

折返しブレースの構造特性に関する実験的研究 (その 7 実適用部材の加力実験)

Experimental Study on Structural Characteristics of Twice Turn Braces

Part7. Experiments conducted member

○村井克綺¹, 新井佑一郎¹, 波田雅也¹, 竹内健一¹, 北嶋圭二², 中西三和², 安達洋²

*Katsuki Murai¹, Yuichiro Arai¹, Masaya Hada¹, Kenichi Takeuchi¹, Keiji Kitajima², Mitsukazu Nakanishi², Hiromi Adachi²

Abstract: In this paper described full-scale test of Twice Turn Braces that were used in the building.

1. はじめに

本報(その 7)は, 前報(その 6)で示した実建物に用いた折返しブレースの加力実験に関するものである. 本実験の目的は, 実際の建物に適用した折返しブレースが, 設計で想定した構造性能を有するか確認することである.

2. 実験概要

2.1 試験体の概要 実建物の骨組み写真を Photo1 に, 骨組詳細図を Fig.1 に, 加力装置図を Fig.2 に示す. また, 試験体形状を Fig.3 に, 試験体の諸元と耐力を Table1 に示す. 折返しブレース試験体は, Photo1 に示す 8 階建て鉄骨造事務所ビルの 5 階①, ④通りで使用された部材と同一である. 芯材を H 形鋼, 中鋼管と外鋼管を角形鋼管とし, 短期許容軸力(701kN)は芯材の断面で決定している. また,

短期許容軸力に対する全体座屈の安全率を 1.48, 高力ボルト摩擦接合部の短期許容耐力(すべり耐力)の安全率を 1.58 確保している. 本実験では, 実際の架構に組込まれた状態における構造性能を確認するため, 階高(3.64m), スパン(3.2m), 取付け角度および取付部材(ガセットプレート)は実建物を完全に再現し, 下端ピンの加力柱を介して, 柱頂部に取付けたアクチュエータにより軸力を作用させた.

2.2 加力計画 加力サイクルを Fig.4 に示す. 折返しブレースは, 軸降伏変位の増大効果を有する種別 BA のブレース材として評定を取得しており, 設計時に想定した構造性能として, i) 軸剛性が前報(その 6)の(1)式で算定できる, ii) 短期許容応力度設計において圧縮耐力が引張耐力と同じ値にできる, iii) 保有耐力算定時(R=1/100)を超える

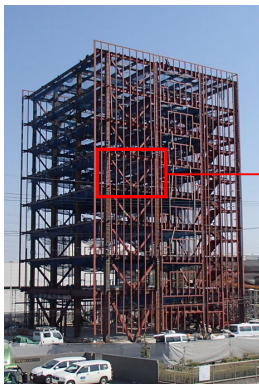


Photo1 Implementation building skeleton

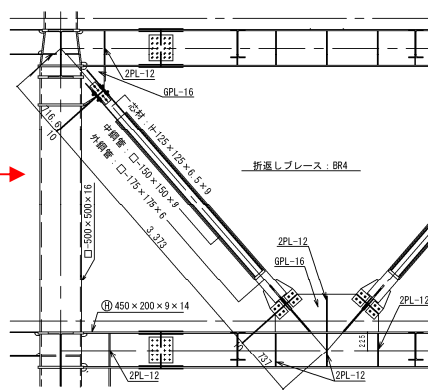


Fig.1 Steel detailed (5F①, ④)Frame

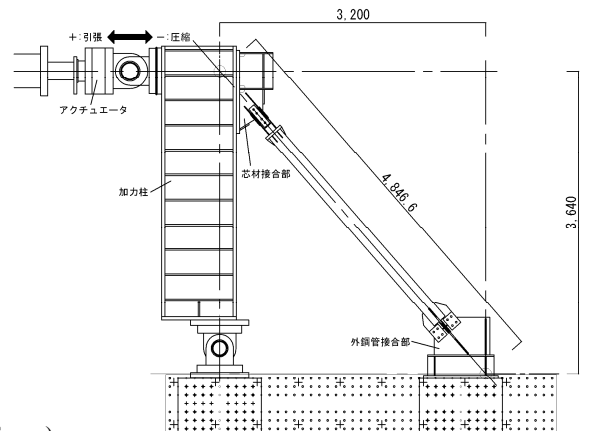
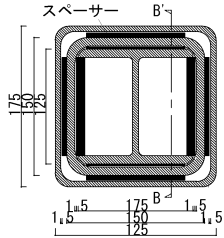
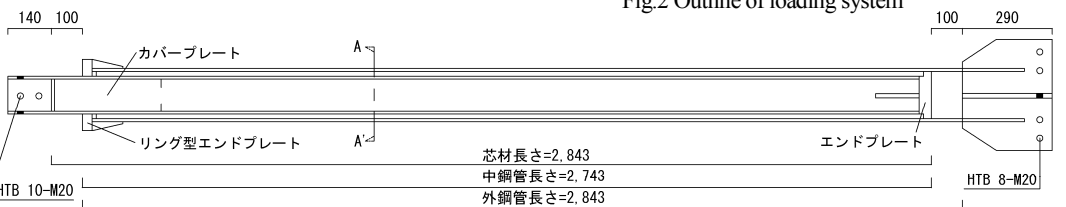


