

スプリットティ形式半剛接合部の剛性と耐力評価

-その2 スプリットティ柱梁接合部曲げ実験-

正会員 ○藤田健一***
正会員 小野徹郎*
正会員 加藤征宏**

スプリットティ 半剛接合部 初期剛性
耐力

1. 序

スプリットティを組み込まれた柱梁接合部の力学的特性を明らかにするために、スプリットティ引張実験に引き続きスプリットティ接合部曲げ実験を行う。初期剛性、耐力について既往の評価式と比較検討し、スプリットティ形式接合部の荷重-変位関係をモデル化する方法を提案する。

2. 実験計画及び荷重方法

本実験では、図 1 に示すようなスプリットティを用いた柱梁接合部試験体の漸増繰返し曲げ実験を行った。スプリットティは SN400B 材の H-600×300×12×19 から切り出している。柱は H-300×300×10×15、梁は H-400×200×8×13 であり、鋼材は SS400 材を用いた。試験体は、実験パラメーターをティフランジ厚 t (12、16、19mm)、ティウェブ心からボルト心までの距離 bl (110、90、70mm) とした表 1 に示す 5 体である。鋼材の機械的性質を表 2 に示す。

荷重は油圧ジャッキによる集中荷重を梁端部にかける。梁部材の降伏水平変位 δ_y を基準として $\pm 0.5\delta_y$, $\pm \delta_y$, $\pm 2\delta_y$, $\pm 4\delta_y$, $\pm 6\delta_y$, $\pm 8\delta_y$, $\pm 10\delta_y$, $\pm 12\delta_y$ の変位制御で荷重後、柱梁接合部の破断もしくは油圧ジャッキストローク限界まで一方向で荷重を行った。

3. 実験結果

曲げ実験から得られた代表的な荷重-変位関係を図 2 に示し、表 3 に曲げ実験結果と計算値を示す。耐力の計算値は「田中-田中式」³⁾により求めている。接合部の力

学的特性の定義についてはスプリットティ引張実験と同様であり、 P_u はスプリットティの柱フランジからの離間距離 $\delta = 16.5\text{mm}$ に相当する梁の水平変位 $\delta_B = 67.2\text{mm}$ の時に荷重点にかかる荷重である。

ティフランジ厚 t が小さい A-12 では十分に変形が進んだ後で剛性が高くなり、耐力上昇が見られた。またティフランジ厚 t が大きい A-19 では履歴曲線が逆 S 字形になった。ティフランジ厚 t が大きくボルト距離 bl が小さくなるに従って、接合部の初期剛性、降伏耐力、最大耐力は大きくなる傾向がある。

4. 考察

4.1. 初期剛性

以下の考察では、梁にかかる水平荷重 P_B をモーメントの釣合いから偶力に置き換えて、スプリットティ片側が負担する荷重 P とする。

弾性範囲内ではスプリットティの変形は高力ボルト間のティフランジの曲げ変形のみで進行することから、初

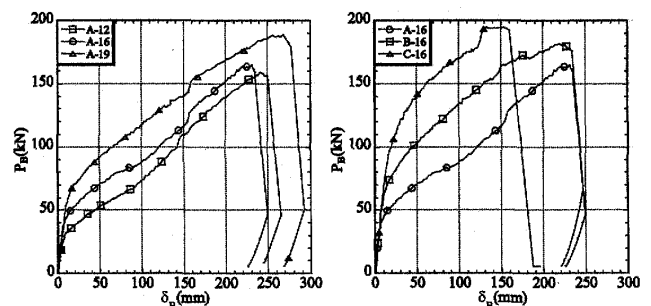


図 2 荷重-変位関係

表 1 試験体一覧

試験体名	板厚 t (mm)	ボルト位置 bl (mm)	ボルト径 (mm)
A-12	12	110	M24
A-16	16		
A-19	19		
B-16	16	90	
C-16	16	70	

