

サステナブルビル構造システムにおける
接合部の鋼棒太さの影響

正会員 ○古川 純也* 同 島 有希子*
同 加藤 貴志** 同 村井 正敏***
同 岩田 衛****

サステナビリティ リユース 柱梁接合部
鋼棒 座屈拘束ブレース 損傷制御構造

1. 序

環境負荷削減を目的として提案された損傷制御構造の一つの形式であるサステナブルビル構造システム¹⁾が提案された(図1)。昨年度の研究²⁾よりサステナブル構造システムの設計法として鋼棒は梁断面に納まる最大の断面積として設計することが示された。

本研究では、既往の研究¹⁾³⁾と同じ断面の柱、梁、座屈拘束ブレースを使用し、梁の断面積に対して鋼棒の太さを施工上可能な最大の太さとして設計した接合部、および座屈拘束ブレースを片側に方杖状に設置した接合部について実験を行い、接合部における挙動を把握する。

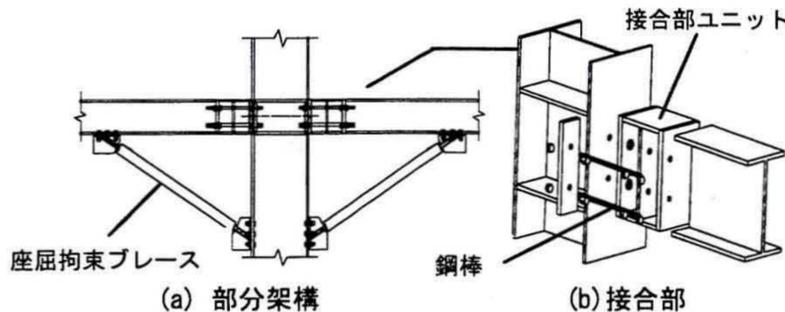


図1 接合部概要

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体一覧を表1、鋼材の機械的性質を表2に、座屈拘束ブレース(以下ブレースと呼ぶ)のタイプを表3に示す。

試験体 No.1 はブレースなし、試験体 No.2 では片側のみ方杖状にブレースを設置する。試験体は2体とも S45C の鋼棒を使用し、長さ 400mm、本数を4本、径を36mmとする。梁が接合する柱の向きは H 形鋼の強軸側である。使用したブレースの芯材の断面積は 1760mm²である。

2.2 荷重計画

図2に示すような柱梁接合部を取り出した実大 T 字型で行い、試験体の柱両端部をピン支持とする。

表1 試験体一覧

No.	主架構		接合鋼棒			
	柱部材	梁部材	n(本)	l(mm)	dt(mm)	To(KN)
1	H-588×300×12×20	H-300×300×10×15	4	400	75	1/3Py
2						

n:本数 l:長さ dt:梁芯材-鋼棒間距離 To:初期張力 Py:接合鋼棒の降伏耐力

表2 鋼材の機械的性質

	素材	降伏応力度 (N/mm ²)	引張応力度 (N/mm ²)	伸び(%)
鋼棒	S45C	611	770	9
主架構	SS400	316	443	37
ブレース	SS400	258	412	42

表3 座屈拘束ブレースのタイプ

No	断面形状	エネルギー 吸収部長さ(mm)	溝形鋼形状	断面積 (mm ²)
2	PL-80×12	1350	105×35×70×3.2	1760

表4 実験結果

No	塑性化		初期張力の解消		最終状況
	架構	ブレース	a側鋼棒	b側鋼棒	
1	1/200~1/100	なし	1/100	1/100	20%耐力低下(1/25)
2	1/200~1/100	1/200	1/50	1/100	ブレース座屈(1/25)

梁には面外変位を拘束する治具を設置し、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。アクチュエータの水平変位を回転角と対応させ、水平変位を漸増させ各振幅2回ずつ正負交番繰り返して行う。

試験体 No.1 では最終状態を確認するため、回転角 1/25 の振幅で最大荷重から 20%低下するまで載荷を行い、試験体 No.2 では回転角 1/25 の振幅でブレースが座屈によって耐力低下するまで行う。

