

GFRP 引き抜き成型材を用いた歩道橋に関する基礎的研究

東京都立大学大学院 学生員 神原由紀
 東京都立大学 フェロー 前田研一* 東京都立大学 正会員 中村一史
 IHI 正会員 宇野名右衛門 IHI 正会員 北山暢彦 土木研究所 正会員 明嵐政司

1. まえがき GFRP は、昭和 30 年代後半には小型船舶、舟艇構造材料として一般化した。これまで土木分野においては、プレストレストコンクリート緊張ケーブルや補強材料としての利用が一般的であった。しかし、近年土木構造物における架設作業および維持管理の合理化の重要性が指摘されている中、GFRP には、比重が 2.0 と超軽量で、架設時には従来の仮設機材に比べ小規模なもので十分対応でき、切断・孔空けが比較的容易と加工性が良く、現場での作業性に優れていること、また、ゲルコートと呼ばれる被覆層の耐食性・耐久性により、塩害など環境面で不利な地域への適応が期待できるなどの特徴がある。加えて引き抜き成型材の生産技術も飛躍的に向上し、大型断面部材を製造することができるようになってきており、歩道橋の主桁に GFRP 引き抜き成型材を用いることも可能になってきたが、弾性係数がかなり小さいため、剛性が低下して、活荷重に対するたわみにより断面が決定される可能性が高いことが問題点となっていた。これらの状況を踏まえ、本研究では、材料特性や生産可能断面積などを十分に把握し、GFRP 引き抜き成型材を用いた歩道橋の試設計を行って、たわみ制限を満たす主桁の断面寸法・形状を検討するとともに、たわみを抑制し、経済性を高めるための改善策を提案することを目的とした。

2. 材料特性と設計条件 FRP の繊維基材の特徴、および、試設計に用いた GFRP 引き抜き成型材の材料特性と生産可能な断面積を表-1、表-2 に示す。アスファルト舗装を除き、全ての部材を GFRP 引き抜き成型材によるものとした。設計基準は立体横断施設技術基準・同解説を用い、設計条件として、主桁長 10.8m、有効幅員 1.5m（設計歩行者人数：80 人/分）の単径間歩道橋を対象に、次の 2 構造形式を考えた。

形式①：単純支持形式 2 主桁橋（支間長 $L=10.0m$ ，単一断面）（図-1 a）参照

$$\text{たわみ } \delta = \frac{5pL^4}{384EI} < \frac{L}{600} \text{ (mm)} \quad \text{振動数 } f = \frac{1}{2\pi} \times \pi^2 \times \sqrt{\frac{EI}{mL^4}} \neq 1.5 \sim 2.3 \text{ (Hz)}$$

形式②：両端固定形式 2 主桁橋（支間長 $L=9.2m$ ，単一断面）（図-1 b）参照

$$\text{たわみ } \delta = \frac{1pL^4}{384EI} < \frac{L}{600} \text{ (mm)} \quad \text{振動数 } f = \frac{1}{2\pi} \times 4.73^2 \times \sqrt{\frac{EI}{mL^4}} \neq 1.5 \sim 2.3 \text{ (Hz)}$$

各形式のたわみ制限、振動使用性確保の条件は上述のとおりである。両端固定形式では、まず死荷重を単純支持状態で受け、次にアンカーボルトで定着して両端固定状態とし、活荷重および温度変化の影響を受けるものとした。すなわち、このように各架設段階で支持状態を変化させることにより、たわみを抑制するとともに、負反力の軽減を図った。なお、活荷重は $3.5kN/m^2$ 、温度変化は $\pm 30^\circ C$ とした。

表-1 繊維基材の特徴

繊維基材	特徴
ガラス	強度自体はかなりあるが、比弾性率が低い。したがって設計では剛性がクリティカルになることが多い。疲労特性はあまりよくないが、耐衝撃性はある。
高強度炭素	炭素繊維は一般に伸びが少なく、衝撃に対して弱い。疲労特性は良い。高強度タイプの炭素繊維は比強度、比弾性率のバランスがとれている。
アラミド	多くの点でガラス繊維と炭素繊維の中間の性質をもつ。衝撃に強いが圧縮に対する強度は低い。湿熱環境での特性にやや難がある。

表-2 GFRP 引き抜き成型材の材料特性と生産可能な断面積

主桁、横桁、床版、地覆、高欄	弾性係数 E (GPa)	曲げ強度 (MPa)	比重	線膨張係数 ($1/^\circ C$)	生産可能断面積 (cm^2)
	30	260	2.0	0.7×10^{-5}	2×10^2

Key Words : GFRP, 引き抜き成型材, 歩道橋, たわみ制限

連絡先* : 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 0426-77-1111 FAX. 0426-77-2772

