

## 折返しブレース付き鉄骨造建物の構造特性に関する研究

### その1 折返しブレース構造建物の基本性能

#### Study on Structural Characteristics of Steel Frame Building with Folded Brace

#### Part1 Basic performance of Folded Brace Structure Building

○波田雅也<sup>1</sup>, 村井克綺<sup>1</sup>, 竹内健一<sup>1</sup>, 高村皓輝<sup>2</sup>, 山本圭太<sup>2</sup>, 北嶋圭二<sup>3</sup>, 中西三和<sup>3</sup>, 安達洋<sup>4</sup>

\*Masaya Hada<sup>1</sup>, Katsuki Murai<sup>1</sup>, Kenichi Takeuchi<sup>1</sup>, Koki Takamura<sup>2</sup>, Keita Yamamoto<sup>2</sup>, Keiji Kitajima<sup>3</sup>, Mitsukazu Nakanishi<sup>3</sup>, Hiromi Adachi<sup>4</sup>

Abstract: On this paper, performance of the folded brace-structure is analyzed and compared with the standard frame and conventional brace-structure for single-span frame.

### 1. はじめに

本研究は、径の異なる3本の鋼管を一筆書きの要領で折返して接合させ、実際の部材長さを見付け長さよりも長くすることにより、軸降伏変位を増大させた“折返しブレース”付き鉄骨造建物の構造特性に関するものである。一般的に鉄骨造建物の構造形式は、純ラーメン構造かブレース構造であるが、純ラーメン構造では、1次設計時の変形制限にて部材断面が決定されるケースが多いこと、ブレース構造では、ブレースの少量配置が困難であることなどの課題が挙げられている。折返しブレースは、これらの課題を解決し、合理的かつ経済的な鉄骨造建物を実現させるために開発・実用化されたブレース材である<sup>1)</sup>。

本研究では、折返しブレース構造建物の基本的な構造特性を明確にすることを目的とする。本報(その1)では、1層1スパンのフレームを対象として、純ラーメン構造、在来ブレース構造および折返しブレース構造建物の基本性能を比較・検討する。

### 2. 折返しブレースの概要

折返しブレースのバースを Fig.1 に、軸力-軸変位関係の概念図を Fig.2 に示す。折返しブレースは、実際の部材長さが見付け長さの約 2.5 倍となるブレース材であり、

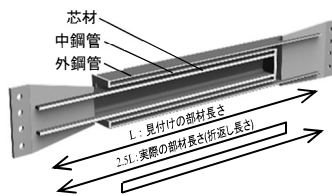


Fig. 1 Folded Brace (perth)

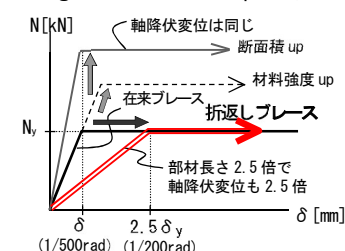
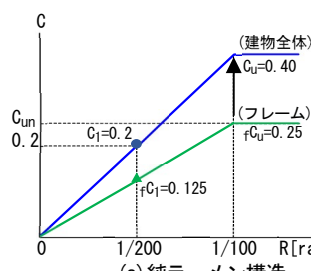


Fig. 2 Axial Force-Axial Disp. (Image)

在来ブレースが層間変形角 1/500rad 程度で降伏するのに対して、折返しブレースは部材長さに比例して軸降伏変位が増大するので、



(a) 純ラーメン構造

1 次設計時の変形制限(層間変形角 1/200rad)程度まで降伏しないという特徴を有している。また、隣り合う鋼管による座屈拘束効果により、種別 BA として認定されている。

### 3. 折返しブレース構造建物の基本性能

鉄骨造建物の基本性能が、1層1スパンのフレームで把握できるものと仮定して、純フレーム構造、在来ブレース構造および折返しブレース構造の基本性能を比較・検討する。

Fig.3 に、(a)純ラーメン構造、(b)在来ブレース構造、(c)折返しブレース構造の基本性能(ベースシア係数 C-層間変形角 R 関係)を示す。各 Fig 中、緑線で示した基準フレームは、層間変形角 R が 1/100rad で降伏し、保有水平耐力  $rC_u$  が 0.25 であると設定している。基準フレームは、1次設計時( $C_1=0.2$ )の変形制限( $R_1 \leq 1/200rad$ )を満足しないため、柱梁断面を増すか、ブレース材を設置して1次設計レベルの耐力・剛性を補う必要がある。

