

修正塑性ヒンジ解析における剛性低減係数の影響

北海学園大学 学生員 三田村大松
 (株) サクラダ 正会員 西端 紀次
 北海学園大学 正会員 当麻 庄司

1. 修正塑性ヒンジ解析の剛性低減係数

塑性ヒンジ解析は完全弾塑性型のM-P- Φ 曲線を用いるため、塑性の徐々の広がりやを考慮できない。それを改善するために二つの剛性低減係数、曲げモーメントによる剛性低減係数 ϕ と軸力による剛性低減係数 ζ を導入した修正塑性ヒンジ法が提案されている¹⁾。修正塑性ヒンジ法の目的は骨組構造解析において塑性ヒンジ法と同様に基本的には1部材を1要素で解析できる簡便さを持ち、しかも厳密な塑性拡大解析と同様な精度を得ることにある。修正塑性ヒンジ法は耐荷力や変形挙動について比較的よい精度が得られることが報告されている²⁾³⁾。ここでは修正塑性ヒンジ法の精度をさらによく調べるために、変形挙動に対する二つの剛性低減係数 ϕ の ζ の影響を詳しく検討する。

2. 梁柱の変形挙動

骨組構造の構成単位は梁柱であるので、まず梁柱について修正塑性ヒンジ解析と厳密な解析との比較を行いその結果をFig.1に示す。梁柱の断面はH形鋼で長さは換算細長比 $\lambda_c=1.0$ である。ここで厳密解はNewmark数値積分法に基づき、最大残留応力 $0.3\sigma_y$ と初期たわみ $1/1000$ が考慮されている。Fig.1(a)の修正塑性ヒンジ解析では初期たわみが考慮されていないが、これは本解析で用いた低減係数 ζ の基礎となっているLRFDの耐荷力曲線⁴⁾の中にすでに考慮されていることによる。しかし同図をみれば分かる通り、弾性での剛性に相違がある。そこで修正塑性ヒンジ解析においても厳密解と同様に $1/1000$ の初期たわみを直接取り入れて解析した結果をFig.1(b)に示すが、両者はよく一致している。これは修正塑性ヒンジ解析においてもたわみ形状に合わせるため部材を10要素に分割して得られた結果である。これらの図をみると、低減係数 ϕ の影響が大きく ζ はほとんど関係していないことが分かる。

3. 側方移動門型フレームの変形挙動

柱脚ヒンジの門型フレームについての比較をFig.2に示す。厳密解⁵⁾では梁柱と同様の残留応力と初期たわみが考慮されているが、修正塑性ヒンジ解析ではこれらは耐荷力曲線の中で間接的に考慮されているのみである。Fig.2によれば、柱の軸力が小さい時両者はよく一致するが軸力が大きくなると誤差が大きくなっている。現実の設計では軸力が $P/Py>0.5$ となるようなケースは少ないと思われる。軸力が小さい時ここでも先の梁柱と同様に ϕ の影響が大きく ζ の影響は非常に小さい。ここでは初期たわみを直接考慮しなくても比較的精度がよくなっているが、これは部材数が増すにつれて梁柱でみられたような個々の部材に対する初期たわみの影響が小さくなっているためであろうと思われる。したがって骨組構造においては梁柱のように部材を分割する必要はないと思われる。一方軸力が大きくなると軸力の剛性低減係数 ζ の影響が部材全体に及ぼして大きくなりすぎ、むしろこれは考慮しない方がよい。

4. 側方拘束門形フレームの変形挙動

門形フレームが筋交いをもち側方の移動が拘束されている場合の変形挙動をFig.3に示す。この時は曲げモーメントよりも軸力が終局強度に支配的となるため、側方移動フレームの場合とは異なり ζ 係数の影響が大きいことが分かる。

