

GFRP 桁を用いた歩道橋主桁の試設計および曲げ載荷試験に関する検討

立命館大学大学院 学生員 ○大森 政和 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀
 三菱樹脂インフラテック(株) 正会員 久部 修弘 立命館大学理工学部 正会員 野阪 克義

1. はじめに

近年、FRP 材の橋梁への適用が検討されているが、設計指針などが確立していないために、事例ごとの検討が必要な状況である。著者らは、比較的安価な GFRP を主材として CFRP で補強した桁を、既存橋梁の拡幅歩道橋へ適用できないかを検討している。本研究では、歩道橋の試設計より主桁断面を決定、箱型 GFRP 桁を 4 積層した桁に床版を付けた実寸法の主桁断面を有する桁で曲げ載荷試験を行い、拡幅歩道橋への適用可能性を検討した。

2. 試設計

試設計は FRP 歩道橋設計・施工指針(案)に基づき性能照査法で行った。橋長は 5200mm、支間長は 5000mm で幅員が 3500mm の 2 主桁の歩道橋を想定した。また、群衆荷重は 3.5kN/mm² とした。照査内容に関しては作用断面力と曲げ耐力およびたわみの照査の 3 つである。

主桁には箱型 GFRP 桁を 4 層積層し、上面に GFRP 製の中空断面(橋軸直角方向に対して)を有する床版を接着、下面を CFRP 板で補強したものを想定した。箱型 GFRP 桁は幅×高さが 100×100、厚さが 5mm である。また、補強に用いた CFRP 板は幅 50×厚さ 1.2mm、GFRP 床版は幅×高さが 496×60mm、厚さ 5~7mm の中空矩形断面のものを接着剤で連結したものである。GFRP 材は長手方向の 1 方向繊維補強材である。

2.1 照査内容

(1) 作用断面力

主桁、地覆、舗装、高欄の死荷重と活荷重を慣用計算法にて算出し、各桁にかかる最大曲げモーメントとせん断力について照査した。

(2) 曲げ耐力

各桁の断面 2 次モーメントから全断面曲げ耐力と高弾性 CFRP 破断時のモーメントを算出した。また、断面計算に床版を考慮する場合(有床版)と考慮しない場合(無床版)の両方で照査した。

(3) たわみの照査

たわみについては、活荷重 3.5kN/m² に対し、たわみの制限値(支間長の 1/400)以内となるか照査した。たわみの算出では、せん断によるたわみと曲げによるたわみの合計で検討した。たわみに関しても、床版の有無、両方を検討した。

2.2 照査結果

照査結果をまとめたものを表-1 に示す。最大モーメントと断面耐力を比較した場合、床版の剛性を考慮に入れなくても許容値の範囲内に入っている。たわみを照査では、床版の剛性を考慮すると制限値 12.5mm の範囲内に入るが、考慮に入れない場合はたわみが制限値より上回る結果となった。しかし、設計における群衆荷重やたわみの制限値の条件に明確な規定がないため今後検討していく必要がある。

表-1 照査結果

作用断面力	M S	kN・m kN	2主桁4積層	
			無床版	有床版
曲げ耐力	引張側	kN・m	129.2	216.4
	圧縮側	kN・m	65.4	197.1
	破断	kN・m	51.8	79.2
	床版(座屈)	kN・m	—	58.7
たわみ	たわみ	mm	14.81	8.63

キーワード GFRP 桁, 拡幅歩道橋, 試設計, 曲げ実験
 連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部 TEL077-561-3007

3. 曲げ載荷試験

3.1 実験概要

実験供試体の概要図を図-1 に示す。実験は全て4点曲げ載荷で、ひずみ・荷重・たわみを計測した。

供試体は、橋長を5200mm、支間長を5000mmとし、等曲げ区間を1200mm、せん断区間を1900mmとした。試設計と同じく、主桁は箱型GFRP桁を4層接着材で積層し、下面をCFRP板で補強した。試設計において有効幅員が1300mmとなったため、幅が1300mmのGFRP床版を接合した。固定方法は接着材とGFRPアングル材+リベットの併用接合としている。支圧部(載荷点および支点)での圧壊を防ぐため、桁内部にモルタルを充填することで補強を行った(図-1の網掛け部)。

