

高力ボルト接合による山形鋼筋かい接合部耐力に関する載荷実験

正会員 ○辻 翔太郎*1 同 飯島 海渡*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 高力ボルト摩擦接合 へりあき
無効突出脚 継手長さ

1. はじめに

山形鋼筋かいの高力ボルト摩擦接合による接合部耐力の算出に際しては、文献¹⁾によれば突出脚の中で十分に応力が伝達されない部分を無効突出脚と定め、ボルト本数に応じて全断面積から無効部分を除外することで作用応力の有効断面積を評価している。また文献²⁾では、作用応力方向のボルト本数以外にも多くの要因があることを明らかにして、精度の良い有効断面積の評価式を提案している。

本研究では、有限要素法を用いた数値解析を通して、作用軸力方向の山形鋼の面内応力度分布から筋かい接合部の最大耐力の推定することを目的とする。本報では、数値解析の妥当性を検証するために、山形鋼接合部の継ぎ手長さ及びへりあきを変数とした載荷実験を行う。

2. 実験計画

図1に試験体概要、表1に試験体一覧を示す。試験体は山形鋼の両端にガセットプレートを接合して構成されており、試験体は28体を用意した。実験対象となる摩擦接合面は、黒皮のままとし、高力ボルトはナット回転法により締め付けている。実験パラメータは、山形鋼の断面、高力ボルトの本数、ボルトピッチ、ボルト孔の位置である。実験で対象とする山形鋼は、L65x6、L75x6、L90x7の3つの断面として、同一ロットを使用している。ボルトピッチは、高力ボルトの呼び径に応じた最小ピッチ、標準ピッチ、標準ピッチの2倍の3種類として、ボルト孔の位置は、山形鋼の辺の半分的位置(c)及び山形鋼の突出脚側のフィレット部とワッシャーが干渉しないようにできるだけ突出脚側に近づけた位置(ce)の2種としている。

表2に山形鋼に用いた鋼材のJIS-5号試験片による機械的性質をまとめ、図2に測定計画とともにセットアップを示す。試験体は一端のガセットプレートを反力治具に固定し、他端のガセットプレートを接続した試験機により、軸方向の引張力を与えることで行う。載荷は試験体上部に強制変形を与え、最大耐力を発揮してから、山形鋼のき裂が伸展などに伴って、耐力の低下が確認できるまで行った。実験中は試験機に内蔵されたロードセルにより軸方向力Pを得る。また、図2に示すように所定の位置にターゲットを設けて、計8台のばね式変位計にて絶対変位を測定し、各計測区

