

全 FRP 橋梁 自転車道 13 号橋の設計, 製作, および架設

Design, manufacture, and erection of Jitenshadou-13gou-bridge made of FRP

中島和俊*, 安波博道**, 細沼宏之***

Kazutoshi Nakashima, Hiromichi Yasunami, Hiroyuki Hosonuma

*財団法人土木研究センター 材料・構造研究部 (〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4)

**財団法人土木研究センター 材料・構造研究部 (〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4)

***石川県津幡土木事務所 維持管理課 (〒929-0325 河北郡津幡町字加賀爪 111-1)

This paper provides design, manufacture and erection of Jitenshadou-13gou-bridge made of FRP located at Hakui-shi, Ishikawa-Ken. We needed to replace the previous bridge made of wood erected in 1991 for cracking on laminated wood. Because the environment at the location of the bridge is very corrosive why the distance from the sea of Japan is less than 200m, we considered LCC to select type of the bridge.

Key Words: FRP, design, manufacture, erection

キーワード: FRP, 歩道橋, 設計, 製作, 架設

1. はじめに

従来, 橋梁の主要材料として鋼およびコンクリートが使用されてきたが, 沿岸地域などの厳しい腐食環境下においては, いずれの材料を用いても維持補修に多大な投資が必要であった。これに対して, ガラス繊維強化プラスチック (GFRP) を主要材料とした全 FRP 橋梁は, 材料の持つ極めて高い耐食性から維持補修に要する費用を低減させる事ができ, 新たな主要材料として期待が持たれている。全 FRP 橋梁 (歩道橋) は, 米国など諸外国において数百橋の実績があり, 我が国においては 2000 年に初めて沖縄 FRP 歩道橋¹⁾が建設されている。

しかしながら, 全 FRP 橋の高い初期コストや設計的課題などにより, 我が国においては沖縄 FRP 歩道橋以降, 全 FRP 橋梁は新設されていない。

ここでは, 厳しい腐食環境下に建設される自転車道 13 号橋を対象として, 他形式橋梁とのライフサイ

クルコスト (LCC) 比較や, 設計的課題の整理を行い, 全 FRP 橋梁の設計, 製作, 架設について取りまとめる。

2. 橋梁概要

2008 年に建設された国内 2 橋目となる全 FRP 橋梁は, 石川県羽咋郡門前町に架かる自転車道 13 号橋の架替え橋梁 (以下, 新 13 号橋) である。架橋地点は日本海沿岸から 200m 以下と至近であり, 厳しい腐食環境下にあることから, LCC が最小となる橋梁の選定が行われることとなった。

2.1 新 13 号橋の諸元

既設橋の橋梁諸元は, 土木研究所他により製作された FRP 製歩道橋の実大模型橋 (以下, FRP 模型橋)

²⁾とほぼ同スペックであり, FRP 模型橋にて得られた知見を基にした橋梁の設計・製作が可能であるこ

とが明らかであった。表-1 に既設橋、FRP 模型橋、および新 13 号橋の諸元を示す。また、新 13 号橋の構造一般図を図-1 に示す。

表-1 構造諸元

	自転車道 13 号橋		FRP 模型橋
	既設橋	新 13 号橋	
橋梁形式	キングポストトラス橋	単純鈑桁橋	単純鈑桁橋
支間長	10,600	10,600	10,120
総幅員	4,820	4,000	3,440
有効幅員	3,500	3,500	3,000
主要材料	木材	GFRP, SUS316	GFRP,CFRP, SUS304

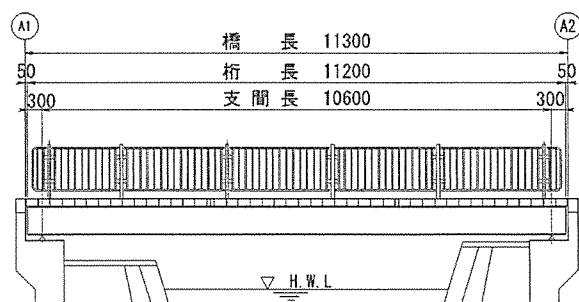


図-1(1) 新 13 号橋の一般図（側面）

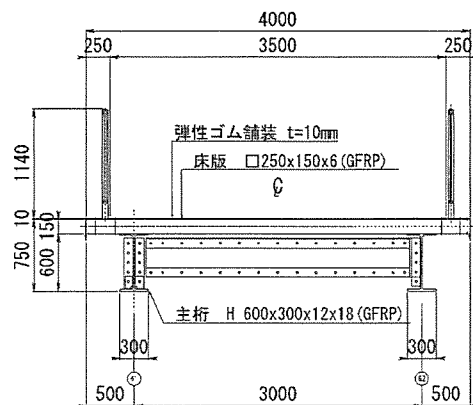


図-1(2) 新 13 号橋の一般図（断面）

2.2 橋梁形式の選定

橋梁形式の選定に当たっては、初期建設コストのみならず、LCC が最小となる橋梁形式を選定することとした。比較対象とした橋梁形式は、全 FRP 製橋梁のほか、鋼単純合成 H 桁橋、スラブ桁方式 PC 単純 T 桁橋とした。

