

# 科学技術と日本の将来 「CFRTP グリッドを用いた構造物老朽化対策に関する提案」

近畿大学  
理工学部 機械工学科 3年  
竹ノ谷 明伸

## 1. はじめに

近年、日本における建築構造物の老朽化が深刻な問題となっており、再建築や修復、補強などを施さない限り、台風による洪水被害や震災による倒壊被害は年々拡大していくと考えられる。

そこで、被害の拡大を抑えるために、複合材料 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)を用いて、建築構造物の老朽化問題を解決できないだろうかと考える。

## 2. 日本の建築構造物の現状

全国約 72 万橋の橋梁のうち、7 割以上となる約 51 万橋が市町村道にあり、建築後 50 年を経過した橋梁の割合は、10 年後には 52%に増加する。<sup>[1]</sup> このことから、橋の点検や補修、倒壊したものの再建築などに携わる土木技術者が今まで以上に必要となってくる。しかし、各市町村における担当技術者の数は決して多いものではないと考えられる。<sup>[2]</sup> 国が定める基準としては、5 年に一度橋梁、トンネルを全数監視する必要がある、メンテナンスサイクルを確立することが課題としてあげられており、必要な修繕ができない場合は通行規制や通行止めとする必要が出てくる。<sup>[1]</sup> 以上のことから、建築構造物の老朽化が進行していく中で、対策が間に合わなければ各地で規制が実施されていくという事が考えられ、十分な対策がなされなかった場合、倒壊などの被害件数が拡大していくことも考えられる。

ここで建築物の老朽化の原因について述べる。日本では、橋が海面に面して建設されることがあり、季節風や台風による潮風によってコンクリート内部に塩分が侵入し、中の鋼材が腐食されることがある。これが所謂塩害である。この塩害によってコンクリートにひびが生じ、倒壊につながる。また他にも、アルカリ骨材反応と呼ばれる化学反応によってコンクリートに亀裂が生じ、鋼材が破断してしまうケースや、繰り返される交通荷重の影響によって損傷が発生するケースなどもある。<sup>[3]</sup> よって、これらの問題をどう解決していくかが重要となってくる。

## 3. 炭素繊維の有用性

今日の社会において、橋梁・トンネルに使用されている材料はコンクリート素材、鋼

材などがほとんどである。これらの素材に比べて、炭素繊維は比強度，比剛性，比重に優れている。<sup>[4]</sup> この炭素繊維に樹脂を含浸させ，中間基材としてプリプレグシートを作製し，それを加熱プレス成形，積層成形，引抜成形などの成形法によって成形したものと繊維長が 1mm 以下の炭素繊維を樹脂に混ぜ合わせ，射出成形によって成形したものを CFRP 素材として，航空機の構造部材や自動車の車体，リベット等の締結具などに適用することが今日の複合材料業界の動向としてあげられる。また，CFRP の中でも炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(以下，CFRTP) は再溶融が可能であるため，再成形や二次加工性に優れているという利点があり，エポキシ樹脂などを含浸させた炭素繊維強化熱硬化性プラスチック(以下，CFRTS)と比較してもリサイクル性において優れている。そして，これらの炭素繊維から成る CFRTP，CFRTS は防錆性においても優れているというメリットがある。そこで，CFRTP 素材を導入していくことで今後の展開としてあげられることは，現在コンクリート素材や鋼材で作られている構造物を CFRTP 素材に代える，もしくは既に老朽化が進行している建築物などの補強材として運用するということである。

#### 4. 建築構造物老朽化問題の解決策

今回筆者が提案するのは，CFRTP を用いたグリッド構造による補強工法の普及，実現化に向けた方針案である。ここでのグリッド構造とは，棒と棒を格子状に配置し，接合したものを指す。どのように棒を配置するかの説明として図 1(P.5)に示す。なお，棒の形状寸法については，既存の引抜成形装置で作製が可能である直径 6mm の円形断面とし，棒の長さは用途に応じて変化するため今回は未指定としている。先行研究として，FRP グリッドを用いた水中補強工法に関する研究<sup>[5]</sup> や，CFRP アイソグリッド補強構造を用いた最適構造設計に関する研究<sup>[6]</sup> は既になされているが，それを完全実用化するには未だに至っていないというのが現状である。そこで本稿では，その原因について言及するとともに，今後実用化が進むにつれてどのようなことが期待されるかについて述べる。

現状では，CFRTP の製造には炭素繊維に樹脂を完全に含浸させ，強度，剛性を高める，すなわち炭素繊維の繊維体積割合を高めることが重要なことであり，これによって鋼材やコンクリート素材を単一製造するよりも手間や時間がかかってしまい，製造コストが大きくなるというデメリットが伴う。そのため，橋梁を一から作り直すということやその耐久年数による再建築を考慮すると，コンクリートや鋼材で再製造する，または CFRTP 以外の安価な素材を用いる方が現実的であると考えられる。この課題を解決するためには，CFRTP の生産において各種成形装置の最適なパラメータ化を確立し，生産効率を向上させることが製造コストを下げる方法の一つとしてあげられる。

