

歩道橋用バルササンドイッチパネル床版の開発

(株)横河ブリッジホールディングス 正会員 ○石井博典

(株)横河ブリッジ 正会員 山浦明洋 正会員 白水晃生

ヤマハ発動機(株) 小島郁夫 3A Composites 松田紀元

1. はじめに

既設橋梁の機能向上を目的として歩道を添架する場合、既設橋への負担を少なくするため、軽量の床版が求められる。そのようなニーズに対応するため、軽量（比重 0.15 程度）で圧縮・せん断強度に優れた植林による木材であるバルサ材の上下に、ガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRP）をポリエステル樹脂で真空積層したバルササンドイッチパネル（以下、BSWP、図-1 参照）を用いた歩道橋向け床版を開発した。

2. バルササンドイッチ床版の概要

開発した歩道用軽量床版は、バルサ材（厚さ 51～85mm）と GFRP（厚さ 3.67 mm）を組み合わせた複合材構造である。軽量であるため人力による架設が可能である他、表面にすべり止めのためのパターンをつけることで舗装を省略することができ、床版表面の色彩も自由に選ぶことができるなどのメリットがある。海外では歩道橋や道路橋の床版として既に採用実績がある。床版は鋼桁の上に設置することを基本としており、鋼桁と BSWP は接着材で接合する。

3. 床版の設計と試験内容

歩道橋用床版としての基本性能を確認するため、①曲げ耐力確認試験、②高欄推力試験、③鋼桁との接合部の性能確認試験、を実施した。基本構造の適用床版支間は 1500mm とし、歩道橋の設計荷重（群衆荷重 5kN/m^2 ）¹⁾に対して十分な耐力があること、高欄が設計水平力（P 種： 0.39kN/m ）²⁾に対して必要な強度を有していること、鋼桁との接合部が必要な強度を有していること、を要求性能として床版の諸元を決定し、試験を実施した。床版のたわみについては明確な規定はないが、文献 3)によれば、FRP 橋におけるたわみの制限値は $L/200\sim L/800$ の範囲で設定されていることが示されている。ここでは、設計荷重載荷時の床版のたわみが $L/350$ 程度となることを目標として諸元を決定した。

BSWP の曲げ剛性、曲げ耐力は上下の GFRP の剛性、強度から、せん断剛性、せん断耐力はコア材であるバルサ材のせん断剛性、せん断耐力から求めると仮

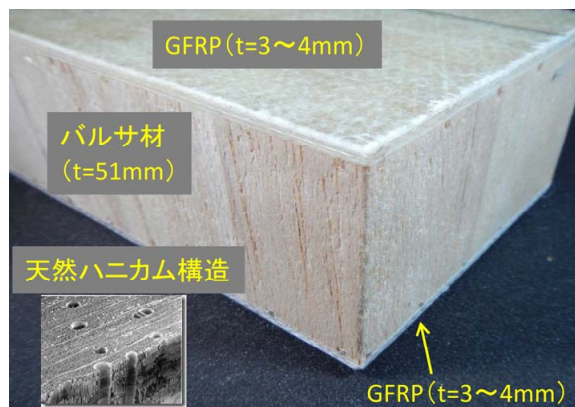


図-1 バルササンドイッチパネルの概要

表-1 基本構造の設計

	記号	値	単位
床版支間	L	1500	mm
分布荷重	q	5.0	kN/m^2
設計曲げモーメント	M_D	1.41	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$
設計せん断力	S_D	3.75	kN/m
GFRPの厚さ	t_g	3.67	mm
バルサ材の厚さ	t_b	51	mm
GFRPの弾性係数	E_g	15120	N/mm^2
バルサ材のせん断弾性係数	G_b	187	N/mm^2
BSWPの断面2次モーメント	I_d	5492703	mm^4/m
設計荷重時の計算たわみ	δ	4.12	mm
目標たわみ ($L/350$)	δ_a	4.29	mm

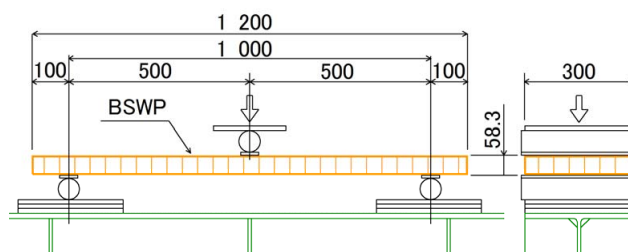


図-2 曲げ耐力試験の概要

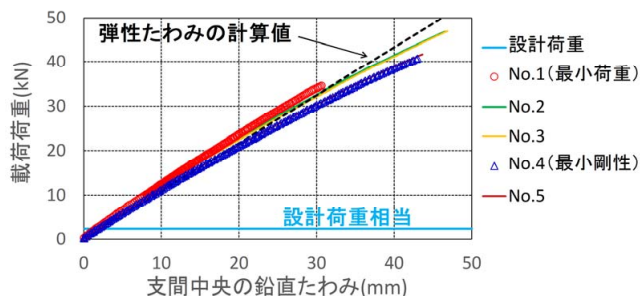


図-3 曲げ耐力試験結果

Keywords: バルサ, 床版, サンドイッチパネル, GFRP, 歩道

連絡先: 〒261-0002 千葉県千葉市美浜区新港 88 番 TEL043-247-8411

定してパネルを設計した。その結果、BSWP の諸元は目標たわみ値から決定し、表－1 に示すようにバルサ材の厚さは 51mm (2inch)，GFRP の厚さは 3.67mm となった。なお、GFRP の剛性、強度は GFRP 単体の引張試験により得られた値、バルサ材のせん断剛性、せん断強度はメーカーの規格値を用いた。

