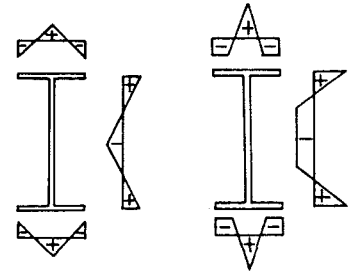


I-31 鋼はり-柱部材の面外崩壊に関する 相関強度式

大阪大学大学院 学生員 笠原宏紹
大阪大学工学部 正員 西村宣男

1. まえがき 弾塑性有限変位解析結果により、圧縮力と1軸曲げを受ける鋼I形断面はり-柱部材の曲げモーメントの作用面外に崩壊する場合の相関強度評価式を考察し、代表的設計式との比較を行う。

2. 解析モデル 解析対象断面は図-1に示す圧延および溶接I形断面材とする。それぞれ図-1に示す残留応力分布を考慮する。初期変位としては曲げの作用面に垂直な方向の初期たわみをsine半波形とする。これらの初期不整の大きさとしては文献1)に与えられている実測データに基づき、表-1に示す統計値を用いた。予備的な解析により初期たわみと圧縮残留応力の平均値を組み合わせた場合の解析結果はこれらの初期不整のばらつきによる強度分布の平均値に、初期不整の上限値(平均値+標準偏差の2倍)の組合せは強度分布の下限値に相当することが明らかになっている。このような初期不整を有するはり-柱部材が圧縮力と強軸まわりの曲げ(不等曲げを含む)を受ける場合の極限強度解析をパラメトリックに行った。



圧延I形断面 溶接I形断面

図-1 解析モデルの断面と
残留応力分布

3. 相関強度式 一般にはり-柱部材の相関強度式としては以下の線形相関式が用いられている。

$$N/N_u + M^*/M_u \leq 1 \quad (1)$$

ここに、 M^* は曲げモーメントの分布形状に対する補正とたわみによる増幅効果を考慮して $M^* = C_m M / (1 - N/N_E)$ の形で与えられる。 N_u および M_u はそれぞれ当該の柱およびはりの基本強度である。式(1)は面内に崩壊するはり-柱部材に対しては適正な相関強度式であるが、面外崩壊形式については再考する必要がある。

EUROCODE 3では曲げモーメントの分布形に関する係数をモーメント項のべきに含む非線形相関式を採用している。

$$N/N_u + (M/M_u)^{\beta_n} \leq 1 \quad (2)$$

ここに、 $\beta_n = 1.8 - 0.7\beta$ 等曲げの場合 $\beta_n = 1.1$ と与えておりやや外膨らみの相関式となっている。

これに対して等曲げモーメントを受ける場合の弾塑性有限変位解析の結果、相関強度の外膨らみの程度には部材の細長さと初期変位が影響を与えることが明かとなった。そこで相関強度式として

$$N/N_u + (M^*/M_u)^n \leq 1 \quad (3)$$

と与え、さらに不等曲げの場合の断面の全塑性強度に関する以下の制約条件を組み合わせることにより、はり-柱部材の面外崩壊に関する照査式とする。

$$M_1/M_p \leq 1.18 (1 - N/N_v) \leq 1 \quad (4)$$

式(3)のnは解析結果より柱細長比パラメータ λ の関数として以下のように与える。

表-1 初期不整の統計量

圧延I形断面	σ_{rt}/σ_y	σ_{rc}/σ_y	$\delta_0/L \cdot 10^{-3}$
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_{rt}/σ_y	σ_{rc}/σ_y
平均値相当	1.0	0.12
下限値相当	1.0	0.2318

$\delta_0/L \cdot 10^{-3}$	柱	はり
平均値相当	0.296	0.5475
下限値相当	0.842	1.1995

平均値強度

圧延断面: $1.8 \geq n = \bar{\lambda} + 0.2 \geq 1.0$

溶接断面: $1.8 \geq n = \bar{\lambda} + 0.1 \geq 1.0$

下限値強度

圧延断面: $1.8 \geq n = \bar{\lambda} + 0.5 \geq 1.0$

溶接断面: $1.8 \geq n = \bar{\lambda} + 0.3 \geq 1.0$

4. 各国示方書との比較

図-2に等曲げを受ける場合の相関強度を示す。図中の●印は平均値強度, ○印は下限値強度を表している。代表的な示方書としてJSHBとEUROCODE3を取り上げ解析結果と比較する。柱強度(縦軸上)は両示方書ともほぼ下限値強度に対応しているがはり強度(横軸上)ではJSHBは安全側の評価を, EUROCODE3は平均値強度あるいはそれ以上の危険側の評価となっている。示方書においては断面力の如何に拘らず統一的な強度の評価基準が考慮されるべきである。

