

GFRP 引き抜き成形材のリベット接着併用接合に関する実験的検討

首都大学東京大学院 学生員 藤田盛吾  
 IHI インフラシステム 正会員 北山暢彦  
 首都大学東京 正会員 中村一史・フェロー 前田研一  
 AGC マテックス 渡邊哲也

1. はじめに

著者らは、GFRP 引き抜き成形材を用いた床版橋形式歩道橋を開発し<sup>1)</sup>、その実用化のために様々な検討を行っている。その中で、架設時に必要となる連結部において、片面施工が可能で、狭隘部での施工が容易なブラインドリベットとエポキシ樹脂接着剤を併用した接合方法を提案している<sup>2)</sup>。本研究では、GFRP 部材の接合に対し、リベットと接着を併用した場合の効果について、より詳細に把握するため、接合部のクーポン試験片を製作し、引張せん断試験を行った。

2. 対象部材と試験方法

床版橋形式 GFRP 歩道橋は、図-1 に示すように、複数の引き抜き成形材を接着接合により一体化させ、抵抗断面としている。表-1 に、各 GFRP 引き抜き成形材の積層構成を示す。接合方法については、機械接合にはブラインドリベット (SUS305,  $f4.8\text{mm}$ , せん断破壊強度  $5.3\text{kN}$ ) を、また、接着接合にはエポキシ樹脂接着剤 (接着層厚  $0.4\text{mm}$ , 引張せん断接着強度  $13.7\text{N/mm}^2$ ) を、さらに、添接板にはステンレス鋼板 (SUS304,  $t = 4\text{mm}$ ) を用いることとした。表-2 に各材料の物性値を示す。

クーポン試験では、I300 梁材のフランジ部 ( $t = 14\text{mm}$ )、ウェブ部 ( $t = 10\text{mm}$ ) に加え、2 枚の F1000 シート材 ( $t = 4\text{mm}$ ) をマットイン (ビニルエステル樹脂にチョップドストランドマット (CSM) を含浸させる) 接着により一体化させた、F1000 接着積層材 ( $t = 10\text{mm}$ ) の 3 種類を実験対象とした。接合方法は、リベット接着併用接合 (以下、併用接合) に加え、比較検討のため、リベット接合、接着接合の 3 シリーズとし、リベット列数は、パラメータとして 1, 4, 7 列の 3 ケースで検討を行った。試験片は、各母材を長手方向に幅  $50\text{mm}$  で切り出したものに対し、リベット行数は 2 行、リベット間隔は  $25\text{mm}$ 、縁端距離は  $15\text{mm}$ 、縁側距離は  $12.5\text{mm}$  とした。なお、接着接合のシリーズでは、リベット接合での各列数に応じた長さの添接板を用いることとした。試験には万能試験機を用い、変位制御により載荷速度  $2.5\text{mm/min}$  とした。さらに、添接板の端部および突合せ部にクリップ型変位計を、表面には所定間隔でひずみゲージを設置した。図-2 に、試験片図を示す。

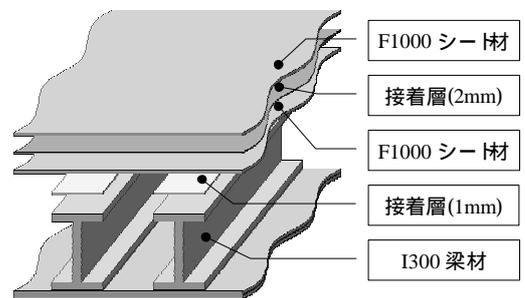


図-1 床版橋形式 GFRP 歩道橋の断面構成図

表-1 GFRP 引き抜き成形材の積層構成

	体積比(%)			換算厚さ(mm)		
	I300		F1000	I300		F1000
	フランジ	ウェブ		フランジ	ウェブ	
CSM層(ランダム)	19.6	12.4	22.4	1.96	1.74	0.90
クロス層(0.90°)	26.9	24.5	20.4	2.69	3.43	0.82
ローピング層(0°)	12.1	11.0	10.2	1.21	1.54	0.41
ニット層(±45°)	51.9	47.5	47.0	5.19	6.65	1.88
計	100.0	100.0	100.0	10.00	14.00	4.00

表-2 各材料の物性値

	I300		F1000	ステンレス鋼板
	フランジ	ウェブ	接着積層材	(SUS304)
引張弾性率(GPa)	33.95	27.11	22.30	181
引張強度(MPa)	406.8	253.0	333.2	634
0.2%耐力(MPa)	-	-	-	297
伸び(%)	-	-	-	56

