

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（以下、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)3)</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、併せて今後の展開の可能性について考える。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

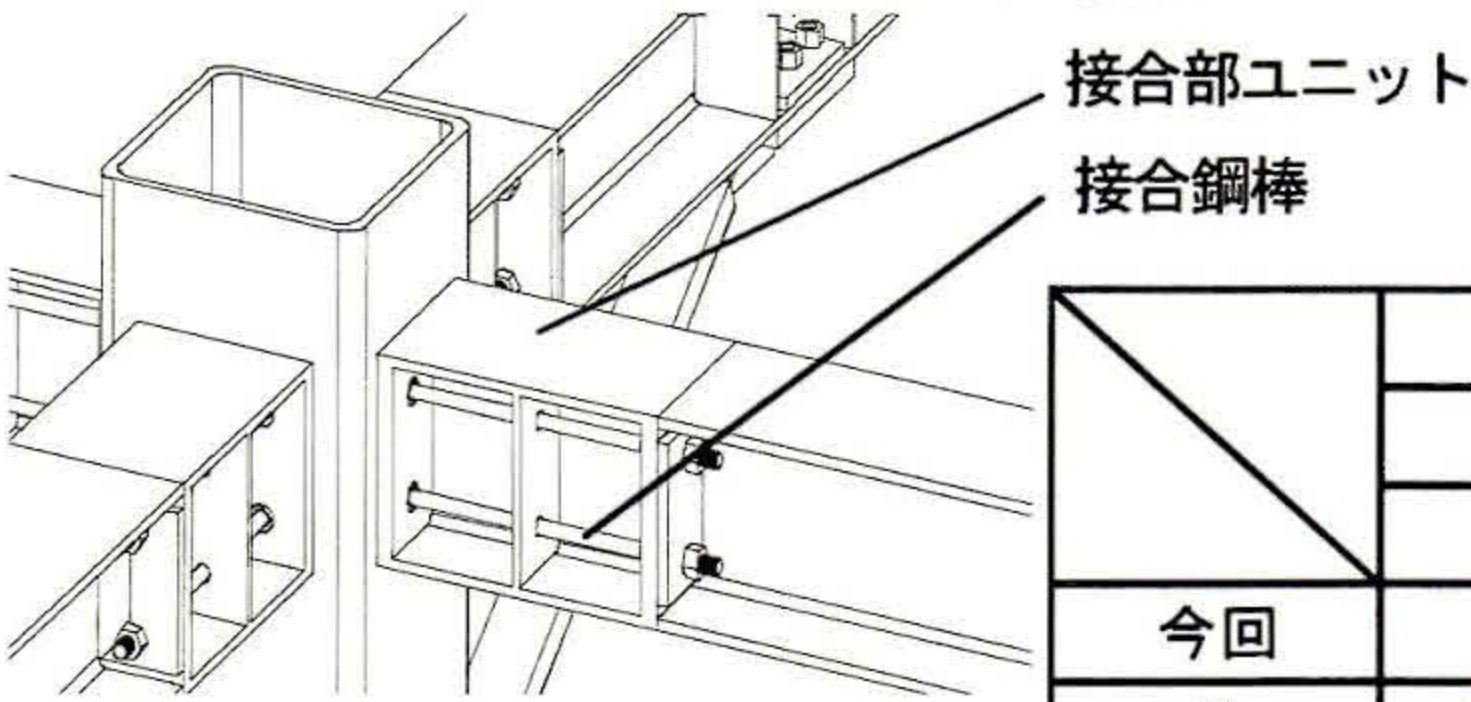


図 2 接合部

2.2 载荷計画

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载荷する。载荷は、アクチュエータの水平変位を回転角と対応させ、正負交番繰返して 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。

