

折返しブレースの座屈拘束メカニズムに関する研究

その2 検証実験の結果

Study on Buckling Restraint Mechanism of Folded-Brace

Part2 Result of Verification Experiment

○山本圭太¹, 波田雅也², 村井克綺², 竹内健一², 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋⁴

* Keita Yamamoto¹, Masaya Hada², Katsuki Mura², Kenichi Takeuchi², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁴

Abstract: This paper shows the results of the verification experiment.

1. はじめに

本報(その2)では, 前報(その1)で誘導した折返しブレースが全体座屈しない“限界軸力 N_c ”の妥当性を検証するために行った, 単調圧縮載荷実験の結果について示す.

2. 座屈拘束メカニズムと限界軸力 N_c

芯材と中鋼管の隙間 s のみが異なる試験体4体(S03,S13,S35,S53)の軸力-軸変位関係について比較・検討する.

2.1 最大軸力 N_{max} の比較

各試験体の最大軸力 N_{max} を Fig.1 中に■印で示す. 図より, N_{max} は隙間 s が最小の試験体 S03 で最も大きな値(58.5kN)であり, これは中鋼管の軸降伏耐力($N_y=59.7$ kN)と同程度である. また, 隙間 s が大きくなるにつれて N_{max} 小さくなっている(N_{max} 時の軸変位は, 隙間 s が大きくなるにつれて大きくなっている). 各試験体とも, N_{max} が芯材の軸降伏耐力(芯 $N_y=74.5$ kN)より十分小さかったことから, 芯材は軸降伏しておらず, 試験体計画(前報(その1))の意図通り, 折

返しブレースが限界軸力に達して座屈したことがわかる. なお, 参考値として芯材単体(中鋼管無し)を単調圧縮載荷した結果, 他の試験体に比べて極めて小さな軸力 ($N=11.1$ kN)で弾性座屈した.

2.2 限界軸力(降伏軸力 $N_{0.2}$, 弾性限軸力 $N_{0.03}$)の比較

本節では, 中鋼管(拘束材)の縁ひずみに着目し, 各試験体の限界軸力を比較・検討する. 実験に用いた中鋼管は, Fig.2(中鋼管の引張試験結果)からわかるように明瞭な降伏点を持たない. そこで, 中鋼管の部材中央(前報(その1)に示すひずみゲージ貼付位置③)で計測したひずみ4箇所のうち1箇所でも, 縁ひずみ ϵ が降伏ひずみ $\epsilon_{0.2}$ に到達した時の軸力を降伏軸力 $N_{0.2}$, 弾性限ひずみ $\epsilon_{0.03}$ に到達した時を弾性限軸力 $N_{0.03}$ と定義する. $\epsilon_{0.2}$, $\epsilon_{0.03}$ とは, それぞれ中鋼管の0.2%オフセット耐力, 0.03%オフセット耐力時のひずみである(Fig.2). Fig.1 中には, 各試験体の降伏軸力 $N_{0.2}$ を▲印で, 弾性限軸力 $N_{0.03}$ を●印で示す. 図より, $N_{0.2}$, $N_{0.03}$ は隙間 s が最小の試験体 S03 で最も大きな値となり, 隙間 s が大きくなるにつれて小さくなっている($N_{0.2}$, $N_{0.03}$ 時の変位は, 隙間 s が大きくなるにつれて小さくなっている). Fig.3 には, N_{max} , $N_{0.2}$, $N_{0.03}$ と隙間 s の関係を示す. 図より, N_{max} , $N_{0.2}$, $N_{0.03}$ は, いずれも隙間 s が小さいほど大きな値(数値は Table 1 に記載)になることが確認できる.

2.3 軸剛性の比較

Fig.1 より, 軸力 20kN 程度までの軸剛性は各試験体とも概ね同じであり, 剛性計算値(破線)に良く対応している. その後, 隙間 s が大きい試験体ほど早期に剛性低下し始め, その傾向は弾性限軸力 $N_{0.03}$

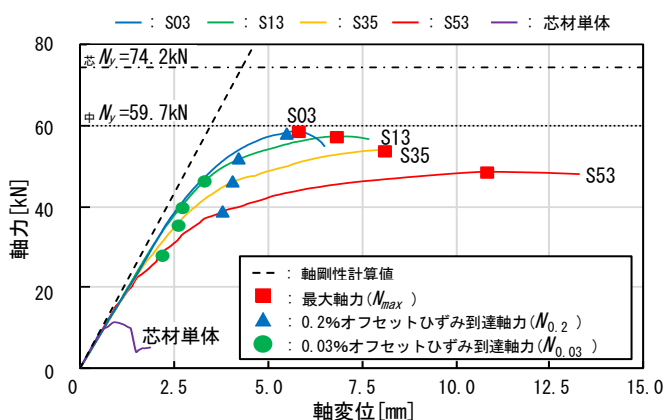


Fig.1 Axial force - Axial deformation relationship

Table 1 Axis force list of experiment result

試験体	$N_{0.03}$ [kN]	$N_{0.2}$ [kN]	N_{max} [kN]
S03	46.3	58.2	58.5
S13	39.9	50.9	57.1
S35	35.4	45.8	53.9
S53	28.2	38.7	49.0
芯材単体	-	-	11.1

