

## 拡大孔を有する高力ボルト摩擦接合継手の挙動と限界強度

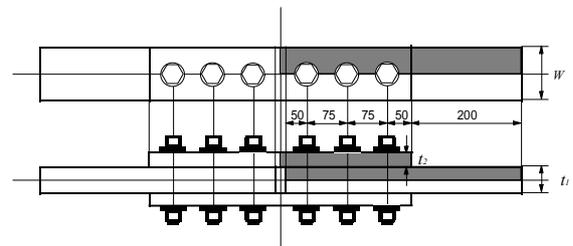
大阪大学大学院 学生員 今田滋則  
 大阪大学大学院 正会員 亀井義典  
 大阪大学大学院 フェロー 西村宣男

### 1. まえがき

高力ボルト摩擦接合継手におけるボルト孔径は、呼び径 + 2.5mm が標準孔として用いられている。しかし溶接による熱収縮、部材の寸法誤差などによって母材と連結板のボルト孔がずれることがあり、道路橋示方書では施工上やむを得ない場合ボルト孔径を呼び径 + 4.5mm まで拡大してもよいとしている。拡大孔を有する高力ボルト摩擦接合継手に関する既往の研究では、実験的研究が報告されている<sup>1)</sup>。それらによると拡大孔を用いると標準孔の場合と比較してすべり強度が若干低下するという見解が示されているが、解析的にその機構や強度を評価した研究は報告されていない。本報告では、高力ボルト摩擦接合継手を対象に開発した弾塑性有限変位解析プログラム (SABOL) を利用し、拡大孔を有する高力ボルト摩擦接合継手の限界強度について検討する。

### 2. 解析モデル

図 - 1 に解析モデルの概要を示す。使用鋼材は SM490Y を用い、片側 1 行 3 列の 2 面せん断継手とする。解析対象は継手の対称性を考慮し、継手全体の 1/8 とする。表 - 1 に本解析モデルの諸元を示す。解析モデルとしては、実施工を反映させるようにすべり強度・母材純断面降伏強度比 (値) を  $\beta = 0.8 \sim 1.2$ 、連結板・母材純断面降伏強度比 (値) を  $\gamma = 1.2$  の継手を考える。継手幅は 100mm とし、板厚については、 $\beta$  値および  $\gamma$  値に基づいて、母材厚  $t_1$  および連結板厚  $t_2$  を決定する。



■: 解析対象領域

図 - 1 解析モデル

### 3. 解析結果と考察

図 - 2 に荷重 - 全伸び関係 (A シリーズ) を示す。図の縦軸は載荷荷重  $P$  をすべり強度の設計値  $N_{SL}$  で無次元化した値  $P/N_{SL}$ 、図の横軸は全伸びを継手全長で無次元化した値を示す。通常孔と拡大孔を比較すると拡大孔の方がすべり強度は若干低下する。また主すべりによる継手の全伸びはボルト径とボルト孔径の差に依存するため、拡大孔のモデルの方が大きくなる。

図 - 3 に主すべり発生時における母材および連結板の相当応力分布を示す。応力分布は母材および連結板の断面中央における相当応力を各々の降伏応力で無次元化した値を示している。通常孔と拡大孔を比較すると拡大孔の方がボルト孔周辺で応力状態が高くなっており、すべり強度低下の主要な原因の 1 つと考えられる。

表 - 1 モデル諸元

	高力ボルト		孔径	母材		連結板		$\beta$	$\gamma$	
	等級	呼び		鋼種	幅(W)	板厚( $t_1$ )	鋼種			幅(W)
A-1	F10T	M22	24.5	SM490Y	100	SM490Y	100	0.800	1.20	
A-2			26.5					14.9		0.822
A-3			28.5					19.9		0.845
B-1			24.5					16.6		1.000
B-2			26.5							1.027
B-3			28.5							1.056
C-1			24.5					10.0		1.200
C-2			26.5							1.233
C-3			28.5							1.267

unit: mm

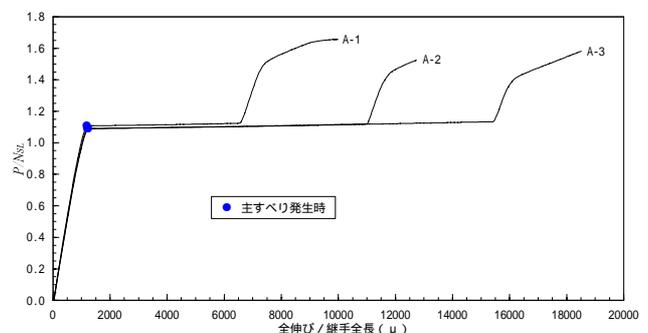


図 2 荷重 - 全伸び関係 (A シリーズ)

キーワード：拡大孔，限界強度，高力ボルト摩擦接合継手，有限要素解析

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL：06-6879-7598 FAX：06-6879-7601

