

サステナブルビル構造システムに角形柱を用いた  
柱梁接合部実験

正会員 ○島 有希子\* 同 古川 純也\*  
同 加藤 貴志\*\* 同 前田 親範\*\*\*  
同 岩田 衛\*\*\*\*

サステナビリティ リユース 柱梁接合部  
角形鋼管 損傷制御構造

1. 序

環境負荷削減を目指して、柱・梁には損傷を与えず、方杖に配置した座屈拘束ブレースによってエネルギーを吸収することを目的とした損傷制御構造の一形式である、サステナブルビル構造システム<sup>1)</sup>が提案された。

既往の研究<sup>2)</sup>においては、柱と梁ともに H 形鋼で考えられてきた。しかし、柱に H 形鋼を使用した場合（以下、H 形柱）本システムを弱軸方向に適用すると、柱ウェブが塑性化しやすいという結論を得ており、立体純ラーメン構造への適用は難しいとされてきた。

本研究では、柱に角形鋼管（以下、角形柱）を用いたサステナブルビル構造システム（図 1）の接合部実験を行い、その挙動を確認し、併せて立体純ラーメン構造への適用を視野に入れた今後の展開の可能性について考える。本システムの接合部詳細を図 2 に示す。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体一覧を表 1 に、鋼材の機械的性質を表 2 に示す。柱は既往の研究<sup>1)</sup>で用いた H 形鋼と同等の強軸方向の断面性能を持つ角形鋼管とする。なお、鋼管内側には PL-19 の補強プレートを当てる。また、接合鋼棒の締め付けを考え、鋼管にはハンドホールを開け、断面欠損の補強のためリングプレートを取り付ける。

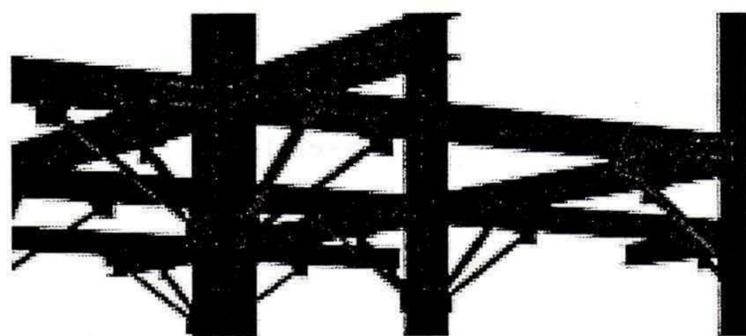


図 1 サステナブルビル構造システム

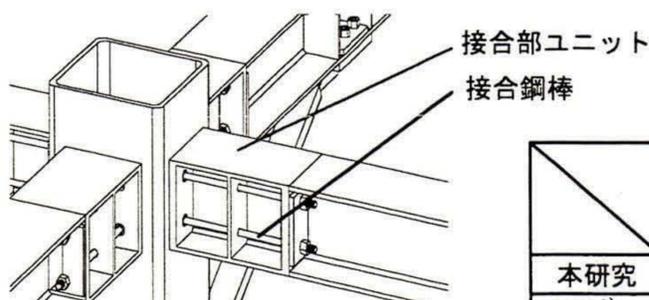


図 2 接合部

2.2 載荷計画

実験は図 3 に示すような柱梁接合部を取り出し、実大 T 字型で行う。柱両端をピン支持として、梁の面外変位を拘束する治具を設置する。梁端部に取り付けられたアクチュエータを用いて静的載荷する。載荷は、

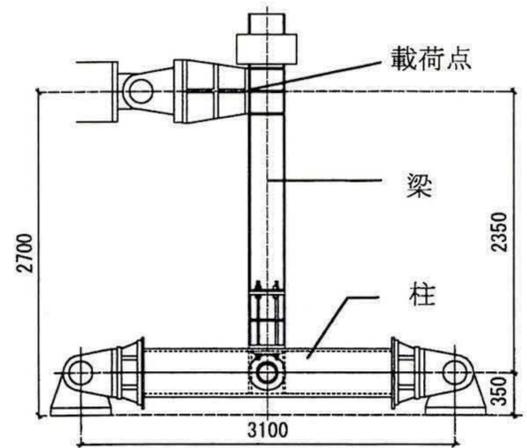


図 3 実験装置

アクチュエータの水平変位を回転角と対応させ、正負交番繰返しで 2 往復行う。なお、接合鋼棒を締め付ける初期張力は接合鋼棒の降伏耐力の 1/3 とし、接合鋼棒の中央部に取り付けた歪ゲージにより確認する。

