

I-A 272

溶接I形断面鋼桁の曲げ圧縮強度評価

琉球大学 正員 矢吹哲哉

琉球大学 正員 有住康則

1. まえがき

曲げ圧縮強度に関する各国の現行設計基準は、横倒れ座屈が問題となるI形断面を持つ部材の耐力実験結果に基づいて、規定されている¹⁾。しかし、実験ではパラメータが明確に把握出来ない場合も多々有ることから、より合理的な評価を与えるためには、解析による裏付けが是非とも必要となろう。そこでここでは、面内等曲げを受ける溶接I形鋼梁材の横ねじれ耐力を、断面諸元及び梁部材細長比を各種変化させて、弾塑性有限変位解析法によるパラメトリック解析を行い、更に、解析結果をもとに溶接I形断面鋼桁の曲げ圧縮基準耐力曲線についての一提案を行った。

2. 解析法及び解析モデル

パラメトリック解析は開断面部材三次元弾塑性有限変位解析法²⁾を用いて行った。解析モデルは、圧縮フランジの固定点において梁が単純支持され、二軸対称I形等断面梁の両端に面内等曲げが作用する梁モデルとした。又、元撓みは、道路橋示方書に規定されている制作誤差の最大許容値 $L/1000$ をスパン中央で有するsin半波形状を面外方向に、考慮した。解析で使用したパラメータはフランジとウェブの幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_{flange}$ 、 $\bar{\lambda}_{web}$ 及びI形断面梁の弾性横ねじれ座屈に対する細長比パラメータ $\bar{\lambda}_{beam}$ で、それぞれ次式による。

$$\bar{\lambda}_{flange} = \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_Y}{0.425\pi^2 E}}, \quad \bar{\lambda}_{web} = \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_Y}{23.9\pi^2 E}}, \quad \bar{\lambda}_{beam} = \sqrt{\frac{M_p}{M_E(\nu, W)}} \quad (1); \quad \bar{\lambda}_{section} = \sqrt{\bar{\lambda}_{flange}^2 + \bar{\lambda}_{web}^2} \quad (2)$$

ここに、 σ_Y は使用鋼材（SS400, SM570）の降伏点応力度、 M_E (ν, w)はねじり及び反り成分を考慮した弾性横ねじれ座屈モーメント、 M_p は全塑性モーメントである。ここで採用したパラメータの範囲を表-1に示す。

3. 崩壊様式

前年度において、面内等曲げを受けるI形梁の崩壊様式を検討した。その結果、崩壊様式は、断面構成板要素の局部座屈が崩壊の主要因である場合、断面構成板要素の局部座屈と梁の横ねじれ座屈の連成座屈が崩壊の主要因である場合、梁の横ねじれ座屈が崩壊の主要因である場合に、それぞれ区分されることが解った。それらの結果を基に、I形梁の細長比パラメータ及び式(2)で評価する断面パラメータと崩壊様式の相関を検討したところ、図-1に示す相関関係を得た。図より、梁の横ねじれ座屈が崩壊の主要因である区分は、

$$\bar{\lambda}_{section} \leq 1.2\bar{\lambda}_{beam} + 0.16 \quad (3)$$

又、断面構成板要素の局部座屈が崩壊の主要因である区分は、

$$\bar{\lambda}_{section} \geq 1.2\bar{\lambda}_{beam} + 0.56 \quad (4)$$

で示される。更に、両者の連成座屈が崩壊の主要因である区分は式(3)と(4)以外の領域で示される。

4. 基準耐力曲線

ここでは、式(3)で示される範囲、即ち、梁の横ねじれ座屈が崩壊の主要因である領域でパラメトリック解析を行い、それら

表-1 使用パラメータと適用範囲

Parameter	Symbol	Range of Values
Yield Stress Ratio	σ_Y/E	0.0024/2.1, 0.0046/2.1
Width-Thickness Ratio	b/t_f	8, 16, 32
	h/t_w	30, 60, 120, 152
Plate Area Ratio	A_f/A_w	1.25, 2.5, 5
Modified Slenderness Ratio of Beam	$\bar{\lambda}_{beam}$	0.3 ~ 1.6

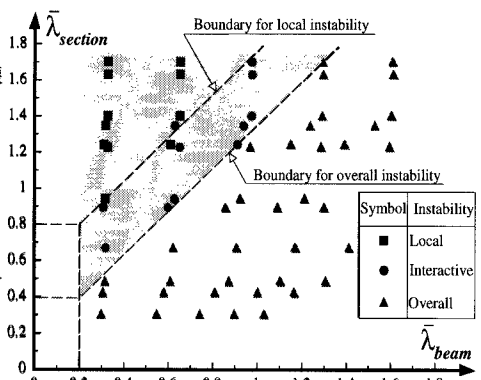


図-1 I形梁パラメータと崩壊様式の相関関係

の結果を基に基準耐荷力の検討を行った。実構造の不確実性の影響を明確にするため、先ず最初に、溶接残留応力度を考慮しない場合の耐荷力解析を行った。解析結果を図-2に示す。図中には、解析結果に基づいて導出した耐荷力のほぼ上限及び下限値を評価する簡易算定式も、参考のために示した。図-3に、解析結果に基づいて導出した溶接残留応力度を考慮しない場合の耐荷力上限及び下限簡易算定値と、これまでに各国で得られた局部座屈を伴わない溶接I形梁の曲げ強度に関する実験結果⁴⁾を示す。図より、残留応力度の影響は、実験下限値に近づくに従い、顕著になる傾向がうかがわれる。そこで、次に、標準的な溶接残留応力度（Merrison分布、最大圧縮応力度 $=0.2\sigma_y$ ³⁾）を考慮した場合の耐荷力パラメトリック解析を行い、溶接残留応力度の影響の定量化を行い、更に、溶接残留応力度の影響の上記下限簡易算定式への κ 係数による組み込みを試みた。その結果を図-4に示す。図中の平均値は、溶接残留応力度を考慮しない場合の耐荷力上限簡易算定値と溶接残留応力度の影響を組み込んだ下限簡易算定値の平均評価を示す。これらの簡易算定式を式（5）に、又、式中の係数を表-2にまとめて示す。

