

被接合部材のフランジ面外剛性におよぼす非対称要素の影響について

213-008 石崎 聡史

1. はじめに

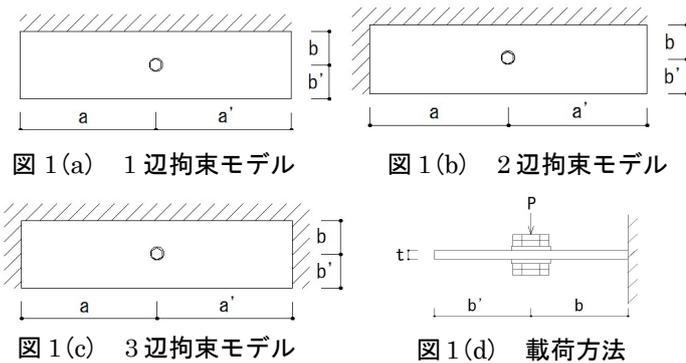
鉄骨構造の柱梁接合部において、溶接接合の他に接合金物と高力ボルトによる接合形式である半剛接合がある。本論文では、汎用数値解析ソフト ABAQUS を用いて解析モデルの数値解析を行い、被接合部材である柱フランジの面外剛性に着目し、高力ボルトの接合箇所による非対称によって生じる剛性変動のメカニズムなどを検討し、柱フランジの面外変形に対する剛性評価を検討する。

2. 柱フランジの面外剛性

2.1 剛性の解析値

解析モデルは図 1(a)、(b)、(c)で示すように被接合部材である柱フランジに対して高力ボルトを設けた 1 辺拘束モデル、2 辺拘束モデル、3 辺拘束モデルの板の長さを変えて数値解析を行った。いずれの数値解析でも高力ボルト頭部に剛体を挿入し、高力ボルト頭部の曲げ変形を拘束している。板の長さに注目するため、 b 、 b' 、 t 、 P 、ボルト径については一定とする。解析結果から剛性の解析値 K を算出するため、荷重 P と変位 δ を示すグラフに対して式(1)を利用する。変位 δ を読み取る点については、ボルト頭部に挿入した剛体の中心点から得る。

$$K = \frac{P}{\delta} \quad \dots(1)$$



2.2 単純足し合わせによる剛性の計算値

本論文では、高力ボルトに対して板の長さが左右対称となるモデルから算出する剛性の解析値 K を半分にしたものを基準剛性 K_e とする。図 2 で示すように左右非対称のモデルはそれぞれの基準剛性 K_e の足し合わせで評価し、剛性の解析値 K と比較する。ここで、基準剛性 K_e を足し合わせたものを剛性の評価値 K_i とおく。2 辺拘束モデルの場合は、1 辺拘束と 3 辺拘束の基準剛性 K_e を足した剛性の評価値 K_i を用いて剛性の解析値 K と比較する。評価の指標として剛性の解析値 K と剛性の評価値 K_i の差を示す値 $R = (K/K_i - 1) \times 100$ を使って比較し検討する。

