

トラス桁形式の GFRP 製橋梁用検査路の提案と構造特性の検討

丸紅テクマテックス 本田 涼
 首都大学東京 正会員○中村一史
 前田工織 正会員 中井裕司

1. はじめに

近年、橋梁の維持管理の重要性が指摘され、橋梁長寿命化修繕計画が策定されており、計画的に点検、調査が実施されるようになってきた。こうした状況下で、橋梁の定期的な点検のための検査路が不可欠となっている。しかし、従来の検査路は、鋼製のものが多く、沿岸部などの腐食環境の厳しい地域では、鋼製検査路の腐食が問題となっている。また、点検、調査のために、検査路を後から設置するケースが増えつつある。そのため、軽量で後施工がしやすい検査路が求められている。このような観点から軽量で施工性に優れ、耐食性も併せ持つ、FRP 製検査路が開発¹⁾され、適用されはじめている。しかしながら、現状の FRP 検査路は、鋼製の桁構造を FRP に置き換えたものを基本としており、FRP の特性が十分に生かされているとはいえない。そこで、本研究では、トラス形式を採用して、合理的な検査路を提案するとともに、その構造特性を検討した。

2. FRP 検査路の試設計

表-1 に、検査路の設計条件を示す。たわみ制限²⁾は、支間長 L に対して $L/600$ とした。橋梁用検査路の支間長は、一般に適用される 6m とした。図-1 に、設計対象としたトラス桁形式の構造一般図を示す。形式は、ポニーワーレントラス桁形式とし、床版は、(a)グレーチング床版と(b)サンドイッチ床版の2種類とした。グレーチング床版は、格子状の GFRP グレーチング(厚さ 40mm、非構造部材)の上面に、厚さ 3mm 程度の GFRP スキンプレートを採用したものである。また、図-2 に、サンドイッチ床版タイプにおける断面の拡大図を示す。床版の上下面には、GFRP 引抜成形材のスキンプレートを設置し、その間にコア材として、硬質発泡ウレタン(厚さ 100mm)を充填している。このサンドイッチパネル床版は、曲げに抵抗する部材としても機能するが、せん断変形による付加たわみが大きいことを事前検討により確認している。そのため、スキンプレートの両端部に一体化して成形される溝形材が、下弦材として機能することを想定している。また、コア材の厚さを変えることで、曲げ剛性を調整することができ、支間長にも柔軟に対応できる。

表-2 に、部材の材料物性値を示す。これらの条件をもとに試設計を行った。構造特性については後述するが、各弦材および垂直材は、溝形材($H60 \times B28 \times t_w 3.4 \times t_b 3.8\text{mm}$)が採用された。試設計結果の一部として、図-3 に、重量を比較したものを示す。両者ともに、ほぼ同程度の重量であるが、サンドイッチパネル床版タイプの方が、若干、軽くなった。この程度の重量であれば、簡易な揚重機等を併用することで、人力施工が可能であるといえる。ただし、部材数としては、グレーチング床版タイプの方が、縦桁、横桁が必要であり、部材数が多くなり、製作工数の観点から不利になるものと考えられる。

