供用後２０年経過した溶融亜鉛めっき橋の高力ボルトに関する調査

西日本高速道路（株）　正会員　水野　希典　　和田　広之
NEXCO 西日本コンサルタンツ（株）　正会員　伊川　嘉昭　正会員　○関　宏一郎
日鉄住金ボルテン（株）　正会員　吉見　正頼

１．はじめに

NEXCO 西日本 関西支社管内には，近畿自動車道や阪和自動車道を中心に溶融亜鉛めっき橋が多数存在しており，それらの中には建設されてから約 40 年が経過しているものもある．

溶融亜鉛めっき橋の高力ボルト摩擦接合継手は，摩擦面やボルトに付着した亜鉛の影響によりリラクセーションが大きく，既往研究 [1] では締付け後約 6 か月経過後には約 17%程度で収束するとされているが，長期間のリラクセーションに着目した調査事例は少ない．

よって，供用後約 20 年が経過した溶融亜鉛めっき橋の撤去桁を用いて，溶融亜鉛めっき高力ボルトのリラクセーションや腐食等の影響による軸力減少の程度を確認することで，今後の維持管理における基礎資料とすることを目的とする．

写真１　撤去桁（神戸 JCT B ランプ橋）

２．対象橋梁

新名神高速道路の建設に伴い，中国自動車道上を横過する神戸 JCT B ランプ橋を撤去したため，その撤去桁の一部を調査に再利用することとした．（**写真１**参照）

３．調査内容

（１）残存軸力測定及び抜取調査

ボルト頭部に貼付けたひずみゲージにより軸力解放後のひずみ量を測定し，抜取った後，それを試験室の引張試験機で再現することで残存軸力を推定した．（**図１**参照）

なお，外観から判断した腐食の程度（健全・軽度・重度）とボルト首下長さ（フランジ・ウェブ）の違いに着目して，各 3 本，合計 18 本を調査対象として比較検証を行った．

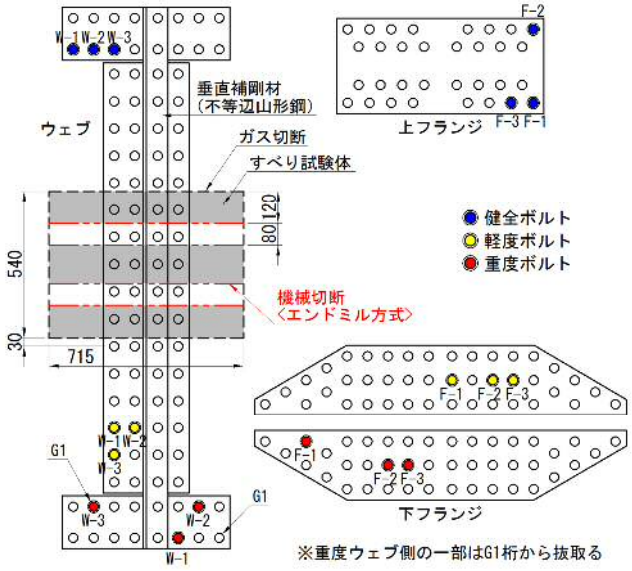

図１　ボルト抜取位置及びすべり試験体切断位置

（２）すべり耐力試験

撤去桁の継手部からガス切断と機械切断（エンドミル方式）で 3 体の試験体を製作し，すべり試験によって溶融亜鉛めっき高力ボルト継手の摩擦接合面のすべり耐力を確認し，前述の残存軸力測定結果からすべり係数も推定した．

すべり試験体は垂直補剛材のある側を「固定側」とし，もう一方は部材降伏よりもすべりが先行するように，外側ボルトを 1 本抜取り「すべり側」とした．（**図 2** 参照）

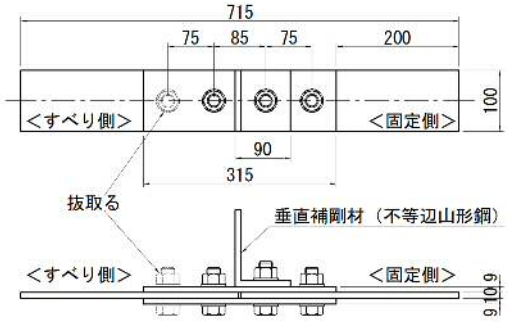

図２　すべり試験体

キーワード　溶融亜鉛めっき橋，溶融亜鉛めっき高力ボルト，残存軸力，リラクセーション，すべり試験
連絡先　〒532-0002　大阪市淀川区東三国 4-13-3　NEXCO 西日本コンサルタンツ（株）大阪支店　TEL06-4807-7735

4．調査結果

（1）残存軸力測定及び抜取調査

軸力推定結果を**表 1** に示す．軸力残存率は重度のウェブを除いて約 65%，160kN であり，ほぼ設計ボルト軸力（165kN）程度であった．重度のウェブは平均 35%しかなく，ひずみも小さい．また，当時の締付けはナット回転法だと推測するが，首下長さによる軸力差は確認されなかった．なお，外観上同じ重度としたフランジとウェブで軸力差がある理由は，腐食程度に差があるためか，締付け位置（作用力）の違い，あるいはその他の要因なのかは判断できないが，特に残存軸力が低い重-W-1，2 は垂直補剛材（不等辺山形鋼）の近傍であり，垂直補剛材の取付けの際に後から締付けられた可能性があり，締付け順序の違いによって軸力変動した可能性も考えられる．

