

大阪大学工学部 学生員○中村貴史 大阪大学工学部 正会員 亀井義典  
大阪大学工学部 フェロ- 西村宣男 新日本製鐵株 正会員 高木優任

## 1. まえがき

近年、鋼橋の設計の合理化や製作、施工工程の省力化が望まれている。特に、設計の合理化と施工工程の省力化を実現する一手法として、LP 鋼板(Longitudinally Profiled Plate)をプレートガーダーやボックスガーダーのフランジに採用し、突き合わせ溶接等の工程を省略する方法が考えられている。LP 鋼板の連結に等厚部を設けずに板厚変化部分で高力ボルト摩擦接合を用いれば、製作上のメリットが生じるが、その場合、連結される LP 鋼板間のテーパ勾配が異なることが考えられる。本報告では、LP 鋼板高力ボルト摩擦接合を対象に、弾塑性有限変位解析を行ない、テーパ勾配が継手部の応力、有効摩擦面積などに与える影響について解析的に検討した。

## 2. 解析手法と解析モデル

図-1 に、解析モデルを示す。解析対象は継手長さ方向および板厚方向に非対称であるため、幅方向に継手全体の 1/2 モデルとした。図-2 に要素分割図を示す。母材-添接板、添接板-座金間の全接触面にはジョイント要素<sup>1)</sup>を導入するが、LP 鋼板を用いた継手の初期ボルト軸力導入時におけるテーパ勾配の影響に配慮するため、母材-添接板間に挿入するジョイント要素の初期剛性を剥離状態で与えた後、接触状態の判定を行ない、接触面において母材-添接板の節点が同一座標にあるジョイント要素については固着状態で初期剛性を与えなおす。また、本解析ではボルト軸力導入過程におけるボルト、母材、添接板の応力状態を把握するため、等厚側からテーパ側の順に、2 段階に分けてボルト軸力を導入する。図-3 にボルト軸力導入過程の概念図を示す。まず等厚側のナットの内側を板厚面外方向に拘束しボルト軸力を導入する。等厚側のボルト軸力導入が完了した後に、ボルト部とナット部の自由度を縮合し無荷重状態で収束計算を行ない、ボルト軸力を母材、添接板に伝達する。次に、等厚側のボルト軸力導入過程と同様に、テーパ側のナットの内側を拘束してテーパ側のボルト軸力を導入する。ボルト軸力導入が完了した後に、ボルト部とナット部の自由度を縮合し、すべての軸力の導入過程を終了する。表-1 に、解析モデルの諸元を示す。全てのモデルですべり強度-母材降伏強度比 $\beta$ 値は 1.0、添接板-母材降伏強度比 $\gamma$ 値は 1.2 である。鋼材は

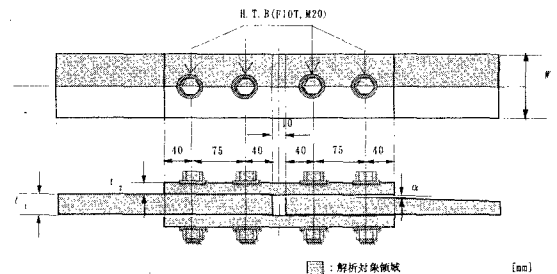


図-1 解析モデル

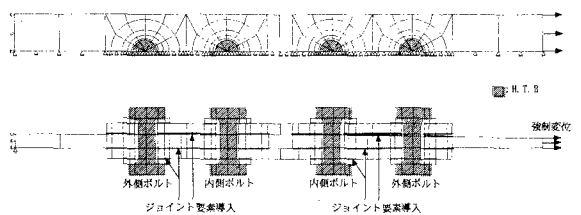


図-2 要素分割

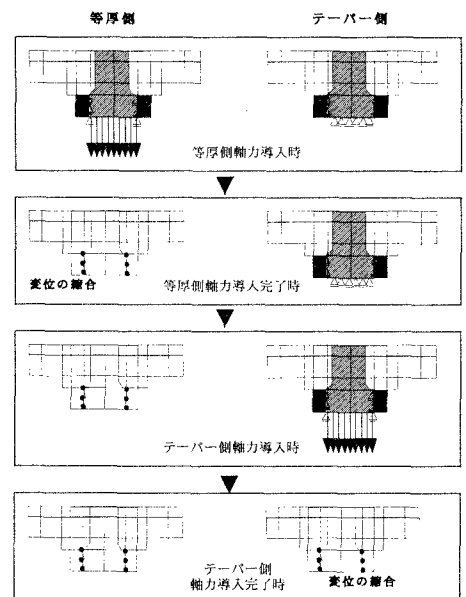


図-3 ボルト軸力導入過程

表-1 解析モデルの諸元

|      | 列数 | テーパ勾配  | 隙間 $\alpha$ 単位 |
|------|----|--------|----------------|
| R2-0 | 2  | 0/1000 | 0.00           |
| R2-2 | 2  | 2/1000 | 0.31           |
| R2-4 | 2  | 4/1000 | 0.62           |
| R4-2 | 4  | 2/1000 | 0.61           |
| R4-4 | 4  | 4/1000 | 1.22           |

