

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：10103

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760356

研究課題名(和文)FRP板を用いたRC構造物の水中接着補強に関する接着性能向上法に関する研究

研究課題名(英文)A study on upgrading procedure of strengthening performance for RC structure by means of submerged FRP plate bonding method

研究代表者

栗橋 祐介(KURIHASHI, Yusuke)

室蘭工業大学・工学(系)研究科(研究院)・講師

研究者番号：30414189

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではプレキャスト連続繊維板(PCa-FRP板)を用いた水中接着補強工法において、その接着性能改善策の提案を目的に、RC梁のコンクリート表面にせん断キーを設ける方法を考案し、その改善効果を静荷重実験により検討した。本研究の結果、1)せん断キーを適切な間隔で配置することによりRC梁の曲げ耐力が向上する；2)せん断キー配置間隔が小さい場合には接着樹脂に多数のひび割れが発生するため、FRP板の全面剥離を誘発しやすい；3)接着性能改善のための適切なせん断キー配置間隔は、梁の有効高さ d の6～9割程度である。

研究成果の概要(英文)：In this study, in order to improve the bonding performance of submerged Pre-casted Fiber Reinforced Polymer plate (PCa-FRP plate) bonding method, a solution of arranging the shear keys to concrete surface of RC beam was proposed. And then, the static four-point loading tests of RC beams strengthened with submerged PCa-FRP plate bonding method were conducted. From this study, following results were obtained: 1) flexural load-carrying capacity of submerged strengthened RC beam can be improved by arranging shear keys with adequate intervals; 2) when the shear keys setting intervals are comparably small, PCa-FRP plate may be easy to debond from concrete surface because many cracks are occurred at bond layer near shear keys; and the adequate shear keys interval is 60～90% of the effective depth of RC beam.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・維持管理工学

キーワード：水中コンクリート構造物 連続繊維 接着補強 曲げ耐力向上 剥離破壊

1. 研究開始当初の背景

現在、社会基盤施設を対象に経年劣化や設計基準の改定に伴う補強工事が進められている。このような状況下、港湾施設や河川橋脚のような水中構造物の場合には、通常構造物周辺の仮締切を行い、施工部を乾燥状態にして工事を行うのが一般的である。そのため、陸上での工事に比較して経費が嵩むことより、工事が効率的に進捗していないのが現状である。我が国では、1995年に発生した阪神淡路大地震や本年3月に発生した東日本大震災に代表される巨大地震の発生確率が高く、かつ耐用年限を迎える数多くの社会基盤施設を有していることから、水中構造物の補修補強を効率良く推進することは喫緊の課題である。

著者は、これまで連続繊維材 (FRP 材) を補強材料として活用することを基本に、水中においても施工可能な補強工法を模索してきた。その結果、含浸接着樹脂を用いて硬化・成形した連続繊維プレキャスト板 (PCa-FRP 板) をパテ状の水中硬化型接着樹脂を用いて接着する方法を着想した。しかしながら、水中硬化型接着樹脂は、プールのひび割れ補修等に多くの実績を有しているものの、RC 構造物の水中補強のための接着剤として用いた実績は皆無であった。そのため、まず信頼性の高い接着方法を確立し、水中接着補強工法による RC 部材の曲げ補強効果について実験的に検討してきた。

その結果、提案の水中接着工法による RC 梁の曲げ耐力向上効果を確認した。しかしながら、水中接着の場合には上述の処理を施した場合においても、気中接着時と比較して早期に PCa-FRP 板が剥離して終局に至ることが明らかになった。これは、気中接着では、前処理としてプライマー処理を施してコンクリート接着界面が増大し、接着をより強固なものにできるのに対し、水中接着の場合には、プライマー処理を施すことが不可能であり、接着界面近傍部を強化することができないため、終局時には接着界面で剥離し終局に至る、ことによるものである。

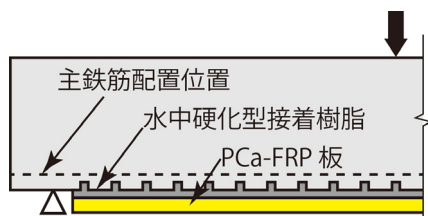


図-1 付着性能改善法の概念図

2. 研究の目的

水中鉄筋コンクリート (RC) 構造物の補強工法として、PCa-FRP 板 を水中にて接着補強する工法に着目し、接着表面積増加とせん断キー効果によって FRP 板の接着性能を向上させる方法として、コンクリート面に等間隔に矩形状の溝を切削加工する手法を考