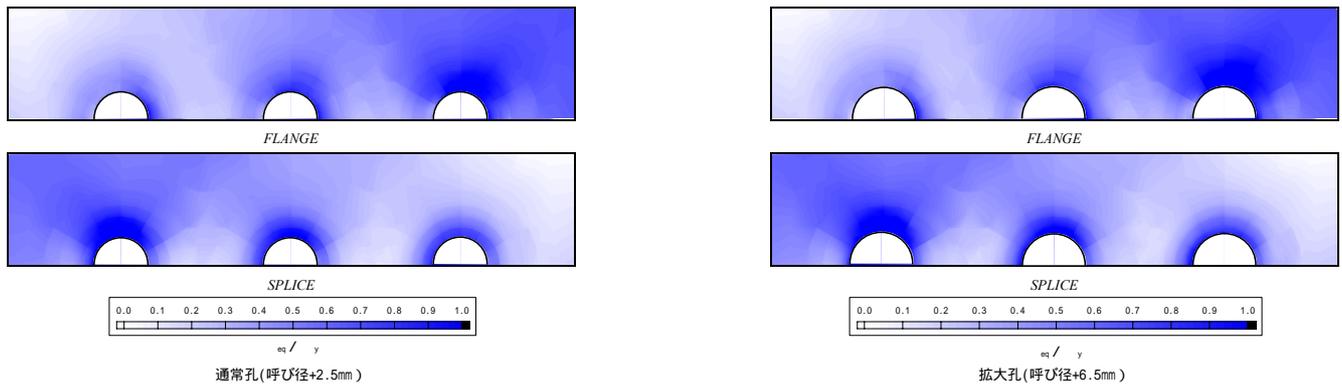


図 - 3 主すべり発生時における母材および連結板の相当応力分布（Aシリーズ）

図 - 4 に初期軸力導入時の座金の曲げ応力分布を示す．応力は座金上面および下面にある積分点の継手軸方向応力であり，ボルト頭部および連結板にはさまれた部分のボルト孔に一番近い積分点における応力およびボルト頭部より外側にあるボルト頭部に一番近い積分点の応力を示す．通常孔と拡大孔を比較すると若干の違いは見られるが両者ともにボルト孔付近では圧縮応力，ボルト頭部外側では引張応力が支配的であるという傾向は同様であり，応力レベルも大きな差は認められない．

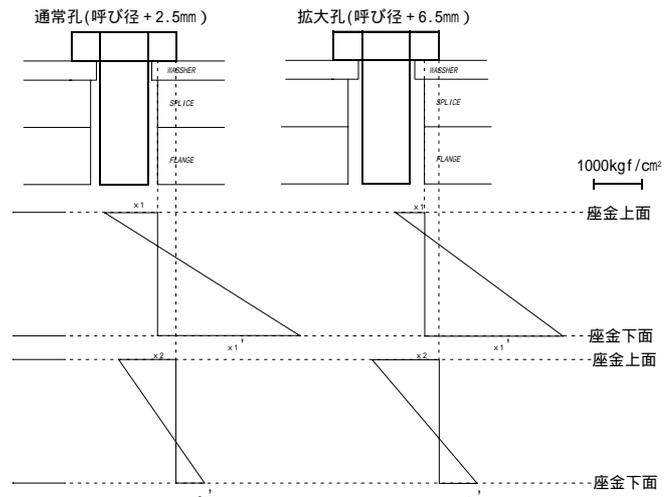


図 - 4 軸力導入時の座金の曲げ応力分布（Aシリーズ）

図 - 5 に限界強度比較図を示す 図の縦軸はA,Bシリーズについてはすべり荷重  $P_{SL}$  をすべり強度の設計値  $N_{SL}$  で無次元化した値  $P_{SL} / N_{SL}$  , Cシリーズについては限界強度において降伏が支配的となるため純断面降伏荷重  $P_{FYn}$  を降伏強度の設計値  $N_{FYn}$  で無次元化した値  $P_{FYn} / N_{FYn}$  を表している．拡大孔のモデルは通常孔のモデルに比べてすべり強度，降伏強度ともに若干低下するが，全てのモデルにおいて設計強度  $N_{SL}$  ,  $N_{FYn}$  を上回っている．

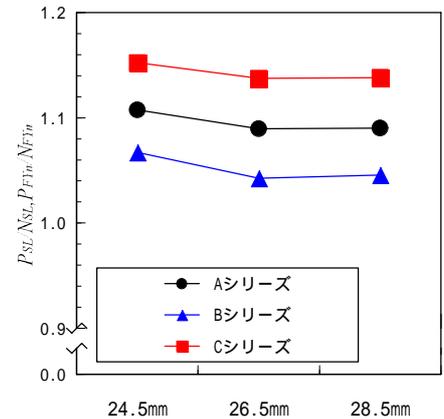


図 - 5 限界強度比較図

表 - 2 にすべり係数比較を示す．通常孔のモデルと拡大孔のモデルのすべり係数を比較すると，拡大孔の方が若干低下する傾向が認められる．これは拡大孔のモデルのほうが，値が若干大きいために母材の降伏による影響を受けるためだと考えられる．しかし強度低減率は限界強度が降伏強度である C モデルを除くと 2.3%程度であり，A・B シリーズの全てのモデルにおいてすべり係数は，道路橋示方書の規定値 0.4 を上回っている．また降伏先行型である C シリーズにおいては主すべりよりも母材の降伏が先行するがその強度は全てのモデルにおいて母材純断面降伏強度の設計値  $N_{FYn}$  を 1 割以上上回っており，安全性は確保されている．

表 - 2 すべり係数比較

	すべり係数	低減率(%)
A-1	0.443	0.0
A-2	0.436	1.6
A-3	0.436	1.6
B-1	0.427	0.0
B-2	0.417	2.3
B-3	0.418	2.0

【参考文献】 1) 例えば，滝沢伸二・黒田岩男・沢田寛幸・阿部幸長：鋼道路橋設計ガイドラインに基づく高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験，橋梁と基礎，Vol33,No9,pp25-28,1999.9