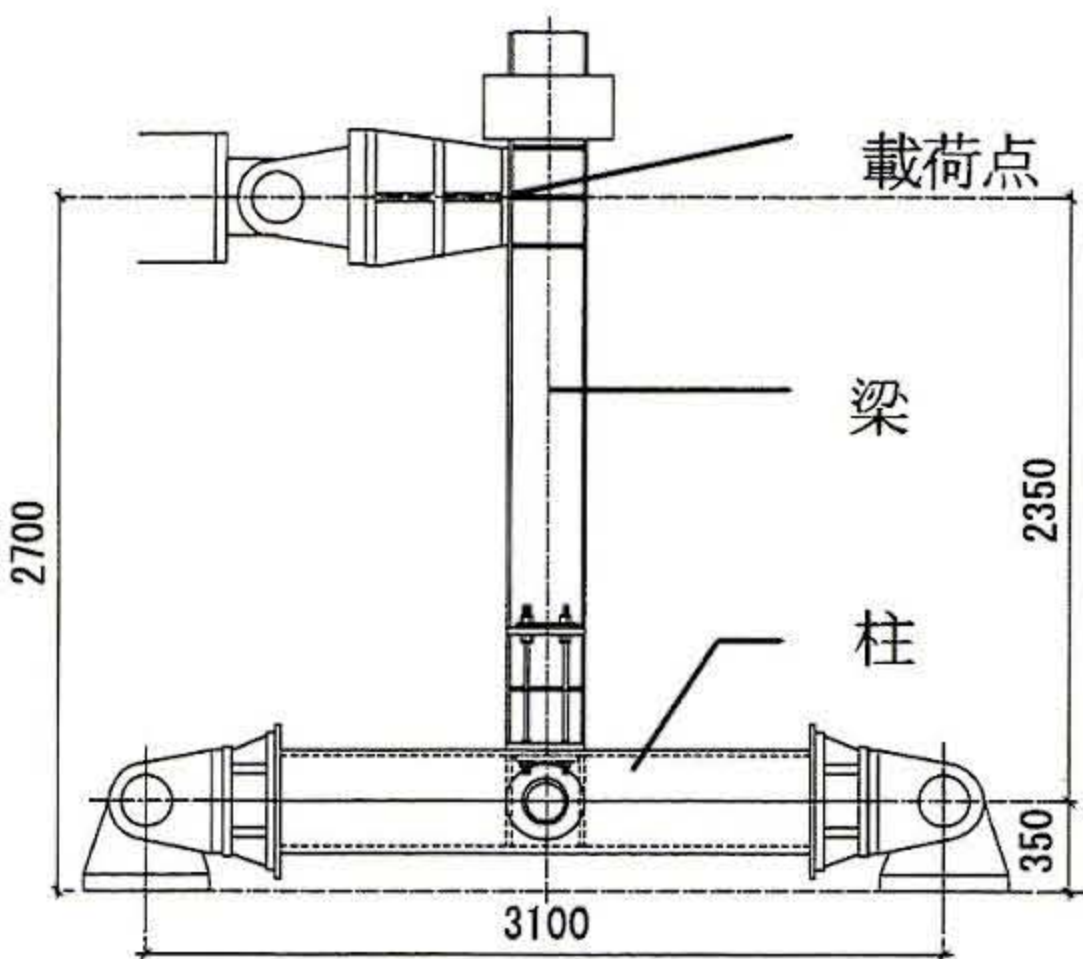


図 3 実験装置

図 4 に試験体の梁端モーメント(M)と梁の部材角(θ)の関係を示す。試験体の部位別の歪を表 3 示す。

3. 実験結果

载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 までの载荷を行えた。図 4 に試験体の梁端モーメント(M)と梁の部材角(θ)の関係を示す。試験体の部位別の歪を表 3 示す。

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、角形鋼は閉断面であるため、フランジ面の面内剛性が H 形鋼より高いからと考える。

表 2 鋼材の機械的性質

	素材	降伏耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	伸び(%)
接合鋼棒	S45C	625	807	-
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		T <sub>0</sub>	
	寸法	断面係数(cm <sup>3</sup> )	寸法	本数 (本)	材長 (mm)	径 (mm)
今回	□-400×400×22	3650	H-300×300×10×15	4	400	φ21
K	H-588×300×12×20	3890				φ36

