

## I - 489

## 溶接と高力ボルト摩擦接合との併用継手に関する解析的研究

JR東日本 正員 柳沼謙一 都立大学 正員 長嶋文雄  
 鉄道総研 正員 阪本謙二 鉄道総研 正員 穴見源八

## 1. はじめに

鋼構造物の現場接合方法として一般に高力ボルト継手や現場溶接継手が用いられるが、それらはそれぞれ得失があるので双方の長所を生かした併用継手を導入すると、継手の位置形状等を合理的に選定することができる。中でも、開先溶接を用いた突合せ溶接と高力ボルト摩擦接合との併用継手が一般的であり文献<sup>1)</sup>にも記載されている。しかしながら、それぞれの接合部が受け持つ応力の分担状態等についてはまだ十分に解明されておらず、設計施工法についても確立されているとは言い難い状況である。そこで本研究では、溶接と高力ボルト摩擦接合との併用継手に関して、既往の実験例について詳細な解析を行い、併用継手の力学的特性を明らかにした。また、併用継手の合理的な施工方法について提案する。

## 2. 併用継手に関する解析手法についての検討

溶接と高力ボルト摩擦接合との併用継手の既往の実験例<sup>2)</sup>について、高力ボルト摩擦接合継手の非線形すべり挙動解析手法<sup>3)</sup>によって解析を行い実験値と比較した。すなわち、図1の形状の併用継手において、溶接により発生した継手線上の収縮量を強制変位量として与え、弾性変形状態から弾性変形と局部的な微小すべりが混在している状態を経て主すべり状態に至るまでのすべり挙動の解析を行った。解析ケースはすべての高力ボルトを本締めした場合（ボルト軸力19.6 tf）と、一部の高力ボルトを仮締めした場合（ボルト軸力4.84 tf）の2ケースとした。なお、解析に使用した摩擦係数については、溶接収縮により部材に圧縮応力が働くため、引張の場合のようにポアソン比相当の断面減少によるボルト軸力抜け現象が起きないので、文献<sup>2)</sup>のすべり係数0.46をそのまま用いた。

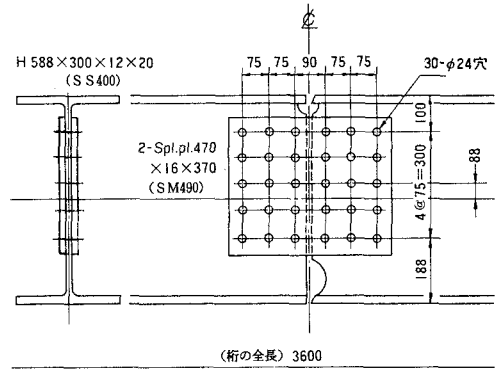
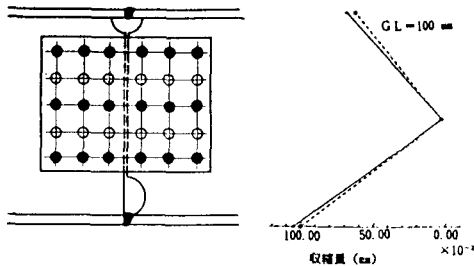


図1 試験体モデル

解析結果と実験値との比較を図2～図3に示す。図2は、継手中心をはさむ標点間における本締めの場合での収縮量の分布の例で、解析結果と実験結果はほぼ一致している（図中のGLは標点間距離）。図3は腹板の継手線上の残留応力分布でこれも解析結果と実験結果はほぼ一致している。



●は仮締めの場合に  
 締め付けたボルト

----- 実験値  
 ——— 計算値

図2 標点間における収縮量の分布

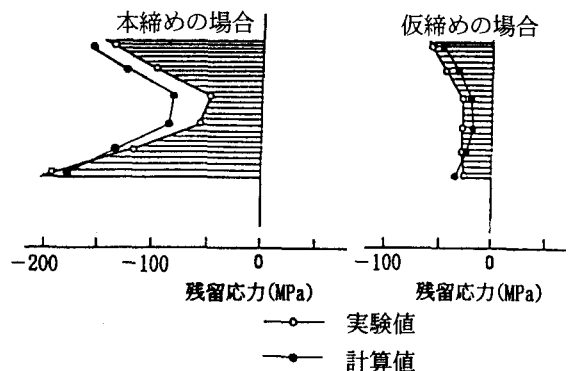


図3 腹板の継手線上の残留応力分布

### 3. 併用継手の合理的施工方法に関する検討

2. の検討結果から、溶接と高力ボルト摩擦接合との併用継手の応力挙動等について解析可能であることがわかった。そこで、併用継手の合理的施工方法について検討するために、図1の試験体モデルについて、残留応力が集中する溶接部に最も近い列の高力ボルトの締付け力を変化させて上記の非線形すべり挙動解析を行った。解析ケースは、

