

既設 RC 橋脚を対象とした鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法の付着特性の数値解析による検討

長崎大学 学生会員 志岐 豊
 長崎大学大学院 非会員 田村 拓登 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 裕一
 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ます。しかし、緊急輸送道路上の橋梁の耐震補強進捗率¹⁾によると、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。このような状況において、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の耐震補強に着目する。

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。

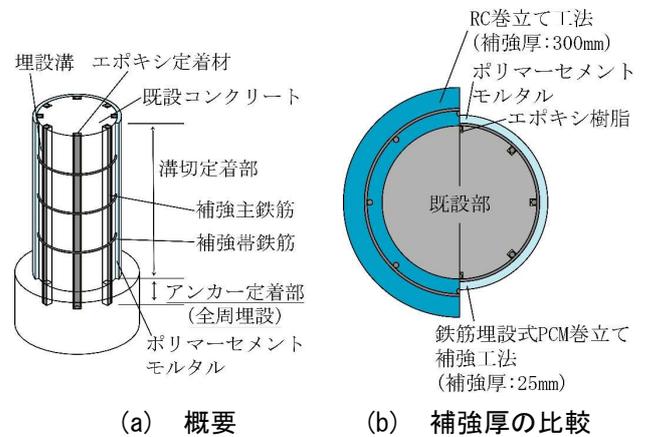
以上の 3 つの補強工法は代表的な橋脚の補強工法である。しかし、本研究で対象としている土木構造物の橋脚では河積阻害率への影響を及ぼさないこと、耐腐食性が高いこと、水圧を受けることについて考慮する必要があるため、いずれも最適な補強工法とは言いがたい。そこで、それらに代わる補強工法として、鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法を提案している²⁾。鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法は、図-1(a) に示すように、既設のコンクリート表面に溝切を施し、補強主鉄筋を埋設させ、帯鉄筋およびポリマーセメントモルタル（以降、PCM とする）によって巻立てる補強工法である。また、図-1(b) に示すように、溝を切って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、柱試験体での正負交番繰返載荷試験を行うことにより、アンカー定着および溝切定着での曲げ補強効果の検討を行った^{2), 3)}。さらに、数値解析を行うことで本工法が十分な補強効果を有することを確認した。しかし、基部形状を H 型にした柱試験体の正負交番載荷試験において曲げ終局破壊と同時に既設コンクリートと補強部 PCM 界面で面外方向にはく離が生じた。

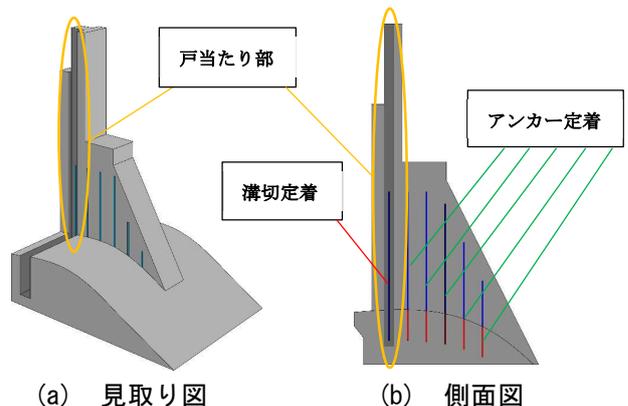


(a) 河川横過橋梁 (b) ダムピア

写真-1 対象構造物



(a) 概要 (b) 補強厚の比較
 図-1 鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法の概略図



(a) 見取り図 (b) 側面図

図-2 ダムピア補強の概略図

以上より、既設部コンクリートと補強部 PCM との付着性状の検討として、佐藤らの論文⁴⁾を参考に、PCM で増厚補強した RC はりの曲げ載荷試験について、補強部界面に付着特性を考慮して再現解析を行うこととした。その後、柱試験体に対して同様の解析を行うことで本工法の付着性状を明らかにすることを目的とする。

