曲げを受ける鋼工桁高力ボルト継手部のすべり挙動解析

川田工業(株) 正会員 石川 誠

- 大阪大学大学院 正会員 亀井義典
- 大阪大学大学院フェロー西村宣男

1.はじめに

鋼 I 桁高力ボルト継手に関して現行の設計法¹⁾では,曲げによる作用力に対してフランジ継手と腹板継手は 個別に設計している.現在まで,高力ボルト継手のすべり強度不足に起因する事故例は報告されておらず,そ の設計法の安全性は保証されていると考えることができるが,実際の挙動との整合性については,従来からそ の不備な点が指摘されている.たとえば,I桁の継手の曲げに対するすべり挙動はフランジと腹板とが独立し たものではなく,両者が協働的に機能している²⁾ことなどである.これまでにも,I桁継手部を対象とした実 験的研究²⁾はいくつか報告されているが,解析的な検討を行った研究はほとんど報告されておらず,数種の実 験データだけで曲げを受けるI桁継手のすべり挙動が全て明らかになったとは言い難い.そこで本研究では, 解析的に曲げを受けるI桁継手部のすべり強度特性について明らかにする試みを行った.

<u>2.曲げを受けるI桁継手部のすべり挙動解析手法</u>

解析プログラムとしては,高力ボルト摩擦接合引張継手を対象とした弾塑性有限変位解析手法³⁾を用いることとする.この解析手法は,鋼板の塑性化に伴うボルト軸力の減少や,鋼板の全接触面にジョイント要素を導入することにより,摩擦面の固着,すべり,剥離といった継手特有の挙動を表現することが可能となっている.しかしながら,既往の手法³⁾は引張側フランジのみを解析対象としているため,曲げを受けるI桁継手のすべり挙動解析を行う場合,少なくとも以下の機能拡張が必要となる.

(1) 強制変位による純曲げ状態のモデル化 曲げ継手に作用する外力は変位制御とし,フランジと腹板の ボルトに初期軸力を導入した後,強制変位により継手部を純曲げ状態とする.図-1に示すように載荷辺 A-A

は平面保持の仮定が成立するものとして,強制回転角 を与えて純曲げ状態と する.強制回転角のみではフランジ部での部分すべりや局所的降伏現象などに より2次的な軸方向力が発生するため,調整軸方向変位 *u* を与え,2次的軸方 _{強制変} 向力を解消させる.作用モーメント *M* は載荷辺上の節点の軸方向節点力に基 ^{調整変位} 準点からの距離を乗じ,断面について積分することにより計算される.

(2)面外曲げに対応したすべり機構のモデル化 既往のジョイント要素³⁾ では,接触判定や剛性評価を局所座標系と全体座標系が等しいという仮定で行っている.従って,曲げ継手では,桁のたわみによりフランジ部に面外方向の 変位が生じた際に解析精度が著しく悪くなる恐れがある.基本的にジョイント 要素の接触判定は,板厚およびせん断方向(局所座標系)で評価すべきであり,







(a) 面外変形なし (b) 面外変形あり(改良前)(c) 面外変形あり(改良後) 図-2 すべり機構のモデル

キーワード:プレートガーダー,摩擦接合継手,有限変位解析,すべり挙動 連絡先:〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL:06-6879-7598 FAX:06-6879-7601 フランジ継手部については少なくとも直交座標系での座標変換が必要となる(図-2).

3.解析例

(1)解析モデル 本研究で開発した曲げを受ける I 桁継手部のすべり挙動解析プログラムの機能を検証するため, 文献 2)に示されている実験供試体を対象に解析を試みた.図-3,表-1に供試体断面諸元と解析モデルの概要を示す.高力ボルトは,等級 F10T, サイズ M20,鋼材は鋼種 SS400を使用している.すべりとフランジの降伏について,以下の2タイプとした.

● MBS タイプ:継手部において引張フランジの降伏が発生する前に, すべりが生じる.

● MFY タイプ:継手部においてすべりと引張フランジの降伏がほぼ同時に発生する.

(2)解析結果および実験との比較 図-4,図-5,表-2に実験と解析の比較を示す.荷重-回転角関係 を見ると,線形限界をわずかすぎたところで主すべりが発生し,この時点での荷重に対する解析誤差は 3.0% 以下となっている.実験結果と解析結果は良好に一致しており,継手の設計諸元や限界状態に左右されない解 析手法の妥当性が確認できた.また,すべり強度はフランジと腹板との協働作用の効果により公称値を大きく 上回っており,現行設計法がかなり安全側の設計となっていることを確認した.

【参考文献】

- 1) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説, 鋼橋編, 2002.3.
- たとえば,西村・秋山・亀井・高木:鋼I桁の高力ボルト摩擦接合曲げ継手部の限界状態に関する実験,鋼構 造年次論文報告集, Vol.1, pp.23-30, 1993.7.
- 3) Nishimura, Kamei and Ikehata : *Analysis of HSFG Bolted Joints Considering Local Slip*, TECHNOLOGY REPORTS OF THE OSAKA UNIVERSITY, Vol.46, No.2257, pp.227-236, 1996.10.



表-1 モデル諸元

			MBS1 すべり先行型	MFY1 複合型
腹板	高さ	(mm)	800	800
	板厚	(mm)	6	6
フランジ	幅	(mm)	265	235
	板厚	(mm)	14	12
曲げモーメント	M_{SL} *	(kN• m)	511.6	538.0
	M_{Yg} *	(kN• m)	843.8	677.2
	M_{Yn} *	(kN• m)	696.8	543.9

 M_{SL} *:すべりモーメント(公称値)

*M_{Yg}**:フランジ総断面降伏モーメント(公称値) *M_{Yn}**:フランジ純断面降伏モーメント(公称値)



-322-