LCC 算定に当たっては、既設橋の総重量(約 10tf)とそれぞれの総重量(FRP:5tf, 鋼:16tf, PC:22tf)から、FRP のみ既設橋下部工を利用できるが、他形式では既設橋下部工の撤去・新設を行う必要があった。また、架設環境の厳しさから、鋼単純合成 H 桁橋およびスラブ桁方式 PC 単純 T 桁橋ともに補修塗装を行うこととした。なお、LCC を算出する期間は 50 年としている。表-2 に LCC 比較表を掲載する。

表-2 LCC 比較表

		FRP 単純鈑桁橋	鋼単純合成 H 桁橋	スラブ桁方式 PC 単純 T 桁橋
概算工費	上部工	14,500 千円	8,900 千円	9,600 千円
	下部工	2,000 千円	5,000 千円	5,000 千円
	維持コスト	0 千円	2,900 千円	2,400 千円
	合計(50 年 LCC)	16,500 千円	16,800 千円	17,000 千円
上部工死荷重反力		43 kN	158 kN	215 kN
評価	経済性	1.000	1.019	1.030
	施工性	ほぼ工場製作のため現場施工性に優れる	現場施工が多いため若干劣る	比較的容易である
	構造的性	軽量のため耐震性に優れる	比較的下部工への負担が少ない	剛性が高いため歩行性は良い
	維持管理	耐食性に極めて優れている	定期的な維持塗装が必要	定期的な維持塗装が必要
	その他	下部工の軽微な改修が必要	下部工の撤去・新設が必要	下部工の撤去・新設が必要
総合評価		◎	△	○

3. 新 13 号橋の設計，製作，および架設

3.1 構造概要

主桁には大型引抜成形材 H-600x300(GFRP)を使用し，主桁は 1 支間を 1 部材で構成した．したがって主桁の継手は存在しない．主桁の材料強度は，引張強度 400MPa，引張弾性率 24GPa を採り，材料試験により妥当性を確認した．床版は引抜成形材□-250x150x6(GFRP)を敷並べて床版とし，床版支間は主桁間隔となる 3.0m である．床版材は主桁にステンレスボルト M12(SUS316)で定着され，床版材同士は連結されていない．横桁は引抜成形材(GFRP)を加工した I 断面とし，主桁との連結部にはステンレス板，ステンレスボルト M20(共に SUS316)を使用した．図-2 に構造概要を示す．

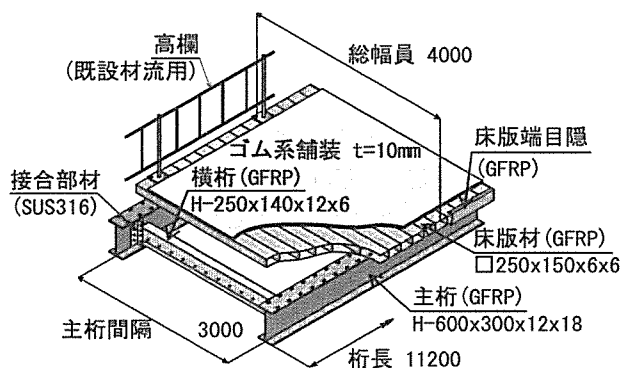


図-2 新 13 号橋の構造概要

3.2 検討課題

新 13 号橋は FRP 模型橋とほぼ同スペックであり，全 FRP 橋として構造が成立することは確認していたが，実橋への適用に当たっては下記の設計課題が存在した．

- ①合理的な活荷重強度および活荷重たわみ制限の設定
 - ②床版のたわみに追従する舗装材の選定
- 以下にそれぞれの詳細を記す．

3.3 活荷重強度および活荷重たわみ制限の設定

全 FRP 橋梁の主要材料である GFRP は，鋼材 (SS400) とほぼ同じ引張強度を有するものの，弾性係数は約 1/10 と遙かに小さい．このため，主要構造部材は応力度ではなく活荷重たわみに対する制限により決定されることとなる．従来一般的に用いられてきた「立体横断施設設置要領案・横断歩道橋設計指針解説」³⁾に規定される活荷重たわみの制限値（活荷重強度 3.5kN/m² に対するたわみが支間長の 1/400 以下であること）を厳格に適用すると，主桁剛性を向上させるため，模型橋のように比較的高価な炭素繊維強化プラスチック（CFRP）による主桁補強が必要であった．

