

北海学園大学 学生員 西端 紀次
 北海学園大学 正員 当麻 庄司
 National U. of Singapore J.Y.R. Liew

1. まえがき

現在の設計基準では、部材の耐荷力を基として構造物全体を設計する部材設計が基本となっている。しかし、設計作業にかなりの手間がかかるため最近では電子計算機を用いて構造全体を2次解析し設計を行う、いわゆる構造システム設計が導入されつつある。構造物に含まれる初期不整をも考慮した厳密な弾塑性2次解析は計算量が膨大になり一般的でない。そこで、簡便な塑性ヒンジ法の考え方に基づいた修正塑性ヒンジ法が提案されているが⁽¹⁾⁽²⁾、ここではその一手法について述べる。

2. 修正塑性ヒンジ法¹⁾

一般に塑性ヒンジ法では断面が塑性モーメントに達した瞬間に塑性ヒンジが形成されるとし、断面における塑性域の余々の広がりとは考慮されない。従って塑性ヒンジ法では構造物の最終強度の評価は比較的正確にできるものの、変形挙動には誤差が大きい。修正塑性ヒンジ法では塑性ヒンジ法の簡便さを維持しながらこのような欠点を改善するために、基本的な定式化は塑性ヒンジ法に従い、梁柱要素A Bの剛性方程式を次のように表すものとする。

$$\begin{Bmatrix} \dot{M}_A \\ \dot{M}_B \end{Bmatrix} = \frac{E_t I}{L} \begin{bmatrix} \phi_A \left[S_1 - \frac{S_2^2}{S_1} (1 - \phi_B) \right] & \phi_A \phi_B S_2 \\ \phi_A \phi_B S_2 & \phi_B \left[S_1 - \frac{S_2^2}{S_1} (1 - \phi_A) \right] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_A \\ \dot{\theta}_B \end{Bmatrix} \quad (1)$$

ここに、 S_1 、 S_2 は通常の梁柱の座屈関数であり、また剛性低減係数(ϕ_A 、 ϕ_B)は図1のように定義される。係数 α は軸方向力と曲げモーメントの相関関係より導かれるパラメーターであり、例えばAISCのLRFDを用いられるとすれば図2次のようになる。結局、剛性低減係数は要素端での塑性化状態に応じて次のような値をとる。

- (1) $1 > \phi_A > 0$ 、 $1 > \phi_B > 0$ の時、要素端A、Bは部分塑性化の状態にある
- (2) $\phi_A = \phi_B = 1$ の時、要素は完全弾性（剛性方程式は通常の梁柱の式となる）
- (3) $\phi_A = 1$ 、 $1 > \phi_B > 0$ の時、A端は完全弾性、B端は部分塑性
- (4) $\phi_B = 1$ 、 $1 > \phi_A > 0$ の時、B端は完全弾性、A端は部分塑性

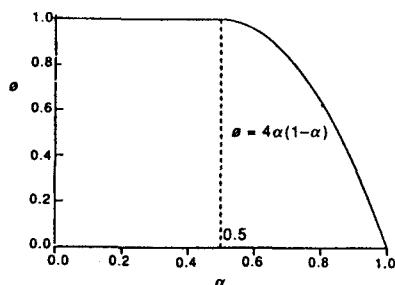


図1 剛性低減係数

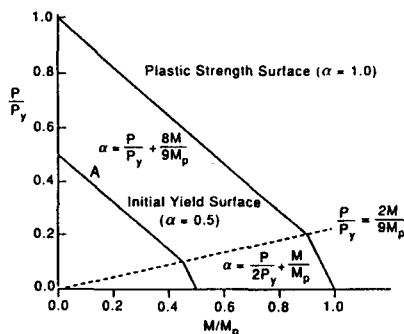


図2 塑性化パラメーター

3. 解析結果

図3に門型フレームの小型模型実験結果³⁾と修正塑性ヒンジ法による解析結果との比較を示す。現在の修正塑性ヒンジ法のプログラムでは座屈後の挙動まで計算できないため、最大強度までの荷重・変形曲線が示されている。同図には他の解析法との比較も示されているが、修正塑性ヒンジ法は妥当な結果を与えているといえる。また図4には、多層骨組構造物の一部を想定した十字型ラーメンの実験結果⁴⁾との比較を示すが、この図においても修正塑性ヒンジ法はよい解析結果を与えている。

