

実大部分模型を用いたハイブリッドFRP桁と鋼桁の高力ボルト接合方法に関する研究

中日本高速道路 正会員○片野 洋輔
 首都大学東京 正会員 中村一史・フェロー 前田研一
 ジェイテック 正会員 柳沼謙一
 東レ 正会員 松井孝洋

1. はじめに

曲げ剛性に対する寄与度が高い部分に炭素繊維を、それ以外の部分にガラス繊維を配置したハイブリッドFRP(以下、HFRPと呼ぶ)桁を、線路上空を跨ぐペDESTリアンデッキに適用した場合、大幅な工期短縮が見込まれるものの、急速施工が求められる現場接合方法が確立されておらず、その検討が急務となっている。そこで本研究では、高力ボルトを用いて角型鋼製柱に溶接された鋼桁の仕口部とHFRP桁を接合する方法を提案し、実大の桁試験体による曲げ載荷実験を行い、接合部の強度および破壊挙動を検証した。

2. 曲げ載荷実験による接合部の破壊挙動の検証

2.1 実験方法

検討対象としたHFRP桁と鋼桁の接合構造は、図-1に示すように、HFRP桁の両側に鋼桁を配置し、突き合せ部2箇所を高力ボルトで接合したものである。実験に使用する材料物性値を表-1に示す。HFRP桁はフランジ幅200mm、桁高300mmのRTM成形で製作されたものであるのに対して、鋼桁は載荷点で降伏しないようにフランジ幅250mm、桁高300mmのSS400材とした。また、HFRPの許容支圧力は、圧縮強度に支圧面積を乗じ、安全率4.0で除した値とした。高力ボルトは、摩擦接合用高力ボルトおよび支圧接合用打込み式高力ボルトの2種類を使用し、接合方法の違いによる破壊挙動の比較を行った。高力ボルトの許容力は、1ボルト2摩擦面あたりのものである。さらに、載荷条件は図-2(a)に示すような、支間長Lを3,000mm、載荷位置aを1,000mmとし接合部が純曲げ区間となる純曲げ載荷に加えて、接合部に曲げモーメントとせん断力が同時にかかる曲げ・せん断載荷の2ケースを設定した。曲げ・せん断載荷については、想定するペDESTリアンデッキの鋼柱の仕口付近における、せん断力による影響を考慮して、図-2(b)に示すような載荷条件とした。実験シリーズを表-2に示す。支持条件は単純支持で、荷重の載荷については、電気油圧式サーボ型アクチュエーターを用いた。また、載荷速度は0.02mm/secとし、変位制御で破壊まで載荷を行った。

2.2 純曲げ載荷実験の結果と考察

図-3に、純曲げ載荷における荷重と鉛直変位の関係を示す。荷重が250kN付近までは摩擦接合と支圧接合の挙動は一致しているが、支圧接合では荷重が低下することなく終局に至っているのに対して、摩擦接合では徐々に鉛直変位が大きくなり、277.4kNおよび305.0kNで荷重が大きく低下した後、250kNから280kNにかけて荷重が細かく低下し、

表-1 材料物性値

ハイブリッドFRP桁 フランジ 板厚: t=13.9mm	弾性係数 (GPa)	47.6
	引張強度 (MPa)	908.0
	圧縮強度 (MPa)	340.0
	許容支圧力(kN/ボルト)	26.2
ハイブリッドFRP桁 ウェブ 板厚: t=10mm	弾性係数 (GPa)	16.8
	引張強度 (MPa)	211.5
鋼桁 (SS400) フランジ 板厚: t=14.3mm	弾性係数 (GPa)	201.3
	引張強度 (MPa)	453.3
	降伏点 (MPa)	344.3
	伸び (%)	31.0
添接板 (SS400) 板厚: t=12mm	弾性係数 (GPa)	198.2
	引張強度 (MPa)	457.0
	降伏点 (MPa)	289.0
	伸び (%)	30.0
摩擦接合用高力ボルト	耐力 (MPa)	1047.0
F10T M22 軸径: 22mm ボルト孔径: 24.5mm	引張強度 (MPa)	1097.0
	許容力 (kN)	96.0
支圧接合用打込み式高力ボルト	耐力 (MPa)	1053.0
B10T M22 軸径: 23.5mm ボルト孔径: 23.5mm	引張強度 (MPa)	1085.0
	許容力 (kN)	164.7

