

コーナー部に曲率を有する角形短柱の弾性座屈強度および終局強度特性について

大阪市立大学工学部 正 員 中井 博 川 崎 重 工 業 正 員 大南亮一
 大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行 大阪市立大学大学院 学生員○山本竜太郎

1. まえがき

最近、美観上の理由から、コーナー部に曲率を有する（以下、R付断面という）鋼製橋脚が好んで建設されるようになってきた¹⁾。しかしながら、橋脚柱のように比較的大きな断面を有するR付断面部材の場合、曲率部と直線部の合理的な設計法が確立されていないのが実状である²⁾。また、中井ら³⁾が行ったR付断面柱に関する研究によると、多くのパラメーターがその耐荷力に影響することが明らかにされている。このような状況において、R付断面部材の利点を十分に生かし、それを鋼橋部材として利用するためには、種々なパラメーターとR付断面部材の耐荷力特性との関係を明らかにし、R付断面部材の合理的な設計法を早急に確立する必要がある。

そこで、本報告は、図-1(b)に示すような二軸対称断面から成る無補剛のR付断面短柱に着目し、その弾性座屈強度と終局強度特性を明かにすることを目的に研究したものである。

2. R付断面短柱の弾性座屈強度に関するパラメトリック解析とその結果

R付断面短柱の弾性座屈強度特性を調べるために、有限帯板法(F. S. M.)を用いたパラメトリック解析を行った。

図-2には、曲率に関するパラメーター R^2/Bt （以下、曲率パラメーターという）と弾性座屈強度との関係を示している。縦軸の弾性座屈応力度 σ_{cr} は、以下の箱形断面柱の弾性座屈応力度 σ_{crD} で無次元化している。

$$\sigma_{crD} = 4 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{D}\right)^2 \quad \dots(1)$$

なお、図中に示している2つの座屈モードのうち、Mode-1は隣接パネルが凹凸になる座屈モードであり、Mode-2は全てのパネルが外側に凸となる座屈モードである。

そこで、Mode-1およびMode-2の座屈モードの場合の数値解析結果それぞれに対して、最小自乗法を適用して、以下に示すような弾性座屈強度に関する近似式を得た。

Mode-1:

$$\sigma_{cr} = \sigma_{crD} \cdot \sqrt{\frac{1}{0.6} \left(\frac{R^2}{Bt}\right) + 1} \quad \dots(2)$$

Mode-2:

$$\sigma_{cr} = \sigma_{crD} \cdot \{0.16 \left(\frac{R^2}{Bt}\right) + 2\} \quad \dots(3)$$

