

曲げとせん断を受ける併用継手モデルの耐荷力実験

日本道路公団 正会員 紫桃 孝一郎， 井ヶ瀬良則， 鈴木 永之
(株)横河ブリッジ 正会員 岩崎 雅紀， 一宮 充， ○小池 洋平

1.はじめに 鋼橋の合理化構造の代表例である少数主桁橋においては、大断面主桁が用いられるため、全断面高力ボルト継手は添接部が大型化するとともにボルト本数が増加する、また、全断面溶接継手は施工能率が低いという課題がある。このため、現場継手の合理化が望まれている¹⁾。著者らは、フランジを溶接接合、ウェブを高力ボルト接合という併用継手により合理化が図れると考え、等曲げモーメント下における静的荷重試験を行い、その耐荷力性状及び設計方法について検討を行った²⁾。しかし、実構造においては曲げモーメントだけでなくせん断力も作用する。そこで、継手部に曲げ応力とせん断応力を同時に作用させた場合の静的荷重試験を実施し、併用継手の設計法に対して検討を行った。

2.実験概要 実験は、文献 2)に準じ、図-1 に示す支間 6.0m、ウェブ高さ 800mm の上下フランジ等断面のI桁モデル供試体を用いた。ボルト継手位置の塗装は設計すべり係数(0.4)に近いすべり係数が得られる有機ジンクリッチペイントを塗布している。この供試体を 3 点曲げで荷重し、継手部に曲げモーメント及びせん断力を作用させた。実験ケースは、表-1 に示す計 3 ケースである。CASE-1 は、フランジを接合せずに、ウェブ単体の挙動を調べるものである。CASE-2 は、フランジを継手部で連続させた一枚板とすることにより、溶接収縮の影響がない理想的な状態の併用継手の挙動を調べるものである。CASE-3 は、フランジを実際に溶接したケースであり、溶接収縮の影響に着目したモデルである。CASE-3 供試体の組立は、無応力状態でウェブの高力ボルト継手部中央 8 行の高力ボルトをトルクレンチにより本締めを行い、その後、下フランジ、上フランジの順に炭酸ガスシールドアーク溶接により片面裏波溶接を行い、溶接完了後に残り(上下各 1 行)の高力ボルトを締め付け、試験に供した。なお、ウェブの添接板はフランジの溶接収縮を見越し、上下各 1 行の添接板の孔径を 26.5mm の拡大孔としている²⁾。

3.実験結果 荷重試験によって得られた、荷重荷重と継手位置におけるたわみの関係を図-2 に示す。CASE-1 については、すべりが発生した時点で実験を終了した。CASE-2, 3 の供試体は高力ボルト継手部がすべり後に支圧状態となった後

