

局部座屈を考慮した鋼骨組構造物の 強度解析

名古屋大学 学生員○寺尾圭史

名古屋大学 正 員 宇佐美勉

1. 緒言

本解析では、文献1)に示されている、残留応力および初期たわみを同時に考慮した箱形断面短柱の弾塑性有限変位解析から求められた、局部座屈を考慮した短柱の精確なモーメント-軸方向圧縮力-曲率関係(M-P- ϕ 関係)を部材の長さ方向に積分することにより、骨組構造物の荷重-変形挙動を比較的簡単に求めることができたので、ここに報告するものである。

2. 解析方法

本解析で用いた方法は、曲げ変形のみを考慮した、棒部材に対する有限要素法である。解析の対象は、図1に示すような、柱部材に一定の軸力を受け、節点に増大する水平力またはモーメントを受ける骨組である。ただし増大する荷重が複数個ある場合には、それぞれ常に一定の比率で増大するものとする。さて、部材の長さ方向にX軸をとるX-Y平面内で、微小長さdxの要素に関するつり合い式は、

$$M'' - Pv'' = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ただし、M:曲げモーメント、P:軸圧縮力、v:たわみである。式(1)の両辺に仮想変位 δv を乗じ、部材の長さLについて積分すれば、

$$\int_0^L (M'' - Pv'') \delta v dx = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

上式を部分積分し、変形前の部材力に直交する力 $V = M' - Pv'$ を考えれば、

$$-\int_0^L M \delta v'' dx - P \int_0^L v' \delta v' dx = [V \delta v]_0^L - [M \delta v']_0^L \quad \dots\dots\dots(3)$$

式(3)の増分形を考えると増分量に Δ を付けて表し、 $\Delta M = B \Delta v''$ (BはM-P- ϕ 曲線の接線、すなわち接線剛性)とし、 Δv を3次関数で近似し、 $\Delta v(X) = N(X) \Delta d$ (Nは形状関数、 Δd は両端のたわみ・たわみ角増分)とすれば、

$$\left(\int_0^L B N'^T N' dx - P k_0 \right) \Delta d = \Delta f + f - \left(- \int_0^L M N'' T dx - P k_0 d \right) \quad \dots\dots\dots(4)$$

ただし、 $k_0 = \int_0^L N'^T N' dx$ であり、fは節点力ベクトルである。式(4)を全要素について重ね合わせ、変位増分法で解く。ただし、この定式化では軸方向変位を無視しているため、文献2)に示されている一般変位・一般力の概念を用いて構造物全体の剛性方程式を求めた。

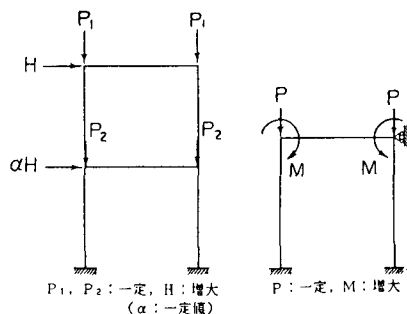
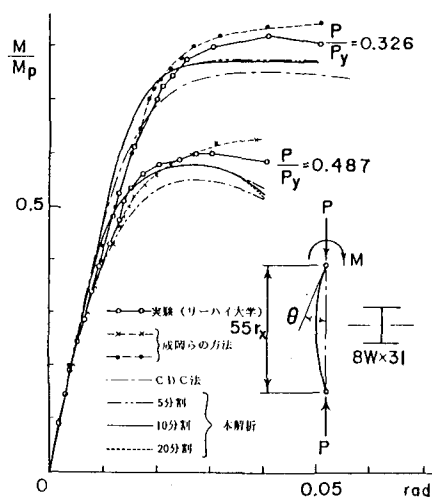


