

## 折返しブレースの構造特性に関する実験的研究 (その 6 実建物への適用事例)

### Experimental Study on Structural Characteristics of Twice Turn Braces

#### Part6. Example of application to the building

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

\* Kenichi Takeuchi<sup>1</sup>, Masaya Hada<sup>1</sup>, Yuichiro Arai<sup>1</sup>, Katsuki Murai<sup>1</sup>, Keiji Kitajima<sup>2</sup>, Mitsukazu Nakanishi<sup>2</sup>, Hiromi Adachi<sup>2</sup>

**Abstract:** In this paper described Case that was used to building the actual Twice Turn Braces.

### 1. はじめに

既報(その 1~5)では、折返しブレースの構造特性である軸降伏変位の増大効果及び座屈拘束効果を、縮小モデルの軸方向加力実験及び実大実験から明らかにしてきた<sup>1)</sup>。本報では、実施適用第一物件の事例について述べる。

### 2. 折返しブレースの概要と特長

採用した折返しブレースの断面とパースを Fig.1 に示す。折返しブレースは、断面の異なる 3 本の鋼材を一筆書きの要領で折返して互いに接合し、1 本のブレースとすることで、実際の部材長さが見付け長さの約 3 倍となるブレース材である。ブレースの軸降伏変位は、軸降伏ひずみと部材長さの積であるため、実際の部材長さが長くなり軸降伏変位が長さに比例して増大する(剛性が小さくなる)ことで、層間変形角 1/200rad 程度まで降伏しないという特長がある<sup>2)</sup>。したがって、フレーム耐力が有効に発揮される合理的なブレース構造が実現でき、少量配置しても応力集中せず、偏心配置してもねじれの影響が小さいため、配置計画の自由度が高い。また、座屈拘束効果を有し、大変形レベルまで安定した履歴形状を示すため<sup>1)</sup>、圧縮耐力は引張耐力と同じ値に、保有水平耐力計算におけるブレース材の部材種別は、BA とすることができる。

### 3. 設計概要

**3.1 建物概要と構造計画** 8階建ての鉄骨造事務所ビル新築工事に折返しブレースを適用した。建物概要をTable1 に、平面図と折返しブレースの配置をFig.2に、軸組図を Fig.3に示す。ブレース構造の適用を検討する際、外観や機能面からブレースの配置箇所は制約を受ける場合が多い。本建物においても制約が多く、XY方向ともブレースの配置可能箇所が少ない。特にX方向については、1箇所のみ

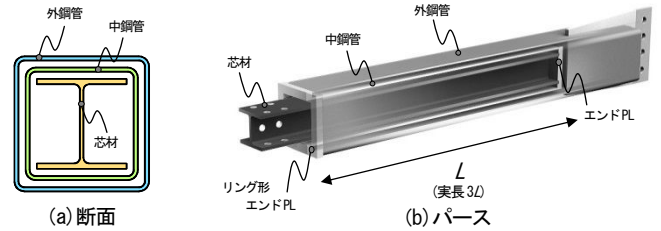


Fig.1 Twice Turn Braces

に偏心配置しており、従来であれば応力集中やねじれの問題から、ブレース構造を断念して純ラーメン構造としていたが、折返しブレースの採用により在来ブレース構造では成し得ないブレース配置を実現している。

**3.2 折返しブレースの設計** 折返しブレースの諸元と耐力の一例を Table2 に示す。偏心への配慮や支点反力の観点からブレースの負担が過度にならないように、ブレースの耐力と剛性は、1 次設計時の水平力分担率がブレース 1 スパンあたり 20%程度となるように設定した。断面構成は、芯材を H 形鋼、中鋼管と外鋼管を角形鋼管とし、耐力が芯材で決定するように中鋼管と外鋼管の設計を行った。軸剛性は式(1)、座屈判定は式(2)を用いた<sup>1)</sup>。式(2)より、芯材の全体座屈を拘束する中鋼管、中鋼管の全体座屈を拘束する外鋼管の限界荷重をそれぞれ算定した。

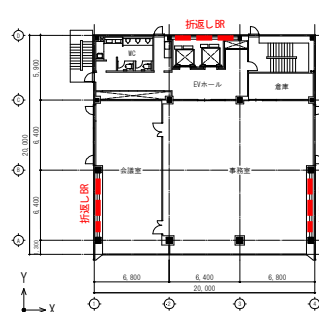


Fig.2 Typical plan

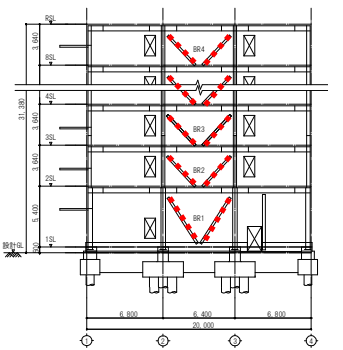


Fig.3 Framing elevation(D-Dir)