表-1 検査路の設計条件

設計活荷重	3.5kN/m ²
有効幅員	0.6m
高欄高さ	1.1m
支柱間隔	1.9m 以内
支間長	6.0m
たわみ制限	$L/600$

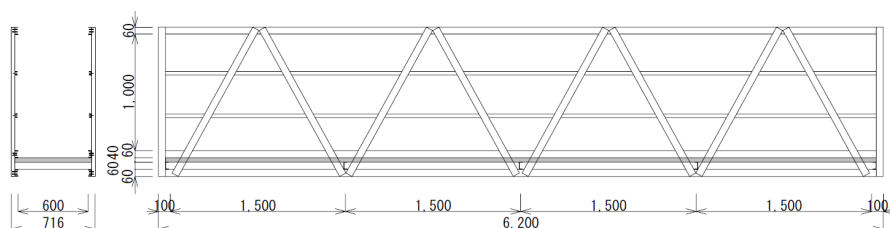
表-2 部材の材料物性値

(a) GFRP 溝形材

弾性係数	25kN/m ²
単位体積重量	18N/m ³

(b) 硬質発泡ウレタン

弾性係数	0.004kN/m ²
ポアソン比	0.05
単位体積重量	0.36kN/m ³



(a) グレーチング床版タイプ

(b) サンドイッチ床版タイプ

図-1 ポニーワーレントラス桁形式検査路の一般図

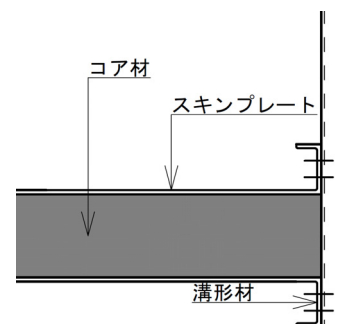


図-2 サンドイッチパネル床版の拡大図

Key Words : 検査路, GFRP, トラス形式, サンドイッチパネル床版

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. トラス桁形式 FRP 検査路の構造特性の検討

3.1 解析方法とモデル化

サンドイッチパネル床版タイプのトラス形式 FRP 検査路は、新形式構造であるため、構造特性を検討するために、汎用有限要素解析プログラム Midas Civil 2010 を用いて、弾性解析を行った。荷重条件、物性値は、表-1 に示した通りである。解析では、FRP 部材をシェル要素、コア材（硬質発泡ウレタン）をソリッド要素でモデル化し、サンドイッチパネルの上面に設計活荷重（ 3.5 kN/m^2 ）を載荷した。さらに、死荷重を考慮した、固有振動解析を行って、固有振動数を求めた。

3.2 解析結果と考察

解析結果の一部として、図-4 に、活荷重載荷時の変形モード図を、また、図-5、図-6 に、床版下面の鉛直たわみ分布、上弦材の水平たわみ分布をそれぞれ示す。なお、図-6 には、平面骨組構造解析によるグレーチング床版タイプの鉛直たわみ分布も併記している。これらの図より、まず、たわみ制限が、設計上、支配的であり、端部においてサンドイッチパネル床版が、約 2 mm 変形するものの、十分にたわみ制限を満足していることがわかる。また、図-4、図-6 より、上弦材は、水平方向に約 $\pm 10 \text{ mm}$ 変形することもある。これは、ポニートラス形式では、上弦材の横拘束がないためである。上弦材の水平たわみは、比較的小さいといえたが、構造全体の座屈安定性に関わるため、水平荷重に対する必要な水平剛度を含め、今後、検討する必要がある。

図-7 に、応力が最も大きかった、上弦材格点部における橋軸方向の応力分布を示す。図より、斜材の接合部近傍で、2 次応力が発生するものの、最大でも 25 N/mm^2 程度であり、応力としては十分に小さいことがわかる。なお、図を略したが、サンドイッチパネル床版の格点部では、床版部が力を分担することから、応力は、全体として、さらに小さいことを確認している。

一方、固有振動解析の結果、最低次の固有振動数は、 6.2 Hz であり、振動使用性も問題ないといえた。

4. まとめ

以上のことから、提案したポニートラス桁形式検査路は、設計上、問題はないことから、実現性は高いといえた。特に、サンドイッチパネル床版タイプは、グレーチング床版タイプに比べて、製作工数が少なくなることから、製作コストを削減できるものと考えられる。なお、上弦材に対する水平たわみや、水平重については、構造全体の座屈安定性に関わることから、実用化に向けて、より詳細な検討を行うとともに、載荷実験などを実施して、検証する予定である。

参考文献

- 1) 久保圭吾, 熊田哲規: 道路橋 FRP 検査路の振動使用性, 土木学会, 第 4 回 FRP 複合構造・橋梁シンポジウム, pp.87-94, 2012.11
- 2) 土木学会 複合構造委員会: FRP 歩道橋設計・施工指針 (案), 複合構造シリーズ 04, 2011.1