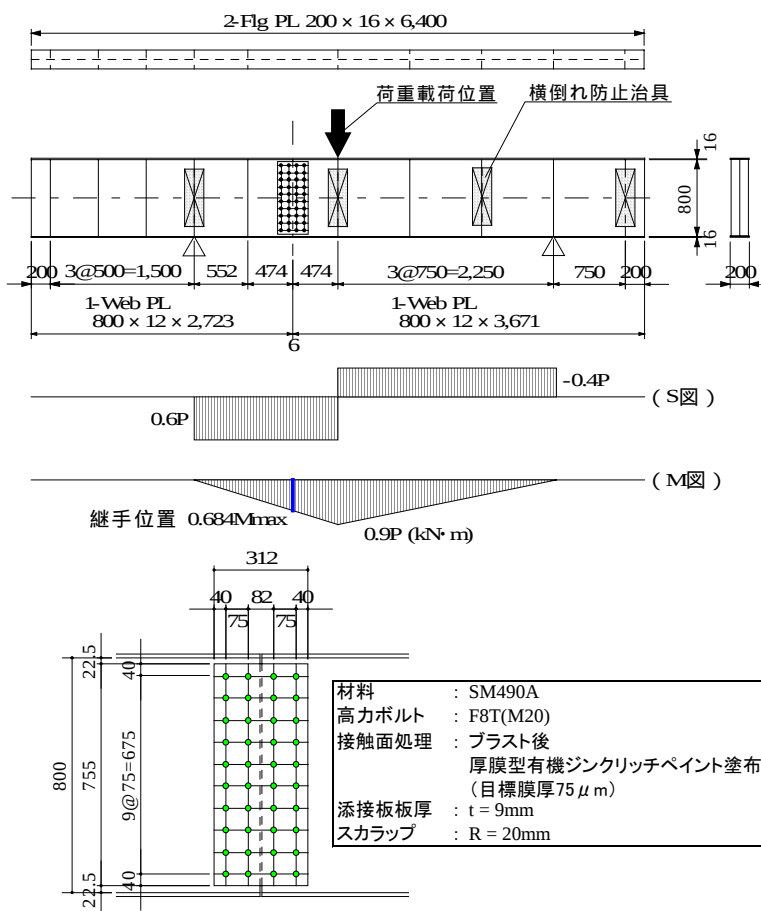


図-1 I桁モデル供試体概要

表-1 実験ケース

	CASE-1	CASE-2	CASE-3
継手形式	ウェブのみボルト継手	母材	併用継手
フランジ形式	接合無し	母材	溶接
ウェブボルト配置	2×10	2×10	2×10
添接板締付法			上下外1行のみ後締め
継手部模式図			
目的	ウェブ耐力調査 設計法確認	基本耐力調査 設計法確認	併用継手耐力調査 設計法確認

キーワード: 併用継手, 総すべりモーメント法, 溶接収縮

連絡先: 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地(横河テクノビル 2F) Tel 047-435-6161 Fax 047-435-6242

も載荷したが、いずれの供試体も載荷点付近の上フランジが座屈破壊を起こしたので実験を終了した。図-2より、いずれのケースも荷重－たわみ曲線に、ウェブボルト継手のすべりが明瞭にわかる変曲点は見られない。そこで、すべり荷重は、クリップゲージを用いて計測したウェブ添接板とウェブの相対水平変位から求めた。載荷荷重とクリップゲージを用いて計測したウェブ添接板と主桁ウェブの相対変位の関係を図-3に例示する。各図中の曲線群は、ウェブ添接板の水平ずれ量を計測したクリップゲージ6カ所(計測位置はウェブ高さ方向に異なる)の計測結果である。ここでは、併用継手のすべり荷重として、荷重－水平ずれ関係の傾きが急変した最も低い荷重と判断した。

4.総すべりモーメント法との比較 各供試体について総すべりモーメント法によるすべり荷重の計算値と実験結果より求めたすべり荷重をまとめて表-2に示す。総すべりモーメント法とは、文献3)に示される鋼I桁の高力ボルト継手の許容モーメント M_{SL} を、フランジとウェブの協同作用を考慮して式(1)で示す中立軸からの各ボルト行の距離 r と各ボルト行の許容力 ρ の積で評価する方法であり、式(2)の第2項はボルトに作用する合成力からせん断力の影響を除いたものである。

$$M_{SL} = (r_i \times \rho) \dots (1)$$

$$\rho = \left\{ (\mu \times N \times 2)^2 - (S/n)^2 \right\}^{1/2} \dots (2)$$

μ : すべり係数
 N : 設計ボルト軸力
 S : 作用せん断力
 n : ウェブの高力ボルト本数

併用継手のフランジについてはフランジボルト群のすべり荷重をフランジの降伏荷重に置換え、総すべりモーメントを算出し、実験結果と比較している。表中 P_{sl} は、すべり係数 $\mu=0.4$ として、式(1)、(2)で算出した総すべりモーメントを用いて算出した荷重である。表-3は実験と

同時期に実施した小型引張モデルのすべり試験結果(塗装～実験まで全て桁モデルと同時期に実施)と実験結果から総すべりモーメント法により逆算して求めたすべり係数を比較したものである。桁モデルのすべり係数が総じて小型引張モデルのすべり係数より

