

溶融亜鉛めっき鋼材と HFRP の普通ボルト接合部における繰り返し載荷時のすべり特性

日本鉄塔工業(株) 正会員 ○本田 誠 ドニ スプラプト
京都大学大学院 正会員 北根 安雄

1. 目的

近年、繊維強化プラスチック（FRP）複合材は、その耐食性や軽量化などの観点から土木分野での使用が増加している。しかしながら、ボルト接合部に対する支圧強度や摩擦接合に対しては、幾つかの検討がなされている¹⁾が、普通ボルトを用いた鋼材と FRP の接合部におけるすべり特性に関する検討は少ない。特に鉄塔などで使用されている溶融亜鉛めっき鋼材に対しての検討はほとんどない。

よって、本論では、溶融亜鉛めっき鋼材と、炭素繊維とガラス繊維を用いたハイブリッド FRP（HFRP）を普通ボルトで締結した接合部のすべり特性、特にすべり係数について検討を行った。

2. 供試体

供試体は、SS400 材に溶融亜鉛めっきした鋼材と、0°方向（荷重方向）に炭素繊維シート、±45°と 90°の方向にガラス繊維シートを積層して引抜成形した HFRP 山形材²⁾から切り出した HFRP プレート³⁾を普通ボルト 1 本で締結したものとした（写真 1）。供試体は表 1 の通りであり、ボルト径を組合せた全 3 ケースとし、各ケース 5 体とした全 15 体である。ボルト締結は、送電用鉄塔と同施工とし、締結前に菜種油を

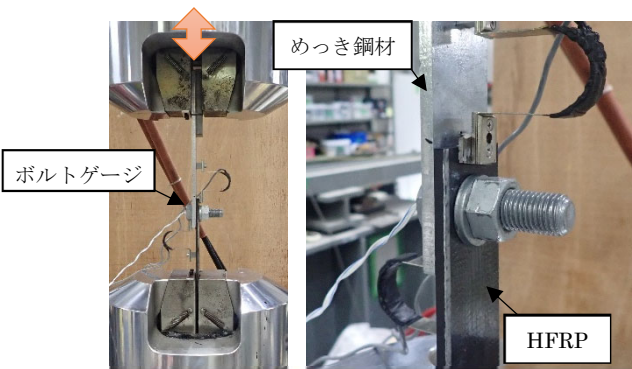


写真 1 供試体設置状況

表 1 供試体諸元

ケース	ボルト 径	鋼材		HFRP	ボルト穴 (mm)	座金		締付け トルク (N・m)	供試体 数量
		材質	板厚 (mm)			外径 (mm)	厚さ (mm)		
1	M16	SS400	6	L50×5	17.5	28	4.5	74	5
2	M20	SS400	6	L100×14	21.5	35	4.5	160	5
3	M24	SS400	6	L100×14	26.0	37	6.0	290	5

ボルトねじ山に塗布した後、表中の目標締付トルクで行った。

3. 実験方法

実験は引張荷重から載荷した後、図 1 に示すように圧縮・引張を繰り返し載荷してボルト滑りの荷重変位曲線を計測した。基本は圧縮・引張の 3 サイクル載荷とし、M20 の 1 体（2-1）のみ 20 サイクル載荷を行った。実験で用いるボルトにはゲージを埋め込み、供試体組立前後と実験時のボルト軸力を計測し、また試験機の荷重と変位も計測した（写真 1）。

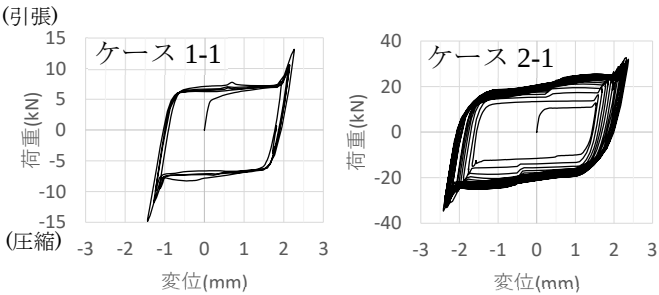


図 1 載荷履歴

4. 実験結果

図 2 にケース 1～3 のサイクル数とボルト軸力、すべり荷重、すべり係数の関係を示す。各ケースとも供試体数 5 体ではほぼ同等の傾向を示したことから平均値を採用した。