なお鋼棒を締め付ける初期張力は鋼棒の降伏耐力の 1/3 とし、鋼棒の中央部に取り付けた歪ゲージにより把握する。

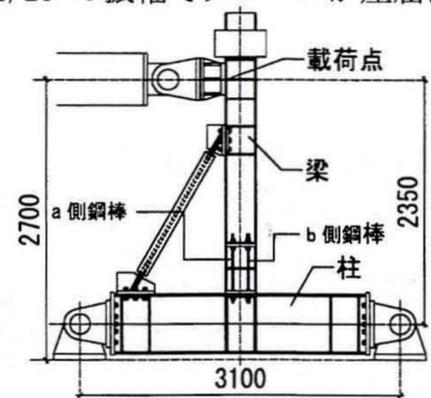


図2 実験装置

3. 実験結果

実験経過を表4、試験体 No.1 の接合部に作用する曲げモーメントと回転角関係を図3、試験体 No.2 の荷重と水平変位の関係、曲げモーメントと回転角の関係を図4に示す。

グラフ横軸のマイナス方向がブレース圧縮方向、プラス方向がブレース引張方向への載荷である。

図3と図4の平行線で示す値は、試験体の離間モーメント Ms、降伏モーメント My、半剛限界モーメント Msem の設計用性能算定値である。

実験終了後、試験体を見てみると接合部柱フランジ面で試験体 No.1 は 7mm、試験体 No.2 は 5mm の面外残留変形があり、両試験体とも柱の補強スチフナー溶接部が破断していた(写真1)。

また、両試験体とも鋼棒下部に変形が少し見られたが、全長は変わっていなかった。

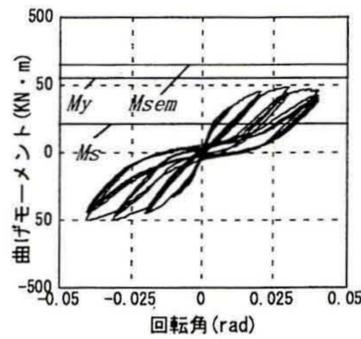


図3 実験結果 試験体 No. 1

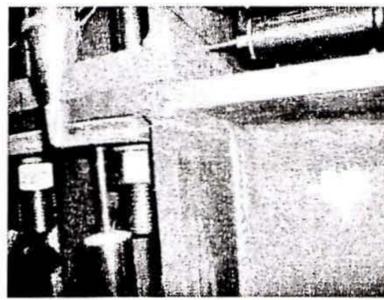


写真1 溶接部破断状況

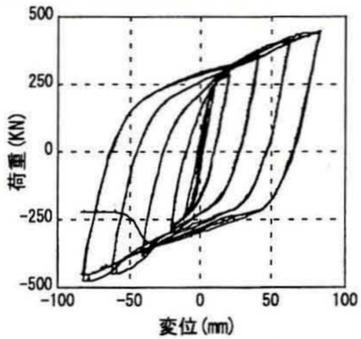


図4 実験結果 試験体 No. 2

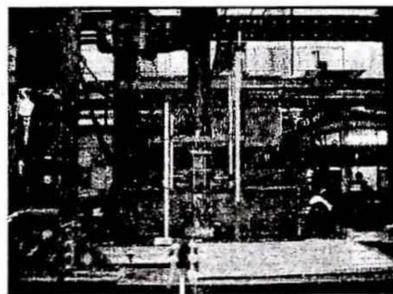
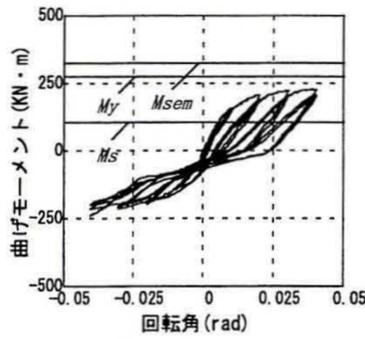


写真2 試験体 No. 1

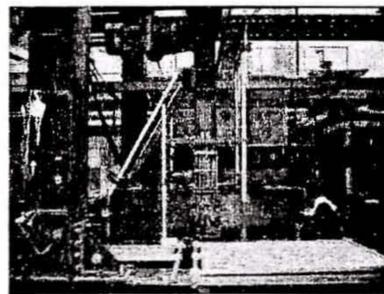


写真3 試験体 No. 2

4. 考察

4.1 設計用性能算定値との比較

試験体 No. 1 と No. 2 共に設計用性能算定値と比べてみると (図 3&図 4)、離間モーメントは精度良く予測できている。しかし、降伏モーメントに達する前に最大耐力となり、耐力が低下し始めた。鋼棒が塑性化するよりも先に接合部柱フランジが塑性化し、損傷が柱フランジに集中したからである。

