

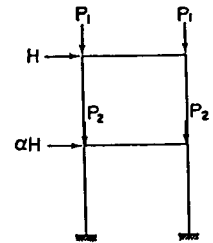
I-54

局部座屈を考慮した鋼骨組構造物の強度

横河 橋梁 正 員○寺尾 圭史
名古屋大学 正 員 宇佐美 勉

1. 緒言 局部座屈を考慮した骨組構造物の荷重 変形特性を厳密に解析することは非常に難しい。これは骨組の挙動が、種々の初期不整・残留応力・部材軸線の初期曲がりなどに大きく左右されるため、何らかの近似解法を用いざるを得ない。¹⁾²⁾この種の研究としては中井・酒造らの研究³⁾があり、種々興味のある結果が得られているが、この方法は局部座屈を無視した弾塑性2次解析と局部座屈を考慮した第一塑性ヒンジを上界とした解析であり、非弾性効果を含めた局部座屈後の挙動を求める点からすると多少もの足りない。我々の研究室では、これまでに文献1),2)に示されているように、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、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)を求めてきた。今回はこれを部材の長さ方向に積分することにより、局部座屈を考慮した骨組構造物の荷重 変形挙動を比較的簡単に求めることができたので報告する。また結果は、既に提案しているはり-柱の強度式¹⁾に多少の修正をした式とも比較している。

2. 解析方法⁴⁾ 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曲げ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。解析手法は軸線不伸張の仮定に基づく棒要素に対する有限要素法である。定式化の概要は文献4)に述べたので省略する。M-P- Φ 関係は離散値として入力し、B- Δ° 法で補間して求めた。



3. 数値解析結果 解析の対象としたのは、図1にあるような1層および2層のラーメンで正方形箱形断面、断面の幅厚比が30,40,60のものである。これは、降伏応力 $\sigma_y=3200\text{kgf/cm}^2$ として、幅厚比 b/t が R で表すと0.616,0.821,1.232となる。ここで用いたM-P- Φ 関係は文献1)に示されており、図2に幅厚比30($R=0.616$)のものが示してある。計算は柱を10分割、はりの半分を5分割して全体の半分のみについて行った。図3は結果の一部で、断面の幅厚比30と60($R=1.232$)、柱の細長比 λ が0.6の1層のラーメンに対する荷重-変位曲線である。 H_y , δ_y は弾性微小変形理論により求められた曲げモーメント分布の最大値が降伏曲げモーメントになるときの H , δ であり、図3の場合 $H_y=7M_y/2h$, $\delta_y=35M_y h^2/168EI$ である。また、曲率が最大となる点での曲率を降伏曲率 Φ_y で無次元化した値を図中に Δ などの印で示してある。図3を見ると、幅厚比が小さく軸圧縮力も小さい場合には最高荷重後も滑らかな曲線となっているが、幅厚比が大きくなるいは軸圧縮力が多い場合には最高荷重後は急速に耐荷力が失われていることがわかる。特に、最高荷重後の曲線が描かれていないものは、この部分で計算が不安定となり、それ以降の変形が求められなかったものである。さらに、図2のM-P- Φ 関係と比較すると、最高荷重が明確に現れている場合には、その時の曲率の最大値とM-P- Φ 関係のMが最大となる Φ とが大体対応していることは興味深い。

4. 設計式との比較 数値計算から得られた鉛直力と水平力の強度相関式を文献1)で提案した推定式に多少の修正を行って得られる式を比較する。文献2)の提案式は次式で表される。

$$\frac{P}{P_u} + \frac{M C_m}{M_u (1 - P/P_E)} = 1.0 \quad \frac{P}{Q P_y} + \frac{M}{M_u} = 1.0$$

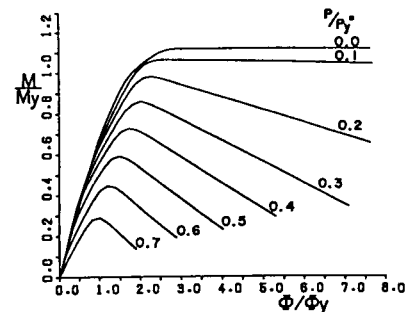


図2 局部座屈を考慮したM-P- Φ 関係($b/t=30$)

ここで、

$$Q=0.7/R \leq 1.0, R=\frac{b}{t} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 \cdot 4}}$$

$$\frac{P_u}{Q P_y} = 1.0 \quad (\bar{\lambda}' \leq 0.2)$$

$$= 1.109 - 0.545 \bar{\lambda}' \quad (0.2 < \bar{\lambda}' \leq 1.0)$$

$$= \frac{1}{0.773 + \bar{\lambda}'^2} \quad (1.0 < \bar{\lambda}')$$

$$\lambda' = \sqrt{Q \lambda}, \quad \lambda = \frac{kh}{r} \cdot \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

