

スプリットティーと補剛アングルを用いた半剛接合部の載荷実験

214-065 高林 一輝

1.はじめに

鉄骨構造の柱梁接合部には、部材同士を直接溶接し接合する溶接接合と、スプリットティー等の接合金物と高力ボルトを利用した半剛接合がある。本研究では、半剛接合であるスプリットティー接合に着目し、補剛の有無を考慮した載荷実験によって接合部の荷重-変形関係を検討し、さらに数値解析を実施して比較検討を行う。

2.単調及び繰り返し載荷実験

実験概要：補剛の有無による柱梁接合部の力学的性状を検討するため、2種類の載荷実験を行った。試験体は、スプリットティー接合におけるボルト配置が異なる試験体と、補剛アングルの有無をパラメーターとした計4種類を作成した。また、無補剛試験体については別途同じ試験体での単調載荷実験も行った。

図1に試験体の概要、表1にいずれの試験体の使用鋼材や寸法、括弧内はフランジの板厚の実測値を示す。表中にあるTCC19-110N、TCC19-85Nは無補剛の試験体、TCC19-110S、TCC19-85Sは補剛アングル(板厚19mm)と調整板(12mm)を使用して、柱フランジの面外補剛を行った試験体である。図2は接合金物の詳細を示し、表2は接合金物の寸法を示している。また、TCM19-110N、TCM19-85Nは単調載荷を行った無補剛の試験体である。載荷方法は、水平方向の単調及び繰り返し載荷とした。

表1 試験体名及び使用鋼材・寸法(mm)

試験体名	梁	ボルト	柱	スプリットティー
TCC(M)19-110N	H-390×300 ×10×16 (15.1)	柱とスプリットティー	H-350×350 ×12×19 (18.1)	H-390×300 ×10×16
TCC(M)19-85N		M22		より切り出し
TCC19-110S		梁とスプリットティー		(15.1)
TCC19-85S		M24		

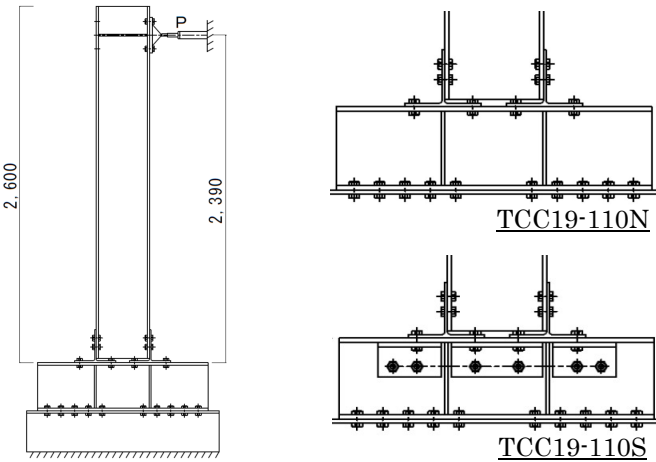


図1 試験体概要

表2 接合金物寸法

試験体名	a(mm)	b(mm)	c(mm)	d(mm)	e(mm)	f(mm)	g(mm)
TCC(M)19-110N	110	35					
TCC(M)19-85N	85	60					
TCC19-110S	110	35	95	155	250	95	170
TCC19-85S	85	60	70	130	200	70	220

試験体の載荷プログラムとしては、±4mm、±8mm、±16mm、±32mm、±48mm、±64mm、±80mmを各2回行った。測定において、スプリットティーの引張接合部分における柱フランジの面外変形を確認するため、引張側・圧縮側を問わず、片側4本ずつの計8本のボルト頭部に25mm、及び5mmの機械式変位計を設置した。

実験結果：立上り剛性については載荷初期の立上り勾配として4mm変形時の割線剛性から算出した。除荷剛性については試験体ごとの各載荷ループによって算出し、その弾性範囲内の除荷剛性の平均値を表3に示した。除荷剛性は立上り剛性に比べ安定的な測定値が得られており、本論文ではこの値を初期剛性として取り扱う。無補剛試験体については単調載荷実験時の除荷剛性を初期剛性とする。この測定値より補剛の効果はいずれのケースでも1割程度であることが分かった。