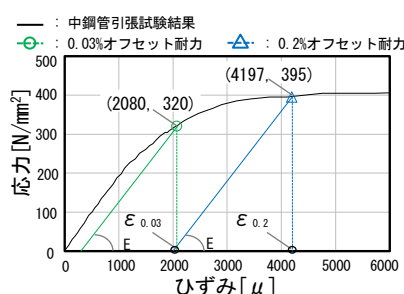


Fig.2 Tensile test results of Medium steel pipe

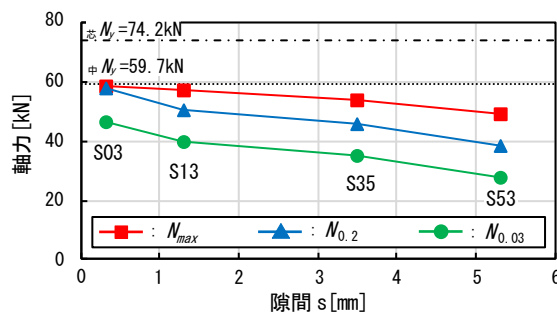


Fig.3 Comparison of Axial forces of each gap

1 : 日大理工・院 (前)・海建

2 : 青木あすなる建設株式会社

3 : 日大理工・教員・海建

4 : 日大・名誉教授

を超えた辺りから顕著となっている。

3. 中鋼管ひずみデータの検討

前報(その 1)で示した座屈拘束メカニズムの妥当性を確認するため、中鋼管のひずみデータについて検討する。

3.1 曲率分布の比較 中鋼管の部材中央断面(③)の縁ひずみが弾性限ひずみ $\epsilon_{0.03}$ に到達した時の曲率分布を Fig.4 に示す。図より、各試験体とも縁ひずみ($\epsilon_{0.03}=2080\mu$) は同じであるにもかかわらず、隙間 s が大きい試験体ほど曲率が大きくなっていることがわかる。また、いずれの試験体も部材中央断面(③)の曲率が最も大きく、両端に向かうにつれて小さくなっており、前報(その 1)で示した検討モデルの変形状態と似た形状となっていることから、検討モデルの妥当性が確認できる。

3.2 軸ひずみ ϵ_t と曲げひずみ ϵ_b の割合 前報(その 1)で示したように、中鋼管(拘束材)には引張軸力と曲げモーメントが作用する。本節では、実験で得られた中鋼管の縁ひずみ ϵ を、Fig.6 に示す要領で軸ひずみ ϵ_t と曲げひずみ ϵ_b に分離し、その割合について各試験体を比較することで、検討モデルの妥当性を検討する。Fig.5 には、部材中央断面(③)における軸ひずみ ϵ_t と曲げひずみ ϵ_b の割合を示す。Fig.5(a)は縁ひずみが弾性限ひずみ $\epsilon_{0.03}$ に到達した時点、Fig.5(b)は降伏ひずみ $\epsilon_{0.2}$ に到達した時点である。図より、隙間 s が最も小さな試験体 S03 では、 ϵ_t の割合が全体の約 9 割を占めている。また、隙間 s が大きくなるにつれて ϵ_b の割合が大きくなり、S53 試験体では ϵ_t と ϵ_b の割合が同程度となっている。これは、隙間 s が小さいほど中鋼管に作用する曲げモーメント(曲げ抵抗力)が小さく、負担できる引張軸力が大きくなることを示しており、Fig.3 に示した結果(隙間 s が小さいほど N_{max} , $N_{0.2}$, $N_{0.03}$ が大きくなったこと)と良く対応している。また、前報(その 1)で述べたように、隙間が無ければ($s=0$)引張軸力による拘束力 $2P_2$ のみが発生し、隙間があれば($s \neq 0$)引張軸力による拘束力 $2P_2$ と曲げ抵抗による拘束力 $2P_3$ が発生することを示しており、検討モデルの妥当性が確認できる。

