

# FRP防護板を用いた防食技術 —沖繩科学技術大学院大学2号橋—

## Anticorrosion Engineering Using FRP Protective Board –Second Bridge of Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University–

山下修平\*<sup>1</sup> 儀保陽子\*<sup>2</sup> 矢ヶ部 彰\*<sup>3</sup> 菅原 智\*<sup>4</sup>  
 Shuhei YAMASHITA Yoko GIBO Akira YAKABE Satoshi SUGAWARA

### Summary

In response to the severe corrosive environment in the Okinawa region, a unique anticorrosion manual called “Manual for Painting Steel Bridges in the Okinawa Region - August 2008” was created based on past cases of corrosion damage.

For the construction of the Second Bridge of the Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, an anticorrosion technique described in this Manual was chosen, to improve the durability of paint by preventing saline matter entering the spaces between steel girders. This paper introduces the application of the FRP protective board and describes important points in its application and future prospects.

キーワード：沖繩地区、飛来塩分、FRP防護板、ライフサイクルコスト（LCC）

### 1. まえがき

沖繩地区は海岸線からの距離が短く、高い山などが無い地形条件に加えて海風が強いことから、他に比べて飛来塩分量が多く腐食環境の厳しい地域であるため、過去の腐食損傷事例などから独自の防食マニュアル「沖繩地区鋼橋塗装マニュアル（平成20年8月）」（以下、沖繩塗装マニュアル）を策定している。

飛来塩分は鋼材の腐食因子の大きな要因の一つであり、この影響を抑えることが塗装耐久性向上に有効と報告<sup>1)</sup>されている。文献<sup>1)</sup>では、鋼桁間に飛来塩分が付着した場合、雨水による洗浄効果が乏しいため腐食が進行しやすいと指摘しており、これに対して鋼桁間に飛来塩分防護板を設置する対策例を紹介している。

沖繩科学技術大学院大学2号橋（以下、沖科大2号橋）では、FRP製の飛来塩分防護板を鋼桁間に設置することで、塗装耐久性の向上と塗替え面積を削減してライフサイクルコストの低減を図っている。飛来塩分防護板として、FRP製の防護板を用いるメリットとしては以下の点が挙げられる。

- ①高い耐荷力を有しており、広範囲の常設足場として利用可能である。
- ②軽量であり設置も容易である。
- ③FRP防護板自体は錆を生じない。

本文においては、本橋におけるFRP防護板の適用について紹介するとともに、FRP防護板を用いる場合の留意点及び今後の展望について述べるものである。

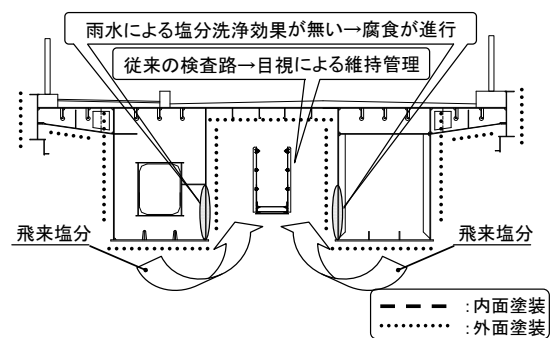


図-1 概念図（FRP防護板なし）

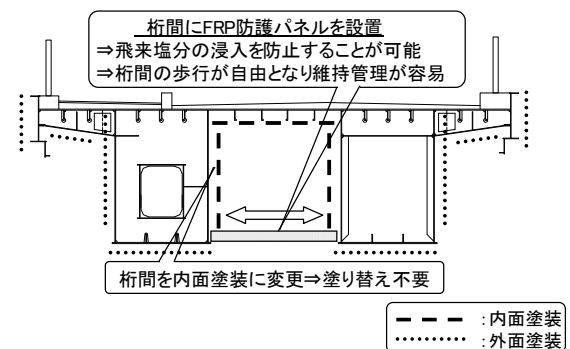


図-2 概念図（FRP防護板あり）

\*<sup>1</sup> 橋梁事業本部 千葉工場生産管理部計画グループ主任

\*<sup>2</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部技術グループ主任

\*<sup>3</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部次長

\*<sup>4</sup> 橋梁事業本部 技術本部橋梁工事部担当次長

## 2. 橋梁概要

本橋は、沖縄県の中部に位置する国頭郡恩納村に新設された「沖縄科学技術大学院大学」キャンパス内に位置している。現場は丘陵地で、桁下は深い谷間となっている。

橋梁形式は鋼床版単純2主箱桁であり、平面曲線が $R=150m$ と曲率が大きいいため、縦リブには閉断面リブに比べて暴露面積が大きいバルブプレートを採用している。

