

I-107

鋼はり-柱部材の相関強度式に関する一考察

大阪大学工学部 正員 西村宜男

1. まえがき ラーメンの柱部材などのように軸圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の強度設計には作用軸力と曲げモーメントをそれぞれ部材の軸圧縮力と曲げに関する基準強度で除した P/P_u および M/M_u に関する相関式を適用するのが一般的である。極限状態設計法の導入に際して、はり-柱部材の極限強度を精度良く評価するためには 1) 基準強度 P_u , M_u の適正な評価法の確立, 2) 崩壊特性に応じた相関式の表現の導入, 3) 軸力による曲げモーメントの割増し係数の適正な評価などが検討される必要がある。本文では骨組み構造の弾塑性有限変位解析結果を基に、鋼はり-柱部材の相関強度式の統一的表記法について考察する。

2. 相関強度式の統一的表記 問題を簡単にするために軸圧縮力と一軸まわりの曲げを受ける場合を考える。道路橋示方書のはり-柱の安定照査式を耐荷力表示に書き換えると、

$$P/P_u + 1/(1-P/P_E) \cdot M/M_u \leq 1 \quad (1)$$

ここに、 P_E は弾性座屈荷重を表す。上式は比較的スレンダーなはり-柱部材が曲げモーメントの作用面内に崩壊するパターンに対しては良好な評価式であるが、曲げモーメントの作用面外に崩壊するパターンに対してはかなり安全側となっている。そこで相関強度式を以下のようにより一般的に表記する。

$$P/P_u + \{1/(1-\alpha P/P_E) \cdot M/M_u\}^\beta \leq 1 \quad (2)$$

式中の α , β は部材の細長さと崩壊パターンに関係した係数で、弾塑性解析結果より、以下のように与えられる。

$\bar{\lambda} \leq 0.2$	$\alpha = 0.0$	面内崩壊	$\beta = 1.0$
$\alpha : 0.2 < \bar{\lambda} \leq 1.2$	$\alpha = \bar{\lambda} - 0.2$		$\bar{\lambda} \leq 0.25$ $\beta = 1.0$
$1.2 < \bar{\lambda}$	$\alpha = 1.0$	面外崩壊	$0.25 < \bar{\lambda} \leq 1.25$ $\beta = \bar{\lambda} + 0.75$
			$1.25 < \bar{\lambda}$ $\beta = 2.0$

これらの提案式の精度を軸圧縮力と等曲げモーメントを受ける基本はり-柱の解析結果との比較によって明らかにする。図-2は溶接箱形断面

$\sigma_{rt} = \sigma_y, \sigma_{rc} = 0.3\sigma_y$ の面内崩壊パターンの相関強度を比較したもので、道路橋示方書(JSHB), EUROCODE3 および式(1)で P_u として ECCS 柱曲線

