

FRPトラス歩道橋の力学性能(その1 静的載荷実験)

豊橋技術科学大学 正会員 山田聖志 学生会員 吉田安寿
 E.T.Techtonics Inc. Eric Johansen Roy Wilson
 ヒロセ株式会社 甘利康正 正会員○熊田哲規

1. はじめに

腐食性環境下に架設された歩道橋は、供用期間中において、橋台の健全度は高く保たれているが、上部工の劣化が進行する場合が多く見受けられる。このため、維持管理において定期的な補修や改築・取替えが必要となっている。架け替え工事を実施する場合は、既設の橋台を有効に活用し、しかも、ライフサイクルコストを最小化することが望まれる。これに対し、軽量でしかも環境作用への抵抗性が高い材料である繊維補強プラスチック(FRP)を用いた歩道橋の適用が考えられる。我が国では2000年に沖縄県で初めてFRP歩道橋が架設¹⁾されているが、その後の施工実績は報告されていない。本研究では、米国で普及しているトラス構造FRP歩道橋システムを対象として、静的並びに動的載荷実験を実施し、その力学性能を定量的に明らかにする。本歩道橋の構造は、図1に示すラチス型ボニートラス構造であり、各部材はボルトにより支圧接合され、下弦材および上弦材のそれぞれ2箇所にて接合部を有している。トラス部材は、全てガラス繊維と不飽和ポリエステルによる引抜成形材である。高強度ではあるが、弾性係数が鋼の1/10程度と軟らかい材料といえる。よって、歩道橋に群集荷重に相当する等分布荷重を載荷したときのたわみ性について、その特性を把握することは重要である。

表1 材料仕様

名称	寸法	引張強度[MPa]	引張弾性率[GPa]
U150	C152×43×10mm (C6"×1-11/16"×3/8")	325	23.9
U205	C203×56×10mm (C8"×2-3/16"×3/8")	283以上	20.4
SP50	□51×51×6mm (□2"×2"×1/4"SQ.Tube)	351以上	30.8

2. 歩道橋概要

本歩道橋は、橋長さ18.288m(60ft)、支間長17.805m、幅員2.0mであり、断面形状は、図2に示すように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。また、鉛直支柱部材には転落防止用のFRPレール(C76×22×6mm(C3"×7/8"×1/4"))を0.2m間隔で取り付けられている。設計基準は、立体横断施設技術基準・同解説(文献2)を参考としており、桁設計の群集荷重として3.5kN/m²を考慮した。また、固有振動数を2Hz以上とすることを前提にして、設計たわみ量としてL/400(L:支間長)を確保するように設計している。各部材の構成は、上下弦材、笠木および縦通材にチャンネル材U205、横桁にはチャンネル材U150、斜材および鉛直支柱材には、角パイプ材SP50を用いている。平行して実施した各材料のクーボン試験による引張強度と引張弾性率を表1に示す。この材料試験は、ガラス繊維強化プラスチックの引張試験方法JISK7054に準じて実施した。試験体数は3体としており、タブ抜けを生じたものもあるため、引張強度については最小値を示している。引張弾性率は、応力と歪の関係より、歪みが0.0005から0.0025の応力差と歪み差の傾きから算出し3体の平均値とした。

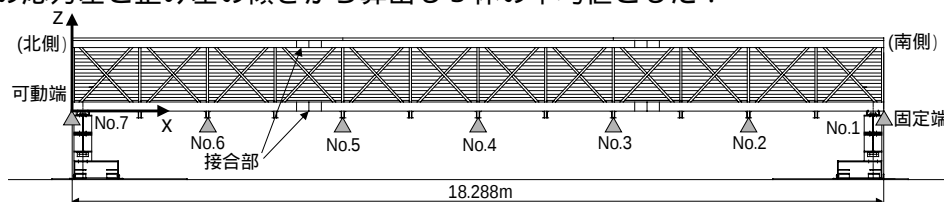


図1 たわみ測定位置

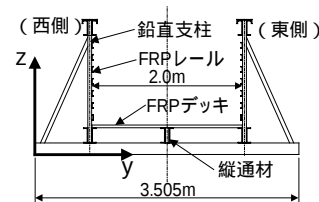


図2 横断面図

キーワード FRP, 歩道橋, 静的載荷実験

連絡先 〒135-0016 東京都江東区東陽4丁目1番13号 ヒロセ(株)技術開発部 TEL 03-5634-4510

3. 静的載荷実験方法

デッキ板の上に水槽(幅 $0.9 \times$ 長さ 1.8m)を20個設置し,水槽に注水することで載荷した.水槽の底部はシートで構成され,デッキ板に等分布な荷重を載荷できるようにした.最大載荷重の大きさは, 3.5kN/m^2 とし,最大荷重に対して25%(0.875kN/m^2),50%(1.75kN/m^2),75%(2.625kN/m^2)および100%の4ステップとした.

なお,100%載荷は2回実施している.荷重値の管理は,水槽の水深を測定することで行った.

