

GFRP 集成桁の曲げ強度に関する基礎実験研究

○ものづくり大学 正会員 大垣賀津雄
 AGCマテックス 西田 賢二
 豊橋技術科学大学 正会員 松本 幸大

1. はじめに

近年、GFRP は軽量で耐食性が高いことから土木分野への適用が期待されている。GFRP 材は引抜成型が主流で、GFRP 製品の標準品から選んで入手することができる。そのため、複雑な形や規格外の寸法はすぐに製作することができず、時間とコストの関係で調達できないのが現状である。このようなニーズに応えるために、接着剤で集成した構造部材を提案する。特に、強度が計算できて品質が保証されれば集成桁が有効であると考えられる。しかしながら、GFRP 集成桁の研究はほとんど見当たらないのが実情であり、世界的にも新規性が伺えることから、GFRP 集成桁の曲げ実験を行い、耐荷特性を調べることにした。

2. 実験供試体

図-1 に示すような GFRP 集成桁の作製を行った。部材はエポキシ系接着剤（シーカデュア W）にて接着した(図-2 参照)。GFRP の自重だけでは接着力が弱いと考え、各所に約 20kg の重りを載せ、シャコマン等で締めることによって、部材同士の接着力が強固になるようにした。表-1 に GFRP 材の材料諸元を、表-2 に接着剤の製品規格値を示す。

表-1 GFRP 材料諸元

項目	単位	GFRP 平板
重量繊維含有率	wt%	55
長手	引張強度	N/mm ² 381
	引張弾性率	N/mm ² 28
直交	引張強度	N/mm ² 91
	引張弾性率	N/mm ² 10

表-2 接着剤の規格

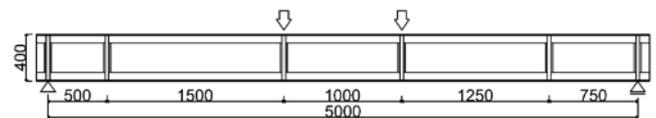
品質項目	単位	品質規格
比重	---	1.40±0.20
引張強さ	N/mm ²	12.5 以上
圧縮強さ	N/mm ²	70.0 以上
引張せん断強さ	N/mm ²	12.5 以上
接着強さ	N/mm ²	6.0 以上

また、今回使用した GFRP 材はガラス繊維、不織布、幅方向強化基材、ロービング(CSM)の積層体として構成されている。

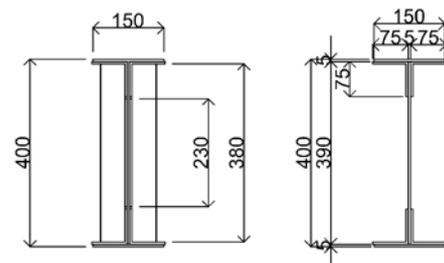
3. 曲げ载荷実験

今回の実験で使用した GFRP 集成桁は図-1 に示した通り、桁長さは 5.2m で、支間 5m の中央 1m に等曲げ区間を設けて 4 点曲げ载荷を行った。载荷実験の様子を図-3 に示す。桁部材の支点と载荷点部に垂直補剛材として角形 GFRP 管 52mm×32mm、(板厚 3.5mm)を設けた。曲げ载荷実験後の破壊状況を図-4 に示す。

当初の予想では、供試体中央部の桁の曲げ座屈や横座屈に起因する破壊によって、GFRP 集成桁が終局状態に至ると予想していた。しかし実際には、载荷支点中央部で破壊せず、桁端部の上下フランジの GFRP 板の基材層間で水平せん断破壊が生じた。



a)側面図



b)補剛材断面

c)標準部断面

図-1 実験供試体

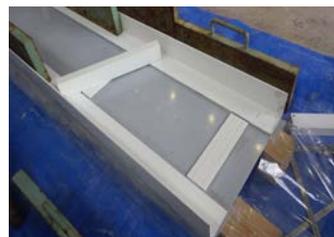


図-2 製作状況



図-3 载荷実験



図-4 破壊状況

キーワード ガラス繊維強化プラスチック, GFRP, 集成桁, 曲げ耐荷力, 水平せん断
 連絡先 〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地 TEL 048-564-3851

