

繰返し荷重下における折返しブレース芯材の限界変形性能に関する研究

その1 単調圧縮荷の区間分けと限界変位

Study on the Critical Performance of the Folded-Brace Core Member using Circular Tube.

Part.1 Segmentation and critical displacement of monotonic compression loading.

○関祥汰<sup>1</sup>, 杉山浩隆<sup>1</sup>, 波田雅也<sup>2</sup>, 中西三和<sup>3</sup>, 安達洋<sup>4</sup>, 北嶋圭二<sup>5</sup>

\*Syouta Seki<sup>1</sup>, Hirotaka Sugiyama<sup>1</sup>, Masaya Hada<sup>2</sup>, Mitsukazu Nakanishi<sup>3</sup>, Hiromi Adachi<sup>4</sup>, Keiji Kitajima<sup>5</sup>

Abstract: The purpose of this study is to investigate the local buckling behavior of the core material of the folded brace under gradual loading. In this report (Part 1), the limit displacement is investigation by dividing the experimental results of monotonic compression loading into demarcation.

1. はじめに

折返しブレースは、断面の異なる3本の鋼材(芯材, 中鋼管, 外鋼管)を折返し直列接合した耐震ブレースで(Fig.1)<sup>1)</sup>, 軸降伏変位増大効果(Fig.2)と, 座屈拘束効果(Fig.3)を有する。また, 折返しブレースの変形性能の限界(限界変位)は, 芯材の局部座屈で決まる(Photo1)<sup>1)</sup>。そこで先行研究では, 芯材の局部座屈挙動を把握するために円形鋼管断面の径の3倍の長さである3D試験体と径の6倍の長さである6D試験体(Table 1)の短柱試験体を用いた荷重実験(単調圧縮荷, 繰返し荷重)を行っている<sup>1)</sup>。実験結果より, 局部座屈の発生する区間(局部座屈区間)は試験体長さによらず一定(Photo.2)であることを確認した。局部座屈区間が一定であることから変形を「局部座屈区間」と「局部座屈の発生しない区間(その他の区間)」に分離することを試みている。(Fig.4)<sup>2)</sup>。一方, 繰返し荷重では, 各区間ごとの変形を実験結果から分離できていないため, 繰返し荷重時の局部座屈挙動について十分な評価が行われていない。

そこで本研究では, 繰返し荷重時の局部座屈挙動を

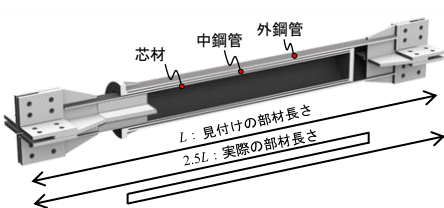


Fig.1 Folded Brace(perth)

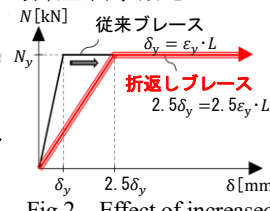


Fig.2 Effect of increased yield displacement.

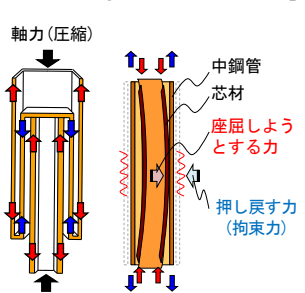


Fig.3 Buckling restraint effect

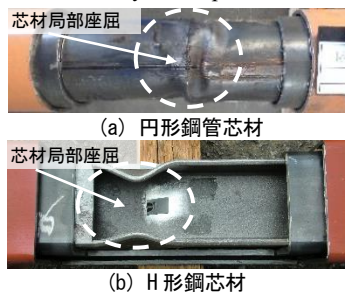


Photo.1 Local buckling of core member

明らかにすることを目的とし, 本報(その1)では, 単調圧縮荷の結果から区間の長さを評価し, 局部座屈区間とその他の区間の変位を評価することで, 限界変位について検討する。

2. 単調圧縮荷

2.1 局部座屈区間とその他の区間の区間分け

単調圧縮荷実験の結果を用いて, 局部座屈区間と局部座屈の発生しないその他の区間に区間分けを行う。なお, 3D, 6D試験体の両端部にはリブプレートが溶接されていることから試験体両端部に剛域があることを考慮し「計測した変位」と「試験体中央のひずみ(計測ひずみ)×(試験体長さ-剛域長さ)」が同程度となるような長さ0.5D(44.8mm)で剛域長さを評価した。試験体長さから剛域長さを差し引いた長さを可撓長さLとして以降の検討に用いる。局部座屈区間の長さは3D, 6D

