曲げを受ける合成桁高力ボルト摩擦接合部のすべり耐力評価に関する2,3の考察

大阪市立大学大学院	学生員	吉岡舅	夏樹
長岡技術科学大学	正会員	長井正	E嗣
(株)横河ブリッジ	正会員	松岡	徹

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口隆司 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剾

1. 研究背景

近年,さらなるコスト縮減を目的とし,塑性域を考慮 した設計に向けた様々な研究が行われている.すでに, ECやAASHTO-LRFDでは,合成桁の正曲げ状態での終局 強度として塑性モーメントを用いている.しかし,塑性 強度に達する合成桁断面の継手としてボルト接合を用いる 場合の研究事例は少ない.鋼I桁高力ボルト摩擦接合設計法 では曲げによる作用力に対して,フランジ接合部と腹板接 合部を個別に設計¹⁾するか,両者の協働作用を考慮し,総す べりモーメントを対象に設計²⁾している . そこで , 本研究で は,塑性強度に達する合成桁断面の高力ボルト摩擦接合設 計法の構築のため,基礎的資料の収集を行った.具体的に は,模型桁を用いた載荷試験結果より,ボルト接合部の曲 げ作用時のすべり挙動およびすべり強度について検討およ び考察を行った.

2. 実験供試体概要

本研究では,長岡技術科学大学で行われた高力ボルト摩 擦接合部を有する合成桁に曲げ載荷実験³をもとにすべり 強度の試算を行っている.

実験供試体の概要を図-1 に, 桁断面寸法, 腹板および下 フランジのボルト配置を図-2 に示す.使用ボルトは, M22F10T であり, ボルト孔径は 24.5mm となっている. 実 験供試体は,下フランジのボルト本数が異なる Type-1(す ベリ先行型, =0.81)とType-2(降伏先行型, =1.1)を用意 した. Type-2 は, 下フランジのボルト本数が, Type-1 の 10本に対して,14本となっている.

また,表-1,2に各部材の材料試験結果を示す.さらにすべ り係数を測定するため,標準試験体による高力ボルト摩擦 接合継手試験を行い,その結果を用いている.

3. 合成桁のすべりモーメントの試算

合成桁高力ボルト摩擦接合部のすべり耐力評価の試算結 果を表-3 に示す.

まず,平面保持の仮定の下,弾性中立軸位置を計算し, 接合部のすべり発生時に作用するモーメントを文献 2)を参 考に式(1)により計算した.同様に塑性中立軸位置に関して, 接合部のすべり耐力 PuSL を計算した.この時,コンク リート床版は圧縮強度の0.85倍の等価応力ブロックにて |計算を行った . PSL-f は下フランジの継手部に , PSL-w4 は



図-1 供試体概要(単位:mm)



図-2 断面形状及び接合部ボルト配置(単位:mm)

表-1 コンクリート圧縮試験結果

		材齢(日)	圧縮強度 (N/mm ²)	
		35	46.2	
表-2	鋼材	抈	結果(単位	$: N/mm^2$

	鋼種	降伏点	引張 強度	弾性 係数
鋼桁 連結板	SM400	283	439	187,639

 $\rho_{li} = \rho_s \times m \times n$, $\rho_s = \mu \times N$ d: 中立軸からi行目高力ボルト図心位置までの距離

da: 中立軸からコンクリート床版図心位置までの距離,

』: i 行目のすべり耐力または作用力,

s: ボルトー本ー接合面あたりの基本すべり耐力, m: 接合面の数,

n:各ボルト行の高力ボルト本数, s:すべり耐力補正係数,

- m:すべり耐力補正係数(曲げモーメント)(フランジ部:1.0,ウェブ部: 0.8).
- μ: すべり係数(高力ボルト摩擦接合継手試験結果より決定: 0.43)

腹板4列目(上から)までの継手部に、それぞれすべりが発生 した時の計算荷重である .Type-1 の PSL-f については ,下フ ランジの継手部ですべりが発生した時,腹板 5 列目におけ る作用力が設計すべり耐力を超えてしまうため,設計すべ り耐力を上限値として計算を行っている.同様に Type-1の PSL-w4 については腹板 4 列目におけるすべり発生時に,下

