

折返しブレースの構造特性に関する実験的研究  
(その1 実験概要および結果)

Experimental Study on Structural Characteristics of Twice Turn Braces  
Part1. Outline and Results of Experiments

○北嶋圭二<sup>3</sup>, 波田雅也<sup>1</sup>, 竹内健一<sup>1</sup>, 木竜雅康<sup>2</sup>, 中西三和<sup>3</sup>, 安達洋<sup>3</sup>

\* Keiji Kitajima<sup>3</sup>, Masaya Hada<sup>1</sup>, Kenichi Takeuchi<sup>1</sup>, Masayoshi Kiryu<sup>2</sup>, Mitsukazu Nakanishi<sup>3</sup>, Hiromi Adachi<sup>3</sup>

**Abstract:** This paper describes an outline and the result of the longitudinal loading test about the Twice Turn Braces.

1. はじめに

折返し機構を用いて軸降伏変位を大きくし、層間変形角 1/200rad 程度まで降伏しない“折返しブレース”を用いれば、ブレース材の少量設置が可能となり、剛性制御・耐力制御の観点から合理的なブレース構造が実現する<sup>[1]</sup>。

折返しブレースとは、径が異なる3本の鋼管を、一筆書きの要領で折返して互いに接合させ、実際の部材長さを見つけ長さの3倍程度に長くすることにより、軸降伏変位が大きくなるブレース材である(ここで、最も内側の鋼管から順に内鋼管、中鋼管、外鋼管と呼ぶ)。また、折返しブレースは、各々の鋼管に作用する軸力(圧縮・引張)が互いに反転するので、内鋼管単体では座屈してしまう場合でも、内鋼管の座屈を引張力が作用している中鋼管が拘束するので、座屈が生じにくいという特長を有している。

本研究では、折返しブレースの座屈挙動を実験的に明らかにすることを目的として、内・中・外鋼管とも各々単体では弾性座屈するような細長比の鋼管を用いて折返しブレース試験体を作製し、各々の鋼管単体の試験体および折返しブレース試験体に対する軸方向加力実験を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体 試験体名称は、内鋼管単体の試験体の細長比で表記することとし、λ180タイプとλ450タイプの2つの

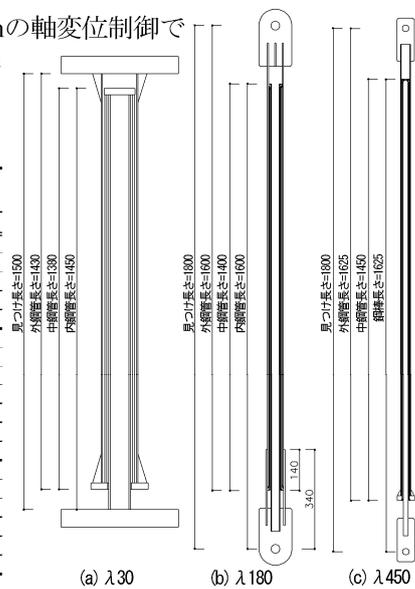
タイプの試験体を作製した。なお、比較・検討のために、本研究では、既往の研究<sup>[2]</sup>で使用した試験体(λ30タイプ)の実験結果もあわせて検討した。

試験体諸元をTable1に、試験体形状をFig.1に示す。試験体数は、λ30タイプでは内鋼管単体、外鋼管単体および折返しブレースの3体、λ180・λ450タイプでは、内鋼管(λ450タイプ:鋼棒)単体、中鋼管単体、外鋼管単体および折返しブレースの各々4体、計11体である。試験体は、実物の約1/3スケールを想定し、内鋼管の断面積を最も小さくすることで、折返しブレースの軸耐力が内鋼管の軸耐力で決定するように設計した。以後、内鋼管を芯材と称する。Table1中の部材長さは、単体試験体では見つけ長さ(支点間距離)を、折返しブレースを構成している各部材ではFig.1中に記した長さを示しており、細長比は部材長さに境界条件(λ30:両端固定, λ180・λ450:両端ピン)を考慮し算定した。

2.2 加力方法 加力方法は、圧縮載荷側で軸降伏または座屈が確認されるまで荷重制御で載荷し、その後は軸変位制御で5,10,15,20,30mmと正負交番載荷することを基本とした(λ450タイプの折返しブレースに対しては、加力初期から5,10,15,20,25mmの軸変位制御で載荷)。計測項目は荷重と軸変位であり、

