

鉄道高架橋における GFRP 高欄の強度特性について

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○ 湯浅 康史  
 西日本旅客鉄道(株) 山口 善彰  
 西日本旅客鉄道(株) 大坪 正行

1. 研究目的

鉄道高架橋のブロック高欄の変状対策として、H 鋼の支柱と押出成型セメント板を組み合わせた高欄(95kg/m)による改築を行ってきた。しかし、施工性・安全性の向上を目的として、比較的新しい材料である GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastics)を用いた高欄による改築を昨年度から実施している。この工法を適用するにあたり、載荷試験や暴露試験、外的要因による損傷試験を実施した。本論文では GFRP 高欄の耐荷性・たわみ性状を確認した載荷試験について報告する。



写真-1 GFRP 高欄設置例

2. GFRP 高欄の概要

GFRP 高欄の一般図および写真を図-1、写真-1 に示す。GFRP 高欄の主な特徴としては以下が挙げられる。①軽量素材 (35kg/m) であるため既設高架橋に与える死荷重が小さく、施工方法の幅が広い②一体型構造であり施工性が良い③室内試験の結果から長期耐久性は 50 年以上である④パネルの形状は線路方向の長さを 2000mm、1500mm、800mm の 3 種類に限定し、これらの組み合わせで高架橋に適合させることができる⑤両端の取付部のアンカーを 2 本とし、パネルの設置時の垂直調整を容易にした

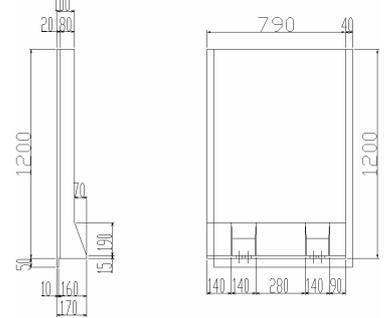


図-1 GFRP 高欄一般図(800mm タイプ)

3. 載荷試験概要

載荷試験は供試体として 800mm タイプのパネルを用い、風荷重を模した水平荷重を一方向載荷することにより行った。載荷パターンは Case-1:「民地側→軌道側(外側からの風荷重)」、Case-2:「軌道側→民地側(内側からの風荷重)」の 2 パターンを設定した(図-2)。ここで、既設高架橋の地覆部には面取りがなされているため、GFRP パネルと地覆部の接地面積が少なくなり、耐荷力に影響を及ぼす可能性がある。そのため、一般的な面取り幅である 22mm を考慮した。変位、ひずみは、図-3 に示す通り高欄パネルの上下左右 4 箇所とアンカーボルトにひずみゲージを設置して測定を行った。なお、高架橋での改築時にはアンカーボルトに M16 を使用しているが、実験では回転変位を小さくするため M20(SS400)を使用した。

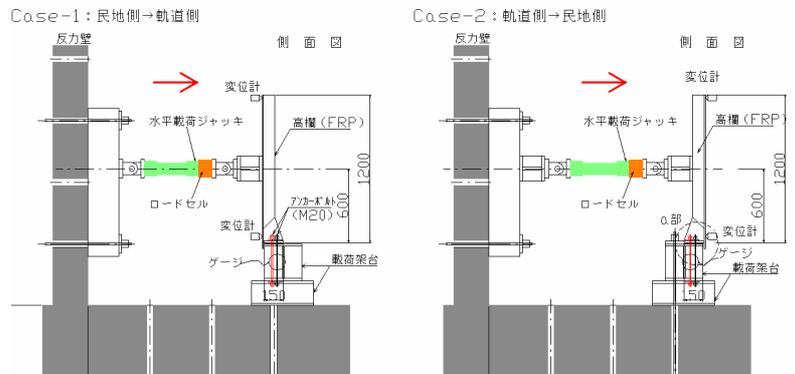


図-2 載荷概要図

4. 載荷試験結果

4. 1 安全性の限界値

安全性に対する限界値は風荷重  $3\text{kN/m}^2$  に次式に示す安全率  $\gamma=3.0$  を乗じた  $9\text{kN/m}^2$  (以後「安全限界値」

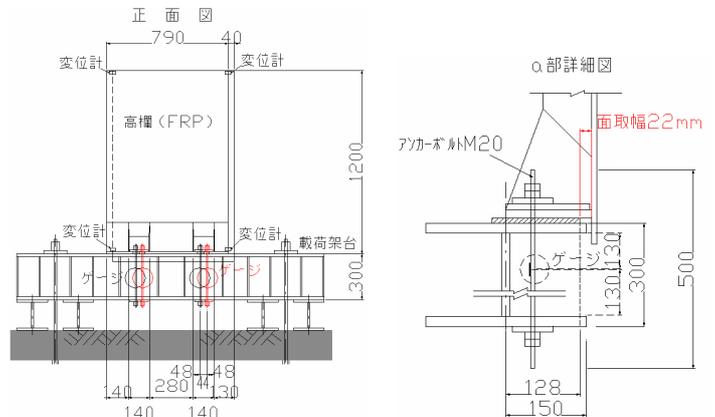


図-3 変位、ひずみ測定箇所

キーワード GFRP, 鉄道高架橋, 高欄, 耐荷性,

連絡先 〒601-8411 京都市南区西九条北ノ内町 5-5 TEL: 075-682-8116 FAX: 075-682-8107

と呼ぶ。)を設定した。

$$\gamma = \gamma_a \cdot \gamma_b \cdot \gamma_i \cdot \gamma_f \cdot \gamma_m = 3.0$$