表 1　軸力推定結果

腐食程度	締付箇所	ボルトサイズ	抜取位置	歪（μstrain）		荷重（推定軸力）（kN）		軸力残存率（%）		歪/荷重（参考）	
健全	フランジ	M22×85	健-F-1	1,168	1,074	164.4	157	68.5	65	7.10	6.84
			健-F-2	1,086		152.3		63.5		7.13	
			健-F-3	968		154.1		64.2		6.28	
	ウェブ	M22×70	健-W-1	1,096	1,095	163.8	164	68.3	68	6.69	6.58
			健-W-2	1,150		173.9		72.5		6.61	
			健-W-3	1,040		154.8		64.5		6.72	
軽度	フランジ	M22×110	軽-F-1	994	1,091	152.2	163	63.4	68	6.53	6.71
			軽-F-2	1,088		161.5		67.3		6.74	
			軽-F-3	1,192		174.4		72.7		6.83	
	ウェブ	M22×70	軽-W-1	1,118	1,089	160.0	160	66.7	66	6.99	6.83
			軽-W-2	1,068		158.8		66.2		6.73	
			軽-W-3	1,080		159.9		66.6		6.75	
重度	フランジ	M22×110	重-F-1	1,136	1,090	150.6	153	62.8	64	7.54	7.06
			重-F-2	1,086		165.2		68.8		6.57	
			重-F-3	1,048		142.1		59.2		7.38	
	ウェブ	M22×70	重-W-1	364	549	59.3	83	24.7	35	6.14	6.71
			重-W-2	420		65.4		27.3		6.42	
			重-W-3	862		125.1		52.1		6.89	

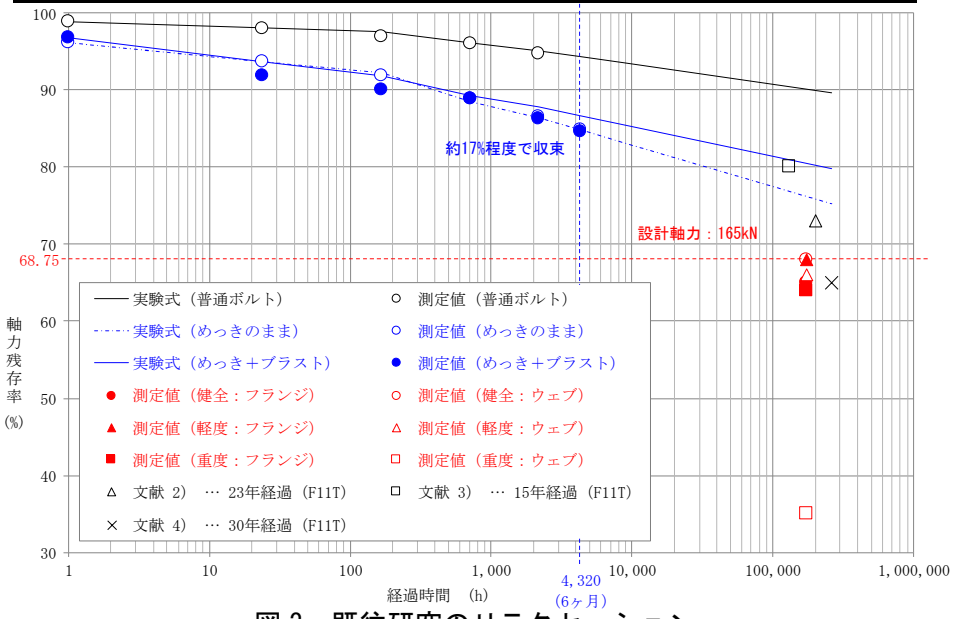

図 3　既往研究のリラクセーション

図 3 に示す既往研究[1]のリラクセーション調査では，締付け後約 6 か月経過後には約 17%程度で収束するとされており，実測（測定値）に基づいたリラクセーションの実験式も提案されている．施工時の軸力が適切であったと仮定した場合，今回の調査結果は実験式よりも大きく下回ることになるが，実測は約 1 年間のみであり，また腐食の影響についても考慮されてはいない．

（2）すべり耐力試験

すべり試験結果を**表 2** に示す．試験体 No. 3 を除き，設計耐力は満足した．試験体 No. 3 のみ極端に低い値となっているのは，ガス切断時の順序及び手際によって熱影響に差が出た可能性が高い．本来は 1 枚の鋼板であったことを考えると，すべり耐力比の平均は 1. 3 を超え，十分なすべり耐力であるため，供用後約 20 年の経過によって腐食した高力ボルト摩擦接合継手でも十分に継手としての機能は有していると判断した．

表 2　すべり試験結果

試験体	試験耐力（kN）	設計耐力（kN）	すべり耐力比	推定軸力 N（kN）	摩擦面数 m（枚）	ボルト本数 n（本）	すべり係数 μ（参考）
No. 1	193. 5	132	1. 466	160	2	1	0. 605
No. 2	209. 0		1. 583				0. 653
No. 3	122. 5		0. 928				0. 383
平 均	175. 0		1. 326				0. 547

5．まとめ

高力ボルトの腐食程度と軸力とに相関性があるものと考えたが，今回の調査では確認することができなかった．どちらかと言えば腐食の進んでいる重-F-1 の軸力が高く（150. 6kN），若干健全な重-W-1 の軸力が低かった（59. 3kN）ことからも，腐食程度から軸力を予測することは難しいと判断した．

参考文献

1）野村昌弘，牧浦信一：溶融亜鉛めっき高力ボルトのリラクゼーションに関する実験調査，日本道路公団技術情報，No. 62, pp. 50-55, 1982. 4