

I-140 防錆処理高力ボルト継手の経年変化(10年間暴露した継手のすべり試験)

川崎製鉄(株)	正員	菊川春三
本州四国連絡橋公団	同	山口浩二
川崎重工工業(株)	同	佐岡暖也

1. まえがき

本州四国連絡橋神戸ー鳴門ルートの一橋である大鳴門橋(全長1629m, 3径間2ヒンジ剛節トラス吊橋)主塔の現場継手高力ボルトは耐力点検出法¹⁾で施工された。継手はすべて鋼橋等塗装基準(本四公団 昭和52.3)に従い, 摩擦面を含めて防錆塗装しており, 軸力弛緩が従来継手に比して大きくなること, ならびに, 摩擦面変化によるすべり抵抗力の低下が懸念された。このため, 前報²⁾では, 模型継手を用いて締付け3箇月後までの軸力低下とすべり係数変化を測定し, この種継手の経時変化の傾向を把握した。これに加え今回, 現地で10年間暴露した模型継手のすべり試験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

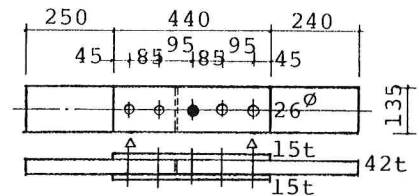
模型継手は図-1に示す1行ボルト形式で, ボルト列数は継手左右で2列と3列とに違えた形式, 計3体である。継手はSM58QとF10T M24ボルトの組合せを用い, 昭和54年10月から平成2年2月まで, 計10年5箇月間大鳴門橋主塔基部(4P: 鳴門市側, T. P. +16.05m)に暴露した。暴露姿勢は写真-1に示すごとく, ボルト頭部が天である。塗膜は軸力弛緩の影響を把握すべく, 鋼橋等塗装基準より厚くした(母板: 無機ジンク, 110 μ m, 添接板: 亜鉛溶射, 170 μ m)。

実験は以下の要領で実施した。まず, 軸力の測定は既往の研究³⁾と同様, ボルト六角頭の頂部中心に2軸ひずみゲージを貼付し, すべり試験の終了後に得た解放ひずみとボルト軸力ーひずみ校正関係から, すべり試験直前の残留軸力値を推定する方式を採用した。次に, すべり荷重は図-1中の△で示した位置に変位計を取付け, 継手左右の最外縁ボルト位置の母板ー添接板の相対ずれをX-Y記録計に自記させ, 荷重ーすべり線図の急変点で定義した。

すべり試験はボルト2列側継手にすべりが生じた後, いったん除荷し, 3列ボルト側の1本(図-1中・で示す)をゆるめ, 再度すべり試験に供した。この措置により, 模型体1体あたり2, 計6個のすべり係数値を得た。なお, ボルト残留軸力データ数は計15である。

3. 結果と考察

得られた残留軸力とすべり係数を前報²⁾の結果と併せて表-2に示す。耐力点検出法による導入軸力は平均



△: 変位計

図-1 継手模型体

表-1 素材の機械的性質

模型継手	Y.P. (kgf/mm ²)	T.S. (kgf/mm ²)	E.L. (%)
母板 (t=42mm)	56	67	26.0
添接板 (t=15mm)	57	66	30.0
ボルト* (F10T M24)	102.7	109.6	18.1

*トルク係数 = 0.129



写真-1 継手暴露状況

31.7 tf, 変動係数 3.8%(n=36)であったが, 図-2に示すごとく, 10年間で約30%ボルト軸力が低下したことがわかる。設計ボルト軸力に対しては7%の低下にとどまっている。本傾向は赤錆肌継手に関する既往の実験結果⁴⁾を超えており, 摩擦面塗膜のクリープがボルト軸力弛緩を助長することを示唆している。