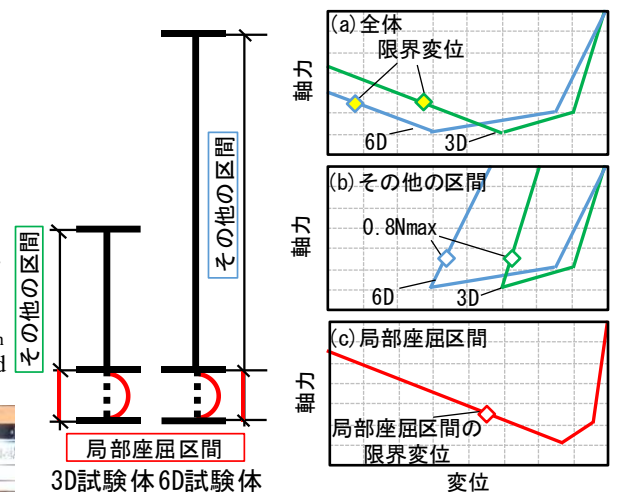


Fig.4 Conceptual diagram of segmentation (monotonic compression loading)

Table 1 Short column test specimen specifications

	断面形状 O × D × t	実長 L [mm]	軸剛性 K [kN/mm]	降伏軸力 Ny [kN]	降伏変位 δy [mm]
3D試験体	89.5 × 3.0	267	694	307	0.49
6D試験体		534	333		0.98

1 : 日大理工・院 (前)・海建 2 : 青木あすなる建設 (日大理工・客員研究員) 3 : 日大理工・元教員(上席研究員)  
4 : 日大名誉教授 5 : 日大理工・教員・海建

試験体ともに 0.5D(44.8mm)で共通とし、可撓長さから局部座屈区間の長さを差し引くことで局部座屈が発生しない区間(その他の区間)の長さを算出した(Fig.5)。区間ごとの変位は次のように算出する。

- (i)計測ひずみ  $\epsilon$  にその他の区間の長さ  $L_a$  を乗じてその他の区間の変位  $\delta_a$  を算出する( $\epsilon \times L_a = \delta_a$ )。
- (ii)全体の変位  $\delta$  からその他の区間の変位  $\delta_a$  を差し引いて局部座屈区間の変位  $\delta_b$  を算出する( $\delta - \delta_a = \delta_b$ )。

## 2.2 限界変位の検討

3D, 6D 試験体の最大軸力( $N_{max}$ )から 80%低下した点(0.8 $N_{max}$ )の変位を限界変位とし、限界変位について検討する。3D, 6D 試験体の各区間の  $N_{max}$ , 0.8 $N_{max}$  到達時の軸力, 変位を Table 2 に、軸力  $N$  と算出した変位  $\delta$  を各区間の長さで除したひずみ  $\epsilon$  の関係を Fig.6 に示す。局部座屈区間の  $N-\epsilon_b$  関係と、その他の区間の  $N-\epsilon_a$  関係では 3D, 6D 試験体ともに概ね一致した履歴を示すことが確認できる。

Fig.7 (a)に試験体全体の  $N-\delta$  関係, (b) にその他の区間の  $N-\delta_a$  関係を, (c) に局部座屈区間の  $N-\delta_b$  関

係を示す。Fig.7 (a)より、試験体長さが異なるため  $N-\delta$  関係は異なり、全体の 0.8 $N_{max}$  時の変位は 3D で 7.1mm, 6D で-12.8mm となった。Fig.7 (b)よりその他の区間は最大軸力以降、局部座屈区間の耐力低下に伴い、除荷となっていることがわかる。また、3D, 6D 試験体で長さが異なるため長さに応じて  $\delta_a$  に差が生じており、0.8 $N_{max}$  時の変位は 3D で-3.5mm, 6D で-9.2mm となった。Fig.7 (c) では、3D, 6D 試験体の局部座屈区間は両試験体で同じ長さのため、 $N-\delta_b$  関係は一致しており、限界変位も-3.5mm で同様の結果となった。

すなわち、3D, 6D 両試験体の限界変位(Fig.7 (a))は、局部座屈区間の変位が-3.5mm に到達したときに軸力が 0.8 $N_{max}$  まで低下したことにより決定付けられたと解釈できる。

