

応力と直交方向のへりあきの違いによる  
山形鋼筋かい接合部の最大耐力に関する研究

山形鋼筋かい      無効突出脚      有効断面積  
へりあき          応力度分布

正会員    ○高木 嶺於\*1      同      飯島 海渡\*1  
同      辻 翔太郎\*1      同      神谷 勇成\*2  
同      木藤 一輝\*2      同      薩川 恵一\*3  
同      吉敷 祥一\*4

1. はじめに

本報では、文献<sup>1)</sup>の評価式中の評価項であるへりあき長さに着目して、有限要素法を用いた数値解析を行う。解析結果より、作用応力方向の山形鋼の面内応力度分布を明らかにし、筋かい接合部の最大耐力の推定を行うことを目的とする。

2. 解析概要

図1にへりあきの違いによる文献<sup>1)</sup>と文献<sup>2)</sup>の有効断面積の評価式についてL75x6を例に示す。縦軸左は文献<sup>2)</sup>の指標であり、突出部の無効部分の長さ $h$ を突出部の長さ $H$ で除した値である。縦軸右は文献<sup>1)</sup>の指標であり、全断面積からボルト孔を控除した断面積 $A_n$ に対する有効断面積 $A_e$ の割合(有効断面率)を表している。文献<sup>1)</sup>の評価方法ではへりあきを考慮して評価しており、文献<sup>2)</sup>の評価方法ではへりあきによらず、耐力をボルト本数のみで評価している。

図2に本研究で対象とする解析モデルを示す。解析で使用する要素は立体要素であり、山形鋼、ガセットプレート、高力ボルトの各部材をそれぞれモデル化する。各モデル間の相互作用は、接触を考慮している。接触方向は剛接触とし、接触接線方向のすべり係数は0としている。各モデルの位置関係は、すべり耐力の影響を排除するためにボルト孔とボルトが接触した状態に設定している。ボルト孔は、ボルト軸部直径に2mmを加えた値としている。境界条件は、ガセットプレート端部を固定とし、山形鋼の端部に強制変形を与える。荷荷点はボルト軸の延長線上としている。

図3に解析で使用した山形鋼の材料特性を示す。材料特性は、荷荷実験で使用した材料試験結果より得られた応力度ひずみ度関係を真応力度対数ひずみ度関係に変換して入力している。

表1に解析パラメータを示す。山形鋼は2種類とし、ピッチは鋼構造接合部設計指針<sup>2)</sup>に示されている標準ピッチに固定する。へりあきをパラメータとしており、パラメータの範囲は山形鋼の辺の中心位置からフィレット部に干渉しない限界の位置までとする。ボルト本数は3本と5本を対象とする。

図4に荷荷実験で行った試験体と同一の解析モデルで行った解析結果を実験結果と比較して示す。実線が解析結果、破線が実験結果である。両者の荷重変形関係と最大耐力は良い対応を示している。