また、2-BOXであるため1-BOXと比較して鋼材の暴露面積が大きく、鋼桁間にFRP防護板を設置することは、ライフサイクルコストの観点からも有効であると考えられた。

表-1 橋梁諸元

設計条件	
橋長	67.600m (CL上)   桁長   67.400m (CL上)
道路規格	第4種第1級
設計速度	V=50km/h
活荷重	A活荷重
形式	鋼単純鋼床版箱桁橋
支間長	66.400m (CL上)
有効幅員	B=8.200m
斜角	90° 00' 00"
平面曲線	R=150.0m
縦断勾配	i = 2.510% ✓
横断勾配	i = 2.000% ✓
設計水平震度	橋軸直角方向 kh=0.20 橋軸方向 kh=0.20
舗装	アスファルト舗装 t=70~130mm
床版	鋼床版 t=19mm
使用材料	鋼材 SM490, SM400, SS400 連結材 トルシア型高力ボルトM22 (S10T) コンクリート 地盤 $\sigma_{ck}=24N/mm^2$ 鉄筋 SD295A
適用示方書	道路橋示方書・同解説 (H14.3) / 日本道路協会 鋼道路橋設計規程 (S55.8) / 日本道路協会 土木工事設計要領 (H14.3) / 沖縄県土木建築部 土木工事設計要領 (H18年度) / 国土交通省 九州地整

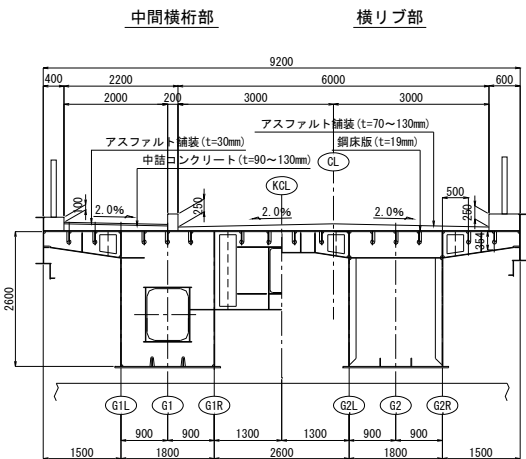


図-4 一般断面図

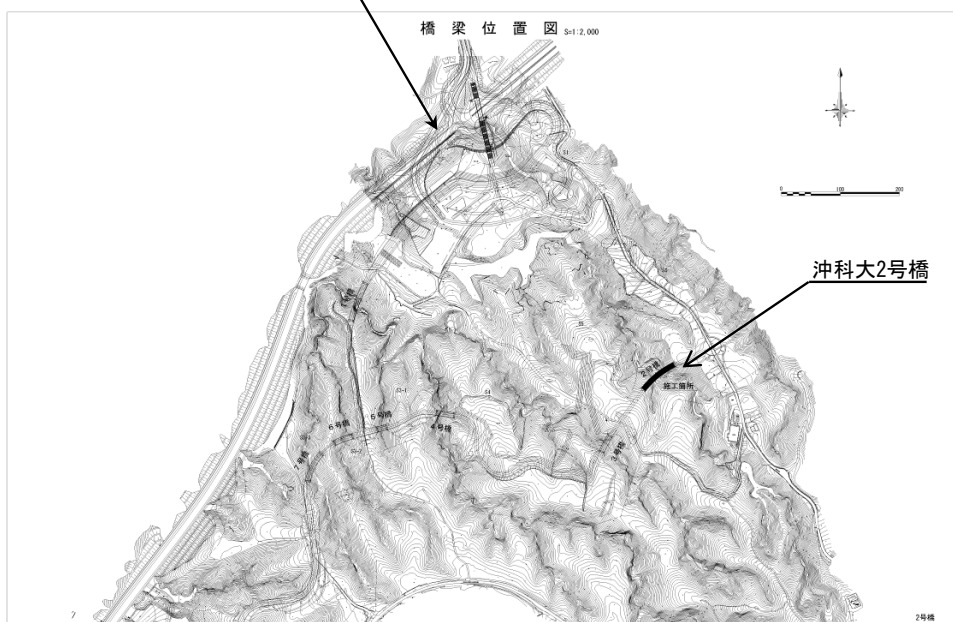


図-3 橋梁位置図

### 3. ライフサイクルコスト

#### (1) ライフサイクルコストの低減方針

鋼桁間にFRP防護板を設置することで、同部の塗装を外装塗装から内装塗装に変更して、以下の基本方針によりライフサイクルコスト（以下、LCC）の低減を図ることとした。

