

I - A196

高力ボルト・溶接併用継手における高力ボルト施工要領

大阪大学大学院 学生員 中村貴史 大阪大学大学院 正会員 亀井義典
大阪大学大学院 フェロー 西村宜男 巴コーポレーション 雨森慶一
巴コーポレーション 正会員 新井正樹

1. まえがき

JH 四国支社松山道大洲工事事務所管内の宿茂高架橋は合理化形式の4径間連続桁橋であることとジャッキアップ回転工法と称する新しい架設工法を採用したところに特徴がある。中間支点付近の主桁フランジ厚は70mmを超えるために、主桁ブロックの連結には腹板を高力ボルト摩擦接合、フランジを溶接接合する併用継手が採用される。なお、併用継手の施工は中間橋脚に平行に主桁をジャッキアップする途中で行われる。腹板を高力ボルトで連結した後、フランジの溶接を施工するが腹板がボルト継手により強固に連結されていると、フランジの溶接收縮によりフランジの溶接線付近に引張残留応力が導入される。また溶接收縮により腹板のボルトに部分すべりが発生する可能性がある。これらのことを回避するためにフランジに近い数行の腹板ボルトの初期軸力導入をフランジ溶接後とする。本研究では宿茂高架橋の腹板連結構造を対象として、高力ボルト摩擦接合継手の有限要素解析プログラム¹⁾による弾塑性解析により、フランジ溶接時の継手挙動を明らかにするとともに、併用継手における高力ボルトの施工要領を取りまとめた。

2. 解析モデル

宿茂高架橋の併用継手の腹板は片側29行×6列の摩擦接合ボルト継手が用いられる。スーパーコンピュータの解析容量を考慮して解析モデルは片側29行×3列とし、フランジ溶接による収縮量は片側1.0mmと固定する。図-1に宿茂高架橋併用継手の解析モデルの概略図を示す。解析対象領域は対称性を考慮して1/8モデルとする。図-2に要素分割の概略図を示す。継手中央部における添接板節点の部材軸方向変位、上下対称軸の部材軸直角方向変位および腹板板厚中央面の板面外変位を拘束する。そしてフランジ溶接線上の節点に全変位が溶接收縮量になるまで部材軸方向の強制変位増分を与える。表-1に解析モデルの諸元を示す。このモデルに対して、フランジ近傍の2行、4行、5行および6行に初期ボルト軸力を導入せずに手締めとした合計4ケースの解析を行った。なお既往の実験との比較解析を行い、解析プログラムの妥当性は確認している。

3. 解析結果

図-3に各ケースごとのフランジの板厚中央面における部材軸方向直応力分布を示す。図の値は応力を降伏応力で無次元化したものである。図より手締めのボルトが増えるに従ってフランジの応力が徐々に減少しているのがわかる。各タイプともフランジ応力は継手中央から100cm程度でほぼ消滅している。またフランジ板厚方向中央面において応力が最大となるのは溶接線のフランジ幅方向の中央で、その最大値は

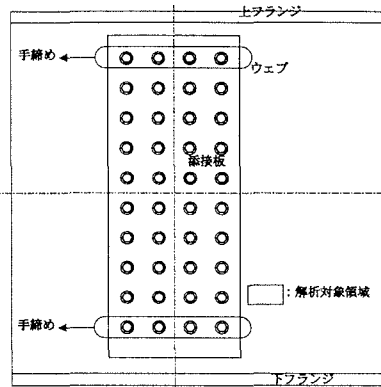


図-1 解析モデルの概念図

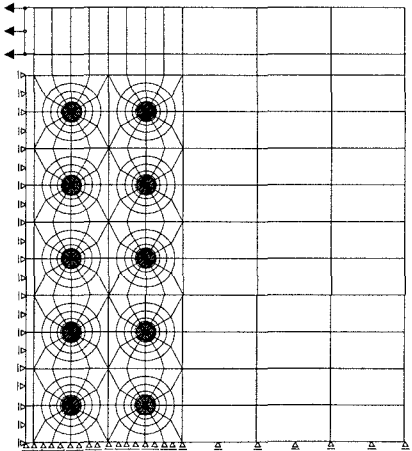


図-2 要素分割の例

表-1 解析モデルの諸元

フランジ		ウェブ	添接板	ボルト				溶接收縮量
板厚	板幅	板厚	板厚	種類	列	行	間隔	片側
70mm	100mm	28mm	13mm	M22	3	29	75mm	1.0mm