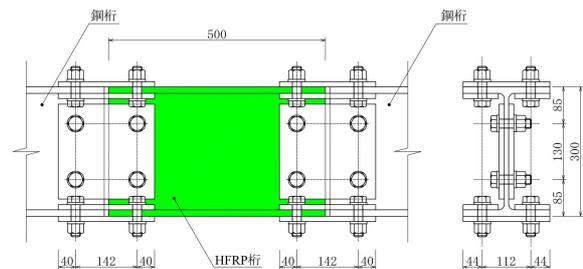
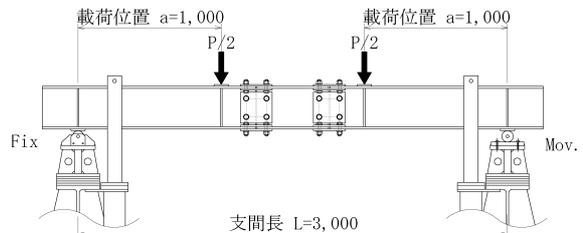
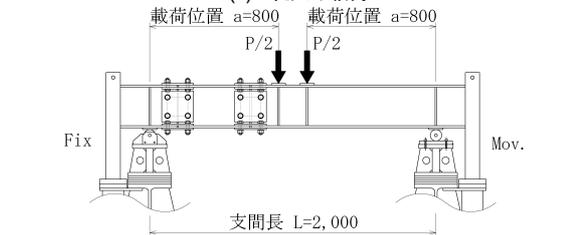


図-1 HFRP桁と鋼桁の接合構造



(a) 純曲げ載荷



(b) 曲げ・せん断載荷

図-2 セットアップ図

表-2 実験シリーズ

試験体名	接合方法	載荷条件	支点間距離 L(mm)	載荷位置 a(mm)
Fb	摩擦接合	純曲げ載荷	3,000	1,000
Bb	支圧接合			
Fbs	摩擦接合	曲げ・せん断載荷	2,000	800
Bbs	支圧接合			

Key Words : ハイブリッドFRP, 高力ボルト接合, 摩擦接合, 支圧接合

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

その後終局に至っている。この時、母材と添接板のすべり破壊が発生していると考えられ、それぞれ第一すべり、第二すべり、第三すべりと呼ぶこととする。摩擦接合、支圧接合ともに終局は HFRP 桁の曲げ圧縮破壊であったが、終局荷重は摩擦接合の方がやや低くなった。

図4 に、下フランジ添接板のひずみ分布を示す。ここでは2箇所ある接合部のうち、片側の下フランジ添接板に着目し、突き合せ部からの距離が正の方向が鋼桁側、負の方向が HFRP 桁側の添接板に設置されたひずみゲージの値である。図4(a)の摩擦接合では、すべり発生前および第一、第二、第三すべり後の荷重が250kNになった際(図3の①から④)に示す点)のひずみ分布を示している。HFRP 桁の添接板のひずみが、すべりによる荷重の増減を繰り返すたびに急増するのに対し、鋼桁の添接板は第三すべりが発生した時のみひずみが増大した。ひずみが増大するのは、すべり破壊により、添接板の作用力が増大するためと考えられ、第一、第二すべりは HFRP 桁のフランジ部が、第三すべりは鋼桁のフランジ部がすべったといえる。図4(b)は、支圧接合における60kNごとのひずみ分布である。支圧接合では、最大荷重に達するまでひずみが急増する箇所がないことから母材と添接板が一体となって曲げモーメントに抵抗していると考えられ、すべりは発生していないことが解る。

図5 に、純曲げ载荷におけるボルト1本あたりの作用力と鉛直変位の関係を示す。摩擦接合、支圧接合の両者共に、高力ボルトの許容力および、許容力に安全率を乗じたものと比較して十分な強度を有していることが確かめられた。また、支圧接合については、HFRP の支圧強度に安全率を乗じた値を大きく上回っていた。

2.3 曲げ・せん断断荷実験の結果と考察

図6 に、曲げ・せん断断荷におけるボルト1本あたりの作用力と HFRP 桁中央部の鉛直変位の関係を示す。曲げ・せん断断荷においても純曲げ载荷と同様に、摩擦接合では母材と添接板のすべりによって荷重が低下するのに対し、支圧接合では、荷重が低下することなく HFRP 桁の曲げ圧縮破壊で終局となっている。また、摩擦接合、支圧接合ともに許容力および許容力に安全率を乗じた値と比較して、十分な強度を持つことが確かめられた。

