

I-A151

## フィラープレートを有する高力ボルト摩擦接合引張継手の強度および荷重伝達機構に関する解析的研究

大阪大学大学院 学生員○松野正見 大阪大学 正会員 亀井義典  
 大阪大学 フェロー 西村宣男 川田工業株 正会員 宮地真一

**1. まえがき** 鋼桁製作の省力化の一手法として、主桁ブロックを一定断面とし、現場接合部においてフィラープレートを用いることにより断面を変化させる考え方<sup>1)</sup>が普及しつつある。フィラープレートを有する高力ボルト摩擦接合継手は、通常の継手と構造詳細が異なるために荷重伝達機構が異なることが考えられ、継手の強度に影響を与えることも懸念される。また、近年、板厚制限が緩和されたこともあり、接合部において母材の断面変化量の大きい摩擦接合継手が利用されることが考えられ、その際には母材と同程度の板厚を有するフィラープレートの利用も考えられる。本報告では、フィラープレート厚をパラメーターとして、弾塑性有限変位解析<sup>2)</sup>を行い、フィラープレート厚が継手の強度および荷重伝達機構に与える影響について考察を行った。

**2. 解析手法と解析モデル** 図-1に解析モデルを示す。解析モデルとしては、高力ボルト片側1行2列の2面せん断継手とし、フィラープレート側の継手端部には、継手面外方向の曲げの影響を打ち消すために厚部側と同厚のつかみ部を設けている。解析対象は、継手の対称性を利用して、継手全体の1/4モデルとし、母材、添接板、フィラープレート、座金間の全接触面にはジョイント要素<sup>2)</sup>を導入する。また、荷重は初期ボルト軸力を導入した後、継手端部に強制変位として与える。表-1に解析モデルの諸元を示す。表中の断面変化率とは、フィラープレート厚( $t_2$ )とフィラープレートと母材の合計板厚( $t_1+t_2$ )の比 $t_2/(t_1+t_2)$ を意味する。フィラープレートを有さないモデルAは、主すべり先行型となる継手であり、すべり強度・母材降伏強度比( $N_{sl}/N_{Fy}$ ) $\beta=0.80$ 、添接板・母材降伏強度比( $N_{Sv}/N_{Fy}$ ) $\gamma=1.00$ の継手である<sup>3)</sup>。フィラープレートを挿入したモデルB～Eは、断面変化率を20.0, 33.3, 42.9, 50.0%と変化させた。

**3. 解析結果** 図-2に各モデルの荷重-全伸び関係を示す。図中の○、□は、各々の荷重-全伸び関係に対応した主すべり発生時および母材純断面降伏時を表す。縦軸は載荷荷重 $P$ をすべり強度の公称値 $N_{sl}$ で無次元化した値 $P/N_{sl}$ 、横軸は全伸びを継手全長で無次元化した値を表す。モデルA～Dは、主すべりで線形限界が決まるのに対して、 $\beta$ が1.6と大きいモデルEでは、母材純断面の降伏により線形限界に達する。モデルB, C, Dの主すべりは添接板(上)～フィラープレート間で発生している。

図-3は、各モデルの主すべり発生時および母材純断面降伏時の荷重を比較したものである。図中の破線は、モデルEの母材純断面降伏荷重の公称値 $N_{Fy}$ を表す。縦軸は

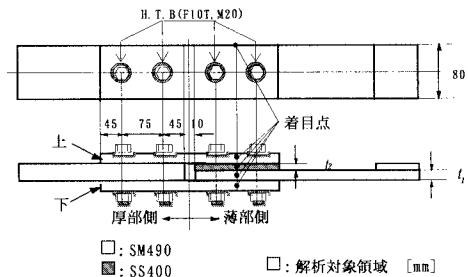


図-1 解析モデル

表-1 解析モデルの諸元

パラメーター\モデル	A	B	C	D	E
高力ボルト初期導入軸力(1f/1本)	18.15	18.15	18.15	18.15	18.15
母材 板厚 $t_1$ (mm)	17.54	14.03	11.69	10.02	8.77
添接板 板厚(片側)(mm)	8.77	8.77	8.77	8.77	8.77
フィラー 板厚 $t_2$ (mm)	***	3.51	5.85	7.52	8.77
断面変化率 $t_2/(t_1+t_2)$ (%)	0.0	20.0	33.3	42.9	50.0
$\beta = N_{sl}/N_{Fy}$	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60
$\gamma = N_{Sv}/N_{Fy}$	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00

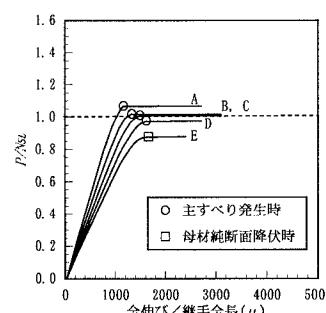


図-2 荷重-全伸び関係

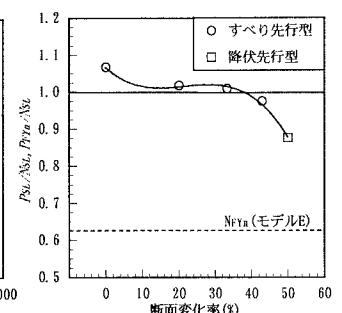


図-3 強度比較

高力ボルト摩擦接合引張継手、フィラープレート、有限要素、パラメトリック解析、荷重伝達機構

〒565 吹田市山田丘2-1, phone 06-879-7598, fax 06-879-7601

$P_{SL}/N_{SL}$  または、 $P_{Fy}/N_{SL}$ 、横軸は断面変化率を表す。フィラープレートを有さないモデルAに比べて、フィラープレートを有するモデルB、Cでは、5%程度強度が低下し、断面変化率が42.9%と大きくなるモデルDでは、すべり強度の公称値 $N_{SL}$ に対して4%程度下回る結果となった。また、降伏先行型のモデルEは、断面変化率が50.0%と大きく、他のモデルに比べて、強度は低下するが母材純断面降伏荷重 $N_{Fy}$ に対して、4割程度上回る結果となった。

