

I - 17

半剛結横移動骨組柱の有効座屈長係数の分布性状

室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
 名古屋工業大学 正 員 後藤 芳顕
 苫小牧高専 正 員 小室 雅人
 室蘭工業大学 正 員 松岡 健一

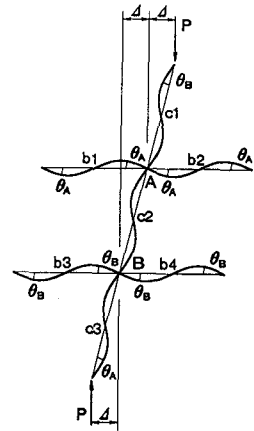
1. はじめに

鋼構造に関する AISC-LRFD の設計基準では、構造物の安全性照査に関して、軸力と曲げモーメントからなる相関関係式が用いられている。この関係式には有効座屈長係数（K 値）が含まれている。この K 値の算定方法について、剛結接合構造の場合には Alignment chart 法の提示がされており、この方法を利用することにより算定が可能となっている。しかしながら、半剛結接合構造の場合には K 値の算定手法の提示がなされていないため、事実上設計が不可能な状態となっている。

本論文では、半剛結接合鋼骨組を剛結接合鋼骨組と同様の手法に基づいて設計を可能にするため、半剛結接合鋼骨組の K 値算定に関する座屈方程式の定式化を行い、接合部接線剛性と K 値の関係について検討を行った。

2. 座屈方程式の定式化

本研究では、座屈方程式の定式化に関し、AISC-LRFD の基準に示されている Alignment chart 法の仮定に従い有効座屈長を算定することとする。図一1に柱 AB の有効座屈長を求める場合の剛結横移動骨組の座屈モードを示している。半剛結接合を有する場合には、図一2に示すように梁端部に曲げモーメントに関する線形バネがあるものと仮定する。図中、L は梁の部材長、 θ_A 、 θ_B は、A 点、B 点の節点回転角、 M_A 、 M_B は A 点、B 点の材端モーメント、 R_{kA} 、 R_{kB} は A 点、B 点の接合部接線剛性である。以下、部分構造モデルを構成する梁、柱材の撓角撓度式について説明する。



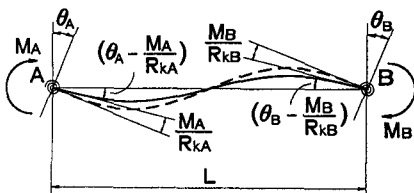
図一1 横移動骨組の座屈モード

(1) 梁の撓角撓度式

いま梁の曲げ剛性を EI、部材長を L とし、図一1の横移動骨組の座屈モードの仮定に従って図一2に示すような梁 AB の撓角撓度式を整理すると、 $\theta_A = \theta_B$ より A 端の材端モーメントは一般に次式のように示される。

$$M_A = \alpha_{uf} \frac{6EI}{L} \theta_A$$

ただし、 α_{uf} は A 端、B 端の接合条件によって決定される係数で表一のように示される。



図一2 半剛結接合を有する梁部材

表一 接合形式による α_{uf} の一覧

接合条件		M_A に関する α_{uf}
A 端	B 端	
剛結接合	剛結接合	1
剛結接合	ピン接合	1/2
剛結接合	半剛結接合	$\left[1 + \frac{2EI}{LR_{kB}}\right] / \left[1 + \frac{4EI}{LR_{kB}}\right]$
剛結接合	固定端	2/3
半剛結接合	剛結接合	$1 / \left[1 + \frac{4EI}{LR_{kA}}\right]$
半剛結接合	ピン接合	$(1/2) / \left[1 + \frac{3EI}{LR_{kA}}\right]$
半剛結接合	半剛結接合	$\left[1 + \frac{2EI}{LR_{kB}}\right] / R^*$
半剛結接合	固定端	$(2/3) / \left[1 + \frac{4EI}{LR_{kA}}\right]$

ただし、 $R^* = \left[1 + \frac{4EI}{LR_{kA}}\right] \left[1 + \frac{4EI}{LR_{kB}}\right] - \left(\frac{EI}{L}\right)^2 \frac{4}{R_{kA}R_{kB}}$ である。

(2) 柱の撓角撓度式

図-1の仮定に基づき、図-3に示すように等断面柱に材端モーメント M_A , M_B および軸圧縮力 P が作用し、部材回転角 Δ/L が存在する場合の撓角撓度式は次式のよ

