

東京都立大学 正 長嶋文雄

同上 正 伊藤文人

1. さえがき 継手片の形状効果に関する実験的研究は過去に数多くなされており、概略的傾向はある程度把握されている。しかし、形状効果は実験誤差程度の大きさである場合もあり、その因果関係は、継手の耐荷性能を決める要因の数が多いため、必ずしも明確にされているとは言えない。筆者等は先に、摩擦接合継手のすべり挙動の解明を目的として、剛体-ばねモデル (Rigid Body-Spring Model: RBMS) を用いた解法を開発した^{1),2)}が、本報告はこの RBMS を継手片形状効果の検討に適用してみたものである。

2. 継手の RBMS と数値実験供試体 継手の RBMS は引張応力場における単一ゲージ幅で、両面赤銅板付き突合せ型摩擦接合継手の主すべりまでの解析が可能のもので、低自由度 (ボルト本数 n の 2 倍) な系を扱えばよいものである。ボルト中心軸を含む垂直面で分割された継手要素は、2つの伸ばね k_e^{SP} と k_e^{BP} および、せん断ばね k_s で連結された4個の半剛体によって構成される (図1)。伸ばね定数は継手要素の伸ばねエネルギーと伸ばねの歪エネルギーが等しくなるように設定すればよいが、ボルト3本による断面欠損の影響を考慮することもできる。せん断ばねは、すべり限界せん断力 F_s に達した後は F_s と同値となるような非線形ばね特性を有するものである。また、その初期ばね定数 k_{s0} は継手部材内部のボルト位置付近に生ずる全せん断エネルギーから計算され、このとき、2つの補正係数 α と β (せん断面積に関するもので、歪率 ϕ に依存する係数) を用いるようにしてある。数値実験用供試体はボルトの種類と本数および継手部材の鋼種を予め設定し、継手純断面降伏応力の主すべり応力に対する比 k (応力比) と断面の充率 η ($= A_n / A_g$) 等により断面設計を行ったものを用いた。摩擦係数は本報告の主旨により、全て 0.60 に統一した。

3-1 ピッチの影響

ピッチを 75, 112.5, 150 mm の3通りとした場合を検討した。図2は各ボルト位置における局部すべり荷重 L_{ls} および主すべり荷重 L_{ms} を示したものであり、図3は端ボルトに局部すべりが生じた直後の各ボルト位置の摩擦面に生ずるせん断力を、応力集中係数で表示したものである。局部すべりに対してピッチは小さい方が有利であり、また応力集中に関して一層望ましい形となっている。但し、 L_{ms} に対するピッチの影響は殆どない。

3-2 すべり応力比 (k) の影響

すべり応力比の違いは、その他のパラメータを固定すると断面積あるいは継手部材の板厚の差となって表われる。図4は $k = 1.0 \sim 0.8$ までの5種について L_{ls} , L_{ms} を比較したものである。 L_{ms} に対して k の影響は殆どないが、 L_{ls} に違いが現われる。

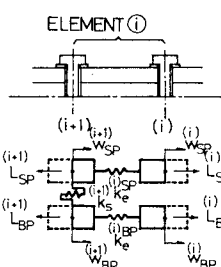


図-1 継手の剛体-ばねモデル (RBMS)

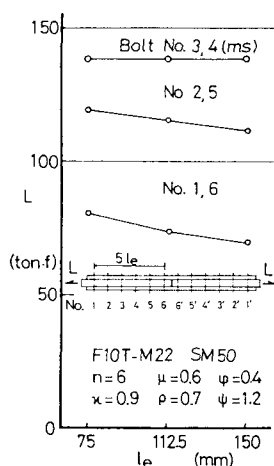


図-2 ピッチの効果 (すべり荷重)

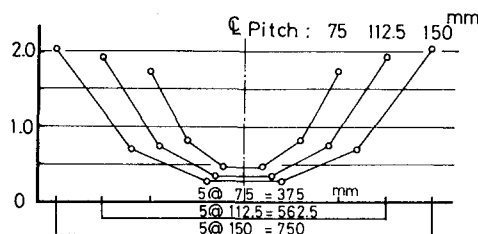


図-3 ピッチの効果 (応力集中係数)

3-3 充実率(ρ)の影響

図5は $n=8$, $H=0.9$ 、純断面一定とした場合に、 $\rho=0.6\sim0.8$ の5通りについて L_{ms} , L_{ls} を比較したものである。充実率の違いは板厚の違いを示し、これが L_{ls} に対して少なからず影響を与えることがわかる。従って、ゲージ幅をなるべく小さくする方が良さそうである。

