

○名古屋大学 学生員 寺尾 圭史
名古屋大学 正 員 宇佐美 勉

1. まえがき

筆者らは文献1)において箱形断面中心軸圧縮柱の局部座屈と全体座屈の連成強度の実験的研究を行ない、それから得られた強度推定式を用いて最適設計を行なって、後述の無次元細長比 $\bar{\lambda}$ が1.0以上の部材では局部座屈を許した方が経済的な設計になることを初めて指摘した。その後、同種の研究が行なわれるようになってきた²⁻⁴⁾が、いずれの研究も連成強度の評価式が適切でないこと、材質に関して無次元化された結果で議論がなされていないこと、など十分な研究とは言えないと思われる。本報告の目的は、著者らが行なってきた連成強度に関する一連の研究^{1), 5), 6)}を踏まえ、無補剛および補剛箱形断面鋼圧縮部材の最適断面設計を行ない、文献1)の結果の正当性を再確認すると共に、結果を出来る限り無次元化した設計のためのチャートを提供することにある。なお、この報文では紙面の都合上、無補剛断面の結果についてのみ述べ、補剛断面に対する結果は講演当日述べる。

2. 無補剛正方形箱形断面圧縮部材

無補剛平板よりなる等断面正方形箱形断面圧縮部材が最小重量となる断面を求める問題を、SUMT法を用いて解いた。採用した設計式は文献5), 6)で提案されている式であり、細長比・板厚の制限は道路橋示方書に準拠している。さて、軸力と曲げを受ける部材を図1のように偏心圧縮部材に置き換え、問題を材質に関して可能な限り無次元化して表わすと次のようになる。

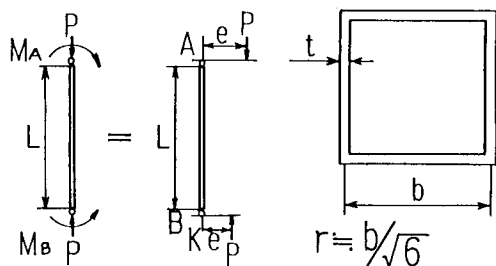


図1.

$$\text{目的関数} \quad \bar{F} = 1/R \bar{\lambda}^2 \quad \rightarrow \text{最小化} \quad (1)$$

$$\text{制約条件} \quad g_1 = R - 1.2 \leq 0 ; \quad g_2 = L/r - 120 \leq 0 \\ g_3 = 8 - t \leq 0 ; \quad g_4, g_5 \leq 0 \quad (2)$$

$$\text{設計変数} \quad \{X\} = \{b, t\} \quad (3)$$

$$1) \text{ 中心軸圧縮の場合. } g_4 = \bar{P} \bar{\lambda}^2 R - f \{ \bar{\lambda}' \} Q \leq 0 \quad (4)$$

$$2) \text{ 軸方向圧縮力と1軸曲げモーメントを受ける場合.}$$

$$g_4 = \frac{\bar{P} \bar{\lambda}^2 R}{f \{ \bar{\lambda}' \} Q} + \frac{\bar{P} \bar{\lambda}^2 R \bar{e} (0.6 + 0.4K)}{\{ (5Q+3)/8 \} (1 - \bar{P} \bar{\lambda}^4 R)} - 1.0 \leq 0 \quad (5)$$

$$g_5 = \frac{\bar{P} \bar{\lambda}^2 R}{Q} + \frac{\bar{P} \bar{\lambda}^2 R \bar{e}}{(5Q+3)/8} - 1.0 \leq 0 \quad (6)$$

ここで、 $f \{ \bar{\lambda}' \}$ は道路橋示方書の中心軸圧縮柱の基準耐荷力式、

$$\bar{e} = (\sqrt{6}/2)(e/r) ; \quad Q = 0.7/R \leq 1.0$$

$$\alpha = \frac{\pi^2}{6} \cdot \frac{E}{\sigma_Y} ; \quad \beta = \frac{\pi^2}{3(1-\nu^2)} \cdot \frac{E}{\sigma_Y} ; \quad \bar{F} = \frac{A L \alpha \sqrt{\beta}}{4 L^3}$$

$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{4\pi^2} ; \quad \bar{P} = \frac{P \alpha \sqrt{\beta}}{4 \sigma_a L^2}$$

$$\lambda = \frac{L}{r} \cdot \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}} ; \quad \bar{\lambda}' = \sqrt{Q} \bar{\lambda} \quad (7) \sim (15)$$

また、 σ_Y = 降伏応力、 E = 弾性係数、 $\sigma_a = \sigma_Y$ / 安全率、 b = 板幅、 t = 板厚、

L = 部材長、 r = 断面2次半径、 e = 偏心量、 K = 偏心比である。

このような無次元化を行なうことによって、計算結果を鋼の材質に無関係な形で整理することが

可能となり、また、設計時には結果を便利に利用できるようになる。ただし、制約条件の g_2 , g_3 には次元をもった定数が含まれているために無次元化が不可能であり、これらの条件は別に考慮している。

