

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 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。

実績のある補強工法として、橋脚をコンクリートと鉄筋で巻立て補強する RC 巻立て工法、コンクリート部材の引張応力作用面に鋼板を取付けて既設部材と一体化させた鋼板接着工法、繊維シートで巻立て補強する繊維シート接着工法があげられる。しかし、本研究で対象としている土木構造物は、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⁾。さらに、数値解析により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、写真-2 に示すように基部形状を H 型にしたこともあり、曲げ終局と同時に既設部



(a) 河川を横過する橋梁



(b) ダムピア

写真-1 対象構造物

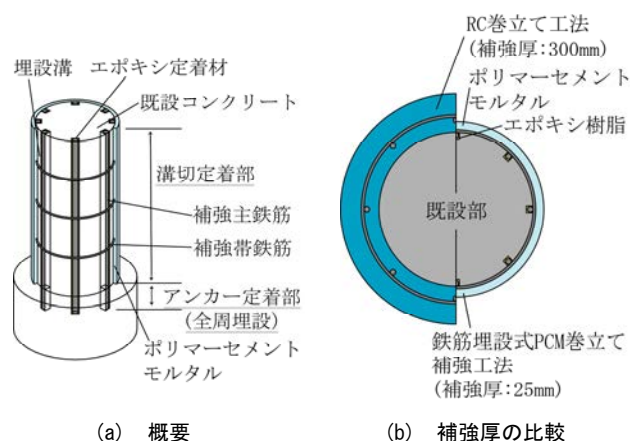


図-1 鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法の概略図



(a) 全体図



(b) はく離部拡大図

写真-2 試験体の破壊状況

と補強部界面で面外方向にはく離が生じた。

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³⁾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った。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。

キーワード 曲げ補強, 既設 RC 橋脚, 鉄筋埋設, PCM 巻立て

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科構造工学コース TEL 095-819-2591

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面外方向の垂直力と付着面内に作用するせん断力の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³⁾。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

参考文献 3)では条件を変えた複数のPCM増厚補強したはりの実験が実施されている。その中でせん断スパン比4、補強筋としてD10を3本配筋したR4-D10-3モデルに着目した。

図-2に参考文献3)の実験結果と数値解析の比較として、試験体の荷重－変位関係、荷重－補強主鉄筋ひずみ関係を示す。実験では荷重30kN以降にはく離が生じていることがわかる。一方、解析結果も同様の挙動を再現できていることがわかる。この結果から、補強部界面に付着性状を考慮した本解析法は有用であると考えた。

4. 柱試験体による付着性状の検討

基部形状がH型という特殊な柱試験体の実験⁴⁾を基に、はく離を考慮しない完全一体モデルと付着性状を考慮したモデル（以下、はく離モデル）を比較した。図-3にそのモデル図を示す。

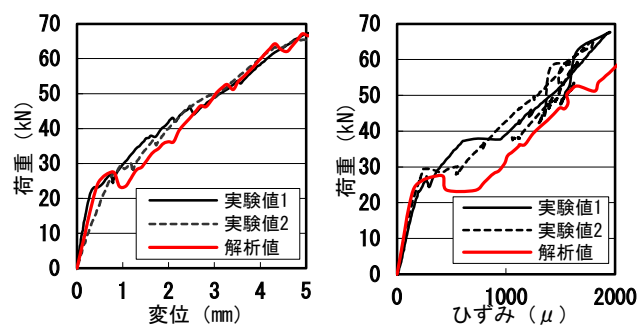
図-4に荷重－載荷点変位を示す。同図から、はく離モデルは荷重180kN～220kNの○付近ではく離が生じており、完全一体モデルよりも最大荷重はやや低下することがわかった。図-5ははく離の進展状況（はく離モデル）を示す。同図から、はく離が生じる位置は補強主鉄筋に沿っており、また荷重の増加に伴い進展することがわかった。なお、はく離の発生は小範囲であった。

5. 結論

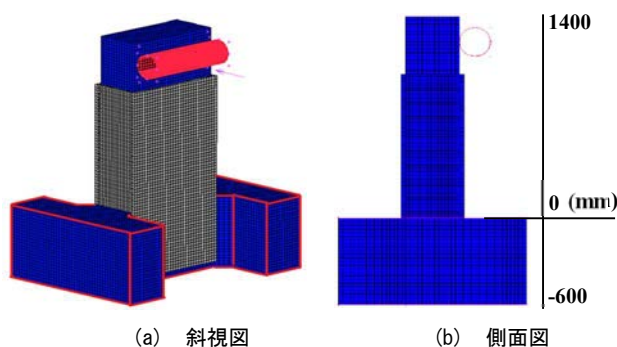
付着特性として、2方向の応力度を用いた数値解析によりはく離現象を再現可能である。また、基部形状をH型にして溝切定着させた場合でも、はく離は設計上想定された曲げ終局時に発生することがわかり、本工法の補強効果は十分であることがわかった。

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：鉄筋埋設式高韌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) 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，pp.115-128，2003.11



(a) 荷重－変位関係 (b) 荷重－ひずみ関係(補強主鉄筋)
図-2 実験値と解析値の比較



(a) 斜視図 (b) 側面図
図-3 柱試験体のモデル図

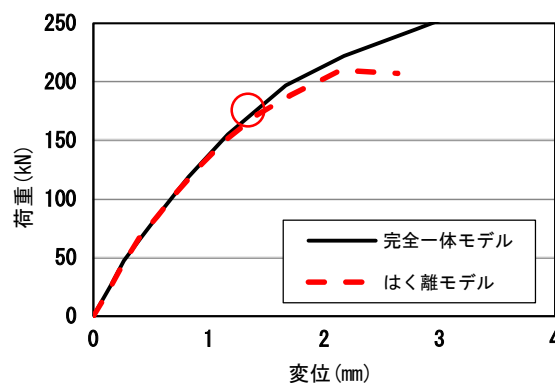
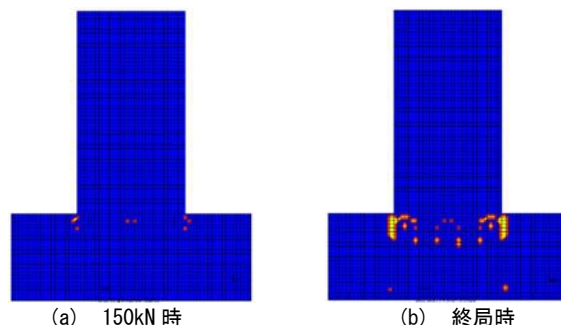


図-4 荷重－変位関係



(a) 150kN時 (b) 終局時
図-5 はく離の進展状況（はく離モデル）

- 4) 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