リベット接合によるハイブリッド FRP 桁連結部の実験的検討

首都大学東京大学院 学生員 菊地勇気・清水晋平 首都大学東京 正会員 中村一史・フェロー 前田研一 埼玉大学 フェロー 睦好宏史 東レ 正会員 松井孝洋・正会員 鈴川研二

1. はじめに

繊維強化プラスチック (FRP)を歩道橋の構造部材として適用する場合,その設計ではたわみ制限が支配的となるため,効率的な曲げ剛性の確保が必要となる.本研究は,フランジ部に集中して炭素繊維を,それ以外の部位にはガラス 繊維を配置するハイブリッド FRP 桁の開発を目的としたものであり,実構造へ適用する上で不可欠な桁の連結部につい て実験的な検討を行ったものである.ここでは,施工性に優れるリベット接合¹⁾に,曲げ加工した添接板を適用するこ とを提案し,桁試験体による連結部の曲げ載荷実験を行って,その安全性について実験的に検討した.

2. ハイブリッド FRP 桁とその連結構造

検討対象としたハイブリッド FRP 桁とその接合構造の一例を図-1 に示す.ハイブリッド FRP 桁の積層構成は既往の 検討結果を踏まえて選定されたものであり,表-1 に,適用した部材の材料物性値を示す.ハイブリッド FRP 桁は引き抜 き成形により製作され,その曲げ剛性は同等で,最外層にチョップドストランドマットを用いない場合(A)と用いた

場合(B)の2 ケースで検討を行った.接合構造については,図-1 にその一例を示したように,フランジとウエブの直交する面に沿う ように,曲げ加工された添接板(ステンレス鋼板 SUS304)を適用し た.これは,フランジのスプライスプレートとウエブのモーメント プレートを一体化して合理化を図るとともに,I形断面のFRP部材 で弱点とされる首部の補強を目的としたものである.さらに,フラ ンジ幅方向に対するウエブ側の縁側距離の問題も解決できる.また, 桁の圧縮フランジ側では,添接板端部の母材への応力集中を緩和す るために,上面の添接板にテーパー加工を施した.

3. 実験方法

|載荷実験では, リベット列数が連結部の耐荷力に及ぼす影響を把 握するために,リベットの行数を4行に固定して,列数を2ケース (4,7列)設定した.なお,リベット孔の直径Dに対する縁端,縁 側距離およびリベット間隔は,既往の検討例²⁾を参考に 1.5D, 2.0D および 5.0D とした.積層構成の種類,添接板のテーパー加工の有無 およびリベット列数の組み合わせを考慮し,実験シリーズを表-2の ように設定した.桁同士の連結では,まず,添接板を所定の位置に エポキシ樹脂接着剤で接着後,直ちに固定用に4本のリベットを施-工した.残りについては,接着剤の硬化後に穿孔してリベットで接 合した.また,図-2に,添接板とリベットで連結されたハイブリッ ド FRP 桁の曲げ載荷実験のセットアップの状況を示す . 支持条件を ^{___} 単純支持,支間長Lを3,000mm,載荷位置aを1,000mmとして,変 位制御 (0.05mm/sec) により破壊まで載荷を行った. さらに,引き 抜き成形部材(GA)のフランジとウエブから切り出した幅45mmの 試験片を用いて,桁連結部と同様に,リベットと接着を併用した継 手構造について検討を行った.リベット行数を2行に固定し,リベ ット列数Nを1,4,10,16列(RA1CA~RA16CA)と変化させて, 万能試験機を用いて変位制御(2.5mm/min)により引張試験を行った. 4. 実験結果と考察

まず,桁の曲げ載荷実験における荷重-変位曲線を図-3 に示す. 鉛直変位はアクチュエータのストローク変位を示している.図より, 全ケースにおいて,100kN あたりで破壊音とともに荷重が一度低下 すること,また,荷重低下の度合いはリベット列数が少ないほど大 きいことが解る.これは,図-5 に示したクーポン試験片においても

Key Words: ハイブリッド FRP, リベット接合, 接着接合, 添接板, テーパー 連絡先^{*}: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 042-677-1111 内線(4564) FAX. 042-677-2772



図-1 ハイブリッド FRP 桁の連結構造(RA4GBT)

