# 大架構を想定した長尺折返し式ブレースの実大加力実験 (その1 開発主旨および実大試験体の製作状況)

#### Full-Scale Loading Test of Folded Brace of Long Length for Large Frame

#### Part1. Development Application and Production Situation of the Test Specimen

○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>,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>, Keiji Kitajima<sup>3</sup>, Mitsukazu Nakanishi<sup>3</sup>, Hiromi Adachi<sup>4</sup>

Abstract: This paper described a development application and production situation about folded brace of long length.

## 1. はじめに

筆者らは、層間変形角 R=1/200rad.程度まで降伏しない "折返しブレース"を開発している<sup>1),2)</sup>.本研究は、階高 6.3m×スパン9.0mのS造架構に片掛けで折返しブレース を用いることを想定し、見付け長さ約10mと長尺の折返 しブレース(以下,長尺折返しブレースと称す)を製作して 加力実験を行ったものである.本報(その1)では、長尺折 返しブレースの開発主旨および製作状況について示す.

#### 2. 長尺折返しブレースの開発主旨

# 2.1 折返しブレースの概要と特長 折返しブレー スのイメージパースを Fig.1 に、軸力-軸変位関係の概念 図を Fig.2 に示す. また, 折返しブレース構造の基本特性 の概念図を Fig.3 に示す. 折返しブレースは, 径の異なる 3本(芯材・中鋼管・外鋼管)の鋼材を一筆書きの要領で折 返して互いに接合し、1本のブレース材とすることで、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 ある. 従来のブレース材が層間変形角 R=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(軸剛性が小さくなる)ことで,層 間変形角 R=1/200rad.程度まで降伏しないという特長があ る. したがって、1次設計レベルから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, 折返しブレース が圧縮荷重を受けると、芯材(圧縮材)の全体座屈を中鋼管 (引張材)が拘束する座屈拘束効果<sup>2)</sup>を有するため,引張耐 力と同等の圧縮耐力を発揮できる.

2.2 長尺折返しブレースの開発主旨 長尺折返し ブレース活用例の概念図を Fig.4 に示す.現状では,折返 しブレースの芯材細長比  $\lambda$ の適用範囲に  $\lambda \leq 150$  という 上限値を設けており,階高やスパンの大きな架構では K 形配置に限定される.しかし,長尺折返しブレースを用い ることで,大きな階高やスパンでも片掛け配置が可能とな り,ブレース配置の自由度がさらに向上する.また,片掛 けとすることで K 型配置に比べブレース本数が半減し,



Fig.5 Basic Characteristic of Folded Brace Structure Fig.4 Paradigm of Folded Brace of Long Length

接合部数も削減できるため、1 構面当りのブレース耐力が 同じでも鋼材加工費や施工費の削減が期待できる.一方、 長尺折返しブレースは約 10m と長尺であると共に、芯材 細長比んが現状の上限値を大きく超えるため、構造性能 (軸降伏変位増大、座屈拘束効果)が確保されるかが懸念さ れる.既往の実験<sup>2),3)</sup>では、 $\lambda$ =176~533 の縮小実験やん =89 の実大実験から折返しブレースの構造性能を確認し ているが、 $\lambda$ =150 を超える長尺折返しブレースの実大実 験は行っていない.また、長尺のため製作精度も懸念事項 に挙げられる.そこで、長尺折返しブレースを製作し、構 造性能を確認するために実大加力実験を行った.

# 3. 実大加力実験に用いる長尺折返しブレース

3.1 実験架構 実験状況写真をPhoto 1に示す.実大 加力実験で用いる長尺折返しブレース試験体は,階高6.3m, スパン9.0m,ブレース節点間長さ11.0mのS造架構に片掛け で配置することを想定している.ブレース材と架構との接 合方法は両端とも高力ボルト摩擦接合とし,ブレース見付 け長さ(ボルト中心間距離)は9.8mである.