3. 計算結果と考察

中心軸圧縮柱の最適断面設計について計算した結果を制約条件 g_2 および g_3 がアクティブではない、すなわち、細長比が 120 以下で板厚が 8mm 以上の場合について前述した無次元量によって示したものが図2.である。また、軸方向圧縮力と 1 軸曲げモーメントを受ける柱の場合について 1 例を示したものが図3.である。これらの図を用いることにより、無補剛圧縮柱の最適解を簡単に求めることができる。図2.に示されているように、 $\bar{\lambda} > 1.0$ のとき $R > 0.7$ となっているが、これは文献1)の結果とも一致している。ここで $R > 0.7$ となる範囲では、式(8)より $Q < 1.0$ であり、局部座屈の影響のある場合に相当する。これより、 $R > 0.7$ となる $\bar{P}$ の領域、すなわち $\bar{P} \leq 0.8$ であるような条件のもとでは、局部座屈を許した方が部材の重量を小さくすることができ、経済的に有利な設計となることがわかる。また、図3.では、偏心量を表わすパラメータとして、 e/r および K があり、これらに関しては無次元化されていないため、中心軸圧縮の場合のように 1 つの曲線では表わすことができない。このためこれらの図を用いて設計を行なう場合に、与えられた偏心量に対する曲線が存在しない場合には、適当に補間して用いる必要がある。偏心圧縮では偏心量 e/r が増加するに従い中心軸圧縮力に対する曲げモーメントの影響が大きくなるが、これに伴い $R = 0.7$ となる範囲が拡大している。これは、曲げモーメントが増大するにつれて柱の強度は局部座屈に支配されるようになり、局部座屈を起こさないような断面に最適解が存在するようになることを示している。なお、 g_2 がクリティカルになる場合には $L/r = 120$ とすることにより求められた $\bar{\lambda}$ を用い、 g_3 がクリティカルになる場合には $t = 8\text{mm}$ として g_4 , g_5 より求められた別の図（省略）を用いて最適断面を決定することになる。

4. 結論

SUMT法を用いて、正方形箱形断面柱の最適断面設計を行なった。このうち、無補剛平板よりなる中心軸圧縮柱、および軸方向圧縮力と 1 軸曲げモーメントを受ける柱の場合には、材質に関して無次元化を行ない、それにより計算結果をまとめた図を用いることで、簡便に最適断面を設計できることを示した。さらに、無補剛断面では無次元荷重パラメータ $\bar{P}$ が小さい場合に局部座屈を考慮する事で、より経済的な断面が得られることを明らかにした。

参考文献 1) 宇佐美ら、土木学会論文報告集第 308号(1981)。 2) 安保ら、土木学会第38回 年次学術講演会講演概要集(1983)。 3) 杉本博之、構造工学論文集Vol.31A(1985)。 4) 長谷川ら、構造工学論文集Vol.31A(1985)。 5) 宇佐美ら、土木学会論文報告集第 326号(1982)。 6) 宇佐美ら、土木学会論文集第 350号(1984)。

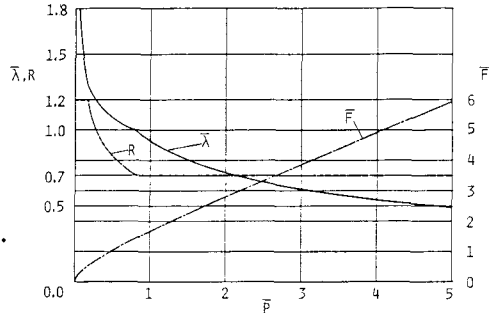


図2.中心軸圧縮柱

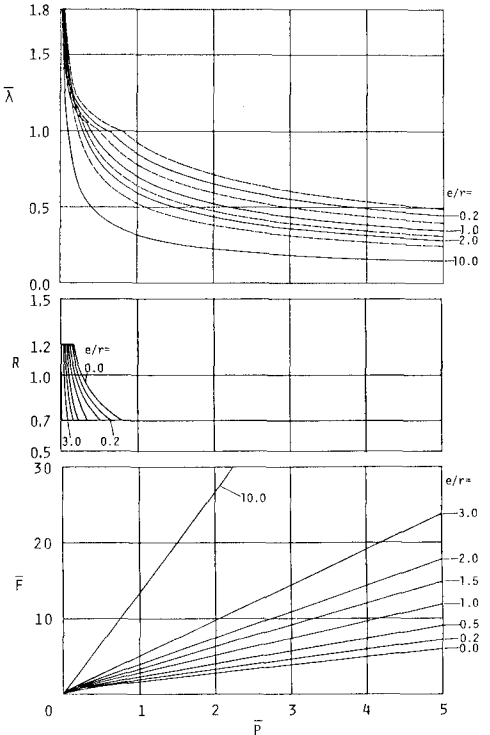


図3.偏心圧縮柱 ($K = 1$)