

大阪大学大学院 学生員○松野正見 大阪大学大学院 正会員 亀井義典
大阪大学大学院 正会員 西村宣男

1. まえがき

近年、板厚制限が緩和されたことにより、フランジ部において大きな板厚が用いられる可能性があり、継手厚が非常に大きくなることが考えられる。継手厚が大きくなると接触面におけるボルト軸力の作用面積が変化することにより、継手の挙動およびすべり強度に影響を与えることが懸念される。本報告では、板厚およびボルト間隔をパラメーターとして、継手厚の大きな長尺高力ボルト摩擦接合引張継手を対象に弾塑性有限変位解析を行い、継手厚がボルト軸力導入時およびすべり強度に与える影響について考察を加える。

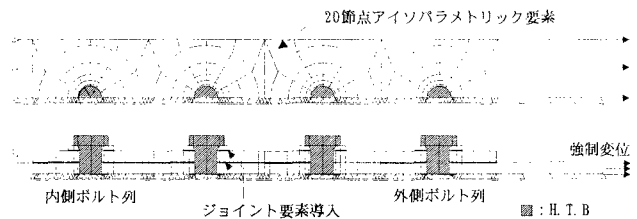
2. 解析手法と解析モデル

表－1 に解析モデルの諸元を示す。解析モデルは、極力簡易なモデルを考へて高力ボルト片側 1 行 2 面せん断継手とする。列数については、少なすぎるとすべり強度・母材純断面降伏強度比 β が小さくなり、多すぎると多列化に伴う影響が現れる。したがって、本解析モデルでは列数を 4 列とする。すべり先行型となる継手を対象として、実績に従いすべり強度・母材降伏強度比 $\beta (=N_{SL}/N_{FYN})$ が 0.8、添接板・母材降伏強度比 $\gamma (=N_{SYN}/N_{FYN})$ が 1.0 の継手を用いる¹⁾。解析パラメーターとなる板厚は、母材厚を 20～60mm (A～E) の範囲で 10mm 間隔で変化させる。板幅については、 β 、 γ および板厚から算出する。また、ボルト間隔による影響も見するために、ボルト間隔を 75, 100mm と変化させた全 10 ケースについて解析を行った。図－1 に要素分割図を示す。解析対象は、継手の対称性を考慮して継手全体の 1/8 モデルとする。本解析モデルの全接触面には、ジョイント要素²⁾を挿入する。外力としては初期ボルト軸力導入後、継手端部に強制変位を与える。

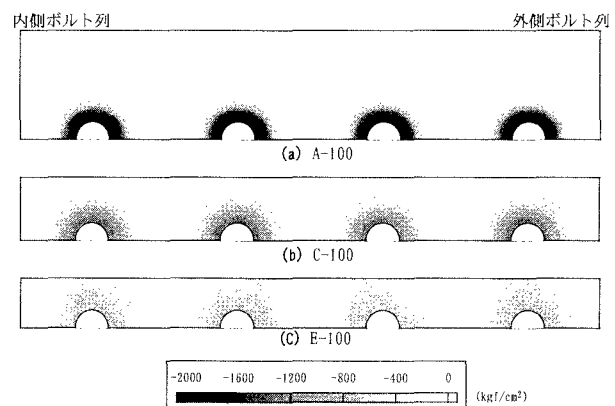
3. 解析結果

図－2 にモデル A, C, E-100 を取り上げて、初期ボルト軸力導入時における接触面での板厚方向作用応力分布を示す。板厚の増加とともにボルト軸力による接触面での作用面積が増加し、ボルト孔周辺での作用応力が小さくなる傾向を明瞭に確認することができる。モデル C-100 までは隣り合うボルト列の作用面積が独立な状態になっているが、モデル E-100 では隣り合うボルト列の作用面積が重なり合う傾向を示した。また、モデル E-100 では、作用面積が板幅を上回るようになり、本来、板幅を上回る領域に作用すべき作用応力が継手長手方向へ流れることになり、隣り合うボルト列での作用面積の重なり合いを助長する傾向が伺える。

図－3 に荷重－全伸び関係を示す。縦軸は載荷荷重 P を母材純断面降伏強度 N_{FYN} で無次元化した値、横軸は全伸びを継手全長で無次元化した値を表す。ボルト間隔 75, 100mm の両シリーズとも、モデル A, B, C に比べてモデル D の線形限界における強度が非常に大きく、モデル E では更に大きくなる傾向を示した。本解析モデル



図－1 要素分割図



図－2 軸力導入時における接触面の作用応力

表－1 解析モデルの諸元

	高力ボルト (F10T, M22)	初期導入 ボルト軸力	鋼種	ボルト間隔 (mm)	β (N_{SL}/N_{FYN})	γ (N_{SYN}/N_{FYN})	母材板厚 (mm)				
A	1行4列	22.55 (1f)	SM490Y	75 / 100	0.80	1.00	20				
C		(20.5×1.1)					5				
E							60				

ルは、すべり強度 N_{SL} に対して母材の純断面降伏強度 N_{Fyn} が余裕のある設計であり、また既往の研究¹⁾においても $\beta=0.8$ 、 $\gamma=1.0$ の継手はすべり先行型領域に属しているにも関わらず、継手厚が最も大きくボルト間隔75mmのモデルE-75では、母材純断面降伏により線形限界に到達した。モデルE-75を除く全てのモデルでは、主すべりにより線形限界に到る結果となった。