キーワード：高力ボルト摩擦接合，溶接接合，併用継手，有限要素法

〒565-0871 吹田市山田丘2-1, Phone 06-6879-7599 Fax 06-6879-7601

手締めめのボルト行数を増加させるとほぼ線形的に減少している。

図－4 にフランジの最大引張応力と手締めボルト行数の関係を示す。各タイプとも継手中央部のフランジの下端と腹板が接している個所で引張応力が最大となっている。その最大値は断面中央の最大値と同様に手締めボルト行数が増加するとほぼ線形的に減少していく傾向が見られる。

表－2 に溶接収縮終了時の部分すべりの状況を示す。2 行手締めめのタイプでは溶接収縮終了後に初期ボルト軸力を導入している 3 行目および 4 行目が部分すべりの状態となっている。4 行、5 行手締めめのタイプではそれぞれ初期軸力を導入している 5 行目、6 行目が部分すべりの状態となっている。6 行手締めめのタイプでは部分すべりは発生していない。このように手締めめのボルト行数を増加させることにより部分すべりの発生が抑制されることが確認できる。

図－5 に溶接収縮終了時における各ボルト行の平均相対変位と手締めボルト行数の関係を示す。各タイプとも腹板と添接板の相対変位が最大となる 1 行目においても 0.9mm 以内に収まっており、ボルト孔とボルト径の差 (2.5mm) に達していない。また 6 行手締めタイプの 7 行目ボルトの平均相対変位は 0.04mm 程度であり部分すべりが発生していない。それより平均相対変位が大きい場合はそのボルト行において部分すべりが発生していることが確認できる。

4. まとめ

宿茂高架橋の併用継手部を対象に最適な手締めボルト数を解析的に検討した。本報告で得られた知見は以下の通りである。

(1) 既往の実験と比較を行うことにより併用継手の挙動を確認するとともに解析の妥当性を検証した。

(2) 手締めめのボルト行数を増加させるとフランジの引張応力が線形的に減少する。

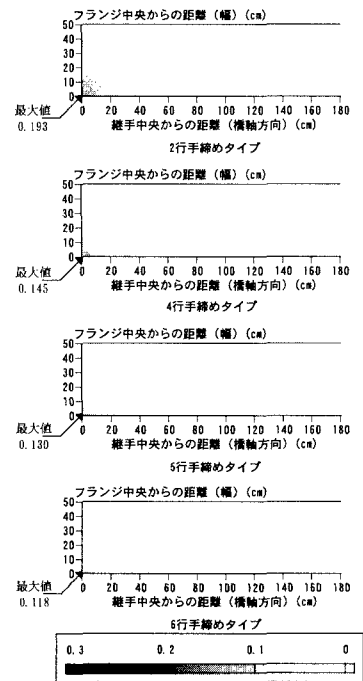
(3) 手締めめのボルト行数が 2 行、4 行および 5 行では手締めボルト行に隣接する初期軸力導入行でいずれも部分すべりが発生し、6 行手締めタイプでは部分すべりは発生しなかった。

(4) すべてのタイプにおいて腹板と添接板の相対変位は最大で 0.9mm 程度であり、ボルト孔とボルト径の差 (2.5mm) に達していない。

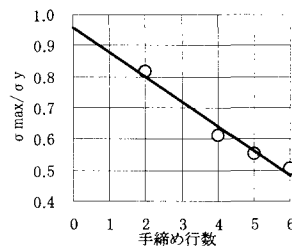
本解析では腹板のボルト配置は 29 行×3 列であるが、宿茂高架橋併用継手では腹板のボルト配置は 29 行 6 列である。列数が 3 列から 6 列になるとすべり強度も 2 倍となり部分すべりが発生しにくくなる。そのことにより若干の応力の上昇が考えられるが、フランジの引張応力は小さく問題にはならない。

以上のことより、宿茂高架橋併用継手の施工においては上下フランジ近傍の 5 行程度を手締めとすることが妥当であると言える。

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.



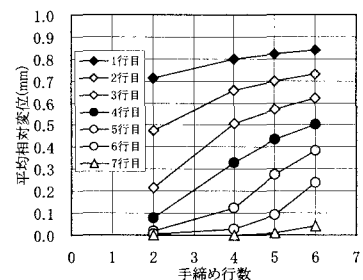
図－3 応力分布



図－4 最大引張応力

表－2 部分すべり結果

手締め行数	部分すべり発生行
2行	3行目, 4行目
4行	5行目
5行	6行目
6行	なし



図－5 平均相対変位