

FRPの橋梁管理路への適用に向けた 暴露試験の経過報告

花井 拓¹・荻原 勝也²

¹正会員 本州四国連絡高速道路（株） 企画部（〒651-0088 神戸市中央区小野柄通4-1-22）

E-mail:taku-hanai@jb-honshi.co.jp

²正会員 本州四国連絡高速道路（株） 坂出管理センター

（〒762-0025 香川県坂出市川津町下川津4388-1）

E-mail:katsuya-ogihara@jb-honshi.co.jp

厳しい海洋環境下にある本州四国連絡橋に設置されている橋梁管理路の長寿命化・維持管理コストの縮減を目的として、本四高速ではFRPの橋梁管理路への適用性について検討を行っている。2005年度に耐久性確認のための暴露試験体を設置し、経年的な強度・外観の変化について調査を行ってきている。また、2005年度以降、実橋梁の数カ所においてFRP管理路の試験施工体を設置し、経年による変化を調査している。これらの試験体・試験施工体の現段階における性能に関する調査結果について報告を行う。

Key Words : *exposure test, inspection way, strength*

1. はじめに

本州四国連絡橋の主塔や主桁などの鋼製部材は、重防食塗装を施して適切な期間内に塗り替えを行うことにより、健全なレベルを保持することとしている。一方、橋梁付属物である鋼製管理路、鋼製防護柵等には建設時に亜鉛めっきや塗装による防食を行い、定期的に交換・補修を行うこととしている。しかしながら、海上基礎など一部の管理路では写真-1のような著しい腐食が生じ、完成後30年未満で取り替えた事例がある。



写真-1 激しく腐食した海上基礎の管理路階段
（下から）

本四高速では、このような問題に対応するため、FRP材を用いた橋梁管理路の適用性について2005年度に検討を開始した。これは製作・架設時の初期投資が割高となった場合でも耐用年数を長くすることができれば、鋼製管理路に比べてライフサイクルコスト縮減の可能性が あることに着目したものである。

対象とする使用材料はCFRP（カーボン繊維強化プラスチック）に比べて安価なGFRP（ガラス繊維強化プラスチック）とした。GFRPの製作方法にはハンドレイアップ成形法などもあるが、市中有品があり安価な引抜成形法による製品を組み立てることにより管理路とすることを想定した。

本論文では、検討開始より実施している暴露試験体等の現在の状況について報告を行うものである。

2. 暴露試験体の経年変化

(1) 暴露試験体の概要

暴露試験場所は、本州四国連絡橋の中で最も腐食環境の厳しい大鳴門橋とし、2006年3月に四国側橋台である5Aの南側に設置した（写真-2）。



写真-2 暴露試験体設置場所（大鳴門橋）



写真-3 暴露試験体の設置状況（当初）

暴露試験体は、FRP母材自体の機械的性質の変化を見るための母材暴露試験体と、種々の接合方法に対して、接合強度の変化を見るための接合部暴露試験体とした。

母材暴露試験体は寸法525×270mm、厚さ約5mmの板材とし、GFRP母材のみ（A-1）、表面に不織布（ポリエステル樹脂サーフェスマット）を貼り付けたもの（A-2）、塗装（ポリウレタン、2層塗り標準塗膜厚55μm）（A-3）の3種類とした。

接合部暴露試験体は寸法350×60mm（350mmには接合部ラップ長40mmを含む）とし、接着剤（2液型エポキシ）（B-1）、接着剤+ブラインドリベット（SUS304、φ4.8）（B-2）、ステンレスボルト（SUS304、M12）（B-3）、FRPボルト（ビニルエステル系樹脂、M12）（B-4）の4種類とした。なお、B-1、B-2は母材の片面に不織布が貼り付けられているが、暴露面（上面）ではない。B-3、B-4は母材両面に不織布が貼り付けられている。

なお、試験体は長期間の経年調査に対応できるよう各10組設置した（写真-3）。これまでに、暴露前、暴露後1年後、2年後、3年後、4年後、8年後に外観調査、機械的性質の調査を行っている。以降、これらの経年調査結果についてまとめる。

