

I-98 溶接組立梁の局部座屈とダクティリティ

岐阜大学工学部 正 員 森脇良一
トピー工業第一技研 正 員 林 健治
岐阜大学大学院 学生員○後藤茂之

1. まえがき

現在土木の鋼構造の関係では、許容応力度設計法から限界状態設計法へ移行するという大きな潮流がある。現行の許容応力度設計法では基本的には、部材が降伏するまで座屈が生じないように設計するという立場であるのに対して、限界状態設計法では部材の極限状態に着目するので、単に強度ばかりでなく、延性や靱性などの塑性変形能力などについても、直視しなければならない。

そこで本研究では、種々の鋼材や幅厚よりなる構造部材の強度のみならず、変形性状をも明らかにしようとするものであり、構造部材としてはとりあえず溶接組立梁を取り上げ、幅厚比パラメータ(R)の異なるH型梁の耐荷力実験を行うことにより、座屈・耐荷力さらにはたわみやエネルギー吸収能力などの総合的観点より検討を行い、限界状態設計法に向けて基礎となる資料を収集しようとするものである。

表-1 実験系列

R	0.5	0.7	0.9	1.1
SM41	S4R5	S4R7	S4R9	S4R11
SM58	S6R5	S6R7	S6R9	S6R11

2. 研究方法

実験に用いた試験体は溶接H形梁で、このH形梁の局部座屈(ねじれ座屈)に焦点を絞って実験的に検討することにした。実験系列を表-1に示す。使用鋼材はSM41、SM58とした。ここで、圧縮フランジの座屈パラメータRと幅厚比 b/t との関係は次式で与えられる。

$$b/t = R / \{12\sigma_y(1-\nu^2)/(E\pi^2k)\}^{1/2}$$

ここに、 σ_y は材料の基準降伏点、 ν はポアソン比、Eはヤング係数であり、kは座屈係数で自由突出板の場合、0.425である。図-1に荷重方法と試験体の断面形状を示す。試験体の板厚は9mm一定とし、フランジ幅Bを変化させて所定のRを得るようにした。なお、予備実験として初期たわみの測定、残留応力の測定を行った。

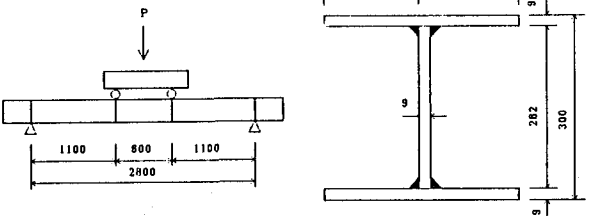


図-1 荷重方法と試験体の断面形状

表-2 荷重実験結果

	S4R5	S4R7	S4R9	S4R11	S6R5	S6R7	S6R9	S6R11
R	0.501	0.702	0.890	1.088	0.493	0.720	0.879	1.085
P_y (tf)	28.1	39.4	40.0	55.3	43.1	55.3	68.4	77.7
P_i (tf)	32.6	40.2	40.2	54.8	46.0	60.0	66.8	78.2
P_u (tf)	36.8	41.9	45.9	56.3	51.5	63.1	74.7	81.9
P_p (tf)	32.4	44.7	50.6	62.2	51.5	66.4	79.1	87.5
δ_y (mm)	7.003	8.703	1.753	10.207	12.184	13.381	14.605	15.184
δ_u (mm)	47.882	24.340	17.510	14.420	54.800	37.608	25.084	20.220
P_u/P_y	1.310	1.063	1.148	1.000	1.194	1.141	1.076	1.054
P_u/P_p	1.136	0.937	0.907	0.905	1.000	0.950	0.944	0.936
δ_u/δ_y	6.837	2.797	2.258	1.413	4.498	2.811	1.717	1.332
P_i/P_y	1.160	1.005	1.038	0.973	1.067	1.085	0.963	1.006
W_n	7.4885	2.2161	1.6676	0.9199	4.3767	2.4286	1.1787	0.8546

3. 結果及びその考察

実験データをまとめて表-2に示す。ここで、 P_y :降伏荷重、 P_i :座屈荷重、 P_u :最大耐力、 P_p :全塑性荷重で、 δ_y 、 δ_u はそれぞれ上下フランジの縁応力が素材の降伏応力に等しくなったとき、および最大荷重時のスパン中央のたわみである。また W_n は、無次元化された荷重-たわみ曲線下の最大荷重時までの面積を表し、本研究では部材のタフネス(靱性)の指標としている。

図-2に、SM58の無次元化された $P-\delta$ 曲線を一例として示す。いま極限強度以降の降下曲線の勾配(構造部材のタフネスを示す)の実験値は、極限強度直後の急激な耐力低下領域を除いて、最大変形までの曲線を最小二乗法で直線近似して求めた値である²⁾として、降下曲線の勾配を評価すると、Rが大きくなると若干勾配は大きくなるようであるが、総じていうと、降下曲線