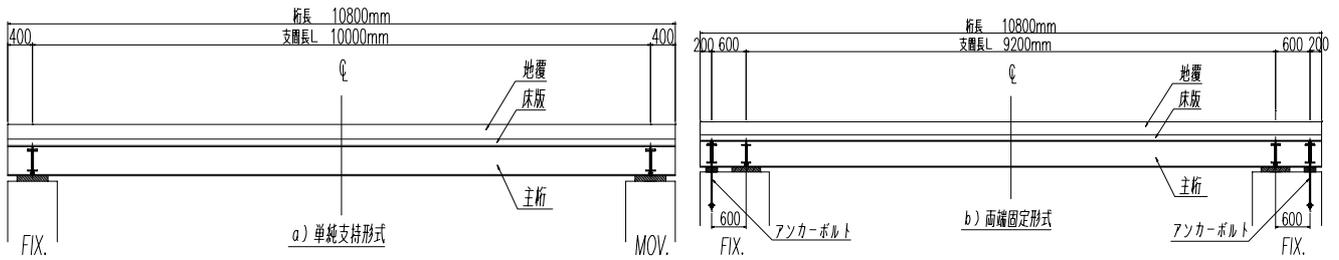


図-1 構造形式と試設計結果（側面図）

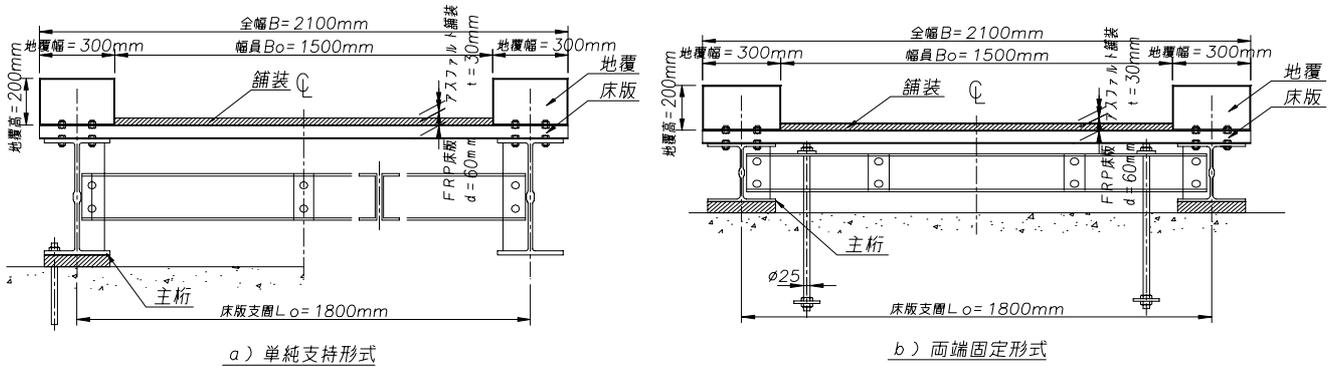


図-2 試設計結果（断面図）

3. 試設計結果 試設計結果として、単純支持形式および両端固定形式の側面図、断面図を図-1、図-2 に示す。図-3 には、床版の断面詳細、図-4 には、主桁の断面詳細を示す。両端固定形式では、GFRP 引き抜き成型材の既製品（SP250）を加工した貼り合わせ断面の主桁（図-5）についても検討した結果、適用が可能であることを確かめた。

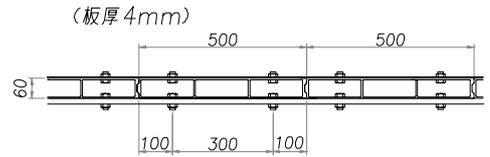


図-3 床版断面詳細（側面図）

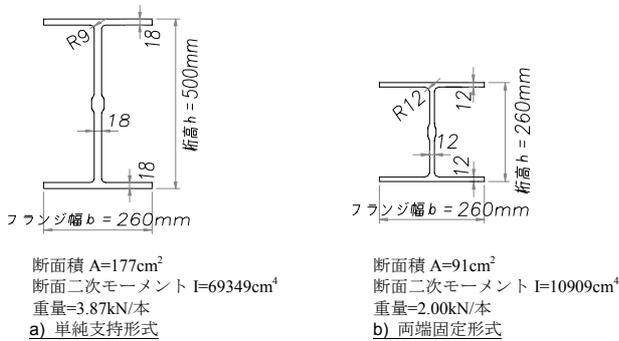


図-4 主桁断面詳細

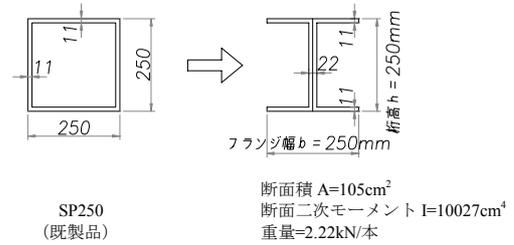


図-5 主桁貼り合わせ断面詳細（両端固定形式）

4. 照査結果と GFRP 重量 試設計で得られた主桁断面の照査結果、および、GFRP 重量（主桁、横桁、床版、地覆、高欄）と舗装を含む総重量を、以下（表-3）に示す。貼り合わせ断面（両端固定形式）についても、たわみ制限をほぼ満足していることが解る。

表-3 照査結果と重量

	構造形式	最大たわみ (mm)	たわみ制限値 L/600 (mm)	振動数 (Hz)	最大応力 (MPa)	安全率	GFRP 重量 (kN)	総重量 (kN)
GFRP	単純支持	16.5	< 16.7	3.8	34.0	7.6	12.1	23.1
GFRP	両端固定	15.1	< 15.3	5.5	33.7	7.7	8.4	19.4
GFRP (貼り合わせ断面)	両端固定	16.3	≒ 15.3	4.4	35.7	7.3	8.9	19.8

5. まとめ ①引き抜き成型材として現在生産可能な断面で、単純支持形式、両端固定形式ともに、たわみ制限を満足して設計が可能であることを確かめることができた。②両端固定形式としてたわみを抑制し、さらに支持状態を架設段階により変化させて負反力を低減することによって、経済性を高めることができた。③両端固定形式であれば、既製品の引き抜き成型材による貼り合わせ断面を用いても、設計が可能であり、たわみ制限についてもほぼ満足することが解った。④これら GFRP 歩道橋の GFRP 重量は 10kN 前後となり、きわめて軽量で、施工が容易であり、急速施工が求められる場所などにおける有用性が明らかになった。