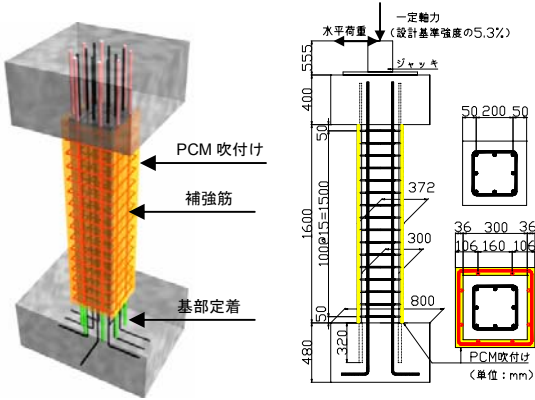


乾式および湿式 PCM 吹付け工法による RC 橋脚の耐震補強に関する実験的研究

住友大阪セメント(株) 正会員 〇若杉 三紀夫 九州大学大学院 正会員 日野 伸一
(株)SNC 非会員 三上 光司 (株)さとうベネック 正会員 中村 智
(株)さとうベネック 正会員 衛藤 誠

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¹⁾。PCM の施工には左官工法と吹付け工法があり、湿式吹付け工法は左官工法に比べて、一度に施工できる範囲が広く、品質の均一化が図れる特長を有す。このような湿式吹付け工法においても、左官工法による PCM 巻立てと同等な耐震補強効果が確認されている²⁾。本研究では、さらに施工効率の高い乾式吹付け工法により PCM 巻立てを行い、地震時を想定した正負交番載荷試験を行い、乾式および湿式吹付け工法の種別による耐震補強化効果への影響について検証した。



図－1 供試体の形状

2. 供試体

図－1 に供試体の形状を示す。本試験に使用した供試体は No.1～No.3 の 3 体で、これらは既設 RC 橋脚を約 1/5 スケールで模型化したものである。No.1 は無補強の標準供試体、No.2 は乾式吹付け PCM 巻立て、No.3 は湿式吹付け PCM 巻立てによる補強供試体で、コンクリートと PCM の材料特性値を表－1 に、補強筋の材料特性値を表－2 に示す。No.2 および No.3 では柱基部の曲げ補強による定着も行い、軸方向鉄筋はアンカー孔(φ26mm)に定着長 20D でエポキシ樹脂注入により定着した。なお吹付け厚は、かぶりが 10mm となるように No.2 および No.3 のいずれも 36mm 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。

4. 試験結果および考察

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 V³⁾に規定される条件により算出した。乾式および湿式のいずれの供試体も、剛性、最大水平耐力ともに向上することが分かった。載荷点における水平力と柱天端における水平変位の履歴曲線を図－2 に、試験結果を表－3 に示す。無補強の No.1 は既設部の軸方向鉄筋が降伏した後、 $1.7\delta_y$ で最大荷重となり、柱全域にわたり帯鉄筋配置箇所に曲げひび割れが発生した。 $3\delta_y$ で既設部の軸方向鉄筋の拔出しにより、下部フーチング

表－1 コンクリートと PCM の材料特性値 (N/mm²)

項目		圧縮強度	弾性係数	曲げ引張強度	引張強度
コンクリート	設計値	30.0	28000	—	—
	実測値	36.4	27300	4.91	3.30
乾式 PCM	設計値	46.3	22000	—	—
	実測値	42.6	22500	9.39	2.33
湿式 PCM	設計値	64.8	26000	9.30	4.10
	実測値	78.2	26400	6.05	3.36

表－2 補強筋の材料特性値 (N/mm²)