表 2 鋼材の機械的性質

試験片	t (mm)	E (N/mm ²)	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	伸び率 (%)	降伏比
柱フランジ	15	201900	270.8	468.3	27.0	0.58
柱ウェブ	10	204700	306.5	487.4	25.9	0.63
梁フランジ	13	205800	303.7	454.6	27.4	0.67
梁ウェブ	8	202700	428.2	530.3	18.7	0.81
ティフランジ	19	206400	275.1	445.9	28.6	0.62
ティウェブ	12	206400	341.9	473.5	26.0	0.72

表 3 実験値と計算値

試験体名	実験値					計算値 ³⁾			
	P_{By} (kN)	P_{Bu} (kN)	P_{Bmax} (kN)	K_{B1} (kN/mm)	K_{Bp} (kN/mm)	P_{By} (kN)	P_{Bu} (kN)	K_{B1} (kN/mm)	K_{Bp} (kN/mm)
A-12	65.5	125.6	324.2	36.1	8.4	46.3	75.0	55.1	4.2
A-16	95.6	161.9	336.4	115.9	9.5	82.3	133.4	130.6	7.1
A-19	135.2	219.6	368.2	211.4	12.6	116.1	188.1	218.7	9.8
B-16	143.4	237.5	370.7	192.9	13.9	111.2	180.2	238.4	9.2
C-16	206.4	332.7	376.0	479.9	18.7	171.3	277.7	506.8	16.2

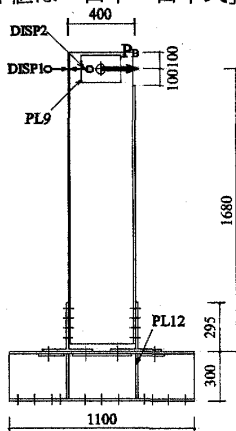


図 1 試験体形状

期剛性の計算値 K_0 は高力ボルト部分を完全剛と見なし両端固定単純梁として計算により求める。図 3 に実験値と計算値の対応を示す。実験値と計算値は概ね対応している。

4.2. 耐力評価

図 5 に実験値と「田中－田中式」より求めた計算値との比較を示す。A-12 では「田中－田中式」は過小評価となっている。これは想定した崩壊 Mode4 はティフランジ厚 t が小さくボルト離間が生じる前にティフランジの曲げ崩壊が起こる場合であるが、実際には塑性ヒンジは高力ボルト外側に移動し高力ボルトの離間が生じたことにより耐力が上昇したためである。他の試験体については実験値と計算値は良い対応を示している。

図 6 に降伏耐力、最大耐力のスプリットティ引張実験とスプリットティ形式接合部曲げ実験の比較を示す。曲げ実験と引張実験は概ね対応している。

4.3. 2次剛性

2次剛性はティフランジ厚 t が大きくボルト距離 bl が小さくなるに従って大きくなる傾向がある。スプリットティ引張実験と同様の傾向を示している。

4.4. 荷重－変位関係のモデル化

ここまでの考察からスプリットティ形式接合部の力学的特性は計算により予測できる。以下の方法による荷重－変位関係のモデル化を提案する。

[1] 柱梁接合部の回転角 $\theta = 1/25 \text{ rad}$ の時の荷重を最大耐力とする。[2] 初期剛性 K_0 を、ボルトによって固定されて

