

F R P 製橋梁管理路の試験施工中間報告

Trial construction interim report of FRP inspection way

森下尊久*, 荻原勝也*

Takahisa Morishita, Katsuya Ogihara

*本州四国連絡高速道路(株) 長大橋技術センター (〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22)

As Honshu-Shikoku Bridges are under a severe oceanic environment, some of galvanized steel inspection ways installed in the bridges have corroded earlier than the expected usable years. The applicability of FRP inspection way that is expected to takes the place of galvanized steel was examined in order to extend the life time of the way and to reduce the maintenance cost. This paper reports the results of the exposure test and the trial construction of FRP inspection way.

Key Words : GFRP, inspection way, exposure test, trial construction

キーワード : GFRP, 橋梁管理路, 暴露試験, 試験施工

1. はじめに

本州四国連絡高速道路株式会社は、厳しい海洋環境にある本州四国連絡橋の 200 年以上の利用をめざし、万全な維持管理に努めることを経営理念の一つに掲げている。その維持管理の実施にあたっては、200 年以上の利用を念頭に、適正な管理レベルを保ちつつ、技術開発等によるコスト縮減も必要となる。

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、外洋に面した大鳴門橋や海上基礎における一部の管理路では写真-1 のような腐食が生じ、完成後 30 年未満で取り換えた事例がある。

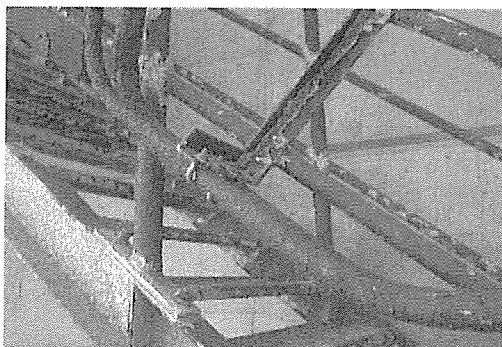


写真-1 一部の鋼製亜鉛めっき管理路に生じた腐食

本論文では、FRP (繊維強化プラスチック) を使用した橋梁管理路の適用性を確認するために行っている暴露試験、試験施工等によって得られた知見について中間報告する。

2. 検討概要

2.1 検討対象

検討対象は、橋梁付属物のうち取り換えを想定していること、作用応力が比較的小さく、かつ、全体数量が多いことから橋梁管理路 (以下、「管理路」という) とした。

2.2 使用材料

検討をはじめににあたって、従来の鋼製亜鉛めっき管理路と FRP 製管理路を対象としたライフサイクルコスト (LCC) を試算した。その結果を図-1 に示す。FRP 製管理路の 1 回あたりの製作・架設費が割高であっても、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コスト縮減が可能となる。なお、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。ここで、引抜成形法による製品とは、硬化剤・充填剤を含む樹脂成分 (JIS K 6919 に規定する不飽和ポリエステル樹脂) を含浸させたガラス繊維 (JIS R 3411 に規定す

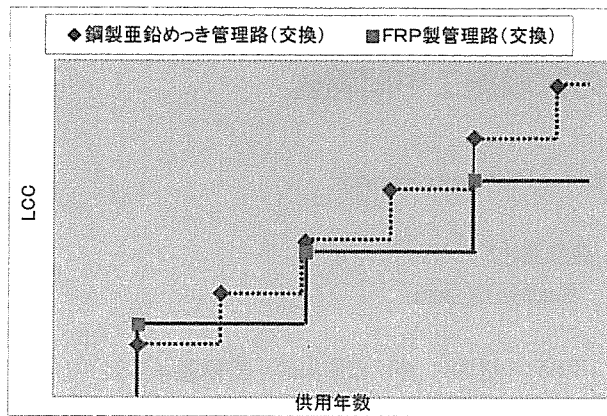


図-1 管理路のLCC (イメージ)

るチョップドストランドマット相当のコンティニュアストランドマットと JISR 3412 に規定するガラスロービング) を、製品断面と同様な断面の加熱成形金型を通してのち、引抜装置で引き抜いた連続成形品をいう。

2.3 GFRP製管理路の適用にあたっての課題

(1) 複合環境におけるGFRPの耐久性

GFRPの耐久性に関しては、既往調査において、耐紫外線、耐水性、耐海水性については促進試験により、また5年間の暴露試験等により、表面の光沢度は低下するものの強度については大きな変化が見られないという結果がある。