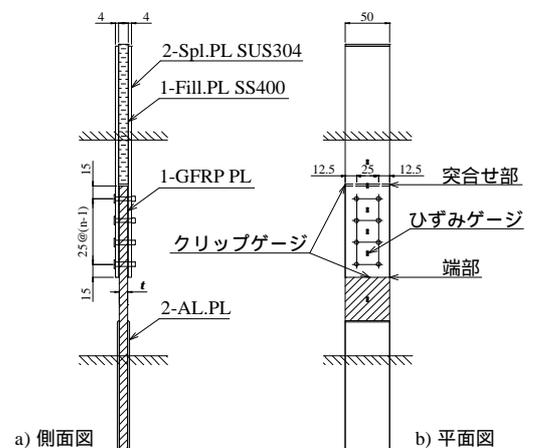


図-2 試験片図

**Key Words** : GFRP, 引き抜き成形材, 床版橋形式歩道橋, 連結部, ブラインドリベット, 接着接合

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

3. 実験結果と考察

図-3 に、I300 ウェブ部材・4 列における、各接合方法の引張荷重と突合せ部の開口変位の関係を示す。接着接合はリベット接合に対して剛度が高く、リベット接合では 30kN あたりから非線形挙動を示すことから、塑性化していると考えられた。これらに対し、併用接合では、接着接合とほぼ同等の剛度を示すことから、リベットの塑性化を抑制する効果が期待できるといえた。また、90kN 以降で添接板が塑性し始め、110kN 前後で、母材の層間剥離を含む接着接合部の破断が生じ、その後、開口変位は計測できなかったが、リベット接合とほぼ等しい挙動を示した。次に、図-4 に、I300 フランジ部材・4 列の、引張荷重 50kN 時における添接板表面のひずみ分布図を示す。リベット接合では、添接板端部付近にひずみがほとんど見られないことから、リベットに作用する力が不均一であると考えられる。これに対し、併用接合では、添接板全域でほぼ均等にひずみが生じており、接着接合を併用することにより、添接板の作用力を各リベットに分散させる効果も期待できるといえた。これらの傾向は、他の部材および 7 列の場合についても同様であった。

図-5 に、各部材における引張強度とリベット列数の関係を示す。リベット接合および併用接合では、リベットせん断強度による算定値とほぼ同等の挙動を示している。併用接合の引張強度について、1 列では、接着接合とほぼ同等であった。また、4 列では、接着接合部の破断時に最大となり、リベット接合よりも若干高い値となった。さらに、I300 フランジ部材、F1000 接着積層材・7 列において、列数との比例関係から見込める値よりも低くなり、接着接合破断後も荷重は伸びるものの、終局状態は母材強度に近いことから、母材破壊であった。なお、I300 ウェブ部材では、7 列でも引張強度の低下は見られなかったが、これは、I300 ウェブ部材の積層構成に、せん断耐力の高いクロス層、ニット層が、他の部材よりも多く含まれることによると考えられた。

4. まとめ

GFRP 部材に対し、ブラインドリベットを用いて接合する場合、接着剤の併用によって、継手部の高剛性化、およびリベットに対する作用力の分散化の効果が得られることが解った。さらに、接合部の引張強度は、リベットせん断強度を用いれば、設計上、安全側に評価できること、また、リベット列数 7 列で、母材強度が支配的となることから、全強設計が可能であることが確かめられた。

参考文献

- 1) 前田研一, 北山暢彦, 中村一史, 林耕四郎, 梶川康男: GFRP 引き抜き成形材を用いた歩道橋の開発と使用性, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.50A, pp.375-382, 2004. 3
- 2) 藤田盛吾, 高野徹, 中村一史, 前田研一, 渡邊哲也: 床版橋形式 GFRP 歩道橋のリベット接合による連結部の試設計とその安全性の検討, 土木学会, 第 64 回年次学術講演会講演概要集, CS2, 2009.9

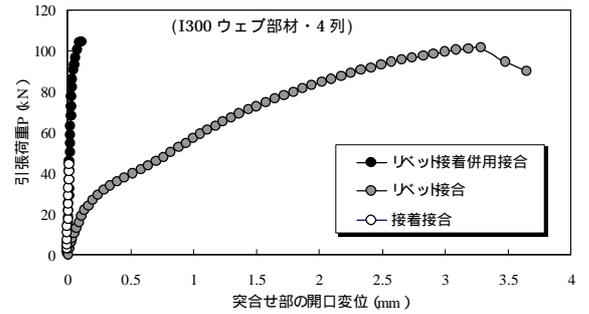


図-3 荷重と突合せ部の開口変位の関係

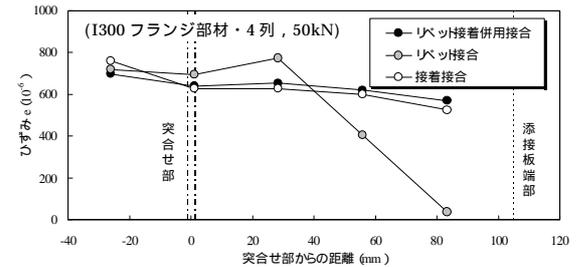


図-4 添接板表面のひずみ分布図

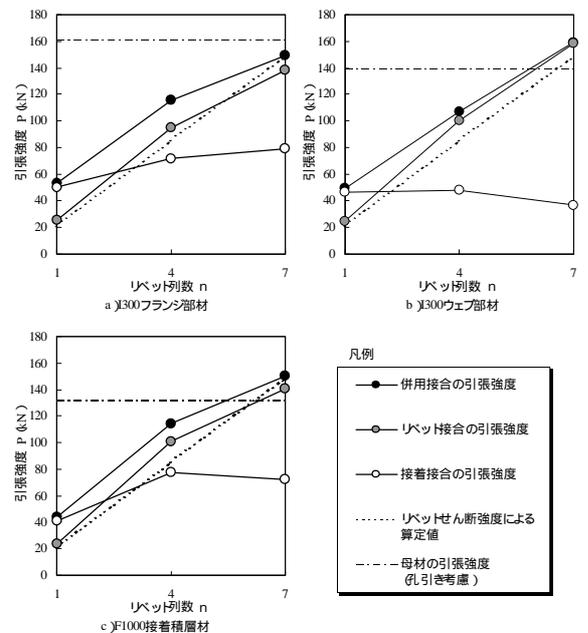


図-5 各部材における引張強度とリベット列数の関係