Table1 List of Test Specimens

タイプ	試験体	鋼種	断面形状	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	見つけ長さ (支持条件) [mm]	部材長さ [mm]	材料特性 <sup>※1</sup>		限界 <sup>※2</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]	細長比 <sup>※3</sup> (規格値)	短期許容応力度 [N/mm <sup>2</sup> ]	
							降伏点 [N/mm <sup>2</sup> ]	引張強さ [N/mm <sup>2</sup> ]			引張	圧縮
λ 30	折返しブレース	STKR400	75 × 75 × 6.0	1,560	1,500 (両端固定)	1,450	410	504	91(120)	36	235	206
			100 × 100 × 6.0	2,160		1,380	467	524	85(120)	36	235	202
			125 × 125 × 4.5	2,120		1,430	350	459	98(120)	20	235	227
			75 × 75 × 6.0	1,560		1,500	410	504	91(120)	27	235	218
λ 180	折返しブレース	STKM13A	φ 31.8 × 3.0	271	1,800 (両端ピン)	1,600	387	513	93(120)	159	235	56
			φ 42.7 × 3.5	431		1,400	402	500	92(120)	104	235	123
			φ 54.0 × 3.5	555		1,600	364	497	96(120)	91	235	144
			φ 65.0 × 5.0	942		-	370	488	-	-	-	-
λ 450	折返しブレース	SS400	φ 16.0	201	1,800 (両端ピン)	1,625	341	513	77(120)	406	235	8
			φ 25.4 × 3.2	223		1,450	398	499	90(120)	183	235	42
			φ 34.0 × 2.6	256		1,625	443	440	113(120)	146	235	66
			φ 16.0	201		1,800	341	513	77(120)	450	235	7
λ 450	鋼棒単体	SS400	φ 25.4 × 3.2	223	1,800 (両端ピン)	1,800	398	499	90(120)	227	235	27
			φ 34.0 × 2.6	256		1,625	443	440	113(120)	162	235	54



※1:材料特性は引張試験結果 ※2:限界細長比は材料特性を、○内は設計基準強度を用いて算出 ※3:λ30タイプは、折返しブレースの内・外鋼管の細長比を一端固定他端ピンとして算出

1 : 青木あすなる建設株式会社 Asunaro Aoki Construction Co., Ltd. 2 : 大成建設(前:日大理工・院・海建) Taisei Corporation. 3 : 日大理工・教員・海建 Prof., Nihon Univ. Dr.Eng.

