

## 道路政策の質の向上に資する技術研究開発

## 【研究状況報告書（2年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職	
	國枝 稔（くにえだみのる）		岐阜大学		教授	
②研究 テーマ	名称	リサイクル炭素繊維のコンクリート構造物用補強材への応用				
	政策 領域	[主領域] (2)		公募		
		[副領域]		タイプ		
③研究経費（単位：万円）	令和4年度	令和5年度	令和6年度	総合計		
	949	1,754	1,300	4,003		
※R4は精算額、R5は受託額、R6は計画額を記入。端数切捨。						
④研究者氏名（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）						
氏名			所属・役職			
岐阜大学			守富寛・特任教授			
⑤研究の目的・目標（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）						
<p>近年、社会における炭素繊維の重要性が増しており、自動車産業、航空機産業に加えて、洋上風力のブレードなどにCFRP（Carbon Fiber Reinforced Polymer）が用いられている。しかし、耐用年数に至った後、廃棄物として排出されるが、そのリサイクルが課題となっている。</p> <p>本研究では数十センチ以上の長さのリサイクル炭素繊維（ReCFと呼ぶ）を接合し、長繊維化することでコンクリート構造物の補修用に使用する補強材として活用することを目的とする。</p>						

## ⑥これまでの研究経過、研究成果、目的・目標の達成状況

本研究開発は、①ストランド接合技術の開発、②樹脂含浸技術の開発、③ネット状補強材の開発、の3本の柱で構成されている。R5年度は、接合の自動化ならびに樹脂含浸の連続化の検討を行った。

①に関しては、接合の自動化に関しては、スプライサーによる接合強度の向上と各工程の自動化に取り組んだ。なお、当初目標としたドイツ製の既製品の強度よりやや低いものの、ばらつきを考慮した適切な特性値の設定により実部材への適用の目途が立ったものと考えられる。

②に関しては、樹脂含浸（サイジング剤も含む）の連続化の装置を試作し、その工程の妥当性が確認できた。また、後述のネット状補強材の作製に対して適当な含浸樹脂の選定を行い、SBR+PEの混合樹脂が適切であることを確認した。

③に関しては、R6年度に本格的な検討を行うが、バッチ式の工程により、ネット状補強材の製造過程について試検討を行った。

## ⑦中間評価で指摘を受けた事項への対応状況

1年目の中間評価における指摘事項とその対応案（考え方）を以下に示す。

・ **網状の加工は樹脂によるとの提案であるが、三つ編み状の炭素繊維に対する樹脂利用とは形態が異なることに留意されたい。また、樹脂含浸された炭素繊維の疲労特性やコスト分析も検討されたい。**

→本年度の試検討において、ネット状補強材の作製が可能であることを確認している。なお、コスト分析については、R6年度のネット状の加工方法が確定した段階で試算できると考えている。

・ **3年目の ReCF 補強材を適用したコンクリート部材の性能評価において、既存の補修工法との比較検討による評価を明記されると良い。**

→R6年度の検討において、従来の鉄筋を想定した補修部材の評価を行う予定である。

・ **コンクリート部材の表面あるいは内部に固定して、部材としての補修・補強を目的とすることから、その使用目的と、使用する ReCF の素材特性（種類や状態）に応じて、最終的に製造されるネット状材に確保すべき（あるいは確保できる）性能（強度や剛性）、その品質（ばらつき）などの目標条件を明確にして、ReCF の接合条件や樹脂の種類、含浸方法、ネット製造法などを検討いただきたい。**

→目標はドイツ製の既製品であり、ReCFを用いた補強材の強度はやや低いものの、ばらつきは同程度であることを確認した。モルタル中に埋め込んだ場合の挙動などに鑑み、設計値としてどの程度を見込めるかをR6年度の部材実験にて検討する予定である。

・ **コンクリートとの付着改善のために機械的な付着を検討されるとあるが、コンクリート部材に対してどのような補修工法（表面貼り付け、かぶりコンクリート内への埋め込み）を想定するかも明確した上で開発を行うのがよい。**

→表面に貼り付ける方法では、炭素繊維の強度や耐久性に対して、接着剤の強度や耐久性が弱点となるため、あくまでも埋設する補修方法を想定している。

・ **新設建造物の補強材も対象とするか、既設建造物の補修材に適用するかなど、適用対象を明確にしていきたい。**

→炭素繊維の耐腐食性およびコストの観点から、薄肉部材での適用が自ずと想定されるため、あくまでも既設建造物の補修を想定する。

### ⑧研究成果の発表状況

(本研究から得られた研究成果について、学術誌等に発表した論文及び国際会議、学会等における発表等があれば記入。)

- 1) Xu Hewei, Minoru Kunieda, Hiroshi Moritomi : Tensile Property of Recycled Carbon Strand for Reinforcement of Concrete, The 11th International Conference on Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites in Civil Engineering, Proc. of CICE 2023, pp.266-275, 2023
- 2) Xu Hewei, 國枝稔, 守富寛 : 接合部を有するリサイクル炭素繊維ストランドの引張特性の評価, 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, Vol.23, pp.1-6, 2023
- 3) 栗田将暢, Xu Heiwei, 國枝稔, 守富寛 : ネット状炭素繊維のメッシュサイズが補強効果に与える影響, 令和5年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 2024 (投稿中)

### ⑨研究成果の活用方策

(本研究から得られた研究成果について、実務への適用に向けた活用方法・手段・今後の展開等を記入。また、研究期間終了後における、研究の継続性や成果活用の展開等をどのように確保するのかについて記述。)

ReCF のネット化の要素技術については、アドバイザーとして「宇部エクシモ社」の協力を得る。該社は、各種繊維を使用した製品の連続加工を専門としており、実用化にあたって ReCF も該社のメニューにエントリーできると考えている。

また、本技術の出口として補修施工業者の研究協力者である「デーロス・ジャパン社」にもアドバイザーとして協力を得ながら成果の活用を行っていく予定である。

### ⑩特記事項

(本研究から得られた知見、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の目的・目標からみた、研究成果の見通しや進捗の達成度についての自己評価も記入。)

#### (1) 強度レベルの目標値について

当初から、ドイツ製の市販品の強度レベルを目標としており、接合部を有するストランドの強度がやや低いものの、部材実験で検証できるレベルに達した。R6年度は、補修部材での検討により設計用値について検討するとともに、平行して接合部の信頼性確保（ばらつきの低減）に向けての検討は継続する予定である。

#### (2) バージン材との併用について

強度を向上させる手段として、三つ編みに用いる3本のうち、1本あるいは2本をバージン材と置換し、リサイクル率33%、66%のReCFの可能性を模索した。これによる強度向上やばらつきの低減が実現可能であり、引き続き検討する予定である。