この一方, 図-3はすべり係数の経時変化を示しているが, 初期導入軸力31.7 tfで整理した μ_0 は微増するにとどまるものの, すべり試験直前の残留軸力で整理した μ_s は明らかに上昇していることがわかる。特に, 10年間の暴露で μ_s は平均値で初期状態から40%も向上しており, この結果, 軸力弛緩があったにも拘らず, 継手の静的すべり荷重は経年的に変化しないといった現象が生じた。すべり係数向上の一因としては, 表面処理膜の硬化による一種のアンカー効果や高圧化における金属素地の凝着に加えて, 化学的結合の進行によるすべり抵抗の増加現象が考えられる。事実, 模型継手の3列ボルト側の1本はすべり発生前に軸力解放したにも拘らず, 写真-2のすべり発生後の継手摩擦面の状況でも窺えるように, 軸力解放ボルト孔周辺も, 他のボルト孔と同様, 塗膜がこすれ合った跡が明瞭に示されている。すなわち, 塗膜同士の結合力が存在したと推測されるが, すべり抵抗への寄与については, 今後解明して行かねばならない課題である。

4. あとがき

本一連の実験により, 無機ジンクと亜鉛溶射を組合わせた高力ボルト継手では, ボルト軸力の経年減少の一方, すべり抵抗が経年上昇するため, 継手の静的なすべり荷重は経年的に安定するとの所見を得た。実験に際し, 神戸大学工学部西村昭教授ならびに埼玉大学工学部田島二郎教授には貴重な御助言を頂いた。また, 日本ファスナー工業(株)草深部長には

継手模型体の製作等に御尽力頂いた。記してここに謝意を表す次第である。

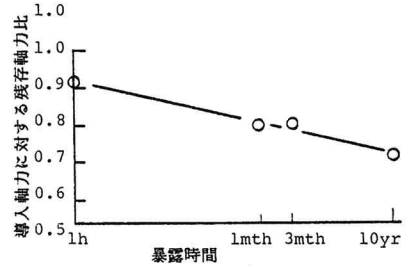


図-2 ボルト残留軸力

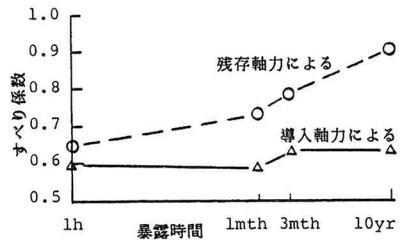


図-3 すべり係数の経時変化

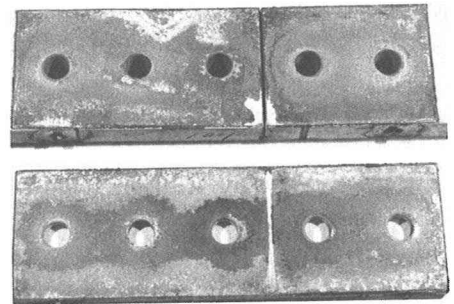


写真-2 すべり発生後の継手摩擦面

表-2 すべり試験結果の一覧

暴露期間	残留軸力			すべり荷重			すべり係数		
	m(tf)	σ (tf)	n	m(tf)	σ (tf)	n	m(tf)	σ (tf)	n
1時間	29.0	1.06	12	75.8	2.50	6	0.65	0.029	6
1ヵ月	25.3	1.38	12	74.0	4.52	6	0.73	0.038	6
3ヵ月	25.6	1.10	12	79.0	5.20	6	0.78	0.064	6
10年	22.7	1.19	12	80.4	7.14	6	0.90	0.106	6

m: 平均値 σ : 標準偏差 n: データ数

参考文献

- 1) 西村昭, 秋吉俊男, 灰川昭三, 「安定した軸力を得る高力ボルト締付け機器について」, 土木学会第29回年次学術講演集, I-98 (1974)
- 2) 菊川春三, 田中淳之, 寺田弘, 「防錆処理した高力ボルト摩擦継手挙動の経時変化に関する実験的研究」, 土木学会第35回年次学術講演集, I-110 (1980)
- 3) 西村昭, 宮永佳明, 梶谷義昭, 「実橋摩擦接合高力ボルト軸力の経年変化」, 同上, I-112
- 4) A.Nishimura, J.Tajima, T.Yamasaki & S.Kikukawa, Aging of High Strength Bolted Joints in Long Services, LABSE Symposium, Washington D.C., 1982