図-3にモデルB、Dの主すべり発生時における母材、フィラープレート、添接板の断面中央の応力分布を示す。応力分布は、相当応力を降伏応力で無次元化したものである。断面変化率が20.0%と小さいモデルBに比べて、42.9%と大きいモデルDでは、外側ボルト孔周辺で母材の応力が大きく、フィラープレートの応力が小さくなっている。母材の外側ボルト孔周辺での応力が大きくなる理由としては、厚部側母材の断面を一定として、断面変化率を増加させると、薄部側母材の板厚が減少するため、 $\beta$ 値が大きくなり、線形限界において降伏先行型の継手に近づくためである。添接板の応力状態は、モデルB、Dで大きな相違は確認できない。

**4. 荷重伝達機構** 図-4は、各荷重レベルにおける母材、添接板、フィラープレートのコバ面(図-1に示す着目点)のひずみから算出した荷重分担率を図示する。縦軸は荷重分担率を表し、横軸は $P/N_{SL}$ を表す。断面変化率が小さいモデルBでは、各荷重レベルで母材、添接板、フィラープレートの分担率に殆ど変化は表れないが、モデルC、Dと断面変化率が大きくなると、荷重増加に伴いフィラープレートの分担率は徐々に低下していき、添接板(上)のひずみは徐々に増加する傾向となった。その理由としては、添接板(上)と母材に軸引張が作用することにより、反作用的にフィラープレートに作用する軸圧縮力が関与しているものと考えられる。その傾向は、公称のすべり強度の6割を超えたあたりから顕著となる。また、断面変化率が大きくなると、線形限界の手前で母材の分担率が大きくなっているが、これは、母材の外側ボルト孔周辺で塑性化が進行することにより、外側ボルト孔周辺における添接板およびフィラープレートへの荷重伝達が緩和されるためであると考えられる。すべてのモデルにおいて、フィラープレートと添接板(上)の分担率の合計は、添接板(下)の分担率とほぼ同程度の値となった。また、荷重レベルの低い段階で分担率を比較すると、断面変化率が異なっても添接板の分担率には、ほとんど変化は見られない。母材およびフィラープレートの分担率は、断面変化率の増加に伴い母材は低下し、フィラープレートで増加するが、母材とフィラープレートの分担率の合計は、各モデルでほぼ同程度となった。

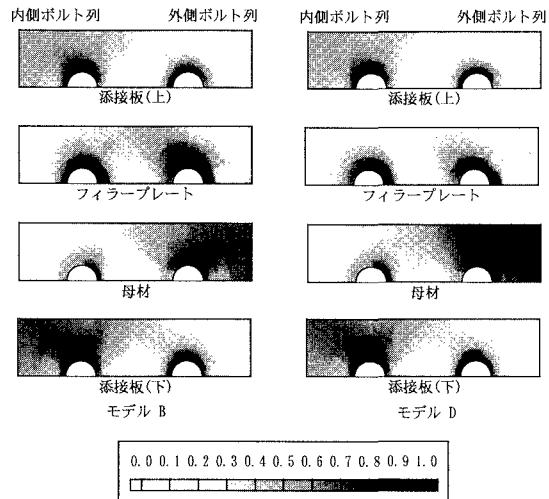


図-3 応力分布

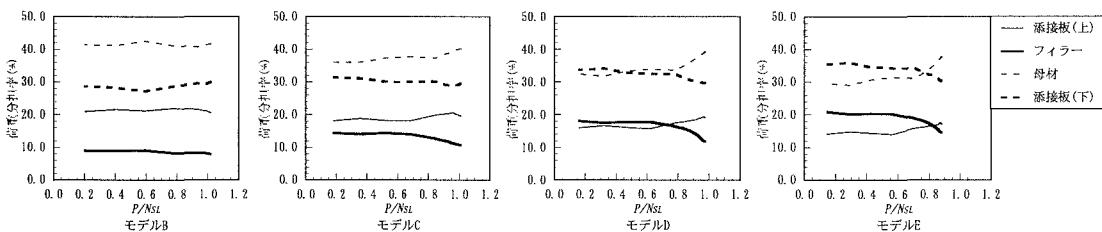


図-4 荷重分担率

**参考文献** 1)建設省：鋼道路橋設計ガイドライン(案)，1995. 10. 2)Nishimura, N., Kamei, Y., and Ikehata, B. : Analysis of HSFG Bolted Joints Considering Local Slip, TECHNOLOGY REPORTS OF OSAKA UNIVERSITY, Vol.146, No. 2257 pp227~236, 1996. 10. 3)亀井ら：高力ボルト摩擦接合継手の限界状態区分に関する解析的研究，土木学会論文集 No. 584 I-42 pp. 243~253, 1998. 1.