Fig(a)の純ラーメン構造では、 $R_1=1/200rad$  での基準フレームの負担せん断力  $rC_1$  が 0.125 であるため、 $C_1=0.2$  となるように柱梁断面を増す必要がある。結果、フレーム耐力  $rC_u$  を 0.4 としなければならない(Fig.3(a)中、青線)。

Fig(b)の在来ブレース構造では、ブレース降伏時の層間変形角が 1/500rad であるので、その変形での基準フレームの負担せん断力  $rC_1$  が 0.05 となり、在来ブレースの必要耐力  $bC_u$  が 0.15 となる(Fig.3(b)中、赤線)。

一方、Fig(c)の折返しブレース構造では、折返しブレース降伏時の層間変形角が 1/200rad であるため、基準フレームの負担せん断力  $rC_1$  が 0.125 となり、折返しブ

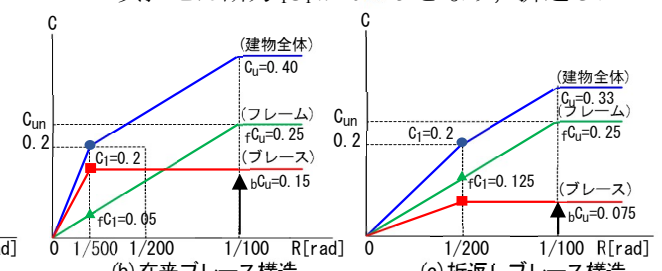


Fig. 3 Structural Basic Performance of Steel Structure building

1 : 青木あすなる建設株式会社    2 : 日大理工・院 (前)・海建    3 : 日大理工・教員・海建    4 : 日大・名誉教授

ースの必要耐力  $bC_u$  は 0.075 となる(Fig.3(b)中, 赤線).

以上の結果より, 折返しブレースの必要耐力は, 在来ブレースの 50%に低減されており, 1 本当たりのブレース軸耐力が同じであれば, 折返しブレース構造ではブレース設置本数が半減できること, あるいは, 設置本数を同じとすれば, ブレース耐力を半減できるので, ブレースが取付く柱や杭の設計用作用力が半減され, 折返しブレース構造が合理的なブレース構造であることがわかる.

#### 4. 基準フレームの降伏層間変形角と耐力を変数とした検討

**4.1 検討方法** 3章では, 基準フレームの降伏層間変形角  $rR_y$  が 1/100rad, 保有水平耐力  $rC_u$  が 0.25 のケースについて, 各建物の基本性能を示した. 本章では, 基準フレームの降伏層間変形角  $rR_y$  が 1/150, 1/125, 1/100rad の 3 ケースについて, 保有水平耐力  $rC_u$  を 0 から 0.40 に変化させたケースに対し検討する(Table1). なお, いずれのケースも前章と同様, 在来ブレースの降伏層間変形角は 1/500rad の BA 材とし, 折返しブレースの降伏層間変形角は 1/200rad, 建物全体の必要保有水平耐力  $C_{um}$  は 0.25 であるものとする.

基準フレーム耐力  $rC_u$  が 0.25 で,  $rR_y$  が 1/150, 1/125, 1/100rad のケースについて Fig.4 に例示する. 在来ブレース耐力  $bC_u$  は  $R=1/500rad$  での基準フレーム負担せん断力  $rC_1$  と  $C_1=0.2$  の差として求まり, 折返しブレース耐力  $折bC_u$  は  $R=1/200rad$  での  $rC_u$  と  $C_1$  の差として求まる.

**4.2 検討結果**  $rC_u$  を 0 から 0.40 に変化させたケースの(a)在来ブレース構造のブレース耐力( $bC_u$ ), (b)折返しブレース構造のブレース耐力( $折bC_u$ ), (c)ブレース耐力比( $折bC_u/bC_u$ ) を Fig.5 に示す. Fig(a)(b)中に示されている  $rC_u=0.25$  の時の  $bC_u$  の値は, Fig.4 中の  $bC_u$  と対応している. また, Fig(a)(b)中の  $bC_u+rC_u=0.25$  の黒の実線は, 2 次設計( $C_{um}=0.25$ )で決まるブレース耐力を示している.

Fig(a)の在来ブレース構造では, ブレース耐力  $bC_u$  は,  $rC_u$  が 0~0.072 の領域では 2 次設計で決まり,  $rC_u \geq 0.072$  の領域では 1 次設計で決定される. その後,  $rC_u$  の増加に伴い  $bC_u$  は減少していくが, 基準フレームの負担せん断力  $rC_1$  が  $R=1/200rad$  で 0.2 となる  $rC_u$ ( $rR_y=1/150rad$  の時  $rC_u=0.27$ ,  $rR_y=1/125rad$  の時  $rC_u=0.32$ ,  $rR_y=1/100rad$  の時  $rC_u=0.40$ )で, いずれの  $rR_y$  であっても  $bC_u$  は 0.12 となる.