- ①外装塗装と内装塗装のコスト差で初期投資を削減
- ②塗替え面積を削減して維持管理コストを削減

#### (2) ライフサイクルコストの比較検討

FRP防護板を採用するにあたって、前述の低減方針に沿ってLCCの低減効果を試算した。

試算にあたっての諸条件は以下の通りである。

- ①LCCの算出期間は100年とした。
- ②桁間部の塗装系は、外装塗装（C-5系）から内装塗装（D-5系）に変更した。
- ③内装塗装は永久塗装とし、外装塗装はインターバルを30年とし定期的に塗替えを行うものとした。
- ④塗替え塗装系は、『Rc-IV』（表-2）とした。

表-2 塗替え塗装系

塗装工程	塗料名	使用量
素地調整	4種ケレン	—
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200g/m <sup>2</sup>
中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140g/m <sup>2</sup>
上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120g/m <sup>2</sup>

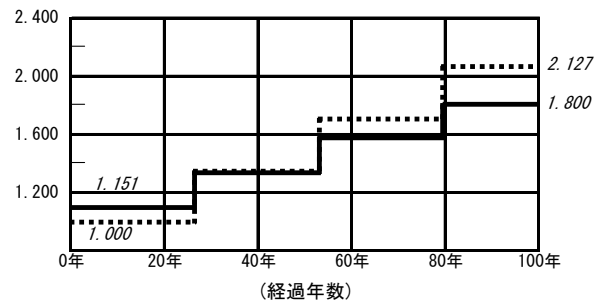
- ⑤塗替え費用は『土木コスト情報』『国土交通省土木工事標準積算基準』により算出した。

LCCの試算結果を表-3に示す。表内の数値は標準案の初期コストを基準（1,000）として、標準案および防護板設置案のLCCを、基準に対する比率で表している。

FRP防護板を採用することで、初期コストは約15%増加する結果となった。しかし、経過年数30年（塗替え塗装1回目）においてはLCCが同程度となり、最終的にはFRP防護板を採用することで、LCCを約15%低減できる試算結果が得られた。

以上の結果から、本橋でのFRP防護板の採用はLCC低減に有効であると評価されたため、同構造の採用に至った。

表-3 ライフサイクルコストの比較



経過年数	①防護板なし	②防護板あり	②/①(%)
0年	1.000	1.151	115%
30年	1.376	1.367	99%
60年	1.751	1.584	90%
90年	2.127	1.800	85%
100年	2.127	1.800	85%

### 4. FRP防護板の構造詳細

#### (1) FRP防護板の仕様

FRP防護板は、FRP合成床版の底板として開発したTリブ付きFRP製パネル（図-5：NETIS No.CB-980002-A）を活用して構成した。なお、パネルの断面は歩行時のたわみ量に着目して決定した。（床版支間3.4m、鉄筋コンクリート床版厚200mmの死荷重に対応するFRPパネルを採用）

