

スラブ付き EWECs 柱梁十字形接合部の構造性能評価法の開発

合成構造 静的載荷実験 合成梁  
復元力特性 破壊モード せん断耐力

大阪大学 ○鈴木 卓1\*

1. はじめに

EWECs (Engineering Wood Encased Concrete-Steel) 構造は内蔵鉄骨、コンクリートおよび集成材から構成される新たな合成構造システムである。申請者は平成 28 年度に梁曲げ降伏先行型スラブ付き EWECs 柱梁接合部の構造実験を行い、当該接合部が大変形時まで耐力低下の少ない安定した復元力特性を有することを示してきた。本研究では、パネルせん断破壊先行型スラブ付き EWECs 柱梁接合部の構造実験を実施した。本報では、実験結果の概要を述べるとともに、パネルせん断耐力評価方法の検討結果を報告する。

2. 静的載荷実験

試験体は中高層フレーム建築物を想定した実大の約 1/2 スケールのものであり、4 体を検討対象とした。図 1 に試験体形状を、図 2 に部材断面を、表 1 に試験体概要をそれぞれ示す。2017 年度の実験変数は柱鉄骨の断面形状を、2018 年度の実験変数は柱軸力比をそれぞれ選択した。2017 年度の実験体 JS1 の柱鉄骨断面は H 形となっており、直交梁が取り付けしていない。JSO1 の柱鉄骨断面は十字形となっており、H-300×150×6.5×9 の直交梁が取り付けられている。一方の 2018 年度の実験体 JST3 および JST0 の柱鉄骨断面は T 形となっている。表 2 にコンクリートと集成材の材料特性を、表 3 に鋼材の材料特性をそれぞれ示す。軸力は載荷フレームに取り付けた 2 台の鉛直ジャッキによって一定軸力を作用させ、反力壁に取り付けた水平ジャッキによって水平力を作用させた。水平力載荷は梁端部に取り付けたピン支承間の相対鉛直変位  $\delta$  を左右ピン支承間距離で除した相対変形角による変位制御とした。

3. 実験結果

図3に各試験体のせん断力-変形角関係をそれぞれ示す。2017年度試験体では、 $R=1.5 \times 10^{-2}$ radの載荷サイクルまで両試験体の履歴特性に顕著な差は認められない。H形柱鉄骨断面試験体JS1では耐力低下が確認されたのに対して、十字形柱鉄骨断面試験体JSO1では最終載荷サイクルまで顕著な耐力低下は確認されなかった。両試験体ともにパネルせん断破壊が先行したものと判断された。しかし、柱鉄骨断面が十字形の試験体JSO1では、弱軸フランジのせん断力への寄与により顕著な耐力低下が生じなかったものと推察された。

2018年度試験体では、軸力比0.3とした試験体JSOE1は

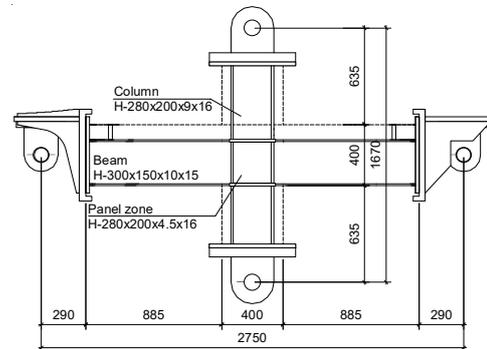


図 1 試験体形状

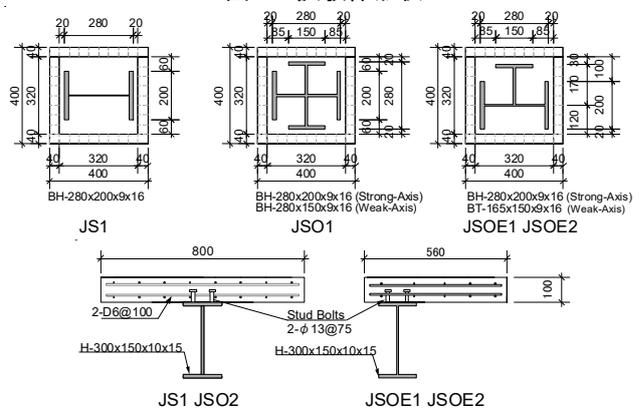


図 2 断面詳細 (上段：柱, 下段：梁)

