

I-48 局部座屈を含む鋼 I 形はり断面の極限強度

大阪大学大学院 学生員 吉田信博
大阪大学工学部 正 員 西村宣男

1. まえがき 鋼はりの終局限界状態としては横ねじれ座屈のほか、フランジおよびウェブの局部座屈を考慮する必要がある。現行の示方書における I 形断面はりのフランジ局部座屈に対しては自由突出板の座屈強度の解析値や十字断面短柱の座屈実験値が、ウェブ局部座屈に対してはプレートガーダーに関する理論値や実験値がバックデータとして利用されている。これらの基礎データでは局部座屈に対するフランジとウェブの相互作用は安全側に無視するか、近似的に扱われている。本研究では立体薄板構造を対象とした弾塑性有限変位解析プログラムを用いて、I 形断面の局部座屈強度特性を明らかにし、限界状態設計法の合理化のための基礎データを提供することを目的としている。

2. 解析モデル はりの曲げ抵抗に対する局部座屈の影響の評価においては、1) 全塑性強度まで保証できるフランジおよびウェブの限界幅厚比 R_{r0} 、 R_{w0} を明らかにすること、2) 限界幅厚比を越えた領域における強度の低減曲線を提案することの2点が重要である。本研究では2)を対象として、低減曲線に与える各種パラメータ、すなわち断面の等価幅厚比、フランジ・ウェブの断面積比、断面の形状係数などの影響を明らかにする。解析モデルの諸元は表-1に掲げるようにフランジの幅厚比が $R_r > R_{r0}$ 且つウェブの幅厚比が $R_w < R_{w0}$ の場合（フランジ座屈モデル）、 $R_r < R_{r0}$ 且つ $R_w > R_{w0}$ の場合（ウェブ座屈モデル）および $R_r > R_{r0}$ で $R_w > R_{w0}$ （連成座屈モデル）を含んでいる。考慮した初期たわみを図-1に示す。また、残留応力分布は図-2に示す形とし、その大きさは、圧縮残留応力 $\sigma_{rc} = -0.4\sigma_y$ 、 $-0.23\sigma_y$ の2種類、および、残留応力無しの計3種類とした。

3. 解析結果と考察

(1) フランジ座屈モデル 図-3にフランジ座屈モデル、およびウェブ座屈モデルの解析結果を示す。フランジ座屈モデルでは、残留応力がないほうが極限強度は低くなり、その低減度合はどの断面でも一定である。一方、圧縮残留応力 $\sigma_{rc} = -0.4\sigma_y$ の場合と、 $-0.23\sigma_y$ との比較では、極限強度の差は小さく、特に R_r が1.0より大きい範囲では、ほとんど同じ、あるいは $-0.23\sigma_y$ の場合の方が極限強度は高くなる。しかし、

変形度合について残留応力の影響を見ると、残留応力があるモデルのほうが、無いモデルよりかなり大きい変形を示す。また、本解析ではフランジアスペクト比をおもに3として解析を行った。フランジのアスペク

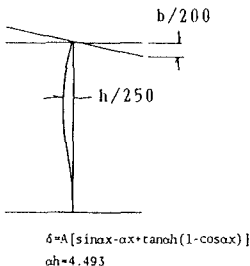


図-1 初期たわみ

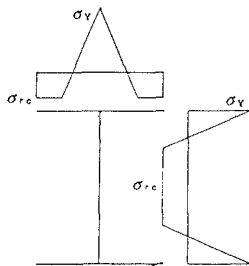


図-2 残留応力

表-1

フランジ座屈モデルの寸法 ($R_w = 0.8$)

Model	Outstand (cm)	Flange t_f (cm)	A_f (cm ²)	h (cm)	Web t_w (cm)	A_w (cm ²)	Shape factor
F-0.5	9.17	1.0	19.01	73.96	0.672	49.70	1.15
F-0.6	11.00	1.0	22.73	80.64	0.733	59.11	1.15
F-0.8	14.67	1.0	30.18	95.60	0.842	77.97	1.15
F-1.0	18.33	1.0	37.60	103.18	0.938	96.79	1.15
F-1.2	22.00	1.0	45.03	112.83	1.025	115.65	1.15
F-1.4	25.67	1.0	52.45	121.62	1.106	134.51	1.15
F-1.6	29.33	1.0	59.84	129.83	1.181	153.33	1.15
F-1.8	33.00	1.0	67.25	137.64	1.251	172.19	1.15
F-2.0	36.67	1.0	74.66	144.95	1.318	191.05	1.15

ウェブ座屈モデルの寸法 ($R_f = 0.5$)

Model	b	Flange t_f	A_f	h	Web t_w	A_w	Shape factor
W-0.8	28.50	1.50	42.79	109.98	1.0	109.98	1.15
W-1.0	31.84	1.68	53.49	137.48	1.0	137.48	1.15
W-1.2a	39.40	2.09	82.49	164.98	1.0	164.98	1.15
b	34.89	1.84	64.19	164.98	1.0	164.98	1.15
c	32.26	1.70	54.99	164.98	1.0	164.98	1.15
W-1.4	37.63	1.99	74.89	192.47	1.0	192.47	1.15
W-1.6a	45.42	2.42	109.99	219.97	1.0	219.97	1.15
b	40.18	2.13	85.59	219.97	1.0	219.97	1.15
c	37.17	1.97	73.32	219.97	1.0	219.97	1.15

