

# 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

長崎大学大学院 学生会員 島田 有二郎

長崎大学 非会員・田村 拓登・黒木 優太

長崎大学大学院 正会員 山口 浩平

九州工業大学大学院 正会員 合田 寛基

(株)アーテック 非会員 彌永 裕之

大分工業高等専門学校 フェロー 日野 伸一

## 1. 背景および目的

兵庫県南部地震では、多くの土木構造物が多大な被害を受けた。それを受けて耐震設計は改定され、東北地方太平洋沖地震およびそれ以降の大地震では甚大な被害や崩壊を抑えることができていた。しかし、緊急輸送道路の橋梁の耐震補強進捗率<sup>1)</sup>を参照すると、国道や都道府県道に比べて市町村道は補強が進んでおらず、橋梁の耐震補強が急務な現状である。その中でも、本研究では写真-1 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土木構造物を研究対象とする。

ここで、実績のある補強工法として RC 巻立て工法、鋼板接着工法、繊維シート接着工法があげられる。以下にそれぞれの特徴を示す。

RC 巻立て工法は、橋脚をコンクリートと鉄筋で巻立て補強する工法である。特徴としては安価であること、工期が短いことがあげられる。

鋼板接着工法は、コンクリート部材の引張応力作用面に鋼板を取り付け、既設部材と一体化させ性能の向上を図る工法である。特徴としては比較的薄肉で補強可能であり、費用が大きくなることがあげられる。

繊維シート接着工法は、繊維シートで巻立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、水圧に弱いことがあげられる。

以上の 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土木構造物の橋脚では河積阻害率への影響を及ぼさないこと、耐腐食性が高いこと、水圧を受けることについて考慮する必要があるため、いずれも最適な補強工法とはいえない。そこで、それらに代わる補強工法として、鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法を提案している。鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法は、図-1 に示すように、既設のコンクリート表面に溝切を施し、補強主鉄筋を埋設させ、帯鉄筋およびポリマーセメントモルタル（以降、PCM とする）によって巻立てる補強工法である。また、図-2 に示すように、溝を切って鉄筋を埋設させ巻立てを行うため、補強厚を抑えることができ、河積阻害率の低減、地盤への影響を小さくすることに繋がる。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



(a) 河川横過橋梁



(b) ダムピア

写真-1 対象構造物

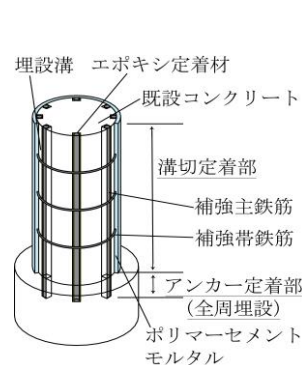


図-1 本工法の概略図

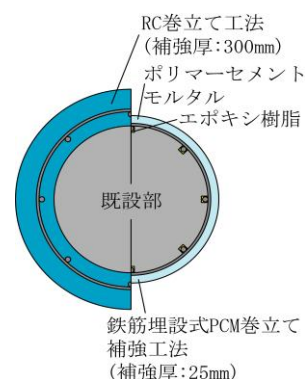
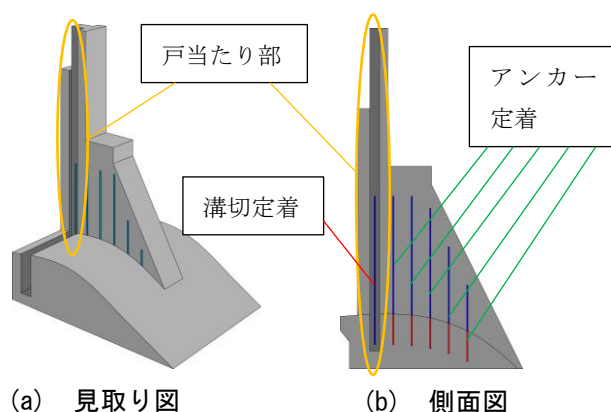


図-2 補強厚の比較



(a) 見取り図

(b) 側面図

図-3 ダムピア補強の概略図

った河積阻害率に関して制約の多い河川構造物の補強に適していると考えている。

本工法の開発研究段階において、図-1 の“アンカー定着部（全周埋設）”のように全ての補強主鉄筋を基部に全周埋設定着できる、いわゆる一般的なアンカー定着により曲げ補強を施した場合の曲げ補強効果は、既に明らかにされている<sup>2)</sup>。しかしながら、RC 部材であるダムピアの曲げ補強を検討する場合、水門が昇降する面の戸当たり部（図-3(a)参照）は、上記のアンカー一定

着ができないため、補強主鉄筋の一部（図-3(b)中の左から1番目の補強主鉄筋）は溝切定着の状態となる。

以上より、本研究では、アンカー定着ではなくフーチングに溝切定着を施した壁式橋脚供試体に対して、正負交番繰返載荷試験を行い、その曲げ補強効果を明らかにすることを目的とする。

## 2. 曲げ補強効果の検討

### 2.1. 実験概要

本工法の曲げ補強効果を確認するため、建設年が昭和初期頃のダムピアを想定して、低鉄筋比で設計した壁式橋脚供試体1体と、同様の壁式橋脚供試体に耐震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体の計2体に対して正負交番繰返載荷を実施した。実験の詳細は、参考文献<sup>3)</sup>を参照されたい。