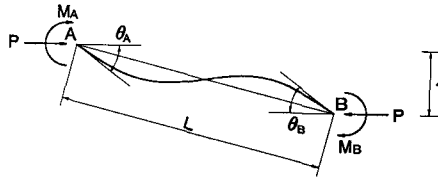


図-3 横移動量 Δ のある柱部材

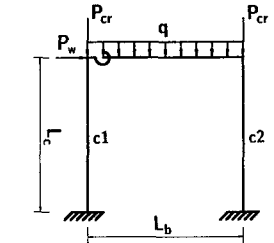


図-4 解析に用いた骨組

$$M_A = \frac{EI}{L} \left[s_{ii}\theta_A + s_{ij}\theta_B - (s_{ii} + s_{ij}) \frac{\Delta}{L} \right], \quad M_B = \frac{EI}{L} \left[s_{ji}\theta_A + s_{jj}\theta_B - (s_{ji} + s_{jj}) \frac{\Delta}{L} \right]$$

ただし、 s_{kl} ($k, l = i$ or j) は柱の安定関数で次のように示される。

$$s_{ii} = s_{jj} = \frac{kL \sin kL - (kL)^2 \cos kL}{2 - 2 \cos kL - kL \sin kL}, \quad s_{ij} = s_{ji} = \frac{(kL)^2 - kL \sin kL}{2 - 2 \cos kL - kL \sin kL}, \quad k = \sqrt{\frac{P}{EI}}$$

以上、2つの撓角撓度式を用いて、部分構造モデルの境界条件等を考慮し、座屈方程式の定式化を行った。座屈方程式の定式化に関しては紙面の都合によりここでは省略することとする。

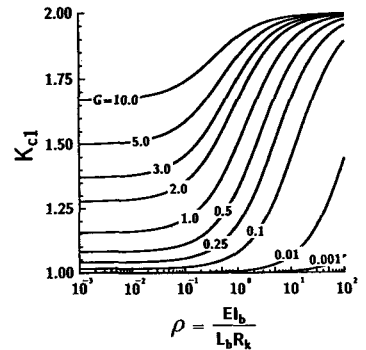
3. 数値解析結果

本論文では、半剛結接合部の接合部接線剛性によって K 値がどのような分布性状を有するかを検討するために、半剛結接合部に線形パネを仮定し数値解析を行った。対象とした骨組は、図-4に示すような一層一径間骨組である。なお、柱 $c1$, $c2$ はいずれも同一断面であるものとする。数値解析結果は横軸に梁の剛度と接線剛性からなる無次元量 ($\rho = EI_b / L_b R_k$) をとり、梁柱の剛比 ($G = (I_c / L_c) / (I_b / L_b)$) を変化させて整理している。 ρ が大きい場合は接合部接線剛性が小さいことよりピン接合に、逆に ρ が小さい場合は剛結接合の状態に近いことを意味している。図-5(a), (b) は、それぞれ柱 $c1$ および柱 $c2$ に関する K 値を $10^{-3} \leq \rho \leq 10^2$, $0.001 \leq G \leq 10$ に対して整理している。図-5より、柱 $c1$, $c2$ の両者とも、 G が小さくなるほど剛結接合の状態と類似の値を示す領域が広がっていることがわかる。図-5(a)より、柱 $c1$ に関しては、いずれの G の場合も ρ が大きい領域では一定値 2.0 (一端ピン一端固定支持の横移動骨組の K 値) に漸近している。その状態は G が大きいほどより小さな ρ より漸近しているようである。また、図-5(b)より、接合部が剛結接合である柱 $c2$ に関しては、他端側の半剛結接合部の影響が小さく、 $G=3$ で最大 0.18 程度変化しているが、 $G=0.1$ の場合ほとんど変化がないことがわかる。

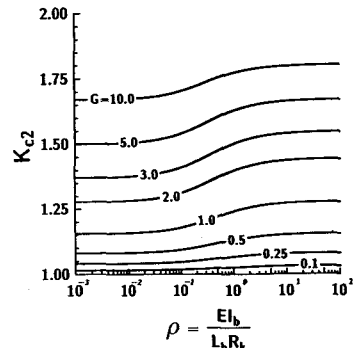
4. まとめ

半剛結接合鋼骨組を剛結接合鋼骨組と同様の AISC-LRFD の設計手法で断面設計を可能にするため、半剛結接合横移動骨組の K 値の算定のための座屈方程式の定式化と、一層一径間骨組を用いた場合の接合部接線剛性と K 値の関係について数値解析を行った。

本研究により横移動骨組柱の K 値の算定も可能となり、過去の研究成果と組み合わせることにより、AISC-LRFD の規定に従った半剛結接合鋼骨組構造の断面設計が可能になるものと考えられる。また、数値解析により接合部の接線剛性と K 値の分布性状が明らかになった。



(a) 柱 $c1$



(b) 柱 $c2$

図-5 K 値の分布