

含水状態が GFRP サンドイッチ版の曲げ性能へ 及ぼす影響に関する実験的研究

熊本大学工学部 学生会員 ○岩田 大輝
熊本大学大学院 正 会 員 森山 仁志

熊本大学大学院 正 会 員 松村 政秀
(株) コムテック 正 会 員 井上 澄貴

1. はじめに

既設遊歩道の木製床版には白色腐朽菌による腐食が確認され、高耐久で軽量かつ高い曲げ剛性を有する床版への取り替えのニーズが高まっている。このようなニーズを満たす床版として、表面材の板厚 6 mm の GFRP 板と心材の厚さ 25 mm の硬質ウレタンを接着した厚さ 37 mm の GFRP サンドイッチ版(図-1)を用いることを考えているが、既往の研究²⁾によると、エポキシ樹脂系接着継手が含水すると、所定の接着性能が発現しないことが指摘されている。そこで、本研究では、含水状態が GFRP サンドイッチ版の曲げ性能へ及ぼす影響を明らかにすることを目的として、実験室環境下の標準状態と含水状態で曲げ試験を実施した。

2. 実験計画

図-2 にサンドイッチ版の吸水試験結果を示す。サンドイッチ版から切り出した試験片(100 mm×100 mm, $t=37$ mm) 2 体を、20°Cの恒温室内にて、60 日間浸漬した。最大吸水率は 1.03%であり、内部まで水が浸透せず、表面のみ吸水することが確認できた。また、同図より、1 週間真空引き吸水を行った吸水率(0.91%)と、1 か月間浸漬した吸水率(0.90%)がほぼ等しいことから、曲げ試験には、1 週間真空引き吸水した含水状態の試験体を用いることとした。

図-3 に曲げ試験に用いる試験体の形状および寸法を示し、図-4 に載荷方法を示す。載荷には 1,000 kN 万能試験機を使用し、試験体中央のたわみを変位計(東京測器研究所製: CDP-50)により計測する。含水状態の試験体は、試験中に表面が乾燥するのを防ぐために、表面をフィルムで覆った状態で載荷した。

表-1 GFRP 板の引張試験結果

No.	板幅 b (mm)	板厚 h (mm)	断面積 A (mm ²)	引張強度 σ_u (N/mm ²)	引張弾性率 E ($\times 10^4$ N/mm ²)
1	10.32	6.22	64.26	606	2.90
2	10.36	6.53	67.66	637	3.04
3	10.40	6.36	66.18	641	3.02
4	10.38	6.60	68.48	660	3.05
5	10.43	6.43	67.09	648	3.06
平均値	10.38	6.43	66.73	638	3.01

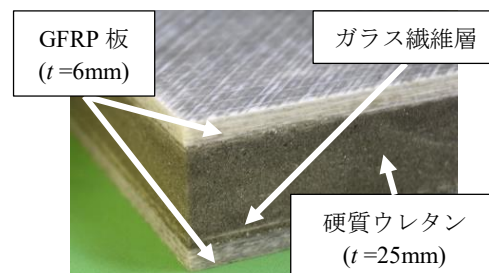


図-1 GFRP サンドイッチ版

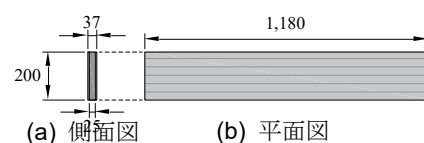
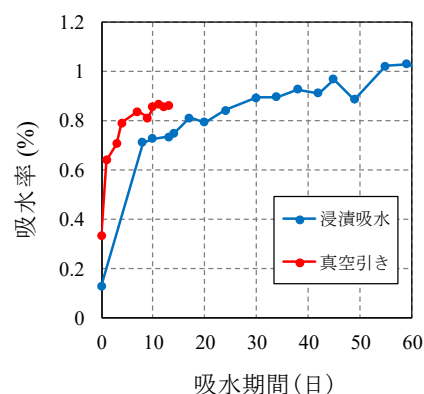


図-3 試験体の形状および寸法 (単位: mm)

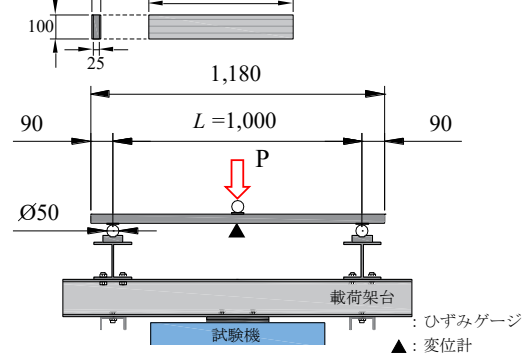


図-4 載荷方法 (単位: mm)