3. 実験結果

載荷中に接合鋼棒やボルトなどの破断が発生することなく、計画した層間変形角 1/25 までの載荷を終了した。また、実験終了後に面外変形は確認できなかった。図 4 に試験体の梁端モーメント(M)と梁の部材角( $\theta$ )の関係を示す。試験体の部位別の歪を表 3 示す。

図 4 より、部材角 1/200 相当まで 1 回目、2 回目とはほぼ同じ復元力特性を示した。また、接合鋼棒中央の歪ゲージより、部材角 1/100 相当までは弾性域であった。これらのことより、接合鋼棒下部で局所的な応力がかかり、塑性化が進んでいるとわかる。

表 2 鋼材の機械的性質

	素材	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	伸び(%)
接合鋼棒	S45C	625	807	8
柱	BCR295	390	441	25
梁	SS400	308	444	30

表 1 試験体一覧

	主架構			接合鋼棒			
	柱		梁	本数 (本)	材長 (mm)	径 (mm)	T <sub>0</sub>
	寸法	断面係数(cm <sup>3</sup> )	寸法				
本研究	□-400×400×22	3480	H-300×300×10×15	4	400	φ21	1/3Py
既往 <sup>1)</sup> 2B	H-582×300×12×17	3400					

T<sub>0</sub>:初期張力 Py:接合鋼棒の降伏耐力

Experimental study on a beam-to-column connection  
using box columns for sustainable building structural system

Yukiko SHIMA, Junya KOGAWA  
Takashi KATO, Chikanori MAEDA, Mamoru IWATA

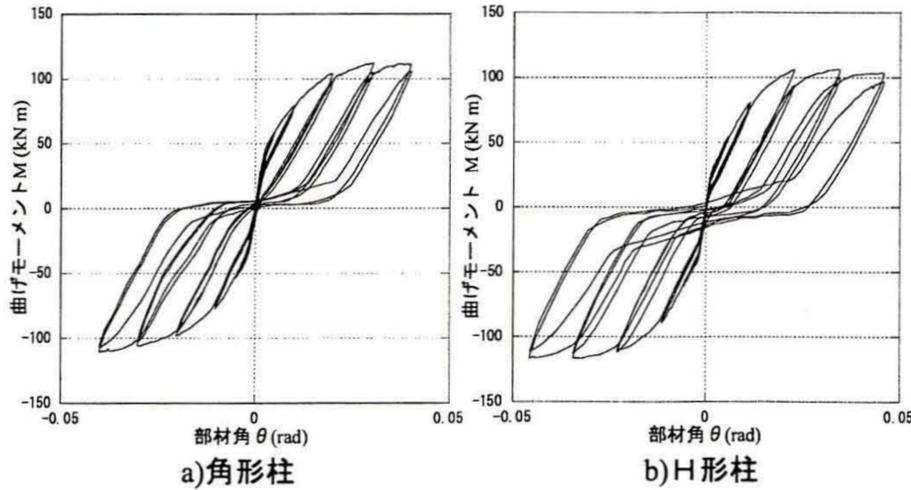


図4 曲げモーメントと部材角の関係

#### 4. 考察

##### 4.1 復元力特性

図4に示すように、既往の研究<sup>1)</sup>のH形柱に比べて角形柱の方がより理想的なスリップ型の復元力特性を示している。H形柱は柱フランジが塑性化して、鋼棒と一緒に変形してしまう。一方、角形柱は閉断面であるため、フランジ面の面内剛性がH形柱より高く、鋼棒が効率よく変形していると考えられる。

