

鋼はり一柱部材の相関強度式の適正化

大阪大学工学部 正 員 西村宣男 大阪大学工学部 正 員 福本啓士
(株) 大林組 正 員 島谷竜一 大阪大学大学院○学生員 笠原宏紹

1. まえがき はり一柱部材は断面形状によって曲げモーメントの作用面内に崩壊する場合(面内崩壊形式)と曲げモーメントの作用面外に崩壊する場合(面外崩壊形式)に分類される。本研究では初期変位と残留応力を考慮した弾塑性有限変位解析法により、柱部材およびはり部材の基本強度と統一性のあるはり一柱部材の相関強度式の適正な表示法、モーメント修正係数の妥当性について検討を加える。

2. 解析モデル 面内崩壊形式については箱形断面部材、面外崩壊形式については圧延I形断面 溶接I形断面部材および溶接I形断面部材を解析した。表-1に示す柱部材およびはり部材と共通の初期不整量を考慮する。図-1は残留応力分布である。

3. 極限強度特性と相関強度式 溶接箱型断面はり一柱に関する初期不整の変動のみを考慮した場合の解析結果を図-2に示す。面内崩壊形式における平均値強度(●印)と下限値強度(○印)との対応の最大の特徴は、曲げモーメントが卓越するにつれて初期不整の強度に与える影響が僅少となり消滅するところにある。JSIB-modifiedとして次式を適用する。

$$\frac{N}{N_u} + \frac{1}{1-N/N_e} \frac{C_m M}{M_u} \leq 1 \quad (1)$$

ただし C_m : モーメント修正係数 N_u : 溶接箱形断面の柱基本強度

M_u : 全塑性モーメント N_e : オイラー座屈荷重

相関強度式ではJSIB-modifiedが弾塑性解析による厳密解に対して、もっともよく適合している。圧延I形断面はり一柱に関する初期不整の変動のみを考慮した場合の解析結果を図-3に示す。面外崩壊形式における相関強度曲線の特徴は外側にふくらんだ形になることである。このふくらみの程度は部材の細長さと残留応力分布によって異なる。また平均値強度(●印)と下限値強度(○印)との対応は、面内崩壊形式と異なり曲げモーメントが卓越しても初期不整の強度に与える影響が大きく、平均値強度と下限値強度の差が消滅することはない。面外崩壊形式に関する平均値強度対して次式を適用する。

表-1 初期不整量

溶接箱型断面

	σ_{r1}/σ_y	σ_{r2}/σ_y	$\delta_s/L \cdot 10^{-3}$
平均値相当	1.0	0.12	0.296
下限値相当	1.0	0.2318	0.842

圧延I形断面

	σ_{r1}/σ_y	σ_{r2}/σ_y	$\delta_s/L \cdot 10^{-3}$
平均値相当	0.066	0.066	0.5
下限値相当	0.0978	0.0978	1.36

溶接I形断面

	σ_{r1}/σ_y	σ_{r2}/σ_y	$\delta_s/L \cdot 10^{-3}$	柱	はり
平均値相当	1.0	0.12	平均値相当	0.296	0.5475
下限値相当	1.0	0.2318	下限値相当	0.842	1.1995

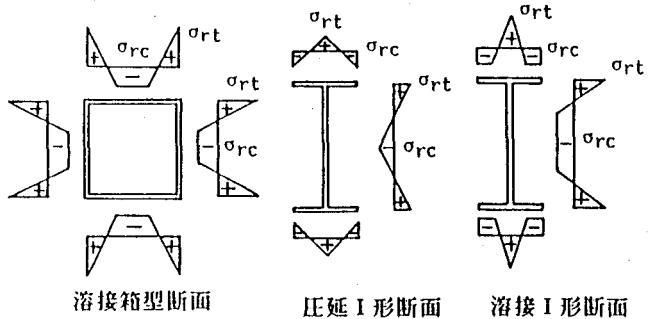


図-1

解析モデルの残留応力分布

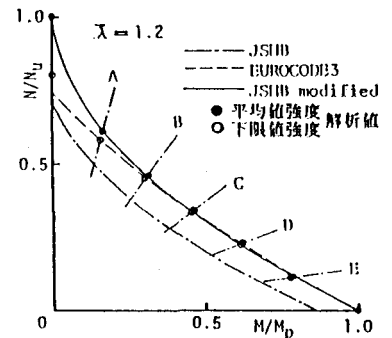


図-2 軸圧縮力と曲げモーメントの相関関係(溶接箱型断面)

$$\frac{N}{N_u} + \left(\frac{C_m M}{M_u} \right)^n \leq 1 \quad (2)$$

ただし C_m : モーメント修正係数 N_u : 柱の基本強度

M_u : はりの基本強度

n : λ を柱の細長比パラメータとして

圧延 I 形断面はり-柱は $1.8 \geq n = \lambda + 0.2 \geq 1.0$

溶接 I 形断面はり-柱は $1.8 \geq n = \lambda + 0.1 \geq 1.0$

下限値相当曲線の場合、平均値曲線に比べて外ぶくらの傾向が顕著で n は大きくなる。圧延 I 形断面では $1.8 \geq n = \lambda + 0.5 \geq 1.0$ となる。