全ケースでサイクル数の増加に伴い、ボルト軸力は圧縮側・引張側とも同傾向で低下する傾向がある。ただし、ボルト軸力は圧縮側の方が引張側よりも大きい傾向が見られ、特にケース 1 ではその傾向が強く見られた。すべり荷重は全ケースにおいて、サイクル数の増加に伴う変化はほぼ見られない。すべり係数はサイクル数の増加に伴い、上昇する傾向が見られた。また、すべり係数は引張側で大きくなる。

サイクル数の増加に伴い、ボルト軸力が低下する一方、すべり係数が上昇するため、結果としてすべり荷重はほぼ変化が生じない。

ケース 2-1 で 20 サイクル載荷した時のボルト軸力、すべり荷重、すべり係数の関係を図 3 に示す。ボル

ト軸力はサイクル数の増加に伴い、圧縮側・引張側とも漸減する傾向が見られる。すべり係数は4サイクルまでは漸増する傾向が見られるが、5サイクルから上昇傾向が鈍化し、特に引張側は圧縮側に比べて上昇が鈍化する。しかしながら、圧縮側と引張側ともサイクル数の増加に伴って、上昇していく傾向は同じである。

すべり荷重は、10～12サイクルで最大となるまで僅かに上昇し、その後は徐々に低下する傾向が見られた。最大すべり荷重は圧縮側で19.6kN、引張側で18.8kNとほぼ同等であり、また全サイクルでも圧縮側と引張側で顕著な差は見られない。上述のようにサイクル数の増加に伴い、ボルト軸力は低下する一方、すべり係数は上昇する傾向であるため、結果としてすべり荷重は変動が少なくなっている。サイクル数の増加に伴い、HFRPとめっき鋼板の接合面が粗くなり(写真2)、すべり係数が上昇したと考えられる。

5. まとめ

溶融亜鉛めっき鋼材とHFRPの普通ボルト接合部のすべり試験を行い、以下の知見を得た。

- ・サイクル数の増加に伴い、ボルト軸力は低下し、すべり係数が上昇する傾向があり、結果としてすべり荷重の変化は僅少となる。
- ・20サイクルまで載荷した場合でも、上記と同傾向が見られ、すべり荷重の変動は小さかった。

参考文献

- 1)橋本国太郎, 杉浦邦征: 高力ボルト摩擦接合されたGFRP部材の摩擦挙動および最大強度に関する力学的考察, 構造工学論文集, Vol.58A, 2012.3
- 2)北根安雄, 鈴木森晶, 寺口大輝, 松井孝洋, 立石和雄: ハイブリッドFRP引抜成形山形材の圧縮耐荷力