3. まとめ

HFRP 桁と鋼桁の接合に、摩擦接合用高力ボルトを使用した場合、すべり荷重時のボルト1本あたりの作用力は、許容力を上回り、鋼構造と同様に安全率を1.7、すべり係数を0.4として設計すれば安全であることが確かめられた。また、終局荷重時の支圧接合用高力ボルト1本あたりの作用力は、HFRP の許容支圧強度を大きく上回ることから、HFRP の安全率を4.0として十分安全な設計が可能であり、さらに、安全率を低減させることができる可能性があるといえた。

参考文献

- 1) 前田研一, 睦好宏史, 津吉毅, 鈴木研二, 松井孝洋: ハイブリッド FRP 主桁のベDESTリアンデッキへの適用検討, 鋼構造年次論文報告集, 第15巻, 日本鋼構造協会, pp.211-218, 2007.11

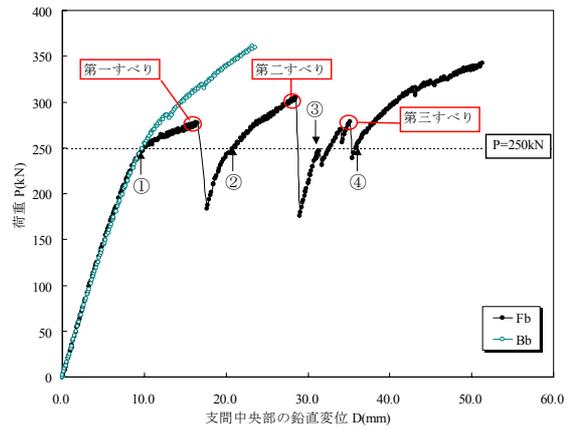
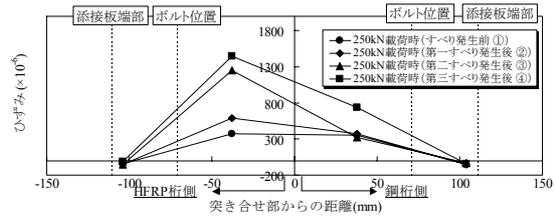
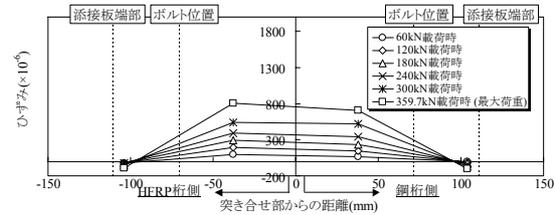


図3 荷重-変位曲線(純曲げ载荷)



(a)摩擦接合



(b)支圧接合

図4 下フランジ添接板ひずみ分布(純曲げ载荷)

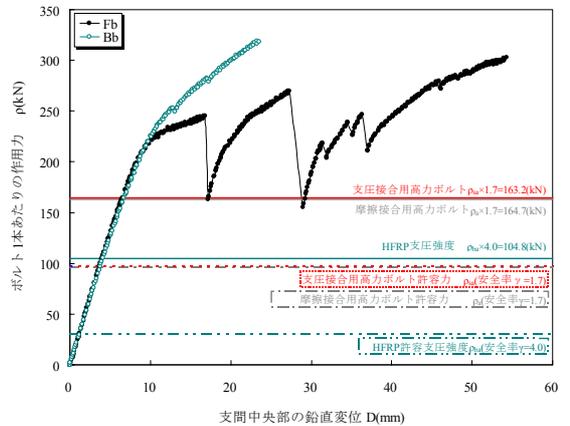


図5 ボルトの作用力と鉛直変位の関係(純曲げ载荷)

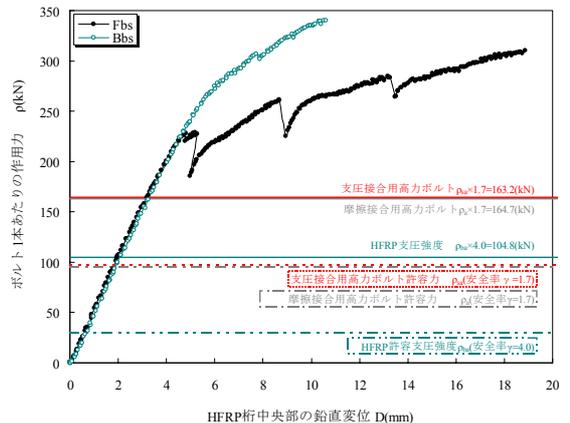


図6 ボルトの作用力と鉛直変位の関係(曲げ・せん断断荷)