T<sub>0</sub>: 初期張力 Py: 接合鋼棒の降伏耐力



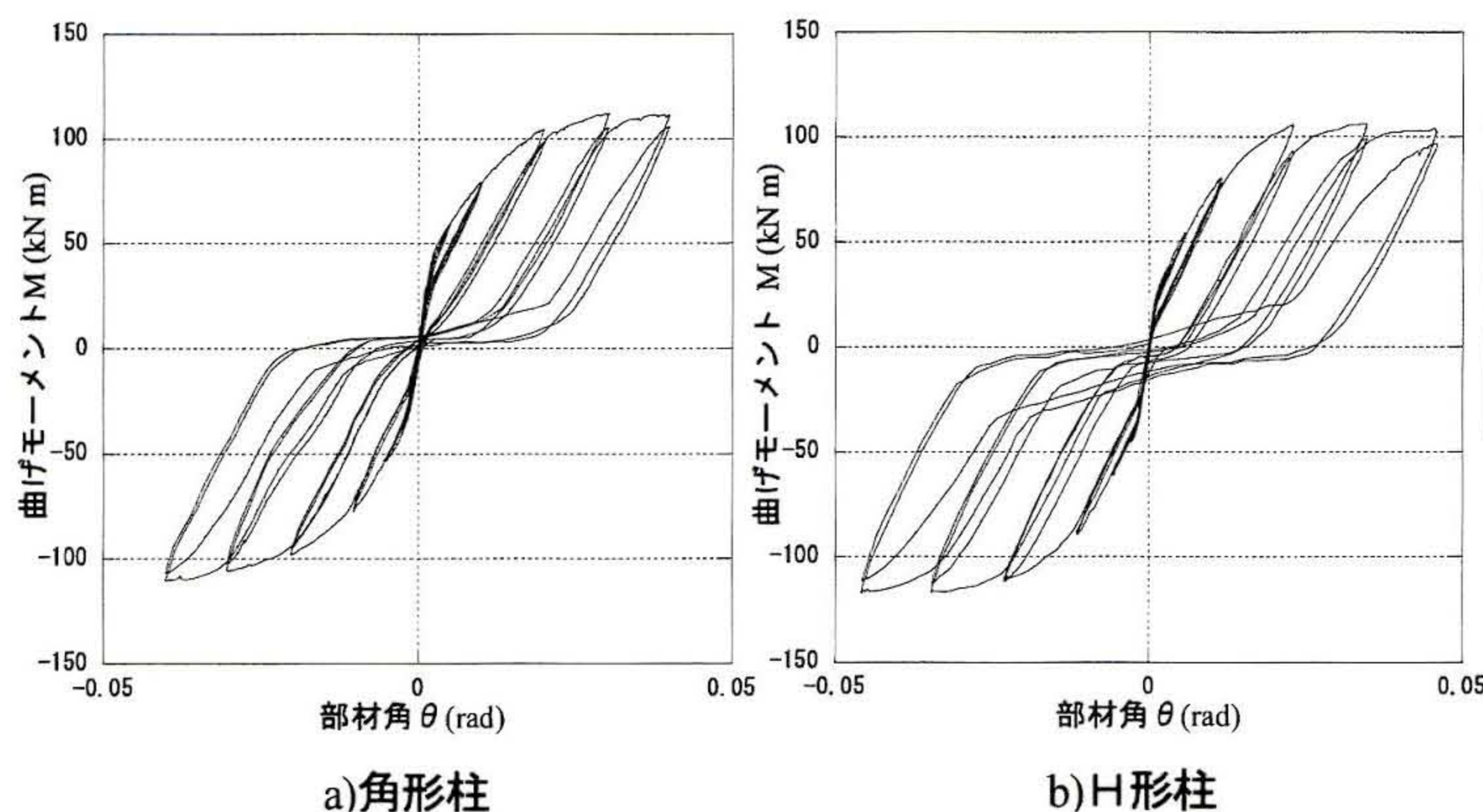


図4 曲げモーメントと部材角の関係

## 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。

$$K = \frac{3EI}{L^3}$$

$E$ ：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、実験値では、角形柱がH形柱よりも若干高い値を示している。また、両者共に計算値の初期剛性に比べて、実験値の割合は半分以下となっている。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てい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1/3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。それに比べて、接合鋼棒には大きな塑性歪が発生している。また、接合部ユニットも塑性域に達している。しかし、接合鋼棒と接合部ユニットは、損傷が大きい場合には、補修あるい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。

## 5. 今後の展開

### 5.1 問題点

今回の実験において、接合鋼棒をどのように接続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続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。しかし、今後の本システムの一般的な展開を考えると問題である。

### 5.2 解決策の提案

そこで、解決策として次の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

表3 部位別の歪

	最大歪 $\epsilon_{MAX}$	$\epsilon_{MAX} / \epsilon_y (\%)$
接合鋼棒	57000(86.0)	1869.5
接合部ユニット	8320(12.5)	-
柱	419(0.6)	14.2
梁	577(0.9)	26.7

※()は全体に対する割合

表4 初期剛性

	初期剛性(N/mm)		割合 (%)
	実験値	計算値	
角形柱	4731	9572	49.4
H形柱	3959	9572	41.4



写真1 ワンサイドボルト



写真2 ハンドホール

うにハンドホールを開ける（写真2）。

①の場合、ワンサイドボルトを販売している会社へ問い合わせた結果、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、ボルト自体の加工ができない。また、現状の機械設備では製造が難しいということであった。

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。今後の本システムの展開を考えると現実的で有効な方法であり、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対して、接合鋼棒の締付けに工夫が必要となる。

### 【参考文献】

- 1) 曾澤貴浩、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
- 3) 島有希子、平田倫央、加藤貴志、前田親範、岩田衛：サステナブルビル構造システムに関する研究一部分架構実験一、日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) C-1 構造Ⅲ、pp. 91-992、2007. 8