図-4 のように式 (2) は Vinnakota の数値解析結果 (圧延 I 形断面の下限値相当強度) とよく一致していることが分かる。

4. モーメント修正係数 はり-柱部材が不等曲げを受ける場合は、モーメント修正係数を用いて等曲げ状態に換算することになる。面内崩壊形式のはり-柱部材が不等端モーメントを受ける場合の解析結果を図-5 に示す。式 (1) に対して Massonet の規定する C_m を使くと、曲げモーメントの卓越する領域では過大評価となる。そのため SSRC では曲げモーメントの卓越する領域での評価を工夫している。鋼構造塑性設計指針は λ と軸力の影響を考慮しているため、解析結果との適合性は良い。図-6 は不等曲げを受ける場合の圧延 I 形断面の解析結果である。式 (2) に Massonet 等の C_m を適用して比較した。いずれの C_m を使うにしても、曲げモーメントが卓越する領域では適用限界の直線で強度を評価しなければならないことが分かる。

5. 結論 面内崩壊形式のはり-柱部材に対しては、現行の道路橋示方書などに採用されている標準的な相関強度式において、軸圧縮力を無次元表示するための基準柱強度を適正に与えることによって合理化できる。面外崩壊形式のはり-柱部材については、外側にふくらんだ形状を考慮するために、相関式の曲げモーメントの項に細長比パラメータ λ の関数で表示される指数 n を付けた新しい相関強度式を提案した。不等端モーメントに対するモーメント修正係数についてその妥当性を検討した。

参考文献

- 1) 土木学会: (福本嘯士編), 技報堂, 1987, 座屈設計ガイドライン pp37-76.
- 2) 文部省科研補助金, 1989, 鋼構造物の極限強度の統一評価に関するシンポジウム 資料集 pp4-20

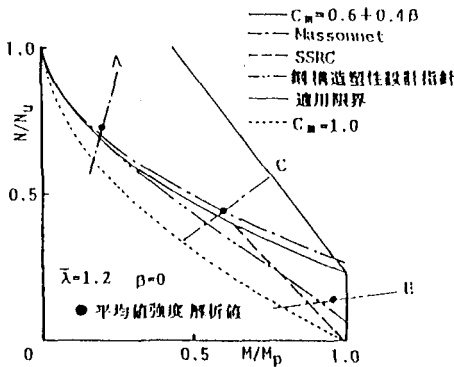


図-5 モーメント修正係数と相関強度式 (溶接箱型断面)

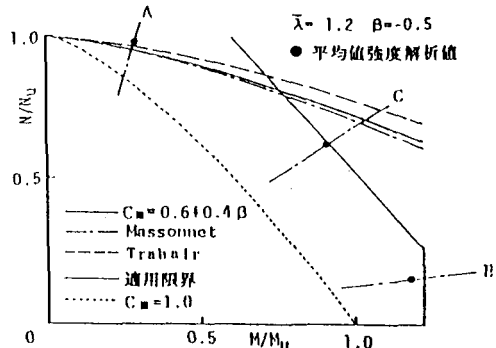


図-6 モーメント修正係数と相関強度式 (圧延 I 形断面)

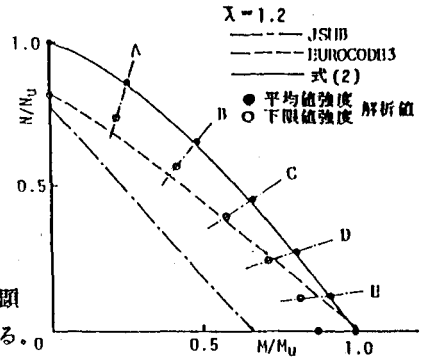


図-3 軸圧縮力と曲げモーメントの相関関係 (圧延 I 形断面)

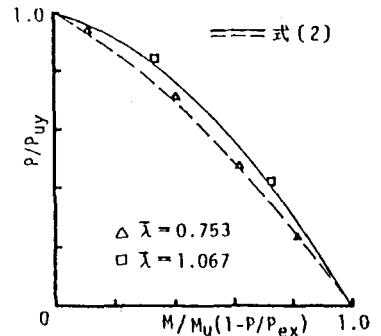


図-4 Vinnakota の解析結果