

軸方向圧縮力を受ける箱形断面鋼部材の耐荷力特性に関する実験的研究

株式会社ハルテック 正会員 ○吉浦 健太
大阪大学大学院 正会員 小野 潔

大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀
大阪大学大学院 学生会員 谷上 裕明
大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 研究背景および目的

溶接接合により組み立てられる薄肉箱形断面である鋼製柱部材は、圧縮力の作用により、板パネルの局部座屈と部材全体の全体座屈とが連成する複雑な弾塑性挙動を呈する。薄肉箱形断面部材の1つであり、曲げモーメントが卓越して作用する鋼製橋脚については、兵庫県南部地震以降、数多くの実験・解析が実施され、曲げモーメントの繰返し作用に対する座屈の連成挙動や終局強度、ならびに変形性能が明らかにされてきた。一方、鋼トラス橋の弦材のように、軸方向力が卓越して作用する薄肉箱形断面部材については、例えば文献 1)などの既往の研究成果に基づき終局強度の算定は可能であるものの、局部座屈と全体座屈が連成する場合の荷重-面外変位関係は必ずしも明確にされていない。

そこで、本研究では、局部座屈発生が箱形断面柱部材の耐荷力特性に及ぼす影響を明らかにするため、鋼トラス橋弦材の実績調査結果に基づいて断面設計した2体の箱形断面鋼柱供試体²⁾を用いて、軸方向圧縮力を漸増させる単調載荷実験を実施している。

2. 載荷実験の概要

実績調査を参考にして、断面の板パネルの幅厚比パラメータ R^3 および細長比パラメータ λ^3 を、鋼材の降伏点の公称値を用いて、それぞれ $R=0.5, 0.8$ および $\lambda=0.5$ に設定する。図-1 および表-1 には、以上の条件に基づき決定した実験供試体の寸法および供試体名を示す。また、実験供試体には、載荷装置の制約から、断面形状は幅と高さの比が1:0.9となる長方形断面とし、図-2 に示すように、供試体柱の両端にピン治具を介して偏心量 e を設けて軸方向圧縮力を載荷する。このとき、偏心量 e による、軸力による応力 σ_N と曲げモーメントによる応力 σ_M の比が3:1を目標とする。さらに、溶接部が最弱点とならないよう、断面角部は6mmの突出を設けすみ肉溶により接合す

る。なお、実験供試体の製作には板厚9mmのSM490材から切削加工した板厚3.2 および2.6mmの鋼板を用いている。なお、切削加工に伴う鋼材の機械的性質に顕著な差異は認められなかった。

表-1 供試体の断面諸元

供試体名	MS5R5		MS5R8	
	計算値	実験値	計算値	実験値
細長比パラメータ λ	0.5	0.54	0.5	0.54
幅厚比パラメータ R	0.5	0.54	0.8	0.87
弾性係数 E (N/mm ²)	200000	206391	200000	207791
降伏点 σ_y (N/mm ²)	325	391.5	325	387.1
ポアソン比 ν	0.3	0.3	0.3	0.3
板厚 t (mm)	3.2	3.18	2.6	2.57
座屈係数 k	4	4	4	4
フランジ突出長 (mm)	6	6	6	6
辺長比	0.9	0.9	0.9	0.9
b (mm)	75.5	75.5	98.1	98.1
B (mm)	90.7	90.7	112.7	112.7
D (mm)	65.0	65.1	86.0	86.0
d (mm)	68.2	68.3	88.6	88.6
断面積 A (mm ²)	996.5	996.9	1033.1	1033.0
断面二次モーメント I (mm ⁴)	822800.4	823810.0	1424618.9	1424273.9
ピン中心間隔 L (mm)	1119.7	1119.7	1447.0	1447.0
偏心距離 e (mm)	7.70	10.52	10.09	8.89