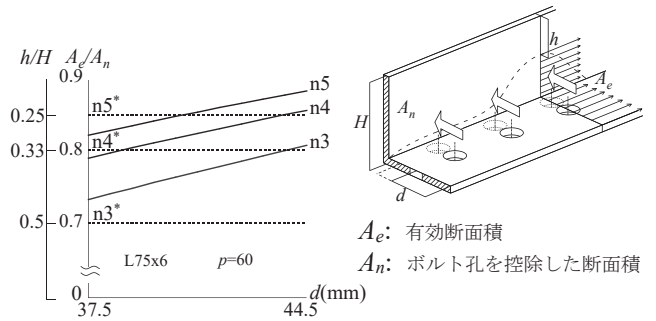


図1 へりあきの違いによる有効断面積の評価方法

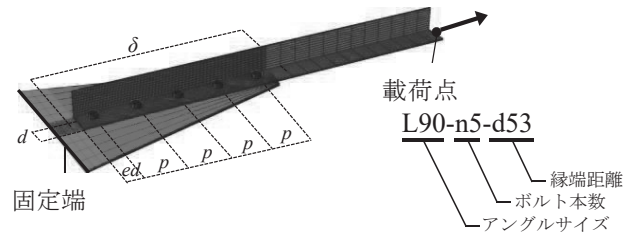


図2 解析モデル

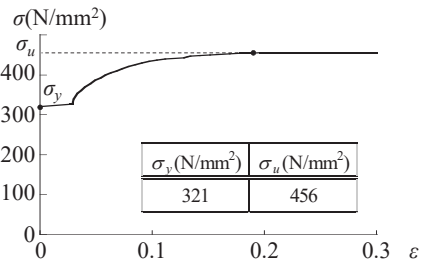


図3 材料データ

表1 解析パラメータ

	$ed$ [mm]	$p$ [mm]	$d$ [mm]	Bolt size	$n$
L75x6	40	40~120	37.5~40	M16	3~5
L90x7	50	50~140	45~53	M20	

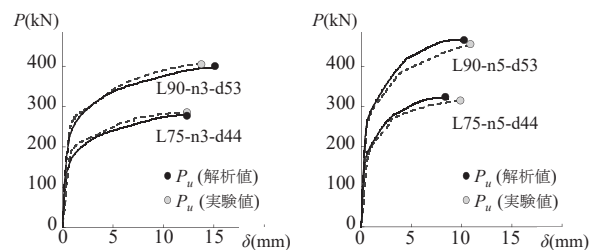


図4 実験結果と解析結果の比較

### 3. 解析結果

図5に荷重変形関係を示す。山形鋼のへりあき端部における要素のミーゼス応力が引張強さに到達した時点の荷重を最大耐力と定義している。L75、L90共にへりあきが広がるのに伴い、最大耐力が上昇していることがわかる。

図6にへりあきの違いによる有効断面率の変化を示す。最大耐力を公称応力の引張強さで除した値を有効断面率として●で示し、同様に実験値を○で示す。L75、L90共にボルト本数が3本の時は約70%を超え、へりあきを最大にすることで、文献<sup>2)</sup>の評価における、ボルト4本の有効断面率に近づくことがわかる。ボルト5本ではへりあきの違いに関わらず約90%を超えた。また、文献<sup>1)</sup>の評価と比較すると、解析、実験結果共に良い傾向を示しているが、L90x7のボルト3本では解析結果が評価式を若干下回る結果となった。

図7に最大耐力時の面内応力度分布を示す。山形鋼を展開した仮想平板とみなし、モデルの1要素ごとに突出脚側端点からへりあき側端点までの応力を取り出している。図中下部には要素の簡略図を示している。また、各要素で部材の軸方向の応力のみを取り出している。突出脚端部の偏心曲げによる圧縮応力は0としている。ボルト孔側の応力分布は、ボルト本数によらず引張強さに到達しているのに対して、突出脚側の応力分布では、ボルト本数が少ないほどフレット部から突出脚部へ向かって応力負担が低下している。また、ボルト本数を増やすことで突出脚端部まで軸力を負担できていることがわかる。上下の図はへりあきの違いを表しており、へりあきを大きくすることで突出脚側の要素の負担応力が大きくなっていることがわかる。また、ボルト本数及びへりあきを大きくするにつれ、引張強さの領域が大きくなることもわかる。

各要素の負担応力に軸力と直交方向の要素の面積を乗じた総和を求める、すなわち図8右に示す斜線部分の面積を求めることで最大耐力の算出を図る。図8左に載荷点の最大耐力と応力分布から算出した最大耐力の比較を示す。L75、L90共に載荷点と応力分布の最大耐力の相関関係は良好であり、おおよそ最大耐力を捉えることができた。

### 4. まとめ

本研究では、へりあきによる有効断面率の変化及び面内応力度分布を明らかにした。へりあきを大きくすることで最大耐力及び有効断面率が上昇することがわかった。面内応力度分布から最大耐力を算出し、おおよそ最大耐力を捉えることができた。