案した (図-1 参照)。本研究は、その妥当性を検証するとともに RC 部材の合理的な水中接着補強法を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、接着性能に優れる水中接着補強法を提案するため、溝の配置間隔、梁の断面寸法、および PCa-FRP 板補強量を変化させた水中接着曲げ補強 RC 梁の静荷重実験を行った。

水中接着補強は、所定の溝切削を行った後、ブラスト処理を施し、施工用の水槽に設置して PCa-FRP 板の接着作業を行った (図-2 参照)。PCa-FRP 板には 5 号珪砂による砂付き処理済みのものを用いた。気中接着の場合にはブラスト処理を施した後、プライマーを塗布し硬化後、FRP シートの接着作業を行った。



図-2 水中接着施工用水槽

実験は、4点曲げ荷重により行った (図-3 参照)。載荷荷重は、油圧ジャッキを用いて RC 梁中央部に鉛直方向に作用させた。測定項目は、載荷荷重、スパン中央部たわみ、FRP シートもしくは PCa-FRP 板 (以後、FRP 補強材と総称する) の軸方向ひずみである。これらの実測値は、デジタルデータレコーダを用いて一括収録した。また、実験時には RC 梁のひび割れ進展状況や、FRP 補強材の剥離進展状況を撮影した。

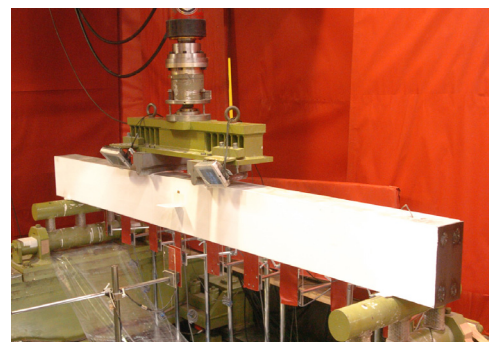


図-3 RC 梁の静荷重実験状況

実験データの整理検討は、i) 載荷荷重-スパン中央部たわみ分布、ii) 各荷重レベルにおける FRP 補強材の軸方向ひずみ分布、iii) 各荷重レベルにおけるひび割れおよび FRP 補強材の剥離進展状況、について行った。

これらの実験結果に基づき、試験体間の比較検討を行い、溝切削による接着性能向上効果を検討した。また、FRP 補強材とコンクリート表面の完全付着を仮定した断面分割法による数値計算結果と比較し、FRP 補強材の剥離進展状況を考察した。

4. 研究成果

本研究に得られた成果は以下の通りである。

- (1) せん断キーが PCa-FRP 板の接着性能向上に有効に作用する場合には、RC 梁の曲げ耐力向上効果が改善される (図-4 参照) とともに、部分剥離の起点となる斜めひび割れが分散して発生する傾向にある (図-5 参照)。