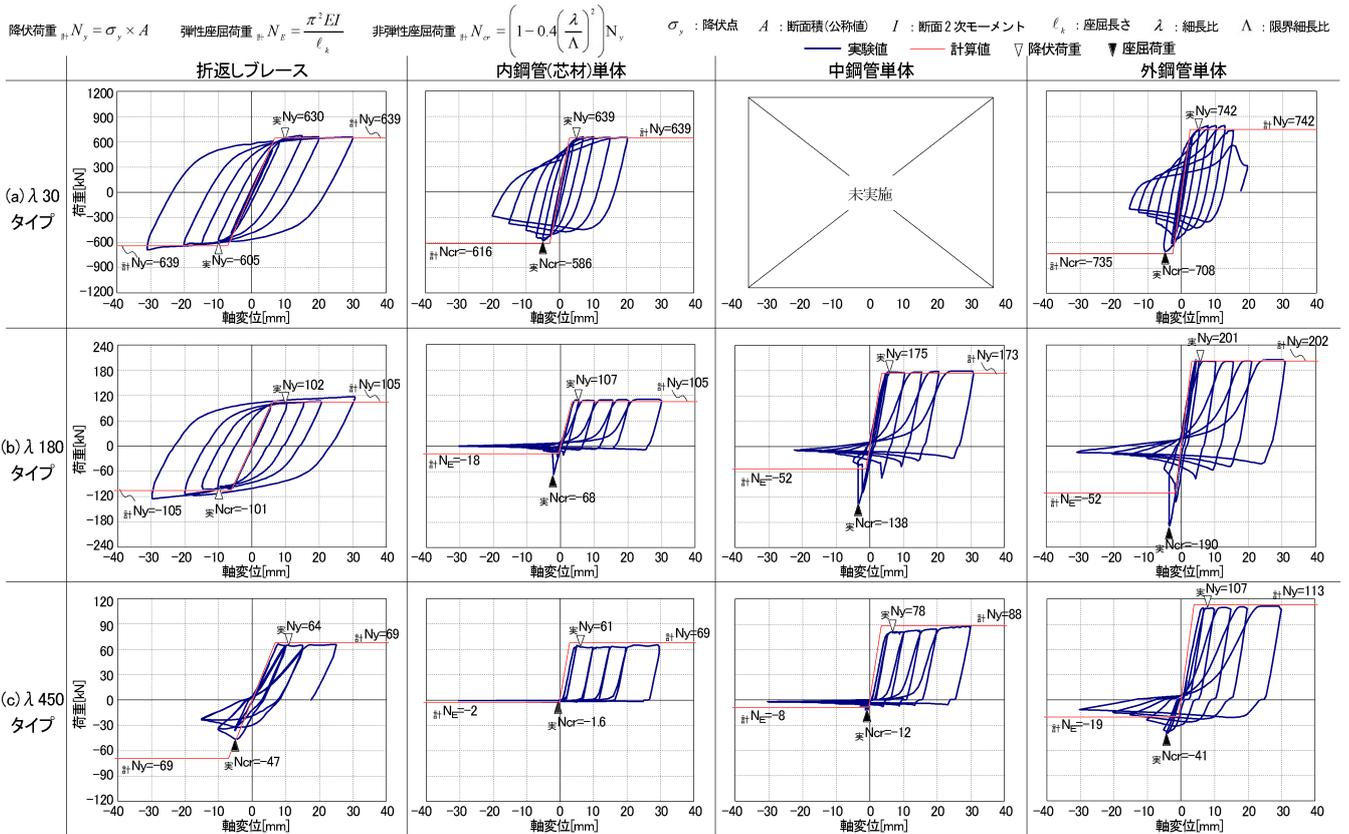


Fig.2 Axial Force - Axial Displacement

加力装置のロードセルと内部変位によって計測した。なお、 $\lambda 450$ タイプの折返しブレースは、鋼棒がむき出しになっている箇所が局部的に座屈(首折れ座屈)しないようにするため、外鋼管端部の面外変形を拘束して実験を行った( $\lambda 180$ タイプの折返しブレースにはさや管を設置)。

### 3. 実験結果

**3.1 軸力-軸変位関係** 実験で得られた軸力-軸変位関係をFig.2に示す。実験値の降伏荷重は実験結果の0.2%オフセット耐力で評価し、座屈荷重は圧縮加力時の最大荷重とした。計算値の降伏荷重および弾性座屈荷重・非弾性座屈荷重は、Fig.2欄外に示す式で算定した。

まず、内(芯)・中・外鋼管単体の試験体を見ると、 $\lambda 30$ タイプでは、非弾性座屈荷重と同程度の荷重で座屈が発生した後、サイクルを重ねるごとに徐々に耐力低下が生じ、 $\lambda 180$ タイプおよび $\lambda 450$ タイプでは、座屈が発生すると急激に耐力低下が生じ、その後は弾性座屈荷重前後の荷重で推移する典型的な引張ブレースの挙動を示した。

一方、折返しブレースを見ると、 $\lambda 30$ タイプおよび $\lambda 180$ タイプでは、圧縮・引張载荷時とも座屈せず、理想的な紡錘型の履歴形状を示したのに対して、 $\lambda 450$ タイプでは、圧縮载荷時に座屈が発生し、耐力低下が生じた。

**3.2 折返しブレースと芯材単体の降伏変位の比較** 折返しブレースおよび芯材単体の軸力-軸変位関係の包絡曲線をFig.3に示す。包絡曲線上の○が短期許容応力度到達時、●が弾性限界時(0.03%オフセット耐力時の軸変位)

を示している。また図中には、ブレース材の角度が45度とした時の層間変形角も合わせて示している。図より、折返しブレースの降伏変形は、芯材単体の約2.0倍に拡大していること、折返しブレースでは1/200程度の変形レベルまで短期許容応力度に到達していないことが確認できる。

### 4. まとめ

以上、実験概要および結果について示した。

【参考文献】 その2にまとめて示す。

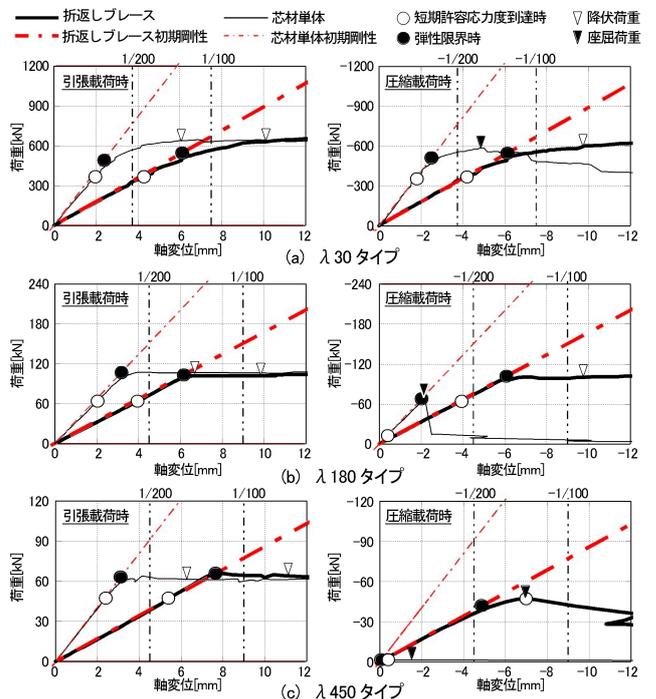


Fig.3 Comparison of Yield Displacement (Envelope curve)