

FRP トラス歩道橋の力学特性

豊橋技術科学大学
同
ヒロセ株式会社

正会員

正会員

○松本 幸大, 山田 聖志
齋藤 翔, Nguyen Duc LONG
熊田 哲規

1. はじめに

近年、軽量・高強度で耐食性にも優れる FRP 材を使用した橋梁の建設が始まりつつある。筆者らは、文献 1,2)において FRP トラス歩道橋の建設に関し、実験を通して構造性能分析を行ってきた。すなわち実験場において静的・動的実験を通して変形・部材力・振動性状を分析¹⁾するとともに、施工事例現場²⁾においても振動実験を行い、その構造特性を分析してきた。本報では、こうした FRP トラス歩道橋の平易な解析モデルの設定法と整合性を確認する目的で、2 次元梁要素でモデル化した解析結果と過去 2 回の実験との比較結果および力学性状について報告する。

2. FRP 歩道橋の概要

図 1 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、支間長約 18m、幅員 2.0m のトラス歩道橋である。上弦材および下弦材は 203x56x10x10 のチャンネル材、ブレース材は 51x51x6x6 の箱型断

面を使用しており圧縮側ブレースは箱型断面内に四角棒が埋め込まれている。断面形状は FRP 床板デッキを下弦材および縦通材にボルトで締結している。表 1 に使用部材の断面性能、材料定数を示す。

3. 解析モデル

図 2 に解析モデルを示す。解析モデルは図 1 の歩道橋を 2 次元にモデル化したものであり、部材は圧縮側斜材の一端をピン接合、その他を剛接合とした部材両端に回転バネを有する梁要素としている。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に対して、橋梁全体重量を実測した値 (26.7kN) に等しくなるような接合部係数 1.06 をかけた値とした。

4. 解析結果

図 3 に線形応力解析から得られた変形、部材軸応力度を示す。各図は対称性を考慮して図 2 の左側部分のみ示し、部材応力度は部材の太さが応力度の大

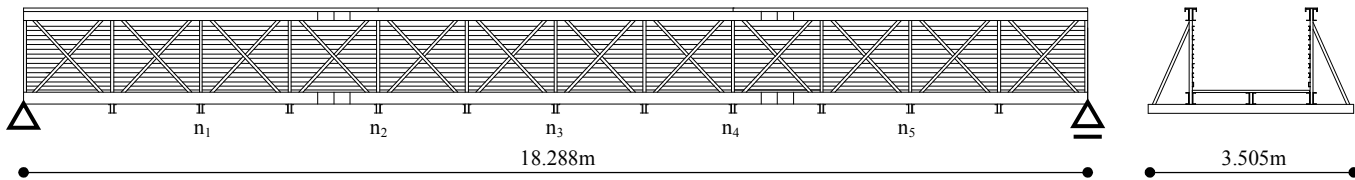


図 1 FRP 歩道橋の概要

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 [×10 ³ mm ⁴]	重量 [kgf/m]	引張弾性率 (実験橋 ¹⁾) [GPa]	引張弾性率 (実橋 ²⁾) [GPa]	引張強度 [MPa]	圧縮強度 [MPa]
上弦材	2C-203x56x10x10	5626	29800	5.07	20.4	26.1	213	207
下弦材								
束材	□-51x51x6x6	1123	379	2.08	30.8	30.3		
斜材 (引張)								
斜材 (圧縮)	■-38.1x38.1	1445	176	2.84	41.0	41.0	653	408

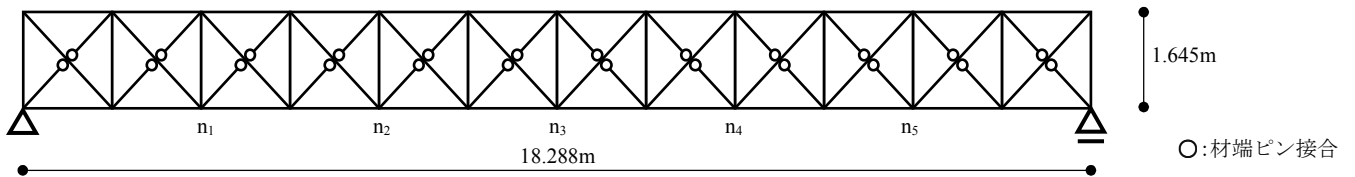


図 2 2 次元 FEM 解析モデル

キーワード FRP, 歩道橋, 静的載荷実験, 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

きさに対応している。解析に使用した外力は、自重のみの場合と、自重に加え 3.5kN/m^2 の外力を下弦材に作用させたものの2種類について行った。自重による変形は支間長の $1/2600$ 程度であり十分に小さく、また、 3.5kN/m^2 の外力を作用させた場合でも $1/400$ 以下に収まっている。圧縮側斜材の内部に差し込んでいる部材も有意に作用しており、本歩道橋の合理的な部材配置が明らかとなった。図4は自重による変形を除いた 3.5kN/m^2 のみの外力による変形について解析結果と実験で計測された値とを比較したものである。横軸の $n_1 \sim n_5$ は図1,2中のそれに対応している。最大変形量に10%程度の差が見られるが、支承部を除いた節点間の変形の差はほぼ一定であることから、支承部の固定度の影響によるものだと考える。すなわち $n_1 \sim n_5$ の節点間においては各々の変形はよく対応しており、本報のような簡単なモデル化によっても整合が得られることが確かめられた。図5は自重および 3.5kN/m^2 の外力を作用させた場合の部材軸応力度を許容応力度で除した値を示したものである。許容応力度は表1の強度を安全率2.5で除した値を採用している。全ての部材において存在応力は許容応力度の $1/4$ 以下となっており強度に比して弾性係数の小さいFRP材の特徴から変形制限による設計となることが分かる。

