

I-A 29 骨組構造の簡易耐荷力算出における曲げ剛性低減パラメータの効果

(株)日本構造橋梁研究所	正員	飛鳥馬 隆志
東京工業大学	学生員	松本 浩幸
芝浦工業大学	正員	山本 一之
東京都立大学	正員	野上 邦榮

1. まえがき

一般に、最も精度の高い耐荷力解析法と言え、弾塑性有限変位解析である。しかし、この解析法は使用性及び経済性について設計上多くの問題があり、厳密な解を得ることは大変に困難である。そこで、より簡易にかつ精度の高い耐荷力を算出できる方法として ζ 法と修正 ζ 法¹⁾が提案されている。本研究は、 ζ 法に曲げ剛性低減パラメータ(ϕ 関数)を追加した修正 ζ 法について簡単なモデルで解析を行いその有効性を検討している。

2. ζ 法 及び 修正 ζ 法

本四の吊橋主塔設計要領で採用されている E_f 法をヒントにして、作用軸圧縮力により求められる ζ 関数を考慮したもののが ζ 法である。しかし、大きな曲げモーメントを受ける部材の耐荷力を評価する場合には ζ 関数により剛性を低減するだけでは十分でないため、曲げ変形による剛性低下を考慮した ϕ 関数という2つの関数を考慮した方法を修正 ζ 法と呼び、骨組構造の終局耐力に影響する非線形性を取り込んでいる。

< ζ 関数> ζ 関数は接線弾性係数とヤング率の比 $\zeta = E_t/E$ で定義

したものであり、初期たわみや残留応力などにも依存した、部材断面を包括的にみたパラメータである。この関数は、応力($\bar{\sigma} = \sigma/\sigma_y$)の関数とし、換算細長比 λ の関数で与えられる柱の基準耐荷力曲線を用いて設定できる。

今、道示の柱の基準耐荷力曲線を用いた場合、 ζ 値は次式で与えられる。

$$\zeta = \begin{cases} 1.0 - 0.773\bar{\sigma} & \bar{\sigma} \leq 0.564 \\ 3.367(1.109 - \bar{\sigma})^2\bar{\sigma} & 0.564 < \bar{\sigma} \leq 1.0 \\ 0.04 & 1.0 < \bar{\sigma} \end{cases} \quad (1)$$

< ϕ 関数> 曲げ変形挙動により生ずる付加的な断面の塑性化の影響を考慮するため、部材の曲げに対して、降伏開始点から塑性強度にわたる剛性低減を、式(2)のはり一柱の限界強度相関式の関数として

$\phi = f(M, P) = f(\alpha)$ と与える。

$$\alpha = \frac{P}{P_y} + \frac{1}{1.18} \frac{M}{M_p} \quad (2)$$

$$\phi = \begin{cases} 1 - \frac{(\alpha - \beta)^2}{(1 - \beta)^2} & \alpha > \beta \\ 1.0 & \alpha \leq \beta \end{cases} \quad (3)$$

式(3)の β は初期降伏に達したときに得られる α 値である。なお、残留応力を考慮した初期降伏は、式(4)の降伏曲面を基に生じるものと仮定する。

$$\alpha_0 = \frac{P}{P_y} + \frac{M}{M_y} \quad (4)$$

なお、 $\alpha_0 = 0.5, 1.0$ における降伏曲面と $\alpha = 1.0$ の塑性強度曲面を図-1に示す。

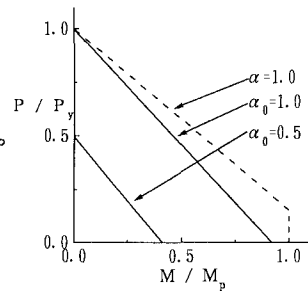


図-1 はり一柱の強度相関式

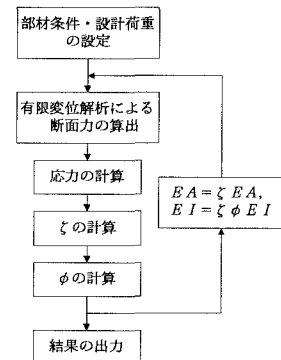


図-2 修正 ζ 法の流れ図

4. 数値計算例

具体的に柱、1層ラーメン構造を取り上げて、他の弾塑性有限変位解析との比較を行う。

4. 1 柱構造

図-3に示すような薄肉箱型断面を有する偏心圧縮柱の問題を解析し、弾塑性有限変位解析結果²⁾と比較した。基準耐荷力曲線にはJSBB曲線を用いた。図-4は軸方向変位 δ と荷重 P の釣り合い経路を示した。修正 ξ 法による曲線は、限界点に達するまで弾塑性有限変位解析結果とよい一致を示しているがその後の経路には相違が見られる。 $\alpha_0=0.7$ において弾塑性有限変位解析による限界点と最もよい一致を示した。また、 ξ 法による結果には限界点が現れず増加曲線になっている。したがって、 ϕ が耐荷力へ影響を及ぼしていることがわかる。

