

高力ボルト接合の高摩擦化に関する基礎実験

瀧上工業（株） 伊藤 功, 遠山 隆夫, 正員 織田 博孝, フェロ- 安藤 浩吉

1. まえがき

最近、少主桁橋などで極厚高張力鋼板が使われるようになってきた。この場合、現場継手には溶接を採用することがほとんどであるが、第1の理由は高力ボルト摩擦接合の強度不足だと考えられる。例えば、道示に従うと高力ボルト M22(F10T)最大8列を両面摩擦によりゲージ 75mm で留めるとすると、HT790 (SM570) 材に対して板厚 28 (39) mm までしか接合できない。さらに、溶接には美観・塗装の面で利点がある。一方、溶接は検査を含めた品質管理が煩雑、接合部材の形状により現場溶接の完全な自動化が困難などの欠点があるため、高力ボルト接合に比べ工期が長く、コストも割高になると思われる。

したがって、橋梁の条件により美観・塗装が大きな問題にならない場合は、高力ボルト摩擦接合も選択できることが望ましい。このためには摩擦接合の強度を向上させることが必要になり、①ボルトの強度を高め、導入軸力を大きくする、または②摩擦面のすべり係数を大きくする事が考えられる。前者の方法は遅れ破壊に対する材料の改良が難しく、大幅な向上は望めない状況にある。そこで本研究では、すべり係数を向上させるために母材と添接板の間に挟む高摩擦フィラー HFF (High Friction Filler) の開発を目標とし、そのための基礎的なすべり試験を行ったので報告する。ここでフィラーを利用する理由は、フィラーであれば強度やじん性などが余り必要とならないためである。添接板を高摩擦化するならば、母材と同等の強度・じん性も要求されるため材料の選択範囲が狭くなると考えられる。

2. 試験片の種類

母材とフィラープレートの硬さの差に着目して、4種類のフィラープレートと比較のためにフィラープレートなしについて試験した。表-1に試験片の種類をまとめる。

表-1 試験片の種類

記号	フィラー材料		ビッカース硬度 (Hv)	表面粗さ (μm)	備考
A	なし (母材 SM490YB)		184	Rz=69 Ry=76	グリッドブラスト (#70)
B	銅板		74	—	t=1.2 (市場品のため強度不明)
C	アルミニウム板		41	—	同上
D	塗装系金属溶射	アルミニウム溶射	49	Rz=79 Ry=88	フィラー t=1.6(SS400)、亜鉛・アルミ擬合金溶射の上に左記金属を溶射
		SUS410 溶射	155	Rz=74 Ry=80	
E	耐摩耗用金属溶射 (タンク・ステッカー・バット・コンクリート溶射)	HG203 WC/NiCr	319	Ra=7.7 Ry=78	フィラー t=4.5(SS400)
		NA-2 13Cr		Ra=12.0 Ry=117	

注) Ra: 算術平均粗さ, Rz: 十点平均粗さ, Ry: 最大高さ (JIS B 0601 表面粗さ一定義および表示)

試験片 A はフィラーがない現状の継手である。道示では摩擦面の表面粗さは、管理が困難、すべり係数との関係がそれ程明確でないことから規定していないが、一般的には鉄道基準に準じて 50S(Ry=50μm)程度と言われている。今回は黒皮除去にグリッドブラストを用

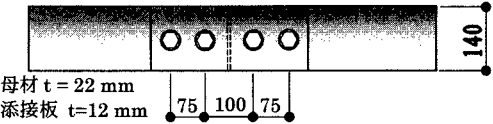


図-1 試験片寸法

い摩擦面を粗くしようとしたが、結果的には従来のものよりも多少粗い程度にとどまった。試験片 B,C は、鋼(SM490YB)に比べかなり柔らかい銅、アルミニウムを用いており、硬さ比はそれぞれ鋼の約 1/2.5, 1/4.5 となっている。試験片 D は防錆を目的とした塗装系の金属溶射で、亜鉛・アルミ擬合金を下地として表面に

アルミニウムあるいはステンレスを溶射してある。硬さ比は鋼に対して、約 1/3.8, 1/1.2 である。試験片 E は摩耗・摩滅が激しい用途に使われるコーティングで、硬さは鋼の約 1.7 倍となっている。

図-1 は試験片の寸法を示す。片側にボルト 2 本を両面摩擦で留め、いわゆる標準すべり試験片²⁾に相当するものである。ボルトの導入軸力管理はトルク法で行い、ボルト 1 本当たり 228kN (推定値) とした。

表-2 すべり試験結果

3. すべり試験結果と考察

すべり試験は万能試験機で徐々に引張荷重を加え、荷重とチャック間の伸びを XY レコーダーに記録した。すべり荷重は、「摩擦面が明瞭なすべりを起こす荷重」で、レコーダーに記録されたグラフにおける小山のピークとした。

試験結果を表-2 にまとめる。すべり係数 μ は簡単に次式で計算される。

$$\mu = P / (N \cdot n \cdot m)$$

ここに、P = すべり荷重、n = ボルト本数 (=2)、m = 摩擦面数 (=2) である。

試験片 A のすべり係数は道示の設計値 0.4 に比べかなり高い。条件や管理方法が明確になれば、フィラーなしでも $\mu = 0.6$ が可能かもしれない。試験片 B, C のフィラーの強度は母材に比べかなり小さいと思われるが、すべり荷重は高く $\mu = 0.76, 0.74$ が得られている。したがって硬さ比が重要なパラメータであることが確認できた²⁾。しかし、母材より低強度の材料を使うことは研究されてこなかったもので、どのくらい低強度が許容できるのかを検討する必要がある。また、銅やアルミニウムは鋼に対して異種金属であるため電位差による接触腐食の問題があり、実用にあたってはこれを解決しなければならない。試験片 D では $\mu > 0.4$ となっているが、フィラーの板厚が薄くプラストできなかったため溶射皮膜の付着が弱く剥離が生じた。皮膜を利用する場合は、その付着に注意しなければならない。母材よりも硬い試験片 E の内、E-1 は $\mu = 0.78$ で高摩擦フィラーとして利用できる可能性がある。一方、同様の硬さを持つ E-2 は表面粗さが E-1 より粗いにもかかわらず、E-1 より小さいすべり係数となった。その理由はまだ明らかになってはいないが、大きな皮膜の剥がれはなかったものの付着に差があったのかもしれない。

4. あとがき

今回報告する試験に続き、詳細なすべり試験の実施を予定している。試験片 B, C に対して銅・アルミニウムの代わりに極低降伏点鋼を利用し、試験片 D においては皮膜の付着を改善して再試験する予定である。また、試験片 E についても追加試験を行い、さらに高いすべり係数を得るための条件を探ることにしている。

現行基準ではすべり係数の設計値は 0.4 であるが HFF により 0.8 が達成されたとすると、すべり係数 0.4 のもとで F25T 相当の高力ボルトが開発されたのと同等の効果が得られる。このことからすべり係数向上がいかに効果的か理解できる。また試算ではあるが、HFF のコストもそれ程高くなくボルト本数低減によりトータルでコストダウンになるようである。

なお、試験片 D は大日本塗料(株)、試験片 E は日鉄ハード(株)から材料の提供を受けたことを記しておく。

参考文献

- 1) 脇山, 井上ら: 高力ボルト摩擦接合部の高すべり係数化に関する基礎実験, 建築学会大会梗概集 C 構造 II, 1993.9. 2) 日本建築学会: 高力ボルト接合設計施工指針, 1994. 3) 田島: 高力ボルト摩擦接合概説, 技報堂, 1966.