

V-495

引拔成形FRPを構造材料に用いた歩道橋

建設省土木研究所 正会員 佐々木 巖
正会員 西崎 到
正会員 坂本 浩行

1. はじめに

繊維強化プラスチック (FRP) は建設分野における新たな材料として注目されており、そのケーブルはコンクリート用の補強・緊張材やグラウンドアンカーなどとして普及しつつある。FRPは従来の土木構造材料に比べて非常に軽量であるため、緊張材ばかりでなく桁や床版といった一般部材に使用すれば、製作及び施工にかかる現場架設作業が軽減されるほか、死荷重低減による構造物自体の小型化や長大化などの様々な効果が期待できる。また材料自体の耐腐食性が優れているため、鋼構造や鉄筋コンクリートに比べて維持管理の軽減も期待できる。筆者らは、ガラス繊維を用いて引拔成形したFRPを、鉄やコンクリートに代わる一般構造物材料としての適用性について、その材料特性を活かした用途や設計・施工方法の検討¹⁾を行っている。

本文では、FRPを土木分野の一般構造物材料に使用する場合のケーススタディーとして建設した、オールFRP歩道橋の設計製作の経緯と、載荷試験による構造評価を行った結果を報告する。

2. 試験橋概要

(1) 引拔成形FRP

繊維強化プラスチックの引拔成形とは、図-1のように強化繊維を平行に引きそろえたものに、マトリックス樹脂を含浸させ、金型に引き込んで加熱硬化させるもので、線材、パイプ、型材、チャンネルなどの等断面長尺部材の製作が可能である。

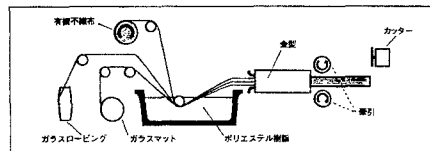


図-1 連続引き抜き成形法

(2) 構造形式

ガラス繊維によるFRP (GFRP) は、鋼材なみの強度を有するが、弾性率が小さいため構造形式や部材設計が課題となる²⁾。

建設した歩道橋は橋長20m、中央支間長11m、幅員2mの、3径間連続斜張橋形式の歩道橋で、その一般図を図-2に示す。

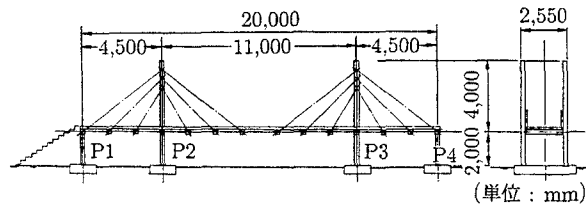


図-2 橋梁一般図

設計荷重は歩道群集荷重(350kg/m²)

で、通常の歩道橋設計基準に適合するもの

とした。部材形式としては、この規模の橋梁であれば床版を直接斜材で吊る形式も考えられるが、大規模道路橋梁を念頭に置き、主桁を兼ねた床版パネルを橋軸方向の主部材として並べ、これを横桁で支え、その端部を斜材で吊る構造形式を採用した。

使用材料としては、引拔成形部材を主構造材料に適用し、炭素繊維によるFRP (CFRP) ケーブルを吊り材とし、ハンドレイアップ (繊維・樹脂・型を用いて手作業で行うFRP成形法) による取付部品を併用した。部材と使用材料の対応を表-1に示す。

表-1 主な使用材料と部位

使用部位	使用材料
タワー、床版パネル、横桁	GFRP 引抜き材
吊りケーブル	CFRP 緊張用ケーブル
ケーブル定着具	CFRP 成型品、膨張性モルタル
定着具受け材、添接板等	GFRP ハンドレイアップ製品
部材補強	CF シート、エポキシ樹脂
ボルト	GFRP 製品

本歩道橋は分解して他の場所へ容易に移設できるものとするため、接着等の永久接合を使用せず、せん断耐力19.4MN/本(約2tonf)を有するFRP製ボルトと添接板による組立方式を採用した。

キーワード：繊維強化プラスチック、歩道橋、構造設計、施工性評価、載荷試験
〒305 茨城県つくば市旭1 TEL 0298-64-4892 FAX 0298-64-4464

橋梁本体に階段及び手摺りを含めた上部工部材の総重量は、約4.4トンで非常に軽量となった。床版パネルは縦横断方向に9分割され、全ての部材重量は150kg以下に抑えられている。なお建設省制定の土木構造物標準設計により同規模の横断歩道橋の鋼重を概算すると、階段を含めて15.1トンとなり、その大きな重量差が認められる。