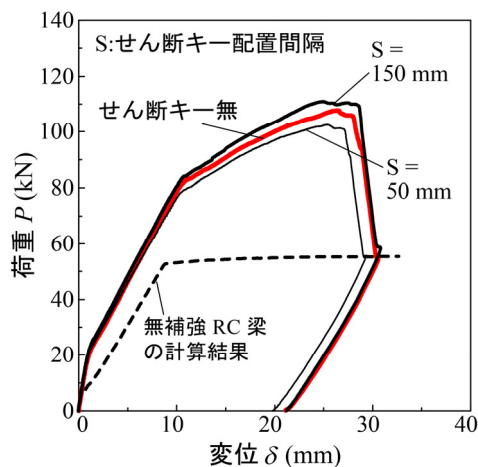


図-4 荷重-変位関係

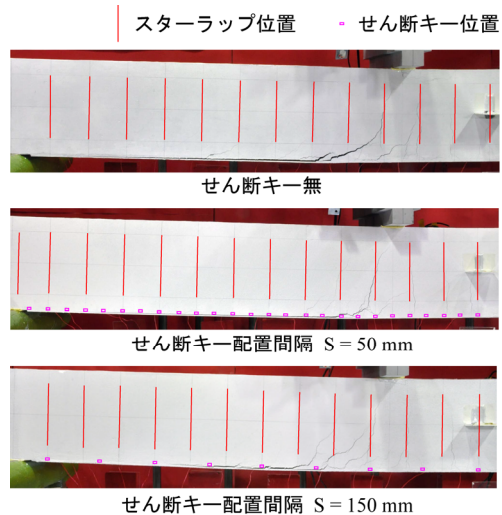


図-5 ひび割れ分布性状

- (2) せん断キー配置間隔が小さい場合には接着樹脂に多数のひび割れが発生し、樹脂が著しく損傷することにより、PCa-FRP 板の早期全面剥離を誘発しやすい。
- (3) 接着性能改善のための適切なせん断キー配置間隔 s は、補強試験体の破壊型

式によらず梁の有効高さ d の 6~9 割程度である (図-6 参照)。

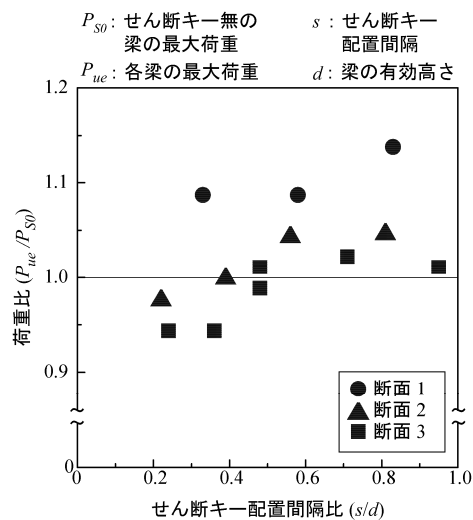


図-6 荷重比

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3件)

- ① 栗橋祐介, 三上 浩, 河本幸子, 岸 徳光 : せん断キー配置間隔を変化させた AFRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の耐荷性状, コンクリート工学年次論文集, Vol. 36, 2014. 7, 査読有 (印刷中)
- ② 三上 浩, 栗橋祐介, 小室雅人, 岸 徳光 : FRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の耐荷性能に及ぼす補強量の影響, 構造工学論文集 Vol. 60A, pp. 575-586, 2014. 3, 査読有
- ③ 栗橋祐介, 三上 浩, 鹿嶋辰紀, 岸 徳光 : AFRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の耐荷性状に及ぼすせん断キー配置間隔の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 35, No. 2, 1297-1302, 2013. 7, 査読有

[学会発表] (計 7件)

- ① 栗橋祐介 : AFRP 板水中接着曲げ補強した RC 梁の曲げ耐荷性能に及ぼすせん断キー配置間隔の影響, 土木学会第 69 回年次学術講演会, 2014. 9, 大阪 (発表予定)
- ② 栗橋祐介 : せん断キー配置間隔を変化させた AFRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の耐荷性状, コンクリート工学年次大会 2014, 2014. 7. 9, 高松 (発表予定)
- ③ 栗橋祐介 : FRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の耐荷性能に及ぼす補強量の影響, 第 60 回構造工学シンポジウム (土木部門), 2014. 4. 26, 京都
- ④ 栗橋祐介 : AFRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の曲げ耐荷性状に及ぼすせん断キー配置間隔の影響, 平成 25 年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会, 2014. 2. 1, 札幌

- ⑤栗橋祐介：接着部にせん断キーを配置した場合における AFRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の曲げ耐荷性状，土木学会第 68 回年次学術講演会，2013. 9. 4，千葉
- ⑥栗橋祐介：AFRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の耐荷性状に及ぼすせん断キー配置間隔の影響，コンクリート工学年次大会 2013，2013. 7. 11，名古屋
- ⑦栗橋祐介：AFRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の耐荷性能に及ぼすせん断キー配置間隔の影響，平成 24 年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会，2013. 2. 2，函館

6. 研究組織

(1) 研究代表者

栗橋 祐介 (KURIHASHI, Yusuke)

室蘭工業大学・工学研究科・講師

研究者番号：30414189