載荷実験の荷重-変位曲線及び履歴ループ曲線を図3に示す。ボルト接合であるため、試験体は、いずれのケ

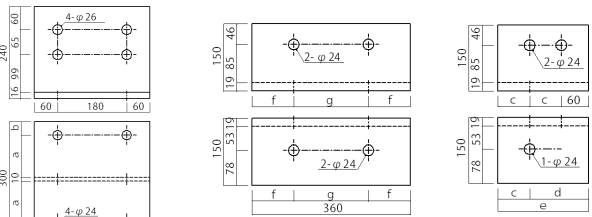


図2 接合金物詳細図

表3 初期剛性及び降伏耐力

試験体名	立上り剛性(kN/cm)	除荷剛性(kN/cm)	降伏耐力(kN)
TCM19-110N	54.07	37.79	35.7
TCM19-85N	65.28	51.40	47.0
TCC19-110N	54.99	35.75	37.1
TCC19-85N	61.53	49.01	55.9
TCC19-110S	63.92	41.14	37.3
TCC19-85S	67.11	53.69	55.5

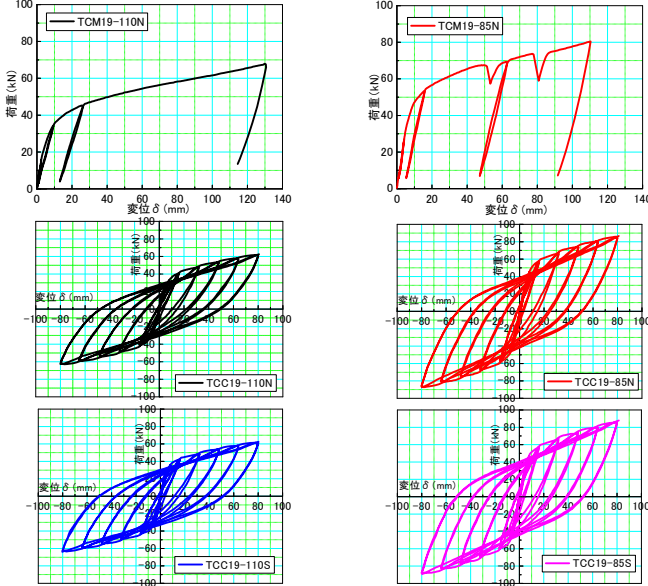


図3 荷重-変位曲線及び履歴ループ曲線

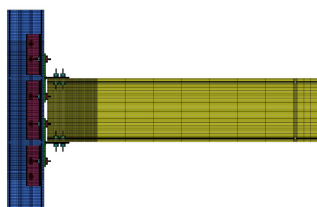


図5 解析モデル概要

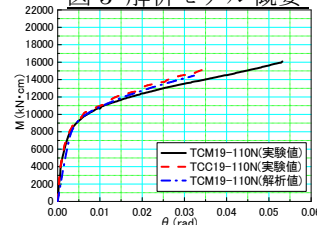


図6 接合部の M-θ グラフ比較

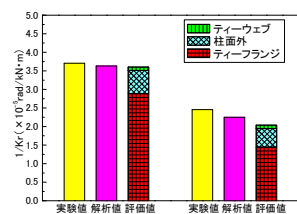


図8 剛性の比較

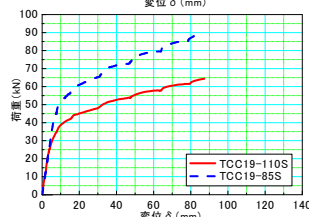
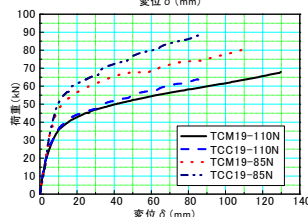
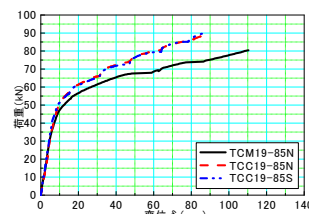
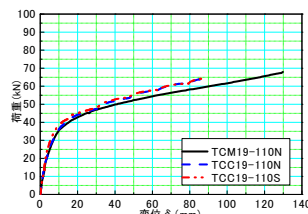
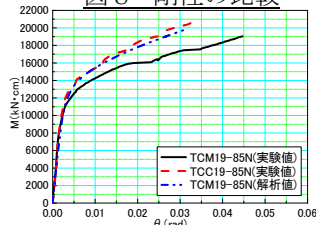


