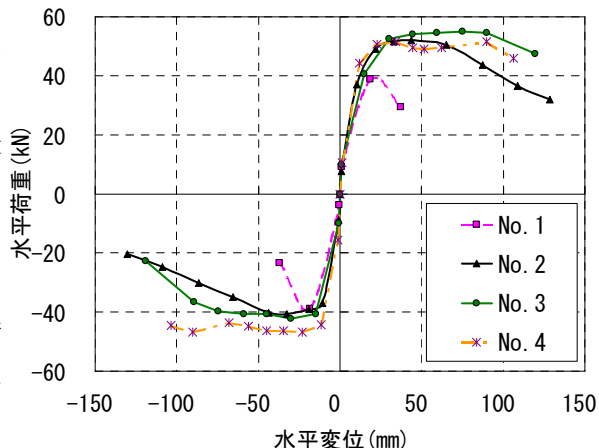


図-2 水平荷重-水平変位関係（包絡線）

キーワード 耐震補強, 段落とし, ポリマーセメントモルタル, 吹付け工法, 炭素繊維グリッド

連絡先 〒870-0913 大分県大分市松原町 1-3-7 (株)さとうベネック 土木部 TEL097-573-0077

4. 試験結果および考察

図-2 に水平荷重-水平変位関係の包絡線, 表-2 に試験結果を示す. 表中の設計値は単柱式 RC 橋脚のひび割れ水平耐力 P_{cr} , 初降伏水平耐力 P_{y0} , 終局水平耐力 P_u を道示 V に基づき算出した.

無補強供試体は写真-1 に示すように $P_u=43.5\text{kN}$ で C-C 断面の軸方向鉄筋が降伏・座屈し, かぶりコンクリートを剥落させ耐力を失った. また, 終局後の耐力低下も著しいものとなった. 設計上では B-B 断面で初降伏するが, 実験では既設部段落とし軸方向鉄筋の実際の定着長がひずみゲージの測定の結果 10ϕ 程度 ($<30\phi$) であったため, 実際には B-B 断面は設計で想定した以上の抵抗曲げモーメントを有しており, C-C 断面付近で破壊したものと考えられる. 一方, 補強供試体は設計で想定したとおりに, すべて A-A 断面において塑性ヒンジを形成して曲げ破壊し, 終局水平耐力は無補強に比べ約 19~27%増加した. また, 実験では最大荷重の 80%まで水平荷重が低下したときの変位を終局変位 δu と定義すれば, 表-3 に示すように塑性率 ($\delta u / \delta y_0$) とエネルギー吸収能 (水平荷重-水平変位曲線で囲まれる面積) も大幅に向上した.

図-3 に $P=30\text{kN}$ (A-A 断面の初降伏荷重の直前) における補強部の軸方向補強筋のひずみ分布を示す. 図より巻立て下端の鉄筋から 20ϕ (グリッドは 2 格子) の位置でひずみがピークとなっており, 設計値ともほぼ一致する. このことは補強筋の必要定着長は鉄筋で 20ϕ 程度, グリッドは 2 格子程度であることを示唆している. なお, 別途実施した付着強度試験からも, 鉄筋の必要定着長は 20ϕ 程度であることが確認されている.

5. まとめ

- (1) 段落としを有する既設 RC 橋脚型供試体を PCM 吹付け工法により補強することにより, 段落とし部の曲げ耐力が向上し, 基部に塑性ヒンジが形成された.
- (2) 保有水平耐力照査による降伏変位, および降伏荷重は実験値とほぼ同様の結果を示した.
- (3) 既設部に接触配置する補強筋の必要定着長は, 鉄筋で 20ϕ 程度, CF グリッドで 2 格子程度であることが確認できた.
- (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, PCM 吹付け工法による既設 RC 橋脚の段落とし部の耐震補強効果ならびに補強筋の有効定着長が確認された.

表-2 試験結果

	ひび割れ荷重 (P_{cr})			降伏荷重 (P_{y0})			終局荷重 (P_u)		
	設計 (kN)	実験 (kN)	実験設計	設計 (kN)	実験 (kN)	実験設計	設計 (kN)	実験 (kN)	実験設計
No.1	8.9	10.9	1.2	28.7	38.9	1.4	33.0	43.5	1.3
No.2	8.9	7.7	0.9	35.6	37.1	1.0	47.1	52.1	1.1
No.3	8.9	9.8	1.1	35.6	40.6	1.1	47.1	55.1	1.2
No.4	8.9	10.6	1.2	35.6	44.2	1.2	47.1	51.6	1.1

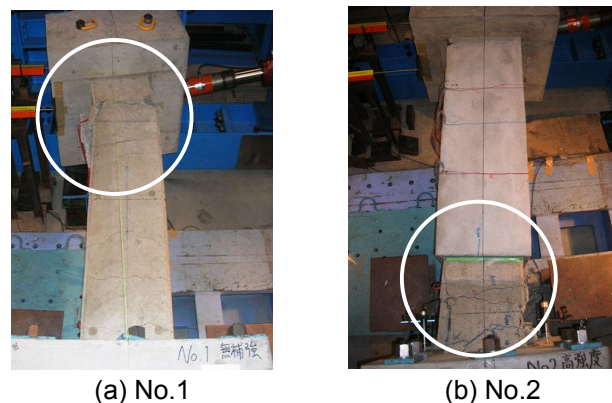


写真-1 破壊性状

表-3 塑性率, エネルギー吸収能

	No.1	No.2	No.3	No.4
塑性率	1.83	8.32	8.04	9.61
エネルギー吸収能 (kN・m)	0.26	2.77	3.58	3.35

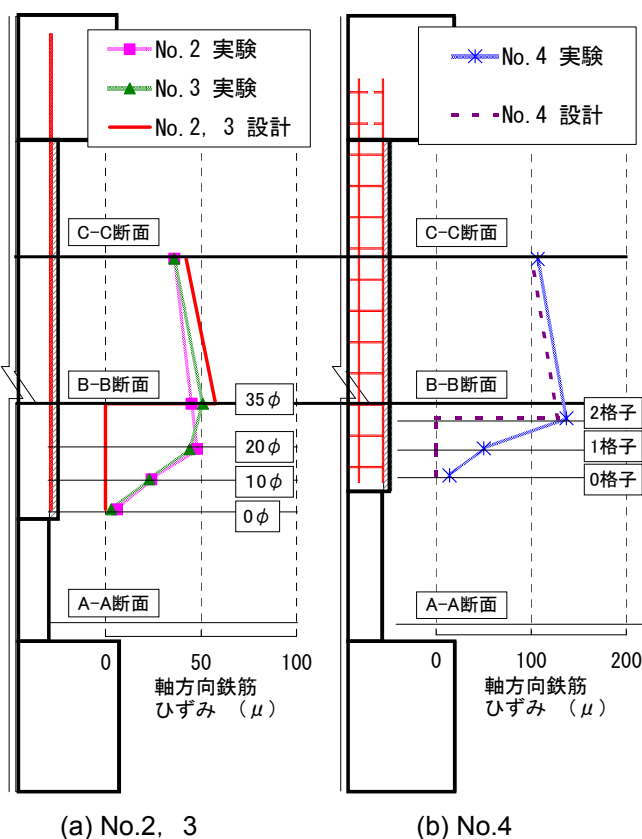


図-3 補強筋のひずみ分布