しかしながら、本州四国連絡橋の立地条件に相当する紫外線、水分、塩分の作用を複合的に受ける場合の影響については定量的に確認されていないことから、現地暴露試験を行うこととした。

また、GFRP引抜成形品を管理路に組み立てる場合の接合部(ボルト、接着剤)については、促進試験、暴露試験の実施例が少ないことをふまえ、併せて現地暴露試験を行うこととした。

(2) GFRPを母材とする管理路の設計、構造詳細

GFRPの弾性係数が鋼材に比べて小さいことによるたわみに着目した断面設計、細部構造の検討が必要となる。また、市中品により構成する管理路として経済的な構造および支持間隔とする必要がある。

なお、設計条件は既設の鋼製管理路と同じとする¹⁾。

- ・設計に用いる活荷重は 350kg/m^2 とする
- ・高欄の頂部に 70kg/m の推力を水平に作用させる
- ・活荷重によるたわみは、歩板を受ける構造物(桁・ブラケット等)については支持間隔の $1/500$ 以下とする。歩板については支持間隔の $1/300$ 以下とする

(3) コストの適正評価

上記(2)を考慮したうえで製作・架設費を把握する必要があるが、現在試算中であり本報告では除くこととした。

3. 現地暴露試験

3.1 暴露試験場所

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GFRP暴露試験体(母材および接合部試験体)を5A近傍に、GFRP製管理路を2P・3P間の既設管理路の内側に設置した(写真-2)。

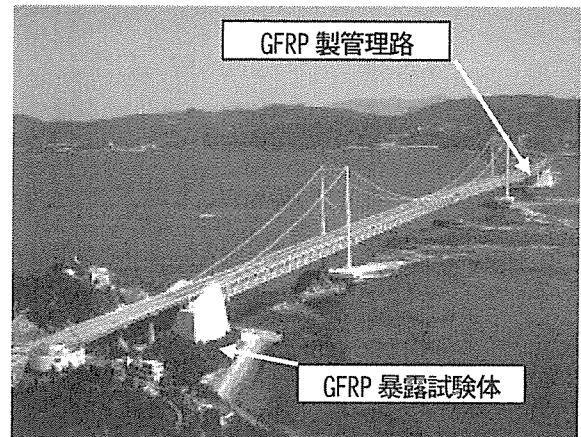


写真-2 暴露試験場所(大鳴門橋)

3.2 GFRP暴露試験体

(1) 暴露状況

母材暴露試験体は寸法 $525 \times 270\text{mm}$ 、厚さ約 5mm の板材とし、①GFRP母材のみ、②耐久性向上を意図して表面に不織布(ポリエステル樹脂サーフェスマット)を貼り付けたもの、③塗装(ポリウレタン、2層塗り標準塗膜厚 $55\mu\text{m}$)の3種類とした。

接合部暴露試験体は寸法 $350 \times 60\text{mm}$ (350mm には接合部ラップ長 40mm を含む)とし、①ステンレスボルト(SUS304, M12)、②FRPボルト(ビニルエステル系樹脂, M12)、③接着剤(2液型エポキシ)+ブラインドリベット(SUS304, $\phi 4.8$)、④接着剤の4種類とした。

なお、試験体は長期間の暴露に対応できるよう各10組を設置した(写真-3)。

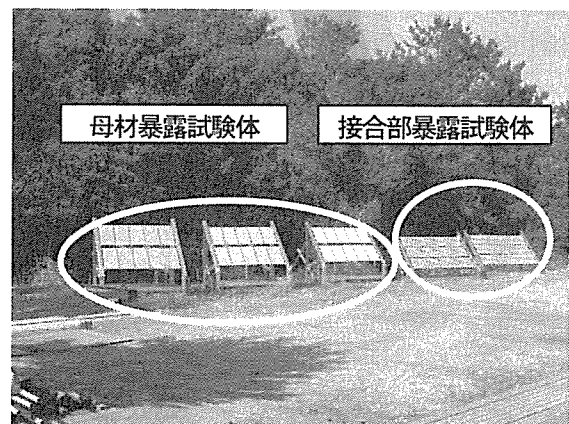


写真-3 GFRP暴露試験体の設置状況

(2) 暴露試験結果 (中間報告)

ここでは、母材暴露試験体の引張強度および引張弾性率の保持率の経年変化について図-2に示す。引張強度、引張弾性率ともに全体的に低下する傾向にあるが、データのばらつきが生じている。