4.2 試験体 No. 1 と No. 2 の比較

試験体 No. 1 と No. 2 の最大曲げモーメントを比較すると (図 3&図 4)、ブレース圧縮方向、引張方向共に大きな違いがない。

試験体 No. 2 は、曲げモーメントと回転角の関係のグラフを見ると (図 4)、ブレース圧縮方向への載荷時の履歴曲線が試験体 No. 1 に比べて不安定になっている。これは、ブレース圧縮に伴い梁材軸方向に上向きの力が作用したからである。試験体 No. 2 は、ブレースの変形が強軸方向に進んだため、ブレース圧縮方向へ載荷時に接合部に梁を振るような力が作用している。この力が作用したことによって a 側鋼棒と b 側鋼棒で初期張力が解消される時期に差が生じ、a 側鋼棒の方の柱の補強スチフナー溶接部のみ破断した。

4.3 既往の実験結果との比較

試験体 No. 1 と No. 2 と、既往の実験結果を比較するため、表 4 に 2002 年度試験体¹⁾および、2005 年度試験体³⁾の最大荷重、接合部に作用する最大曲げモーメント、初期剛性を示す。既往の実験結果の試験体は、両試験体とも、鋼棒の径が 21mm である。

1) 荷重比較

試験体 No. 1 と 2002 年度試験体の最大荷重、最大曲げモーメントを比べると (表 4)、2 倍以上に上がっている。ブレースを設置しない場合、鋼棒を太くすることで接合部の耐力が上がる。

試験体 No. 2 と 2005 年度試験体の最大荷重には大きな違いは見られない (表 4)。ブレースを設置した場合、接合部において、鋼棒の太さは接合部の最大耐力に大きな影響を及ぼさない。また接合部の柱梁に損傷があってもブレースによって最大耐力が維持される。

しかし最大曲げモーメントには大きな変化が見られる (表 4)。これは、鋼棒を太くしたことにより、接合部が剛接合に近くなり、ブレースへの分担率が下がり、接合部に作用する力が大きくなったからである。

2) 剛性比較

ブレースの有無にかかわらず、鋼棒を太くしたことにより、既往の実験結果に比べて初期剛性が大きくなっている (表 4)。

表 4 既往の実験結果との比較

	No	荷重(KN)	曲げモーメント(KN·m)	初期剛性(KN/mm)
ブレース無	1	121.4	249.6	14.5(1.0)
	2002	56.8	116.8	10.1(0.7)
ブレース有	2	477.9	239.5	11.4(0.8)
	2005	425.8	168.4	8.5(0.59)

* () 内は剛接合とした場合の片持ち梁の弾性剛性に対する百分率を示す。

5. 結

本研究では昨年度の解析結果より、鋼棒の太さを梁断面に納まる最大の太さとして設計した試験体の接合部実験を行い、その挙動を確認した。

実験により以下の知見を得た。

- (1) 鋼棒を太くすると、接合部の初期剛性および、接合部に作用する曲げモーメントが大きくなる。
- (2) しかしながら、ブレースを設置した部分架構においては、最大荷重に対する鋼棒の太さによる影響は少ない。
- (3) 鋼棒を太くすると、鋼棒が塑性化するよりも先に柱フランジが塑性化し、主架構に損傷を与える。

[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 年 7 月
- 2) 島 有希子：神奈川大学卒業研究・修士論文集、2007. 2
- 3) 後藤 達哉：神奈川大学卒業研究・修士論文集、2006. 2

* 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
 *** 神奈川大学工学部建築学科 主任技術員
 **** 神奈川大学工学部建築学科 教授・工学博士

* Graduate Student, Dept. of Architecture and Building Eng., Kanagawa Univ.
 ** Director, Tenpole Co., LTD
 *** Technician, Dept. of Architecture and Building Eng., Kanagawa Univ.
 **** Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., Kanagawa Univ., Dr Eng.