

総すべり挙動に着目した鋼I桁高力ボルト摩擦接合継手部の合理化に関する実験的検討

大阪市立大学大学院  
阪神高速道路(株)

学生会員 ○森山 仁志  
正会員 田畑 晶子

大阪市立大学大学院  
阪神高速道路(株)

正会員 山口 隆司  
正会員 藤林 美早

1. 研究背景および目的

道路橋示方書に基づいて曲げモーメントを受ける鋼I桁の高力ボルト摩擦接合部を設計した場合、フランジおよびウェブのボルト本数は母板の応力分布に従って、個々に算出される。一方、文献[1],[2]によれば、曲げモーメントを受ける継手部は、フランジ継手部とウェブ継手部の協同作用によって断面全体で抵抗するため、継手部の合理化が期待できるとされている。文献[3]では、上記の協同作用を考慮した断面全体のすべり耐力の簡易評価法として次式の総すべりモーメント法を提案している。

$$MSL = \sum \varphi_m \cdot \varphi_s \cdot \rho_{si} \times d_i \quad (1)$$

ここに、 $\varphi_m$ : すべり耐力補正係数、 $\varphi_s$ : すべり耐力補正係数、 $\rho_{si}$ : ボルト1本あたりのすべり耐力、 $d_i$ : 中立軸から*i*行目高力ボルトから図心位置までの距離  
しかし、このフランジとウェブの協同作用を詳細に検討した事例は少なく、それぞれの継手部の形状およびすべり耐力が桁の曲げすべり挙動に及ぼす影響は明らかではない。

本研究では、ウェブのボルト列数をパラメータとした鋼I桁試験体を用いた純曲げ試験を行い、継手部のボルト配置が桁の曲げすべり挙動に及ぼす影響を確認した。

2. 試験概要

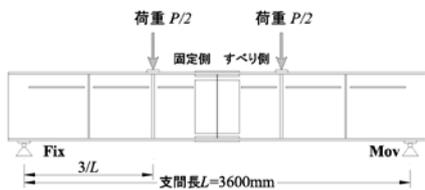
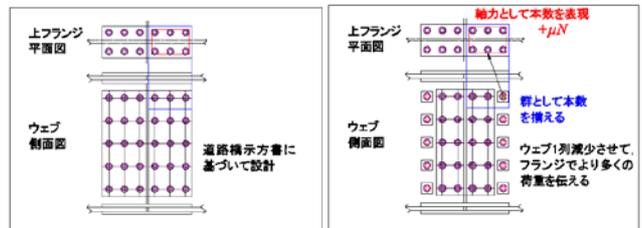


図-2 載荷方法

図-1 に示すようにウェブ継手部のボルト列数をパラメータにした試験体を2体製作した。CASE A は道路橋示方書に従い設計し、ウェブ連結板のボルト列数は3列である。CASE B は式(1)に従い設計し、連結板のボルト列数は2列であり、CASE A に比べウェブの列数が1列減少している。さらに、CASE B ではウェブの応力性状をCASE A と一致させて継手部形状の影響を評価するため、図-2(a)に示すようにウェブ3列目に孔明けし、それに当て板している。両試験体は、フランジ継手部とウェブ継手部の最外縁の群としてのすべり耐力を一定にし、継手部のボルト配置が桁の曲げすべり挙動に与える影響を評価できるように設定した。

表-1 に試験体の構造寸法、表-2 に試験体の設計耐力をそれぞれ示す。表-2 の設計耐力はあらかじめ行った材料試験結果に基づき算出した。図-2 に示すように、4点曲げ載荷により、すべりが発生し、支圧状態に完全に移行するまで単調漸増載荷を行った。

フランジ継手部とウェブ継手部において、母板-連結



(a) CASE A

(b) CASE B

図-1 試験体のパラメータ (青枠が「群」)