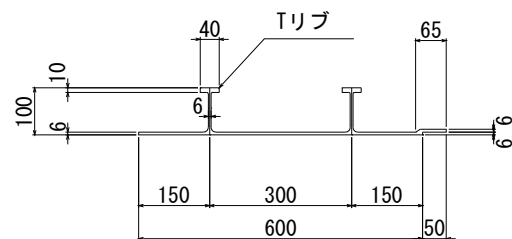


図-5 FRP防護板断面図

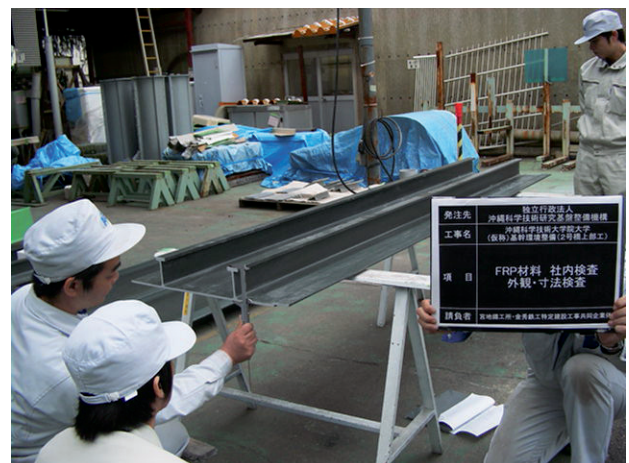


写真-1 FRP防護板（部材検査）

## (2) FRP防護板の取付け構造

FRP防護板の取付け部は、主桁下フランジにスタッドを溶着しFRP防護板と取り合う構造とした。

その際、FRP防護板は飛来塩分の桁間への侵入防止を目的の一つとしていることから、取付け部にはシールスポンジを敷設しFRP防護板と下フランジ間の密閉性を保持するよう配慮を行っている。

また、下フランジ添接部については、パネルの受け板を溶接しFRP防護板を設置する構造とした。

FRP防護板同士の接合は、FRP製のブラインドリベットを使用している。FRP防護板同士の接合面についても、密閉性を確保するためにシールスポンジを敷設している。

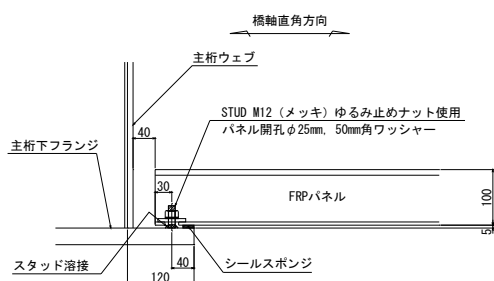


図-6 FRP防護板取付図（一般部）

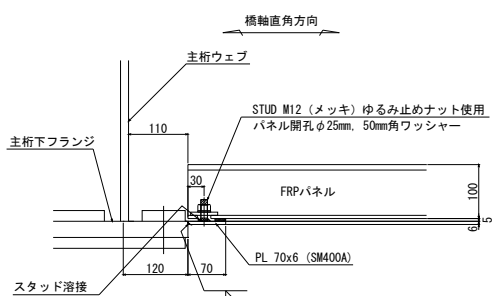


図-7 FRP防護板取付図（添接部）

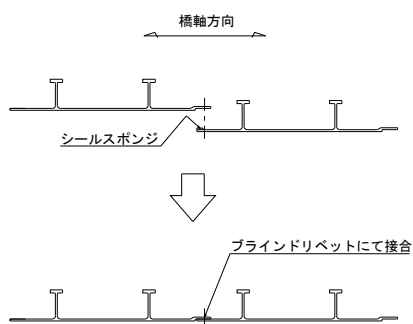


図-8 FRPパネル接合図

## (3) 付属物との取合い構造

### 1) 足場用チェーンとの取合い部

架設時および将来的な塗替え塗装時には、足場チェーンを設置し足場板を設置することとなる。そのため、足場用吊り金具設置部については、FRP防護板に開口を設けておく必要があった。

当然、開口を設けたままでは飛来塩分の浸入を防ぐことが出来ないため、図-9に示す将来的にも取り外しが可能な蓋を設置することとした。

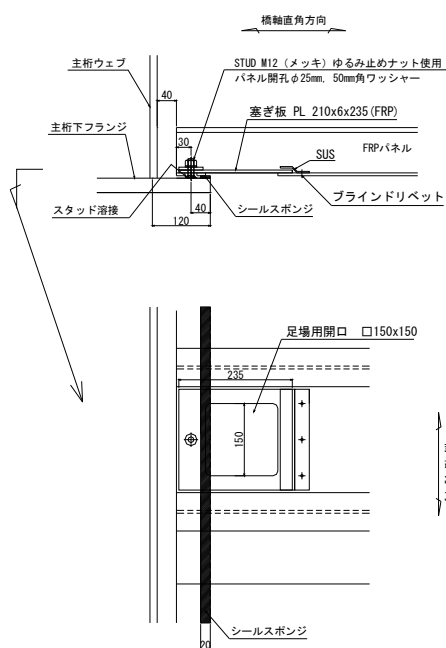


図-9 FRP防護板取付図（足場開口部）

### 2) 排水管貫通孔部

本橋においては、鋼桁間に排水縦引き管が計画されており、FRP防護パネルに排水管貫通孔を設ける必要があった。排水管貫通孔部については、FRP防護板敷設完了後に半月状のFRP製蓋を取付け、更に排水管周辺にシール施工を行うことで密閉性を確保することとした。