(2) 外観

光沢度の経年変化を図-1にまとめる。光沢度は、母材試験体について、各調査時点において水洗いを行い、光沢度計で計測を行った。全体的に暴露1年後に大きく光

沢度が低下しているが、もともと光沢度の高かったA-3（塗装）は相対的に高い光沢度となっている。無対策のA-1は、暴露1年後に既に表面付近の樹脂成分が消耗し、ガラス繊維の露出が確認されている。不織布を貼り付けたA-2は、暴露4年後までは不織布が残存していたが、8年目の調査時点では不織布が消耗し、ガラス繊維の露出が確認された。A-1、A-2の試験体では途中からガラス繊維の露出が激しくなっており、光沢度計による計測ができなくなっている。暴露8年経過した母材試験体の表面状態（水洗い後）を写真-4に示す。また、A-1の表面状態の拡大を写真-5に示す。

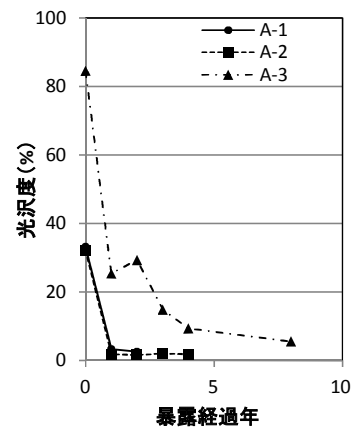


図-1 光沢度の経年変化



写真-4 暴露8年後の母材試験体の表面状態
(左から、A-1、A-2、A-3試験体)



写真-5 暴露8年後のA-1試験体（拡大）

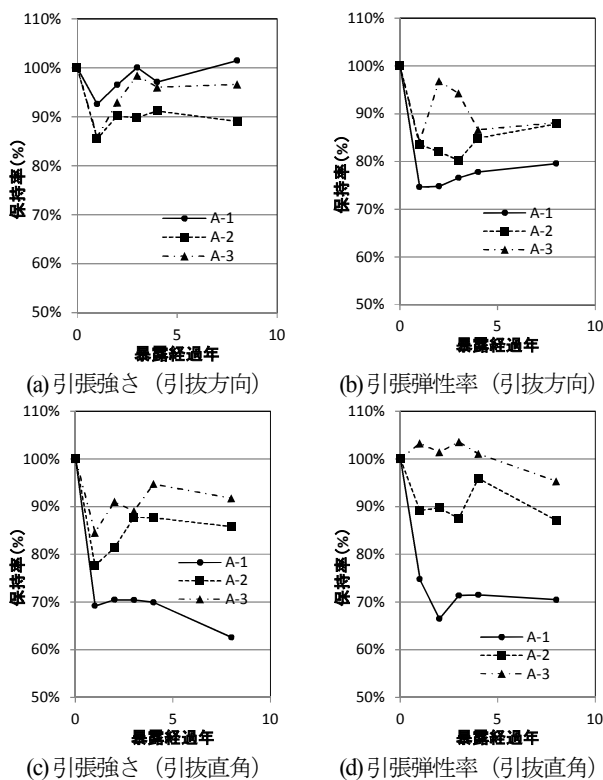


図-2 母材試験体の機械的性質の経年変化

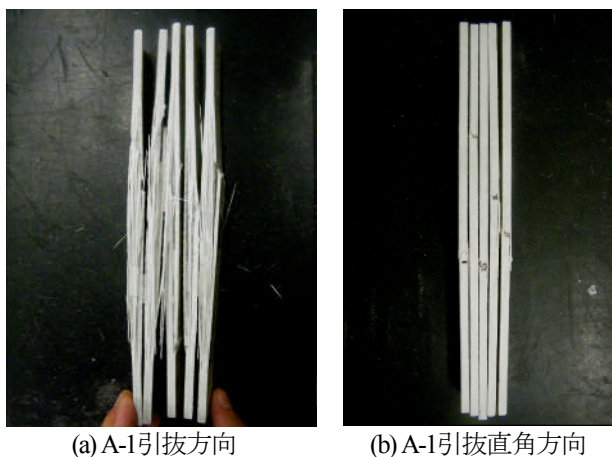


写真-6 母材試験体引張試験後の状況

(3) 母材試験体

母材試験体については、各調査時点において、1枚の試験体を回収し、そこから25×250mmの試験体を10枚切り出し（うち5枚が部材の引抜方向、5枚がその直交方向）、引張試験を実施した。8年間の調査結果を図-2に示す。結果は、当初の値に対して、引張強さ、引張弾性率がどの程度保持されたかで整理した。引抜方向の引張強さ以外では、全体的に、暴露1年後に値が低下し、その後同等の水準で推移する傾向が見て取れる。方向性を持つ引抜成形材の場合、引張強さはガラス繊維の量に支配されると考えられ、経年による樹脂の消耗は引張強さに大きな影響を与えなかったことが一因と考えられる。

