FEM 解析による千鳥配置された高力ボルト摩擦接合継手の荷重伝達機構に関する 2,3 の考察

大阪市立大学大学院	学生会員〇山階	清永
(独)土木研究所	正 会 員 村越	潤
(独)土木研究所	正 会 員 澤田	守

1. 研究背景および目的

鋼橋の部材の現場連結には高力ボルト摩擦接合継手が 採用されることが多い.一般に、ボルト配置には矩形配 置と千鳥配置がある.引張力を受ける I 型断面桁のフラ ンジ連結部において、ボルト孔による断面欠損に伴う抵 抗断面の急変を緩和する目的で、図-1 に示すような千鳥 配置と矩形配置を組み合わせた砲台配置の摩擦接合継手 が多く見受けられる.



図-1 砲台配置の事例

一方,高力ボルトが多列となる厚板継手では、ボルト に作用する力が不均等になり、すべり耐力が低下するこ とが明らかとなっている.そのため、道路橋示方書¹⁾では、 無機ジンクリッチペイントを塗布した接合面に対し、ボ ルトが8列を超える場合にボルト1本が伝達できる許容 力を減じるための低減係数が導入されている.多列継手 を対象とした研究は矩形配置を扱ったものが多く、千鳥 配置を対象としたものはほとんどみられず、千鳥配置に おける多列の影響について検討が必要である.

大阪市立大学大学院	正 会 員	山口	隆司
大阪市立大学大学院	正 会 員	松村	政秀
大阪市立大学大学院	学生会員	高井	俊和

2. 解析モデルの概要

解析対象は I 型断面桁における引張側フランジの高力 ボルト摩擦接合継手を模擬した 2 面せん断継手とした. 解析には汎用構造解析プログラム ABAQUS を用いた. 解 析モデルは,既往の研究²⁰を参考に作成し,要素長 5mm 程度のソリッド要素で分割している.母板,連結板,ボ ルトなどの接触面にはすべりや固着・離間を考慮できる 接触境界を与えた.摩擦には,クーロン摩擦モデルを用 い,静止摩擦係数として,0.5 を設定した.

解析ケースの諸元を表-1,図-2,および図-3に示す. ボルトのピッチ,ゲージ,および縁端距離は,道路橋示 方書¹⁾を参考に全ケースで共通としている(図-2,および 図-3 参照).

砲台配置の解析ケース (8*11St) は,実績調査³された ボルト配置,およびすべり/降伏耐力比 β を参考にボルト 列数11 列で設定した.ここでは,最大ボルト列数の数え 方を図-3 に示すように数えている.また,列数の比較と して,矩形配置部分でボルト列数を調整したケース (8*8St, 8*9St)を含め,合計3ケースを設定した.これ に加えて,ボルト配置の違いによる影響をみるため,砲 台配置の等幅部の β ,および γ と等しくなるように板幅で 調整した1行配置のモデルを設定した(等幅部について は図-3を参照).



キーワード 高力ボルト摩擦接合継手,千鳥配置

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野 TEL&FAX 06-6605-2765

3 解析結果と考察

3.1 すべり係数

図-4 に各ケースのボルト列数とすべり係数の関係を示 す. なお、砲台配置における列数の数え方は図-3 に示す 通りである. 1 行配置と比較した場合に、砲台配置では、 すべり係数は、8 列に比べて、9 列で約 6%、11 列で約 25% 低下した. このように列数が多いほど低下する理由は、 多列による影響と、すべり/母板降伏耐力比βが 1.2 を超 えている影響と考えられる. さらに、同じボルト列数で 砲台配置と 1 行配置のすべり係数を比較すると、砲台配 置の方が、8 列で 3%、9 列で 14%、11 列で 11%程度高く なっている.

3.2 接触面に作用する摩擦力

図-5 にすべり発生時の各列ボルト1本あたりの分担摩 擦力を示す.図-5(a)には砲台配置におけるボルト列数の 違いの比較を、図-5(b)には、砲台配置と1行配置の比較 を示す.ボルト1本あたりの分担摩擦力は、図-6に示す ように接触面を分割し、分割した領域に作用する摩擦力 をその領域に存在するボルト本数で除した値としている.

図-5(a)より砲台配置では、ボルト配置パターンが変化 する境界前後(図-5,図-6中の青破線)で分担摩擦力が 低下し、また、ボルト列数が多いほど低下量が大きい. これにより、列数が多いほどすべり係数が低下したと考 えられる.

また,図-5(b)より砲台配置の千鳥部分である4列~6 列部分(赤丸部分)で,1行配置に比べて分担摩擦力が高 くなっている.これによって,砲台配置の方が1行配置 よりすべり係数が高くなったと考えられる.

3.2 すべり発生時の応力分布

図-7にすべり発生時における母板のミーゼス応力分布 を示す.図中の赤色は降伏点に近い応力を示しており, 全断面降伏には至らないものの,図中の青枠の楕円で示 すように,先端部のボルト孔への応力集中が見られた. これは外側ボルト列でのボルト本数が少ないため,母板 から連結版への荷重伝達がその少ない最外ボルトに集中 し,ボルト孔周辺で塑性化が進展するためであると考え られる.また,列数が多いほど母板の外側で応力が高く なっているのは,すべり/降伏耐力比βの値が大きくなる ためである.

3. まとめ

8列を超え、列数が等しい砲台配置と1行配置ですべり係数を比較すると、同じような傾向で低下するも



(0) 8*951 (C) 8*851 図-7 すべり発生時の母板のミーゼス応力分布 のの若干砲台配置の方が高くなった.

- 2) 列数が等しい砲台配置と1行配置では、各列ボルト1 本あたりの分担継摩擦力の低下が異なり、砲台配置 の方が千鳥部分で分担摩擦力が大きくなり、すべり 係数が若干高くなる。
- 3) 砲台配置における各列ボルト1本あたりの分担摩擦 力の低下はボルト配置パターンの異なる境界前後で 生じている.

<参考文献>

- 社団法人日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, 2012年3月
- 独立行政法人土木研究所,公立大学大阪市立大学:高力ボル ト摩擦接合継手の設計法の合理化に関する共同研究報告書, 2012年1月
- 3) 土木学会鋼構造委員会鋼構造物に関する検討小委員会:部 材連結に関する現状と課題,2012年5月