高カワンサイドボルトを用いた継手のすべり後挙動を評価するための FEM 解析モデル化の検討

九州工業大学 学生会員 〇上田 慎也

九州工業大学 正会員 高井 俊和

1. 目的

高力ワンサイドボルトは片側から施工でき,鋼構造物の 当て板補修に用いられる.本検討では、高力ワンサイドボ ルトを用いた継手の載荷実験の再現解析により、ボルト軸 部のせん断で終局となる場合のすべり後挙動を評価する ための FEM 解析モデル化の方法を検討した.

1. 載荷実験の方法

載荷実験に用いた継手試験体の諸元を表1に示す.試験 体は MUTF20 の高力ワンサイドボルトを1本とし、載荷 によりボルト軸部でせん断破断が生じるよう設計した. 試 験体形状を図1(a)に、組立てた試験体を図1(b)に示す. ボルトの締付けは専用の電動シャーレンチを用いた. 万能 試験機により圧縮載荷した.試験体の設置状況を図1(c) に示す. 試験体の数は6体とした. ボルト軸部が破断する まで載荷し、荷重と変位の関係を記録した.

3. 実験結果

実験により得られた最大荷重と破断モードを表 2 にま とめる.いずれの試験体も設計通りにボルトのせん断破断 が生じた.表2の破断モードAは図2(a)のようにグリッ プスリーブの端部が変形し, B は図 2(b)のように変形し なかったケースである.端部が変形したケースは、最大荷 重が100kN程度高くなった.

4. 再現解析の方法

解析プログラムは Abaqus Standard 6.13 を用いた. 実物 のワンサイドボルトの寸法をもとに形状を再現した.解析 モデルの形状と解析ステップのイメージを図3に示す.ス テップを4つ設けた.はじめに、グリップスリーブ下端を 拘束し、ボルト下端に強制変位を与えて軸力導入とともに バルブスリーブを変形させた. 次に、シャーワッシャーの 破断を模擬して、グリップスリーブの下端の拘束を解除し た. さらに、ボルト下端の強制変位を与えて所定の 131kN のボルト軸力を導入した. その後, 母板端部に強制変位を 作用させて継手に圧縮荷重を作用させた.

実験で生じた2種類のボルト破断モードは、グリップス リーブ端部に設定した強制変位量を調整し、グリップスリ ーブの位置を変えて再現した.

表1 継手諸元(設計値)

	MUTF20			
	7			
	ボルト配置		1行1列	
ボルト	呼び		MUTF20	
	軸径(スリーブ込み)	mm	21	
	軸径(スリーブ無し)		15	
	呼び		20	
	耐力	N/mm ²	1006	
	引張強さ	N/mm ²	1118	
	設計ボルト軸力	kN	131	
	せん断最大荷重(スリーブ込み)	kN	447	
	せん断最大荷重(スリーブ無し)	kN	228	
	摩擦係数μ		0.5	
母板 連結板	鋼種		SM 490Y	
	降伏点 oy	N/mm ²	355	
	引張強さ	N/mm ²	490	
	母板厚 t1	mm	28	
	連結板厚 t ₂	mm	16	
	縁端距離 e	mm	45	
	板幅 W	mm	80	
	ボルト孔径 d	mm	21.3	
	純幅	mm	58.7	



表2 最大荷重とボルト破断モード										
試験体番号	MUTF20-2	3	4	5	6	7				
最大荷重(kN)	390.0	400.6	502.3	474.6	491.6	417.9				
破断モード	В	В	Α	Α	Α	В				



(a) スリーブ変形あり

図2ボルト破断モードの比較

キーワード 高力ワンサイドボルト,ボルト継手,すべり後挙動,ボルトせん断,FEM 解析 連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 工学部 建設社会工学科 TEL093-884-3123 摩擦係数は,解析のすべり荷重が実験と合うように調整 し 0.64 とした. バルブスリーブは座屈による要素変形が 大きいため,板厚方向に4分割した細かい要素とした. 高 カワンサイドボルトの材料特性は,すべての構成部品に対 し,ボルト軸部の材料試験に基づいた値を与えた.

解析モデル化のパラメータとして,要素サイズ(1.5mm, 2mm, 3mm),材料特性(トリリニア型,マルチリニア型), 要素の種類(低減積分要素,完全積分要素)に着目し,これ らを組み合わせて計14ケースを設定した.

5. 解析結果

1-86

変形後のバルブスリーブの形状を図4に示す.解析上で もスリーブの座屈変形が生じた.要素の変形により,試験 体と多少の形状が異なるがおおむね変形が再現された.

荷重-変位関係を図5に示す.実験が図1(c)に示すよう に荷重計と治具込みの圧縮変位,解析が母板端と連結板端 間の継手のみの圧縮変位量のため,多少の差はあるものの すべり,支圧開始,降伏の荷重の変化はおおむね再現され た.破断モードAとBの降伏時のミーゼス応力分布を図 6に示す.グリップスリーブの変形について,せん断面で の引っ掛かりの有無で再現することができた.図5よりグ リップスリーブが引っ掛かった破断モードAの方が,引 っ掛からなかったBに比べて,降伏以降で100kN程度荷 重が大きくなり,実験と同様の傾向が得られた.

いずれの解析ケースとも,得られた荷重-変位関係には ほとんど差は見られなかった.材料特性について,材料試 験結果に基づいたマルチリニア型とトリリニア型で結果 に差がほとんどなかったため,簡易なトリリニア型の材料 特性を用いても同等の精度の計算結果が得られることを 確認した.

圧縮載荷時のボルト軸力の変化を図7に示す.変位が2 mm前後までは,破断モードによらずボルト軸力低下はほ とんど差がなかったが,その後は引掛りのある破断モード Aのボルト軸力の低下がBよりも大きくなった.

6. まとめ・今後の課題

再現解析により継手の降伏が生じた直後までは結果が 得られたが、すべり後の母板、ボルト、グリップスリーブ の接触の計算収束性が悪く、いずれのケースもそれ以降の 結果が得られなかった.最大荷重時の挙動を得るには、解 析モデル化の改良をさらに行う必要がある.

謝辞 本研究は上田記念財団の助成を受けて行ったもの です. 試験体の準備にあたり株式会社フセラシの協力 を得ました. ここに記して感謝の意を表します.



© Japan Society of Civil Engineers