

既設 RC 橋脚を対象とした鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法の曲げ補強効果に関する実験的研究

長崎大学大学院	学生会員	島田 有二郎
長崎大学	非会員	堤 寛士
長崎大学大学院	正会員	山口 浩平
(株) アーテック	非会員	彌永 裕之
九州工業大学大学院	正会員	合田 寛基
大分工業高等専門学校	フェロー会員	日野 伸一

1. 研究背景

兵庫県南部地震の際、土木構造物は多大な被害を受けた。それを受けて耐震設計法は改定され、東北地方太平洋沖地震およびそれ以降の地震の際には、橋梁に関する被害や崩壊を補強対策により抑えることができた。しかし、橋梁の耐震補強進捗率は、国道に比べて都道府県道や市町村道は低く、それらの耐震補強が急務な現状である。その中でも写真 1 の対象構造物に示すような河川を横過する橋梁やダムピアといった河積阻害率の制限を受ける河川構造物の橋脚の耐震補強が急がれている。そこで本研究では、既設 RC 橋脚を対象とした鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法の耐震性能について検討を行う。

2. 実績のある RC 部材の各種補強工法

2.1. RC 巻立て工法

橋脚にコンクリートと鉄筋で巻立てて、補強する工法である。特徴としては安価であること、工期が短いこと、補強厚が大きいことが挙げられる。

2.2. 鋼板接着工法

橋脚に鋼板を取り付け、既設部材と一体化させ性能の向上を図る工法である。特徴としては補強厚が少ないこと、費用が高くなること、耐腐食性に劣ることが挙げられる。

2.3. 繊維シート接着工法

橋脚に繊維シートで巻立てて、補強する工法である。特徴としては軽量であること、工期が短いこと、水圧に弱いことが挙げられる。

3. 鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法

前述した 3 つの補強工法は代表的な橋脚の補強工法である。しかし、本研究で対象としている橋脚では、河積阻害率への影響を及ぼさないこと、耐腐食性があるため、いずれも最適な補強工法とは言えない。そこで著者らは、鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法を提案している。

図 1 に示す鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法は、既設コンクリート表面に溝切を施し、補強主鉄筋を埋設させ、せん断補強筋を配筋し、ポリマーセメントモルタルによって巻立てる補強工法である。本工法は溝を切って鉄筋を埋設させ巻立てを行うため、図 2 に示すように補強厚を抑えることができ、河積阻害率の低減、地盤への影響の抑制に繋がる。そのため、今回対象としている河川を横過する橋梁やダムピアといった河積阻害率の制限を受ける河川構造物の補強に適している

と考える。

4. 研究目的

鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法では、溝切することによって薄肉で橋脚を補強できるという利点があるが、ひび割れの進展メカニズムや付着性状など、未解明な部分が多い。既往研究では、鉄筋とポリマーセメントモルタルの付着性状について、補強基部および補強柱部における必要定着長に関する知見が得られている¹⁾。そこで本研究では、橋脚の曲げ補強効果について実験による検討を行う。