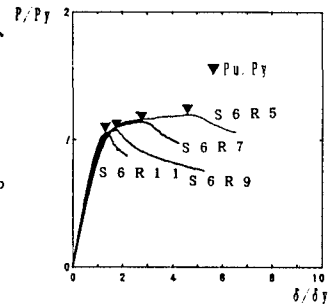


図-2 無次元化された $P-\delta$ 曲線

の勾配に対するRの影響は顕著でないと思われる。SM58については、SM41よりも降下曲線の勾配はRが同一で比較すると若干急になるようであった。

図-3は、耐力の上昇度合を示す図であって、縦軸に P_u/P_y および P_u/P_p をとり、横軸にRをとって示している。この図で P_u/P_y と P_u/P_p の両曲線を合わせて評価することによって、S4R5とS6R5のみが、それぞれ塑性断面梁とコンパクト断面梁であり、その他のものはセミコンパクト断面であることがわかる。また耐力の上昇を示す P_u/P_y では、SM41にかなりのばらつきが認められるので、最小二乗法的に曲線を求めている。その結果 $R=1.1$ ではSM58の値がSM41の値より若干大きいようであるが、Rが小さくなるにつれて両者は接近し、Rがほぼ0.8で一致する。その後Rが小さくなるにつれてSM41の値がSM58の値より漸時大きくなっていき、塑性断面あるいはコンパクト断面を示す $R=0.5$ では両者の差はかなり大きくなる。図-4は、ダクティリティの上昇度合を示す δ_u/δ_y を縦軸にとり、横軸にRをとって示したもので、この図から $R>0.8$ ではSM41の値とSM58の値がほぼ同一の性状を示すようであるが、 $R<0.8$ ではSM41の値がSM58の値をどんどん引き離していくという傾向が見受けられる。

図-5は、タフネス（靱性）の上昇度合を示す W_N を縦軸にとり、横軸にRをとって示したものである。この図より全般的に先の図-4のダクティリティの上昇度合とはほぼ同様な挙動を示す傾向が見受けられる。すなわち $R>0.8$ では、SM41の値とSM58の値が同様な挙動を示すのに対して、 $R<0.8$ ではSM41の値がSM58の値をどんどん引き離していくようである。

図-5は、タフネス（靱性）の上昇度合を示す W_N を縦軸にとり、横軸にRをとって示したものである。この図より全般的に先の図-4のダクティリティの上昇度合とはほぼ同様な挙動を示す傾向が見受けられる。すなわち $R>0.8$ では、SM41の値とSM58の値が同様な挙動を示すのに対して、 $R<0.8$ ではSM41の値がSM58の値をどんどん引き離していくようである。

4. 結論

1) 道路橋示方書（以下道示という）では同一鋼種で考えたときRが大きくなると、小さいものより最大耐力に達してから後の強度低下の度合いが急となるので基準耐力曲線を弾性曲線の1/2とした³⁾とある。しかし、今回の研究の結果から、 $0.5 \leq R \leq 1.1$ で比較すると、SM41およびSM58とも降下曲線の勾配には、Rのちがいによってさほど顕著な差は認められなかった。但し、SM41の方がSM58より一般的に降下曲線の勾配は緩やかなようであった。

2) 一方道示で全く問題にしていない構造部材としてのダクティリティ（本研究では δ/δ_y ）およびタフネス（本研究では W_N ）について以下のようなことが明かとなった。すなわちSM41とSM58ともほぼ同一の性状を示し、 $R \geq 0.8$ ではSM41とSM58は δ_u/δ_y も W_N も、それぞれ同一の曲線上にあるのに対して、 $R<0.8$ ではSM41の δ_u/δ_y および W_N がSM58のそれらをどんどん引き離していくことがわかった。

3) 極限強度の上昇率を示す P_u/P_y とRの関係でみるに、 $R=1.1$ ではSM58の P_u/P_y がSM41のそれより若干大きいようであるが、Rが小さくなるに連れて両者は接近し、Rがほぼ0.8で一致する。その後Rがさらに小さくなるにつれてSM41の P_u/P_y がSM58のそれよりしだいに大きくなっていくようであり、塑性断面あるいはコンパクト断面を示す $R=0.5$ では両者の差はかなり大きくなる。

参考文献

- 1) 與田香二・今井克彦・黒羽啓明・小川厚治：幅厚比の大きい溶接H形鋼ばりの曲げ変形挙動、日本建築学会構造系論文報告集、第397号、pp.60-72、1989年3月。
- 2) 金井道夫：道路橋示方書 II 鋼橋編改定の背景と運用、第2回3章部材に関する一般事項、橋梁と基礎、1981年3月

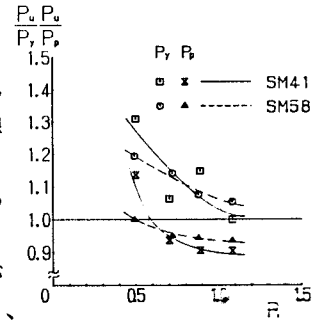


図-3 $P_u/P_y, P_u/P_p-R$ の関係図

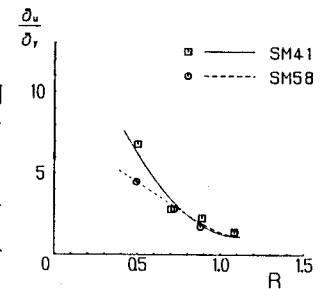


図-4 δ_u/δ_y-R の関係図

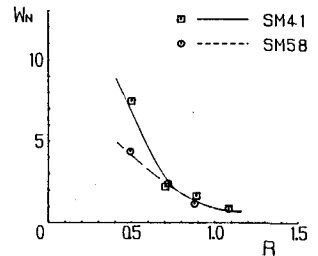


図-5 W_N-R の関係図