##### 4.2 初期剛性

表4に初期剛性の比較を示す。実験値は各試験体の曲げモーメントと部材角の関係(図4)における初期剛性である。計算値は柱、梁を線材置換し、接合部を剛接合とした場合の片持ち梁の弾性剛性 $K$ を表している。弾性剛性 $K$ は、次式で算定した。

$$K = 3EI/L^3$$

$E$ : ヤング係数、 $I$ : 梁の断面二次モーメント、 $L$ : 梁長さ

表4によると、両者共に実験値が計算値の初期剛性に占める割合は6割程度となっている。このことは、本システムの接合部が半剛接合であることを示すものである。

##### 4.3 損傷

サステナブルビル構造システムにおいては、柱と梁の主架構部分に損傷が発生しないことを目指している。

表3より、柱と梁の歪は小さく、降伏歪の20%以下の値を示している。そのため、これらには損傷がないことが分かる。一方、接合鋼棒には大きな塑性歪が発生している。しかし、接合鋼棒は損傷が大きい場合には、取り替えることを前提にしているため問題はないと考える。

このことから、角形柱でも本システムの適用は可能と言える。そのため、立体純ラーメン構造への適用も可能であると考えられる。

表3 部位別の歪

	最大歪 $\epsilon_{MAX}(\mu)$	$\epsilon_{MAX}/\epsilon_y(\%)$
接合鋼棒	57000(91.5)	524.4
接合部ユニット	4753(7.6)	-
柱	225(0.4)	11.8
梁	300(0.5)	19.9

※()は全体に対する割合

\* 神奈川大学工学研究科 大学院生  
 \*\* テンポール株式会社 取締役  
 \*\*\* 前田親範一級建築士事務所 代表  
 \*\*\*\* 神奈川大学工学部建築学科 教授・工学博士

表4 初期剛性

	初期剛性(N/mm)		割合(%)
	実験値	計算値	
角形柱	5736	9572	59.9
H形柱	6212	9572	64.9



写真1 ワンサイドボルト

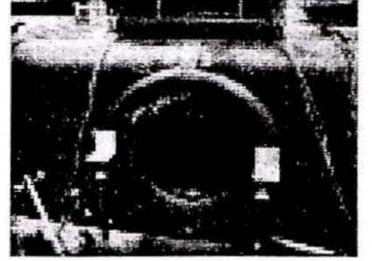


写真2 ハンドホール

#### 5. 今後の展開

##### 5.1 施工方法

今回の実験において、接合鋼棒をどのように接合するかが問題となった。角形鋼管は閉断面であるため、開断面のH形鋼と違い容易に接合できないためである。今回は基本性能を確認するため、ハンドホールを開け断面欠損を補強するためリングプレートを取り付けた。

##### 5.2 提案

閉断面の接合方法として次の2つがある。①ワンサイドボルトを接合鋼棒として代用する(写真1) ②今回のようにハンドホールを開ける(写真2)

①の場合、片側からボルトを締め付けることが可能となる。しかし、接合鋼棒に用いるような長いワンサイドボルトは転造の際、一直線になりづらく、現状の機械設備ではボルト自体の加工が難しい。

②の方法は、ワンサイドボルトを用いる場合と異なり現在でも行うことが可能である。接合鋼棒に手が届くようにハンドホールを開ける位置の検討が必要となる。そのため、本システムを角形柱に用いる場合、ディテールの改良が求められる。

#### 6. 結

本研究は、サステナブルビル構造システムの立体純ラーメン構造への適用の拡大を目的に、柱に角形鋼管を用いることを考え、その接合部実験を行った。実験結果から以下のことが分かった。

- (1) 角形柱においても、既往の研究のH形柱に比べて性能が劣ることはない。
- (2) 本システムの一般的な適用に向けて、接合鋼棒の締付けに工夫が必要となる。

##### 【参考文献】

- 1) 會澤貴浩、山田哲、岩田衛：サステナブルビル構造システムの提案とその基本特性、日本建築学会環境系論文集、第581号、pp.109-116、2004.7
- 2) 岡田健、山本重治、山田哲、岩田衛：サステナブルビル構造システムの柱梁接合部に関する実験、日本建築学会構造系論文集、第591号、pp.145-152、2005.5

\* Graduate Student, Dept. of Architecture and Building Eng., Kanagawa Univ.  
 \*\* Director, Tenpole Co., LTD  
 \*\*\* Representative, Maeda office  
 \*\*\*\* Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., Kanagawa Univ., Dr Eng.