

トラス桁形式 GFRP 製橋梁用検査路の上弦材および水平材の耐衝撃性能の検討

首都大学東京大学院 学生員○小泉公佑 首都大学東京 正会員 中村一史
 高速道路総合技術研究所 正会員 古谷嘉康
 前田工織 正会員 中井裕司 日本 FRP 正会員 西田雅之

1. はじめに

近年、橋梁の維持管理の重要性が指摘され、計画的に点検、調査が実施されるようになってきた。橋梁の定期的な点検のためには検査路が必要であり、鋼製と比較して、軽量で後施工に優れ、腐食しないガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRP とよぶ）製の検査路が注目されている。既往の研究¹⁾では、弾性係数の低い GFRP の材料特性を補完するために、軽量のサンドイッチパネル床版を採用したトラス桁形式検査路が提案されている。本研究では、この検査路を対象に、手すり（水平材）に作用する最大荷重として、作業員が安全帯のフックを検査路の上弦材、水平材に掛けた状態で落下する場合を想定した衝撃載荷実験を行い、GFRP 部材の適用性を実験的に検討した。

2. 実験概要

図-1 に示すようなトラス桁形式の検査路を対象に、作業員の体重に相当する砂のう（85kg）、安全帯・シャックル・ロードセル（2kg）の合計 87kg を、支間中央部における上弦材、上段の水平材に、安全帯のフックを用いて掛け、砂のうを自由落下させる衝撃載荷実験を行った。検査路の支間長は、一般に適用される橋梁用検査路と同等の 5.8m である。垂直材、上弦材、斜材には、GFRP 溝形材（75×40×5mm、C75 とよぶ）を用いた。水平材には、GFRP 溝形材（40×20×3mm、C40 とよぶ）、GFRP 箱形材（60×32×4mm、□60 とよぶ）を比較検討した。床版は、ハンドレイアップ成形された GFRP スキンプレート、発泡ウレタン、GFRP 溝形材（100×50×5mm、C100 とよぶ）からなるサンドイッチパネルである。格点部は、接着接合とリベット接合の併用接合とし、リベットの種類、配置や必要本数は、別途、実験により決定¹⁾した。表-1 に、材料物性値を示す。C75 は引張試験、C40、□60 は曲げ試験によって得られた物性値である。

図-2 に、セットアップの一例を示す。砂のうの静止位置は、上弦材の高さとし、検査路の幅方向には上弦材から約 500mm 離れた位置とした。支持端と砂のうを結ぶ紐を切り離すことで、砂のうを自由落下させた。用いた安全帯は、標準長さ 1,500mm の一般的なものであり、残留変形が生じるため、載荷ごとに交換した。表-2 に、安全帯を掛ける上弦材、上段の水平材の種類、試験回数をそれぞれ示す。また、図-1 に、各ケースで安全帯を掛ける位置を併記している。ケース I では、A 面で 1 回、B 面で 2 回載荷を行った。ケース II では、各面で 1 回載荷を行った。□60 を水平材に採用したケース III では、格点部の補強、床版の軽量化を図った検査路²⁾を対象に実施している。これらの検査路は、いずれもたわみ制限（L/600）等の設計条件を満足している。実験では、ロードセル（容量：20kN）を用いて衝撃荷重を、また、安全帯を掛けた部材の支間中央から 50mm 離れた箇所に、部材軸方向のひずみを、それぞれ動ひずみ測定器を用いて 1/10,000 秒間隔で計測した。図-3 に、溝形材、箱形材のひずみゲージの設置位置を示す。

