

I-30

鋼はりのモーメント修正係数に関する考察

大阪大学大学院 学生員 石井 晃
大阪大学大学院 学生員 西井 学
大阪大学工学部 正 員 西村宣男

1. まえがき 中間荷重あるいは不等端モーメントを受ける鋼 I 形断面はりの横ねじれ座屈強度に焦点を絞り、弾塑性有限変位解析により基本はり強度に換算するためのモーメント修正係数に関する検討を加える。
2. 解析モデル 解析対象断面は図-1に示す残留応力を持つ圧延（R-Ib）および溶接（W-fc, W-Ib）I 形断面とする。文献¹⁾による実測データから作成した初期不整モデルのパラメータを表-1に示す。一般に圧縮残留応力度の頻度分布は正規分布、初期たわみの分布形はワイブル分布と考えることが出来る。ここでは表-1に示す残留応力と初期たわみを平均値どうしで組み合わせたものについて示す。

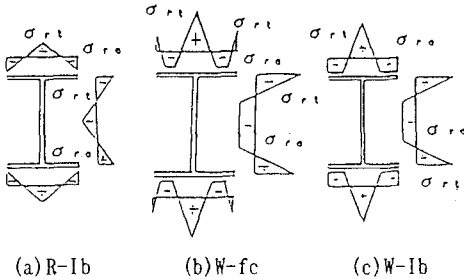


図-1 対象断面の残留応力分布

表-1 初期不整モデルのパラメータ
(a) 残留応力 (σ_{rc}/σ_y)

対象断面	N	M	S
R-Ib	25	0.066	0.0159
W-fc, W-Ib	34	0.12	0.05592

(b) 初期たわみ ($W_0/L \times 10^{-3}$)

対象断面	N	M	S	m	α	γ
R-Ib	437	0.5	0.43	1.178	0.478	0.0
W-fc, W-Ib	68	0.5475	0.326	1.7314	0.4302	0.0

M: 平均値
S: 標準偏差
N: 度数
m: 形のパラメータ
 α : 尺度のパラメータ
 γ : 位置のパラメータ

3. 弾塑性有限変位解析結果 一般的な曲げモーメント分布に対するはりの細長比パラメータは文献²⁾などに与えられている弾性座屈モーメント M_E を用いて $\lambda = \sqrt{M_0/M_E}$ で算定し、 λ の関数として表されている基本はり強度曲線より強度を評価する。しかし一般的な曲げモーメント分布に対する弾塑性領域での座屈に対して、弾性座屈理論に基づく λ の算定は必ずしも適切な細長比の評価にはなっていない。

・中間荷重 荷重状態は、中央集中荷重、2点集中荷重、等分布荷重の3ケースであり、弾性座屈理論に基づいた修正係数を用いて計算した λ を横軸にまた M_0/M_0 を縦軸にとり、解析結果をPlotしたものを各断面について図-2に示す。破線は基本はりの平均値相当曲線である。中間荷重による解析結果を等曲げに修正した値は、10%程度の強度差に収まっており、いずれも実際の等曲げの値よりも安全側にある。設計の簡便性を考え、このまま弾性座屈理論に基づく修正係数を適用しても差し支えないと考えられる。

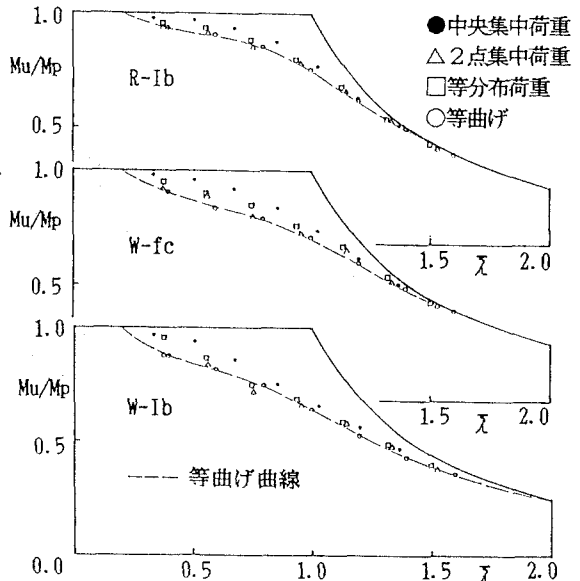


図-2 極限強度に対する中間荷重の影響

— 平均値相当の初期不整 —

・不等曲げ 荷重状態は材端モーメント比 $\beta=-1, 0, -0.5, 0.0, 0.5, 1.0$ の5ケースであり、中間荷重の場合と同様解析結果を図-3に示す。いずれの場合も安全側に分布しているが、等曲げ曲線との強度差が大きくなっている。また β の値によっても分布に差が現れ、しかもその強度差は最大70%程度もあり、初期不整の違いによっても分布に差がでてくる。したがって弾性座屈理論に基づく修正係数をこのまま設計に適用するのは些か問題があり、材端モーメント比、部材の細長比などの影響を考慮する必要があると考えられる。