今後の実用化の大きな課題としては二つのことがあげられ，一つ目は CFRTP グリッドの製造に必要な課題としてくる CFRTP のグリッド交差部の強度，剛性の評価であり，具

体的には、高温、常温での横圧縮強度試験、ひずみ計測による評価を行う必要がある。また、前段階として既存の引抜成形装置を用いてCFRTPグリッドの元材となる高強度、高剛性で信頼性の高い丸棒、角棒を作製する必要があるのはもちろんのこと、それらを融着、接着した交差部の温度分布の調査を行うという課題がある。ここまででは製作段階ついでの話であるが、CFRTP グリッドが製造可能となった条件の中で、さらに最適な装置のパラメータ化を実現することが、今回の実現化方針案の最も重要な課題となってくるだろう。これを実現することによって、CFRTP グリッドをより低コストで製造することが可能になるということが考えられる。二つ目は、作製したCFRTPグリッドを補強対象となる構造物に完全に接着、融着、もしくは機械的接合ができるかの検討であり、これが確実に行われない場合、補強が不十分となるため強度、剛性の向上も見込めない。これを満足するためには、まずは CFRTP とコンクリート材、もしくは鋼材などとの接着、融着接合部の適切な評価が必要となり、方法としては試験片を作製後、接合部を引き剥がし試験などを用いて評価し、信頼性のある強度、剛性を実現することが考えられる。

今後、CFRTP グリッドが橋梁などの建築構造物の補強材として実現化される期待点として、塩害による腐食問題や繰り返し荷重による強度の低下がコンクリート材や鋼材単体のものに比べて少なくなるということが考えられ、老朽化に対する橋梁の点検、交換において、その回数をより少なく抑えることや、期間を延ばすことが可能となるだろう。またこれによって、地域での担当技術者の負担を軽減することができ、老朽化対策が遅れたまま橋梁が規制、封鎖される、または倒壊するという被害件数がこれまでより少なくなることを期待できる。

## 5. おわりに

今回、本稿で提案したのは構造物老朽化対策のための CFRTP グリッド実現化についてである。CFRTP グリッドによる補強工法が実現することによって、現在日本で深刻化しつつある老朽化問題を少なからず改善することができるだろう。しかし、ここで触れておきたいのは実用化に至るまでには未だに考慮していない問題がいくつも存在しているということである。例えば、意匠性の問題である。こういった問題が発生する場合、製造する CFRTP グリッドの形状や材質の改善も少なからず必要となる可能性がある。さらには、今回は図 1(P.5) に示す配置であったものを別の配置、例えば織物状の配置にしたときの強度や剛性も変化する可能性があり、その場合更なる実験データの収集と解析技術が必要となってくるだろう。いつの日か、これらすべての問題解決を達成し、実現に至るのを筆者は望んでいる。

## 6.参考文献

[1] 老朽化の現状・老朽化対策の課題

<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf> (閲覧日 2019 11.4)

[2] 道路構造物の現状 (橋梁)

[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1_1.pdf) (閲覧日 2019 11.16)

[3] 道路の老朽化対策

<https://www.cbr.mlit.go.jp/road/taisaku/taisaku.html> (閲覧日 2019 11.4)

[4] 資料3 炭素繊維複合材料とリサイクル

[https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/.../150223\\_01e.pdf](https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/.../150223_01e.pdf) (閲覧日 2019 11.4)

[5] 水中適用型 FRP グリッド接着補強工法の補強効果に関する研究 コンクリート工学年次論文集, Vol. 23, No.1, 2001 (閲覧日 2019 10.31)

[6] CFRP アイソグリッド補強構造の最適構造設計 日大生産工(院) ○竿尾 周太郎  
日大生産工 邊 吾一 (閲覧日 2019 11.16)

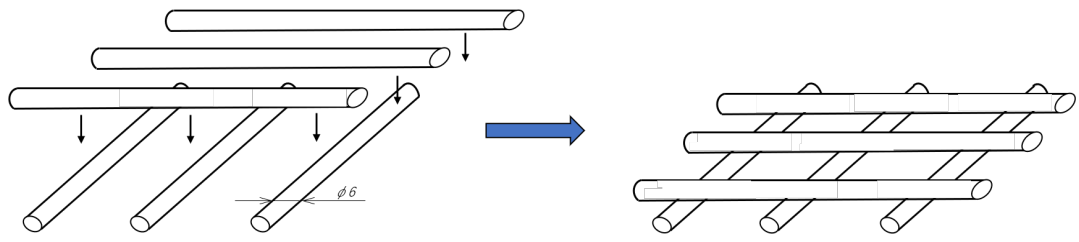


图 1 配置图 (笔者作成)