表 1 試験体諸元

試験体	JS1	JSO1	JSOE1	JSOE2
軸力 (kN)		1,460	1,200	0
集成材	材種：スギ、厚さ：40 mm			
柱	コンクリート (mm)	320x320		
	鉄骨	面内	H-280x200x9x16	
		面外	H-280x150x9x16	ウェブ：PL-6 フランジ PL-16
梁	鉄骨	面内	H-300x150x10x15	
	スラブ	面外	H-300x150x10x15	
		$t \times B$ (mm)	100x800	100x560
パネル	鉄筋	2-D6@100		
	強軸ウェブ	PL-4.5		
	弱軸フランジ	-	PL-9	

表 2 コンクリートおよび集成材の材料特性

試験体	JS1	JSO1	JSOE1	JSOE2
コンクリートの圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	47.5	47.4	38.6	41.3
杉集成材の圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	37.8		23.2	

表 3 鋼材の材料特性

			JSO JSO1	JSOE1 JSOE2
			降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )
柱	フランジ	PL-16 (SS400)	264	265
	ウェブ	PL-9 (SS400)	289	305
梁	フランジ	PL-15 (SS400)	300	282
	ウェブ	PL-10 (SS400)	295	340
接合部	ダイアフラム	PL-16 (SS400)	264	265
	強軸ウェブ	PL-4.5 (SS400)	295	300
スラブ	弱軸フランジ	PL-9 (SS400)	289	305
	D6 (SD295A)		316	429

