

サステナブル素材を用いたFRPの開発と 木材強度向上への応用

繊維生活部 ○長谷部裕之 斎藤譲司 木水貢

1. 背景と目的

近年の環境意識の高まりを受け、製品原料を石油由来から天然由来成分へと転換し、環境負荷低減を図る取り組みが進められている。中でも、強化繊維を樹脂で固めた繊維複合材料（FRP）は、軽量・高強度・耐食性に優れ、鋼材の代替材料として多様な分野で注目されているが、その多くに炭素繊維やガラス繊維、石油由来樹脂が用いられており、製造・廃棄に伴う二酸化炭素の排出や埋立処理による環境負荷が問題となっている。そこで我々は、環境負荷低減を目的に、玄武岩由来のバサルト繊維を強化材とし、植物由来のバイオマス樹脂をマトリックスとするバサルト繊維複合材料（以下、BFRP）の開発に取り組んできた。これまでの研究では、樹脂の種類がBFRPの力学特性に及ぼす影響を評価し、繊維と樹脂の界面強度の差が力学性能に影響することを明らかにし、特にポリキシリレンセバサミド（PAXD）を用いたBFRPが高い強度を示すことを確認した。一方、バサルト繊維表面には、糸加工や製織工程での作業性を高める目的でサイジング剤が塗布されているが、これを除去あるいは改質することで、複合材料の力学特性のさらなる向上が期待される。本研究では、バサルト繊維表面を各種手法で改質し、その効果をBFRPの力学的性質から評価した。また、実用的な用途展開として、BFRPを木材に複合することによる木材の補強強化についても検討したのでその結果を報告する。

2. 内容

2.1 材料

Kamenny Vek製のバサルト繊維(68 tex)を用い、経 51 本/inch、緯 42 本/inchの斜子（ななこ）織をBFRP用の基材とした。マトリックス樹脂には三菱ガス化学製のポリキシリレンセバサミド(PAXD)を用い、熱プレスで約 100 μ m厚の樹脂フィルムを作製した。

2.2 バサルト繊維織物の前処理

サイジング剤除去を目的に、バサルト繊維織物を電気炉にて 240℃、8 時間または 400℃、10 分の条件で熱処理をした。また、バサルト繊維の表面改質のため信越シリコーン製のシランカップリング剤(KBE-903)を用い、1～4%の水溶液にバサルト繊維織物を 1 分間浸漬後、120℃の電気炉にて 20 分乾燥処理をした。

2.3 BFRPの試作

樹脂フィルム 11 枚とバサルト繊維織物 10 枚とを交互に積層し、複合材料成形機（アサイ産業製）を用いて、270℃、1.5 MPa、12 分の予備成形を行い、その後、220℃、5.0 MPa、30 分の本成形を行った。最後に、室温まで冷却することで厚さ約 2 mmのBFRP板を得た。

2.4 BFRPの曲げ試験

熱処理したバサルト繊維織物を用いたBFRP板に対する 3 点曲げ試験の結果を図 1 に示す。240℃で 8 時間熱処理をした試料は、未処理に対し強度が増加した。一方で、400℃で 10 分熱処理した試料は反対に強度が低下した。次に、シランカップリング剤で表面改質した織物を用いたBFRP板も同様に曲げ試験を行った

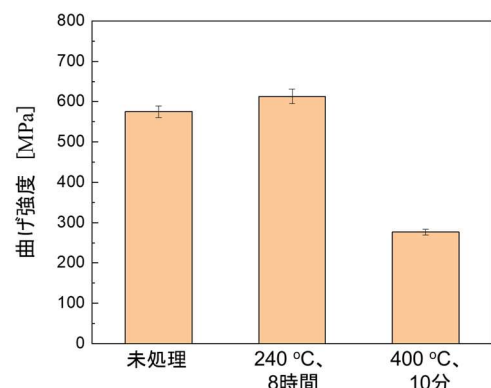


図1 熱処理後の織物を用いたBFRPの曲げ強度

結果を図2に示す。シランカップリング剤処理により曲げ強度は未処理と比較して増加した。また、シランカップリング剤の濃度が2%までは曲げ強度は増加したものの、4%では曲げ強度の低下が見られた。