表-1 試験体の構造寸法

試験体名	部位	板厚 <i>t</i> (mm)	板幅 <i>w</i> (mm)	支間長 <i>L</i> (mm)	継手形状 (行×列)	ボルト軸径 <i>d</i>	縁端距離 <i>e</i> (mm)	縁端距離 /ボルト軸径 <i>e/d</i>	ピッチ <i>p</i> (mm)	ピッチ /ボルト軸径 <i>p/d</i>	設計軸力 <i>N</i> (kN)
CASE A (道示設計)	FLG	19	150	3610	2×3	16	30	1.9	42	2.6	106
	WEB	12	600		5×3				56	3.5	
CASE B (合理化設計)	FLG	19	150		2×3+1				42	2.6	123.6
	WEB	12	600		5×3				56	3.5	106

表-2 試験体の設計耐力

試験体名	設計耐力(kN*m)										
	初期すべり <i>P<sub>slip</sub></i>	総すべり <i>P<sub>SL</sub></i>	純断面降伏 <i>P<sub>yn</sub></i>	純断面全塑性 <i>P<sub>pn</sub></i>	降伏 <i>P<sub>y</sub></i>	全塑性 <i>P<sub>p</sub></i>	すべり係数 $\mu$	フランジのすべり/降伏耐力比 $\beta_{FLG}$	ウェブ最外縁ボルトのすべり/降伏耐力比 $\beta_{WEB}$	フランジの連結板/母板降伏耐力比 $\gamma_{FLG}$	ウェブの連結板/母板降伏耐力比 $\gamma_{WEB}$
CASE A (道示設計)	1229	フランジ ですべり 1359	1315	1435	1539	1803	0.671	1.02	0.79	1.25	1.55
CASE B (合理化設計)	941	ウェブ ですべり 1384						1.19			

キーワード: 高力ボルト摩擦接合, 総すべりモーメント, すべり挙動

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

板、母板遊間の相対変位を計測した。図-3には計測位置を示す。母板-連結板については、フランジ継手部は圧縮側が1, 引張側が11, ウェブ継手部では圧縮側最外縁ボルトから順に4~8である。遊間の相対変位は、フランジ継手部とウェブ継手部の圧縮側は2と3, 引張側は10と9である。

3. 試験結果

図-4に荷重-母板と連結板の相対変位関係を示す。また、設計耐力(降伏荷重  $P_y$ , 全塑性荷重  $P_p$ ) も示した。

図-4に示すように、フランジ継手部では圧縮側および引張側の両方において、CASE BはCASE Aより相対変位が小さくなった。一方、ウェブ継手ではCASE BはCASE Aより大きくなった。

図-5に各計測位置での相対変位が  $\delta_r=0.20\text{mm}$  に到達ときのすべり荷重  $P_{sl}$  を示す。両ケースを比較すると、ボルト配置に関わらず、ウェブのすべり荷重はほとんど一致していた。しかし、フランジでは、CASE Bのすべり荷重はCASE Aに対して増加している。その比率は、引張側では1.1倍、圧縮側では1.3倍となった。このように圧縮側のすべり荷重が引張側よりも大きくなるのは、圧縮側では引張側で見られるボルト軸力の低下が発生しないためである。

図-6に载荷中のボルト軸力の変動を示す。横軸は、载荷中のボルト軸力を試験前軸力で無次元化した。両ケースとも、引張側では軸力抜けが、圧縮側では中立軸位置のボルトがすべるまで軸力の増加が確認された。また、両ケースを比較すると、CASE BはCASE Aより軸力変動が小さいことがわかる。特に、フランジ継手部ではその傾向が強くみられた。

4. まとめ

本研究では、フランジとウェブの協同作用を考慮した鋼I桁摩擦接合部の合理的な設計法の確立を目指し、ウェブのボルト列数をパラメータとした鋼I桁試験体の純曲げ試験を行い、継手部のボルト配置が桁の曲げすべり挙動に及ぼす影響を調べた。その結果、以下のことが明らかとなった。

