

トラス桁形式 GFRP 製橋梁用検査路の安全性・使用性と 10m 級スパンへの適用に関する研究

東日本高速道路 正会員○小泉公佑 首都大学東京大学院 学生員 石井佑弥
 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、軽量で耐食性に優れたガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRPとよぶ）製の検査路が適用されている。既往の研究において、トラス桁形式のGFRP検査路を提案しており、床版部を軽量なコア材を用いたサンドイッチパネル床版とし、トラス構造を採用することで、6mの検査路において合理的な構造であることを確かめている¹⁾。一方で、横桁間隔を従来の6mから10mまで広げて横桁数を少なくした合理化橋梁の採用が増えている。そこで本研究では、6m、10m検査路を対象とし、その使用性および安全性を検証することを目的として実験的、解析的な検討を行った。

2. 対象とした検査路の概要

図-1に対象とした3パネル6mと6パネル10mのトラス桁形式の検査路の一般図を、図-2にサンドイッチパネル床版の断面図を、それぞれ示す。表-1に検査路の設計条件を、また、表-2に材料物性値を示す。たわみ制限の目標値は支間長 L に対して $L/600$ とし、支間長は、それぞれ 5.8m, 9.8m とした。上弦材、下弦材、垂直材には、GFRP 溝形材 C75 ($H75 \times B40 \times t5.0\text{mm}$) を、水平材には、箱形材 S60 ($H60 \times B32 \times t4.0\text{mm}$) を使用している。サンドイッチパネル床版には、下弦材を兼ねた GFRP 溝形材 C75 を両側に設置し、連続成形された厚さ 2mm のスキンプレートを上下面に配置し、コア材として硬質発泡ウレタンを充填した。床版部の両端上面には、落下防止の役割と、面内剛性の向上のため、爪先板を設置した。爪先板は、GFRP 溝形材 C100 ($H100 \times B50 \times t5.0\text{mm}$) から切り出したものである。さらに、C75 から切り出したアングル材を用いて下弦材格点部を補強している。6m 検査路の格点部の接合は、現場での施工を考慮してボルト接合とし、10m 検査路においては、既往の研究と同様にリベット接合とした。リベット、ボルトの本数、配置については別途、実験を行って決定している。

3. 対象検査路の性能照査試験

3.1 設計活荷重に対するたわみの評価

設計の妥当性を把握し、たわみの評価を行うために、群集荷重 (3.5kN/m^2) に相当する荷重として、6m 検査路で 12.18kN 、10m 検査路で 20.58kN を、それぞれ砂のうを用いて床版の上面に、静的に載荷した。計測した床版下面の鉛直たわみの分布を図-2に示す。図には、それぞれの検査路のたわみ制限と、解析によって求めたたわみの値を併記する。最大たわみは、6m 検査路で 7.73mm 、10m 検査路で 17.11mm となり、10m 検査路では、解析値よりもやや大きい値となったが、良い一致を示し、たわみ制限を概ね満足した。

3.2 解析による設計荷重に対する余裕度の検証

対象とした検査路の設計荷重に対する安全性を検証するために、汎用解析プログラム Marc2013 を用いて弾性有限変位解析を行った。既往の実験結果¹⁾と解析結果の発生ひずみの比較によって、検査路の曲げ荷重に対する破壊は、上弦材格点部のせん断破壊