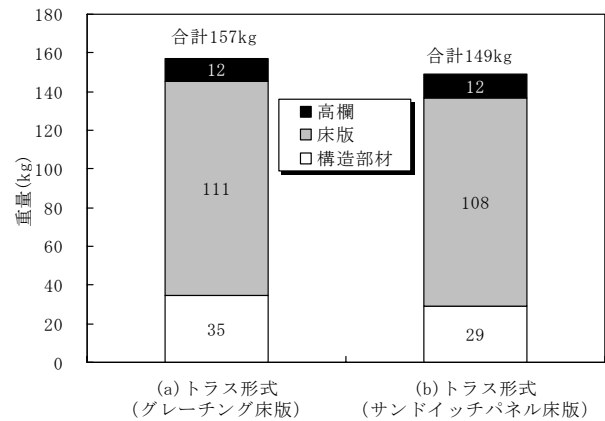


図-3 トラス桁形式検査路の重量比較

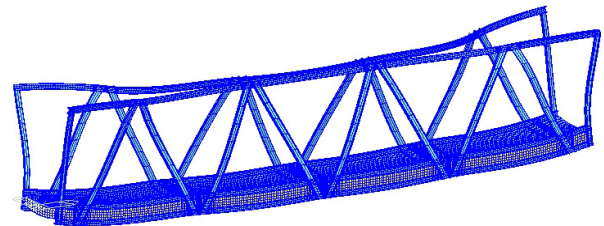


図-4 活荷重載荷時の変形モード図

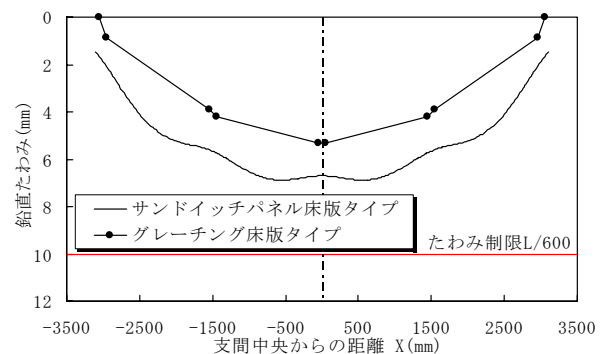


図-5 床版下面の鉛直たわみ分布

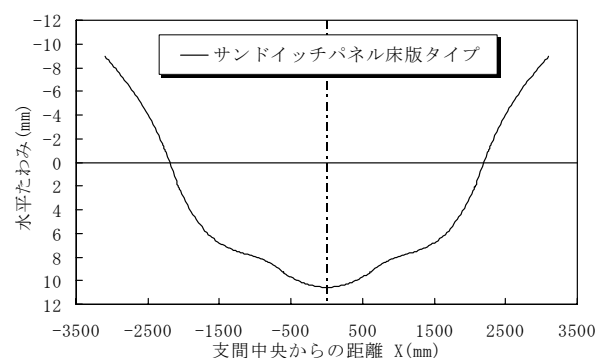


図-6 上弦材の水平たわみ分布

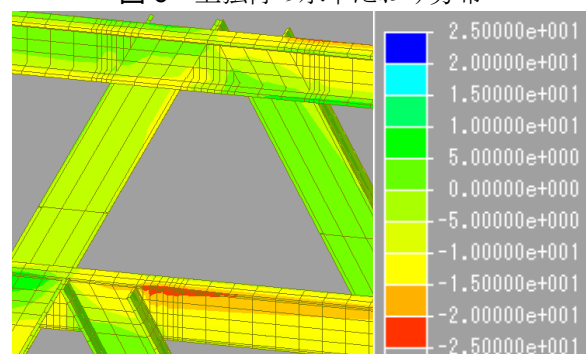


図-7 上弦材格点部の応力分布 (N/mm^2)