低いのは、塗装施工姿勢(立向きと下向き)の違い等によると考えられる。表-2からCASE-3の上フランジを除き、実験値と計算値は概ね一致している。CASE-3の上フランジが低いのは、文献2)に示される等曲げモーメント下における実験と同様の傾向であり、塗装施工姿勢の違い以外に、フランジ溶接収縮の影響(ウェブボルト継手への内部応力の導入)と考えられる。

5.まとめ 併用継手に曲げ応力とせん断応力を同時に作用させた場合の静的載荷試験を実施した結果、等曲げモーメント下で実施した静的載荷試験結果と同様の傾向を示し、添接板の水平ずれ性状から求めたすべり荷重は、総すべりモーメント法(せん断力の影響を考慮してボルトの許容力を低減)による計算値と概ね一致した。ただし、溶接前に締付けるウェブボルト継手にフランジ溶接収縮による内部応力が導入されるので、設計においてはその影響を考慮する必要がある。

【参考文献】1)(社)日本橋梁建設協会:新しい鋼橋の誕生 公共工事のコスト削減をめざして、1998.4. 2)紫桃孝一郎, 上東泰, 長谷俊彦, 一宮充:併用継手の耐力性状に及ぼすウェブ先締めの影響に関する実験的研究, 土木学会論文集 No.675/I-55, pp345-350, 2001.4 3)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強度の評価, 鋼構造年次論文報告集, pp.287-294, 1996.11.

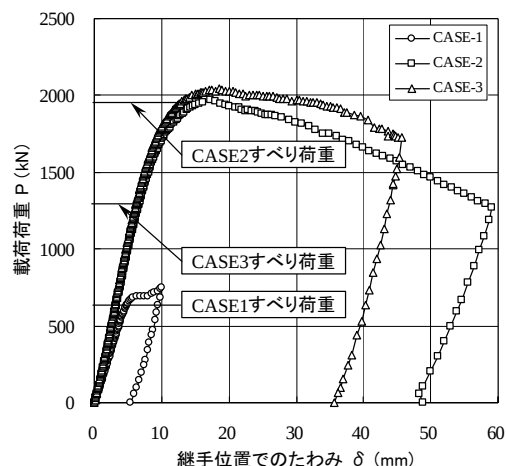


図-2 荷重－たわみ関係

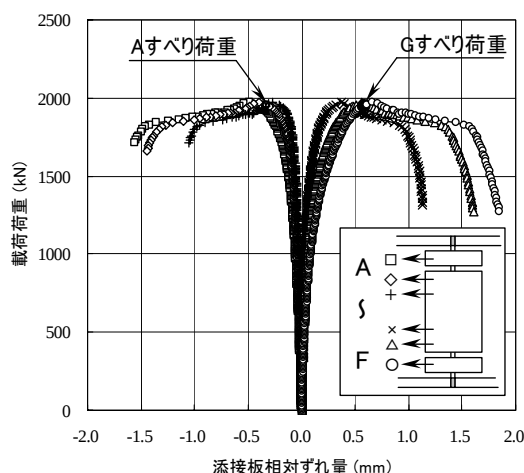


図-3 荷重－相対ずれ関係 (CASE-2)

表-2 静的載荷試験結果

ケース名	計算値				総すべり/降伏	実験値			
	継手総すべり※ M_{sl} (kN・m)	P_{sl} (kN)	母材降伏 M_y (kN・m)	P_y (kN)		最小すべり荷重 P_l (kN)	計算値との比 P_{sl}/P_l	圧縮側	引張側
CASE-1	415.0	674.1	—	—	—	676.2	676.2	1.00	1.00
CASE-2	1290.7	2096.6	947.8	1539.7	1.36	1939.8	1949.1	0.93	0.93
CASE-3	1321.3	2146.4	982.7	1596.4	1.34	1324.9	2007.4	0.62	0.94

※ すべり係数を0.4として算出

表-3 すべり係数一覧

ケース名	桁試験体		クーポン試験体	桁/クーポン	
	圧縮側	引張側		圧縮側	引張側
CASE-1	0.401	0.401	0.431	0.93	0.93
CASE-2	0.370	0.372	0.514	0.72	0.72
CASE-3	0.247	0.374	0.514	0.48	0.73