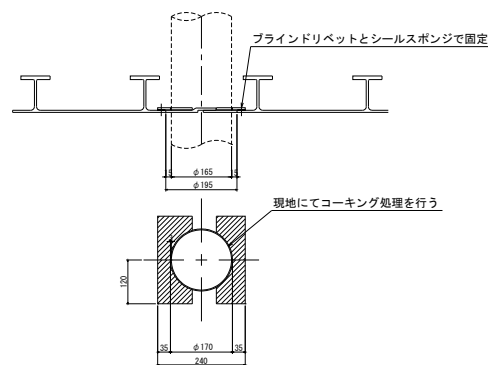


図-10 排水管貫通部





## 6. FRP防護板の使用性

FRP防護板の設置完了後、実際に防護板上を歩行して使用性について確認を行った。

FRP防護板は、鋼材と比較してヤング係数が小さいことから振動及びたわみにより歩行性が損なわれることが懸念された。しかしながら、本来は合成床版の底板として使用するFRPパネルを活用して防護板を構成したため、十分な剛性を有しており、応答振動やたわみの感覚は通常の上部工検査路と同程度であり、特別な違和感を感じなかった。

維持管理の面では、従来の上部工検査路の点検範囲は歩廊の投影面積程度に限定されるものの、FRP防護板は鋼桁間の全ての範囲を網羅できる優位性を有している。従って、点検可能面積当たりの費用対効果は、従来の検査路に比べて優位となることが期待できる。



写真-6 点検状況イメージ1



写真-7 点検状況イメージ2

## 7. FRP防護板の展望および課題

### (1) FRP防護板の課題

FRP防護板は、本橋の新設工事において初めて採用された工法であり、今後は塗替え時期を迎えた既設橋梁、特に暴露面積が大きい鋼桁橋への適用が期待される。

既設橋梁・鋼桁橋への展開にあたっては、次に述べる設計法・構造ディテールが課題と考えられる。

- ①設計法：静的耐荷性能・耐風性能、桁の不等沈下による2次応力評価、適用条件の整理
- ②構造詳細：鋼桁とFRP防護板との取合い部の腐食、上部工検査路としての適用性
- ③有効性：付着塩分防止効果の定量的評価、ライフサイクルコスト

### (2) 琉球大学との共同研究の紹介

先に述べた課題には、琉球大学との共同研究で対応していくことを計画している。

同研究では本橋のモニタリングを行い、飛来塩分の遮断効果を中心に追跡調査と評価を行うことを計画している。主な調査・評価項目は、次の通りである。

- ①近接する防護板を設置しない橋梁との付着塩分量比較
- ②環境調査（温湿度計測、濡れ時間計測、風向風速計測、紫外線計測）
- ③腐食センサーを用いた腐食速度評価

## 8. おわりに

本工事において、初めてFRP防護板を用いた飛来塩分防護板が採用・施工された。その有効性及び効果については今後の追跡調査で評価されることとなるが、新しい防食技術を採用し無事に施工を終えたことは、今後の防食技術の発展に少なからず寄与するものと考えられる。

今後は琉球大学殿との共同研究にて、FRP防護板の構造・設計法を確立し、それをマニュアル化していくことで、新設橋・既設橋における本構造の普及に努めていく所存である。

最後に、本工事の発注者である（独）沖縄科学技術研究基盤整備機構及び、FRP防護板の現地施工を行って頂いたJV構成会社の金秀鉄工（株）の関係各位に心から御礼を申し上げます。

### <参考文献>

- 1) 沖縄総合事務局開発建設部・沖縄県土木建築部監修：沖縄地区鋼橋塗装マニュアル，2008.8.
- 2) 久保圭吾，古谷賢生，能登宥愿：FRP合成床版の紹介，宮地技報No20，pp.23-28，2005.3.
- 3) 久保圭吾：FRPの歩道床材としての適用性，宮地技報No23，pp.19-25，2008.3.

2011.2.8 受付