Table1 Building data

構造種別	鉄骨造
用途	事務所
階数	地上8階
架構形式	ブレース付きラーメン構造
基準階階高	3.64m
軒高	31.38m
延床面積	3,267m <sup>2</sup>
基礎構造	杭基礎

Table2 List and proof stress of test specimens

符号	鋼種	断面形状	断面積 A <sub>e</sub> [mm <sup>2</sup> ]	※1 見付け長さ a [mm]	部材長さ L [mm]	F値 [N/mm <sup>2</sup> ]	※2 細長比 λ	各鋼材単体				折返しブレース(全体)				
								単体の短期許容軸力 [kN]		断面係数 Z <sup>0</sup> [cm <sup>3</sup> ]	曲げ耐力 M <sup>0</sup> <sub>y(0)</sub> [kN·mm]	※3 隙間s [mm]	座屈荷重の推定値 N <sub>c</sub> [kN]	外鋼管単体の座屈荷重 N <sub>c</sub> [kN]	ブレース材の短期許容軸力 [kN]	座屈拘束安全率 min(N <sub>c</sub> /N <sub>y</sub> ) <sup>※</sup>
								引張 N <sub>y</sub>	圧縮							
BR1	芯材	SN400B	H-200x200x8x12	6,353	3,969	235	90	1,493	924	—	—	3.0	2,256	—	—	—
	中鋼管	BOR295	□-250x250x9	8,398	3,673	295	46	2,477	2,120	639	188,505	3.0	2,785	1,493	1,493	1.51
	外鋼管	BOR295	□-300x300x9	10,200	4,178	295	38	3,009	2,705	946	279,070	—	2,857	—	—	—
BR2	芯材	SN400B	H-175x175x7.5x11	5,093	2,685	235	73	1,197	875	—	—	3.0	1,766	—	—	—
	中鋼管	BOR295	□-200x200x9	6,598	2,400	295	42	1,946	1,709	399	117,705	3.0	1,576	1,197	1,197	1.32
	外鋼管	BOR295	□-250x250x6	5,763	2,895	295	33	1,700	1,569	454	133,930	—	1,835	—	—	—

※1: 見付け長さ=両端接合部のボルト中心間距離。 ※2: 座屈長さ=見付け長さとして算出。 ※3: 鋼板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.

$$K = 1 / \left( \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} \right) \quad \dots (1)$$

ここで、  
 $K$ : ブレース全体の軸剛性  $K_1$ : 芯材の軸剛性  $K_2$ : 中鋼管の軸剛性  $K_3$ : 外鋼管の軸剛性

$$N_c = M_{y(0)}^B / \left( s + a + \frac{M_{y(0)}^B}{N_y^B} \right) \geq \alpha \cdot N_y^{\text{芯}} \quad \dots (2)$$

ここで、  
 $N_c$ : 全体座屈を拘束できる限界軸力  $M_{y(0)}^B$ : 拘束材の降伏モーメント( $N=0$ )  $s$ : 鋼材相互の隙間  
 $N_y^B$ : 拘束材の軸降伏耐力  $a$ : 元撓み(=L/1000)  $\alpha$ : 安全率(=1.3)  $N_y^{\text{芯}}$ : 芯材の軸降伏耐力

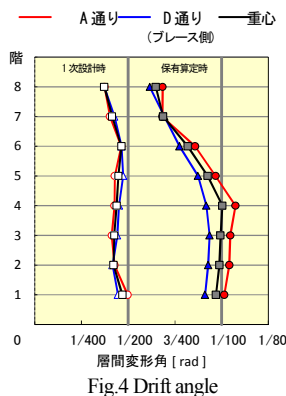
#### 4 建物全体の性能 (解析結果)

X 方向の荷重増分解析結果について述べる。

**4.1 水平力分担率** 1 次設計時( $C_o=0.2$ )及び保有水平耐力算定時( $R=1/100$ )のフレームと折返しブレースの水平力分担率を Table3 に示す。一般的な在来ブレースでは、軸降伏時の層間変形角が  $1/400\text{rad}$  程度のため、1 次設計時のブレースの負担割合が多く、応力集中と断面変更の収斂計算を行う必要があり、また少量配置は困難である。折返しブレースは、軸降伏変位の増大効果により、1 次設計レベルの層間変形角では降伏しないため、少量配置でありながらも、意図したとおりに 20%程度の耐力を付加できている。また、在来ブレースとは違い、1 次設計時と保有耐力算定時で負担割合に大きな差は生じていない。

**4.2 ねじれの影響** 重心位置、A 通り節点、D 通り(ブレース配置)節点における 1 次設計時及び保有水平耐力算定時の層間変形角を Fig.4 に示す。X 方向はブレースを偏心配置しているにもかかわらず、1 次設計時はねじれの影響がほとんどないことがわかる。また、一般階の偏心率は 5%程度の小さな値であった。保有水平耐力算定時には、変形差がやや大きくなるが、その差は 10%程度であり、影響は小さいと言える。

