

I-9

はり-柱部材の強度照査式による現行の座屈設計法に関する考察

建設企画コンサルタント 正員 高 建修

大阪大学工学部 正員 西村宣男

1. はじめに 日本における現行の鋼骨組構造物の座屈設計法は有効座屈長法である。有効座屈長法は部材単位の設計法であるため、構造物中の圧縮部材をそれと等価な単一部材に置き換える必要があり、その手法としての有効座屈長の概念が用いられる。しかし、近年全体構造解析法で各部材の有効座屈長を求めると、構造物の内部に小さい軸圧縮力を受ける部材が存在するとき、その部材の有効座屈長が不合理に長く算定されることになると言われている^{1) 2) 3)}。また、変断面部材に対して全体構造解析法で与えられる有効座屈長は、断面が大きく、軸圧縮応力度が小さくなることに伴って長くなり、許容軸圧縮応力度が低下するという不合理性が指摘されている⁴⁾。つまり、構造物の内部に座屈に対して弱い部材が存在すると、その部材の座屈で構造物全体の座屈荷重が決められてしまうため、強い部材の有効座屈長が過大に評価されることになる。

現行の設計作業は各々の部材を設計し、集成することにより、全体を構成する。骨組構造物は、一般に曲げと軸力を受ける部材「はり-柱」に分解されると考えても良い。したがって、この問題に対して本研究は有効座屈長に注目するのみではなく、はり-柱部材を設計(断面決定)する際に、安全性を確保するための強度照査式、すなわち、断面終局状態に対する断面照査と、座屈終局状態に対する部材照査を用いて検討してみる。本研究で用いる断面照査式と部材照査式は次のように表わされる⁵⁾。

$$\frac{N}{N_y} + \frac{M}{M_y} \leq 1 \quad (1)$$

$$\frac{N}{N_u} + \frac{C_m}{\left(1 - \frac{N}{N_e}\right)} \cdot \frac{M}{M_y} \leq 1 \quad (2)$$

ここに、M:作用曲げモーメント、N:作用軸圧縮力、 M_y :降伏曲げモーメント、 N_y :降伏軸圧縮力、 N_e :限界軸圧縮力、 N_u :オイラー軸圧縮力、 C_m :等価曲げモーメント修正係数($=0.6+0.4M_2/M_1>0.4$)、 M_1, M_2 :部材の両端の曲げモーメント。式(2)の N_u, N_e は有効座屈長の関数であり、式(1)と有効座屈長は無関係であることが分かる。一般に、式(2)の左辺の値が式(1)の左辺より大きい場合は部材照査で強度が決まることを意味している。逆に、式(2)の左辺の値が式(1)の左辺より小さい場合は断面照査で強度が決まることを意味している。また、この場合は部材強度と有効座屈長は無関係であることに注意すべきである。

2. 解析モデル 実際に変断面部材で設計されるはり-柱部材はπラーメン橋の脚のような場合が考えられる。この場合は脚下端をヒンジ構造とするπラーメン橋に対する脚柱部材において、鉛直荷重がほぼ一定の下で、曲げモーメントに抵抗できるように梁つけ根断面と脚下端断面の剛性が大きく異なり、典型的な変断面部材となる⁶⁾。図-1に示す箱形断面で構成された軸圧縮力を受ける変断面柱の座屈を照査するため、変断面柱を10等分し、階段状に断面が変化する変断面柱に理想化して解析する。変断面部材の場合、全体構造解析法で固有値を解析すると、それぞれの要素の構造剛性を合成することにより各要素の有効座屈長を求める。ここに各要素に作用する軸圧縮力は全て一定であっても曲げ剛性が異なるため、有効座屈長が異なる。このモデルに対して設計手順としては、まず軸圧縮力と断面

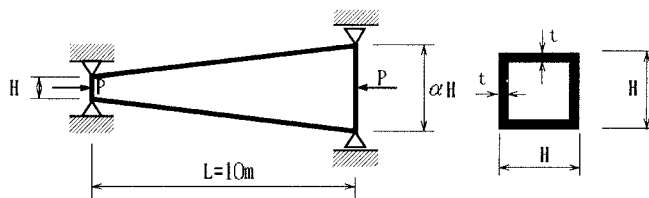


図-1

を与えたうえで各断面の有効座屈長を求め、次に断面照査式(1)、あるいは部材照査式(2)を用いて、繰り返し計算により照査式の左辺が1になるように各断面に対応する曲げモーメントを決定する。最後に計算した各断面の曲げモーメントと部材が実際受けた曲げモーメントを比較することにより安全性を確保する。検討に用いる基本数値は次の通りである。 $L=10\text{m}$, $H=20\text{cm}$, $t=2\text{cm}$, $A=144\text{cm}^2$, $\alpha=4.5, 6, 7.5$, $P=2400A=3.456 \times 10^5 \text{kg}$