に関する研究, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.77 No.5, 2021.3

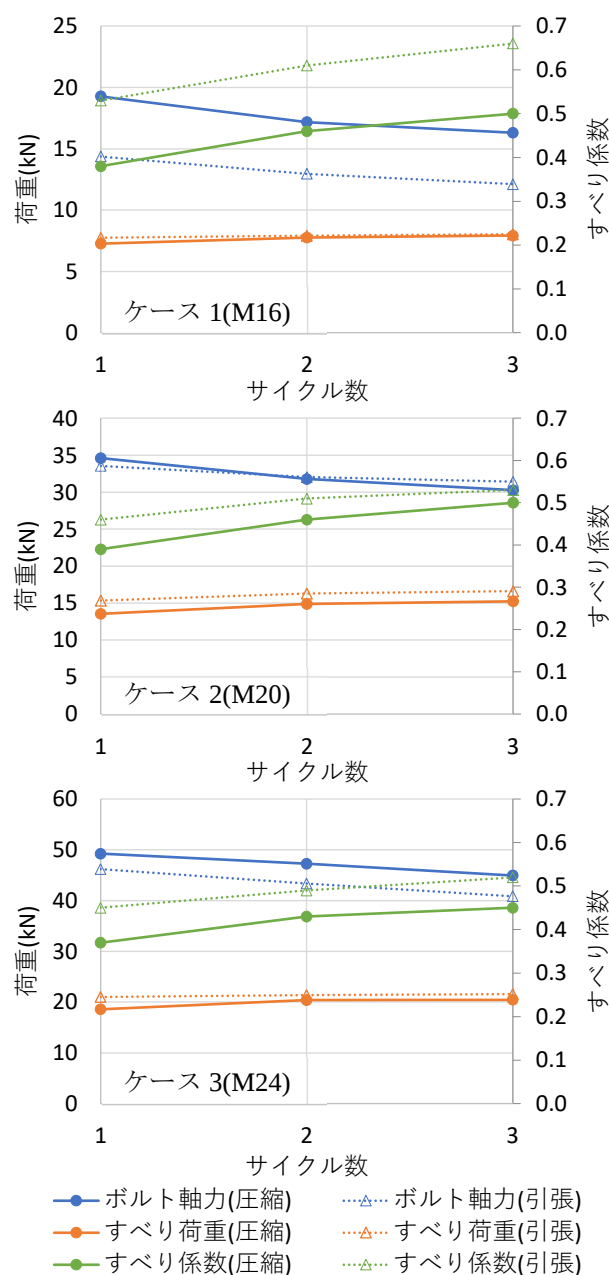


図2 すべり特性

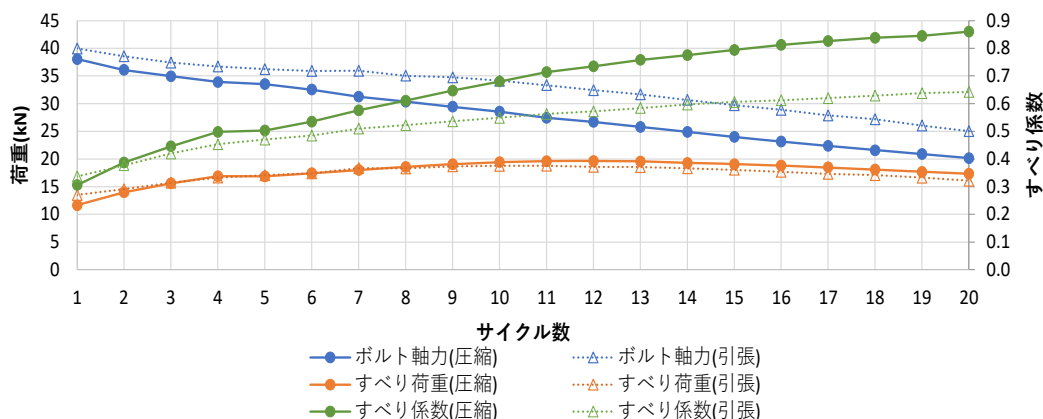


図3 サイクル数とボルト軸力・すべり荷重・すべり係数の関係 (ケース 2-1)

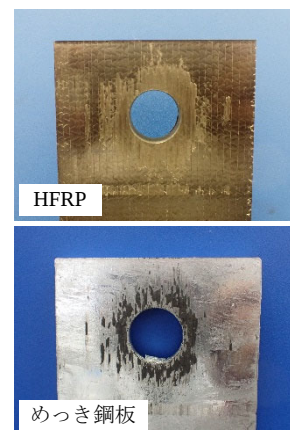


写真2 試験後表面状態 (ケース 2-1)