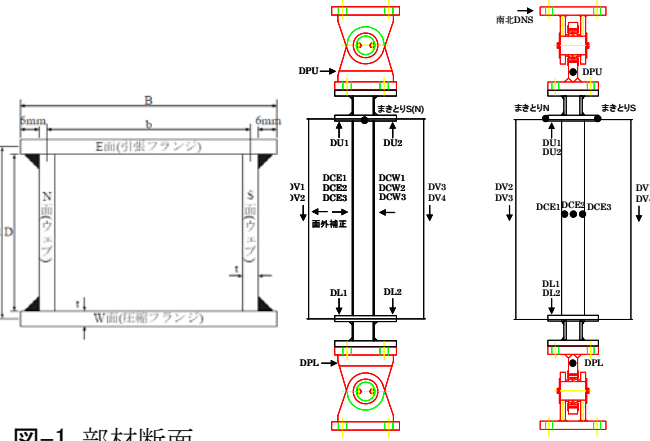


図-1 部材断面

図-2 載荷・計測治具の設置

また、変位計DV1～DV4で軸方向変位を、DCE1～DCE3で面外変位を計測する。なお、軸方向圧縮荷重は十分な耐荷力の低下が認められるまで漸増させる。

3. 実験結果

3.1 残留応力分布

実験供試体と同じ鋼材および溶接条件・工程で残留応力測定用供試体を製作して、残留応力を測定し

キーワード 軸方向力、薄肉箱形断面鋼部材、座屈・耐荷力、単調載荷実験

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 TEL 06-6605-2765

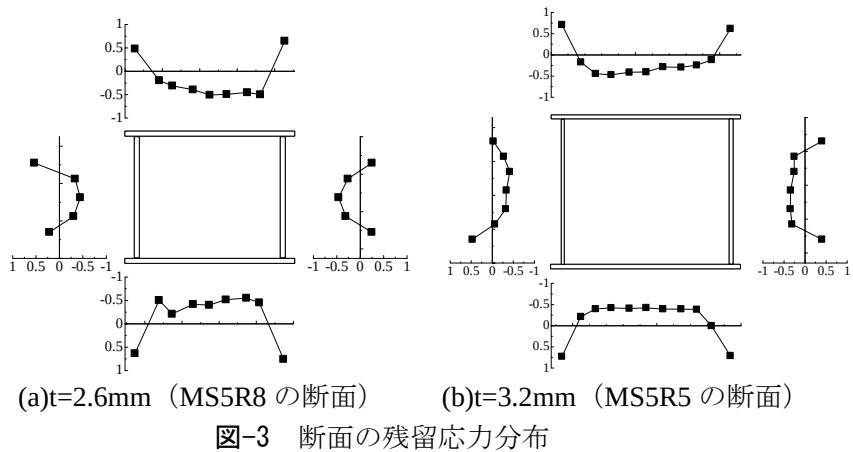


図-3 断面の残留応力分布



写真-1 座屈変形の様子

た. 図-3 に示すように, 圧縮側で約 $0.45\sigma_y$, 引張側で約 $-0.75\sigma_y$ の最大値を得た. ただし, 自己平衡条件を考慮すると, 引張側の最大残留応力はひずみゲージの貼付位置の影響を受けていたと考えられる.

3.2 実験終了後の変形

いずれの実験供試体とも, 柱中央部において, まずフランジの板パネルに座屈が生じた後に, ウェブにも座屈が発生し, 実験終了後には, 写真-1 に示す座屈波形が生じた.

3.3 荷重-変位関係

図-4 には荷重-軸方向変位関係および荷重-面外変位関係を示す. 表-2 には, 最大圧縮荷重 P_{max} および P_{max} 時の変位をまとめて示す. なお, 軸方向変位および面外変位は引張荷重作用時が正, 圧縮荷重作用時が負としている.

表-2 最大荷重および最大荷重時の変形量

供試体名	P_{max} (kN)	P_{max} 時の軸方向変位 u (mm)	P_{max} 時の面外変位 w (mm)
MS5R5	-228 (-239)	-2.20	-5.37
MS5R8	-239 (-246)	-1.74	-5.32

カッコは理論値

$R=0.8$ の MS5R8 では, 板パネルの座屈進展により, 最大荷重に到達後直ちに耐荷力が急激に低下した. 一方, $R=0.5$ の MS5R5 では, フランジ板パネルの局部座屈の影響が荷重-軸方向変位関係に及ぼす影響は MS5R8 ほど顕著には認められないが, ウェブの板パネルへの座屈発生により最大荷重に至りその後に耐荷力の低下が認められる. 一方, 面外変位は, 最大荷重に到達, すなわちウェブの板パネルの座屈発生に伴い, 顕著に増大することが確認できる.

4. 結論

本論文では, 局部座屈発生が箱形断面柱部材の耐荷力特性に及ぼす影響を明らかにするため, 偏心載荷実験を実施した. その結果, 最大圧縮荷重以降の耐荷力の低下および変形の増加が著しいこと, 局部座屈発生により耐荷力だけでなく変形性能も低下することを確認した. 軸方向荷重が繰返し作用する場合や軸方向圧縮力のみが作用する場合の耐荷力特性を明らかにしていきたいと考えている.

参考文献 1) 宇佐美勉・福本嘸士・青木徹彦: 溶接箱形断面柱の局部座屈と全体座屈の連成強度に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 第 308 号, pp.37-48, 1981 年 4 月, 2) 谷上裕明: 鋼トラス部材の耐震性能に関する研究, 大阪大学卒業論文, 2009 年 2 月, 3) (社)土木学会: 座屈設計ガイドライン改訂第 2 版, 丸善, 2005 年 10 月

謝辞 本研究の実施には科学研究費補助金 (課題番号 20246077, 研究代表者: 大阪市立大学・北田俊行教授) の補助を受けた. ここに記して謝意を表する.

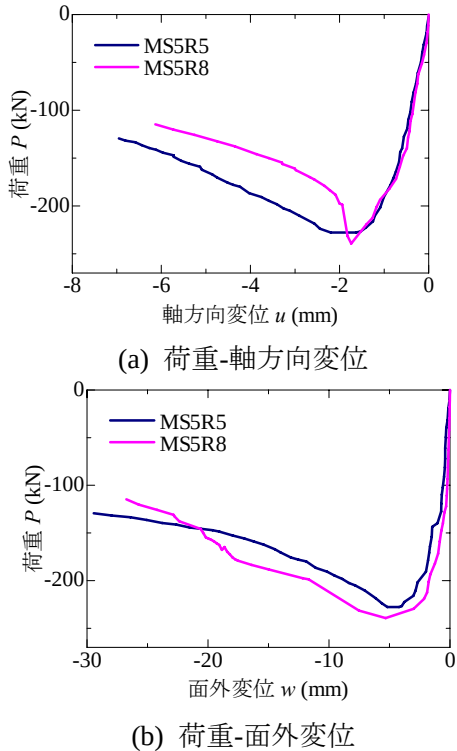


図-4 実験結果 (単調載荷)