

大阪大学工学部 学生員○松野正見 大阪大学大学院 学生員 池端文哉
大阪大学工学部 正会員 亀井義典 大阪大学工学部 正会員 西村宣男

1. まえがき

多列高力ボルト摩擦接合引張継手では、母材、添接板間の層間せん断応力の分布が継手の長さ方向に不均一となるため、ISO¹⁾等の設計規準では、すべり強度に対して、ボルト総間隔とボルト径の比によって経験的強度低減係数を規定している。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により、ボルト列数、母材および添接板の降伏強度、母材-添接板間のすべり強度をパラメータとして解析を行い、これらの諸元が継手の挙動に与える影響について考察を行った。そして、多列高力ボルト摩擦接合引張継手のすべり強度低減のメカニズムについて考察するとともに強度低減係数について検討を行った。

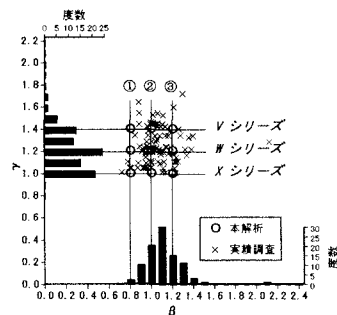
2. 解析手法と解析モデル

図-1(a), (b)に、鋼I形断面主桁の摩擦接合継手部フランジの実績調査から算出したすべり強度・母材降伏強度比 $\beta (=N_{SL}/N_{Fm})$ および添接板・母材降伏強度比 $\gamma (=N_{Syn}/N_{Fm})$ の分布、ボルト列数の分布を示す。解析モデルとしては、すべり先行型となる継手を対象とし、実績調査の分布を反映するように β の値を0.8~1.2、 γ の値を1.0~1.4の範囲を考える。各シリーズの名称は図-1(a)に示す。各シリーズでボルト列数を2~8列と変化させた合計63モデルを解析する。図-2に5列の解析モデルを示す。解析モデルとしては極力簡易なモデルを考え、高力ボルト片側1行2~8列の2面せん断継手とした。図-3に5列の要素分割図を示す。解析対象は、継手の対称性を利用し、継手全体の1/8モデルとし、荷重は継手端部に強制変位として与える。母材と添接板、添接板と座金の全接触面にはジョイント要素²⁾を導入する。

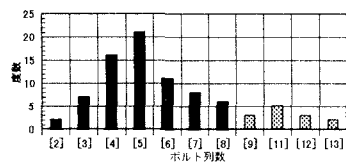
3. 解析結果

図-4にW2シリーズ($\beta=1.0$, $\gamma=1.2$)の荷重-全伸び関係を示す。図中のマークは、各々の荷重-全伸び関係に対応した主すべり発生時を表す。初期剛性は、ボルト列数の増加に伴い強まる傾向を示す。すべり耐力は、すべり強度・母材降伏強度比 β と添接板・母材降伏強度比 γ により決まる³⁾。しかし、 β , γ が等しいにもかかわらず、ボルト列数が増加するに従いすべり強度は低下する傾向を示す。

図-5にW2シリーズ($\beta=1.0$, $\gamma=1.2$)における3, 5, 7列の各ボルト列における母材、添接板間のせん断力の変動を示す。図中の点線はボルト1本分のすべり強度(3630kgf)を表わす、また、図中には、載荷荷重とすべり限界の比 P/P_{SL} および各ボルト列での標準偏差 σ_n を記載している。載荷荷重が小さい段階では、継手中心部に比べて継手端部での増加率が大きくなる。しかし、載荷荷重とすべり限界の比 $P/P_{SL}=0.80$ 程度で継手端部におけるせん断力が限界となり、せん断力の分担が徐々に継手



(a) β , γ の分布



(b) ボルト列数の分布

図-1 実績調査結果

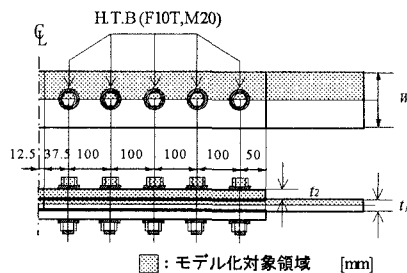


図-2 解析モデル

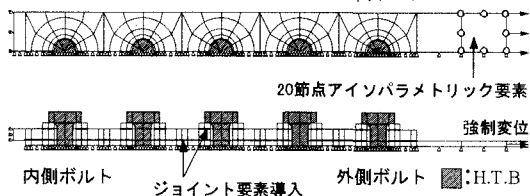


図-3 要素分割図

中心部へ移行する傾向を示す。継手端部におけるせん断力の限界値は、ボルト1本分のすべり強度と同程度である。また、層間せん断力の標準偏差は同荷重レベルでも、ボルト列数が多いほど顕著に表れた。層間せん断力の不均一の程度がすべり強度の低減に大きく関与するものと考えられる。

