

ものづくり大学 FRP トラス歩道橋の振動特性

豊橋技術科学大学 正会員
同
ものづくり大学 正会員

○松本 幸大, 山田 聖志
花田 幸大, 柴田 龍哉
増渕 文男

1. はじめに

近年、軽量・高強度で耐食性にも優れる FRP 材を使用した歩道橋が注目され、その指針についても整備されている¹⁻³⁾。一方、FRP を主構造材として使用した歩道橋の振動特性は明らかとなっておらず³⁾、研究資料の蓄積が必要である。こうしたことから、筆者らは、文献^{2,4)}において FRP トラス歩道橋に対して振動実験・数値解析を通して構造性能分析を行ってきた。本報では、ものづくり大学 FRP 歩道橋¹⁾を対象として振動実験および数値解析を実施した結果を報告する。

2. FRP 歩道橋の概要

図 1, 2 に本研究で対象とする FRP 歩道橋の概要を示す。本歩道橋は、支間長は 4.8, 11.7, 4.8m の 3 径間連続となっており、幅員 2.8m のトラス歩道橋である。上下弦材、斜材は 103x103x9.3x9.3 の箱型断面、水平材は 300x150x14x10 の H 型断面を使用しており、RC の下部構造にステンレスパイプを介

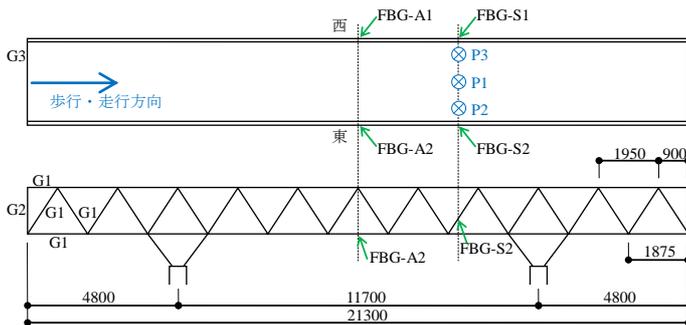


図 1 FRP 歩道橋の概要

して支持されている。表 1 に使用部材の断面性能、材料定数を示す。

3. 振動実験

実験は表 2 に示すような計 8 ケース実施した。本 FRP 歩道橋には 2007 年の建設時より、FRP 材とステンレス添接板との間に FRG 型光ファイバセンサ (図 1 の FBG-S1, S2) を埋め込み、長期の歪モニタリングが可能となっている。また FBG 型加速度計 (FBG-A1, A2) を下弦材の上に東西方向の加速度を計測する方向に設置した。図 3, 4 に計測結果の一例を示す。FBG-S1, S2 は建設時から約 4 年間の屋外暴露状況下にあったが問題なく計測可能であることが確認された。また、FBG センサは歪計測用、加速度計測用ともに 1 本の光ファイバケーブル上に複数配して計測できることから、敷設および計測時の同期についても優位であることが確認された。



図 2 FRP 歩道橋

表 1 部材断面とその性能

部位	断面	断面積 [mm ²]	断面 2 次モーメント [mm ⁴]		弾性係数 [GPa]
G1	□-103x103x6.3	2440	381x10 ⁴		
G2	□-103x103x9.3	3490	515x10 ⁴		
G3	H-300x150x14x10	6920	887x10 ⁵	569x10 ⁴	35.6

表 2 実験ケース

荷重条件	加振方法		加振力	試行回数	加振位置
ケース 1	衝撃	ジャンプ	実験員 (1 名)	4 回	P1
ケース 2	衝撃	ジャンプ	実験員 (1 名)	2 回	P2
ケース 3	衝撃	ジャンプ	実験員 (1 名)	2 回	P3
ケース 4	ランダム	ランダム	ランダム	ランダム	ランダム
ケース 5	ランダム	ジグザグ歩行	実験員 (1 名)	2 回	中央
ケース 6	歩行	2Hz 歩行	実験員 (1 名)	2 回	中央
ケース 7	歩行	2Hz 歩行	実験員 (1 名)	2 回	東/西側
ケース 8	歩行	2Hz 歩行	実験員 (2 名)	2 回	中央

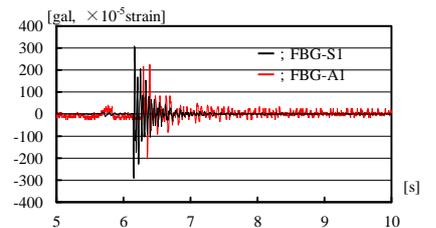


図 3 ケース 1 の計測結果

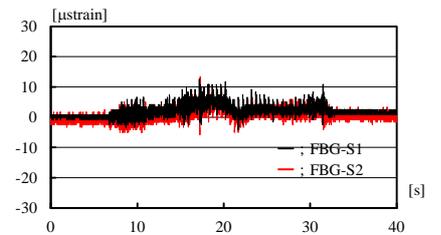


図 4 ケース 8 の計測結果

キーワード FRP, 歩道橋, 振動実験, 有限要素解析

連絡先 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 豊橋技術科学大学 (Tel)0532-44-6845

4. 実験結果の考察と数値解析

図1のFRP歩道橋を3次元梁要素でモデル化し、非減衰自由振動解析を行った。解析モデルの部材両端は剛接合、節点重量は表1の重量と節点間距離を部材長とした値から計算される構造部材重量および接合部ステンレス板に床板重量を加算した値とした。解析より得られた固有振動数、固有モードを表3に示す。