図4 荷重-変位曲線の比較

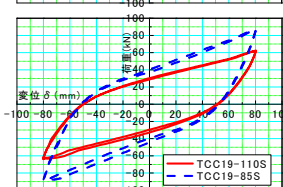
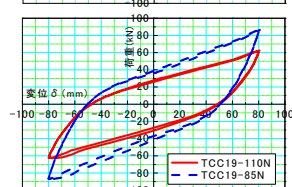
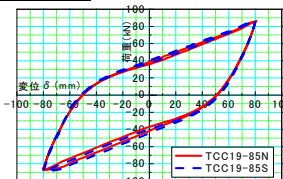
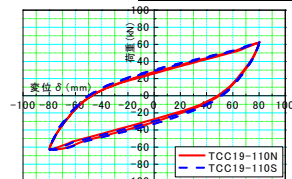


図7 履歴ループ曲線の比較

ースでも最大点指向の特徴を呈しており、同一振幅の 2 回目の履歴ループの形状が殆ど変化せず、エネルギー吸収能力の低下が少しだけ見られた。TCM19-85N では 51mm 変形時と 78mm 変形時ですべりが生じ、単調載荷のスケルトン部分が大きく乱れた。しかし、いずれのケースでもスケルトン部分はバイリニアに近いと言える。履歴部分の除荷初期では、従来の鉄骨構造の紡錘状となり、反対側の最大点に向かう末端では少し痩せる形となってエネルギー吸収能力は若干低下した。これは従来、逆 S 字やピンチング効果と言われる特性によるものであると考えられるが、逆 S 字と言えるほどエネルギー吸収能力が低下していないことが確認できる。履歴ループから抽出したスケルトンの比較を図 4 に示す。無補剛の試験体では、載荷初期の乱れによって立上り勾配における差が殆ど確認できないが、荷重が大きくなると剛性や耐力の差が顕著になり、単調載荷よりも繰り返し載荷の方が、耐力が高くなる結果となった。補剛有無の比較では、耐力に対する面外補剛の影響は殆ど表れず、降伏耐力付近においても差はあまり見られなかった。よって、本論文の試験体の耐力は主に接合金物であるスプリットティーによって決定され、柱フランジの強度に影響されないといえる。

3.数値解析

汎用数値解析ソフト Abaqus により解析を行った。解析モデルの概要を図 5 に示す。解析時間の短縮をはかるため、試験体全体の 1/2 モデルを採用した。使用鋼材については素材試験より得られた応力-ひずみ曲線を元に、真応力-真ひずみ関係により与えた。また、数値解析は単調載荷とし、変位制御として繰り返し載荷時の最大変位である 80mm を与えた。

4. 結果の比較

各試験体に対して補剛の有無と寸法の異なるところに着目し、載荷実験と単調載荷の解析結果と比較する。無補剛試験体における実験値と解析値の接合部の M-θ 関係を図 6 に示す。解析値は繰り返し載荷実験の結果を初期回転剛性及び弾性範囲以降共に精度良く近似している。単調載荷実験との比較では、ボルトの配置を示すケー

g(梁フランジまでの距離)が小さくなると、解析値との差が大きくなる傾向が見られた。載荷実験から抽出した 80mm 変位時の履歴ループの比較を行い、図 7 に示す。補剛有無の比較では図 4 と同様、耐力に対する面外補剛の影響が殆ど表れず、エネルギー吸収能力の差も見られなかった。ボルト配置の異なる試験体では剛性や耐力の差によって、エネルギー吸収能力の差が顕著に表れた。

5.剛性評価

前報までに提案されている剛性評価式を用いて無補剛の各試験体の接合部回転剛性を算出し、解析結果及び実験結果との比較を行った。ここでは、初期回転剛性の実験値として除荷剛性を用いた。比較結果として回転剛性の逆数を図 8 に示している。図 8 から評価値と解析値は共にある程度実験値を精度良く予測していると言える。

6.まとめ

載荷実験を実施した結果、本論文の試験体では柱フランジの面外補剛の有無で約 1 割程度の補剛効果が見られた。また、前報までで提案されている剛性評価式は、無補剛の試験体に対して精度よく予測することができる。復元力履歴特性については、いずれのケースでも紡錘性に近い最大点指向の傾向を示しているが、履歴の末端部分では逆 S 字やピンチング効果が生じ、エネルギー吸収能力の低下を確認することができた。

【参考文献】

島野竜平、李亦然、林暁光:高力ボルトとスプリットティーを用いた柱梁接合部に関する研究 2017 年度日本建築学会近畿支部研究発表会 (林研究室)