

床版橋形式 GFRP 歩道橋の擬似両端固定支持構造の安全性

首都大学東京大学院 学生員 高野 徹・学生員 崔 賢

首都大学東京 フェロー 前田研一・正会員 中村一史

正会員 北山暢彦・旭硝子マテックス 正会員 林耕四郎・渡邊哲也

1. 研究背景と目的

近年、土木構造物における架設作業と維持管理などの合理化の重要性が指摘されるなか、軽量性、耐食性などの特長を有するガラス繊維強化プラスチック (GFRP; Glass Fiber Reinforced Plastic) は、構造用の新素材として注目されている。本研究は、GFRP引き抜き成形材を用いた床版橋形式歩道橋を開発し¹⁾、その実用化を図るものである。開発にあたっては、材料の曲げ弾性率が小さく、たわみが断面決定上で支配的となることから、経済性を飛躍的に向上させるために、単純支持条件に替え、アンカーボルトによる擬似的な両端固定支持条件 (Semi-Fixed Support) を提案しており、今回は、擬似両端固定支持構造の詳細検討を行って、実大模型による静的載荷試験を実施し、その安全性を検証した。

2. 床版橋形式 GFRP 歩道橋の試設計

床版橋形式GFRP歩道橋の実用性を検討するために、事前に図-1 に示すような支間長 $L=16\text{m}$ の実橋モデルの試設計を行った。断面形状は、図-2 に示すようであり、引き抜き成形材のI300 材とF1000 シート材を接着層（マッドイン）により接合することとし、それらが一体化された断面を抵抗断面とした。また、地覆・高欄も非構造用のGFRP引き抜き成形材としたが、断面剛性には寄与しないものとした。両端支持条件は、上述したように、アンカーボルトによる擬似固定支持条件（図-2）として、立体横断施設技術基準・同解説に準拠し、群集荷重 3.5kN/m^2 を載荷した結果、たわみ制限 $L/600$ を満足できた。

3. 擬似固定支持構造の詳細検討

アンカーボルトの設計については、I300の下フランジに各2本配置することとし、実橋モデルの骨組構造解析によるアンカーボルト1本あたりの反力の値に基づいて、それらの径を決定した。その際、アンカーボルト10本に生じる軸力にはばらつきがあり、最大値が平均値の1.04倍となることがFEM解析から解っていたので、この分配効果を考慮して1本あたりの反力に1.1倍した値を設計軸力とした。その結果、アンカーボルト1本あたりの設計軸力は18.726kNとなり、φ20のアンカーボルトを用いると、設計応力が76N/mm²で、SUS304の許容応力度²⁾100N/mm²を満たすことから、材質SUS304、M20のものを使用した。

また、アンカーボルトに作用する引張力を I300 フランジのみではなく、ウェブにも受け持たせるために、定着盤 (図-3) を各々の両面に取り付けることとした。接合方法は、ブラインドリベット (材質 SUS305) $\phi 4.8$ を用いたリベット接合とし、リベットの配置は、7 段 $\times$ 4 列の 28 本とした。ブラインドリベット 1 本のせん断強度が 5.3kN であることから、リベットの安全率は 7.93、1 面せん断接合として考えても 3.96 となり、安全な接合が可能であるといえた。