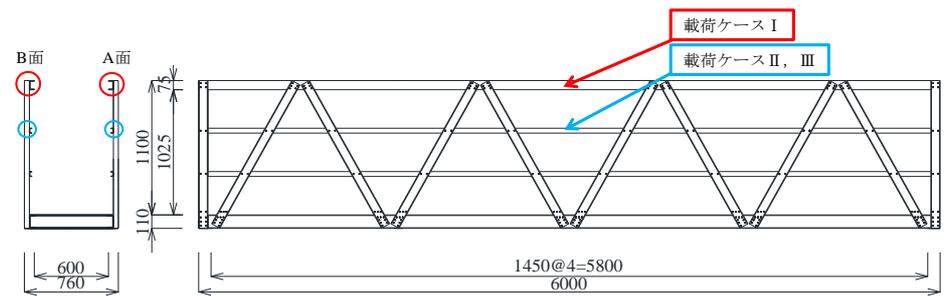


図-1 トラス桁形式検査路の一般図と載荷位置

表-1 材料物性値

部材	弾性係数 (kN/mm ²)	強度 (N/mm ²)
C75	39.5	562
C40	31.5	744
□60	31.5	744

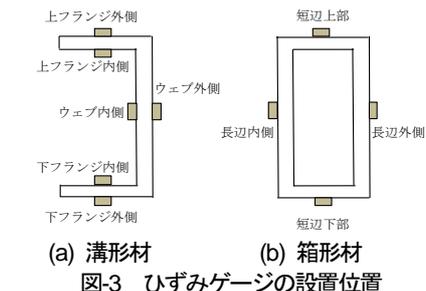


図-3 ひずみゲージの設置位置

表-2 載荷ケースと接合条件

載荷ケース	着目部材	試験回数 (回)	試験名
ケース I	上弦材 (C75)	3	I-1
			I-2
			I-3
ケース II	水平材 (C40)	2	II-1
			II-2
ケース III	水平材 (□60)	1	III-1



図-2 セットアップ (ケース III)

Key Words : 検査路, GFRP, 上弦材, 水平材, 衝撃載荷

連絡先: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL.042-677-1111 内線(4564)

3. 実験結果と考察

図-3 に、ロードセルによって計測された荷重と時間経過の関係を、各ケースの結果を0.5秒ずらして示す。図より、荷重の最大値は、約 7.5kN であり、メーカーによる安全帯の性能 (7.1kN) をやや上回ったものの、規定値 (8.1kN) 以下であり、概ね妥当であるといえた。また、ケースⅡの 2 回は、荷重が小さかった。これは、C40 と接合部が破壊し、破断時の衝撃荷重である。砂のうによる衝撃荷重は、およそ 3 回発生するが、最初の荷重が一番大きく、その作用時間は、約 0.3 秒間であった。

図-4 に、水平材 C40 が破壊したケースⅡの状況を示す。上段の水平材は、まず、フックからの荷重の作用によって変形し、接合部の破壊 (リベットの引き抜け) が生じ、脱落している。水平材 C40 の接合部は、片側あたり 2 本のリベット (せん断耐力 5.45kN/本) と接着剤の併用接合であり、せん断耐力は、衝撃荷重を上回り、リベットのせん断破壊は生じなかった。したがって、溝形材の引抜耐力が小さかったことによるものと判断された。なお、他のケースでは、リベット本数は、片側あたり 4 本の配置であり、接合部、部材の破壊は生じなかった。溝形材、箱形材の表面の損傷についても、フック、治具等によって擦れた跡がついた程度であった。

表-3、表-4 に、上弦材、上段の水平材の各箇所計測されたひずみの最大値を比較して示す。ケースⅡの結果は、破壊の直前までの最大値を示している。まず、ケースⅠについては、3 回の実験で、最大 $3,000 \times 10^6$ 程度のひずみが生じていることがわかる。材料の引張試験によれば、破断ひずみは $15,000 \times 10^6$ 程度であることから、今回の衝撃載荷実験では破壊は生じないと判断された。ケースⅢにおいても、同様に破壊は生じなかった。破壊したケースⅡでは、最大値は約 $8,000 \times 10^6$ であった。ただし、水平材が脱落したため、最大値が取得できておらず、さらに高い値になると思われる。