表-1 材料物性值

ヽイブリッド FRP 桁	弾性係数(GPa)	48.8
フランジ , 板厚 t : 13.8mm)	引張強度(MPa)	884
\イブリッド FRP 桁	弾性係数(GPa)	15.7
ウエブ , 板厚 t : 8.9mm)	引張蛍度(MPa)	185
科接板 SUS304,板厚t:4.77mm) ,板厚t:5.75mm)	弾性係数(GPa)	180
	0.2%耐力(MPa)	317
	引張蛍度(MPa)	636
	のび(%)	56
エポキシ樹脂接着剤 接着層厚 : 約0.3mm)	圧縮弾性係数(GPa)	6.4
	引張蛍度(MPa)	32
	引張せん断強度(MPa)	18
ブラインドリベット	引張蛍度(kN)	6.5
SUS305,直径 4.8mm)	引張せん断強度(kN)	5.3

表-2 実験シリーズ

き属様式 法位折の知识合わせ	リベット列数		
「有害性」の、小子女人のつきの「すう」で	4列	7列	
GA (テーパー加工なし)	RA4GA	RA7GA	
GBT(テーパー加工あり)	RA4GBT	RA7GBT	





図-6 桁連結部のはく離時の荷重 図-7 荷重強度とリベット列数の関係 写真-1 破壊状況(桁連結部) |ほぼ同様の傾向であるといえた . 図-4 には ,RA7GBT シリーズにおける下フランジ添接板下面の軸方向のひずみ分布を 示す.図より,荷重の増加とともにひずみも増加するが,約80kNから端部より徐々にひずみが小さくなることが解る. さらに,100~120kN で継目部と端部でひずみ分布に大きな勾配が生じることが解る.この変化は,図-3 における荷重 が一時的に低下した挙動と一致したこと,また,この時点ではリベットの破壊は見られなかったことから,接着剤がは く離したものと判断され,この時の荷重をはく離荷重と定義した.さらに,図-4 で示したように,添接板端部よりひず みの値が小さくなる挙動は、接着力の低下により応力の伝達効果が低下したものと考えられ、部分的なはく離の兆候と 判断された.この時の荷重をここでは初期はく離荷重と定義し,それらを継目部からの距離で整理すれば図-6のように なる.図より,端部の初期はく離荷重が最も小さく,全ケースで同程度であること,また,継目部へ向かって初期は栗 荷重が増加することが解る. 図-7 に,荷重強度とリベット列数の関係を曲げ載荷実験とクーポン試験の結果を併記して 示す . 曲げ載荷実験における荷重強度は , 曲げ載荷によりフランジに生じる軸方向力に換算した値で示している . 図よ り,曲げ載荷実験による各荷重強度は,クーポン試験結果によるものよりも強度が若干高くなるが,ほぼ同様の傾向を 示すことが解る. 写真-1 に , 桁連結部の破壊状況を示す . GBT シリーズについて示したものであるが , GA シリーズに おいても4列ではリベット破壊で,7列では母材破壊で終局となった.特に,RA7GAでは,載荷点の応力集中により母 材の破壊で終局となった . RA7GBT では , 載荷板ヘもテーパー加工を適用したことによりそれが回避されたものの , ほ ぼ桁(母材)の曲げ破壊強度で添接板端部において母材の圧縮破壊で終局となった.

5. まとめ

以上,検討した範囲では,提案した添接板を用いてリベットを7列配置して連結すれば,十分な接合が可能であることが確かめられた.さらに,リベット接着併用接合では,接着剤のはく離が先行し,リベット破壊で終局となることから,連結部の設計ではこの破壊挙動を適切に考慮する必要があるといえた.

本研究は,国土交通省建設技術研究開発助成制度(研究課題名:革新的材料を用いた社会基盤施設の再構築)の一環 として行われた.共同研究者各位からは貴重なご助言をいただいた.ここに記して謝意を表します. 参考文献

- 1) 菊地勇気,前田研一,中村一史,睦好宏史,松井孝洋,鈴川研二:ハイブリッド FRP 桁のリベット接合に関する実験的検討,土木学会,
- 第 63 回年次学術講演会講演概要集 , CS2 , 2008.9.
- 2) L. C. Bank: Composites for Construction: Structural Design with FRP Materials, John Wiley & Sons, Inc, pp.499-502, 2006.