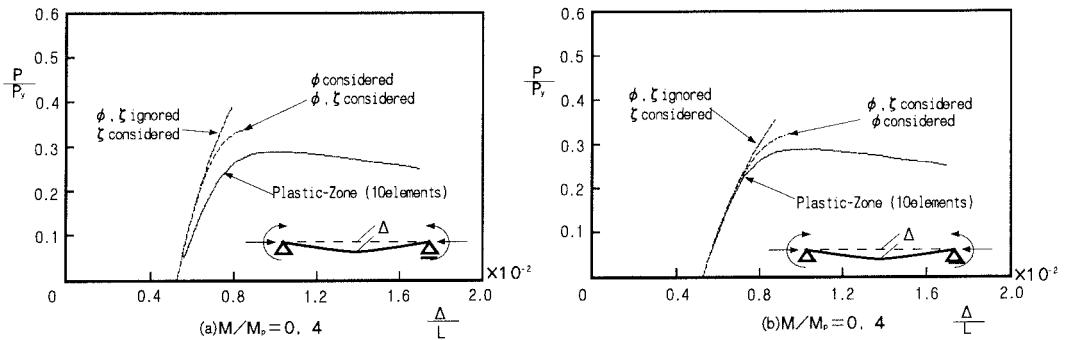


Fig.1 Effects of ϕ and ζ for Beam-Column

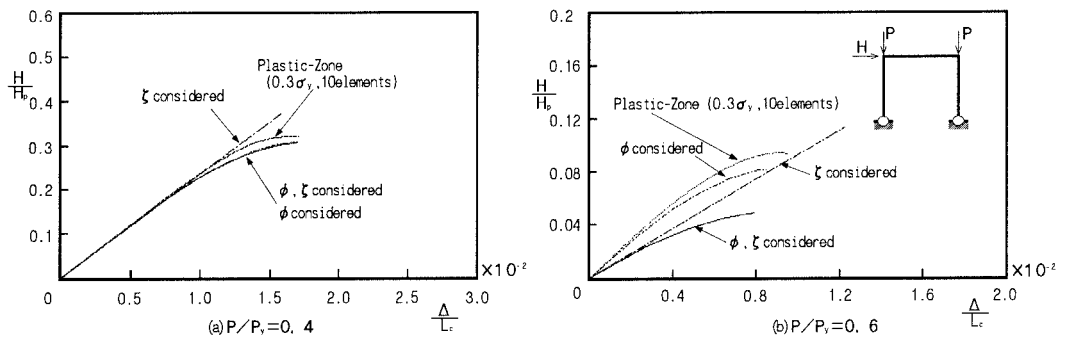


Fig.2 Effects of ϕ and ζ for Portal Frame
($h/r=40$, $k=1.0$)

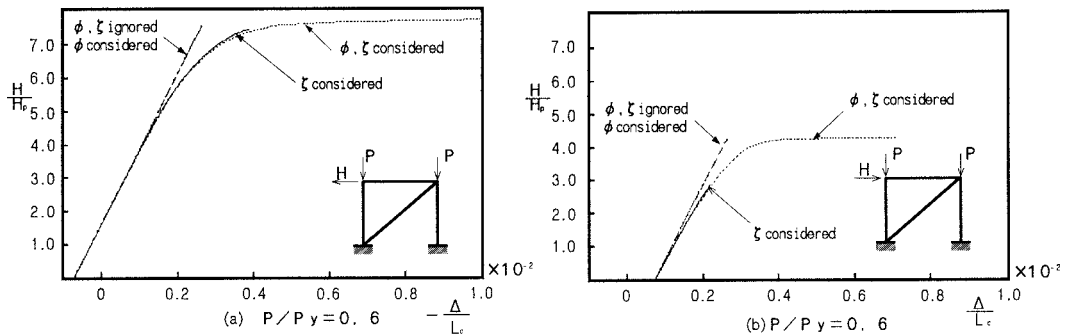


Fig.3 Effects of ϕ and ζ for Portal Frame with Truss
($h/r=40$, $k=1.0$)

5. 結語

修正塑性ヒンジ法に用いられている二つの剛性低減係数の影響について調べた結果、側方移動フレームに対しては曲げ剛性低減係数 ϕ のみを考慮し、側方拘束フレームに対しては軸力剛性低減係数 ζ のみを考慮すればよいことが判明した。

参考文献

- 1) J.Y.R. Liew, Chapter 4, Advanced Analysis of Steel Frames, edited by W.F. Chen and S. Toma, CRC Press, 1994.
- 2) 西端、当麻：修正塑性ヒンジ法による骨組鋼構造物の解析、土木学会第48回年次学術講演会、平成5年9月。
- 3) 西端、当麻、Liew：修正塑性ヒンジ法による骨組鋼構造物の弾塑性2次解析、土木学会北海道支部論文報告集、第50号、平成6年2月。
- 4) AISC, LRFD, 1993.
- 5) S.P. Zhou, Chapter 5, Advanced Analysis of Steel Frames, edited by W.F. Chen and S. Toma, CRC Press, 1994.