(a) 河川を横過する橋梁

(b) ダムピア

写真 1 対象構造物

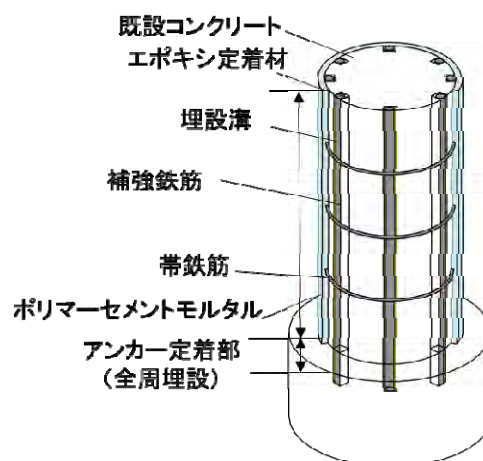


図 1 鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法

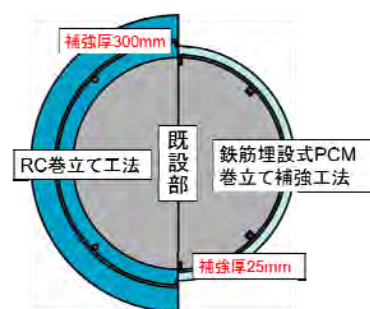


図 2 補強厚の比較

5. 曲げ補強効果の検討

5.1. 実験概要

本工法の曲げ補強効果を確認するため、図3の供試体概要に示すように、低鉄筋比で設計した壁式橋脚供試体1体（供試体 No.1）と、同様の設計をした壁式橋脚供試体に曲げ補強として鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法を施した供試体1体（供試体 No.2）の計2体に対して正負交番繰返載荷実験を実施した。

5.2. 供試体の設計値

表1に実験値および試算値を示す。ここに、 P_{cr} ：ひび割れ発生荷重、 P_{y1} ：補強部主鉄筋の降伏荷重、 P_{y2} ：既設部主鉄筋の降伏荷重、 P_u ：曲げ圧縮破壊荷重、 V ：せん断破壊荷重である。曲げ圧縮破壊荷重をせん断破壊荷重より低い値とし、曲げ破壊先行型で設計した。

5.3. 載荷方法

正負交番繰返載荷は、試算上の P_{y2} まで荷重制御で行い、その際の変位を $1\delta_y$ とする。それ以降は変位制御とし、「 $+1\delta_y \rightarrow -1\delta_y \rightarrow +2\delta_y \rightarrow -2\delta_y \rightarrow \dots$ 」というように1サイクル毎に $1\delta_y$ ずつ増加させながら載荷する。

5.4. 結果および考察

正負交番繰返載荷実験での正側および負側で平均した荷重変位包絡線図を図4に示す。

供試体 No.1 は、 $1\delta_y$ を 16.4mm として載荷を行った結果、最大荷重 P_{max} は 147kN となった。最終的に水平変位は $9\delta_y$ ($=108.6\text{mm}$) まで進展し、水平載荷荷重は $0.57P_{max}$ ($=85\text{kN}$) であった。

供試体 No.2 は、 $1\delta_y$ を 32.6mm として載荷を行った結果、最大荷重 P_{max} は 272kN となった。最終的に水平変位は $4.3\delta_y$ ($=141.0\text{mm}$) まで進展し、水平載荷荷重は $0.67P_{max}$ ($=183\text{kN}$) であった。

ここで、供試体 No.2 の P_{y2} は、供試体 No.1 の P_{y2} に比べて 2.3 倍であり、供試体 No.2 の P_u は、供試体 No.1 の P_u に比べて 1.9 倍である。これらにより、本補強工法は十分な補強効果を発揮していることがわかる。

一方で、 P_{y2} に関して、供試体 No.1・供試体 No.2 共に、実験値が試算値に比べて 0.8 倍程度となっている。また、 P_u に関して、供試体 No.1 は実験値および試算値が同程度となっているが、供試体 No.2 は実験値が試算値に比べて 0.7 倍程度となっている。これは図3-(e)に示すように、試算する際に柱長さを 1225mm（固定端位置は基部上面）としたが、実際には柱の固定端位置は基部の中腹位置と推定され、実挙動での柱長さは設計上仮定した 1225mm よりも長いことが原因として考えられ、試算値を再検討する必要がある。今後、実際の変形挙動や FEM を用いて、どのような曲げ挙動をしていたかを解明し、柱長さの再検討、試算値の再算出を行う。

参考文献

- 1) 石村昌也, 日野 伸一, 彌永 裕之, 小沼 恵太郎: 補強鉄筋埋設方式 PCM 巻立て補強工法 (AT-P 工法) における鉄筋定着長に関する実験的研究, 日本コンクリート工学会年次論文集, Vol.39, No.2, pp. 445-450, 2017