図-3は不等曲げを受ける場合の相関強度を表している。ただし, 横軸は不等曲げを等曲げに換算した等価モーメントではなく, 大きい方の材端モーメントと基本曲げ強度の比で表している。相関強度の評価は式(3)を, モーメントの修正係数として, JSHB, Trahair, Massonnetの式を適用し解析結果と比較した。JSHBないしはMassonnetのモーメント修正係数を用いた提案式(3)と適用限界(4)を組み合わせた相関強度曲線は解析結果と良好に対応している。

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(代表福本啓士, 昭和62年~平成元年)の一環として行ったものである。引続き2軸曲げを受けるはり-柱の強度照査式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(福本啓士編)第3章, 技報堂, 1987. 2) 文部省科学研究費総合研究A: 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, 1989.

(5)

(6)

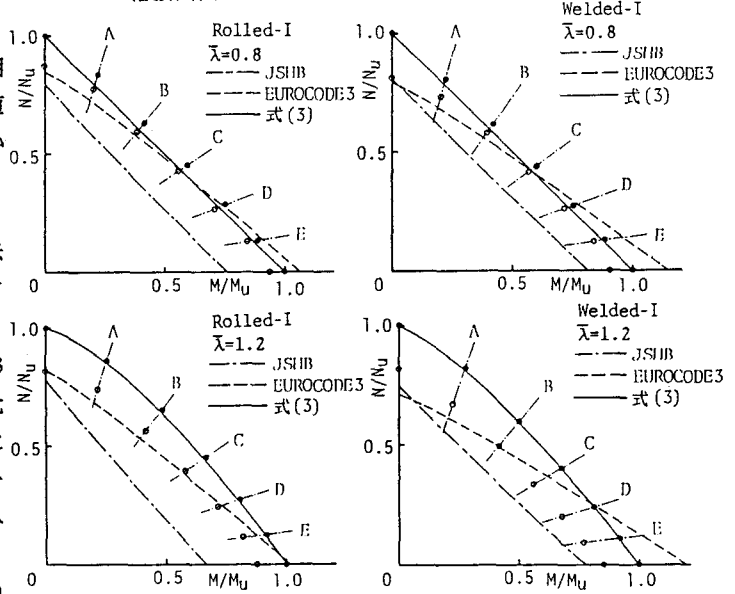


図-2 軸圧縮力と曲げモーメントの相関関係

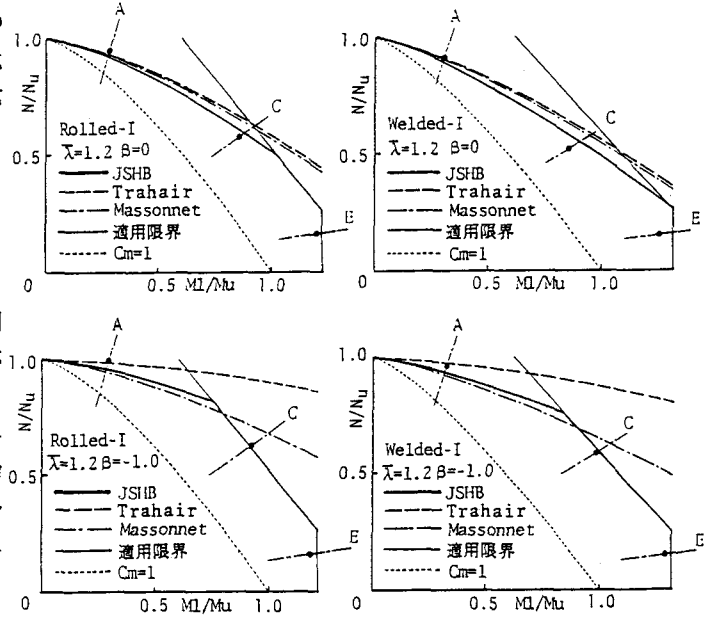


図-3 モーメント修正係数と相関強度式