ここで、 $\gamma_a=1.0$ (構造物解析係数)、 $\gamma_b=1.05$ (部材係数)、 $\gamma_i=1.2$ (構造物係数)、 $\gamma_f=1.2$ (作用係数)、 $\gamma_m=2.0$ (FRP材料係数)<sup>1)</sup>。

#### 4. 2 荷重-変位関係

載荷試験の結果、荷重-変位関係を図-4 に示す。

Case-1 は荷重  $P=8.1\sim 9.1\text{kN}$  で GFRP 内部の繊維が切断する音とともにアンカー取付部にひび割れが生じ、その後非線形状となった。そして、最大荷重  $25.3\text{kN}$  でアンカー取付部において曲げ押し抜きせん断により破壊に至った。Case-2 は荷重  $7.0\sim 8.1\text{kN}$  の間でアンカー取付部にひび割れが発生し、その後急激に変位が増加した。そして、最大荷重  $12.0\text{kN}$  でアンカー取付部において曲げ押し抜きせん断により破壊に至った。ここで、アンカー取付部のひび割れ図を図-5 に示す。Case-1、Case-2 ともにひび割れ性状は異なっていたが、ともに引張側のひび割れが卓越し、押し抜きせん断ひび割れにより破壊した。しかし載荷後、Case-1、2 ともに部材の断裂までには至らず一体性は保っていた。

初期剛性について Case-2 は Case-1 より小さく、最大荷重も大幅に小さい値であった。これは形状に起因するところが大きく、Case-2 では高欄パネルのバットレスが引張となり有効に働かなかったこと、面取りを考慮したため取付部の偶力アーム長が短くなったことが原因として考えられる。ただし、耐荷力が小さかった Case-2 においても最大荷重は安全限界値以上であり安全性は確保していることを確認した。

#### 4. 3 アンカーボルト応力

アンカーボルトの応力と載荷荷重の関係を図-6 に示す。但し、アンカーボルトの応力は、引張となるボルトの平均値を使用した。また、実際の高架橋で発生する応力を推定するため、M16 の応力に換算して表示している。図より安全限界値時のアンカーボルトの応力は Case-1 で  $17.4\text{N/mm}^2$ 、Case-2 で  $82.8\text{N/mm}^2$  であり、発生する応力は降伏応力より小さく、使用しているアンカーボルト(M16)で安全であることが実験的に検証できた。

### 5. まとめ

GFRP 高欄の耐荷性・たわみ性状を検討するため載荷試験を行い以下の知見を得た。

- ①風荷重の方向により耐荷性・たわみ性状は大きく異なっていたが、GFRP 高欄は風荷重の3倍を載荷に対して破壊には至らず、その安全性を確認することができた。
  - ②風荷重の方向に関わらずアンカー取付部において曲げ押し抜きせん断により破壊に至った。しかし、破壊後も部材の一体性は保っており、落下による第三者影響度も少ないと考えられる。
  - ③実際の高架橋で使用しているアンカーボルト(M16)が安全であることを実験的に検証できた。
- 今後の課題として耐久性の検証が挙げられ、屋外暴露試験を実施する計画としている。

参考文献1) 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)。鉄道総合技術研究所。H16。4

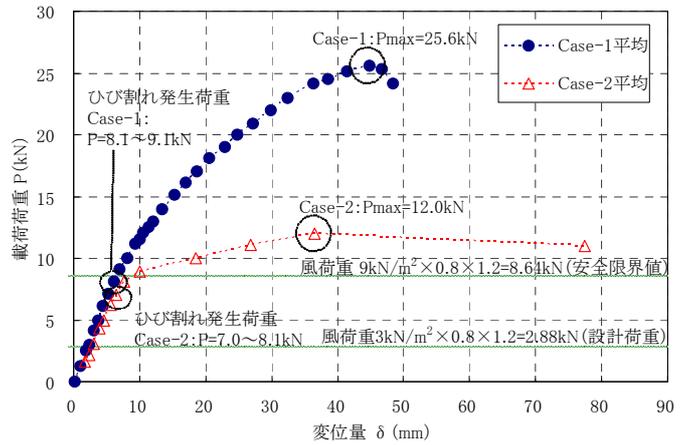


図-4 荷重-たわみ関係

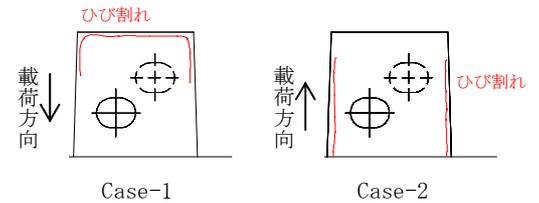


図-5 ひび割れ図(平面図)

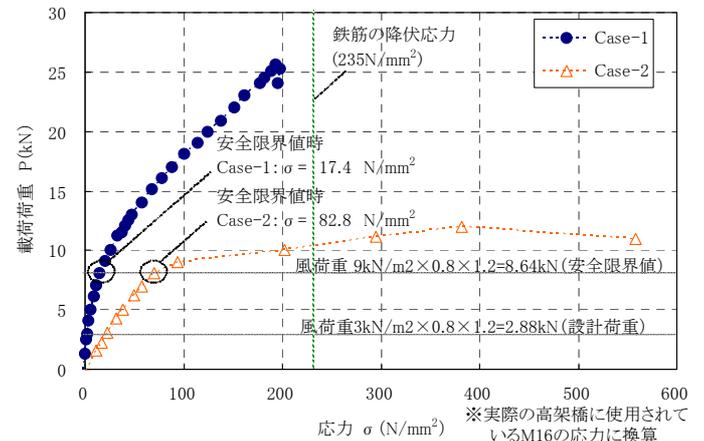


図-6 アンカーボルト応力