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

九州工業大学 正会員 山口 栄輝

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/mm², 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. 真応力一真ひずみ関係を用い、幾何学的非線形性を考慮した. 接触はペナルティー法、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 5 mm 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.

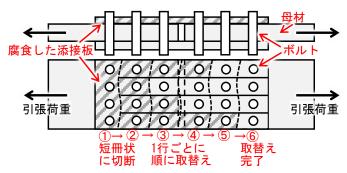


図1 添接板の取替え手順のイメージ

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	
	設計すべり係数		0.5	
	設計すべり荷重	(kN)	2,460	1,845
母材·	鋼種		SM 490Y	
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	
	ボルト孔径	(mm)	24.5	
	純幅	(mm)	302	
	添接板設計降伏	苛重 (kN)	4,074	
添接板	すべり/降伏耐	力比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 添接板厚	添接板を 取替える側	取替え中の 予備荷重
a19.0.0	1	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

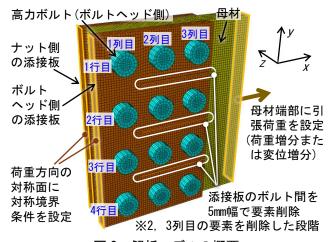


図2 解析モデルの概要

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 a19.0.0 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、 σ_x と σ_y の差が挙げられる。a19.0.0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 σ_y が高くなる一方で、拘束がない b19.1.0 は σ_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 σ_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)

ケース名	すべり荷重	降伏荷重	終局最大荷重
a19.0.0	2,373	4,817	6,318
b19.1.0	2,371	4,639	5,901
c19.1.3	2,383	4,641	5,901
d19.1.6	2,393	4,655	5,901
f21.1.3	2,386	4,795	6,277

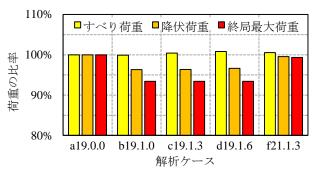


図 4 各種荷重の比較 (a19.0.0を100%)

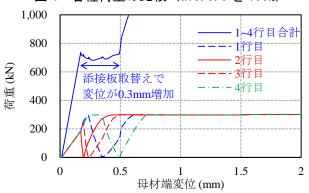


図 5 短冊側の添接板荷重-母材端変位(d19.1.6)

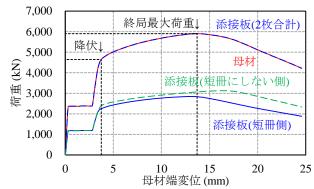


図 6 荷重-母材端変位(b19.1.0)

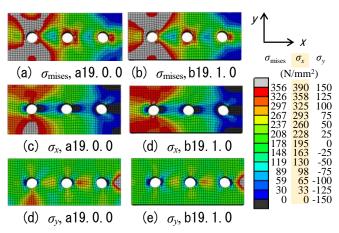


図 7 降伏時荷重時の短冊側添接板 1 行目の応力分布