### 参考文献

- 1) 日本建築学会, 高力ボルト接合設計施工ガイドブック, 第2版, p.44, 2016.5
- 2) 日本建築学会, 鋼構造接合部設計指針, 第3版, 第5刷, p.264, 2017.2

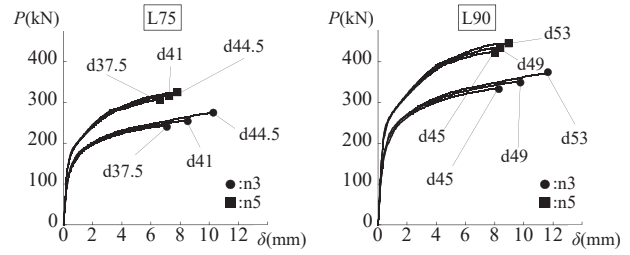


図5 荷重変形関係

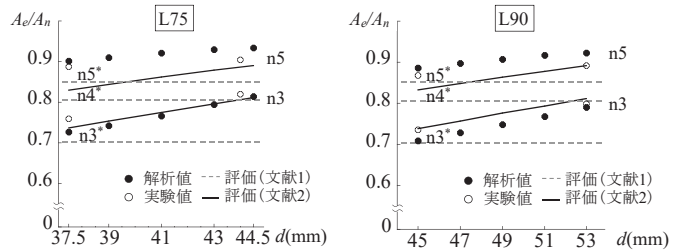


図6 へりあきの違いによる有効断面率

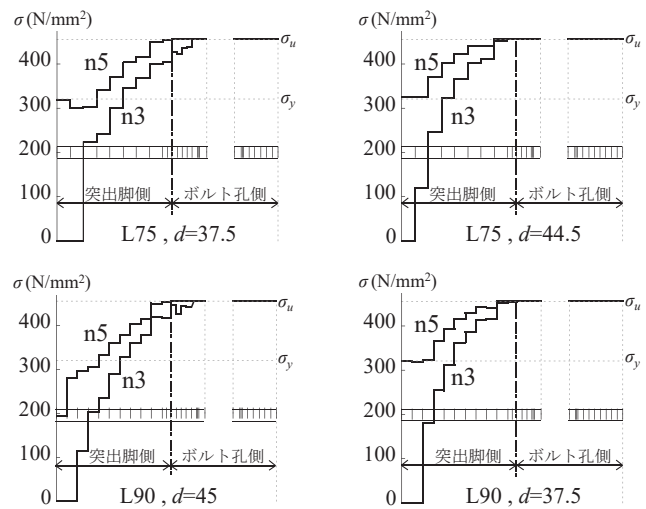


図7 最大耐力時の面内応力度分布

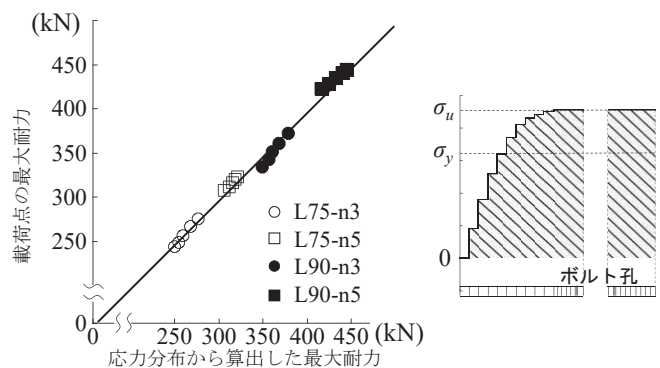


図8 載荷点の最大耐力と  
応力分布から算出した最大耐力との比較

\*1 愛知工業大学 元学部生

\*2 愛知工業大学 大学院生

\*3 愛知工業大学 教授 博士(工学)

\*4 東京工業大学 准教授 博士(工学)

\*1 Former undergraduate, Aichi Institute of Technology

\*2 Graduate student, Aichi Institute of Technology

\*3 Prof., Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.

\*4 Assoc. Prof, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.