2. はく離発生の条件式

既設部コンクリートと補強部 PCM による増厚端部に作用する付着界面外方向の垂直力 F_v と付着面内に作用するせん断力 F_h の2方向力により生じる端部はく離現象は、それぞれの力より発生する2方向の応力度比の式(1)により把握することが可能である⁴⁾。式(1)の τ_{vc} ・ τ_{hc} の値を用いることで、付着性状の検討を試みた。

$$\left(\frac{\tau_{vm}}{\tau_{vc}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{hm}}{\tau_{hc}}\right)^2 = 1 \quad (1)$$

τ_{vm}/τ_{vc} : 垂直方向応力度/強度

τ_{hm}/τ_{hc} : 面内せん断応力度/強度

3. はり試験体による付着性状の検討

3.1. 解析概要

参考文献⁴⁾では条件を変えた複数の PCM 増厚補強したはりを用いて実験を行っている。その中でせん断スパン比を4、補強筋として D10 の異形鉄筋を3本配筋した R4-D10-3 モデルに着目する。

3.2. 解析結果

図-3 に参考文献⁴⁾の実験結果(R4-D10-3)と数値解析の比較結果として、荷重—変位関係とコンクリートと PCM の界面に配筋された補強筋の荷重—ひずみ関係を示す。実験値と解析値はおおむね一致している。この結果から、補強部界面に付着性状を考慮した数値解析モデルの妥当性が明らかになった。

4. 柱試験体による付着特性の検討

4.1. 解析概要

参考文献³⁾の実験で終局と同時に既設部と補強部界面で面外方向に生じたはく離現象について再現するとともに実験と数値解析で鉄筋のひずみ量を比較し検討する。

4.2. 解析結果

図-4 に実験終了後の供試体と数値解析でのはく離現象を示すコンター図を示す。同図(b)について、黄色を呈した箇所は式(1)において左辺が1を超えたことを示しており、本解析上ではこの状態をはく離としている。この結果から、柱試験体においても付着性状を考慮した数値解析の有効性は確認されたが、現在は変形状やひび割れ性状など実験値と解析値の比較についての検討を進めている。

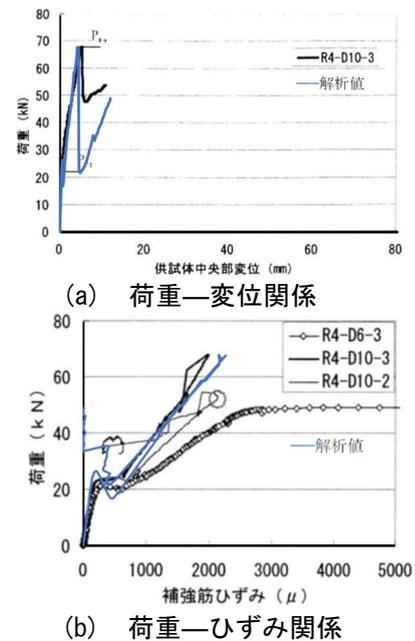
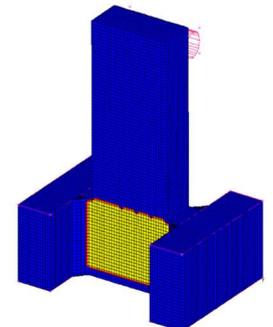


図-3 実験結果⁴⁾と数値解析結果



(a) 試験後の供試体



(b) Glue Deactivation Status のコンター図

図-4 実験と数値解析でのはく離

今後は柱試験体において基部の形状を変更した数値解析、実験を行い、本工法の詳細な耐荷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、2020.3
- 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, 2010.7
- 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
- 4) 佐藤貢一、小玉克己：ポリマーセメントモルタル増厚補強した RC はりの剥離破壊性状に関する基礎的研究、土木学会論文集, No.746, V-61, 115-128, 2003.11