その他の機械的性質については、保持率がA-3、A-2、A-1の順となっている。ガラス繊維の露出がA-1では1年後、A-2では8年後で生じたことを考えると、塗膜、不織布が樹脂の劣化進行を抑えていたことによりこのような差が生じたものと考えられる。引張試験後の試験体の状況を写真-6に示す。

(3) 接合部試験体

接合部試験体については、各調査時点において、暴露中の試験体3体を回収し、引張強度を確認した。8年間の調査結果を図-3に示す。結果は、当初の値に対して、引張強さ、引張弾性率がどの程度保持されたかで整理した。ばらつきが大きいが、ステンレスボルトを除けば、経年劣化の影響により1～2割の強度低下が生じていると考えられる。

3. 試験施工体の状況

本四高速では、2.の暴露試験体に加え、実際の管理路の一部をFRPにより製作し、試験施工体として現地での暴露を行っている。これらについては、設置後、2.の調査と同じタイミングで状況について調査を行っている。

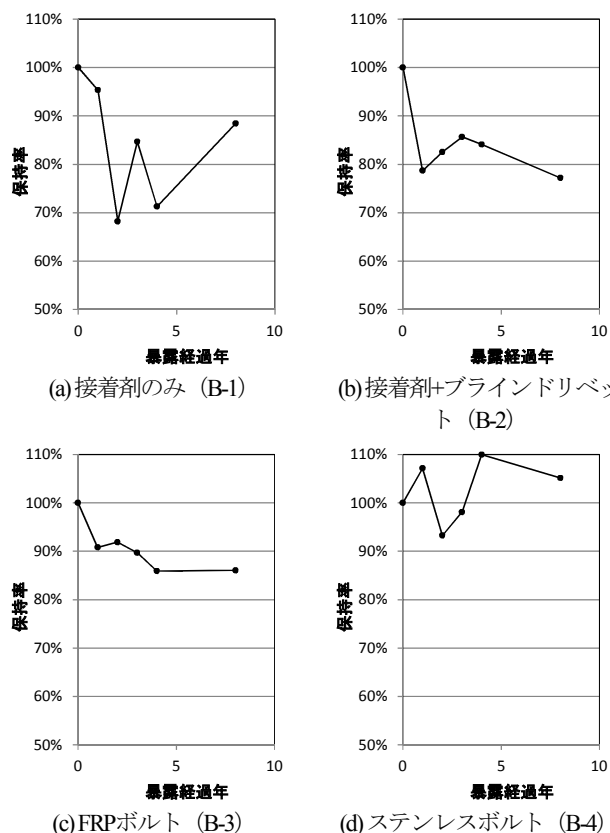


図-3 接合部試験体の引張強さの経年変化



写真-7 大鳴門橋管理路上の試験施工体（2009年撮影）



写真-9 試験施工体設置位置（南北備讃瀬戸大橋）

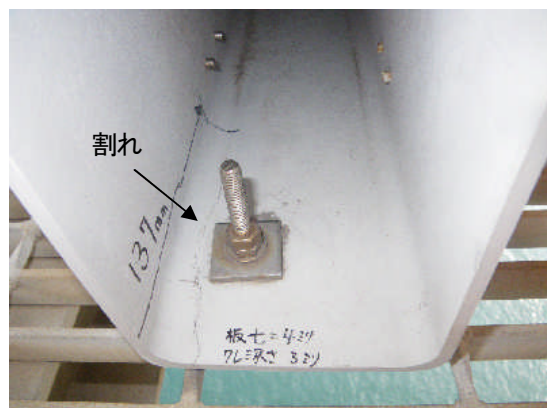


写真-8 梁の下端に確認された割れ

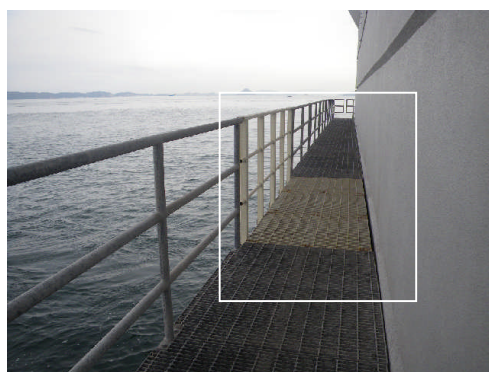


写真-10 南備讃瀬戸大橋4A外周管理路上の試験施工体

(1) 海峡部長大橋上部工管理路（大鳴門橋）

2006年3月にFRP製管理路試験施工体2体を2P・3P間の補剛桁内既設管理路の内側に設置した（写真-7）。試験施工体は、通路幅400mm×長さ1,500mmであり、床形式はグレーチングおよび平板とした。