SM490YB, ボルトは F10T M22 とした。継手の母材-添接板間の隙間の影響を見るために、1 行 2 列、1 行 4 列の継手において、テーパ勾配を 2/1000、4/1000 と変化させた合計 4 モデルの解析を行った。ここでテーパ勾配は、1mあたりの板厚変化量を意味しており、現在の LP 鋼板の使用実績および製作可能範囲を考慮したうえで解析範囲を決定している。

### 3. 解析結果

図-4 にボルト軸力導入完了時の母材および添接板の断面中央における応力状態を示す。応力状態は接触面における板厚方向応力を降伏応力で無次元化した値による。また、1 行 2 列のテーパ勾配 2/1000 のモデルについては、等厚側のみボルト軸力を導入した際の応力状態も図化している。1 行 2 列のテーパ勾配 2/1000 において等厚側ボルト軸力導入時と軸力導入完了時の応力状態を比較すると、継手両端部の添接板（上）の応力が若干増加するものの明確な変化は見受けられない。この傾向は、ボルト列数が 4 列のモデルにおいても、またテーパ勾配が 4/1000 に増加した際にも同様である。図-5 にボルト軸力導入時における母材と添接板の接触状況を示す。1 行 2 列のテーパ勾配 2/1000 で等厚側ボルト軸力導入時とテーパ側ボルト軸力導入完了時を比較すると、テーパ側のボルト軸力導入によって、等厚側継手端部および内外ボルト列間で若干の浮き上がりの挙動が見受けられる。また、継手部中央等厚側の母材上面において接触領域が増加している。1 行 4 列のモデルでは、 $\beta$  値を一定にして列数を増加することにより添接板の板厚が必然的に厚くなり、1 行 2 列のモデルのような浮き上がりの挙動は生じず、固着領域が広い範囲にわたって分布している。図-6 にテーパ側軸力導入時における等厚側のボルト軸力の変化を示す。図の縦軸はボルト軸力導入過程を、横軸はボルト軸力を初期ボルト軸力で無次元化した値を示す。等厚側の軸力導入完了後、テーパ側の軸力を導入すると等厚側の内側のボルト軸力は、ほぼ線形的に減少する。それに対し、外側ボルト軸力は、テーパ勾配の影響により、一旦は増加するもののボルト軸力導入完了時には減少傾向を辿り、初期導入軸力を下回る結果となった。ボルト軸力導入完了時における等厚側のボルト軸力抜けは、外側より内側の方が大きくなるがその差は僅少である。ボルト軸力導入段階では、テーパ勾配の影響による継手の挙動を確認できたが、これらがすべり強度に与える影響についても今後の検討していく。

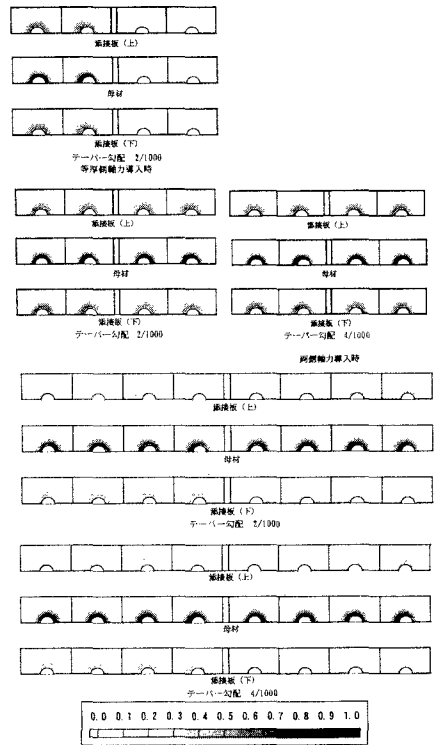


図-4 軸力導入時の応力状態

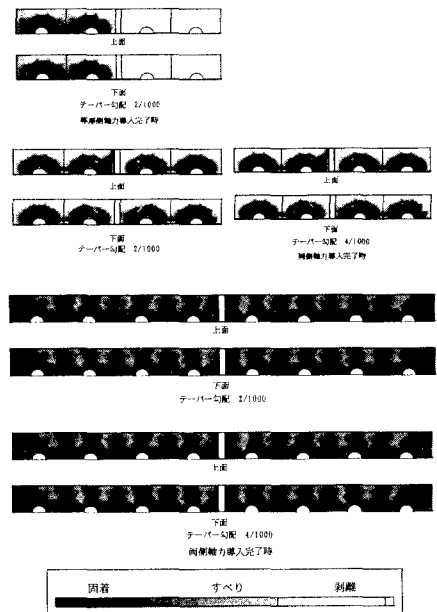


図-5 接触面の状況

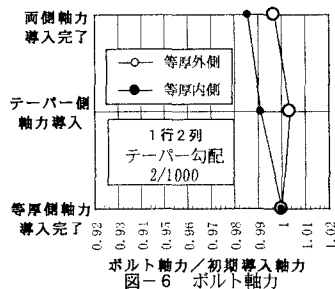


図-6 ボルト軸力

#### 参考文献

- 1) 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.