

任意方向の強度特性を有する GFRP 積層板の開発 — 切削可能な中空断面平板部材への展開 —

芦森工業(株) 正会員 八木伊三郎, 正会員 柴田 健一, 正会員 ○糸久 智
鹿島建設(株) 正会員 吉川 正, 正会員 鶴田 浩一, 正会員 吉田 健太郎

1. はじめに

任意方向の強度特性を有する GFRP（ガラス繊維強化プラスチック）積層板の土木構造部材への適用検討の一つとして中空断面平板部材がある。その一例として構築済みのシールドトンネル内部から別途シールド工法あるいは推進工法用の掘削機で直接セグメント部材を掘削しながら発進到達できる構造部材「切削可能な GFRP セグメント部材あるいは地下壁体」がある。それらの特徴を整理し、さらに GFRP 積層板の強度特性について報告する。

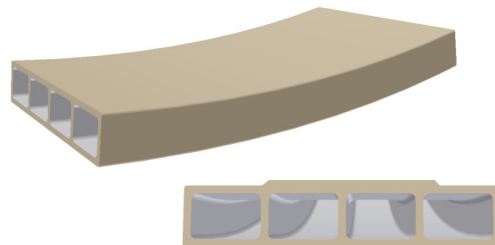


図-1 切削可能な GFRP セグメント部材構造例

2. 切削可能な中空断面平板部材の構造

図-1 に切削可能な中空断面平板部材の適用例として GFRP セグメント部材の構造例を示す。複数の隔壁を有する中空矩形形状で、それぞれの部材は、ガラス繊維（長繊維＋短繊維）入りの熱硬化性樹脂シート（SZ-UD）を十字方向に多重積層後、一体成形したものである。

構造形式としては、GFRP 単独構造と中空部にモルタルなどを充填する複合構造のどちらも選定可能である。

3. 切削可能な中空断面平板部材の特徴

①任意方向の強度特性

任意方向（主として直交する二方向）の強度特性を有する GFRP の積層板構造であり、多重層の積層方向とそれぞれの配分については、任意に選定でき、外力に対して一方向版のみならず二方向版として抵抗可能であり、通常の一方配置よりも発生断面力の低減が可能である。

また、熱硬化による成形のため外形形状、中空形状、部材寸法、隔壁配置など自由に選定可能である。

②水密性、止水性

構造自体は、熱硬化樹脂による一体成形のため中空断面平板部材自体の水密性は高い。また、他の構造部材とは直接接着可能であり、例えば、スチールセグメントなどとの接着では 1Mpa 程度の止水性も満足する。

③切削性

推進機に負荷をかけずにチップ状に切削可能である。その結果、切削片が大割れして面版や排泥管・排泥ポンプ等を閉塞させる可能性がほとんどない³⁾。

4. GFRP 積層板の強度特性

(1) 試験概要

ガラス長繊維の積層方向を変えた GFRP 積層板の強度特性を明らかにするため、図-2 のように、3 枚の SZ-UD シート（硬化前 $t \approx 3\text{mm}$ ）の長繊維の方向を 0° 方向（軸方向）および 90° 方向（軸直角方向）に揃えて積層し成形したテストピースを製作し、JIS（繊維強化プラスチック）に準拠して曲げ・引張・圧縮・横せん断試験を行った。