Fig.2 Outline of loading system



a) A-A'断面図



b) B-B'断面図

Table.1 List of test specimens

符号	鋼種	断面形状 H-A×B×t _w ×t _f □-A×B×t _w ×t _f	断面積 A [mm ²]	※1 見付け 長さ a [mm]	部材 長さ L [mm]	F値 [N/mm ²]	※2 縮長比	各鋼材単体					折返しブレース全体			高力ボルト摩擦接合部			
								単体の短期 許容軸力[kN]		断面 係数 Z _e [cm ³]	曲げ 耐力 M _{y0.02} [kN·mm]	※3 隙間 [mm]	座屈荷重 の推定値 N _e [kN]	外鋼管 単体の座 屈荷重 N _e [kN]	ブレース材の短期 許容軸力[kN]		座屈拘束 安全率 min(N _c /N _y) ²⁵	短期許容耐力	
								引張 N _y	圧縮						引張 N _y	圧縮		芯材 接合部 安全率	外鋼管 接合部 安全率
BR4-5	芯材	SN400B	H-125×125×6.5×9.0	2,982	2,843	235	108	701	349	-	-	3.0	1,232	-	-	-	-	-	-
	中鋼管	BCR295	□-150×150×9.0	4,798	2,743	295	60	1,415	1,090	205	60,573	3.0	1,036	-	701	701	1.48	1.98	1.58
	外鋼管		□-175×175×6.0	3,932	2,843	295	49	1,160	970	210	62,034	-	-	1,061	-	-	-	-	-

※1 見付け長さは両端接合部のボルト中心間距離 ※2 座屈長さは見付け長さとして算定している ※3 鋼製スパーサーを用いて、隙間を設計値とする

1 : 青木あすなる建設株式会社 Asunaro Aoki Construction Co., Ltd. 2 : 日大理工・教員・海建 Prof., Nihon Univ. Dr. Eng.

大変形下でも安定した挙動を示すことなどが挙げられる。これらの構造性能を確認するため、加力は正負交番とし、はじめに短期許容軸力まで加力した後、層間変形角 $R=\pm 1/240, \pm 1/160, \pm 1/120$ rad 相当の軸変位で各 2 サイクル、 $R=\pm 1/96$ rad 相当の軸変位で 4 サイクル、 $\pm 1/80$ rad 相当の軸変位で 14 サイクルの加力を行った。また、 $R=\pm 1/96$ rad の 4 サイクルにおいては、面外強制変形による影響³⁾を確認するため、面外変形無しの加力(1,4 サイクル目)の間に、 $R=1/100$ rad 相当の面外強制変形($\delta=36.4$ mm)を与えた状態での加力を 2 サイクル(2,3 サイクル目)行った。なお、計測項目および計測方法は、既報(その 4)と同じとした。

3. 実験結果

3.1 軸力—軸変位関係

軸力—軸変位関係(履歴曲線)をFig.5に示す。Fig.5(a)は全サイクルの履歴曲線であり、Fig.5(b)は $R=\pm 1/96$ rad加力時の面外変形有り・無しの4サイクルを抽出したものである。また、Fig.5(a)中には、折返しブレースの設計値(赤線)も合わせて示している。まず Fig.5(a)より、折返しブレース軸剛性の実験値が、設計値とほぼ一致していること、圧縮加力時も座屈せず、引張耐力と同等の圧縮耐力を示していること、 $R=1/80$ radの大変形を多数回繰り返しても安定した紡錘型の履歴形状を示していることから、2章で述べた構造性能 i) ~ iii) を十分に満足していることが確認できる。また Fig.5(b)より、強制変形有り(赤線)と強制変形無し(青線、緑線)の履歴性状に

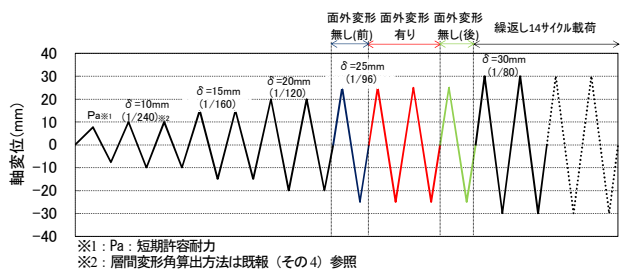
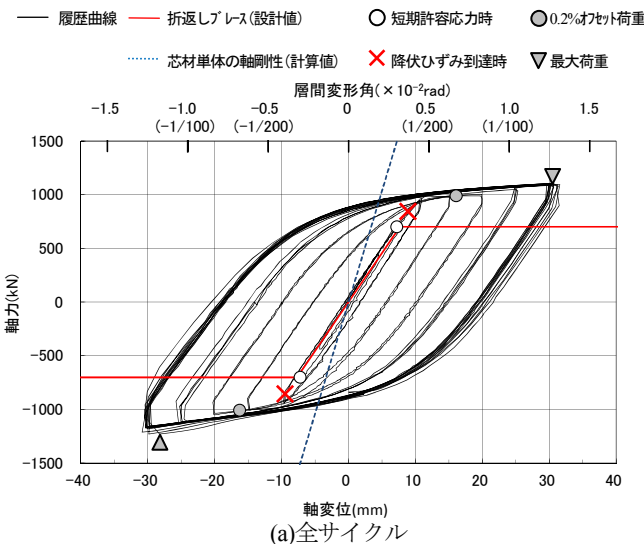