キーワード: GFRP, 硬質ウレタン, サンドイッチ構造, 3点曲げ試験, 含水状態

連絡先: 〒860-0855 熊本市中央区黒髪 2-39-1 熊本大学工学部 TEL 096-342-3546

表-3 3点曲げ試験の結果

試験体	No.	最大荷重 (kN)	最大荷重の変動係数	最大たわみ (mm)	初期曲げ剛性 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{mm}^2$)	たわみ式による曲げ弾性率 (kN/mm^2)	破壊モード
標準 (N)	1	39.11	0.11	62.21	1.494	1.69	E+S
	2	37.45		66.11	1.434	1.61	E+S
	3	-		-	1.430	1.57	E+S
	4	31.28		49.00	1.471	1.67	E+S
	5	29.91		50.85	1.427	1.61	E
	平均値	34.44		-	57.04	1.451	1.63
含水 (W)	1	36.28	0.03	61.04	1.427	1.69	E
	2	37.35		63.82	1.450	1.67	E
	3	34.85		64.15	1.433	1.59	E+S
	4	34.37		63.76	1.411	1.58	E+S
	5	36.73		67.23	1.464	1.64	E+S
	平均値	35.92		-	64.00	1.437	1.63
(W/N)	1.04	-	1.12	0.99	1.00	-	-

(E: 層間剥離, S: セン断破壊)

表-2 3点曲げ試験体の吸水結果

試験体	No.	実測値			計算値	
		吸水前質量 (g)	吸水後質量 (g)	質量変化率 (%)	吸水後質量 (g)	質量変化率 (%)
含水 (W)	1	7,782	7,792	0.13	7,797	0.19
	2	7,778	7,787	0.12	7,793	
	3	7,715	7,728	0.17	7,730	
	4	7,572	7,588	0.21	7,587	
	5	7,774	7,790	0.21	7,789	
	平均値	7,724	7,737	0.17	7,739	

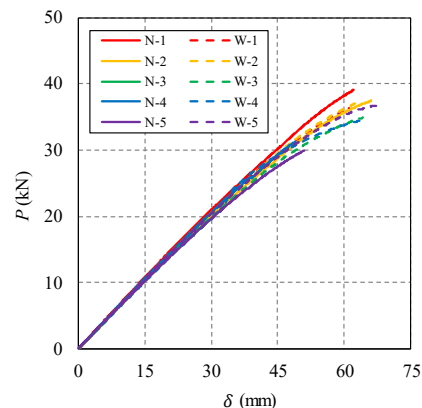


図-5 荷重-たわみ関係 (3点曲げ試験)

3. 実験結果および考察

表-1 に表面材に使用した GFRP 板の引張試験結果を示す。また、表-2 に曲げ試験体の吸水結果を示す。吸水前質量からの質量変化率は、0.17%の増加であり、吸水試験結果より得られた、0.91%に比べて小さい。これは、GFRP サンドイッチ版が表面吸水のみであり、吸水試験に使用した試験体よりも曲げ試験体の方が質量に対して、表面積が小さいからである。そこで、両者の側面積の比より、吸水後の質量を計算し、質量変化率を算出すると 0.19%となり実測値と近い値となった。

図-5 に荷重-たわみ関係を示す。すべての試験体で、初期の剛性はほぼ一致し、最大荷重に至る前に剛性が低下し、最大荷重とそのときの最大たわみにばらつきが生じている。表-2 に曲げ試験の結果を示す。標準状態に対する含水状態の各計測値の変化率(W/N)より、含水状態にすると、最大荷重は 4%、最大たわみは 12%増加し、最大荷重の変動係数からは、含水状態の方がばらつきが小さいことがわかる。スパン中央に集中荷重が作用する単純梁のたわみ式より、荷重が 5~10kN の範囲で算出した、初期の曲げ剛性、および曲げ弾性率には含水の有無による変化が認められなかった。図-6 に示す試験後の損傷状況のように、層間剥離(E)とせん断破壊(S)の混合破壊が生じているもの、層間剥離(E)のみが生じているものが観察されたが、含水状態による試験体の破壊モードの違いは明確には認められなかった。また、図-7 に示すように、載荷点直下において、硬質ウレタン内のガラス繊維層で層間剥離が生じたが、表面材の GFRP 板の破断および、GFRP 板と硬質ウレタンの界面破壊は確認できなかった。

4. まとめ

本研究では、GFRP サンドイッチ版を対象に、含水状態による曲げ性能を、3点曲げ試験により確認した。その結果、GFRP サンドイッチ版を 1 週間真空引きしてもほとんど吸水せず、含水状態による耐荷性能の低下は確認できなかった。今後は、吸水期間の長期化や乾湿繰り返しサイクルによる影響を検討する予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：木材工学特別委員会：木橋の維持管理，JSCE 木材利用ライブラリー，pp.1-13，2011.11.
- 2) 成宗涛，寺本徳郎：エポキシ樹脂系接着継手の吸水による強度劣化，日本機械学会 2012 年度年次大会，2012.9.

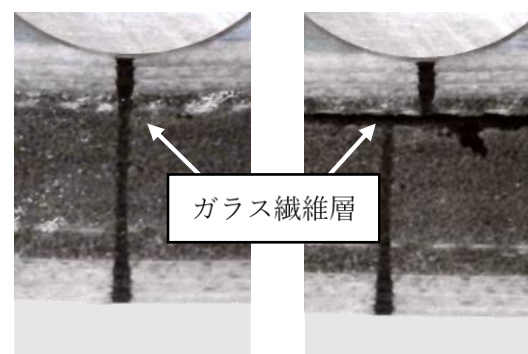


(a) 標準状態 N-2 (E+S)



(b) 含水状態 W-1 (E)

図-6 試験後の損傷状況



(a) 破壊前 (b) 破壊後

図-7 載荷点直下の損傷状況(N-2)