

継手長さの違いによる山形鋼筋かい接合部の
最大耐力に関する解析的研究

正会員 ○飯島 海渡^{*1} 同 辻 翔太郎^{*1}
同 高木 嶺於^{*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}

山形鋼筋かい 無効突出脚 有効断面積
継手長さ 応力度分布

1. はじめに

本報では、文献¹⁾の評価式中の評価項である継手長さに着目して、有限要素法を用いた数値解析を行う。数値解析結果より、作用軸力方向の山形鋼の面内応力度分布を明らかにして、継手長さの違いによる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に継手長さの違いによる文献¹⁾と文献²⁾の評価方法の比較についてL75x6を例に示す。縦軸右は文献¹⁾の指標であり、全断面積からボルト孔を控除した断面積に対する有効断面積の割合（以下：有効断面率）を示している。縦軸左は文献²⁾の指標であり、突出脚の無効率を示している。文献²⁾の評価方法では継手長さによらず、ボルト本数のみで評価しており、文献¹⁾の評価方法では継手長さを考慮して評価している。

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、接触接線方向の挙動である摩擦力は入力していない。耐力の差異を明確にするために各モデルの配置は、支圧状態から始まるように設定している。なおボルト孔は、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。載荷点はボルト位置の作用軸上に設定する。

表1に解析パラメータを示す。山形鋼は2種類とし、ボルトピッチとボルト本数を媒介パラメータとして、継手長さを変化させる。へりあき距離は、ガセットプレート接合面に接する板の板幅中央位置とする。

図3に解析で使用した山形鋼の材料特性を示す。載荷実験で使用した材料試験結果から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材料データを入力している。

図4に載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ともに示す。実線が解析結果、破線が実験結果ある。両者の荷重変形関係と最大耐力が良い対応を示している

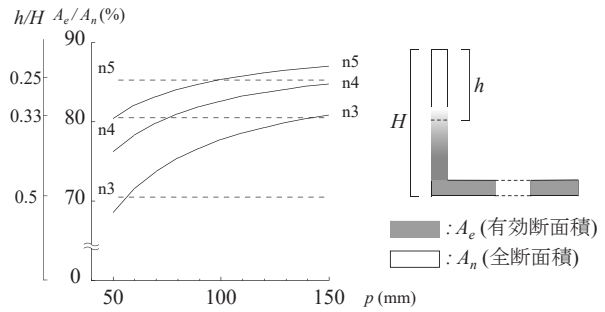


図1 継手長さの違いによる評価方法の比較

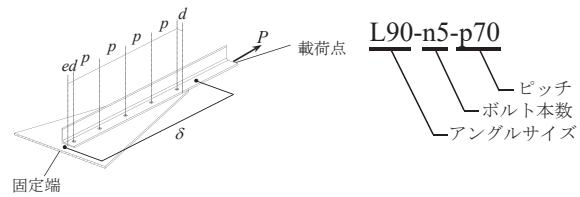


図2 解析モデル

表1 解析パラメータ

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

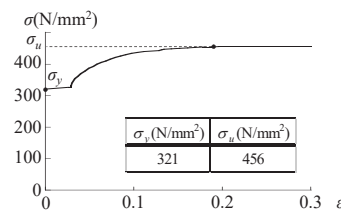


図3 材料データ

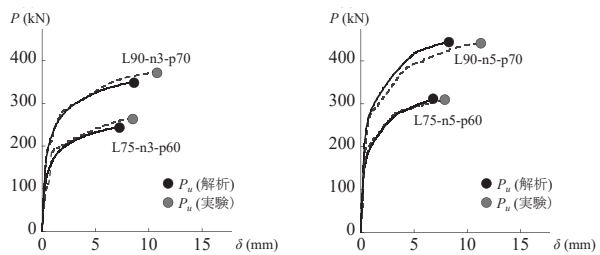


図4 実験結果と解析結果の比較

3. 解析結果

図5に荷重変形関係を示す。左図はL75x6、右図はL90x7の解析結果である。最大耐力は、山形鋼のへりあき端部の要素がミーゼス応力の引張強さに到達した時点の耐力としている。両図を見るとピッチの長さが大きくなるに伴い、最大耐力が上昇している。ボルト本数ごとで最大耐力を比較したとき、3本ではピッチが長くなるに依り最大耐力は大きく上昇するものの、ボルト本数5本ではボルト3本と比較してピッチが長くなっても最大耐力の上昇は小さい。

図6にボルト本数ごとにピッチ長さの違いによる有効断面率の変化を示す。図5の最大耐力を公称応力度の引張強さで除したものを有効断面積 A_e として●,■で示し、同様に実験値を○,□で示す。ボルト3本の有効断面率はボルト5本のものとは比べ、大きく上昇を示していることがわかる。またボルト3本における標準ピッチ以下では、解析結果が評価式²⁾を下回る結果となった。