図-4にモデルA, C, E-100の各ボルト列における母材-添接板間の層間せん断力の分布を示す。図中の点線はボルト一本分のすべり強度の公称値(4510kgf)を表す。また、図中には、載荷荷重 P と母材純断面降伏強度 N_{Fyn} の比 P/N_{Fyn} を記載している。モデルA-100とC-100の層間せん断力の分布に大きな差異は見られないが、モデルE-100ではモデルA-100, C-100と異なった挙動を示す。モデルA-100, C-100に比べて、モデルE-100の方では作用面積が幅、列方向に広いため層間せん断力が分散し、低い荷重レベル P/N_{Fyn} において幅方向縁端部でも母材と添接板がより近い挙動を示すために、内側および外側ボルト列での層間せん断力が大きくなる。そして、内側および外側ボルト列で固着領域がなくなる前に、添接板の内側ボルト列および母材の外側ボルト列において局所的降伏に伴う部分すべりが発生し、主すべり発生時において内側および外側ボルト列で公称値を5割以上上回る層間せん断力を分担する。このような挙動が、強度増加の要因の一つと考えられる。

図-5に本解析結果のすべり強度 P_{SL} 、母材純断面降伏強度 P_{Fyn} を示す。縦軸は主すべり発生時の荷重 P_{SL} (E-75については母材純断面降伏時の荷重 P_{Fyn})をすべり強度の公称値 N_{SL} で無次元化した値、横軸は母材板厚を表す。全てのシリーズですべり強度の公称値 N_{SL} を確保する結果となった。ボルト間隔75mmのシリーズに着目すると、モデルA~C-75(20~40mm)までは徐々に強度が増加していき、モデルD-75(50mm)ではモデルA-75に対して2割程度、モデルE-75(60mm)では5割程度の強度増加が見られる。ボルト間隔100mmのシリーズに着目すると、モデルA~C-100までは強度に大きな変化は見られないが、モデルD-100ではモデルA-75に対して1割程度、モデルE-100では3割程度の強度増加が見られる結果となった。したがって、作用面積が独立した分布を示す継手よりも、作用面積が重なり合う継手で強度が増加する傾向を示し、モデルEのように接触面全域に広がる継手ほど顕著となると考えられる。

参考文献 1) 亀井義典・池端文哉・西村宜男：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. 2) Nishimura, N., Kamei, Y., and Ikehata, R.: Analysis of HSFG Bolted Joints Considering Local Slip, TECHNOLOGY REPORTS OF THE OSAKA UNIVERSITY, Vol. 46, No. 2257 pp. 227~236, 1996. 10.

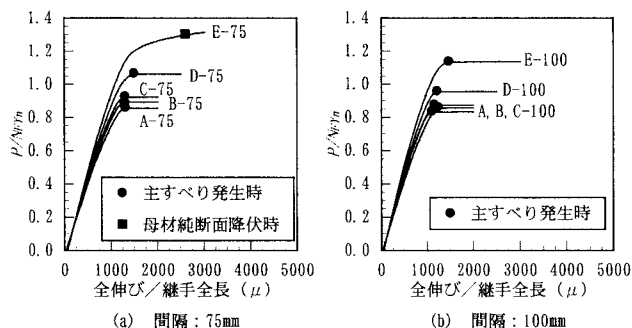


図-3 荷重-全伸び関係

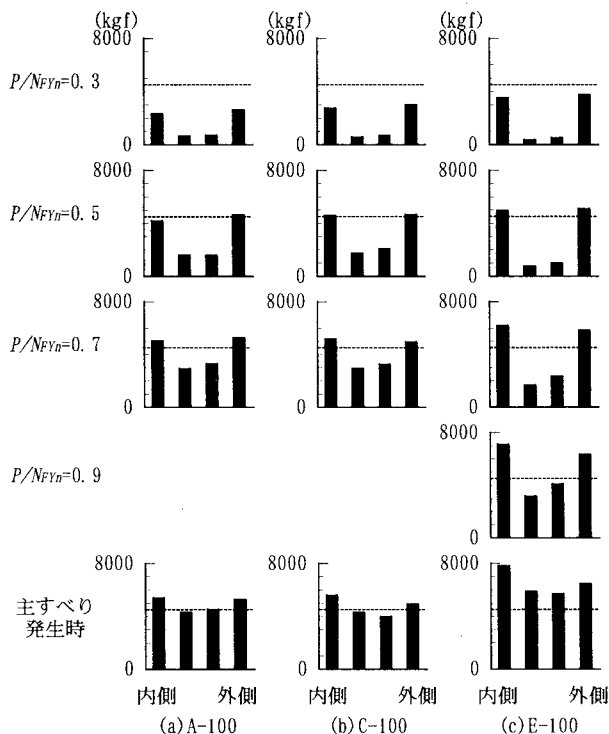


図-4 層間せん断力の分布

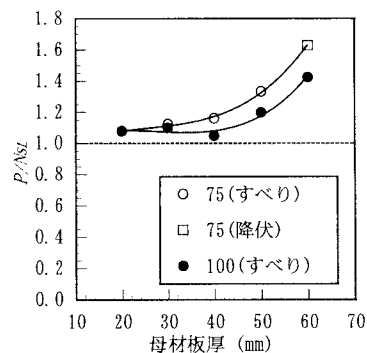


図-5 強度比較