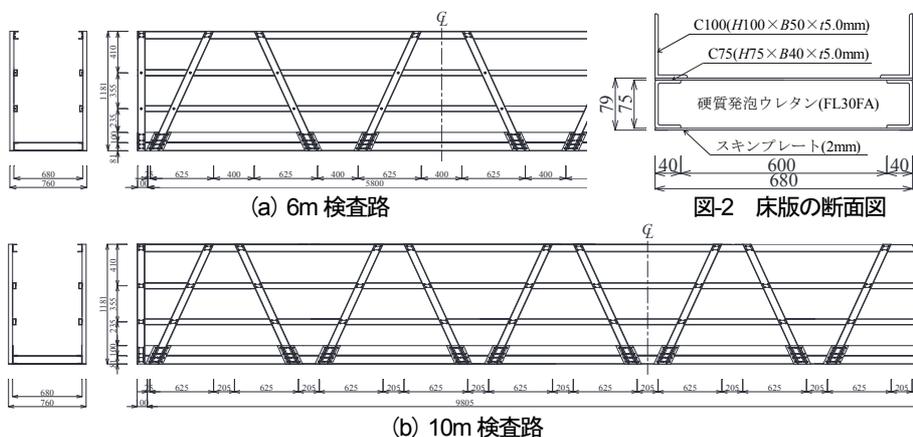


図-1 トラス桁形式検査路の一般図

表-1 設計条件

使用目的	橋梁点検
設計活荷重	3.5kN/m^2
たわみ制限	$L/600$
支間長	5.8m, 9.8m

表-2 材料物性値

材料	物性値	値
溝形材 C75	弾性係数 (GPa)	39.5
	引張強度 (MPa)	600.0
	圧縮強度 (MPa)	725.9
溝形材 C100	弾性係数 (GPa)	39.2
	引張強度 (MPa)	512.0
	圧縮強度 (MPa)	509.0
箱形材 S60	弾性係数 (GPa)	32.5
	引張強度 (MPa)	521.9
	圧縮強度 (MPa)	458.0
スキンプレート	弾性係数 (GPa)	8.3
	引張強度 (MPa)	78.0
	圧縮強度 (MPa)	157.0
硬質発泡ウレタン	弾性係数 (MPa)	4.5
	圧縮強度 (MPa)	15.8

Key Words : 検査路, GFRP, トラス形式, せん断破壊, 性能照査試験

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

壤が支配的であり、上弦材格点部のせん断ひずみが $8484 (\times 10^{-6})$ に達した時に破壊が生じることがわかった。なお、上弦材格点部の軸方向のひずみは、材料試験における破壊ひずみより十分小さい値であった。

図-3 に、設計活荷重を漸増载荷した際、上弦材格点部のせん断ひずみと荷重の関係の解析結果を示す。これより、6m、10m 検査路の限界せん断ひずみによる破壊予測荷重は、それぞれ 77.15kN、60.47kN となり、設計荷重に対する余裕度は 6.33、2.94 であった。

3.3 振動特性試験による振動使用性の評価

検査路の動的構造特性の把握、振動使用性の検証のために、上弦材の高さまで引き上げた砂のうを検査路の支間中央に落下させ、自由振動させた。砂のうの重さをパラメータ (20kg, 40kg, 60kg) として、床版と上弦材のそれぞれ支間中央に設置した加速度計により、計測を行い、FFT 解析により固有振動数を算出した。また、加速度計のサンプリング周波数は 1000Hz とし、計測時間は 20sec 程度とした。表-3 に、算出した固有振動数を示す。実験は複数回を行い、代表値を示している。最も小さい固有振動数は上弦材で計測され、6m 検査路で 8.18Hz、10m 検査路で 5.43Hz であった。これらの値は回避すべき振動数の範囲 (1.5~2.3Hz) より高い値となったことから、振動使用性は確保されることがわかった。

3.4 衝撃载荷試験による手すり部の耐衝撃性能の評価

検査路に作用する最大の荷重として、点検員が安全帯を手すりに掛けた状態で検査路から落下する場合を想定し、上弦材、水平材および下弦材の格点部の耐衝撃性能を検証するため、衝撃载荷試験を行った。試験では、点検員の体重に相当する砂のう (85kg) を装着した安全帯を用意した。そのフックを上弦材あるいは上段水平材の支間中央に掛け、砂のうを上弦材から面外方向に 500mm、上弦材の高さから自由落下させた。図-4 に、衝撃载荷試験後の各部材の状況を示す。上弦材に割れが、上段水平材に軽微な損傷が生じたが、部材の落下や接合部の破壊は見られなかった。また、表-4 に示すように、衝撃载荷試験時の最大ひずみも材料試験の破壊ひずみに比べて小さかった。したがって、上弦材、水平材ともに、十分な耐衝撃性能を有しており、点検員の検査路外への落下に対する安全性は確保されることがわかった。