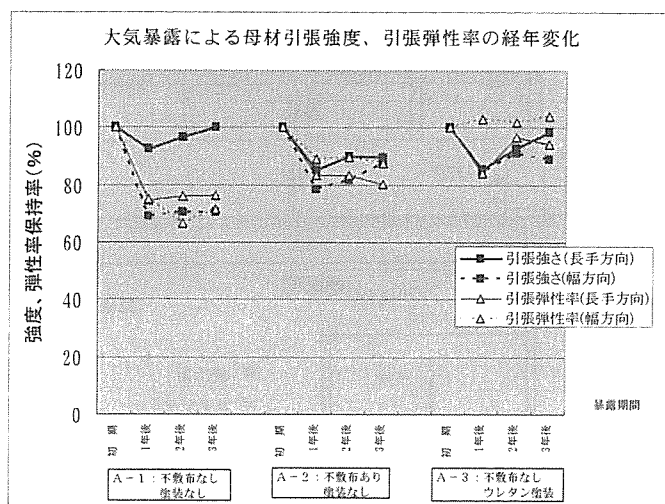


図-2 母材の引張強度、引張弾性率の保持率の経年変化

3.3 GFRP製管理路

(1) 暴露状況

GFRP製管理路2体を、海上約40m、上空構造物(道路部の鋼床版)との離隔約13mの位置に設置した(写真-4)。

管理路は通路幅400mm×長さ1500mmであり、床形式はグレーチングおよび平板とした。グレーチング形式の桁部材は2-□210×110×4t、桁部材と手摺りの接合はブラインドリベットによる。平板形式の桁部材は3-CH100×48×6.3t、接合はボルトによる。

管理路の重量はグレーチング形式が54kg、平板形式が38kgであり、小型台車で運搬したのち、作業員が横持ち・設置した(写真-5)。

管理路設置後3年経過したが、塗装(ポリウレタン55μm、グレー)の光沢は失われておらず、床や手摺りの固定状況は良好である。ただし、グレーチング締付金物、ブラインドリベットのSUS304材にさびが見られる。

4. 試験施工

4.1 海上部設置の例

2008年3月に南北備讃瀬戸大橋の4Aアンカレイジ外周管理路の一部を撤去し、通路幅1210mm×長さ3060mmの試験施工体を設置した(写真-6)。設置位置は海上約5m、上空構造物(道路部の鋼床版)との離隔は約80m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

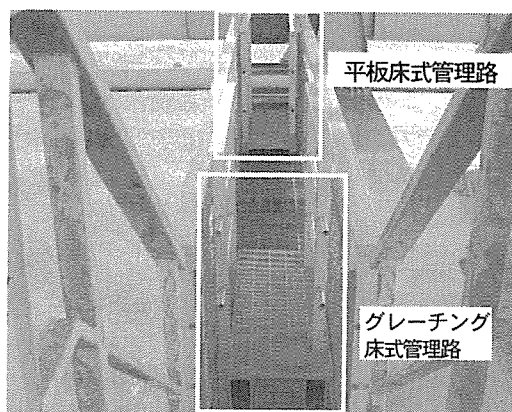


写真-4 GFRP製管理路 (大鳴門橋)



写真-5 GFRP製管理路の運搬 (大鳴門橋)



写真-6 試験施工 (南北備讃瀬戸大橋)

よる。試験施工体に塗装は行っていない。

試験施工体の重量は約110kgであり、桁部材、グレーチングおよび片側手摺りの3パネルで構成される。各パネルは道路部からラフテレーンクレーンによって既設の管理路に荷下ろししたのち、作業員が横持ち・設置した。

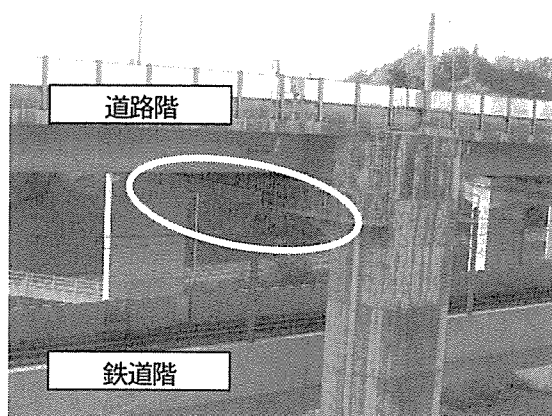
試験施工体設置後1年経過したが、GFRP母材および支柱部の固定ボルトに変状はない。ただし、グレーチング締付金物(SUS304材)にさびが見られる。また、手摺りの水平たわみが鋼製管理路に比べて大きいため、改良の余地がある。