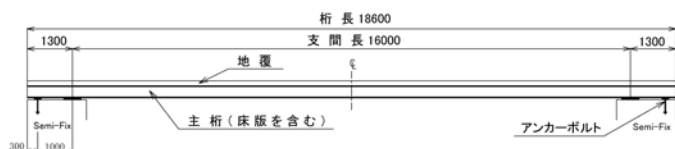


図-1 床版橋形式 GFRP 歩道橋の一般図

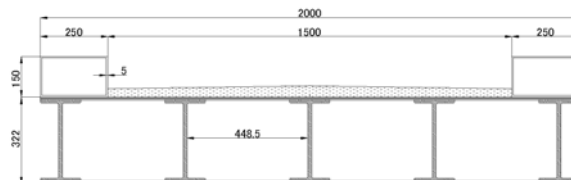


図-2 床版橋形式 GFRP 歩道橋の断面図

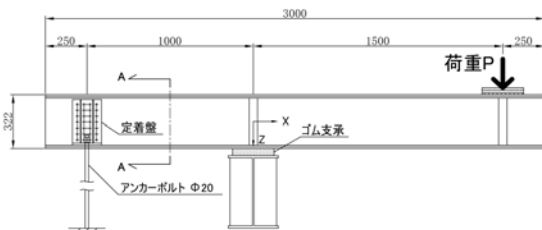
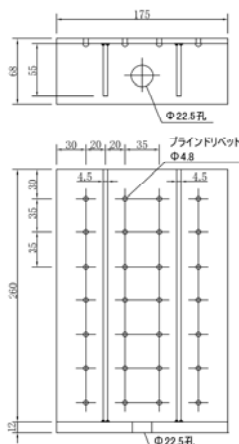
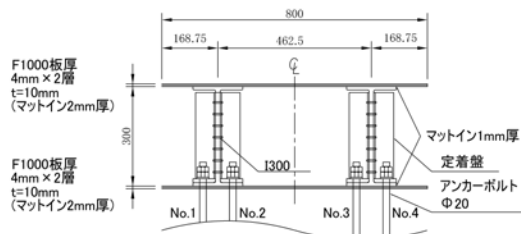


図-4 模型試験体の側面図



A-A 断面

図-5 模型試験体の断面図

図-3 アンカーボルトの定着盤

Key Words : GFRP, 引き抜き成形材, 擬似両端固定支持条件, アンカーボルト, 歩道橋

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 内線(4564)

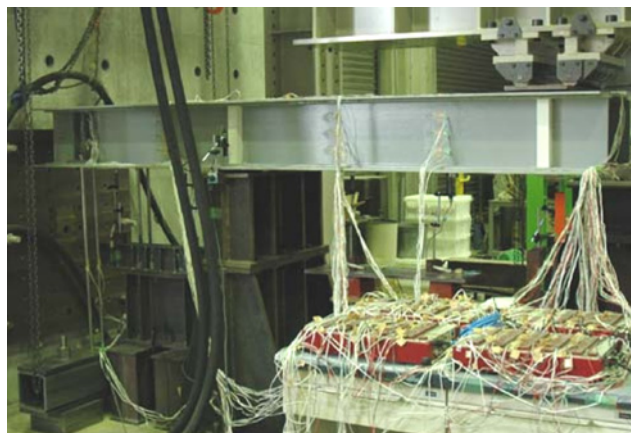


写真-1 実大模型のセットアップ状況

表-1 材料物性値

		F1000	I300		マットイン
			フランジ	ウェブ	
ヤング係数 (GPa)	E_X	29.1	34.2	25.4	9.1
	E_Y	(3.0)	(3.0)	11.4	
	E_Z	10.3	15.1	(3.0)	
ポアソン比	ν_{XY}	(0.30)	(0.30)	0.44	(0.30)
	ν_{YZ}	(0.30)	(0.30)	(0.30)	
	ν_{ZX}	(0.30)	0.35	(0.30)	
せん断弾性係数 (GPa)	G_{XY}	(2.0)	(2.0)	4.1	(3.5)
	G_{YZ}	(2.0)	(2.0)	(2.0)	
	G_{ZX}	4.5	(4.0)	(2.0)	

X: 橋軸方向 Y: 鉛直方向 Z: 橋軸直角方向 * ()内は仮定値

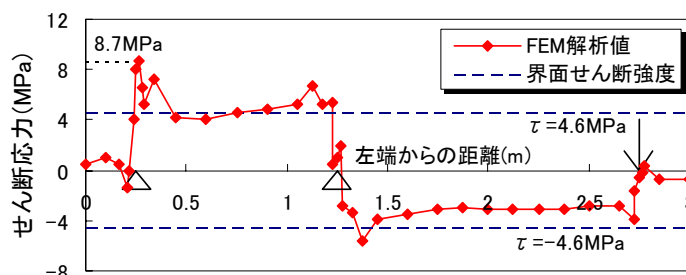


図-7 接着層界面のせん断応力分布

4. 実大模型による安全性の検証

試設計を行った実橋モデルの断面の一部分を対象に実大模型試験体(図-4, 5)を製作して、静的荷重試験を実施した。本試験では、擬似両端固定支持構造の変形・応力特性を合理的に検証するために、張り出し梁構造の一端にアンカーボルトを配置し、もう一端に集中荷重を荷重した。中間支点では、ゴムを設置し、ゴム支承として支持した。アンカーボルトの設計軸力を生じさせる荷重は45.4kN、前述の分配効果を考慮すると49.9kNであった。また、アンカーボルトにもひずみゲージを表裏1枚ずつ貼り付け、軸力を計測できるようにした。