キーワード 合成桁,高力ボルト摩擦接合,すべり強度,型性強度,限界状態設計

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野 TEL&FAX 06-6605-2765



フランジおよび腹板 5 列目の作用力がそこでの設計すべり 耐力を超えてしまうため,これも設計すべり耐力を上限と して計算を行っている.Type-2の*PSL-f*についても Type1 と同様に,下フランジにおいてすべりが発生する時に,腹 板の4列目および5列目での作用力が設計すべり耐力を超 えてしまうため,設計すべり耐力を上限として計算を行っ ている.

降伏荷重 *Py* とは継手がないとした場合の下フランジ最外 縁が降伏応力に達するときの計算荷重であり,式(2)より求め た.*PpAA* は AASHTO の Ductility 条件⁴⁾より,式(3)を用いて 計算した値である.

 $M_y = \sigma_y \times I / yi$ (2)

 $M_{u} = M_{p} \qquad (D_{p} / D_{t} \quad 0.1)$ $M_{u} = (1.07 - 0.7(D_{p} / D_{t}))M_{p} (0.1 < D_{p} / D_{t} < 0.42)$ (3)

Dp: 塑性中立軸からコンクリート床版上端までの距離, Dt: 合成桁の総高さ

表-3 計算結果(単位:kN)

	Type-1	Type-2
PSL-f	433	593
PSL-w4	493	-
PuSL	551	678
Py	517	
РрАА	595	

4.実験結果との比較

Type-1 および Type-2 の荷重と中央断面での変位の関係を 図-3,図-4 にそれぞれ示す.

すべり先行型で =0.81 である Type-1 では Py に達する前 に,下フランジおよびその近傍ですべりが発生した.得ら れたすべり荷重は PSL-f とほぼ等しくなった.また,Type-1 では一度目のすべりが発生した後,支圧状態に移行し,荷 重が上昇した.その荷重は,PSL-w4 および Py を超え,PuSL まで到達した.その後,コンクリート床版が圧壊したが, PpAA には到達しなかった.



降伏先行型で =1.1 である Type-2 では, *Py* に達した後 *PSL-f* とほぼ等しい荷重ですべりが発生した.また, *PSL-f* と *PpAA* がほぼ等しい計算結果となった.Type-2 では一度 目のすべりの後,支圧状態に移行したが下フランジの降伏 により荷重がそれ以上上昇せずに,コンクリート床版が圧 壊し, *PuSL*まで到達しなかった.

5.まとめ

本研究では高力ボルト摩擦接合部を有する合成桁のすべ り耐力を試算し,実験結果をもとに考察した.以下に,そ れらをまとめる.

- ・実験のすべり荷重は総すべりモーメントで考えた下フランジ及び腹板の4列目もしくは5列目まですべると想定した荷重と近い結果となり、下フランジ継手部単独ですべりが発生するのではなく、腹板継手部と連動してすべりが発生したと考えられる.
- Type-1 および Type-2 ともに,腹板4列目までの接合部が すべりを発生しても,計算値ではコンクリート床版は降 伏ひずみに達していないことがわかった.
- ・すべり先行型である Type-1 では主すべり発生後も支圧状態に移行し,コンクリート床版が圧縮破壊に至るまで十分な耐力を有することが確認できた.一方,降伏先行型は降伏が先行した後すべりが発生し,その耐力低下が大きくなった.
- ・今後,さらに有限要素解析により,どの継手部分からす べりが発生しているかなどすべりメカニズムと耐力の関 係について詳細に検討する必要がある.

参考文献

- 1) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説, 共通編 鋼橋編,2000.3.
- 2) 土木学会 鋼構造委員会 高力ボルト摩擦接合継手の設計法に関する調査検討小委員会:高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案),2006.12.
- 3) 松岡徹: 合成桁高力ボルト摩擦接合部の曲げ強度解明 に関する実験的研究,長岡技術科学大学,修士論文, 2009.2.
- 4) AASHTO: AASHTO LRFD Bridge design specifications, 2003