九州工業大学 正会員 山口 栄輝

# 添接板を短冊状に取替えた高力ボルト摩擦接合継手の力学挙動

九州工業大学 正会員〇高井 俊和

# 1. はじめに

高力ボルト摩擦接合継手部は,鋼橋で腐食の生じや すい箇所として挙げられる.腐食により高力ボルトや 添接板が取替えられる[1]場合がある.継手部全体を分 解せずに,図1のように添接板を短冊状に取替える方 法が考えられる.本研究では,継手の添接板を短冊状 に取替えを模擬した FEM 解析を実施し,添接板取替 えによる継手の力学挙動への影響を確認した.

#### 2. 解析ケース

継手の諸元を表1に示す.片側に高力ボルトを4行 3 列配置したすべり先行型の継手とした.解析ケース を表2に示す.着目パラメータは,添接板の取替えの 有無,取替え後の添接板厚,取替え中の予備荷重の大 きさとした.予備荷重は,死荷重等の常時作用する荷 重を想定した.短冊状にすることで降伏荷重等が低下 したため,取替え側の添接板が厚いケースも設定した.

# 3. 解析方法

解析プログラムは Abaqus Standard v6.13 を用いた. 解析モデルの概要を図2に示す.対称性を考慮し1/ 2 モデルとした.材料特性は、ヤング率を200,000 N/mm<sup>2</sup>、ポアソン比を0.3、降伏点、引張強さをJISの 下限値とした.降伏から引張強さまでの勾配は*E*/100、 引張強さ以降は0とした.真応力-真ひずみ関係を用 い、幾何学的非線形性を考慮した.接触はペナルティ 一法、摩擦はクーロン摩擦を用い、母材と添接板間の 摩擦係数は0.5、それ以外は0.005 とした.

解析の計算ステップは、まず、ボルト軸力導入後、 予備荷重を作用させた. その状態で添接板のボルト間 の要素を5mmの幅で削除し添接板の切断を模擬した. その後ボルト1行ごとにボルト軸力を抜き、再度導入 [2]することで添接板の取替えを模擬した.これを4行 繰り返した. この間の予備荷重は荷重増分により一定 の荷重を保持した. 取替え後は、変位増分で引張荷重 を増加させ、すべり、降伏等を発生させた.

すべり荷重はすべり後に支圧により荷重が上昇す るまでの最大値,降伏荷重は降伏断面全体が1要素以 上の幅で降伏した時点の荷重,終局最大荷重は降伏以 降の荷重のピーク値とした.



図1 添接板の取替え手順のイメージ

表1 継手の諸元

			4行とも	1行抜い	
			締結	た状態	
ボルト	等級 呼び		F10T M22		
	ボルト配置		4行3列		
	片側ボルト本数	(本)	12	9	
	設計ボルト軸力	(kN)	205 0.5		
	設計すべり係数				
	設計すべり荷重	(kN)	2,460	1,845	
母材・	鋼種	-	SM490Y		
添接板	降伏点 (N	$mm^2$ )	355		
	母材厚	(mm)	40		
	添接板厚	(mm)	19		
	板幅	(mm)	400 24.5 302		
	ボルト孔径	(mm)			
	純幅	(mm)			
	添接板設計降伏荷重	设計降伏荷重 (kN)		4,074	
添接板	<u>すべり/降伏耐力比</u>	β	0.60	0.45	
予備	すべり荷重×0.6	(kN)	1,476		
荷重	すべり荷重×0.3	(kN)	738		

表2 解析ケース

ケース名	取替え側の	添接板を	取替え中の
у у ю-ц	添接板厚	取替える側	予備荷重
a19.0.0	_	なし	
b19.1.0			なし
c19.1.3	19 mm	片側	×0.3倍
d19.1.6		(ボルトヘッド側)	×0.6倍
f21.1.3	21 mm		×0.3倍



### 4. 解析結果および考察

解析で得られた各種荷重を表3にまとめる. 基本ケ ースの al9.0.0 を 100%としたときの各ケースの各種荷 重の比率を図4に示す.

すべり荷重は,短冊状に取替えたケースの変化が1% 以下であり,影響はほとんどなかった.これは,図5 に示した添接板取替え過程の各添接板の分担力から, 最初に取替えた2行目は他の行の取替え過程で,すべ り限界まで上昇したが,他の行が荷重を分担すること から,全体のすべり荷重に影響がなかったと考えられ る.添接板取替え過程の母材端変位は0.3 mmの増加 とわずかであった.

降伏荷重,終局最大荷重は,短冊状に取替えること でそれぞれ 4%,7%低下した.図6の荷重-母材端変 位でも,降伏以降,短冊側が低いことが確認できる. 添接板の要素を 5 mm 幅で削除し短冊状にしたときの 断面積の減少は2%であり,それ以上の低下となった. この要因として,図7の添接板のミーゼス応力分布が 同様である一方で, $\sigma_x \ge \sigma_y$ の差が挙げられる.al9.0.0 はボルト孔下側が2行目と連続で,y方向の変形が拘 束され $\sigma_y$ が高くなる一方で,拘束がない bl9.1.0 は $\sigma_y$ が低い.これにより,短冊状にすることでミーゼス応 力が同等でも $\sigma_x$ が低く,荷重が低下したと考えられる.

荷重の低下に応じて短冊状の添接板を厚くした f21.1.3 は,基本ケースのa19.0.0 と同等の降伏,終局最 大荷重となった.このため,取替え後の添接板厚をや や厚くすることで,短冊状に取替え前と同等の耐力が 確保されることが確認された.

予備荷重の大きさの違いで各種荷重に差は見られ なかった.各行の添接板の取替えの際に分担していた 荷重が他の行へ分配されるため,結果的に差が生じな かったと考えられる.

**謝辞** 本研究は JPSP 科研費 JP19K04582 の助成を受けたものです. ここに記して感謝の意を表します.

#### 参考文献

- [1] 横山健司,松本茂,田畑晶子:トラス橋の腐食に よる継手部の補修方法と確認実験,阪神高速道路 公団技報,第16号,pp.118-128,1998.
- [2] 高井俊和, 森山仁志: 母板遊間部の開口変位に着 目した高力ボルト摩擦接合継手のボルト取替え に関する数値解析的研究, 土木構造・材料論文集, 第35号, pp. 79-89, 2019.

表3 各種荷重(単位:kN)



I-040