- ① すべての高力ボルトを本締めした場合（ボルト軸力19.6 tf）
- ② 溶接部に最も近い列の高力ボルトを本締めの場合の1/2（ボルト軸力9.8 tf）で締付け、それ以外の高力ボルトを本締めした場合
- ③ 溶接部に最も近い列の高力ボルトを本締めの場合の1/4（ボルト軸力4.9 tf）で締付け、それ以外の高力ボルトを本締めした場合

の3ケースとした。それぞれのケースの解析結果を図4に示すが、この図からわかるように溶接収縮による残留応力は、溶接部に近い部分に集中する傾向にあるが、①ではそれが最も顕著であるのに対し、②および③では残留応力の集中はなかった。また、摩擦接合面に作用する摩擦力は収縮量が大きくなるに従って次第に溶接部に近い部分に集中して生じるが、①では溶接部に最も近い列の本締めの高力ボルトに主すべりが生じるのに対し、②および③ではその部分の高力ボルトが仮締めであるのですべりが生じても後で本締めすることができる。以上より、①では溶接部に最も近い列の高力ボルトを新しい高力ボルトに交換する必要があるが（本締めした高力ボルトは一般に再使用しない）、②および③では溶接熱が冷めた後に溶接部に最も近い列の高力ボルトを本締めすればよく、②および③の方法が合理的であることがわかる。なお、従来予備締め（仮締め）は設計締付け力の60％である<sup>1)</sup>ことから、最も溶接部に近い高力ボルトは設計締付け力の25～60％で締付ければよいものと思われる。

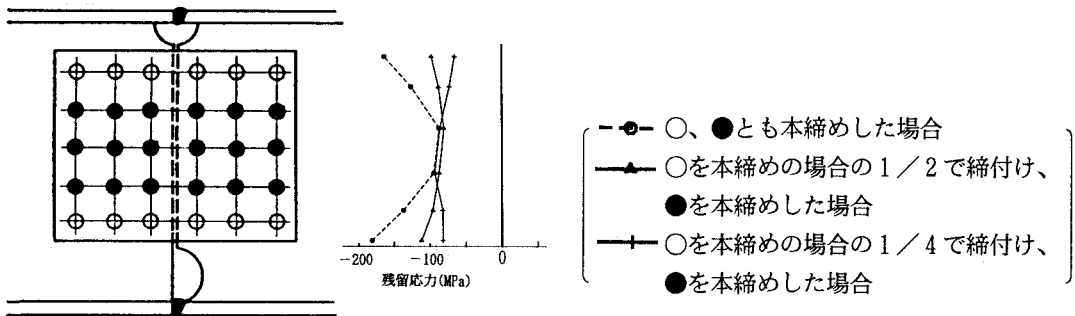


図4 解析結果

### 4. おわりに

既往の実験例について詳細な解析を行い、実験値と比較した結果、高力ボルト摩擦接合継手の非線形すべり挙動解析手法は溶接と高力ボルト摩擦接合との併用継手においても適用できることがわかった。また、その解析手法を用いて高力ボルトによる残留応力の拘束度を変えて解析した結果、合理的な併用継手の施工方法について明らかにできた。今後さらに様々な形状の併用継手について解析を行い、溶接部とボルト部の応力分担について検討する予定である。

#### 【参考文献】

- 1) 財鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物）、1992年10月
- 2) 夏目：高力ボルトと溶接の併用継手に関する実験的研究、横河橋梁技報No. 7、1977年11月
- 3) 長嶋・山田：任意方向の微小すべりを考慮した摩擦接合のすべり強度解析、土木学会第44回年次学術講演会概要集、1989年10月