

I-103

絶縁摩擦接合継手の疲れ強さに関する一試験報告

（財）鉄道総合技術研究所 正員 市川 篤司 東日本鉄工（株） 正員 羽田 政浩
 同 上 正員 杉本 一朗 東日本鉄工（株） 正員 山田 稔
 東京都立大学 正員 長嶋 文雄

1. はじめに 超電導磁気浮上式鉄道の構造物に鋼橋を用いる場合、超電導磁石を搭載した車両が通過するとき、使用する鋼材には誘導電流が流れ車両に磁気抗力とよばれる走行抵抗およびエネルギー損失が発生する。この問題点の対策の1つとして、構造物にループ電流が発生しないように絶縁摩擦接合継手を用いることが有効である¹⁾。これまでに実施した絶縁摩擦接合継手の性能試験では、絶縁材料としてガラス不織布・ガラス布複合基材エポキシ積層板（以下「絶縁板」とする）を摩擦面に挟み込んだ継手が良好な結果を示した²⁾。ただし、主として摩擦面の劣化に着目した繰返し載荷試験において、少なめの載荷回数で母材が破断した試験体があったため、今回特に疲れ強さに関する追加試験を行い、絶縁摩擦接合継手の適用性について検討した結果を報告する。

2. 疲労試験の概要 絶縁板を挟み込んだ絶縁摩擦接合継手に関して、これまでに確認されたことを列記する。①すべり係数は0.4以上を確保できる。②絶縁性能は完全で確実に得ることができる。③繰返し載荷時のボルト軸力の抜けは静的な状態と比較しても差はない。④繰返し載荷後の絶縁板の摩擦面に劣化・損傷は見られない。以上の点より絶縁板は絶縁摩擦接合継手として必要条件を満たすことを確認することができた²⁾。しかし繰返し載荷試験を行った試験体の内1体が、295万回の繰返し載荷で母材の孔縁に亀裂が発生し破断した。この時の作用応力度は母材総断面積に対して13.4kgf/mm²であり、文献3)の資料によると疲れ強さが多少低めであると判断された。この亀裂が発生したことが偶然性によるものなのか再現性があるものなのか確認するため、同じタイプの試験体（Aタイプ）を用いて疲労試験を実施した。次に絶縁板を挟み込むことにより疲れ強さが低下するのかどうかを調べるために、絶縁板を挟み込んだ試験体と絶縁板を挟み込まない試験体を用いて疲労試験を実施した（Bタイプ）。この試験体は、作用応力範囲を大きく設定した。試験体形状を図-1に示す。絶縁板の厚さは $t=0.5\text{mm}$ とした。絶縁板の一般特性を表-1に示す。高力ボルトは M16(F10T)を使用した。ボルト孔径はボルト軸部に絶縁のためのゴムを巻き付けるため20.5φの拡大孔としている。導入軸力は11.7tfとし、ボルト軸部に歪みゲージを貼付け、歪み値により軸力の管理を行った。試験は動的最大荷重50tfの疲労試験機を使用して実施した。載荷速度は4Hzとし、引張力を片振り載荷した。荷重載荷中のボルト軸力、母材の変位および破断時の載荷回数に着目して計測を行った。（写真-1）

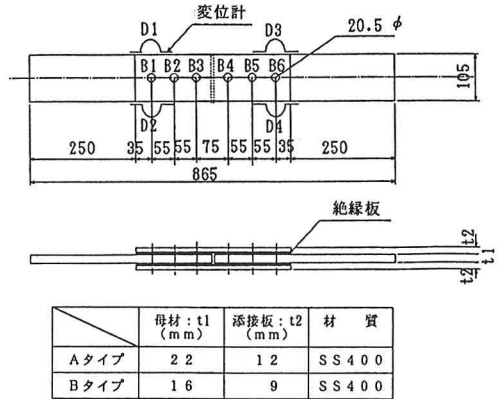


図-1 試験体形状

表-1 絶縁板の一般特性

特 性	単 位	標 準 値
色 相	-	淡い黄色
比 重	-	1.640
吸 水 率	%	0.05~0.07
膨張係数 (厚さ方向)	100℃以下	1.45×10^{-4}
	100℃以上	5.50×10^{-4}
曲げ強さ	垂 直	23.0
	平 行	21.0
引張り強さ	kgf/mm ²	30.5

を巻き付けるため20.5φの拡大孔としている。導入軸力は11.7tfとし、ボルト軸部に歪みゲージを貼付け、歪み値により軸力の管理を行った。試験は動的最大荷重50tfの疲労試験機を使用して実施した。載荷速度は4Hzとし、引張力を片振り載荷した。荷重載荷中のボルト軸力、母材の変位および破断時の載荷回数に着目して計測を行った。（写真-1）