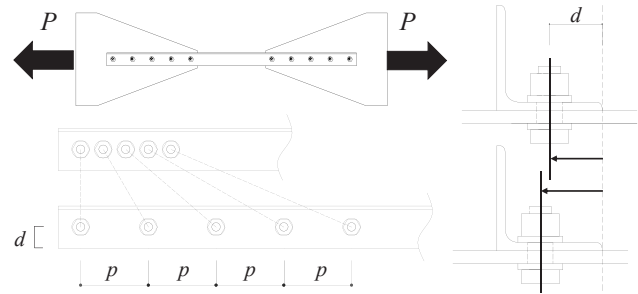


図1 試験体概要

表1 試験体一覧及び試験結果

| 試験体 | p [mm] | n | d [mm] | ePu [kN] | ePu [kN] | ePy [kN] | 試験体 | p [mm] | n | d [mm] | ePu [kN] | ePu [kN] | ePy [kN] | | |
|----------------|--------|---|--------|----------|----------|----------|---------------|----------------|---|--------|----------|----------|----------|-----|-----|
| L65-n3-p40-c | 40 | 3 | 32.5 | 221 | 216 | 170 | L65-n5-p40-c | 40 | 5 | 32.5 | 255 | 250 | 165 | | |
| L65-n3-p60-c | 60 | | | 237 | 237 | 181 | L65-n5-p60-c | 60 | | | 32.5 | 264 | 265 | 172 | |
| L75-n3-p40-c | 40 | | 37.5 | 238 | 234 | 187 | L75-n5-p40-c | 40 | | | 37.5 | 268 | 253 | 197 | |
| L75-n3-p40-ce | 40 | | 44 | 279 | 291 | 190 | L75-n5-p40-ce | 40 | | 44 | 302 | 304 | 200 | | |
| L75-n3-p60-c | 60 | | 37.5 | 259 | 265 | 190 | L75-n5-p60-c | 60 | | 37.5 | 284 | 286 | 205 | | |
| L75-n3-p60-ce | 60 | | 44 | 290 | 308 | 187 | L75-n5-p60-ce | 60 | | 44 | 311 | 315 | 204 | | |
| L75-n3-p120-c | 120 | 3 | 37.5 | 281 | 310 | 192 | L75-n5-p120-c | 120 | 5 | 37.5 | 300 | 321 | 207 | | |
| L75-n3-p120-ce | 120 | | | 44 | 302 | 322 | 195 | L75-n5-p120-ce | | 120 | | 44 | 319 | 329 | 210 |
| L90-n3-p50-c | 50 | 3 | 45 | 369 | 339 | 265 | L90-n5-p50-c | 50 | 5 | 45 | 415 | 367 | 284 | | |
| L90-n3-p50-ce | 50 | | | 53 | 430 | 416 | 267 | L90-n5-p50-ce | | 50 | | 53 | 466 | 433 | 290 |
| L90-n3-p70-c | 70 | | | 45 | 396 | 374 | 275 | L90-n5-p70-c | | 70 | | 45 | 435 | 406 | 295 |
| L90-n3-p70-ce | 70 | | 53 | 444 | 441 | 271 | L90-n5-p70-ce | 70 | | 53 | 476 | 453 | 293 | | |
| L90-n3-p140-c | 140 | 3 | 45 | 429 | 435 | 264 | L90-n5-p140-c | 140 | 5 | 45 | 460 | 450 | 304 | | |
| L90-n3-p140-ce | 140 | | | 53 | 462 | 456 | 270 | L90-n5-p140-ce | | 140 | | 53 | 490 | 465 | 301 |

表2 機械的性質

| 鋼材 | 鋼種 | σ_y [N/mm ²] | σ_u [N/mm ²] | Y.R [%] | ϵ_u [%] |
|-------|-------|---------------------------------|---------------------------------|---------|------------------|
| L65x6 | SS400 | 334 | 462 | 72 | 27 |
| L75x6 | | 321 | 456 | 70 | 29 |
| L90x7 | | 379 | 476 | 80 | 30 |
| ガセット | | 325 | 445 | 73 | 30 |
| ガセット | SM490 | 401 | 548 | 73 | 25 |

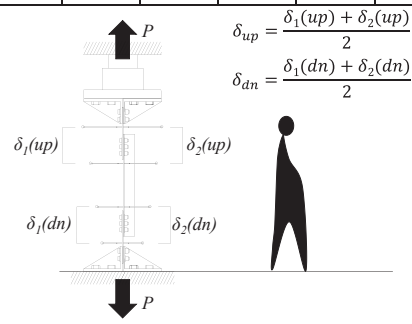


図2 セットアップ

間の変位計の差分から上下接合部の変形 δ_{up} , δ_{dn} をそれぞれ得る。そして上下接合部のうち、いずれかで破断した一方を変形 δ とする。

3. 実験結果

図3に荷重実験の一例として、山形鋼 L90×7、L75×6、L65×6 のボルト3本の荷重変形関係を示す。各図中の○印は降伏耐力、●印は最大耐力を示す。また、荷重変形関係は、高力ボルト摩擦接合部のすべりによる変形進行を除去しており、降伏耐力は初期剛性と二次剛性(2mm 変形時の接線剛性)の交点として評価している。表1に最大耐力の実験値(ePu)と文献²⁾の評価式から得られる有効断面積を用いた計算値(cPu)、降伏耐力(ePy)をまとめた実験結果一覧を示す。ボルト3本の時、最大耐力は継ぎ手長さが増加することにより大幅に上昇するが、ボルト5本の時は大きな耐力上昇が見込めない。また、へりあきを広く取ると、耐力は上昇するが、ボルトピッチ、ボルト本数の増加に伴い、耐力が上昇しづらくなる傾向にある。

図4に山形鋼 L65×6、L75×6、L90×7 の有効断面積を左から順に示す。●印は n3-c、○印は n3-ce、●印は n5-c、○印は n5-ce の実験値から得られる有効断面積を示す。破線(n3, n5)は文献¹⁾から得られる有効断面積を示す。文献²⁾では、実験値から得られる有効断面積は最小ピッチ、標準ピッチ、標準ピッチの2倍のピッチ全てにおいて良い対応を示しているのに対し、文献¹⁾では最小ピッチでのみ小さい値が出る結果となった。