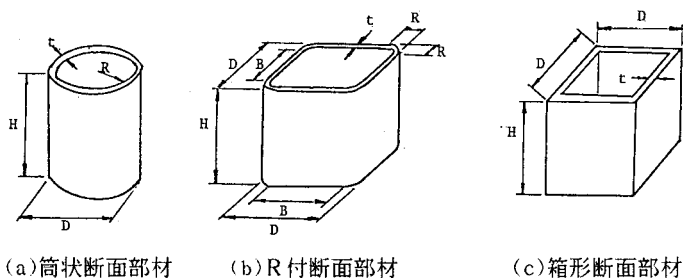


図-1 解析対象

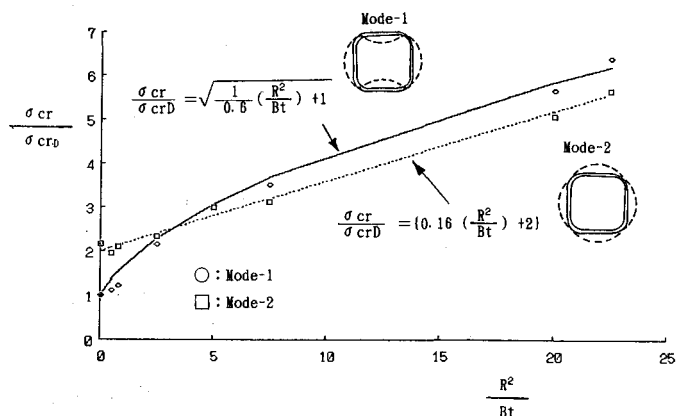


図-2 曲率パラメーター R^2/Bt と弾性座屈強度との関係

Hiroshi NAKAI, Toshiyuki KITADA, Ryoichi OHMINAMI and Ryutaro YAMAMOTO

座屈モードの遷移点を式(2)と(3)との交点であるとする、交点では $R^2/Bt=4.4$ となる。すなわち、 $R^2/Bt < 4.4$ では、座屈モードMode-1型が、 $R^2/Bt > 4.4$ では、座屈モードMode-2型が最小の座屈応力を与える。

3. R付断面を有する鋼製短柱の終局強度特性

(1) 解析方法

R付断面短柱の終局強度特性を明らかにするために、8節点のアイソパラメトリック四角形シェル要素を用いた有限要素法⁴⁾によって弾塑性有限変位解析を行った。

なお、断面内の初期たわみ波形は、弾性座屈解析によって得られた2つの座屈モードに類似した波形とした。ただし、筒状断面短柱の初期たわみ波形は、高さ方向に凸型とした。

(2) 終局強度の評価方法

解析によって求められたR付断面短柱の終局応力度を、次式に示す幅厚比 $(B+R)/t$ の箱形断面短柱の幅厚比パラメーターを用いて評価した。

$$R_{BR} = \sqrt{\frac{\sigma_Y}{\sigma_{cr, BR}}} = \frac{(B+R)}{t} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}}, (k=4) \quad \dots(4)$$

ここに、 $\sigma_{cr, BR}$ は、幅厚比 $(B+R)/t$ の箱形断面短柱の弾性座屈応力度である。

この方法の妥当性について検討するために、図-3には、R付断面短柱の極限応力度 σ_u/σ_Y を、幅厚比パラメーター R_{BR} の関数としてプロットする。この図より、R付断面短柱の極限応力度は、箱形断面短柱の極限応力度にほぼ等しく、その95%以上となっている。したがって、R付断面短柱の極限強度を、この方法により評価することは、合理的であり、かつ経済的である。

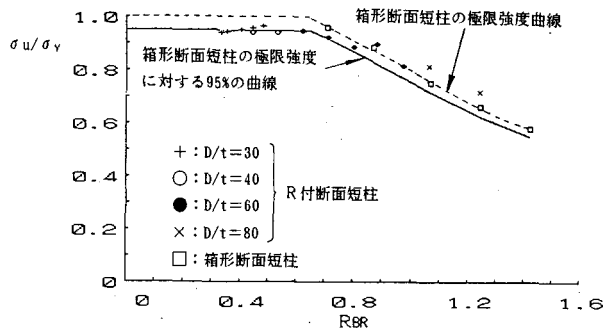


図-3 極限応力度と幅厚比パラメーター R_{BR} との関係

4. まとめ

- ① R付断面短柱に純圧縮が作用した場合の弾性座屈応力度の近似計算式を提案した。
- ② R付断面短柱の終局強度を評価する方法としては、幅厚比 $(B+R)/t$ の疑似箱形断面短柱に置換する方法が合理的である。

参考文献

- 1) 中井ほか：半径500mmの曲面を持つ鋼製橋脚の設計・施工、橋梁と基礎、No. 87-2、1987年2月
- 2) 阪神高速道路公団：曲率を有する鋼製橋脚の設計・施工基準（案）、昭和63年4月
- 3) 中井ほか：コーナー部に曲率を有する柱の極限強度特性について、土木学会第43回年次学術講演会講演概要集、I、pp. 256~257、1988年10月
- 4) Nakai, H., Kitada, T. and Ohminami, R.: An Elasto-Plastic and Finite Displacement Analysis of Web Plates for Curved Girder Bridges by Using Isoparametric Finite Element Method, Memoirs of the Faculty of Engineering, Osaka City University, Vol. 23, pp. 191-204, December 1982