3.2 長尺折返しブレース試験体 部材構成をTable 1 に,断面形状をFig.5に示す.長尺折返しブレース試験体は,

1:青木あすなろ建設株式会社 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

芯材にH形鋼(H-150×150×7.0×10,SN400B)を使用した (a)H形鋼タイプと,冷間成形角形鋼管(□-150×150×6.0, BCR295)を使用した(b)角形鋼管タイプの2タイプとする. 中鋼管(□-175×175×9.0, BCR295)および外鋼管(□-250 ×250×9.0, BCR295)は両タイプ共通とする.いずれも軸 降伏耐力は芯材断面で決まっており,短期許容耐力も同程 度である.また,見付け長さ9.8mも両タイプ共通とし,芯



Photo 1 Situation of the Experiment

Table 1 Constitution Member of Folded Brace of Long Length

試験体			錮種	断面形状 H−h×b×t <sub>w</sub> ×t <sub>f</sub> □−h×b×t	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	見付け 長さ [mm]	細長比	単体の短期 許容軸力[kN]	
								引張	圧縮
長尺 折返し ブレース	(a)芯材 H形鋼 タイプ	芯材	SN400B	H-150 × 150 × 7.0 × 10	3,947	9,800	260	928	82
		中鋼管	BCR295	□-175×175×9.0	5,698		147	1,681	371
		外鋼管		□-250 × 250 × 9.0	8,398		101	2,477	1,151
	(b)芯材 角形鋼管 タイプ	芯材	BCR295	□-150×150×6.0	3,332	9,800	168	983	165
		中鋼管		□-175×175×9.0	5,698		147	1,681	371
		外鋼管		□-250 × 250 × 9.0	8,398		101	2,477	1,151
$f_{a} = \int_{a}^{a} f_{a} + \frac{1}{2} \int_{a}^{a$									

材細長比は(a) H形鋼タイプがλ=260,(b) 角形鋼管タイプ がλ=168と共に大きく,単材では圧縮耐力を殆ど負担でき ずに弾性座屈してしまうプロポーションである.なお,本 試験体では,座屈拘束効果を確保するため,各鋼材間の隙 間が3.0mm(片側1.5mm)以下となるように鋼製スペーサ ーを配置している.

## 4. 長尺折返しブレースの製作状況

製作状況写真をPhoto 2に,長尺折返しブレースの製作手 順をFig.6に示す. 折返しブレースは、芯材、中鋼管、外鋼 管の3本の鋼材を、エンドPLおよびリング形エンドPLを介 して一筆書きの要領で折返して接合する.まず、芯材にエ ンドPLを、中鋼管にリング形エンドPLをそれぞれ突合せ溶 接する. このとき, 首折れ座屈<sup>3)</sup>を防止するためのカバーPL も、芯材の先端部(完成後に露出する部分)に溶接しておく. 次に、芯材を中鋼管に挿入して中鋼管とエンドPLを突合せ 溶接し、さらに、中鋼管を外鋼管に挿入して外鋼管とリン グ形エンドPLを突合せ溶接することで、3本の鋼材がひと つなぎに接合される.本試験体は、長尺のため初期不整や 自重によるたわみで鋼材が強く接触しやすい可能性があっ たが、Photo 2 (iii) のように人力によって無理なく挿入でき ることが確認できた.最後に両端のガセットPLを溶接し, 完成となる. なお, 突合せ溶接部は, 組立て後に見え隠れ となるため、Photo 2(ii)のように組立て前にUT検査を行 っている.以上より、部材長さ10mの長尺折返しブレース が、特殊な技術を用いることなく容易に製作できた.

# 5. まとめ

以上,長尺折返しブレースの開発主旨および実大加力実験に用いる試験体の製作状況について示した.次報(その2) では実大加力実験の概要および結果を示す.

【参考文献】1) 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 2) 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1~7), AIJ 大会, C-1, pp.747-750, 2012.9, pp.1287-1292, 2013.8, pp.1051-1052, 2014.9, pp.1077-1078, 2015.9, 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



Photo 2 Situation of Production of Folded Brace of Long Length

Fig.6 Procedure of Production