3-4 ボルト軸力分布の影響

同一断面を有する $n=9$ の継手に図6に示す3タイプのボルト軸力分布(ボルト軸力の総和が等しいが、軸力の分布形状が標準軸力 N_0 に対して、一様または放物線分布)を与えた場合について比較検討したものである。解析モデルが非線形系のため、軸力の総和が等しくとも、主すべり荷重にわずかではあるが差が現われる。すべり荷重は端ボルトの導入軸力の影響を受けやすいことがわかる。

3-5 添接板の枚数の影響

図7は2枚添接板の外側添接板の長さを $a \rightarrow b \rightarrow c$ のように増した場合の局部すべり開始直後の部材内部応力(I)と、摩擦面に生ずるせん断力分布(II):母材-内側添接板間、(III)内側と外側の添接板間}を1枚添接板(a)の場合と比較したものである。外側の添接板長さを増すに従って、内部応力は1枚添接板の分布に漸近する。2枚添接板は1枚の場合に比べ能力向上、合理的であり、場合によっては経済的であると言えるが、継手中央(図中第8ボルト)付近での内側添接板の内部応力値が高くなっている点に留意すべきではないかと思われる。

4. あとがき 筆者等が開発した摩擦接合継手のすべり挙動解析用 RBMS を継手片形状効果の検討に应用したところ、上記のような興味ある結果が得られ、当モデルの利用面での有効性が確認された。さらに、摩擦接合継手本来の耐荷性能を活かし、より合理的な設計方法を検討するための実証的研究の補助手段としても、このRBMSの有効性が期待されるものである。

参考文献: 1) 長嶋, 伊藤: すべりを考慮した高力ボルト摩擦接合継手のシミュレーションモデル, 第38回年次講義集(I-166). 2) Nagashima F. et al.: Application of RBMS to slipping problem of friction-type joint, 鋼鉄構造設計要

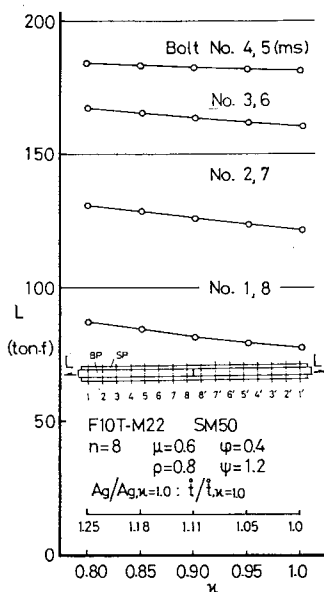


図-4 応力比の影響

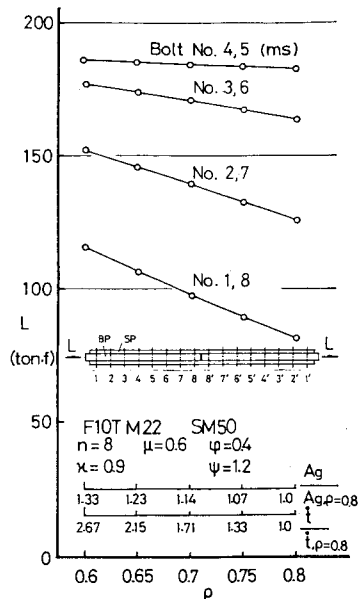


図-5 充実率の影響

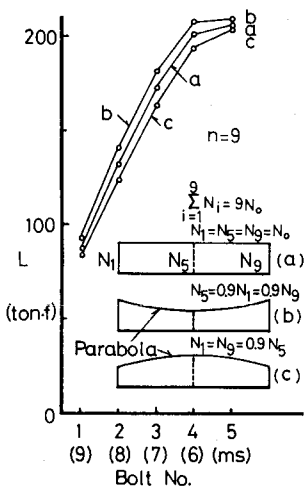


図-6 ボルト軸力分布の効果

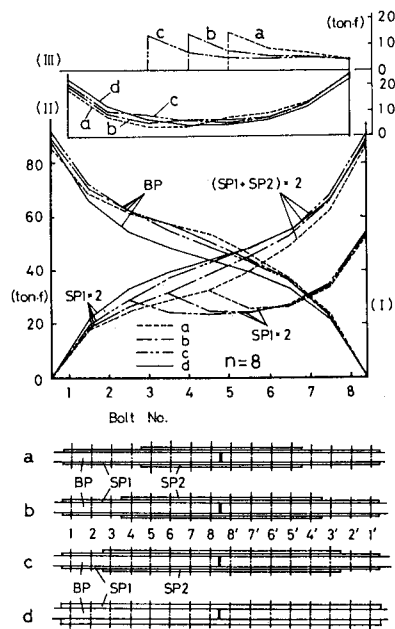


図-7 添接板の形状効果(端部局部すべり発生時の内部応力と、せん断力分布)