curve b, M_u として M_p を用いた場合(JSHB・modified)の相関曲線も併

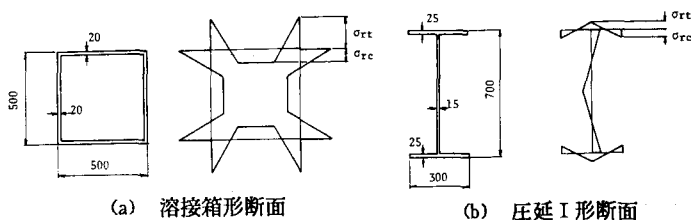


図1 断面寸法と残留応力分布

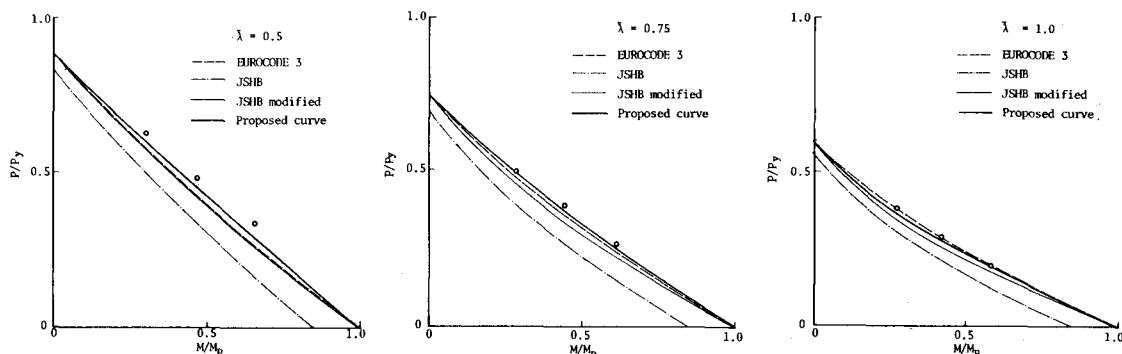


図2 面内崩壊パターンの相関強度

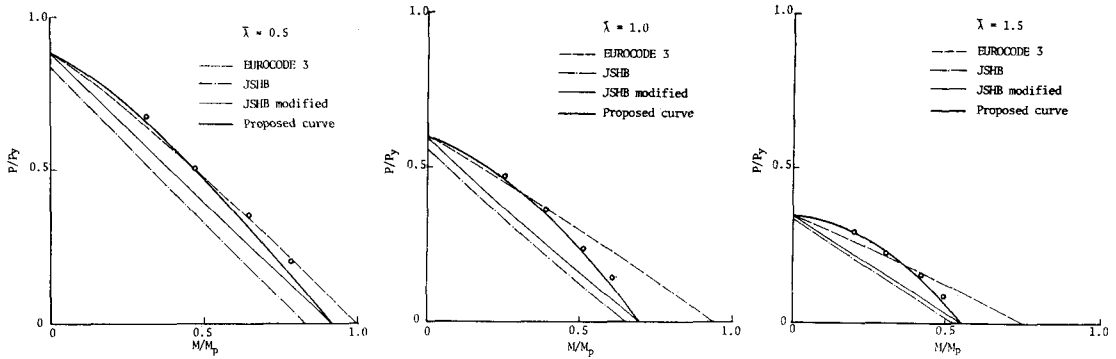


図3 面外崩壊パターンの相関強度

せて示した。また図1(b)のような圧延H形断面材 $\sigma_{rt} = \sigma_{rc} = 0.2\sigma_y$ が圧縮力と強軸まわりの曲げを受ける場合の面外崩壊パターンについて図3に相関強度と比較して示す。この場合の基本 P_u , M_u としてはそれぞれ ECCS curve b および文献(1)のはり基本強度を用いた。提案式(2)は面内崩壊パターンに対して精度の良い相関強度式となっている。

3. 端拘束を受けるはり一柱部材の基準強度 ラーメン柱

部材のように隣接部材によって部材端の回転変位で拘束された場合の基準圧縮強度 P_u の算出には、弾性座屈解析より求めた有効座屈長を用いるのが一般的であるが、ここでは図-4のような門形ラーメンが柱頭鉛直荷重を受ける場合の極限強度のパラメータ解析によって求めた P_u の算出式

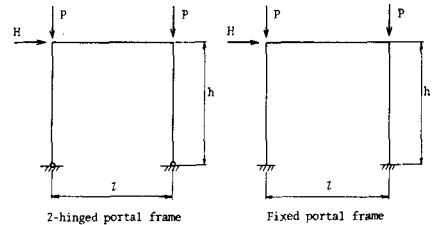


図4 門形ラーメンモデルの寸法

$$\frac{P_u}{P_0} = \frac{C_1 \kappa}{\kappa + C_2 \lambda_0 + C_3} \left\{ 1 - \frac{C_4 \lambda_0 (\kappa + C_5)}{1 + \kappa} \right\}$$

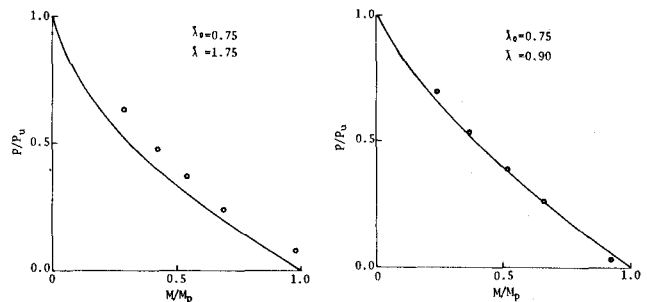
式中の係数は

$$\begin{aligned} \cdot \text{2ヒンジ門形ラーメン: } C_1 &= \frac{1 + 1.5 \lambda_0^3}{1 + 6 \lambda_0^3}, C_2 = 2.96, C_3 = -0.555 \\ C_4 &= 0.15, C_5 = -0.30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{固定門形ラーメン: } C_1 &= 1, C_2 = 1.098, C_3 = -0.485 \\ C_4 &= 0, C_5 = 0 \end{aligned}$$

柱の基本強度 P_0 (両端ヒンジ)

を与え、これらの門形ラーメンが柱頭鉛直荷重 P と水平荷重 H を受ける場合の面内崩壊モードに対して式(2)を適用した。その結果は2ヒンジ門形ラーメンについて図-5(a)に、固定門形ラーメンについては図-5(b)に示した。提案式は2ヒンジ門形ラーメンに対しては若干安全側の値を与えるが、固定門形ラーメンに対しては良好な評価を与えている。



(a) 2ヒンジ門形ラーメン

(b) 固定門形ラーメン

図5 組合せ荷重を受ける門形ラーメン柱部材の相関強度

4. あとがき 今回提案した式(2)の係数 α , β については、極く限られた断面形状の部材に関するものであるから、実際の設計公式としての保証を得るためには、各種の断面形や製造法を考慮した広範な検討が必要である。また端拘束を考慮した基準強度 P_u の算定式についてもより一般的なラーメンへの拡張、固定度の評価等が必要であり、系統的な研究プログラムの立案が切望される。

参考文献 1) 小松、西村、中田：2主桁の局部横倒れ極限強度に対する隣接部材の拘束効果、土木学会年次講演会概要集、1984