載荷の手順は橋の中央部から両側の支点に向けて注水し,除荷の手順は支点側から橋中央に向けて排水した.全水槽の重量は 5.52kN であったが,載荷重には含めていない.計測は,下弦材の変位量を図1に示す桁延長方向 3m 間隔の測点でレベル測量により行った.測量の基準点は,固定端の測点No.1としている.

4. 実験結果

載荷による下弦材のたわみ量は,100%載荷時の測量結果より水槽撤去後の測量結果を引いた値として算出し,結果を図3に示す.設計計算値 43.4mm に対して,西側 29mm で,東側 31mm となった.したがって,左右の下弦材の平均たわみ量として $L/594$ となり,設計許容値 $L/400$ に対して小さめの値となった.これは,構造計算上考慮していないデッキやレールの影響と考える.

載荷重と下弦材中央部の変位量の関係を図4に示す.初期状態から 10mm 程度沈下しているが,これは,予備載荷として,桁延長中央部の 3.6m 範囲に 3.5kN/m^2 の荷重を載荷したことにより生じた残留変位量で,予備載荷時の桁の変位量は計測していない.載荷と除荷による変位量の大きさを見ると,75%載荷ステップ時では,載荷時と除荷時の変位量は一致していないが,100%載荷ステップ時の載荷時と除荷時の変位量はおおむね一致している.100%載荷により,ボルトによる支圧接合部のなじみが調整されるためと考えられる.このなじみによる桁の沈下量は,図4より東側で 34.5mm ,西側で 29mm となり,平均沈下量 32mm を用いて支間長に対するたわみ量を算出すると $L/556$ となる.

次に,載荷および除荷による載荷重と変位量の関係が直線であるとして,その勾配(変位量 δ /載荷重 q)と載荷ステップの関係を図5に示す.除荷時の勾配は,平均で 7.26 ,変動係数 13.8% ,また,載荷時の勾配は,平均で 9.55 ,変動係数 18.3% となった.除荷時の勾配は,載荷重に対してほぼ一定しているが,載荷時の勾配は,載荷重が大きくなるほど緩くなり,載荷重 3.5kN/m^2 においては,除荷時の勾配とほぼ一致している.したがって,過去に履歴を受けた載荷重の大きさまで,または,載荷重の大きさが 2.6kN/m^2 を超えると,接合部等のなじみによる変位は生じず,部材自身のたわみによる変位が生じると考えられる.

5. まとめ

載荷実験の結果,本FRP歩道橋は,活荷重によるたわみの基準値を満足することが確認できた.また,ボルト支圧接合のなじみにより生ずるたわみ量は,橋長 18m に対して 30mm 程度予想されるため,架設時には,このたわみ量を考慮した上げ越しを計画しておくことが望ましいと考えられる.

参考文献 1) 土木学会: FRP橋梁(技術とその展望), 構造工学シリーズ14, 2004.

2) 日本道路協会: 立体横断施設技術基準・同解説, 丸善, 1979.

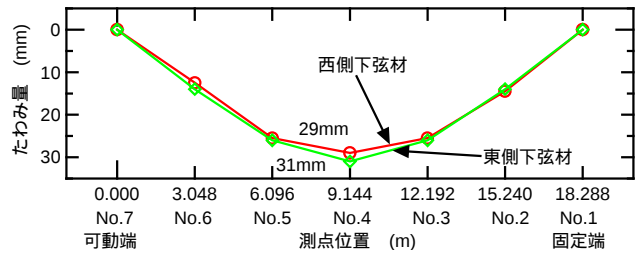
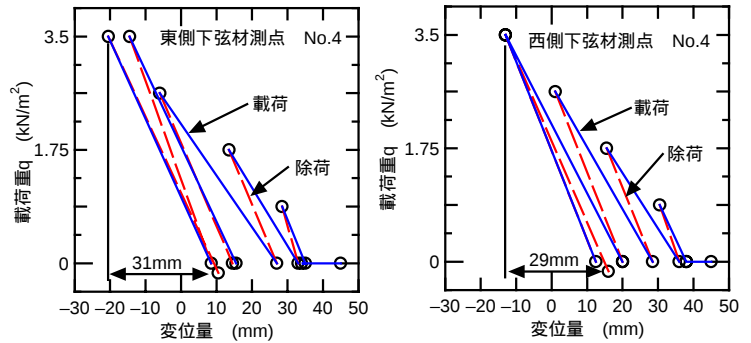


図3 下弦材のたわみ量



a) 東側下弦材

b) 西側下弦材

図4 載荷重と下弦材の変位量の関係

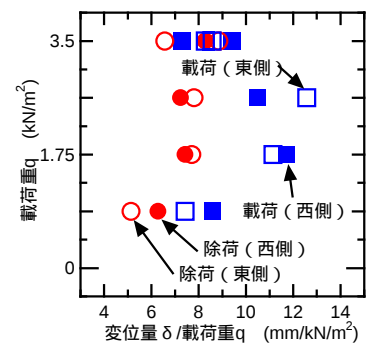


図5 載荷重と変位量/載荷重の関係