(3) 施工

橋梁の建設は工場における部材加工と現場架設に分けられるが、今回は製作施工法等の検討を行いながらの作業であったこともあり、工場での部材製作加工に3週間、現場作業は仮設等の準備工を除いた本体部材の組立に関しては作業員4名及びクレーン1台を擁して4日間であった。部材重量及び現場作業量からみると、簡易な基礎あるいは人力のみの架設も可能であると考えられるため、災害時等の応急道路橋への応用なども期待でき、FRPの軽量性は構造材料として大きな魅力であると言える。

3. 載荷試験

FRP橋の変形特性を把握するために静的載荷試験を行った。各部材の変形及び荷重は、変位計16台とひずみゲージ38カ所により計測し、荷重載荷は、中央集中載荷、中央支間均等載荷、片側（横断方向）への偏載荷、側径間載荷等の載荷形態で最大29.4MN(3tonf)までの試験を行った。

載荷試験の主な変形挙動を、同じ

載荷条件に基づく解析値と対照して表-2に示す。構造物の安定性としては、実測中央たわみ及びタワー倒れとそれに伴う曲げ荷重が大きい点が懸念される。側径間載荷における中央径間部での差もみられる。これらの理由として床版パネルを橋軸方向に3分割したことによる桁の非連続性、ケーブル定着及び組立作業用の、タワー及び床版パネル上の多数の開口部による部材剛性の低下などが考えられる。

部材分割を考慮した解析モデル改良も必要ではあるが、本検討の限りでは側径間部では従来の設計条件で十分な耐荷力が確認できたが、中央径間部の部材設計では1.8程度の安全率を付加する必要があるといえる。

4. まとめ

ガラス及び炭素繊維からなる繊維強化プラスチックを組合わせて構造材料に使用し、鉄やコンクリートを使わないオールFRP製の歩道橋を建設するとともに、設計施工方法の検討、材料物性の改良点の確認を行った。設計製作及び載荷試験の結果から、材料及び組立を含めた剛性向上の必要性が指摘されたが、軽量性や易加工性などの利点を確認することができた。構造物の施工においては当然ながら縦及び横方向の接合が不可欠となる。接合には今回使用したボルト接合の他、接着、ソケット、リベット等の様々な方法の組み合わせが採用できるが、信頼性、施工性、耐久性などを勘案して、今後、適切な接合方法を開発する必要がある。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所材料施工部化学研究室：“繊維強化構造材料の歩道橋への利用可能性の検討”，土木研究所資料第3291号，平成6年11月
- 2) Nishizaki, Sasaki, Sakamoto, Katawaki: "Feasibility Study of the Application of FRP to Pedestrian Bridges", Proceedings of the First International Conference on Composites in Infrastructure, 1996.1

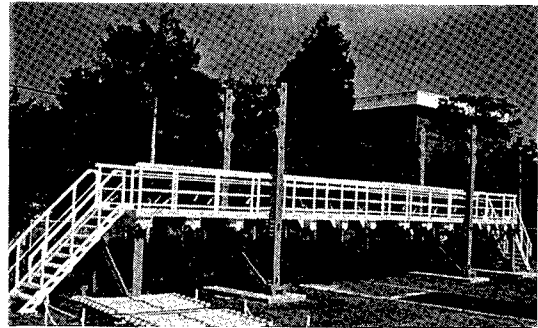


写真-1 オールFRP歩道橋の全景

表-2 構造計算値と載荷試験実測値との比較

(上段:実験値) (下段:解析値)	中央径間中央部の平均 変位 (mm)	側径間中央 荷重(tf/m ²)	タワー頂部 荷重(tf/m ²)	変位 (mm)
中央部載荷	-4.71 -3.17	168 156	-50.0 -60.0	1.89 1.28
中央径間 片側偏載荷	-6.85 -4.30	149 102	-103 -114	3.21 2.20
中央径間 等分布載荷	-14.25 -8.60	368 203	-155 -229	7.02 4.40
側径間 等分布載荷	0.21 1.69	83.3 -11.2	233 219	-1.48 -1.14

変位: (+)上向 or センター倒れ, (-)下向たわみ or 橋端向倒れ

荷重: (+)部材下面引張, (-)圧縮