図7に図6の有効断面率の変化を継手長さで評価したものを示す。継手長さ(l)は、 $(n-1) \times p$ である。L75x6、L90x7ともにボルト本数が異なっても継手長さが同じであれば、有効断面積率は同じ値を示している。また有効断面率は、継手長さで整理するとボルト本数によらず何らかの指数曲線で統一的な評価がなされていると思われる。

図8に最大耐力時の面内応力度分布を示す。左図はボルト本数3本でピッチが異なるもの、右図はボルト本数が異なるものの継手長さが同じものを示している。山形鋼を展開した仮想平板とみなし、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。但し各要素で部材の引張軸方向の応力度のみを取り出しており、突出脚端部に偏心曲げの影響による圧縮応力度はゼロと仮定している。左図のピッチ40mmでは、突出脚端部付近での応力負担はなく、ピッチが長くなるにつれて、突出脚部側の応力負担が増えていることがわかる。また右図を見るとボルト本数によらず継手長さが同一であれば、応力度分布はほぼ同じ分布であることがわかる。

図9左に載荷点から得られる最大耐力と応力度分布から算出して得られる最大耐力の比較を示す。応力度分布から得られる最大耐力は、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で求めている(図9右)。同図から2つの情報から得られる最大耐力は同一であり、最大耐力はひずみ分布からおおよそ推定できる。なお応力度分布から算出された最大耐力が大きい方のマーカー2点は、ボルト本数3本で継手長さが短いものであり、破壊モードの違いと思われるが、今後詳細に検討したい。

4. まとめ

本報では、継ぎ手長さによる有効断面積率の整理を行った。また最大耐力は、面内応力度分布から推定できた。

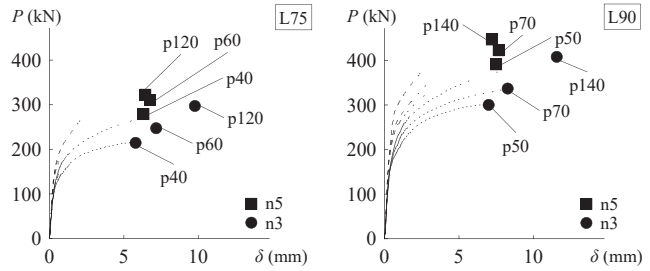


図5 荷重変形関係

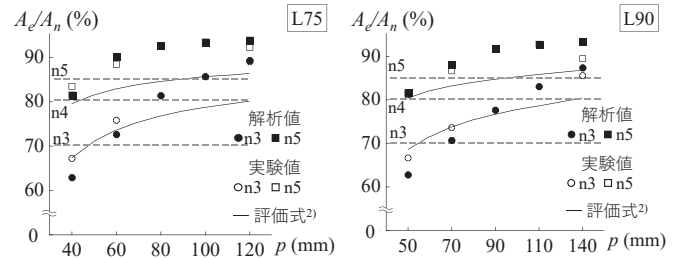


図6 ピッチの違いによる有効断面積率

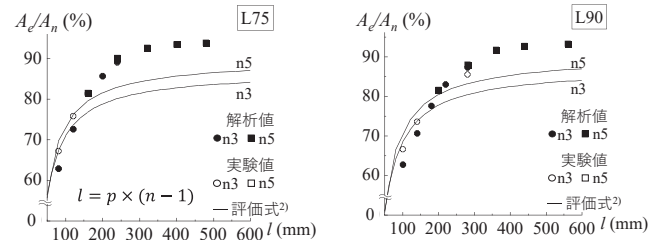


図7 継手長さの違いによる有効断面積率

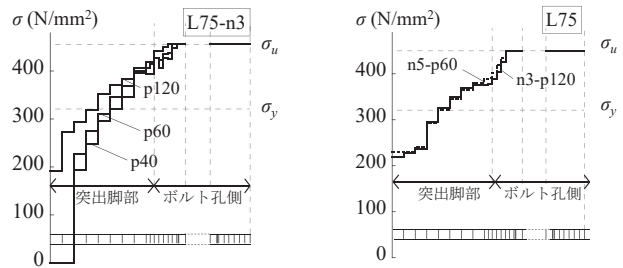


図8 最大耐力時の面内応力度分布

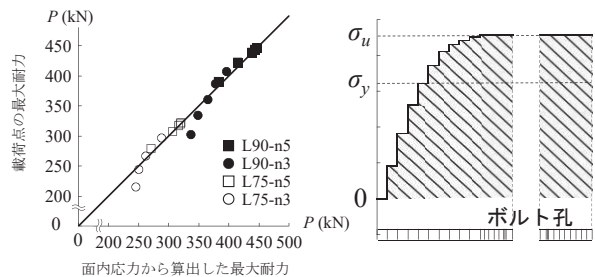


図9 載荷点と面内応力における最大耐力の比較

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

*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 Associate Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.