

圧縮部材の有効座屈長に関する一考察

大阪大学工学部 正員 小松定夫

大阪大学工学部 正員 西村宜男

大阪大学大学院 学生員 山縣延文

1. まえがき 欧米において鋼構造の設計法の主流となっており、境界状態設計法における圧縮部材の基本強度は断面形状と製作法に関係して選択される複数柱曲線の導入によって合理化されたと評価されている。確かに両端ヒンジの基本的圧縮材については複数柱曲線は柱の強度を正當に表わしているが、境界条件の異なる一般的な圧縮材については兎角批判の多い有効座屈長係数法による。この有効座屈長係数法に対する批判は拘束度や残留応力の影響によって変化する柱の強度と、比較的単純な分類で与えられている有効座屈長係数を用いて算定した強度との間の精度のばらつきに向けられている。しかしながら有効座屈長係数法に取って替わる有力な代案は見当たらないから、拘束度等の効果も考慮したより精度の高い有効座屈長係数の算定法の確立が望まれる。本研究では①一端固定・他端ヒンジ、両端固定の単一材 ②両端の回転角を弾性拘束された単一材 ③中間変位を弾性拘束された柱 ④ポニートラス上弦材を対象として、極限強度解析により、境界条件、弾性拘束度などが圧縮材の有効座屈長係数に与える影響を検討するものである。

2. 単一圧縮材の有効座屈長係数 圧縮残留応力 $\sigma_{rc} = -0.4\sigma_y$ を有する溶接箱形断面柱の基本強度は BS5900 の曲線 B に該当する。弾塑性有限変形解析によって求めた一端固定他端ヒンジおよび両端固定柱の極限強度と有効座屈長係数として道示の推奨値および弾性座屈理論による値を用いて算定した細長比パラメータの関係をそれぞれ図-1 および図-2 に示す。道示の有効座屈長係数推奨値はスレンダーな柱についてはかなり安全側の値となっているが、ストックリーな柱では妥當な値となっている。スレンダーな柱は弾性座屈理論による有効座屈長係数が妥當な結果を与える。そこで 1 組の境界条件の柱に一定値の有効座屈長係数を与えるのではなく、部材長 l を用いて評価した基本細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の関数として次のように有効座屈長係数を提案する。

$$\text{一端固定・他端ヒンジ柱: } \beta = 0.75 - 0.032 \tan^{-1} 20(\bar{\lambda} - 0.5)$$

$$\text{両端固定柱: } \beta = 0.58 - 0.048 \tan^{-1} 20(\bar{\lambda} - 0.5)$$

上式を用いて細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を求めて極限強度をプロットすると図-3 に示すように細長比パラメータの全領域にわたり極限強度は曲線 B と対応する。

3. 両端の回転角を弾性拘束された柱 材端に剛性 K なる回転バネを有する圧縮部材の強度および有効座屈長係数を図-4 に示す。回転バネの剛性は柱の弾

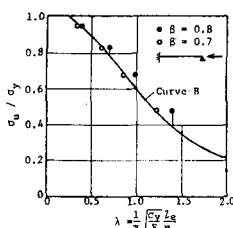


図-1 固定・ヒンジ柱の強度

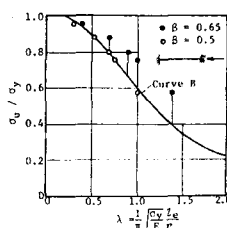


図-2 両端固定柱の強度

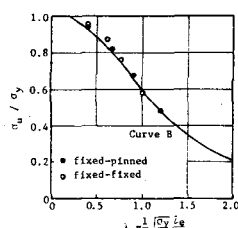
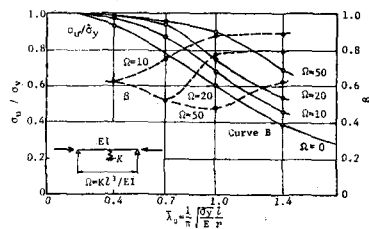
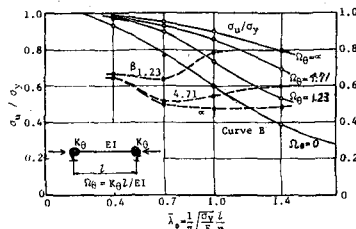


図-3 修正有効座屈長係数による強度評価

性曲げ剛性 EI と部材長 l により $\Omega_0 = K_0 l^2 / EI$ と無次元表示する。スレンダーな柱では弾性座屈理論による有効座屈長係数に一致するが



断面内の塑性域の拡大の影響を受ける柱では EI は実質的に減少するから回転バネの効果により強く発揮され有効座屈長係数が小さくなる。しかし極くストックリーな柱では部材全長にわたる塑性域の拡大の影響により端部拘束効果が減少し、前述のように道示推奨値（両端固定の場合 0.65）に接近する。

4. 中間たわみを弾性拘束された柱 バネの剛性 K は次のように無次元表示する。 $\Omega = Kl^3/EI$ 。図-5 に示すように有効座屈長係数 β と基本細長比パラメータ $\bar{\lambda}_0$ の間には上述の回転バネの場合と同様の傾向が現われている。

5. ポニートラス上弦材の有効座屈長係数 上弦材の横倒れ座屈を拘束する U フレームの剛性を K 、U フレームの間隔を Q 、スパン中央の上弦材の弾性曲げ剛性を EI とする。U フレームの剛性を $\Omega = KQ^3/EI$ と無次元表示する。解析モデルは図-6 に示すように、Holtz のモデルに相当している。弾塑性有限変形解析により求めた極限強度を Holtz 理論に基づいた鋼道路橋設計便覧の方法および BS5400 の規定による有効座屈長係数を用いた細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の関係を図-7 に示す。ただし設計便覧の方法において、弦材作用軸力としては解析において最初に降伏を生じたパネルの値を用いた。BS5400 は全般に安全側の有効座屈長係数を与える。設計便覧の方法は上記のような軸力の取扱いを導入すると妥当な有効座屈長係数を与える。試みに BS5400 の規定を修正して有効座屈長係数を $\beta = (\bar{\lambda}_0 + 1.8) / \Omega^{0.25}$ とすると、極限強度は図-8 に示すように細長比パラメータの全領域にわたって曲線 B 上にプロットされる。

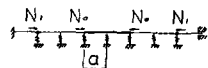


図-6 ポニートラスの解析モデル

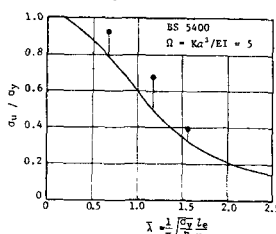
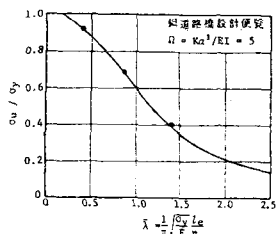


図-7 鋼道路橋設計便覧および BS5400 の有効座屈長係数を用いたポニートラス上弦材の強度評価

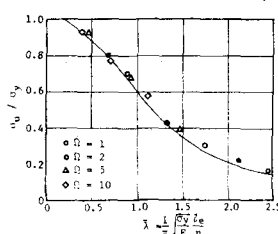


図-8 有効座屈長係数の提案式を用いたポニートラス上弦材の強度評価

6. あとがき 各種の圧縮部材の有効座屈長係数について考察を加えた。今後一般のトラス圧縮部材についての検討などを加えて圧縮部材の設計法の合理化に貢献するための資料を整えたい。

1) Johnston, B.G.: Guide To Design Criteria for Metal Compression Members, John Wiley & Sons, Inc. 3rd Ed. 1976