

飛来塩分防護板による鋼橋の長寿命化技術に関する研究

構造研究室 高橋祐司

1. はじめに

鋼材の腐食因子である飛来塩分は、鋼桁の桁内面側に流入して付着し、桁外は雨水による洗浄効果があるのに対して、桁内は雨水があたらなく洗浄効果がないため、腐食が進行する（写真 1.1）。図 1.1 に示すように、桁内への飛来塩分の流入を遮断する飛来塩分防護板を設置することで、鋼橋の長寿命化が図れるとともに桁間の歩行ができ、点検効率の向上が期待でき LCC につながる。そこで本研究では、桁内への飛来塩分遮断効果の調査と飛来塩分防護板構造の耐荷力評価を目的として実橋調査及び実験をおこなった。

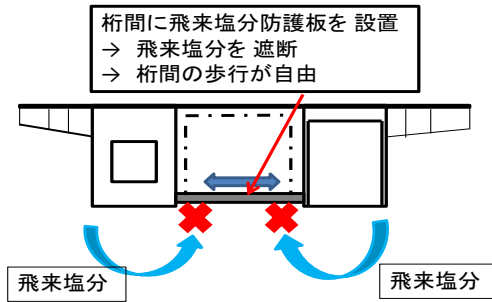


図 1.1 防護板設置

2. 飛来塩分防護板の使用材料

飛来塩分防護板の要求性能として、材料自体が錆びないこと、軽量であること、耐風性があることがあげられる。この事を考慮して材料に FRP を使用した。FRP の諸性能は表 2.1 に示す。

3. 飛来塩分遮断効果

3.1 調査概要

調査対象橋梁は、OIST（沖縄科学技術大学院大学）構内にあり、海岸線から約 2km の斜面に架かる鋼箱桁橋梁であり、箱桁間には FRP 製防護板が設置されている。飛来塩分の計測は、JISZ2382 に準じてドライガーゼ法で行い、桁内と桁外に設置し飛来塩分量を比較することにより、飛来塩分遮断効果を調査した。

3.2 調査結果

図 3.1 に各月に測定した飛来塩分量を示す。図 3.1 より、飛来塩分量は桁内平均 0.004mdd、箱桁内平均 0.004mdd、桁下平均 0.176mdd であった。これより桁内の飛来塩分量は、桁下に比べ約 $\frac{1}{40}$ の値となっており、箱桁内と同じ値となっていることから、桁内への飛来塩分は遮断できているといえる。また調査期間に台風が 3 個（台風 15 号最大風速 30m/s、台風 3 号 35 m/s、台風 18 号 40 m/s）来襲したが、同様に飛来塩分を遮断できていることが確認できる。



写真 1.1 桁内、桁外の腐食

表 2.1 FRP 詳細性能

項目	単位	構造用鋼	引抜成形 GFRP
比重	—	7.8	1.6~2.0 (鋼の1/5程度)
引張強さ	MPa	400~510	250~550 (鋼と同程度)
引張弾性率	GPa	200	20~30 (鋼の1/10程度)
線膨張率	10 ⁻⁵ /°C	1.2	1.1 (鋼と同程度)

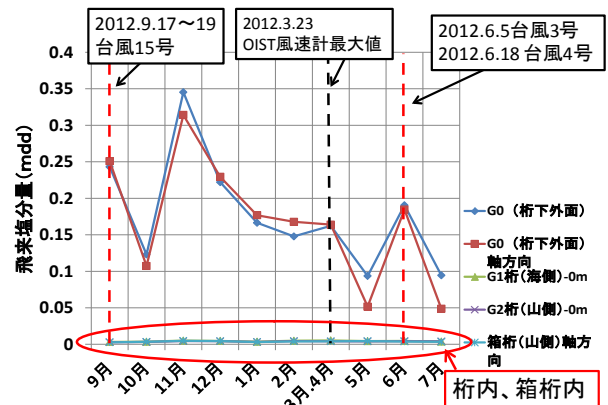


図 3.1 桁内、箱桁内、桁下の飛来塩分量

4. 飛来塩分防護板構造の耐荷力評価

4.1 試験概要

FRP 飛来塩分防護板は、曲げに対する抵抗として橋軸直角方向に 30cm 間隔で 1 パネルに 2 つのリブが設けられており、そのパネル同士をリベットでつなぎ合わせている構造となっている。今回の試験では写真 4.1 のように橋軸方向に 2 パネルをリベット接合して、スパン 3.5m でおこなった。FRP パネルと下フランジとの接合継ぎ手部構造は、図 4.1 に示すようにスタッドタイプ（OIST で採用）とクリップタイプ（本研究で考案）の 2 種類でおこなった。スタッドタイプは、架台と FRP パネルをボルトを用いて片側 2 箇所固定、クリップタイプは、FRP パネルと FRP 押え PL で架台を挟んで固定する構造となっており、FRP パネルと FRP 押え PL はボルトで片側 6 箇所固定した。

試験内容を以下に示す。荷重は FRP パネルの中央でおこない、変位、ひずみ、変形、破損を計測項目として試験をおこなった。

- ① 桁間内の検査路としての照査
→ 静的・動的荷重試験、疲労試験、歩行試験
- ② 飛来塩分防護板としての耐風性の照査
→ FRP パネルを反転させて静的破壊試験

4.2 試験結果

- ① 静的・動的試験

設計荷重値 (3kN) でのたわみは、FRP の許容た

わみ (L/400=8.75mm) を満たした。

② 疲労試験

疲労試験は動的で荷重振幅 2kN~10kN を 10 万回載荷した結果、疲労試験前と疲労試験後での変位の変化、変形や破損は見られなかった。なお、載荷回数は、100 年間で 1 か月に 1 回検査路に点検者または作業員 5 人が 10 回通ると仮定した回数の 1.6 倍相当である。