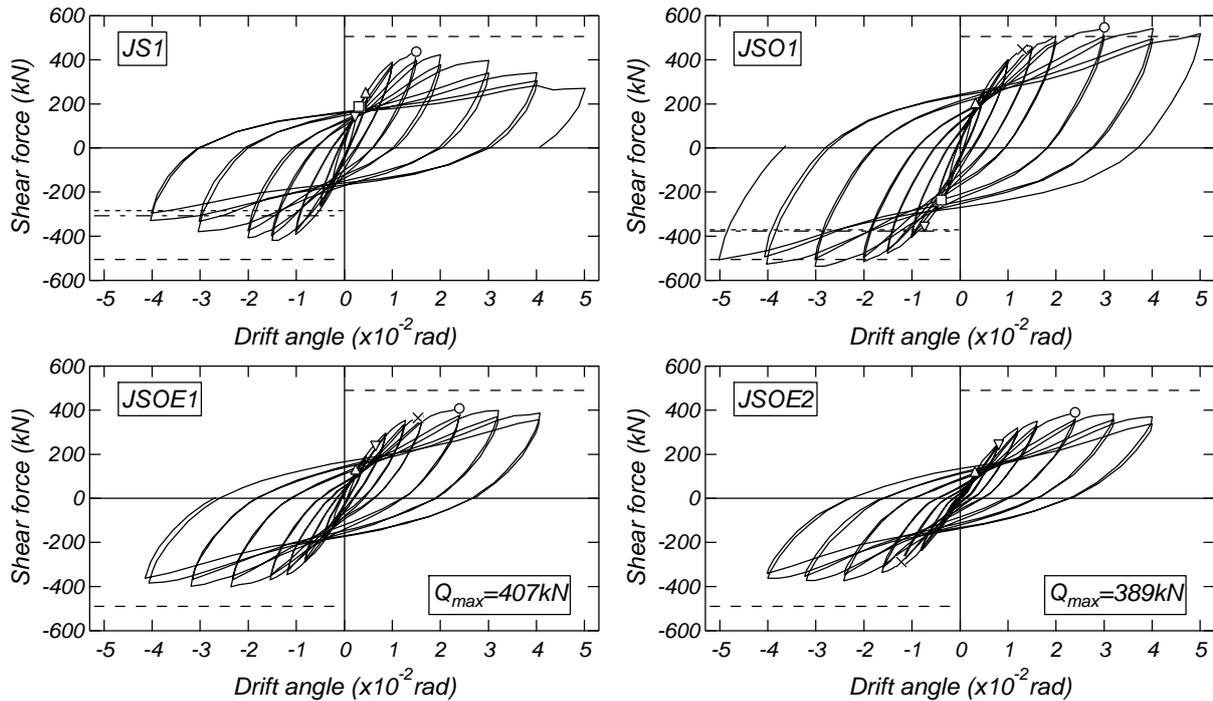


図3 履歴特性

軸力比0.0とした試験体JSOE2と比べて初期剛性および耐力が高い。両試験体ともに $R=2.4 \times 10^{-2}$ radのピーク時に最大耐力が記録され、最終載荷サイクルまで顕著な耐力低下は確認されなかった。以上の結果から、T字形柱鉄骨断面試験体においても前述の十字形の試験体と同様にパネルせん断破壊が生じたものの、パネル弱軸鉄骨フランジのせん断力への寄与に伴い顕著な耐力低下が確認されなかったものと推察された。

#### 4. 終局強度計算

EWECs 柱梁接合部のパネルせん断強度は SRC 規準<sup>1)</sup>を基に提案された式(1)から(2)を用いて算出した。式(1)では、右辺第3項においてパネル弱軸鉄骨フランジの寄与を考慮している。また、本研究では、文献2)の接合部有効断面積の考え方を基に、接合部有効幅に制限を設けることとした(式(2))。式中の記号は文献2)および3)を参照されたい。

$$Q_p = \sum_j F_{sj} \delta_{ec} A_e + 1.2 \sigma_{sw} A / \sqrt{3} + \sum 2/3 \sigma_{sf} A / \sqrt{3} \quad (1)$$

$$A_e = (b + a_1 b + a_2 b) c D \quad (2)$$

表4に各試験体の終局強度計算結果を示す。同図には、一般化累加強度理論により算出した合成梁の曲げ終局強度時の柱せん断力換算値の結果も併せて示した。全ての試験体においてパネルせん断耐力の計算値は梁曲げ耐力計算値と比べて低くなり、パネルせん断破壊先行型と判断された実験結果と終局強度評価に基づく破壊モードの

表4 終局強度の計算結果(層せん断力換算値)

試験体	JS1	JSO1	JSOE1	JSOE2
最大耐力 (kN)	437	547	407	389
梁曲げ耐力 <sub>cb</sub> Q (kN)	506	506	489	493
接合部せん断耐力 <sub>cs</sub> Q (kN)	378	466	371	383
接合部せん断余裕度	0.75	0.92	0.76	0.78
実験値 / 梁曲げ強度	0.86	1.08	0.83	0.79
実験値 / パネルせん断強度	1.16	1.17	1.10	1.02

判定結果は良好な対応関係を示した。また、実験の最大耐力およびパネルせん断耐力の計算結果の比率は1.02~1.17となり、概ね評価可能であった。

#### まとめ

- 1) 本研究対象のすべての試験体においてパネルせん断破壊の発生が認められた。
- 2) 柱鉄骨断面形状がH形の試験体ではパネルせん断破壊に伴う耐力低下が確認されたものの柱鉄骨断面が十字形およびT字形の試験体ではせん断破壊後も顕著な耐力低下は確認されなかった。
- 3) 本報に示した試験体のパネルせん断耐力は SRC 規準式を基に、弱軸フランジの影響を考慮し、パネルコンクリートの有効幅に制限を加えることで概ね評価可能であった。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート計算規準・同解説，2016
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説，1990