そこで本橋では，自転車専用道路であることから，活荷重たわみ照査に用いる活荷重強度を実態に見合った強度に置き換えることで，合理的な設計を行うこととした．活荷重強度および活荷重たわみ制限を表-3 にまとめる．なお，新 13 号橋のたわみ照査時に用いた活荷重強度は，自転車および搭乗者の重量と占有面積から算定した．

表-3 活荷重強度および活荷重たわみ制限

		新 13 号橋	FRP 模型橋
活 荷 重	床版設計時	5.0 kN/m ²	5.0 kN/m ²
	主桁設計時	3.5 kN/m ²	3.5 kN/m ²
	たわみ照査時	1.0 kN/m ²	3.5 kN/m ²
活荷重たわみ制限		支間長/400	支間長/400

上記による荷重強度を基に，活荷重たわみの照査を行った結果，11.5mm の活荷重たわみを生じ，許容活荷重たわみ 26.5mm（支間長/400）に対して十分な安全率を確保した．一方，発生応力の設計基準強度に対する余裕度（安全率）の下限を 3.2 として各応力状態に対する照査を行った結果，主桁発生応力度は，曲げ応力度として 41MPa，せん断応力度として 7.7MPa となり，曲げ設計基準強度 350 MPa に対して安全率は約 9 倍，同せん断設計基準強度 30MPa に対して安全率は約 3.9 倍であることを確認した．

3.4 床版のたわみに追従する舗装材の選定

FRP 模型橋では舗装材にアスファルト舗装を想定していたが、新 13 号橋ではアスファルト敷設時の FRP に対する悪影響（熱、転圧荷重）、および床版材同士が連結されていないことから生じる鍵盤状たわみの影響（床版材間で最大 3mm の相対たわみが想定される）に配慮し、伸縮性に富むゴム系舗装材を採用した。

なお、ゴム系舗装材の採用に当たっては、事前に FRP 模型橋において施工試験を実施し、施工手順や施工品質などの確認を行った。

4. 新 13 号橋の製作

新 13 号橋は主桁の現場継手がなく、部材の製作誤差は出来形不整に繋がる。したがって、新 13 号橋の製作に当たっては、FRP 製作工場内において部材の加工や仮組みを実施し、実用に際して影響がない所定の品質であることを確認した。具体的には、鋼橋に要求される部材製作精度の約 1/3 の製作精度を許容値とした。写真-1、2 に仮組検査状況を示す。

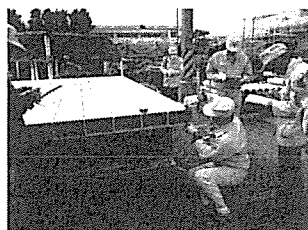


写真-1 仮組検査状況① 写真-2 仮組検査状況②

5. 新 13 号橋の架設

新 13 号橋の主桁架設は、主桁重量が 1 部材当たり 400kgf であったため、10tf トラッククレーンによる単材架設を行った。床版材は 1 部材当たり 36kgf と軽量であるため、人力により設置した。架設開始から主要部材の設置・緊結までの所要時間は、約 4 時間であった。架設状況を写真-3～6 に示す。



写真-3 主桁架設



写真-4 横桁架設

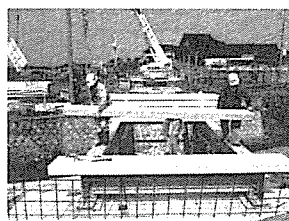


写真-5 床版架設

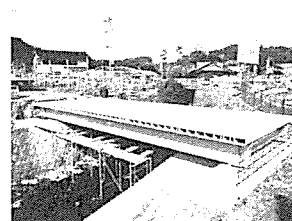


写真-6 主部材架設完了

6. まとめ

厳しい腐食環境下にある歩道橋の架替えにおいて、LCC の比較検討を行った結果、全 FRP 橋が最も LCC が優位となった。

新 13 号橋の設計に当たっては FRP 模型橋の設計を前提として細部の改良を行った。また、新 13 号橋の製作・架設に当たっては、FRP 固有の特性に配慮した製作管理、架設管理を行い、所要の品質を確保することができた。

謝辞

全 FRP 橋 自転車道 13 号橋の設計・製作・架設にあたり、(独)土木研究所 新材料チーム 西崎上席研究員、木嶋主任研究員から多くのご指導を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 沖縄県土木建築部中部土木事務所：伊計平良川線ロードパーク連絡歩道橋設計業務報告書，2000.3
- 2) 土木研究所，土木研究センター，AGC マテックス，石川島播磨重工業，新日本石油，日東紡績，三菱重工業：FRP を用いた橋梁の設計技術に関する共同研究報告書（Ⅱ），2007.6
- 3) 日本道路協会：立体横断施設設置要領案・横断歩道橋設計指針解説，1970