**4.3 荷重増分解析** X 方向正加力時の保有水平耐力の比較表を Table4 に示す。折返しブレースは、靱性能に優れた種別 BA のブレースであり  $D_s$  は下限の 0.25 に、剛性バランスの影響もなく  $F_{es}$  は 1.0 になり、必要保有水平耐力は最小限に抑えられている。増分解析結果の層



せん断力-層間変形角関係を Fig.5 に示す。Fig.5(a)は建物全体、(b)は2階におけるフレームと折返しブレースを分離して示している。折返しブレース降伏時の層間変形角は  $1/200\text{rad}$  程度であり、フレームのみでは不足する耐力と剛性を、折返しブレースで効率よく補っていることが分かる。

#### 5. 折返しブレース構造と純ラーメン構造の比較

折返しブレースの有効性を確認するために、同等性能を有する純ラーメン構造を設計し、建物全体の総鋼材量を比較した。総鋼材量の比較を Fig.6 に示す。折返しブレース構造は、純ラーメン構造に比べて総鋼材量が 20%程度減少している。つまり、応力集中やねじれの問題からブレース構造を断念していた建物でも、折返しブレースにより合理的なブレース構造が実現でき、総鋼材量を低減できる。

#### 6. まとめ

- 以上、折返しブレースの実施適用第一物件の事例について述べた。確認した折返しブレースの有効性を以下に示す。
- ・軸降伏変位の増大効果により、フレーム耐力が有効に発揮される合理的なブレース構造であり、少量配置や偏心配置が可能となり、ブレース配置計画の自由度が高い。
- ・座屈拘束効果を有し、靱性能に優れた種別 BA のブレースであり、ブレースの水平力分担率にかかわらず、建物全体の必要耐力を小さく抑えることも可能となる。
- ・応力集中やねじれの問題から、ブレース構造を断念して純ラーメン構造を採用していた建物でも、ブレース構造の計画が可能となり、純ラーメン構造と比較して、建物全体の総鋼材量を 20%程度削減できる。

【参考文献】 その7にまとめて示す。

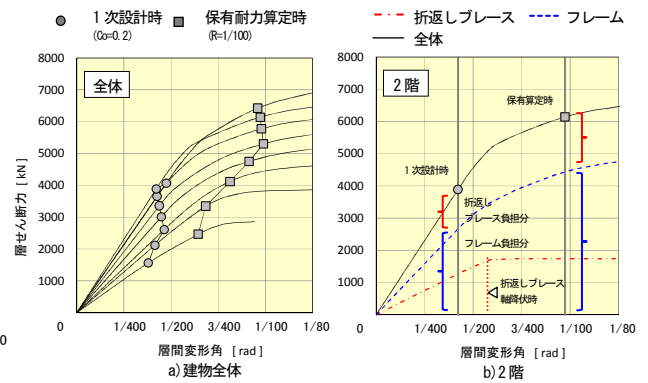


Fig.5 Story shear force - drift angle

Table3 Horizontal force share [%]

階	1次設計時(Co=0.2)		保有算定時(R=1/100)	
	フレーム	折返しBR	フレーム	折返しBR
8F	83.0	17.0	82.4	17.6
7F	80.2	19.8	80.4	19.6
6F	79.2	20.8	78.0	22.0
5F	80.0	20.0	78.7	21.3
4F	76.0	24.0	74.8	25.2
3F	75.7	24.3	76.7	23.3
2F	67.8	32.2	71.8	28.2
1F	72.7	27.3	76.9	23.1

Table4 Horizontal load-carrying capacity

階	Qud [kN]	Ds	Fes	Qun [kN]	Qu [kN]	Qu/Qun
8F	7,815	0.25	1.00	1,954	2,421	1.24
7F	10,602	0.25	1.00	2,651	3,284	1.24
6F	13,051	0.25	1.00	3,263	4,043	1.24
5F	15,060	0.25	1.00	3,765	4,665	1.24
4F	16,795	0.25	1.00	4,199	5,203	1.24
3F	18,288	0.25	1.00	4,572	5,665	1.24
2F	19,446	0.25	1.00	4,862	6,024	1.24
1F	20,345	0.25	1.00	5,086	6,302	1.24

Qud: Co=1.0時の水平力 Ds: 構造特性係数 Fes: 形状特性を表す数値  
 Qun: 必要保有水平耐力 Qu: 保有水平耐力

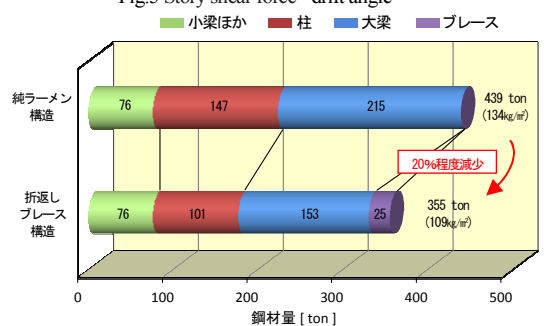


Fig.6 Comparison of the total amount of steel