

東日本鉄工(株)	正	山田稔
同上	正	三塚寅雄
東京都立大学	正	長嶋文雄

1。はじめに

1. はじめに 摩擦継手のすべり強度に関する解析的な検討は実験結果の裏付けを得るためにも、また実験では計測できない継手内部の応力の流れを確認するためにも重要である。筆者らは有限要素一ばね系のすべり強度解析モデルを提案している¹⁾。本モデルは2次元のすべり問題を解析するために開発されたものであるが、これをフランジとウェブで構成される立体的なプレートガーダーにおける摩擦接合継手のすべり強度解析へ発展させる試みを行なった結果について報告する。

2. 解析モデルと解析手法

2. 解析モデルと解析手法 解析モデルは図-1に示すように、2次(8節点)のアイソパラメトリック有限要素で母材と添接板を離散化し、さらに相互をボルト位置で、任意のすべり方向に自動的に回転する1対のせん断ばね(k_1 , k_2)で連結したものである。このせん断ばねにはポアソン比による板厚変化および微小すべりに関する非線形特性を持たせているが、詳細は文献2)等で報告している。

本報告では立体問題を2次元モデルで解析するために次のような疑似立体手法を用いた。すなわち、フランジとウェブの境界 $a-a'$ または $b-b'$ の節点に対して水平方向にのみ連続性を与えることにした。具体的な処理としては、この境界上の節点番号はそれぞれ別々にふり、節点間を水平方向に剛性の高いばねで連結している。また、純曲げモーメントは母材端部に強制変位として与えた。本モデルは微小すべり発生後は非線形演算となるため、直接繰返し法による収束計算を行なっている。

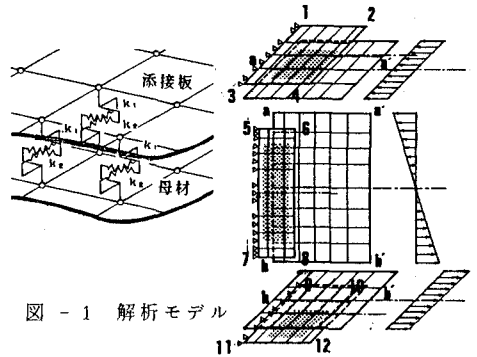


図 - 1 解析モデル

3. すべり試験結果との比較

3. すべり試験結果との比較 図-2に示すような断面形状をしたプレートガーダー継手における純曲げ応力場のすべり強度試験について上記のモデルを用いて解析を試みた。解析において重要なファクターである摩擦係数 μ はウェブとフランジについて、すべり試験から得られた主すべり荷重を基にして次のように求めた。ウェブ単独の場合の主すべりモーメント($M_{sw}=11.25$ tm)に対して、図-3に示すようなボルトの総すべり抵抗モーメント($\sum r_b \cdot \rho$: ここで、 $\rho = 2\mu' N_0$; μ' :すべり係数、 N_0 :ボルト初期軸力)を等置し、これからまずすべり係数 $\mu' = 0.288$ を求め、この5%増しの値をウェブの摩擦係数($\mu_w=0.30$)とした。

また、フランジについては、フランジ単独の3種類 ($n = 2, 3, 4$ 列) の主すべりモーメントに対して、図 - 4 に示すようなすべり抵抗モーメントを考え、表 - 1 に示す手順により摩擦係数 μ_F

0.23を得た。すべり試験においては繰返して主すべりを発生させているため、摩擦面の状態は特にボルト付近で劣化が著しく、通常の摩擦係数よりもかなり低下している。数値計算は極力自由度を少なくするために、対称性を利用し、図-2の断面図に薄墨した半断面について、さらに図-1に示したように継手中央から半分について行なったが、図のようなメッシュ分割に対して総節点数は638となり、演算時間は7MIPS程度の

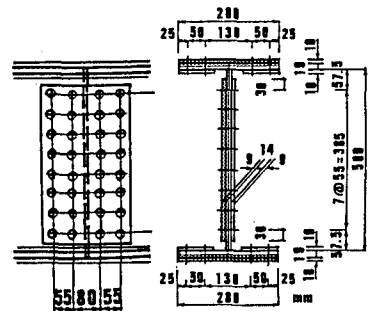


図 - 2 解析例 (フ・レ・トカ・タ・継手;
F10T-M16) の形状および寸法

汎用機で、50分(25ステップ+21回の収束計算)程度必要とした。解析により得られた、主応力図を図-5に示す。a)はフランジのみの継手で、ボルト列が4列の場合[F4]、b)、c)はともに継手全体系[WSF4]のものであるが、b)は微小すべり直後、c)は主すべり発生直前におけるものである。図中、 $\rightarrow$ と $\leftarrow$ はそれぞれ圧縮応力、引張応力を