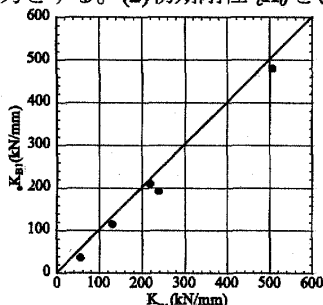


図 3 初期剛性
実験値と計算値の対応

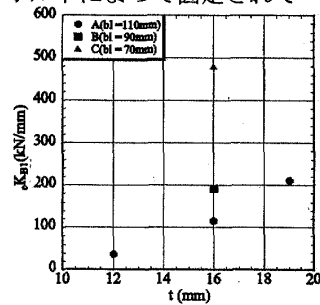


図 4 初期剛性
ティフランジ厚 t との対応

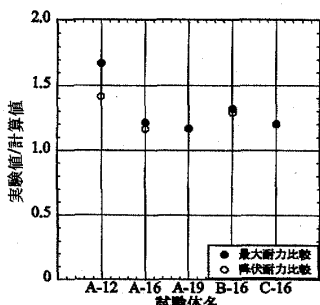


図 5 実験値と計算値の比較

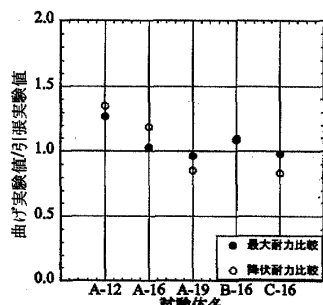


図 6 曲げ実験と引張実験の比較

いる部分を完全剛とした計算により求め、General Yield 法によって降伏変位 δ_y を求める。(3) 「田中－田中式」の Mode4 の評価式より耐力 P_u とし荷重－変位骨格曲線上 i から求める。降伏耐力 P_y を求める。(4) 荷重－変位曲線上で、原点と降伏点 (δ_y, P_y)、降伏点と最大耐力点 (δ_u, P_u) をそれぞれ直線で結ぶ。

図 7 にこの方法による代表的なモデルを示す。図に示すようにモデルは接合部の挙動をよく追従している。

原点と降伏点を結んだ直線の傾きを 1 次剛性 K_1 とし、図 8 に高力ボルト部分を完全剛とした剛性と完全ピンとした剛性との比較を示す。 K_1 は完全剛の値と完全ピンの値との間にあり、弾性剛性としての 1 次剛性の評価は妥当であるといえる。

5. 結論

本研究ではスプリットティ形式接合部曲げ実験を行い以下の結果を得た。

- (1) スプリットティ形式接合部の荷重－変位関係は 4.4 に示した方法でモデル化できる。
- (2) 耐力、剛性は接合部曲げ実験においてもスプリットティ引張実験と同様の方法で評価することができる。

[参考文献]

- 1) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針 2001.11
- 2) 日本建築学会：高力ボルト接合設計施工指針 1993.3
- 3) 日本建築学会：鋼構造接合部の力学性状に関する研究の現状 1993.10

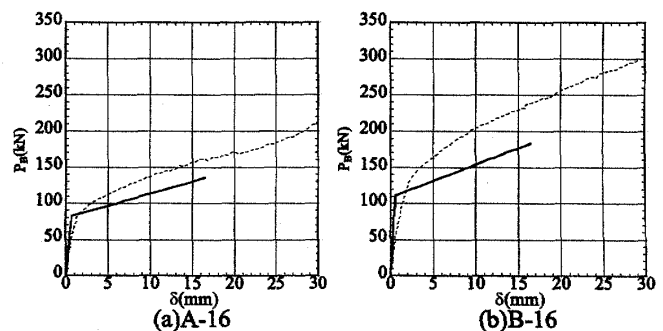


図 7 モデル化による荷重-変位関係と実験値

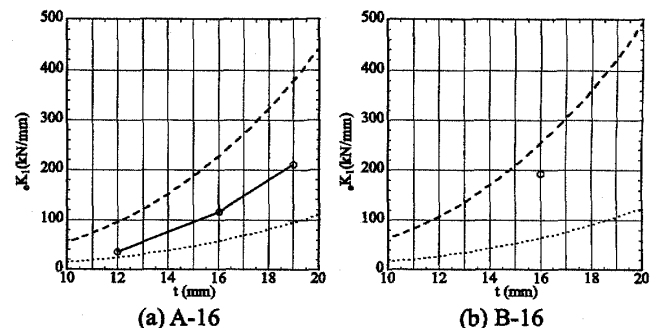


図 8 1次剛性の検討

* 名古屋工業大学社会開発工学科建築系・教授・工博

** 愛知産業大学造形学部建築学科・教授・工博

*** 伊藤建築設計事務所

* Prof., Dept. of Architecture, Nagoya Inst. of Tech., Dr. Eng.

** Prof., Dept. of Architecture, Aichi Sangyo Uni., Dr. Eng.

*** ITO ARCHITECTS & ENGINEERS Inc.