ひずみゲージを用いてひずみを計測し、弾性率を算出している。写真-1 に試験状況を示す。

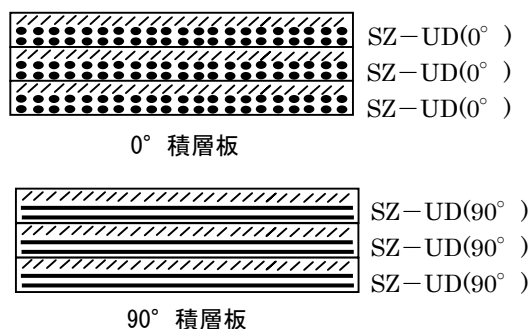


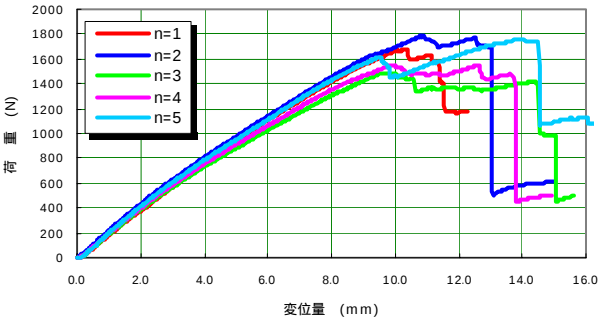
図-2 テストピースの断面

キーワード シールド工法, 推進工法, 切削可能セグメント, GFRP, 中空一体成形

連絡先 〒566-0001 大阪府摂津市千里丘7丁目11番61号 芦森工業(株) 研究開発部 TEL 06-6388-1270



写真－１ 試験状況写真



図－３ 0° 積層板の曲げ試験結果（荷重－変位）

表－１ 試験結果一覧表

試験名	項目	0° 積層板 (N/mm ²)	90° 積層板 (N/mm ²)
曲げ	曲げ強さ	346	119
	曲げ弾性率	1.5×10 ⁴	0.9×10 ⁴
引張	引張強さ	236	68
	引張弾性率	1.8×10 ⁴	1.2×10 ⁴
圧縮	圧縮強さ	217	117
	圧縮弾性率	1.7×10 ⁴	1.0×10 ⁴
横せん断	横せん断強さ	111	62

(2) 試験結果

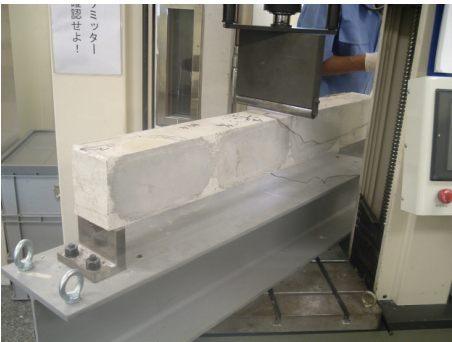
図－３に0° 積層板の曲げ試験結果（荷重－変位）を示す．破壊モードは，引張破壊であり，長繊維が破断して終了した．グラフを見ると，一次破壊後に再び荷重が増加する傾向が確認できる．これは，最外層の長繊維が破断した後中間層の長繊維が働いているものと考えられる．表－１に試験結果一覧表を示す．これを見ると，0° 積層板の強さは鋼材（S S 4 0 0）の約 1/2 となっている．ゆえに，鋼板と比較して，外形寸法が同じ場合，積層板の厚さを 2 倍にすれば耐力がほぼ等しくなる．

また，0° 積層板は 90° 積層板と比較して 1.8～2.9 倍強度が大きくなっており，長繊維の積層方向が GFRP 積層板の強度特性に大きく関係していることを確認した．

5. まとめと今後の課題

本研究により，中空断面平板部材（例えば切削可能な GFRP セグメント部材）に用いる GFRP 積層板の強度特性を明らかにすることができた．なお，SZ-UD シートを十字方向に多重積層し一体成形した中空断面平板部材の強度特性も写真－２に示す試験他で明らかにしており，別の機会に報告する．

また，GFRP 積層板は，一体成形が容易で低コストであり，先に述べた特徴以外にも耐食性があるなど多くの長所を有しているため，セグメント以外の用途に広く適用可能である．今後，多方面のニーズを受けて，積極的に用途展開を進める予定である．



写真－２ 中空断面平板部材の
切出試験体曲げ試験状況

参考文献

1) (社) 強化プラスチック協会：FRP 構造設計便覧，1994. 9

2) (社) 土木学会：FRP 橋梁 ―技術とその展望―，2004. 1

3) 吉川・鶴田・吉田・八木・柴田・糸久：任意方向の強度特性を有するGFRP 積層板を用いた切削可能壁体の開発，土木学会第 59 回年次学術講演会，6-251，pp. 501-502， 2004. 9

4) 吉川・鶴田・吉田・八木・柴田・糸久：繊維で強化された切削可能構造体の基本性能，ジオシンセティクス論文集第 19 巻，pp. 47-52，2004. 12