連成座屈モデルの寸法

Model	b	Flange t_f	A_f	h	Web t_w	A_w	Shape factor
FW-0610	22.61	1.0	21.61	83.67	0.61	51.04	1.15
FW-1010	37.46	1.0	37.46	109.41	0.80	87.53	1.15
FW-1410	52.29	1.0	52.29	130.33	0.95	123.81	1.15
FW-0612	22.56	1.0	22.56	92.12	0.56	51.59	1.15
FW-1012	37.39	1.0	37.39	120.30	0.73	87.82	1.15
FW-1412	52.21	1.0	52.21	143.21	0.87	124.60	1.15

ト比を変えた2, 3の解析結果によると, フランジアスト比の変化による強度の変動は比較的小さなものであったが, 変形度合には大きな差がみられた。なお, 代表的な設計規準との比較を図-5に示す。

(2) ウェブ座屈モデル ウェブ座屈モデルでも, 残留応力がないほうが極限強度は低くなるが, その低減度合はフランジ座屈タイプより大きく, また幅厚比が大きい断面ほど大きくなる。さらに圧縮残留応力 σ_{rc} 。

= $-0.4\sigma_y$ の場合と $-0.23\sigma_y$ との比較でも $-0.23\sigma_y$ の場合の方が低い極限強度を与えた。変形度合については, フランジ座屈タイプと同様の傾向がみられた。なお, フランジとウェブの面積比による強度への影響はほとんど見られなかった。図-6は代表的な設計規準との比較を示している。残留応力がある場合はBS5400に, ない場合はSIAの規定曲線に対応している。

(3) 連成座屈モデル 図-4は連成座屈モデルの解析結果をフランジ座屈モデルの結果と併せて示している。現行の各国の設計規準において, フランジとウェブの局部座屈による断面の抵抗強度の低減を同時に考慮できるのは, 構成板要素の有効幅を規定している SIAなどに限られている。LRFDなどの北米の規準ではフランジとウェブの連成座屈は取り扱われていない。この連成座屈による断面の抵抗強度の低減を精度よく評価するには, 3種の局部座屈を統一的に取り扱えるような断面の等価幅厚比パラメータの評価式を与える必要がある。さらに, I形断面の曲げ抵抗強度には幅厚比パラメータのほかに, 降伏応力比, 形状係数などが関係すると思われる。これらを考慮したパラメータ解析を引続き実施する。

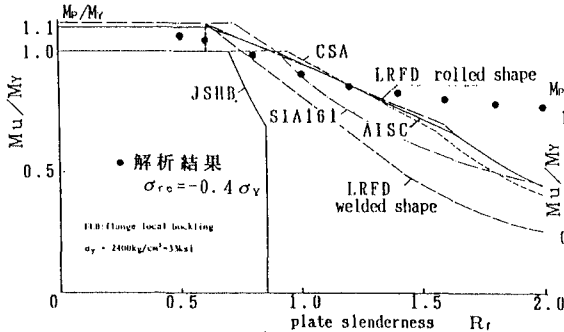


図-5 解析結果と各種設計規準（フランジ座屈モデル）

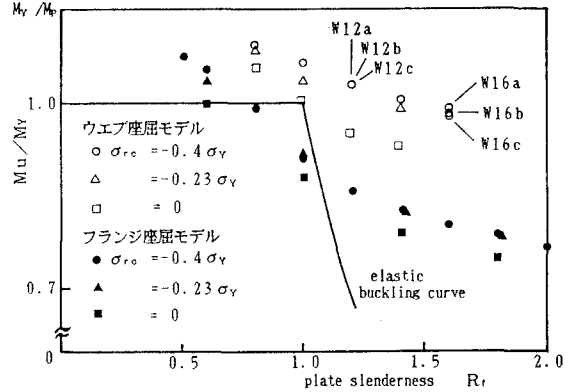


図-3 解析結果（フランジ座屈モデル, ウェブ座屈モデル）

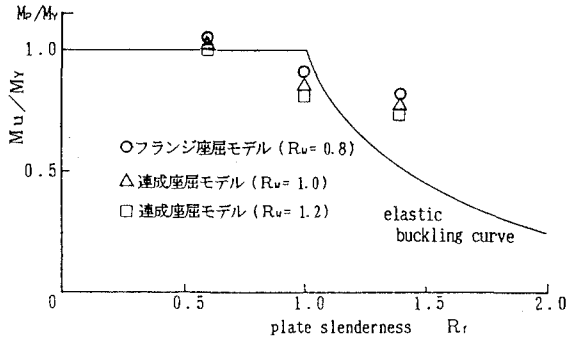


図-4 解析結果（連成座屈モデル）

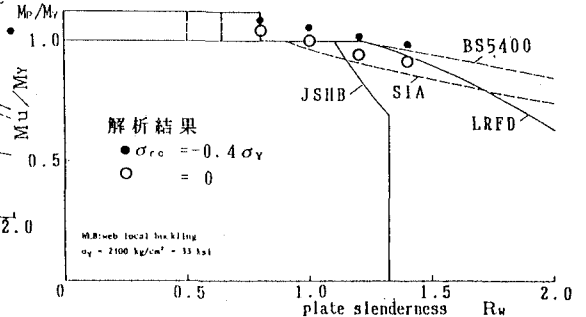


図-6 解析結果と各種設計規準（ウェブ座屈モデル）

4. あとがき 本研究ではI形はり断面の局部座屈強度特性を明らかにしたが, はりの横ねじれ座屈現象と局部座屈現象との連成特性を説明することが今後の課題である。

参考文献 1)SSRC:A World View 2nd Edition, Introductory Document Chapter 3 Beams, 1989.