前節の実験で得られた振動波形のフーリエ振幅スペクトルに非減衰自由振動解析結果をプロットしたものを図5, 6に示す。黒色で示したFBG加速度計による値と、赤色で示したFBG歪センサによる値とでは歪値の方が低振動数域における振幅大きく、高振動数域が部材力に影響が小さいことが見て取れる。また、表3の鉛直方向の固有モード f_{13} , f_{27} の振動数は計測結果と良く対応している。 f_{23} については、加速度計で

表3 非減衰自由振動解析結果

次数	表記	固有振動数 [Hz]	固有モード
2	f_2	2.56	
3	f_3	2.91	
13	f_{13}	12.97	
17	f_{17}	15.62	
18	f_{18}	16.81	
23	f_{23}	19.29	
27	f_{27}	23.73	

の振幅が見られないが歪のみ大きな振幅を有している。これは固有モードにおいて、高欄部分の局所的な振動であり、FBGセンサを貼付した部材の歪値に影響したものと考えられる。

図7はケース1の図1の加速度計測結果について、絶対値を取った後に最大値を1として正規化し、減衰振動の包絡線とともに示したものである。表4はケース5の計測結果にRD法を適用して主要な振動モードの減衰を算出した結果である。本実験の範囲ではRD法における波形の重ね合わせ回数が1000~6000程度であり安定した減衰自由振動波形得られていないが概ね表4の値であると考察する。文献3)によるとFRP歩道橋の減衰定数として1.5~2.7%が報告されており、本報で対象としたFRP歩道橋もこの範囲の減衰定数であることが確かめられた。

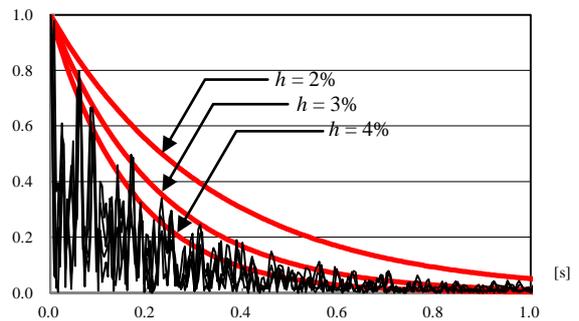


図7 ケース1の時刻歴波形と減衰の比較

表4 主要モードの減衰定数

次数	対象振動数 [Hz]	減衰定数 [%]
3	2.91±0.2	2.0
27	23.73±1.0	1.4

5. おわりに

ものつくり大学FRP歩道橋を対象とした振動実験および解析による振動性状分析を行った。その結果、水平方向と上下方向の卓越振動数が概ね解析と一致し、その値は2.9, 23.7Hzであること、また、それらモードの減衰定数は2.0, 1.4%程度であることが分かった。

謝辞

本研究は、元豊橋技術科学大学 建設工学課程4年 橋本翔太郎氏、豊橋技術科学大学 齋藤翔氏の多大な協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 増淵文男: 大学の実習授業におけるGFRPトラス橋の建設, 強化プラスチック協会 強化プラスチック 第54巻第1号, pp.29-34, 2008
- 2) 山田聖志, 吉田安寿, Eric Johansen, Roy Wilson, 甘利康正, 熊田哲規: FRPトラス歩道橋の力学性能(その1 静的載荷実験)(その2 振動実験), 土木学会年次大会, 2008
- 3) 土木学会: FRP歩道橋設計・施工指針(案), 土木学会複合構造シリーズ04, 2011
- 4) 松本幸大, 山田聖志, 齋藤翔, Ngyuen Duc LONG, 熊田哲規: FRPトラス歩道橋の力学特性, 土木学会年次大会, 2010

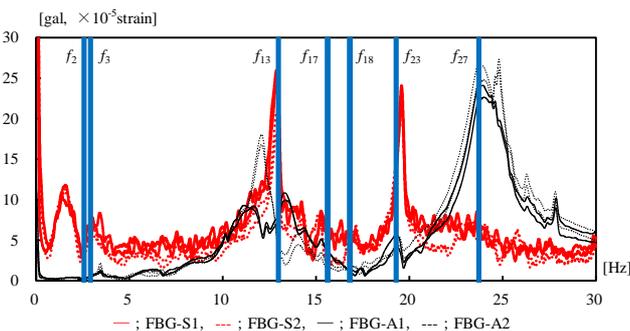


図5 ケース1のフーリエ振幅スペクトル

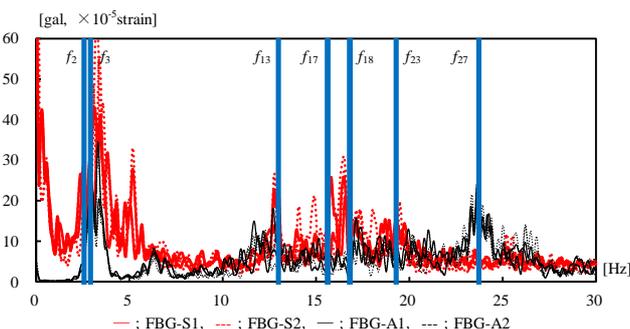


図6 ケース5のフーリエ振幅スペクトル