フランジ継手部とウェブ継手部の最外縁の、群としてのすべり耐力を一定にし、ウェブのボルト列数を減らしても、桁の曲げすべり耐力は同じであった。一方、フランジ継手部のすべり耐力は、CASE Bでフランジボルトの設計軸力を1.1倍にした分だけ、フランジのすべり耐力が増加した。したがって、フランジとウェブの協同作用を考慮した設計を行うことで、ウェブのボルト列数を低減させ、継手部の合理化が可能であることがわかった。

謝辞

本実験の実施にあたって、小野秀一氏をはじめとする(一社)施工技術総合研究所の皆様にご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1. 長島文雄, 山田稔, 長島和男, 成田雅之: プレートガダー継手のすべり強度試験及び解析, 土木学会構造工学論文集, Vol.37A, pp1223-1234, 1991.3.
2. 秋山寿行, 西村宣男: 曲げを受ける鋼I桁高力ボルト継手のすべり機構と限界状態の評価, 鋼構造年次論文報告集第4巻, pp287-294, 1996.11.
3. 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.

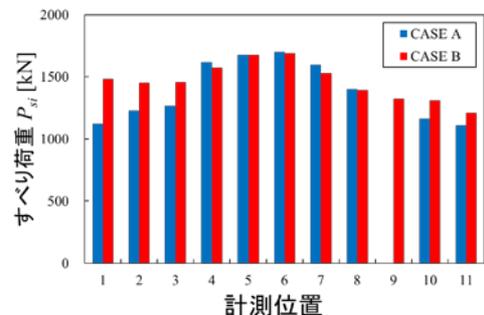


図-5 相対変位  $\delta_r=0.2$  で決定した各変位計位置のすべり荷重

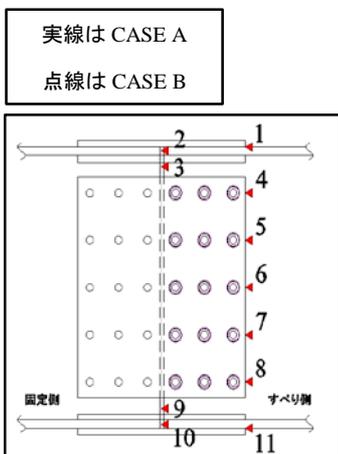


図-3 相対変位計測位置

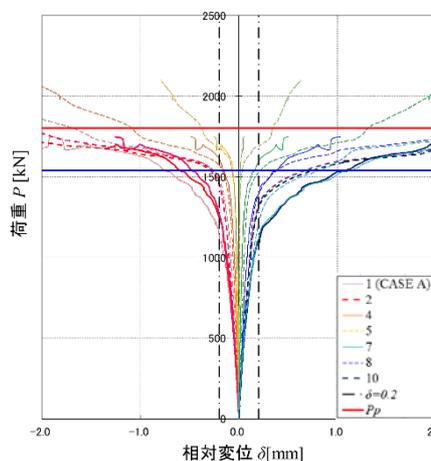


図-4 荷重-母板と連結板の相対変位関係

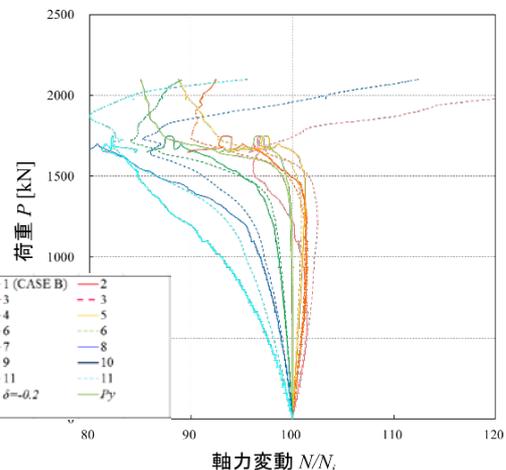


図-6 荷重-ボルト軸力の変動の関係