3. 解析結果 図-2(a)の横軸に変断面部材のセグメントを取り、縦軸は各断面の有効座屈長を表す。図に示したように断面が大きくなると有効座屈長が長くなる。また、断面の変化が大きければ(すなわち、 α の値が大き)い)大きいほど有効座屈長の変化が大きくなる。

図-2(b)の横軸は(a)図と同じ、縦軸は断面照査式(1)、あるいは部材照査式(2)を用いて、計算した各断面に対応する曲げモーメントを表す。

図-2(c)の横軸に(a)図と同じ変断面部材のセグメントを取り、縦軸は計算した曲げモーメントを用いて各断面の断面照査式(1)と部材照査式(2)の左側の照査値を取る。断面照査曲線は●点線で表し、部材照査曲線は▲で表す。図に示したように断面が大きくなるに伴って、部材照査値が小さく、断面照査値が大きくなる。繰り返し計算によってある断面で断面照査値は1になると同時に部材照査値は1より小さくなる。すなわち、部材照査で断面の強度が決まるのではなく断面照査で強度が決まることになる。また、断面の変化が大き(α 値が大き)い)なると、部材照査値が低くなる。つまり、断面の変化が大きければ大きいほど有効座屈長と無関係の断面照査で強度が決まることになる。

4. 結論 構造物の内部に座屈に対して弱い部材が存在すると、強い部材の有効座屈長が長くなるにもかかわらず、有効座屈長と無関係の断面照査で強度を決める場合が多くなるので有効座屈長を過大に評価されることを考慮しなくてもよい。他の骨組構造物についても同様の傾向があることを確認している。

参考文献

- 1) 西野文雄・三木千寿・鈴木 篤：道路橋示方書Ⅱ鋼橋編改訂の背景と運用，橋梁と基礎，1981.10
- 2) 宇佐美勉：鋼骨組構造物の座屈設計法の問題点，SGST拡大研究論文集，第1回，1991.11
- 3) 倉方慶夫・西野文雄・(故)長谷川彰夫：骨組構造物における現行の座屈設計法の問題点，橋梁と基礎，1992.2, 1992.3
- 4) 野上邦栄：ラーメン柱の有効座屈長法に関する一考察，構造工学論文集，Vol.39 A, 1993.3
- 5) 宇佐美勉・垣内辰雄・水野克彦：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，第404号，1989.4
- 6) 遠藤賢三・羽田野英明・庄村昌明・加藤幸男： π ラーメン橋の有効座屈長に関する一考察，SGST拡大研究論文集，第2回，1993.12

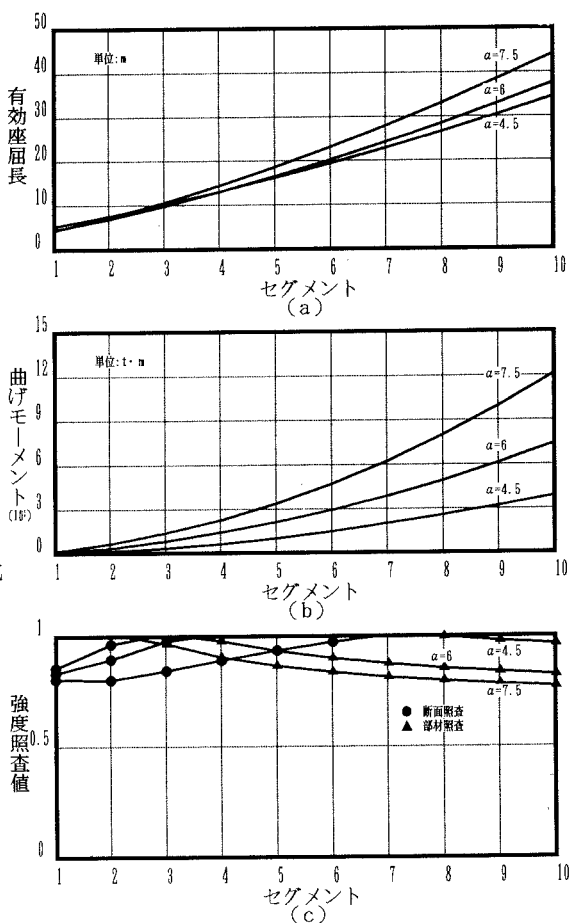


図-2