4. 試験結果

曲げ耐荷力確認試験の概要を図－2 に、荷重－たわみ線図を図－3 に示す。曲げ耐荷力は設計荷重による曲げモーメントの 20 倍以上、せん断耐荷力は設計荷重によるせん断耐荷力の 15 倍以上であり（表－3 参照）、必要とされる耐荷力を大きく上回ることが確認できた。破壊モードはバルサ材のせん断破壊であり、GFRP が破断することはなかった。5 体の試験体のばらつきもほとんど見られなかった。床版のたわみは、破壊付近までほぼ線形であり、前述の仮定により算出した曲げ剛性、せん断剛性を用いて算出した計算値よりも若干小さい程度で、GFRP、バルサ材の剛性から床版のたわみを比較的精度良く算出可能なことが確認できた。

高欄推力試験の概要を図－4 に示す。高欄の取付構造は、BSWP に貫通孔を明け、高欄のベースプレートをボルトで取り付ける構造とした。試験では、BSWP を鋼桁に固定し、高欄頂部を水平方向にレバースタックで引っ張ることにより、破壊まで水平荷重を载荷した。試験結果を図－5 に示す。破壊形態は、ベースプレート部の BSWP の押し抜きせん断破壊であった。破壊荷重は設計荷重の 11.7 倍であり（表－3 参照）、十分な強度を有することが確認できた。

鋼桁との BSWP の接合部を対象とした試験の概要を図－6 に示す。BSWP と鋼桁の接合部に、せん断力がかかる状況を想定した接着継手の引張試験とした。試験結果を表－2 に示す。破壊モードは接着材の凝集破壊と BSWP の材料破壊の複合破壊であった。接着強度は最低値で 13.3N/mm² であった。この部位の強度についての要求値はないが、例えば接着面積 100×100mm の強度が 133kN となるので、歩道橋床版の床版と桁の接合部としては、十分な強度があるものと判断した。

5. 結論

各種試験の結果、開発した BSWP 床版の耐荷性能は必要性能を満足することが確認できた（表－3）。

参考文献 1) 日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説，日本道路協会，2015.9、2) 日本道路協会：防護柵の設計基準・同解説，日本道路協会，2015.9 3) 土木学会：FRP 歩道橋設計・施工指針（案），2011.1

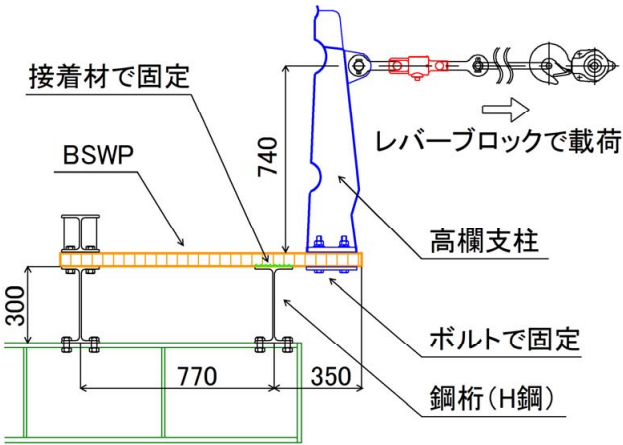


図-4 高欄推力試験の概要

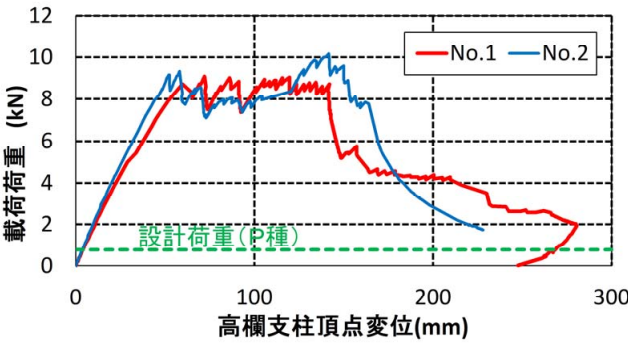


図-5 高欄推力試験結果

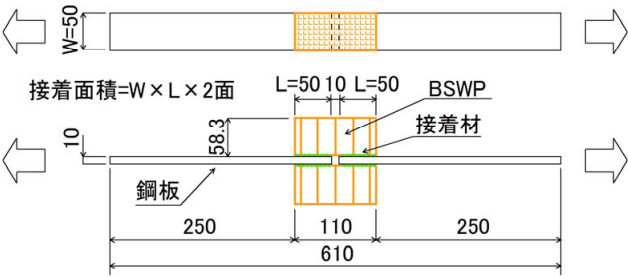


図-6 鋼桁接合部せん断試験の概要

表-2 鋼桁接合部せん断試験結果

試験体番号	単位	No.1	No.2	No.3
破壊荷重	kN	67.5	66.3	73.2
接着面積 (50×50×2面)	mm ²	5000	5000	5000
せん断強度	N/mm ²	13.5	13.3	14.6
破壊形態	—	凝集破壊と材料破壊の複合破壊		

表-3 試験結果の総括

①実験結果		②設計荷重による断面力等		単位	比率 ①/②
破壊時の曲げモーメント	28.8	曲げモーメント	1.41	kN・m/m	20.4
破壊時のせん断力	57.5	せん断力	3.75	kN/m	15.3
高欄推力試験時の破壊荷重	9.09	設計荷重 (0.39kN/m×2m)	0.78	kN	11.7
設計荷重作用時の 実たわみ換算値	3.73	目標たわみ (L/350)	4.29	mm	0.87