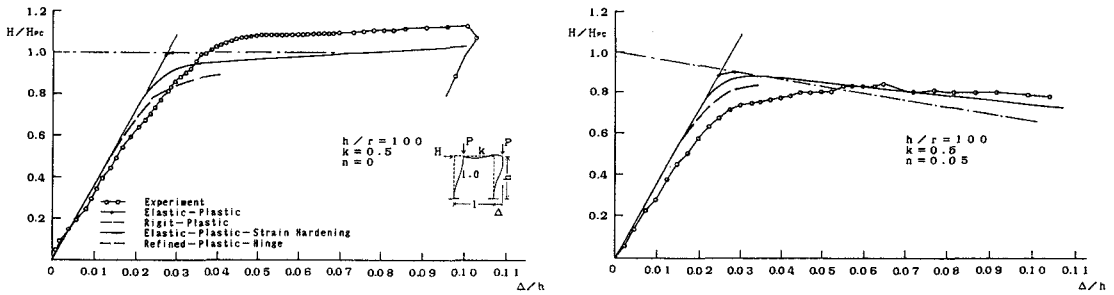


図3 門型フレーム（小型模型）の実験結果³⁾との比較

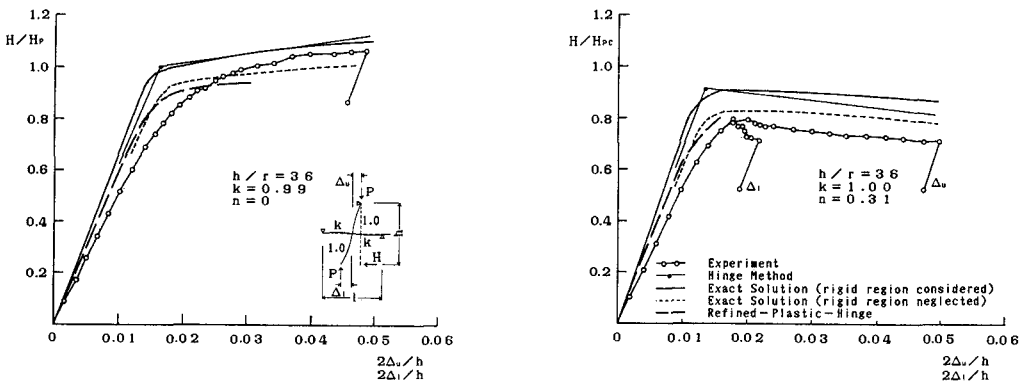


図4 十字型フレームの実験結果⁴⁾との比較

4. まとめ

ここで述べた修正塑性ヒンジ法の考え方を採用することにより、構造システム設計が簡便に行える。今後は本解析法の信頼性をより広範囲な構造物に対して確認していく必要があると思われる。

参考文献

- 1) J.Y.R. Liew and W.F. Chen, Chapter 4 Second-Order Plastic Hinge Analysis of Frames, Advance d Analysis of Steel Frames: Theory, Software and Applications, edited by W.F. Chen and S. Toma , CRC Press, 1993. 2) R.D. Ziemian, W. McGuire and G.G. Deierlein, Inelastic Limit States Design, Part I, Part II, Jour. of Strct. Engrg, ASCE, Sept. 1992. 3) 若林、松井：鉄骨ラーメンの弾塑性安定に関する実験的研究（その1）矩形断面材より成る門形ラーメン、日本建築学会論文報告集、第192号・昭和47年2月。4) 若林、松井、三谷：鉄骨ラーメンの弾塑性安定に関する 実験的研究（その3）H形鋼部材より成る十字形ラーメン、日本建築学会論文 報告集、第194号・昭和47年4月。