次に、溝形材と箱形材について比較すると、まず、溝形材のケースⅠでは、上フランジに大きな圧縮ひずみが生じるが、ウェブ、下フランジのひずみは比較的小さく、引張ひずみであることがわかる。箱形材のケースⅢでは、箱形材の上部、内側に圧縮ひずみ、下部、外側に同程度の引張ひずみが生じることから、斜め方向からの荷重により、曲げが生じていることがわかる。ケースⅡの溝形材では、閉断面ではないため、上フランジに比較的大きなひずみが生じたと考えられる。

4. まとめ

ケースⅡで検討した、溝形材 C40 では、部材のせん断破壊、接合部の引き抜け破壊が生じ、水平材が脱落したことから安全性の確保は困難であるといえた。また、ケースⅠ、Ⅲで検討した、溝形材 C75、箱形材 60 では、部材、接合部に損傷は生じなかったことから、衝撃荷重に対して十分に安全であり、検査路に適用できることが確かめられた。

参考文献

- 1) 小泉公佑, 中村一史, 若林 大, 古谷嘉康, 中井裕司, 西田雅之: トラス桁形式 GFRP 製橋梁用検査路の開発, 第 5 回 FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム, pp.53-61, 2014.11
- 2) 石井佑弥, 中村一史, 古谷嘉康, 中井裕司, 西田雅之: トラス桁形式 GFRP 製橋梁用検査路の構造特性と耐荷力に関する実験的検討, 第 70 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2015.9 (投稿中)

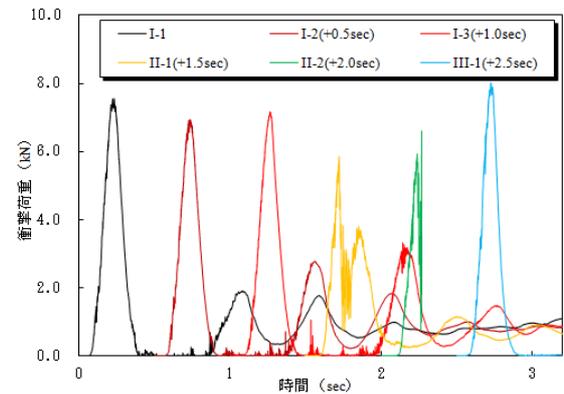


図-3 衝撃荷重と時間経過の関係

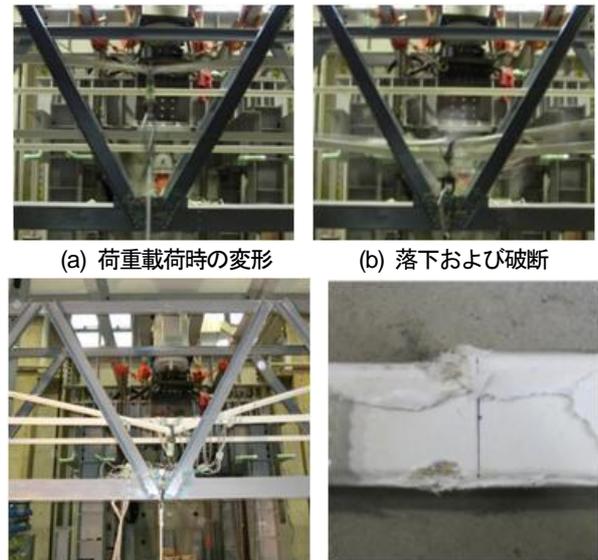


図-4 ケースⅡにおける上段の水平材の破壊状況

表-3 溝形材 (ケースⅠ, Ⅱ) の最大ひずみ ($\times 10^6$)

載荷 ケース	上 FL 外側	上 FL 内側	WEB 外側	WEB 内側	下 FL 外側	下 FL 内側
I-1	-3012	-2846	1377	823	1616	686
I-2	-3092	-3431	1153	700	1332	485
I-3	-3105	-3791	1424	831	1093	396
II-1	6199	-1860	4053	-4948	5861	4671
II-2	6433	-5657	-5607	3069	8516	6148

表-4 箱形材 (ケースⅢ) の最大ひずみ ($\times 10^6$)

載荷 ケース	短辺上部	短辺下部	長辺外側	長辺内側
III-1	-2114	2732	1013	-2197