P_E = オイラー座屈荷重, P_y = 降伏軸力,

$M_0 = (5Q+3)M_y/8$, K = 有効座屈長係数,

C_m = モーメント補正係数, M_y = 降伏曲げモーメントである。前論文5)で行ったように、上式中に表われる有効座屈長係数 K を非弾性における値、モーメント補正係数 C_m を0.85に置き換えて強度相関式を求めた。数値計算結果を図4の実線で示す。点線は極限曲げモーメント M_0 の式中の M_0 を全塑性モーメント M_p に置き換えて求めた式、四角の点は3の解析から求められた値である。なお、非弾性域における有効座屈長係数 K' は、図に示した例の場合、 $b/t=30, 40, 60$ に対して、それぞれ $K'=1.06, 1.05, 1.03$ である。図より提案式は非常に良い精度を持っていることがわかる。特に M_0 を M_p に置き換えた式は精度が良い。

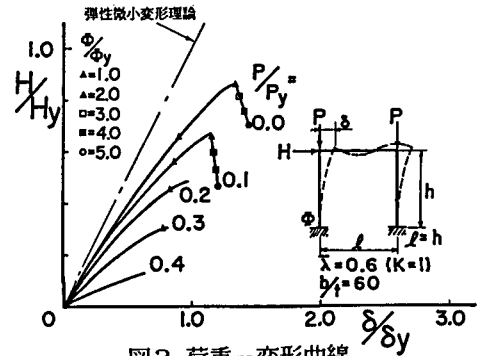
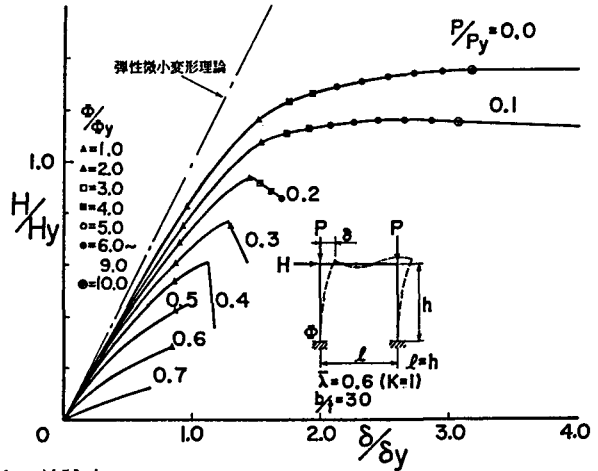


図3 荷重-変形曲線

5. あとがき 局部座屈の影響を考えた平面鋼骨組構造物の設計式の検討を行った。有効座屈長による設計方法に対し種々批判的な論文が出されているが、ここで考えた問題に限れば、有効座屈長の概念で十分妥当な設計ができると考えられる。

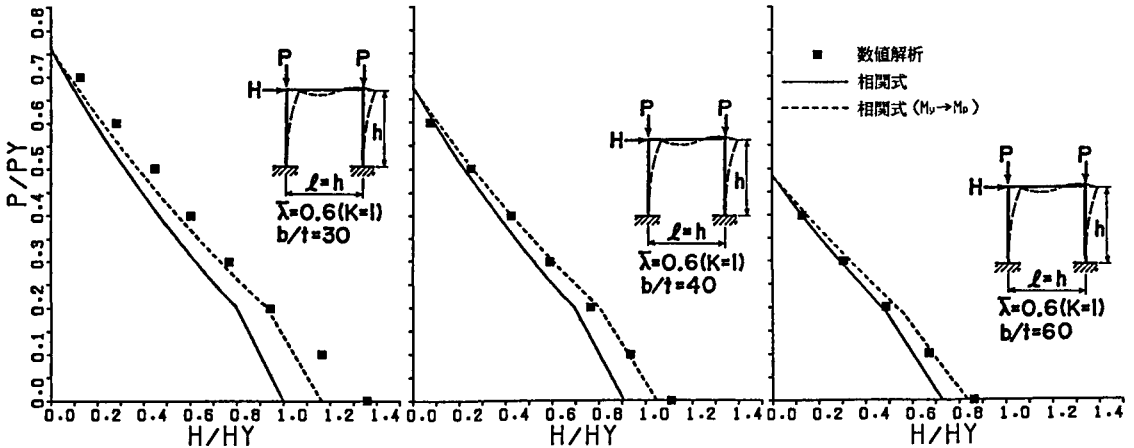


図4 相関式と数値解析結果との比較

参考文献 1)宇佐美ら,土木学会論文集,第362号/1-4,1985. 2)宇佐美ら,同上,第362号/1-4,1985. 3)中井・北沢・酒造,同上,第368号/1-5,1986. 4)寺尾・宇佐美,土木学会中部支部研究発表会,1987. 5)垣内・宇佐美,第42回土木学会講演会,1987.