③ 歩行試験

歩行試験は 1 人および 2 人での歩行と転倒、検査道具の落下等の衝撃模擬として中央でジャンプをおこなった。その結果、たわみやゆれは小さく問題は無いが、リブの上を歩くのは困難なためリブの上に歩行用の軽量板を設置する必要があると考える。

④ 風荷重破壊試験

風荷重を模擬した静的破壊試験では、スタッドタイプで 8kN 載荷時にリブと端部継ぎ手部からひびが入り、写真 4.2 に示すように 14kN 載荷時に端部継ぎ手部から破壊した。クリップタイプでは、18kN 載荷時にリブからひびが入り、写真 4.3 に示すように 28kN 載荷時に端部継ぎ手部とリブから破壊した。これらの破壊した風荷重の実験値から FEM 解析を用いて FRP 飛来塩分防護板の最大耐風速を算出する。

5. 最大耐風速の算出

5.1 最大耐風速の算出方法

最大耐風速を算出するためにまず、風荷重模擬実験（集中荷重）において破壊箇所（端部継ぎ手部）の破壊荷重時での応力を FEM 解析で算出した。次にその算出された応力と端部継ぎ手部の応力が同じになる等分布荷重値を解析で算出した（図 5.1）。算出された実際の風荷重（等分布荷重）を式 1 に代入し、最大耐風速を算出する。ここでの風荷重は、下から吹き上げる風と横からあたる風の荷重を 1 対 1 と考えた。

$$P = \frac{1}{2} \rho U_d^2 C_d \quad (式 1)$$

P: 風荷重 (N/m²) U_d: 風速 (m/s)

C_d: 抗力係数 (=1.2) ρ: 空気密度 (=1.23 kg/m³)

5.2 算出結果

破壊時での最大耐風速は FEM 解析し、式 1 からスタッドタイプ 63.4m/s、クリップタイプ 128.7m/s となった。また、ひび割れ時の最大耐風速はスタッドタイプで 48.0m/s、クリップタイプで 103.1m/s となった。クリップタイプの最大耐風速は 100m/s 以上で台風時などの強風が吹いた場合でも問題はないが、スタッドタイプは強風が吹いた場合警戒が必要だと考える。

6. まとめ

桁間に FRP 製防護板を設置することによって、桁内への飛来塩分を遮断できることが確認できた。また飛来塩分防護板構造の耐荷力評価では、検査路としての耐荷性に問題はなかった。飛来塩分防

護板としての耐風性としては、クリップタイプは非常に高い値を示した。

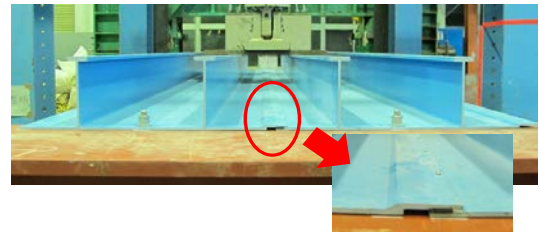


写真 4.1 FRP パネル試験体

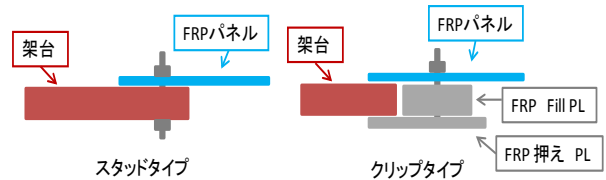


図 4.1 端部継ぎ手部構造

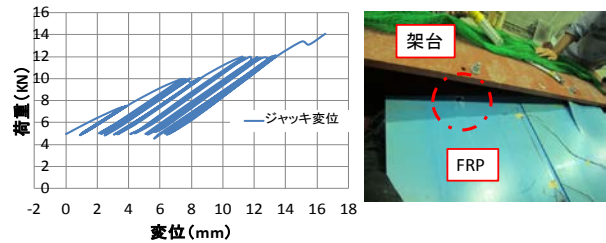


写真 4.2 スタッドタイプ破壊状況

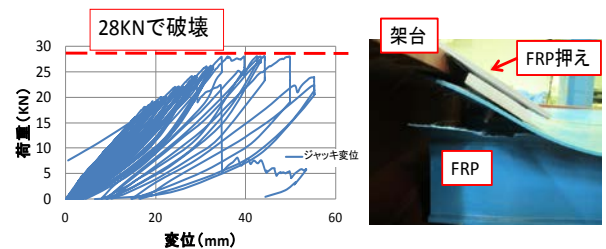


写真 4.3 クリップタイプ破壊状況

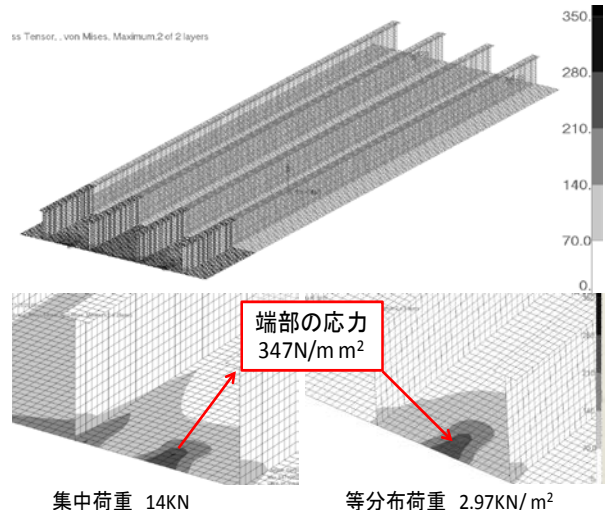


図 5.1 スタッドタイプ解析

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説,2002.