実験結果として、荷重とその荷重位置の変位との関係を示す図-6から、荷重荷重130.2kNでI300材とF1000シート材のマットイン接着層の界面剥離が起こり終局となったことが解る。このときの実大模型モデルのFEM解析(材料特性:表-1)による接着層界面のせん断応力の最大値は図-7に示すように8.7MPaであり、材料試験による界面せん断強度4.6MPaを上回る箇所がみられたことから、接着層の界面剥離は起こり得ることであったといえた。また、アンカーボルトの荷重-軸力曲線を示す図-8からは、4本のアンカーボルトにかかる軸力はほぼ均等で、ひずみは線形的に増えていくことが解り、それぞれの実測値はFEM解析値とほぼ一致している。以上のことから本試験結果は妥当であり、擬似両端固定支持構造の安全率は2.87、分配効果を考慮しても2.61となることより、安全性を十分に確保できることが確かめられた。

5. 結論

試設計を行った結果、引き抜き成形材を用い、提案した擬似両端固定支持条件を適用してたわみを大幅に低減することで、経済性の高い床版橋形式GFRP歩道橋の実用性が明らかになった。また、実大模型を用いた静的荷重試験より、アンカーボルトを用いた擬似両端固定支持構造の詳細設計の妥当性を検証でき、十分な安全性を確保できることが確かめられた。また、界面剥離が起きた接着層にリベットを併用することでさらに安全性が高められると考えられ、今後検討する予定である。

参考文献

- 1) 前田研一, 北山暢彦, 中村一史, 林耕四郎, 梶川康男: GFRP 引き抜き成型材を用いた歩道橋の開発と使用性, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.50A, pp.375-382, 2004.3.
- 2) ダム・堰施設技術協会: ダム・堰施設(水門)技術基準(平成11年版), 1999.3.

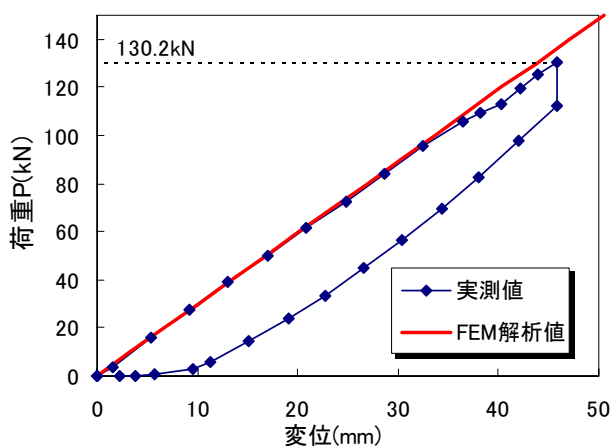


図-6 荷重-変位曲線(荷重位置)

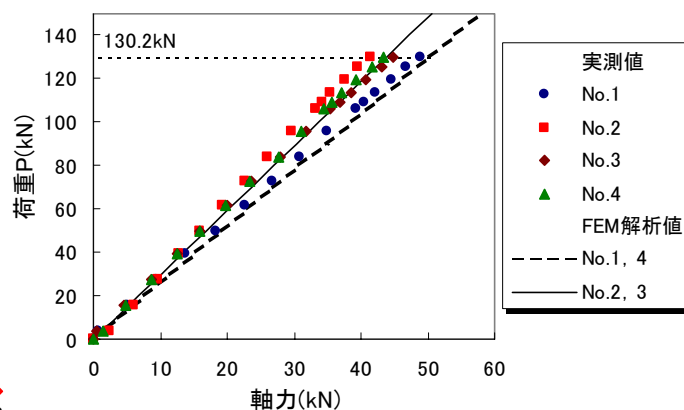


図-8 アンカーボルトの荷重-軸力曲線