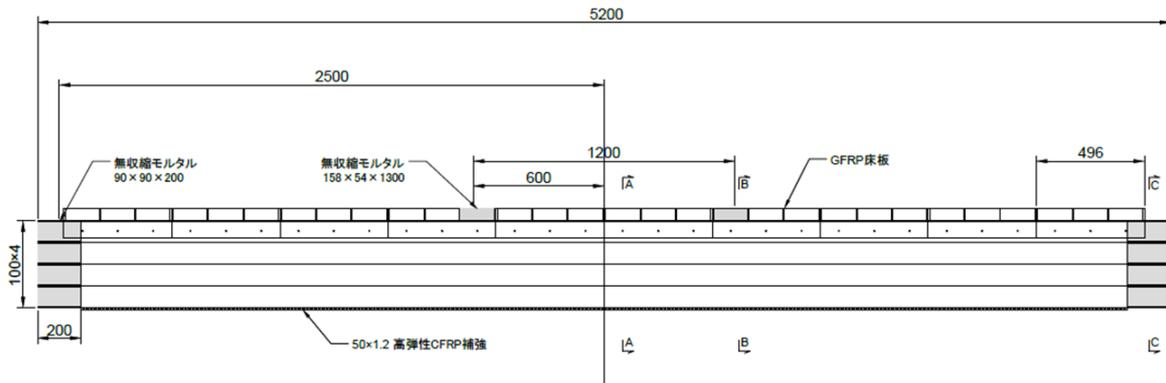


図-1 曲げ実験供試体

3.2 実験結果

曲げ実験の崩壊形状を図-2 に示す。崩壊形状としてはGFRP床版の座屈という結果となった。これは想定していた崩壊と一致する結果であり、最大荷重107.8kN ($M=103.5\text{kN}\cdot\text{m}$)も、床版の上端部の板座屈が生じる時の理論値である104.4kNとほぼ同じ試験

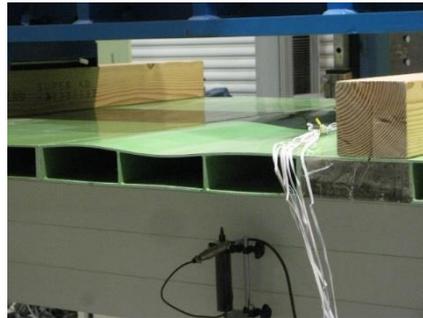


図-2 崩壊形状

結果が得られた。このとき、GFRP床版とGFRP桁との接着界面の剥離といった現象は全く見られなかった。GFRPアングル材+リベットを用いた併用接合が効果的であったと言える。

$M=50\text{kN}\cdot\text{m}$ 時のひずみ分布を図-3 に示す。ひずみ分布は直線的な挙動を示す結果となっており、ほとんど理論値通りの結果が得られ、平面保持の仮定を用いた設計が可能であることを示している。

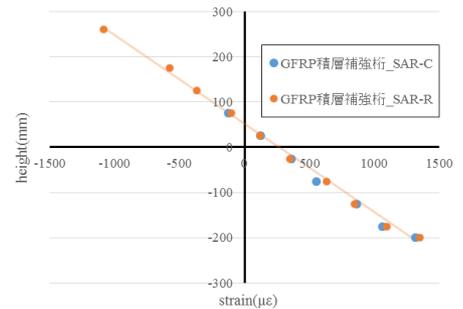


図-3 ひずみ分布

たわみの計測結果を図-4 に示す。図中、実験結果と理論値を比較している。理論計算には曲げによるたわみをカスティリャーノの定理から、せん断たわみ δ_{shear} については、ウェブ断面にのみせん断力が作用すると仮定して算出した。たわみの実験値と理論値を比較するとほぼ一致しており、たわみ量は予測可能であると言える。

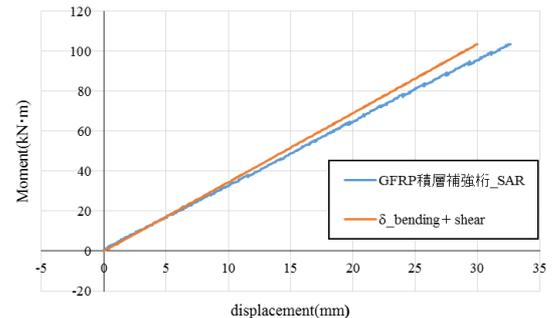


図-4 たわみ挙動

4. おわりに

本研究の実験結果より、GFRP積層補強桁は十分な耐荷能力を有しており、ひずみ分布に関しても鋼材と同様に直線的な分布を示すことがわかった。しかし、FRPの特徴としてせん断によるたわみ、支圧部の補強、接着材による接合方法などについて注意が必要である。