Fig.4 Loading cycle



(a)全サイクル

有意差は見られず、 $R=1/100$ rad相当の面外変形を与えた状態でも、設計で想定した通りの構造性能が発揮されていることが確認できる。なお、最終的には、 $R=\pm 1/80$ rad 14 サイクル目の圧縮ピーク時において、短期許容軸力の約1.7倍まで荷重上昇したところで外鋼管側の高力ボルト摩擦接合部にすべりが発生し、実験を終了した。

3.2 ひずみ分布

芯材降伏時および最大耐力時における各鋼材のひずみ度および塑性率をTable2に示す。表より、想定通り芯材が軸降伏し、その後、芯材が大きく塑性化しても、中、外鋼管は弾性を保持していることがわかる。

3.3 各鋼材の損傷状態

加力終了後の試験体内部(芯材)の損傷状態をPhoto2に示す。Photo2より、既往実験(その5)と同様、カバープレート補強部と無補強部の境界で、芯材に局部座屈が発生していることが確認できる。しかし、本実験では、局部座屈による耐力低下は見られなかった。なお、中、外鋼管は、外鋼管の内側にエンドプレートとの接触痕が見られものの、概ね健全な状態を保持していた。

4. まとめ

以上、実建物に用いた折返しブレースの加力実験を行い、設計で想定した通りの構造性能を有することを確認した。

0【謝辞】本実験では、中西・北嶋研究室の松田太君と森永晃平君が実験に参加してくれました。ここに謝意を表す。

- 【参考文献】1) 波田ほか：折返しブレースの構造特性に関する実験的研究(その 1 ~6), AIJ 大会, C-1, pp.747-750, 2012.9, pp.1287-1292, 2013.8
 2) 波田ほか：折返し部材のブレース材適用の有効性に関する検討(その1~2), AIJ 大会, C-1, pp.975-976, 2010.9, pp.861-862, 2011.8
 3) 竹内ほか：座屈拘束ブレースの安定条件, 座屈に関する設計上の諸問題, AIJ大会パネルディスカッション資料, pp.56-67, 2011.8

Table2 Strain and ductility factor

	芯材降伏ひずみ到達時		最大耐力時	
	ひずみ度 (%)※1	塑性率※2	ひずみ度 (%)	塑性率
芯材	0.13	0.99	1.25	9.25
中鋼管	0.08	0.39	0.11	0.55
外鋼管	0.12	0.68	0.14	0.82

※1：各鋼材のひずみ度は、部材中央における計測値
 ※2：塑性率は、ひずみ度を材料試験から得た降伏ひずみで除して算定

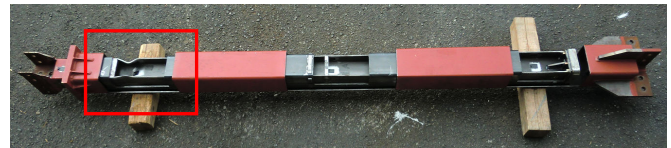
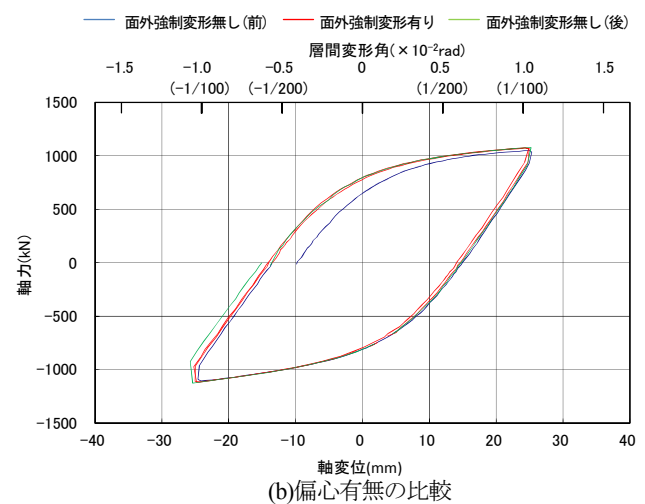


Photo2 Specimens after dismantling



(b)偏心有無の比較

Fig.5 Axial force- Axial displacement(hysteresis curve)