4. 引張せん断強度

桁端部で生じた水平せん断破壊について、基本的な材料強度を調査するため接着結合 GFRP 板の引張試験を行った。試験体は図-5 に示す通りであり、引抜成型した GFRP の平板から切り出した板をエポキシ接着剤で接合したものである。試験体の幅は 30mm とし、両面接着結合の試験体とした。引張せん断試験から、得られた最大荷重値を表-3 に、試験後の破壊状況を図-6 に示す。本試験より、接着面積に関わらず最大荷重がほぼ一定であり、全ての試験体が母材中の幅方向強化基材等の面における層間剥離による破壊であった。このことから最小値の S75 試験体のデータを元に、限界水平せん断強度の計算を行うこととする。

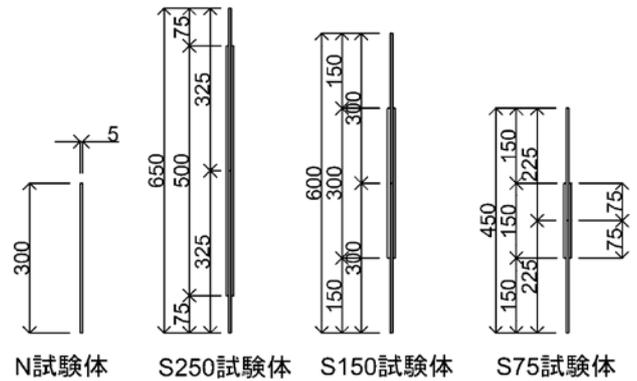


図-5 引張試験体

表-3 GFRP 材料諸元

試験体	N	S250	S150	S75
最大荷重[kN]	50.0	19.0	17.9	17.7

5. 限界水平せん断強度の検討

今回水平せん断力の有効範囲を、フランジ全幅の 150mm と、図-7 に示す通り最も力の集中する幅 25mm の範囲を仮定した。S75 試験体の引張試験の結果にこの有効範囲を乗じて、限界水平せん断力 HP を計算し、求めた HP を(1)の式に代入して限界せん断力 Q_v を算出する。このせん断力 Q_v から限界曲げモーメント M を求めた。

$$HP = \frac{G \cdot Q_v}{I_v} \quad (1)$$

HP：水平せん断力， Q_v ：限界せん断力

G：フランジの断面 1 次モーメント

I_v ：集成桁の断面 2 次モーメント， Q_v ：せん断力

表-4 に曲げ実験の水平せん断力から推定できる限界強度計算値と実験値の比較を示す。GFRP 集成桁の水平せん断力伝達フランジは、全幅 150mm を有効とした場合と、力の集中する 25mm の範囲を有効とする場合の 2 ケースの計算を行ったが、実験値はその 2 つの値の間になることがわかった。

まとめ

GFRP 集成桁を作製し、曲げ実験を実施した。本研究により、桁端部での水平せん断破壊が生じた。そこで接着剤による接合部での引張せん断試験を行い、GFRP 基材の限界水平せん断力を調査した。また(1)式から桁端部の限界水平せん断力や限界せん断力を予測した。その結果、集成桁腹板とフランジの水平せん断有効範囲を適切に仮定すれば、限界強度を計算できる可能性があることがわかった。

【謝辞】本研究にあたり、ものづくり大学在籍中の小山司馬君はじめ橋梁・構造研究室の方々に多大な協力を賜りました。ここに感謝を申し上げます。

【参考文献】1)中井博，北田俊行：鋼橋設計の基礎，共立出版(株)，1992.5

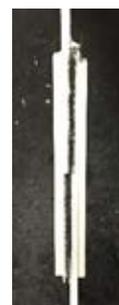


図-6 破壊状況

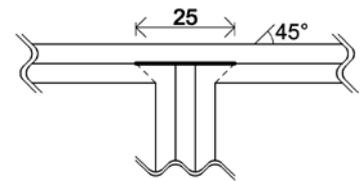


図-7 最大せん断力範囲

表-4 限界水平せん断の計算

項目	限界曲げモーメント M kN・mm	限界水平せん断力 Q_v N/mm	限界せん断力 Q kN
実験値	118.8	---	59.4
計算値	150	210.0	105.0
	25	35.0	17.5