4. 塑性化を考慮した修正係数 C_{b1E} 中間荷重と不等曲げを受けるはりについて、弾塑性有限変位解析を行った結果、中間荷重を受けるはりについては弾性座屈理論による修正係数 C_{b1E} の妥当性が確認された。しかし不等曲げを受ける場合、 C_{b1E} の値にはその信頼性に疑いが持たれる。そこで次のような塑性化を考慮した修正係数を提案する。

$$\sqrt{\frac{C_{b1E}}{C_{b1D}}} = \frac{0.17 + A \cdot (1.23 \cdot \bar{\lambda}_0 - B) + (1.23 \cdot \bar{\lambda}_0 - B)^2}{\sqrt{0.17 + 0.7 \cdot (1.23 \cdot \bar{\lambda}_0 - C) + (1.23 \cdot \bar{\lambda}_0 - C)^2}}$$

ここで C_{b1D} は、上式による新しい修正係数を表している。先ほどの不等曲げの図-3について、この修正係数 C_{b1D} を用いて計算し直した $\bar{\lambda}$ を横軸にとりPlotしたものを、各断面の平均値相当の初期不整の場合について図-4に示す。修正前と比べて強度の広がりはかなり改善されたが、20%程度の強度差を持つところもある。しかし実際の部材として使用されるのは $\beta=0.5$ 程度までの場合が多く、この部分についてはかなりの精度で修正が行われている。今回の解析では β と $\bar{\lambda}$ を考慮した修正を行ったが、下限値相当の初期不整を持つ場合は同様な解析の結果、適切な修正が行われているとは言えなかった。しかしいずれの断面においても安全側に分布しており、設計の簡便性からみて、平均値強度に対する提案にとどめた。

5. あとがき 本研究は文部省科学研究費総合研究A鋼骨組み構造物の極限強度の統一評価に関する総合的研究（代表福本嘖士，昭和62年～平成元年）の一環として行ったものである。引き続き上下不等フランジを持つ断面についても検討を進めている。

参考文献 1) 土木学会：座屈設計ガイドライン（福本嘖士編）第3章，技報堂，1987。

2) 土木学会：座屈設計ガイドライン（福本嘖士編）第6章，技報堂，1987。

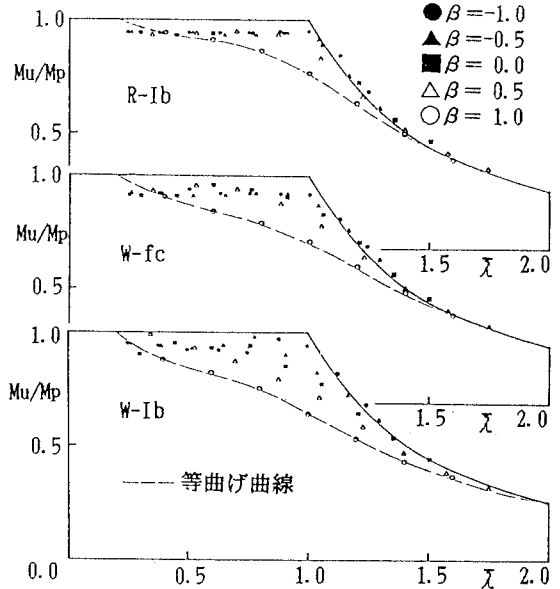


図-3 極限強度に対する不等曲げの影響

—平均値相当の初期不整—

$$A = 0.7 + 0.35 \cdot \sqrt{1-\beta}, \quad B = 0.3 + 0.27 \cdot \sqrt{1-\beta} \\ C = 0.3 + 0.29 \cdot \sqrt{1-\beta}, \quad \bar{\lambda}_0 = \bar{\lambda} / \sqrt{C_{b1D}}$$

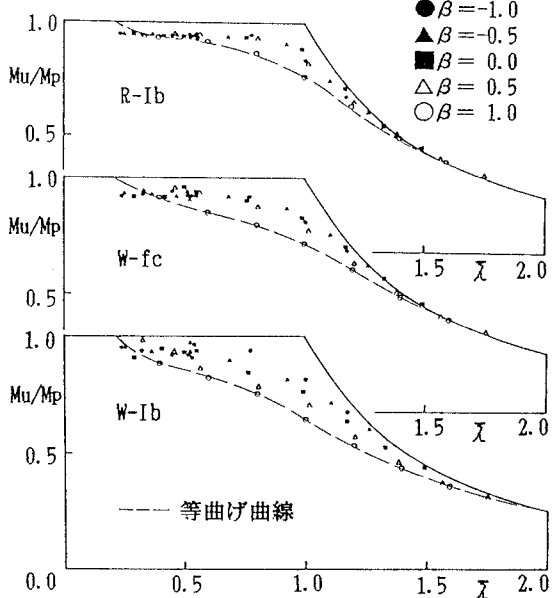


図-4 提案式によるモーメント修正係数を用いた不等曲げを受けるはりの極限強度の評価

—平均値相当の初期不整—