設置後約4年後、8年後に調査を実施した。8年後の調査では、手摺りに若干のがたつき、SUSボルトやブラインドリベットに軽微なさびが見られたが、塗装は良好な状態であった。そのほか、グレーチング床形式の試験施工体の梁部材に亀裂が確認されたが、この原因等については現在調査中である（写真-8）。

(2) 海峡部長大橋基礎管理路（南備讃瀬戸大橋）

2008年3月に南備讃瀬戸大橋の4Aアンカレイジ外周管理路の一部を撤去し、通路幅1,210mm×長さ3,060mmの試験施工体を設置した（写真-9, 10）。設置位置は海上約5mである。試験施工体の床形式はグレーチングであり、桁部材は3-□210×110×5t、桁部材と手摺りの接合はボルトによる。試験施工体には塗装は行っていない。

設置後約2年後、6年後に調査を実施した。6年後の調査では、グレーチング押さえ金物の発錆が確認された。また、この押さえ金物直下のグレーチングに割れが確認されたが、この原因については現在調査中である（写真-11）。

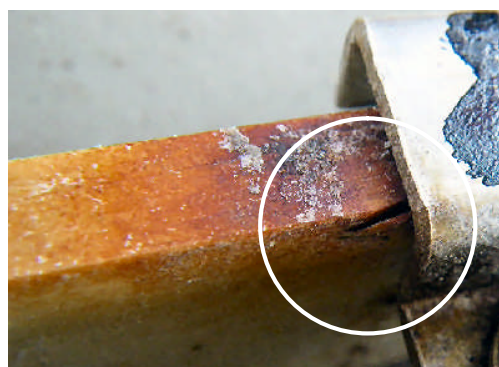


写真-11 押さえ金物下のグレーチングの割れ

(3) 高架橋橋脚付管理路（櫃石島高架橋）

2009年3月に櫃石島高架橋の橋脚管理路の一部を撤去し、通路幅750mm×長さ5,400mmの試験施工体を設置した。設置位置は、13Pの北面、南面、14Pの北面の道路階と鉄道階に挟まれた箇所であり、管理路の床からPC桁下端までの離隔は1.5mである。試験施工体の床形式は平板であり、桁部材は3-CH100×48×6.3t、桁部材と手摺り（き電防護柵）の接合はボルトによる。試験施工体に塗装は行っていない（写真-12, 13）。



写真-12 試験施工体設置位置（櫃石島高架橋）



写真-13 櫃石島高架橋13P北面の試験施工体



写真-14 押さえ金物直下のグレーチング部材の割れ

設置後約1年後、5年後に調査を実施した。5年後の調査では、平板床取り付けブラインドリベットに軽微な錆が確認された。また、き電防護柵としてFRPグレーチング部材を用いているが、(2)と同様、押さえ金物直下の部材に割れが確認された。この原因については現在調査中である（写真-14）。

4. まとめ

8年間の暴露試験の結果として、引抜成形材の主要な性能である引抜方向の引張強さについては、大きな低下が見られなかった。その他の機械的性質については、経年的な低下が見られたが、塗装などの耐候対策をとることにより低下度が小さく抑えられることが分かった。

実橋梁に設置している、FRP管理路試験施工体については、5年から8年の暴露後の状態として、大きな劣化損傷は確認されなかったが、一部原因不明の割れなどの損傷が確認された。

今後は、更に超長期における材料の機械的性質の経時変化の計測を継続するとともに、今回確認された割れ損傷について、原因究明を行っていく予定としている。

参考文献

- 1) 森下尊久，荻原勝也：FRP 製橋梁管理路の試験施工中間報告，第3回 FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム，pp.165-168，土木学会複合構造委員会，2009。

INTERIM REPORT ON EXPOSURE TEST TOWARD APPLICATION OF FRP TO INSPECTION WAY

Taku HANAI and Katsuya OGIHARA

Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd. is studying applicability of FRP to inspection ways of bridges in order to prolong life and reduce maintenance cost of inspection ways on the Honshu-Shikoku Bridges that are located in harsh marine environment. Test specimens were exposed in 2005 and variations of strength and appearance have been surveyed. Also, some prototypes of FRP inspection ways were installed in existing bridges since 2005 and their condition is checked periodically. The paper reports survey result of these test specimens and prototypes.