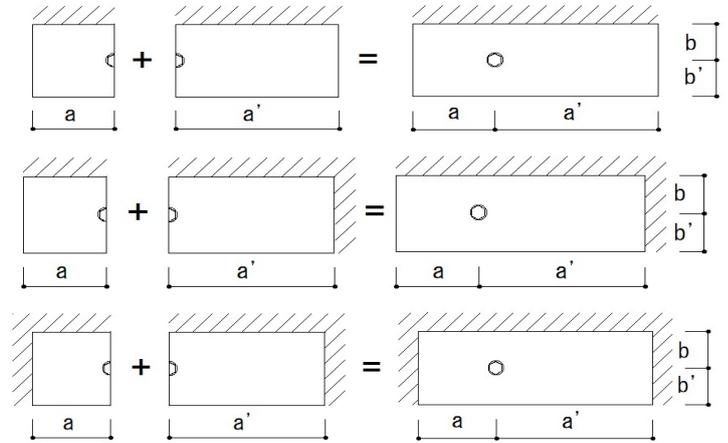


図 2 単純足し合わせによる剛性

2.3 解析結果と考察

1 辺拘束モデルの剛性の解析値 K と剛性の評価値 K_i の比較結果は図 3 に示す。ここでは高力ボルトにおける片方の板の長さに対して、もう一方の板の長さ a を変数にしたグラフで比較する。左右の板の長さの差が大きくなると、剛性の差が顕著に表れているが、長い板同士による解析モデルでは単純足し合わせで評価できる。誤差 R が 5% を上回るのは a が 100mm より小さいとき、もしくは a'/a が 5 よりも大きくなるときである。過去の研究では、板の有効片側幅がボルト頭部から 45 度線によって算出できるとの指摘がある。本論文の $b = 100\text{mm}$ を考えれば、片側の幅がこの有効幅より短くなると非対称性による影響が顕著になる。一方、3 辺拘束モデルの剛性の解析値 K と剛性の評価値 K_i の比較では、板の長さが短くなるにつれて剛性は上がり、1 辺拘束モデルに比べ、さらに大きな差が生じる。逆に長くなるにつれて 1 辺拘束モデルのように単純足し合わせの評価傾向が見られた。つまり、図 3 と図 4 から分かるように 1 辺拘束モデル、3 辺拘束モデルともに板の長さが長くなるにつれて剛性の値が収束するため、板の長さが 45 度線に定められる有効幅を超えた場合は、左右非対称性による剛性の補正を行わなくても、大きな誤差をもたらすことはないと言える。

基準剛性 K_e は 1 辺拘束モデルの場合では板の長さが長くなるにつれて値は上がるが、3 辺拘束モデルの場合では板の長さが短くなるにつれて値は大きくなり、逆の傾向を示している。板の面外剛性の支配的要素である固定端が交替したことに起因しているが、1 辺拘束時とメカニズムが異なっても、本論文では同じ手法を検討する。