4. まとめ

本報では、山形鋼筋かいの荷重実験結果について示した。

参考文献

- 1) 日本建築学会, 鋼構造接合部設計指針, 第3版, 第5刷, 2017.2
- 2) 日本建築学会, 高力ボルト接合部設計施工ガイドブック, 第2版, p.45, 2016.5

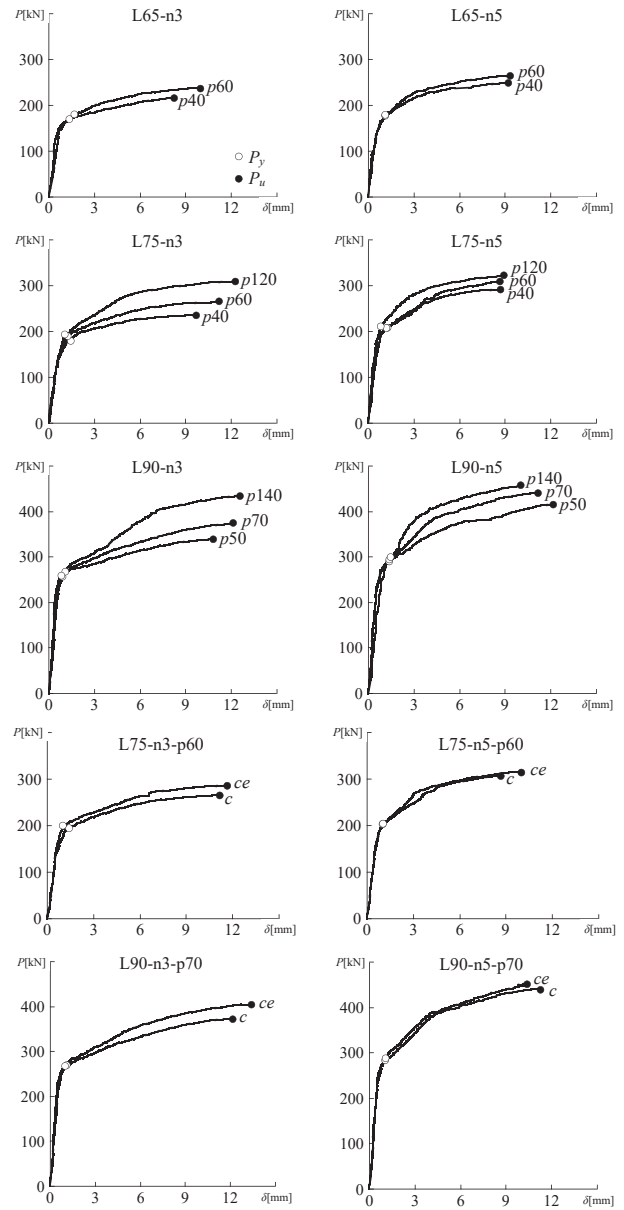


図3 荷重変形関係

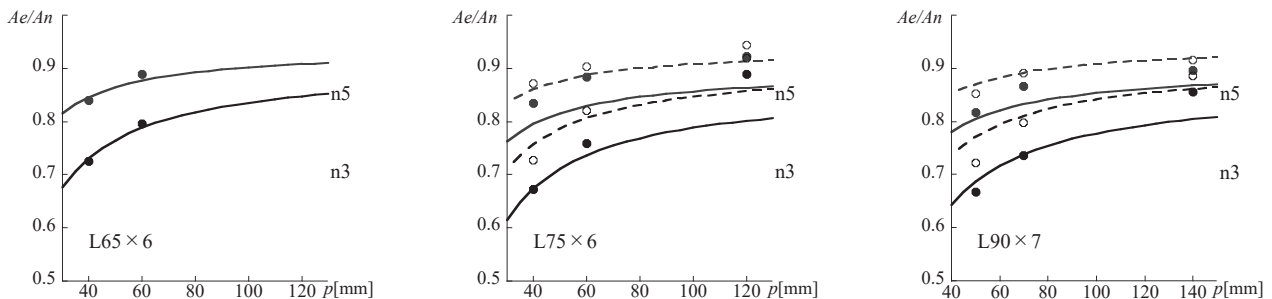


図4 有効断面積

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