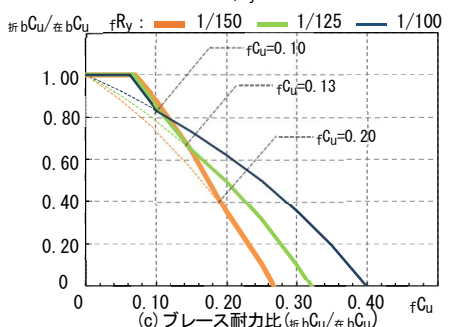
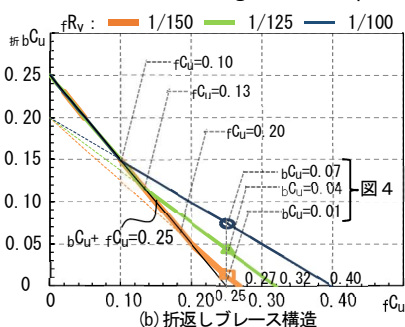
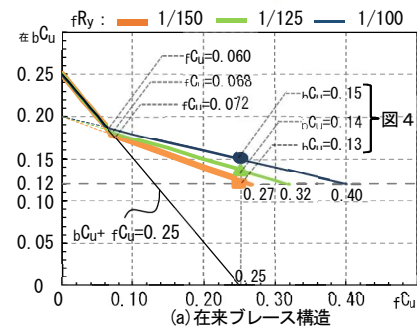


Fig.5 Relationship Between the Brace capacity ( $bC_u$ ) and Frame capacity ( $rC_u$ )

すなわち, 在来ブレース構造は, 基準フレームが 1 次設計の変形制限を僅かでも満たさない場合には,  $bC_u=0.12$  のブレースが必要となることを示している(Fig(a)中, 破線).

Fig(b)の折返しブレース構造では, ブレース耐力  $折bC_u$  は,  $rR_y=1/150rad$  の時  $rC_u \geq 0.20$ ,  $rR_y=1/125rad$  の時  $rC_u \geq 0.13$ ,  $rR_y=1/100rad$  の時  $rC_u \geq 0.10$  の領域で, 1 次設計で決定される. その後,  $rC_u$  の増加に伴い  $折bC_u$  は 0 まで連続的に減少していく. すなわち, 折返しブレース構造は, 基準フレームが 1 次設計の変形制限を僅かでも満たさない場合には, その不足分のみを負担するブレースを設置すれば良く, 合理的な構造であることがわかる.

Fig(c)はブレース耐力比( $折bC_u/bC_u$ )を示したものである.  $rC_u$  が小さく在来ブレース, 折返しブレースともに 2 次設計でブレース耐力が決まる領域では, 同じブレース耐力( $折bC_u/bC_u=1.0$ )が必要となるが,  $rC_u$  の増加に伴い  $折bC_u/bC_u$  が顕著に減少していくことがわかる.

なお, 折返しブレースの実際の部材長さは, 見付け長さの約 2.5 倍であるため, 同一耐力(耐力比 1.0)の在来ブレースの剛性より 1/2.5(=0.4)倍小さくなる. したがって, Fig(c)の耐力比を 0.4 倍した値がブレース水平剛性比となる. よって, 折返しブレース構造のブレース剛性は, 在来ブレースに比べ極めて小さく, ブレースの偏心配置が可能となり, 構造計画上, 優位性が高い構造であるといえる. なお, 耐力比を 2.5 倍した値がブレース鋼材量比となり, 耐力比 0.4 以下では, ブレース鋼材量も在来ブレースより少なくなることを示している.

#### 5. まとめ

以上, 折返しブレース構造建物の基本性能について検討し, 折返しブレース構造の合理性を示した.

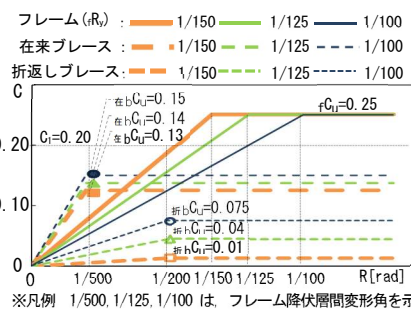


Fig.4 Brace capacity in Different Cases of  $rR_y$

【参考文献】次報 (その 2)にまとめて示す.

Table1 Reference frame Setting parameters

降伏層間変形角 ( $rR_y$ )
$rR_y=1/150, 1/125, 1/100$ rad
保有水平耐力 ( $rC_u$ )
$rC_u=0 \sim 0.40$