項目		降伏強度	引張強度	弾性係数
設計値	SD345	345	490≦	200000
実測値	D10	376	548	
	D16	402	550	

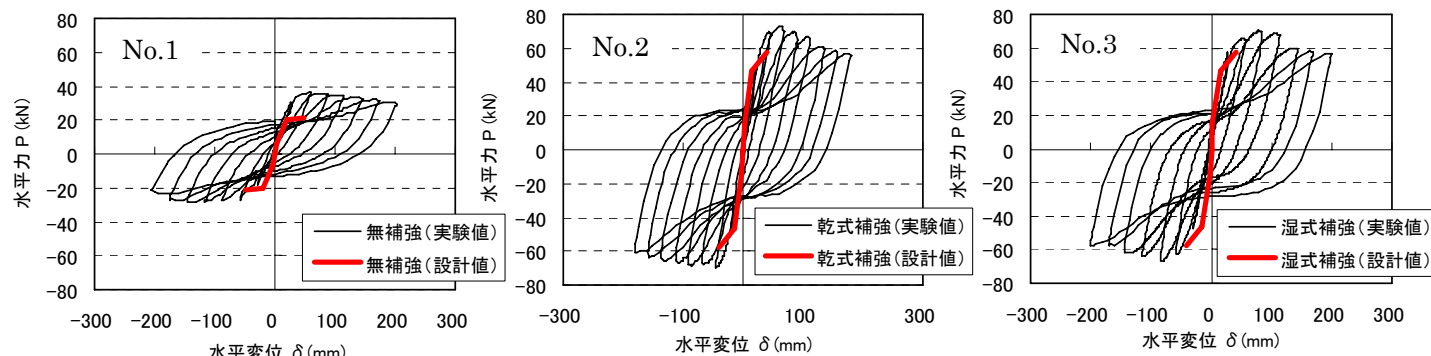


図-2 水平力—水平変位履歴曲線

にひび割れが発生した。5 δ_y で塑性ヒンジ付近にコンクリートの膨み出しが生じ始め、7 δ_y でかぶりコンクリートが剥落して耐力を失った。軸方向鉄筋は座屈しており、コアコンクリートの損傷も内部に達していた。

乾式および湿式 PCM 吹付けで補強した No.2 および No.3 は補強部の軸方向鉄筋が降伏した後 1.7~2.0 δ_y で最大荷重となり、3~3.2 δ_y で下部フーチングにひび割れが発生した。5~5.5 δ_y で塑性ヒンジ区間における PCM の膨み出しが生じ始め、基部から 175mm の高さの位置で補強部の軸方向鉄筋が座屈し、PCM のかぶりが剥落して耐力を失った。水平耐力については、乾式および湿式による差異はほとんど認められず、無補強に比べ 1.7~1.9 倍

の増加となった。次に変形性能として、最大水平荷重の 80%まで低減した時の変位を終局変位 δ_u とし、これを降伏変位 δ_y で除した値 ($\mu = \delta_u / \delta_y$) を塑性率として定義すると、乾式および湿式 PCM 吹付け補強供試体で 2.2~2.4 を示し、いずれも道示 V³⁾ に規定される曲げ破壊型 RC 橋脚の許容塑性率 2.1~3.8 を満たしており、十分な靱性を有していた。

写真-1 に供試体 No.1 ~3 の基部の破壊状況を示す。いずれも最終的には柱基部に塑性ヒンジが形成され、破壊に至ったことが確認された。



(無補強)



(乾式 PCM 吹付け補強)



(湿式 PCM 吹付け補強)

写真-1 供試体基部の破壊状況

表-3 試験結果

設計・実験項目		単位	供試体の仕様		
			無補強	乾式 PCM	湿式 PCM
ひび割れ荷重 P_c	設計値	kN	6.89	12.1	12.1
	実験値		10.8	25.8	
ひび割れ変位 δ_c	設計値	mm	2.08	1.55	1.55
	実験値		2.02	3.56	
初降伏荷重 P_{y0}	設計値	kN	21.3	40.5	40.5
	実験値		30.5	50.5	57.3
初降伏変位 δ_{y0}	設計値	mm	22.8	22.8	22.8
	実験値		29.1	22.3	27.8
終局荷重 P_u	設計値	kN	24.3	61.9	61.9
	実験値		36.2	70.1	70.4
終局変位 δ_u	設計値	mm	105.2	79.6	79.6
	実験値		58.8	67.4	79.0
塑性率 μ	設計値	—	3.04	1.86	1.86
	実験値		1.68	2.35	2.23

5. まとめ

- (1) 乾式および湿式吹付け PCM による補強供試体は無補強に比べ、1.7~1.9 倍の水平耐力の増加が認められた。
- (2) 乾式および湿式吹付け PCM による補強供試体は期待どおりの十分な靱性を有していた。
- (3) 供試体による実験結果は、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) 乾式および湿式吹付け PCM の種類については顕著な差異が認められなかった。

本試験の範囲内で、乾式および湿式吹付け PCM 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) 中村智，日野伸一，山口浩平，佐藤貢一：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，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.3，pp.1219-1224，2007.7
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書 V 耐震設計編，pp.148-178，2002.3