4. 限界軸力 N_c と実験値の比較

限界軸力の算定値($N_{c0.03}$, $N_{c0.2}$)と、実験値($N_{0.03}$, $N_{0.2}$)を比較して Table 2 および Fig.7 に示す。図表より、限界軸力の算定値と実験値が良く対応していることから、前報(その 1)で示した座屈拘束メカニズムに基づいて誘導した限界軸力 N_c の妥当性が確認できる。

5. まとめ

以上、本報(その 2)では、前報(その 1)で誘導した折返しブレースが全体座屈しない限界軸力 N_c の妥当性を実験的に確認した。得られた知見を以下にまとめる。

- ・最大軸力 N_{max} および限界軸力 $N_{0.03}$, $N_{0.2}$ の実験値は、芯材と中鋼管の隙間 s が小さいほど大きな値となった。
- ・中鋼管(拘束材)の曲率分布の形状は、座屈拘束メカニズムの検討モデルで想定した変形状態と良く対応したことから、検討モデルの妥当性が確認できた。
- ・限界軸力の算定値($N_{c0.03}$, $N_{c0.2}$)と実験値($N_{0.03}$, $N_{0.2}$)が良く対応していることから、前報(その 1)で誘導した限界軸力 N_c の妥当性が確認できた。

【参考文献】1) 波田, 北嶋ほか: 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, pp.1287-1292, 2013, pp.1051-1052, 2014, pp.1077-1078, 2015
2) 波田, 北嶋ほか: 細長比 533 の極細芯材を用いた折返しブレースの実験的研究, AIJ 大会, C-1, pp.1053-1054, 2014

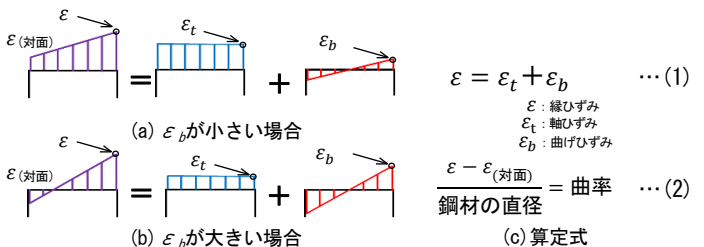
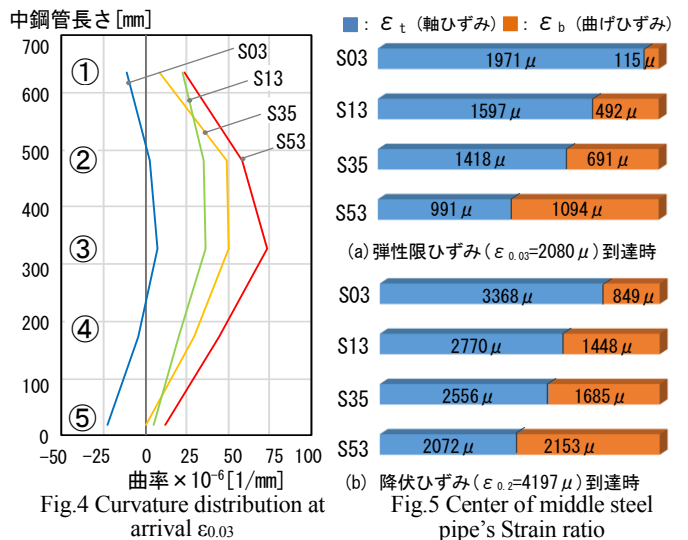


Fig.6 Procedure for calculating Axial distortion and Bending

Table 2 Comparison between calculated value of Maximum axial force and Experimental value

試験体	算定値		実験値		実験値/算定値	
	$N_{c0.03}$ [kN]	$N_{c0.2}$ [kN]	$N_{0.03}$ [kN]	$N_{0.2}$ [kN]	$\frac{N_{0.03}}{N_{c0.03}}$	$\frac{N_{0.2}}{N_{c0.2}}$
S03	46.0	56.8	46.3	58.2	101%	103%
S13	39.6	48.9	39.9	50.9	101%	104%
S35	30.4	37.5	35.4	45.8	116%	122%
S53	24.6	30.4	28.2	38.8	114%	128%

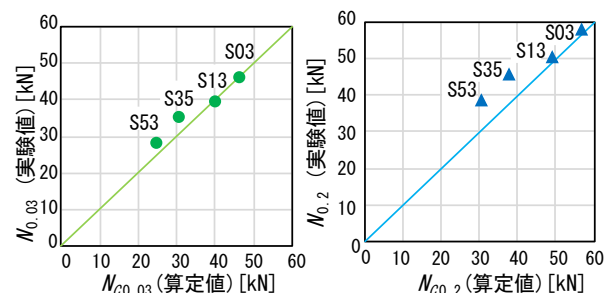


Fig.7 Correlation diagram between calculated value of Maximum axial force and experimental value