図6は解析結果から得られた1次固有振動数と、橋中央部に鉛直方向衝撃加振実験を行った結果より得られたフーリエ振幅スペクトルを示す。実験結果に固有振動数の差が生じた原因としては、表1に示すように材料の弾性係数が異なっていること、また、支承部の違い等が挙げられる。解析結果はそれぞれの実験結果に対して6%以下の差となっており、よい対応を得たと考える。

5. おわりに

本報では支間長18m程度のFRPトラス歩道橋について静的・動的実験結果と2次元FEMモデルとの整合を試みた。その結果、鉛直変位や固有振動数について良い対応を得たとともに、各部材の力学性状を把握できた。FRPは材料設計が可能であることから、こうした分析を援用して、部材の弾性係数等を設計

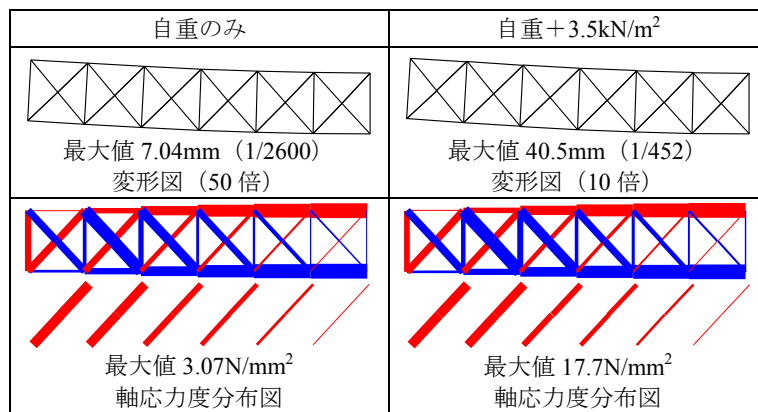


図3 線形応力解析結果

(部材力図の下段は圧縮材内の四角棒部材の部材力)

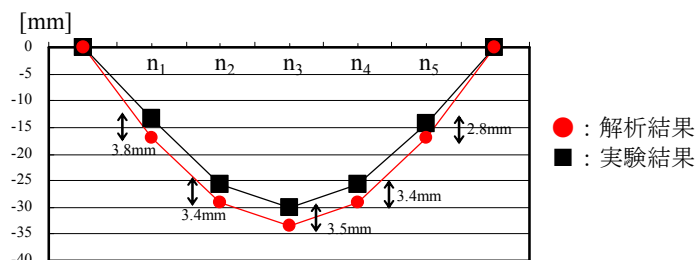


図4 実験と解析とのたわみ分布の比較

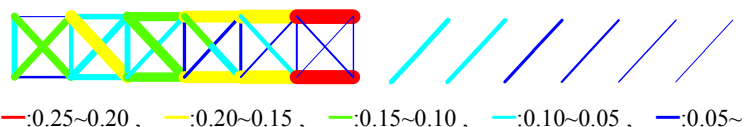


図5 部材応力度の許容応力度に対する比

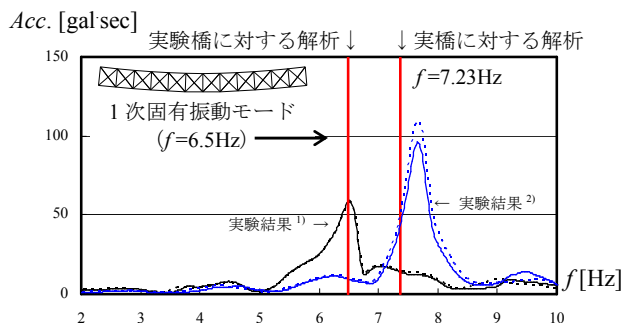


図6 実験と解析との固有振動数の比較

し、適切なたわみ・固有振動数とする初期設計プロセスに適用できると考える。今後、3次元立体解析を通して水平・捩れ振動に関する分析や動的外力に対する検討を行う予定である。

謝辞

本実験については豊橋技術科学大学大学院生(当時)吉田安寿氏、柳田将之氏、北東宏郎氏の協力を得た。

参考文献

- 1) 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
- 2) 野原正行, 熊田哲規, 宮本成明, 川上盛樹: FRPトラス歩道橋の設計・施工例, 第3回FRP複合構造・橋梁に関するシンポジウム論文集 pp.187-194, 土木学会, 2009
- 3) 強化プラスチック協会: FRP構造設計便覧, 1994