4. まとめ

検討した全長 6m および 10m のトラス桁形式検査路において、設計荷重に対するたわみ制限を概ね満足すること、解析による検討により、設計荷重に対して十分に安全であることがわかった。また、振動特性試験と衝撃载荷試験より、人の歩行による振動数に抵触しないこと、砂のうの落下はなく、十分な耐衝撃性能を有していることが確かめられた。以上より、対象としたトラス桁形式橋梁用検査路は、十分な安全性と使用性を有していることから、実橋へ適用可能であるといえた。

参考文献

- 石井佑弥, 小泉公佑, 中村一史, 古谷嘉康, 中井裕司, 西田雅之: トラス桁形式 GFRP 製橋梁用検査路の使用性と耐荷力に関する研究, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), 複合構造論文集, Vol.72, No.5, 2016. (投稿中)

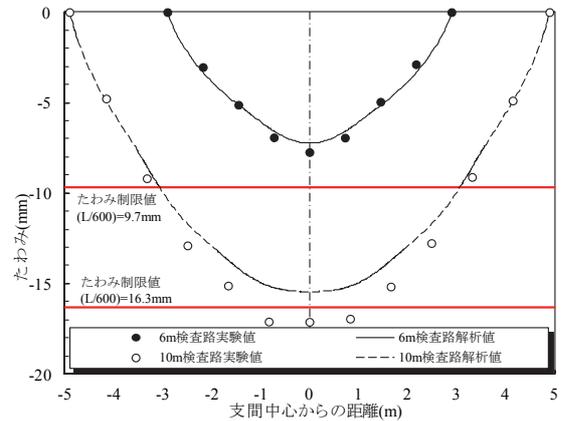


図-2 設計活荷重における鉛直たわみ分布

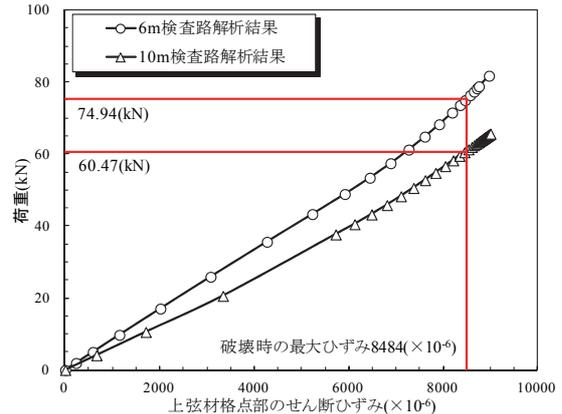
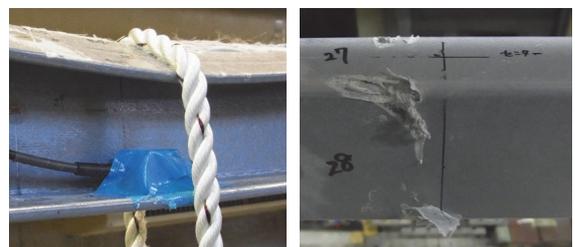


図-3 荷重と上弦材格点部のせん断ひずみの関係

表-3 振動特性試験における固有振動数のまとめ (Hz)

(a) 6m 検査路		
砂のうの重さ	床版	上弦材
20kg	17.82	8.18
40kg	17.58	8.18
60kg	17.27	8.18
(b) 10m 検査路		
砂のうの重さ	床版	上弦材
20kg	11.90	5.68
40kg	11.29	5.55
60kg	10.93	5.43



(a) 上弦材 (b) 水平材
図-4 衝撃载荷試験後の部材の状況

表-4 衝撃载荷時の対象部材の最大ひずみ ($\times 10^{-6}$)

対象部材	6m 検査路		10m 検査路	
	上弦材	水平材	上弦材	水平材
上弦材	-1657	-1652	-3550	-1305
下弦材格点部	-3810	-3698	-2122	-2096