4. 強度低減係数

図-6に強度低減係数を示す。縦軸は強度限界 P_{SL} をすべり強度 N_{SL} で無次元化した値、横軸はボルト総間隔とボルト径の比 L/d を示す。継手長さ比 L/d 5~35は、ボルト列数2~8列に相当する。図の実線は、ISOにより規定されている強度低減係数を表す。ISOの低減係数は、解析結果の下限値相当であることがいえる。全シリーズでボルト列数が増加するに伴い強度が低下する傾向があり、 L/d が15以降でその傾向は助長される。 β が0.8以下、 γ が1.2以上の継手では、低減前の基本すべり強度が公称値に対して2割程度高くなる³⁾ために、継手長さ比 L/d が35においても強度限界 P_{SL} がすべり強度 N_{SL} を下回らない。その結果、ISOの低減係数と比較すると強度低減後も20%程度上回る。また、 β が1.2の一部のモデルでISOの低減係数を下回っているものがあるが、これは、母材の局所的降伏に伴う部分すべりが関与するためであると考えられる。

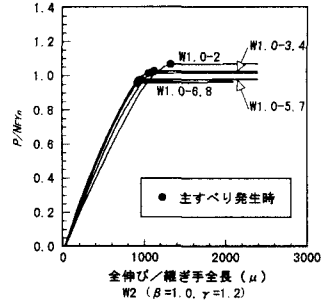


図-4 荷重-全伸び関係

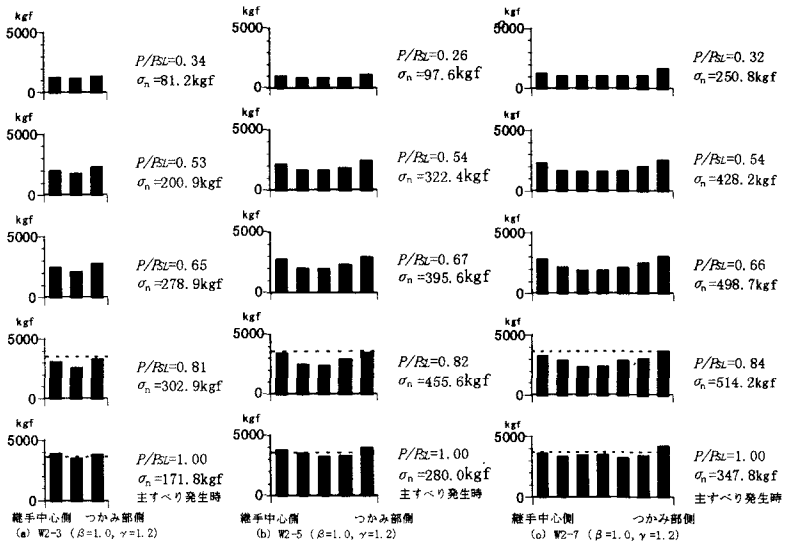


図-5 層間せん断力の変動

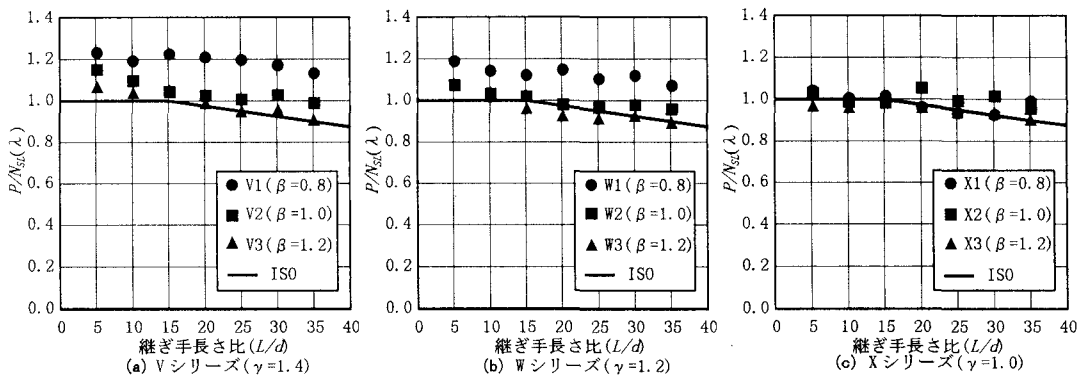


図-6 強度低減係数

参考文献

- 1) ISO : ISO/TC167/SC1 Steel Structures, Material and Design, 1991.
- 2) Nishimura, N., Kamei, Y., and Ikehata, B. : Analysis of HSFG Bolted Joints Considering Local Slip, TECHNOLOGY REPORTS OF THE OSAKA UNIVERSITY, Vol. 46, No. 2257 pp. 227~236, 1996. 10.
- 3) 亀井義典・池端文哉・西村宣男：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（投稿中）