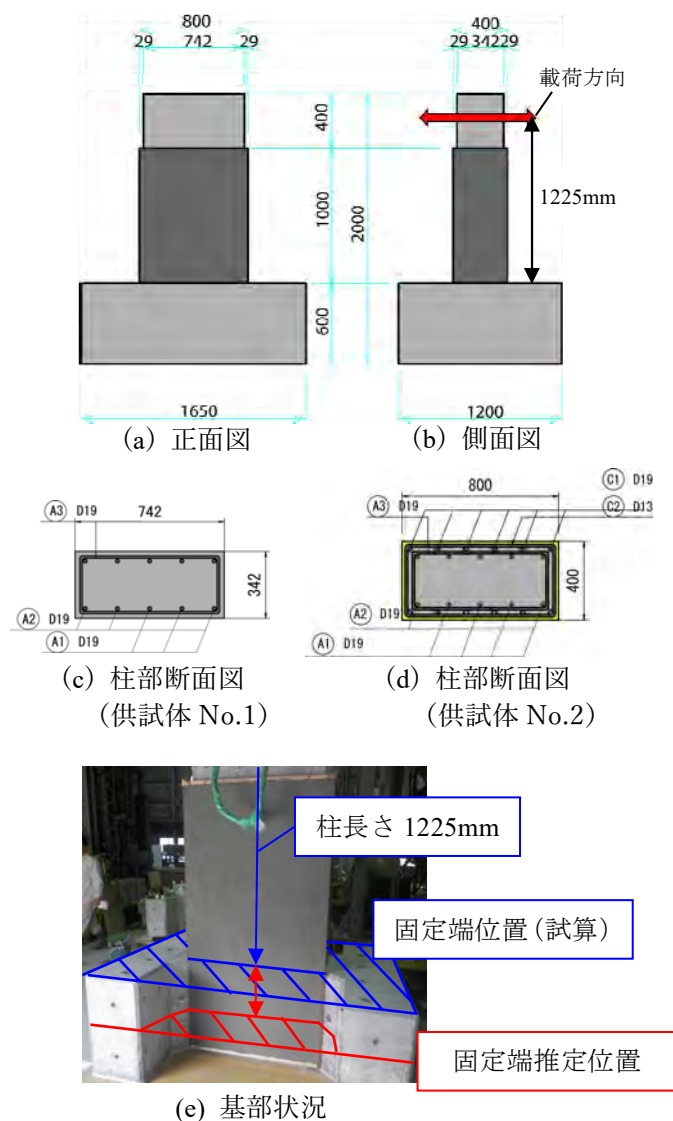


図3 供試体概要

表1 実験値および試算値 (kN)

		P_{cr}	P_{y1}	P_{y2}	P_u	V
No.1	実験値	50~60		115	147	
	試算値	34		144	150	208
No.2	実験値	80~90		269	272	
	試算値	51	204	353	368	531

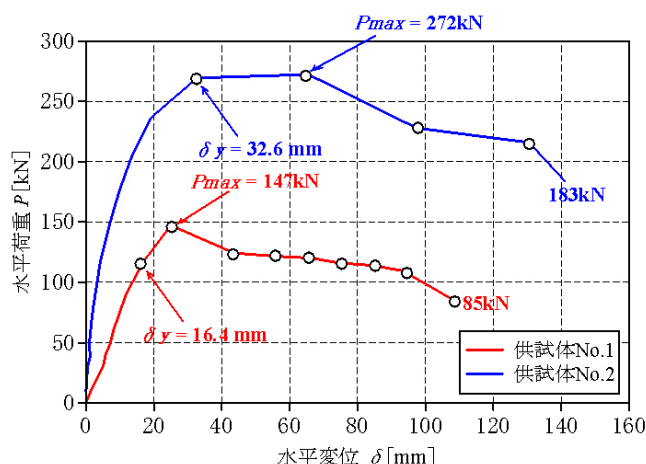


図4 荷重変位包絡線図