### 2.2. 載荷試験

正負交番繰返載荷は、載荷高さを1225mm（基部上面から載荷軸まで距離）とし、各供試体について既設主鉄筋が降伏に至るまで荷重制御で行い、それ以降は変位制御で実施した。その際、既設主鉄筋の降伏時の荷重および変位をそれぞれ降伏荷重、降伏変位( $1\delta_y$ )とする。また、変位制御は、1サイクル毎に $+1\delta_y \rightarrow -1\delta_y \rightarrow +2\delta_y \rightarrow -2\delta_y \rightarrow \dots$ というように増加させながら載荷した。

## 3. 実験結果

### 3.1. 変形状態

正負交番繰返載荷試験での正側と負側で荷重と変位をそれぞれ平均した荷重変位包絡線図を図-4に示す。

無補強供試体は、 $1\delta_y$ を16.4mmとして載荷を行った結果、降伏荷重 $P_{y2}$ は115kN、最大荷重 $P_{max}$ は147kNとなった。

補強供試体は、 $1\delta_y$ を32.6mmとして載荷を行った結果、降伏荷重 $P_{y2}$ は269kN、最大荷重 $P_{max}$ は272kNとなった。

### 3.2. 曲げ補強効果

表-1に実験値と試算値の比較を示す。ここで、補強供試体のひび割れ発生荷重 $P_{cr}$ は無補強供試体のひび割れ発生荷重 $P_{cr}$ に比べて1.6倍、補強供試体の降伏荷重 $P_{y2}$ は無補強供試体の降伏荷重 $P_{y2}$ に比べて2.3倍、補強供試体の終局荷重 $P_u$ は無補強供試体の $P_u$ に比べて1.8倍であった。ひび割れ発生荷重、降伏荷重、終局荷重において、本補強工法は十分な補強効果が明らかとなった。

一方で、降伏荷重 $P_{y2}$ において、両供試体共に実験値が試算値に比べて0.8倍程度となった。また、終局荷重 $P_u$ において、無補強供試体では実験値と試算値は同程度であるが、補強供試体で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、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1225mmよりも長かったためである。これは基部がH型の形状をしてお

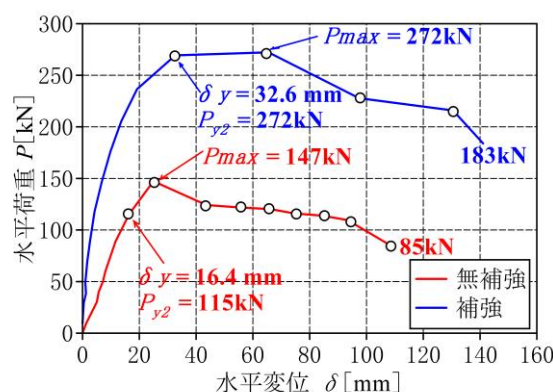


図-4 荷重変位包絡線

表-1 実験値と試算値の比較 (kN)

|              |     | ひび割れ発生荷重<br>$P_{cr}$ | 補強主鉄筋降伏荷重<br>$P_{y1}$ | 既設主鉄筋降伏荷重<br>$P_{y2}$ | 終局荷重<br>$P_u$ | せん断荷重<br>$V$ |
|--------------|-----|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|--------------|
| 無補強          | 実験値 | 50~60                | -                     | 115                   | 147           | -            |
|              | 試算値 | 34                   | -                     | 144                   | 150           | 208          |
| 補強           | 実験値 | 80~90                | -                     | 269                   | 272           | -            |
|              | 試算値 | 51                   | 204                   | 353                   | 368           | 531          |
| 補強/無補強 (実験値) |     | 1.60                 | -                     | 2.33                  | 1.85          | -            |

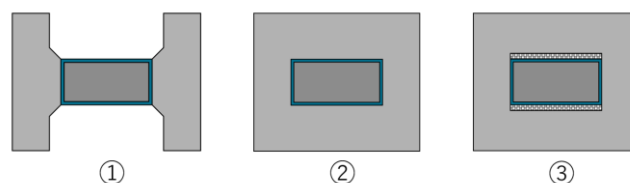


図-5 解析用供試体平面図

り、柱の最大曲げモーメント位置である柱の固定端が基部上面よりも基部内に位置していることに起因すると考えられる。

そこで、本工法の溝切定着での曲げ補強効果を検討するために、図-5に示す解析用供試体平面図の①本実験で用いた試験体、②試験体①の基部を矩形に変えた試験体、③試験体②の基部と柱部の間に空隙を設けた試験体の3体を非線形解析し、溝切定着主鉄筋の必要定着長、必要本数等の検討を現在行っている。

今後は詳細な非線形解析を行い、本実験の曲げ補強効果を明らかにするとともに、本工法の詳細な耐力力の評価法の確立を目指す。

## 参考文献

- 1) 国土交通省、緊急輸送道路上の橋梁の耐震補強進捗率，2018.3
- 2) 清水英樹，幸左賢二，合田寛基，畠山貴之：鉄筋埋設式高靱性モルタル巻立て補強の耐震性能確認実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.2，pp.1015-1020，2010
- 3) 島田有二郎，山口浩平，合田寛基，彌永裕之，日野伸一：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，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，19巻，1142，2019.10