



たときに芯材に座屈が生じることとなる(式(2)).

$$N_c = \frac{M_{y(N_c)}^B}{s} \quad \dots (2)$$

ただし、 $N_c$  : 中鋼管により芯材の座屈を防止できる限界軸力(座屈荷重の推定値)  
 $M_{y(N_c)}^B$  : 中鋼管の降伏モーメント( $N=N_c$ )

したがって、この軸力 $N_c$ が、中鋼管により芯材の座屈を防止できる限界軸力であり、芯材の座屈荷重の推定値 $N_c$ となる。ここで、式(2)の $N_c$ が作用している時の中鋼管の曲げ降伏モーメント $M_{y(N_c)}^B$ は式(3)のように表すことができるので、 $N_c$ は式(4)のように陽なかたちで算定することができる。

$$M_{y(N_c)}^B = M_{y(0)}^B - N_c \cdot \frac{M_{y(0)}^B}{N_y^B} \quad \dots (3)$$

ここで、 $\frac{M_{y(0)}^B}{N_y^B} = \frac{Z^B}{A^B}$

ただし、 $N_y^B$  : 中鋼管の軸耐力  $A^B$  : 中鋼管の断面積  
 $Z^B$  : 中鋼管の断面係数  $M_{y(0)}^B$  : 中鋼管の降伏モーメント( $N=0$ )

式(2)、式(3)より

$$N_c = M_{y(0)}^B / \left( s + \frac{M_{y(0)}^B}{N_y^B} \right) \quad \dots (4)$$

また、この関係は折返しブレースに引張荷重が作用し中鋼管が圧縮状態となり、中鋼管の座屈を外鋼管が拘束している時にも同様に当てはめることができ、式(4)中の $M_{y(0)}^B$ および $N_y^B$ の値に外鋼管の特性値を用いれば、中鋼管の座屈荷重の推定値 $N_c$ として算定される。Table 2に、式(4)によって算定した $\lambda 30 \cdot \lambda 180 \cdot \lambda 450$ 各タイプの折返しブレースの座屈荷重の推定値 $N_c$ を示す。表中には、折返しブレース圧縮時の芯材(拘束材：中鋼管)の座屈荷重の推定値と、折返しブレース引張時の中鋼管(拘束材：外鋼管)の座屈荷重の推定値を示している。

### 3.2 実験結果と座屈荷重の推定値の比較

Fig.4に、Table2で算定した各タイプの折返しブレースの座屈荷重の推定値と実験結果を比較して示す。縦軸は、各タイプの芯材単体の引張降伏荷重 $N_{y(0)}$ の実験値で規準化して表記している。●が折返しブレースの降伏荷重または座屈荷重の実験結果を、—がTable2で算定した座屈荷重の推定値を示している。また、図中には各々の鋼管単体の座屈荷重(実験値▲、計算値×)もあわせて示している。芯材と外鋼管に対しては圧縮荷重時の値であり、中鋼管に対しては引張荷重時の値(中鋼管自体には圧縮荷重が作用)である。

まず図中の実験結果(●)のみについて見てみると、 $\lambda 30 \cdot \lambda 180$ タイプの圧縮・引張時および $\lambda 450$ タイプの引張時には、芯材および中鋼管は座屈せず、芯材単体の引張荷重に実験結果が達している(縦軸が1.0)ことがわかる。一方、 $\lambda 450$ タイプの圧縮時の実験値は、縦軸が1.0を下回っており、芯材ないしは外鋼管が座屈したことで芯材単体の引張降伏荷重に達していないことが確認できる。

次に、これらの実験結果(●)と座屈荷重の推定値(—)を比較してみると、座屈が発生しなかった $\lambda 180$ タイプの圧縮・引

Table2 Estimate of The Buckling Load (Twice Turn Braces)

タイプ	荷重方向	圧縮材(拘束材)	断面積		軸耐力	曲げ耐力	隙間	座屈荷重の推定値
			$A^B$ [cm <sup>2</sup> ]	$Z^B$ [cm <sup>3</sup> ]				
$\lambda 30$	圧縮時	芯材-(中鋼管)	21.6	62.3	1009	29094	13.0	-695
$\lambda 180$	圧縮時	芯材-(中鋼管)	4.3	3.9	175	1587	3.9	-122
	引張時	中鋼管-(外鋼管)	5.6	6.6	201	2385	4.3	148
$\lambda 450$	圧縮時	芯材-(中鋼管)	2.2	1.1	78	387	3.0	-49
	引張時	中鋼管-(外鋼管)	2.6	1.9	107	784	3.4	73

$A^B, Z^B$  : 拘束材の断面積、断面係数(JIS規格値)  $N_y^B$  : 拘束材の降伏荷重(中・外鋼管単体部材実験値)  
 $M_{y(0)}^B$  : 拘束材の降伏モーメント(軸力0)  $s$  : 拘束材の内径(圧縮材の外径)

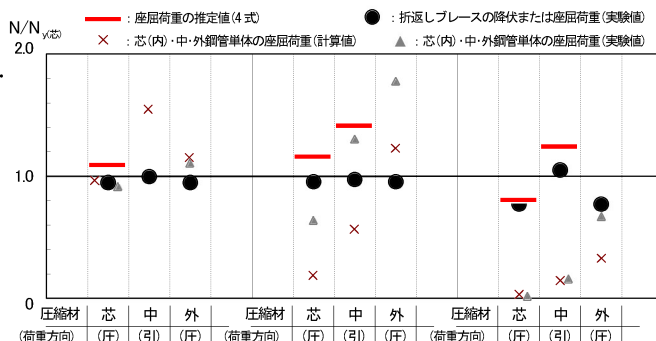


Fig.4 Comparison of Estimate and Results

張時および $\lambda 450$ タイプの引張時には、推定値が1.0を上回っているのに対し、座屈が発生した $\lambda 450$ タイプの圧縮時には芯材の座屈荷重推定値と実験結果が良く一致していることが確認できる。すなわち、座屈が発生した $\lambda 450$ タイプでは、中鋼管で拘束できる限界軸力が芯材単体の引張降伏荷重より小さかったため、折返しブレースに座屈が生じてしまったものと考えられる。なお、 $\lambda 30$ タイプの引張荷重時(中鋼管圧縮時)の場合は、中鋼管単体の座屈荷重(×)が芯材単体の引張降伏荷重より大きな値であるため中鋼管は座屈せず折返しブレース全体にも座屈が発生しなかったものと考えられる。以上、折返しブレースの座屈拘束メカニズムに基づいて算定した座屈荷重の推定値を用いることにより、折返しブレースに座屈が発生するか否かについて説明可能であることが確認できた。

### 4. まとめ

以上、本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- $\lambda 180$ タイプと $\lambda 450$ タイプの折返しブレースは、ともに各々の鋼管単体では弾性座屈してしまうにも拘らず、 $\lambda 180$ タイプでは座屈せずに理想的な紡錘形の履歴性状を示し、 $\lambda 450$ タイプでは座屈が生じるという異なる結果を得た。
- 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1/200rad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を確認した。
- 折返しブレースの座屈拘束メカニズムに基づいて算定した座屈荷重の推定値を用いることにより、折返しブレースに座屈が発生するか否かについて説明できた。

【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, その2), AIJ大会, C-1, pp.975-976, 2010.9, pp.861-862, 2011.8 [2]北嶋ほか：超弾性柔要素部材を組み込んだ次世代制震構造システムの研究開発(その2, その5), AIJ大会, B-2, pp.827-828, 2007.8, pp.615-616, 2008.9