$$\bar{\sigma}_{cug}^0 = \frac{Y - \sqrt{Y^2 - 4\bar{\lambda}_{beam}^2}}{2\bar{\lambda}_{beam}^2}, \quad Y = 1 + \alpha(\bar{\lambda}_{beam} - \beta) + \bar{\lambda}_{beam}^2,$$

$$\bar{\sigma}_{cug} = \kappa \bar{\sigma}_{cug}^0 = \frac{M_{max}}{M_p} \quad (5.a), (5.b), (5.c)$$

図-4より、上記手順で導出した上限、下限及び平均値基準耐荷力曲線は、実用上十分な精度で、実験値を評価すると結論付けられよう。又、図中には参考のため、実験値の平均値 $\bar{M}$ と標準偏差 $\bar{s}$ の2倍値を示したが、実験値の標準偏差2倍値は実験下限値を良く評価している。図-5には、ここで導出した平均値基準耐荷力曲線と代表的な現行設計基準値を示した。図中の米国AISC基準及び我国道路橋示方書基準(JSSHB)は断面実寸法が必要故、JIS規格形鋼(H900×300)を溶接製作したものとして、例題とした。図中には、参考のため、実験平均値 $\bar{M}$ と実験下限値を良く評価する $2\bar{s}$ 値も併せて示した。図より、AISC基準は、全ての領域で、実験値の平均より高めの評価を与えている。ECCS基準は、細長比パラメータの小さい領域で高めの評価を与えるものの、実験値の平均を大略良好に評価している。又、JSSHB基準は実験結果の下限を良く評価していると言えよう。

5. あとがき

本報告は、溶接I形断面鋼桁の曲げ圧縮耐荷力を解析的に評価し、更に、実用上十分な精度を有する基準耐荷力曲線の簡易算定式を提案した。今後は、厚延加工形鋼及び他形状形鋼に対する定量的検討が必要であらう。

参考文献

- 1) SSRC: Stability of Metal Structures - A World View II, 1989. 2) 矢吹、有住：鋼I形梁部材の強度評価に関する一考察、土木学会第50回年次講演概要集、1-286、1995. 3) Yabuki, Arizumi, Shimozato, Nagamine: Buckling Modes of Plate-Girders Curved in Plan, Journal of JSCE, No.519, 1995. 4) 西村、久保、西井、福本：鋼はり部材の横ねじれ強度の統一評価、土木学会論文集、N0.416、1990.

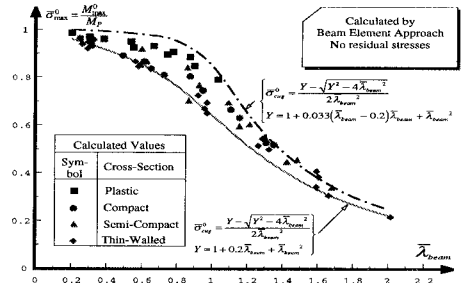


図-2 耐荷力解析結果（溶接残留応力度なし）

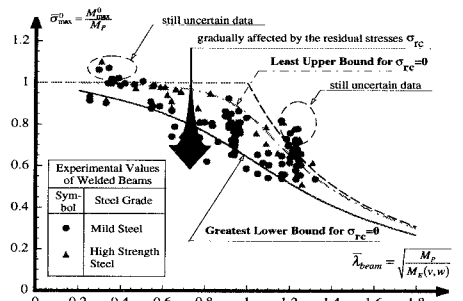


図-3 簡易算定値（溶接残留応力度なし）と実験値

表-2 簡易算定式係数

Coefficient	Least upper bound	Mean	Greatest lower bound
α	0.033	0.137	0.2
β	0.2	0	0
κ	1	1	κ_f

$\kappa_f = 0.85 + 0.15 \cos^2 \gamma; \gamma = (\bar{\lambda}_{beam} - 0.1) / 1.6 \text{ for } 0 \leq \gamma \leq 1, \text{ otherwise } \kappa_f = 1$

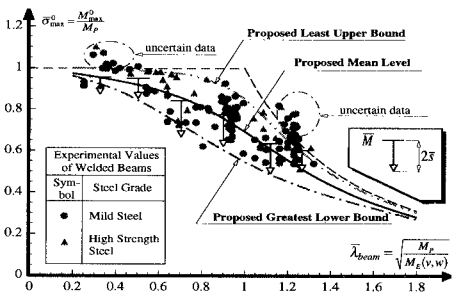


図-4 本提案基準耐荷力曲線と強度実験値

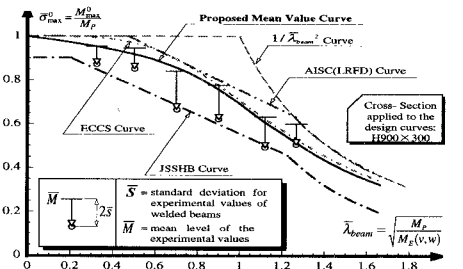


図-5 本提案平均値基準曲線と現行設計基準