4. 2 門型ラーメン構造

図-5に示すようなラーメン構造について換算細長比、 $\lambda=0.3, 0.6$ の2ケースについて検討を行った。鉛直荷重 P を一定とし水平荷重 H を増加させ解析を行った。残留応力は降伏応力の50% ($\alpha_0=0.5$)とし、基準耐荷力曲線にはCRC曲線を用いた。図-6は解析の結果得られた終局強度を相関曲線の形に図示したものである。比較対照としてFEM Solution³⁾（弾塑性有限変位解析）と修正塑性ヒンジ解析⁴⁾による結果を掲載し、図-7は本解析の一部について荷重変位曲線と ξ, ϕ の挙動を示している。

本解析による結果はFEM Solutionより低めの値を示し、よい精度を示している。なお、 ξ 法と修正 ξ 法との解析結果にほとんど差が現れない原因は図-7からわかるように ϕ により曲げ剛性が低減しているが ξ による ξEA の低下の方が耐荷力への影響が大きいためである。

5. まとめ

基本的に修正 ξ 法は柱構造、ラーメン構造の耐荷力を精度良く評価できる。しかし、今回解析に使用したラーメン構造については、 ξ と ϕ の関連について詳しく検討を行う必要がある。

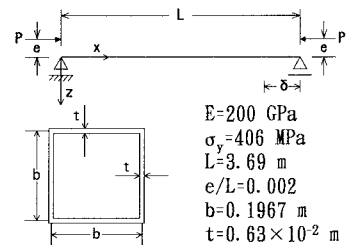


図-3 偏心圧縮柱の諸元

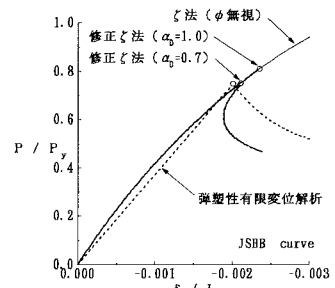


図-4 荷重-軸方向変位曲線

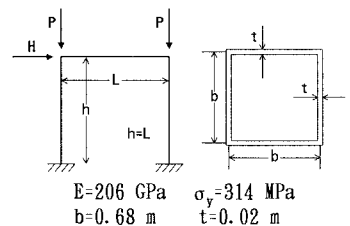


図-5 門型ラーメンの諸元

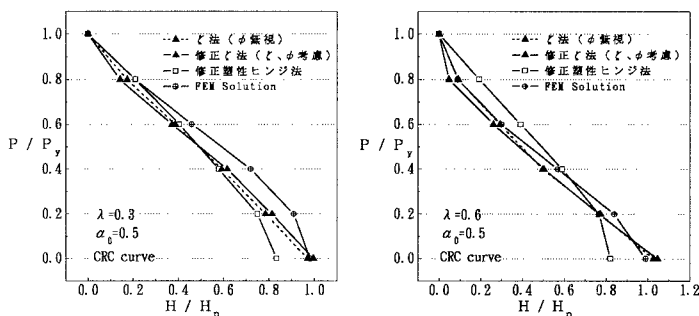


図-6 鉛直荷重 P をパラメータといた強度相関曲線

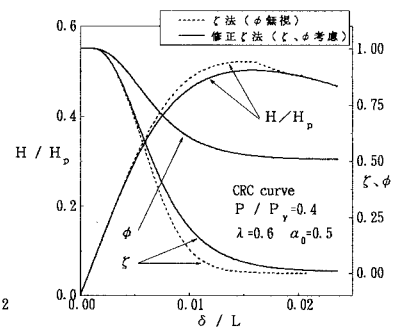


図-7 荷重変位曲線

参考文献

- 1) 野上邦栄・山本一之・成田信之：鋼骨組構造物の簡易耐荷力算出方の提案、構造工学論文集、1996.3
- 2) 北田俊行・他4名：三次元骨組構造物の弾塑性有限変位解析における種々の非線形解析法の得失について、構造工学における数値解析シンポジウム論文集、第15巻、1992.7
- 3) 宇佐見勉・他2名：鋼ラーメン構造物の合理的設計式の一提案、土木学会論文集、No.404/1989.4
- 4) W.F.Chen・S.Toma：Advanced Analysis of Steel Frames