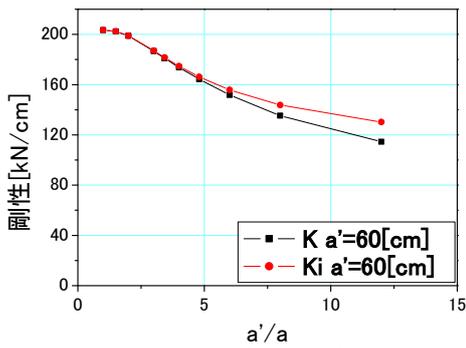


図3 1辺拘束モデル

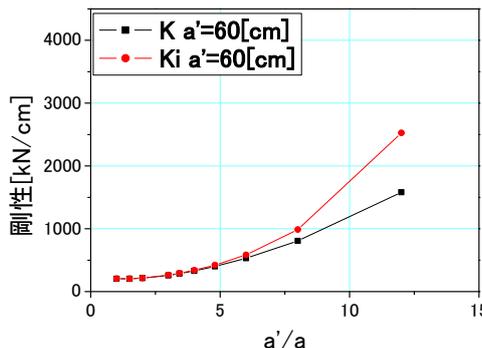


図4 3辺拘束モデル

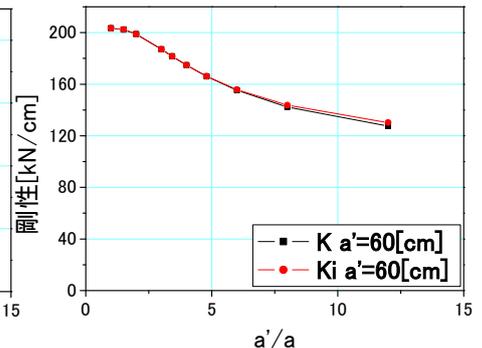


図5 1辺拘束モデル回転拘束

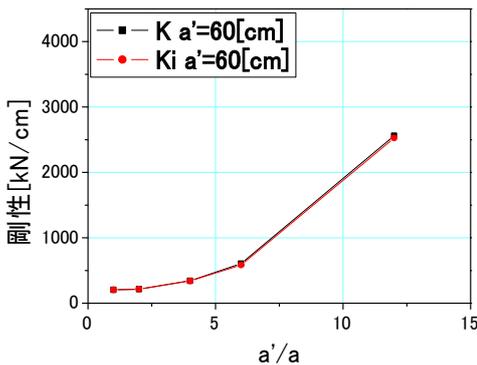


図6 3辺拘束モデル回転拘束

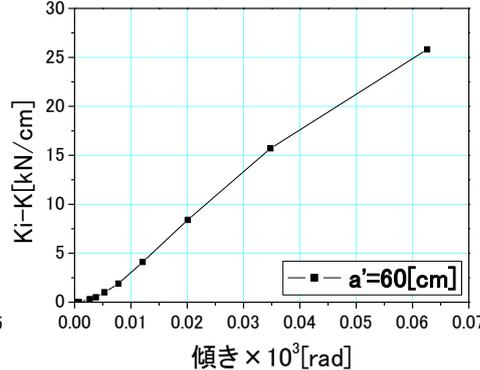


図7 剛性誤差－左右回転量

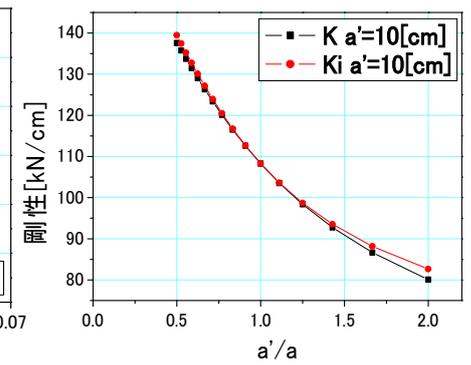


図8 a'=bモデル

2.4 ボルト頭部回転拘束の影響

非対称性がもたらす結果の一つとして、高力ボルト頭部の左右方向の回転を挙げられる。ここでは高力ボルト頭部の左右の回転量と板面外剛性の低下との関係を調べる。具体的には、まず相対的な高力ボルト頭部の回転量について調べてから、高力ボルト頭部に挿入した剛体の左右方向の回転を拘束したモデルをそれぞれ作成し数値解析を行った。これらの解析結果に対して同じように基準剛性 K_e の単純足し合わせで評価し比較検討する。ここで高力ボルト頭部に挿入した剛体の左右方向の回転を拘束したモデルの結果を示した図5と図6より、1辺拘束モデル、3辺拘束モデルともに誤差Rは0%~3%の範囲にとどまっている。2辺拘束モデルの誤差Rについても0%~5%の間にとどまることから、1辺拘束モデルと3辺拘束モデルの基準剛性 K_e の単純足し合わせで算出した剛性の評価値 K_i はある程度の誤差が生じるものの、その主な要因はボルト頭部の回転によるものと言える。図7は高力ボルト頭部の挿入した剛体の左右回転量と単純足し合わせ評価による剛性誤差の絶対値との関係を示す。これからも分かるように高力ボルトの回転が大きくなると、左右の板の長さの違いに起因する評価誤差が増大していく。ただし、回転量の小さい領域では誤差の増大が顕著ではなくなる。また、図8は長さの小さいシリーズの結果を示す。有効幅より小さい場合でも左右非対称の差が小さければ著しい剛性の低下とならず、長さが大きいシリーズとほぼ同様の結果が見られた。

上記の結果から、柱フランジの面外剛性の低下メカニ

ズムとして、1辺拘束の左右非対称は接合ボルト頭部の左右回転を誘発し、このボルトの回転によって剛性低下に至ったと言える。左右の板長さが十分大きな場合、有効な板幅を超えたことで板の長さが異なっても、ボルト頭部が左右回転せず剛性の低下に至らない。また3辺拘束の場合では状況が異なるものの、1辺拘束の場合と同様の結論が言える。

3. まとめ

本論文では高力ボルト接合部に対して板の長さが異なる左右非対称性の影響について検討を行った。その結果、以下のことが言える。

- 1) 1辺拘束モデル、3辺拘束モデルともに高力ボルトに対して板の長さが左右非対称の場合、長さの差が小さいまたは長さが十分に大きければ、単純足し合わせで剛性を精度よく評価できる。
- 2) 高力ボルトに対して板の長さが短い場合、左右の非対称性が顕著になれば、誤差も大きくなり無視できなくなる。
- 3) 単純足し合わせの剛性評価誤差のメカニズムについては、概ねボルト頭部の回転量によるものと言える。

参考文献

- 1) 浅田健太、林暁光：柱フランジの面外変形を考慮したフランジアングル接合の載荷実験と剛性評価、日本建築学会近畿支部研究報告集 pp.433-436 平成24年
- 2) 島野竜平、李亦然、林暁光：高力ボルトとスプリットティールを用いた柱梁接合部に関する研究 その2 柱の変形を考慮した剛性評価、日本建築学会近畿支部研究報告集 2016年