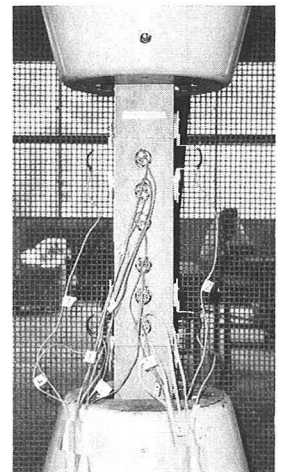
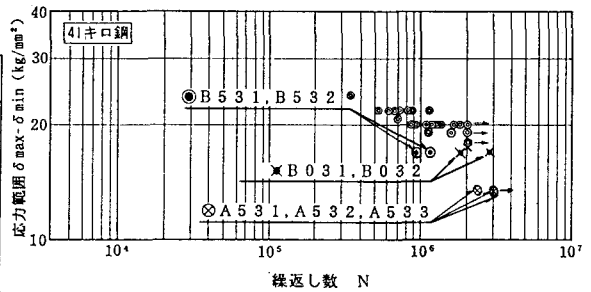


写真-1 疲労試験状況

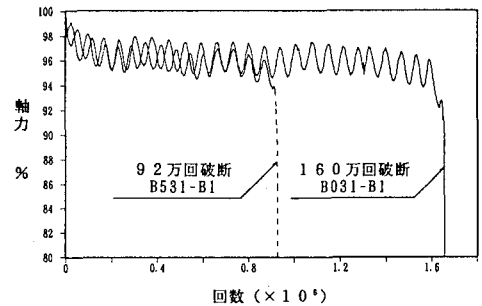
表－2 疲労試験結果一覧表

試験体 No	絶縁板 (mm)	載荷荷重 (tf)	作用応力度 (kgf/mm ²)	試験結果 (載荷回数)
A 5 3 1	t = 0.5	31.0	13.4	載荷完了(300万回)
A 5 3 2	"	"	"	母材破断(221万回)
A 5 3 3	"	"	"	載荷完了(300万回)
B 5 3 1	t = 0.5	28.0	16.7	母材破断(92万回)
B 5 3 2	"	"	"	母材破断(111万回)
B 0 3 1	無	"	"	母材破断(160万回)
B 0 3 2	"	"	"	母材破断(285万回)

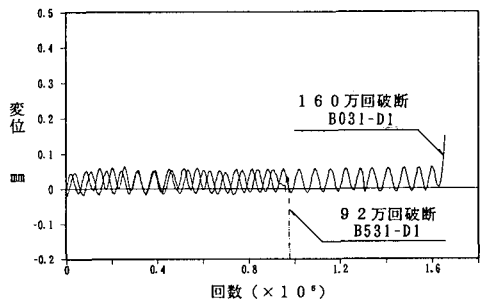


図－2 41キロ鋼高力ボルト継手との比較

3. 試験結果 表－2に試験結果を示す。図－2に文献3)の資料に試験結果を重ね合わせたものを示す。Aタイプの試験体は3体行った。A531, A533は300万回の載荷を完了し、載荷後の母材にも亀裂等の異常は認められなかった。試験体A532は221万回の載荷で母材が破断した。一番外側のボルト(B1)の孔縁に疲労による亀裂が生じて、破断したことが認められた。この結果Aタイプの試験体は、300万回の繰返し載荷で破断する可能性があることを確認できた。Bタイプの試験体は絶縁板を挟み込まない試験体を2体、絶縁板を挟み込んだ試験体を2体行った。絶縁板を挟み込まない試験体はB031が160万回、B032が285万回の載荷で母材が破断し、文献3)に示される結果と類似しているが、試験体B031は若干少なめの破断回数であった。この点に関してはボルト孔を20.5φの拡大孔にした影響も含めた検討が必要である。絶縁板を挟み込んだ試験体はB531が92万回、B532が111万回の載荷で破断し、絶縁板を挟み込まない試験体に比べて低めの結果となった。このことから疲れ強さは絶縁板を挟み込むことにより多少低下することが考えられる。



図－3 ボルト軸力



図－4 母材の変位

なお、絶縁板を挟み込んだ試験体B531、絶縁板を挟み込まない試験体B031のボルト軸力の計測結果を図－3、母材の変位の計測結果を図－4に示す。疲労試験機と歪み計測器の内蔵時計に日差約1.4秒の誤差があり、徐々に計測時の荷重にずれが生じたために波形を示している。

このようなボルト軸力の変動はポアソン比による板厚の変化に起因し、母材変位の変動は弾性域での変形が計測されたものと考えられる。絶縁板を挟み込むことによるボルト軸力の減少状況および変位の状況は絶縁板を挟み込まない場合とほぼ変化のないことがわかった。

4. おわりに 絶縁板を挟み込んだ絶縁摩擦接合継手の適用にあたっては、これまでに報告されているすべり係数が幾分低くなる点と疲れ強さが多少低下することに配慮する必要があると思われる。今後疲れ強さが絶縁板を挟み込むことにより低下するメカニズムの解明と具体的な設計手法について検討して行きたい。なお、本研究は運輸省の補助対象事業の一環として実施したものである。

【参考文献】1)市川、穴見、杉本、長嶋、山田：絶縁性能を有する高力ボルト摩擦接合継手に関する研究、鋼構造年次論文報告集第1巻 2)杉本、市川、穴見、長嶋、山田、羽田：絶縁摩擦接合継手の繰返し載荷試験報告、土木学会第48回年次学術講演会 3)国鉄建造物設計標準解説、土木学会、1983