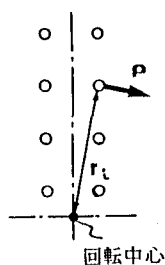


図-3 抵抗モーメントの説明

	F 2 (n=2)	F 3 (n=3)	F 4 (n=4)
主すべり荷重 [P, ton]	30.0	47.0	59.9
主すべり時の モーメント[W =P/2 * l', tm]	19.5	30.6	38.9
主すべり時摩 擦面せん断力 (R=M/h, ton)	37.6	59.0	75.0
すべり係数 [R/(2N ₀ *4n)]	0.22	0.23	0.22
摩擦係数: μ_F (推定値)	0.23		

表-1 フランジ継手部の
摩擦係数計算手順表

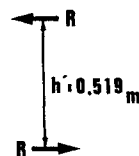
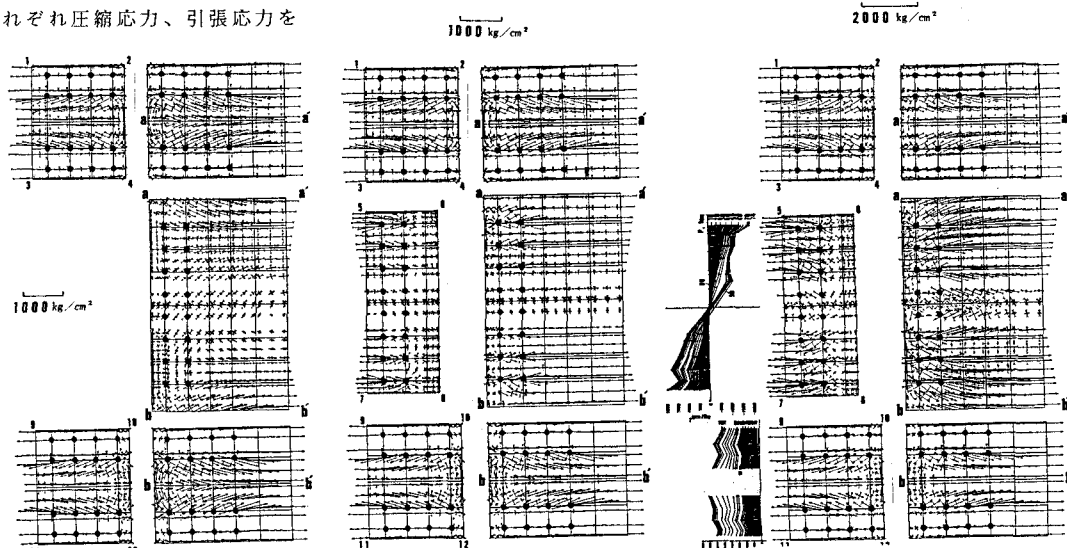


図-4 フランジ抵抗モーメントの説明図



a) F 4 (フランジ継手のみ) b) W S F 4 (P=47.6 ton) c) W S F 4 (P=47.6 ton)

図-5 フラットゲージ継手部の主応力図および実験結果(添接板中央部応力)との比較

示す。F 4ではウェブの応力がフランジ母材を通して添接板に円滑に流れている様子が分かる。c)図には実験で得られた応力分布を付したが、解析結果は分布形状、応力値とも良く合致している。ただし、荷重が大きくなると実験値の方が幾分高くなっている。この主な理由は、実験では桁の変形が大きくなるにしたがって純粋な純曲げ応力場を形成することができなくなったためである。表-2に主すべり荷重の比較を示した。両者は良く合致しており、実験結果の確認ができた。

F 2	解析値	30.7	WS F 2	解析値	48.4
	実験値	30		実験値	45
F 3	解析値	46.2	WS F 3	解析値	63.6
	実験値	47		実験値	60
F 4	解析値	61.2	WS F 4	解析値	78.6
	実験値	59.9		実験値	74
WS	解析値	17.8			
	実験値	17.3			

P : 単位 : ton

表-2 主すべり荷重の比較

4. おわりに

解析結果が実験結果と良く合致したことから、摩擦係数の算出方法を含めた本解析法の妥当性が確認され、同時に実験結果の解析的裏付けが可能となった。今回は純曲げ応力場の問題を扱ったが、一般の複合応力場の問題も梁の効果をウェブに含ませることにすれば同様に解析することができる。

[参考文献] 1) 長嶋・山田: 任意方向の微小すべりを考慮した・・・、土木学会第44回年次講概集。

2) 長嶋・伊藤: 剛体-ばねモデルを用いた高力ボルト・・・、土木学会論文集、第350号 / 1-2, 1984年。