図1 対象とする構造

図2 軸力と片曲げを受ける柱³⁾

3. 数値解析結果

以上のような定式化のもとに開発した解析プログラムによって、数値解析を行った例をいくつか示す。ただし、ここで示す解析例では、精度検証の意味から、局部座屈を考慮していないM-P- ϕ 関係を用いている。また、ひずみ硬化も考慮されていない。図2は、8W×31鋼製の両端単純支持部材に、軸力と片曲げを加えたもので、CDC法、リ-ハイ大学で行われた実験結果、および文献3)の結果を比較したものである。分割数は5,10,20としている。解析結果の間に多少の差があるが、数値計算結果は実際の挙動をよく表しているといえる。図3も同様で、実験結果⁴⁾と比較したものである。これも、実験結果とよく一致している。図4(a)、4(b)は1層1支間のラーメンについて解析を行ったものである⁵⁾。はり一柱は完全に剛結、柱端部は固定として、図4(a)では増大する水平力のみ、図4(b)では、さらに柱に軸力が増えられている。この例でも、実験結果の挙動を比較的よく捉えている。また、本解析と同様の手法で行われた若林らの計算結果ともよく一致しているのがわかる。

4. まとめ

種々のM-P- ϕ 関係を与えることにより、簡単に精度良く鋼骨組構造物の強度解析が行えることを示した。この解析法により、局部座屈を考えたM-P- ϕ 関係を用いることで局部座屈の影響をも考慮することができる。なお、局部座屈を考慮した強度解析結果は、当日発表する。

参考文献

- 1) 宇佐美ら: "鋼圧縮部材の連成座屈挙動の理論的研究", 土木学会論文集, 第362号, pp.303-312.
- 2) M.F.Rubinstein, 川井ら共訳: "有限要素法による線形構造解析", 培風館.
- 3) 成岡ら共著: "骨組構造解析", 培風館, p.294.
- 4) T.V.Galampos, 福本, 西野共訳: "鋼構造部材と骨組", 丸善, p.234.
- 5) 若林ら: "鉄骨ラーメンの弾塑性安定に関する実験的研究", 日本建築学会論文報告集, 第192号, pp.11-22.

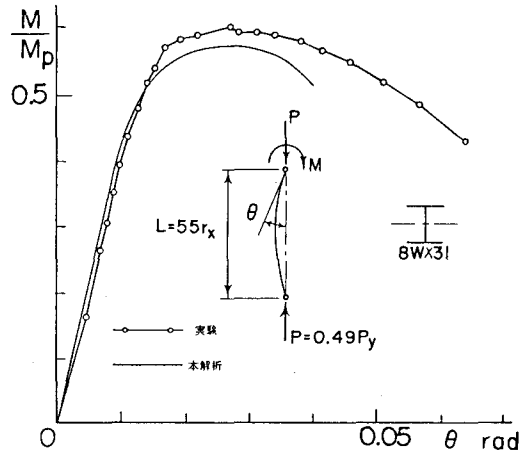


図3 軸力と片曲げを受ける柱⁴⁾

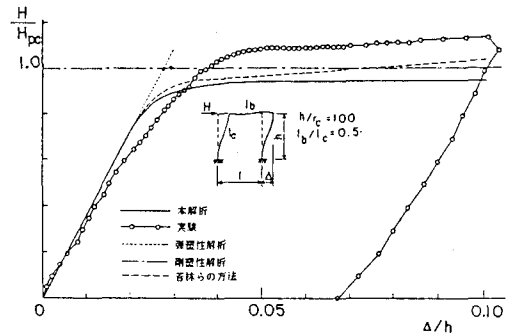


図4(a) 水平力を受けるラーメン⁵⁾

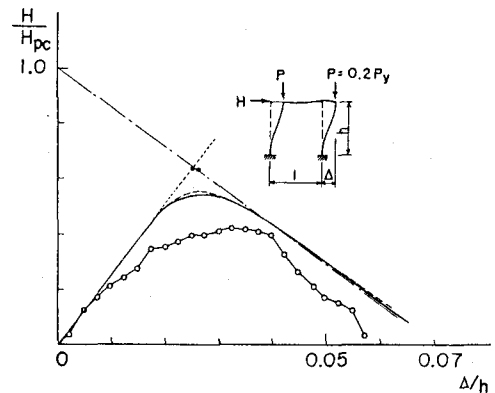


図4(b) 軸力と水平力を受けるラーメン⁵⁾