2.5 BFRPと木材の複合化

BFRPの木材補強材としての有効性を検討するため、幅60×高さ90×長さ1800 mmの無垢の杉材(E70 等級)に厚さ0.82 mmのBFRPシート2枚をエポキシ系の接着剤により貼り合わせ、加圧して試料を作製した。図3に積層パターンを、図4に試作したBFRP/木材を示す。①は片面表層への貼り付け構造、②は両面表層に貼り付けたラミネート構造、③は厚さ70 mmの杉材の両側にBFRPを貼り合わせ、さらにその外層に10 mmの杉材を積層したサンドイッチ構造である。

2.6 BFRP/木材の評価

試作したBFRP/木材に対して、4点曲げ試験を行った結果を図5に示す。無垢材と比較して、BFRP/木材では曲げ強度および曲げ弾性率の向上が確認された。特に、③のサンドイッチ構造においては、曲げ強度が57.6 MPaとなり、無垢材の曲げ強度31.6 MPaに対して約1.8倍の向上が見られた。また、曲げ弾性率も10.11 GPaであり、無垢材の曲げ弾性率5.98 GPaと比較して約1.7倍の向上が確認された。これらの結果から、杉材にBFRPを積層することで、強度が向上することが示され、構造用材料としての利用が可能であることが示唆された。

3. 結果と今後の展望

本研究では、バサルト繊維織物の熱処理、または、シランカップリング剤処理がBFRPの力学的性質に及ぼす影響を検討したところ、各処理によりBFRP板の曲げ強度が向上することを確認した。また、種々のパターンでBFRPを木材に積層し、強度試験を行った結果、無垢の木材に対して曲げ強度、曲げ弾性率の向上効果が確認された。これらの結果から、バサルト繊維とバイオマス樹脂を組み合わせたBFRPは、木材補強材としての有効性を有しており、環境負荷の低減と構造性能の向上を両立できる材料としての可能性が示された。今後は、その特性を活かし、土木・建築分野への応用展開が期待される。

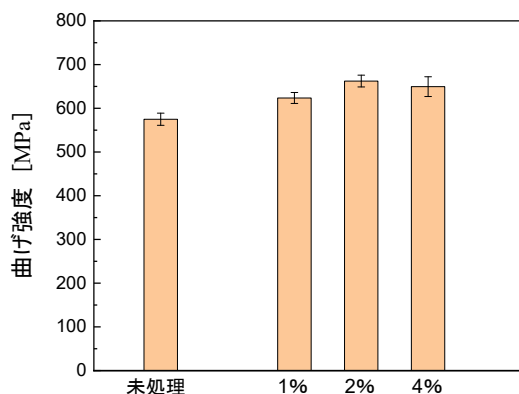


図2 シランカップリング剤処理後の織物を用いたBFRPの曲げ強度



図3 BFRP/木材の積層パターン



図4 試作したBFRP/木材

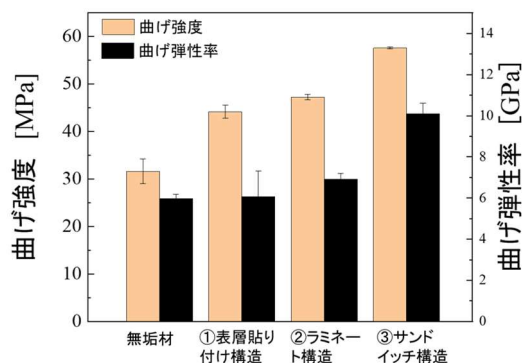


図5 BFRP/木材の曲げ強度