## 3. まとめ

本報(その 1)では、単調圧縮荷重実験結果に基づき、試験体長さを「局部座屈区間」と「その他の区間」に区間分けを行い、試験体の軸力  $N$ -軸変位  $\delta$  関係と各区間の  $N-\delta$  関係について検討した。得られた知見を以下に示す。

- ・「局部座屈区間」と「その他の区間」の軸力  $N$ -軸ひずみ  $\epsilon$  関係は、3D, 6D 両試験体で概ね一致する。
- ・3D, 6D 両試験体の「局部座屈区間」の軸力  $N$ -軸変位  $\delta$  関係は一致しており、「局部座屈区間」の変位が-3.5mm に到達したときに軸力が 0.8 $N_{max}$  まで低下したことにより、3D, 6D 両試験体での限界変位が決定付けられる。

## 4. 参考文献

その 2 にまとめて示す。

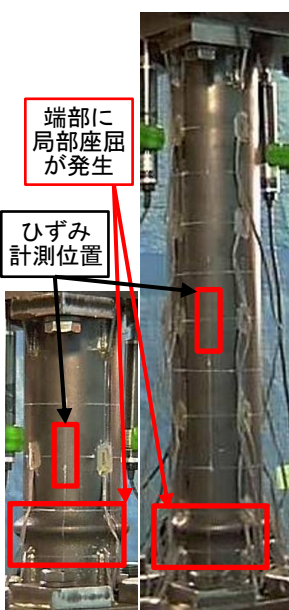


Photo.2 Occurrence of local buckling

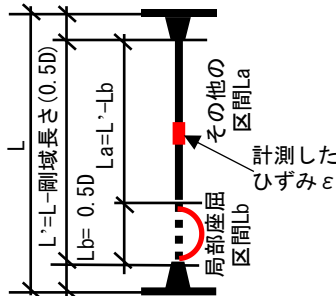


Fig.5 Deformation model of an interval

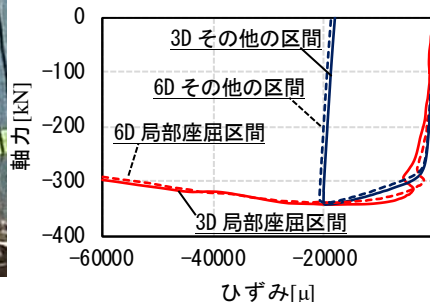
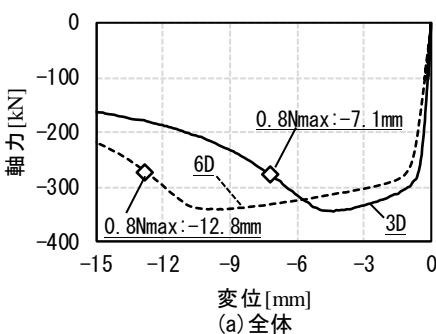
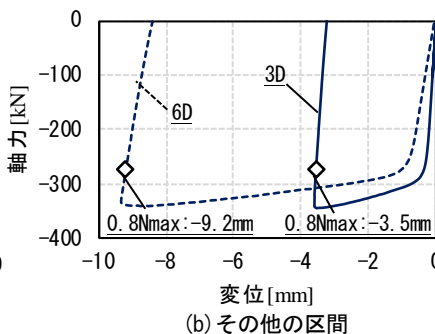


Fig.6 Calculated  $N-\epsilon$  relationship

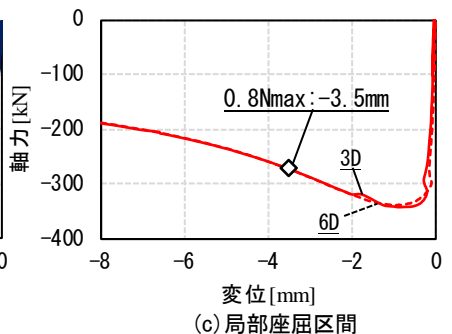
		$N_{max}$		0.8 $N_{max}$	
		軸力 [kN]	変位 [mm]	軸力 [kN]	変位 [mm]
3D試験体	局部座屈区間		-0.9		-3.5
	その他の区間	-343.1	-3.5	-271.7	-3.5
	全体		-4.4		-7.1
6D試験体	局部座屈区間		-0.8		-3.6
	その他の区間	-339.9	-8.5	-270.1	-9.2
	全体		-9.4		-12.8



(a) 全体



(b) その他の区間



(c) 局部座屈区間

Fig.7  $N-\delta$  relationship