4.2 狭隘部設置の例

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5400mmの試験施工体を設置した（写真－7）。設置位置は道路階と鉄道階に挟まれた箇所であり、管理路の床からP C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-CH100×48×6.3 t、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。

試験施工体は、長さ1800mm（重量136kg）の3ユニットからなり、1ユニットは床板と両側の手摺りの3パネルで構成され、重量は床板62 kg、手摺り各37 kgである。各パネルは道路部からラフテレーンクレーンによって既設の管理路に荷下ろししたのち、作業員が横持ち・設置した。作業性は良好であったが、き電防護柵を併架したことにより重くなった手摺りと桁部材の接合部構造に改良の余地がある。



写真－7 試験施工（櫃石島高架橋）

5. 実物大模型載荷試験²⁾

(1) 等分布荷重載荷試験

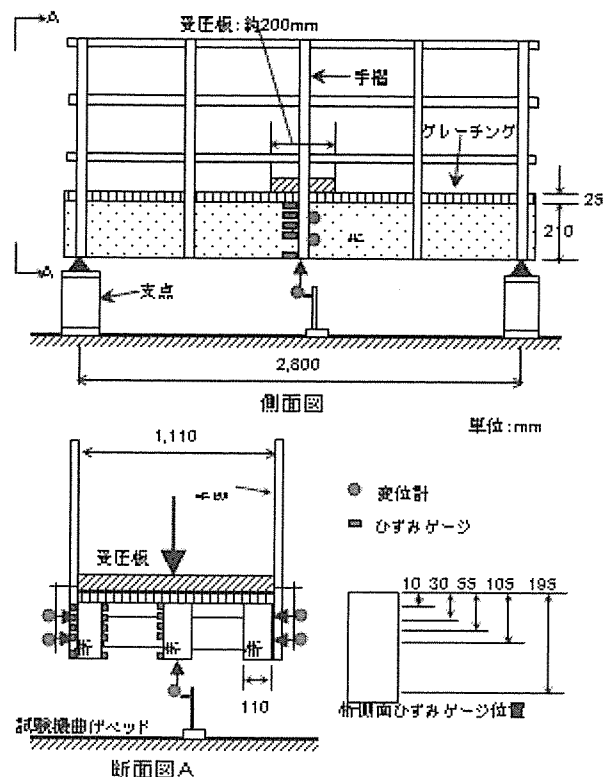
設計荷重を載荷した場合の管理路の挙動を把握するため、図－3に示す試験体を用いた等分布荷重載荷試験を行った。等分布荷重は350kg/m²相当の土嚢を管理路に積むことにより載荷した。

その結果、中央の桁Bの変位は2.7mmであり、計算値の半分程度となった。原因として、FRP部材の設計値と実際の強度差、グレーチング床の影響が考えられる。

(2) 集中荷重載荷試験

等分布荷重載荷試験後、同じ試験体を用いて破壊形態を確認するための集中荷重載荷試験を行った。載荷は図－3に示す桁中央に設置した支圧板を介して行った。

その結果、たわみにより断面決定をした今回の場合、設計荷重（10.7kN）の約10倍の集中荷重に耐えることを確認した。終局状態に至る過程で接合部、その他の部材に異状は認められず、除荷完了後には座屈変形の有無が目視では確認できない程度まで復元することがわかった。



図－3 試験体概略図

6. 現時点でのまとめ

FRPを使用した橋梁管理路の適用性を確認するために行っている暴露試験、試験施工等によって得られた知見について中間報告をした。

現地暴露試験は3年間の結果であり、複合環境における耐久性評価にあたっては引き続きデータ蓄積を行う必要がある。また、実物大模型載荷試験をふまえたGFRP製管理路の設計、施工試験体の観察から得られる情報に基づく細部構造の改善、適正コストの把握などの課題がある。

一方で、複数の現場での試験施工において良好な作業性が確認されたこと、GFRP製管理路の性能仕様の特段の不具合は生じていないことから、使用条件および現場での制約条件等を勘案して適材適所に採用することを考えている。今後は設置箇所選定の指標および標準的なGFRP製管理路の仕様についてとりまとめる予定である。

参考文献

- 1) 上部構造設計基準・同解説：本州四国連絡橋公団（1989.4）
- 2) FRP製管理路の載荷試験報告：大谷康史，荻原勝也，光畑英樹，土木学会年次講演会（2008.9）