

Chapter 7 曲げ圧縮材の設計

Abstract この章には、圧縮力と曲げモーメントを同時に受ける曲げ圧縮材の構造設計問題について説明する。ラーメン構造の柱は主な曲げ圧縮材である。

7.1 曲げ圧縮材の基本

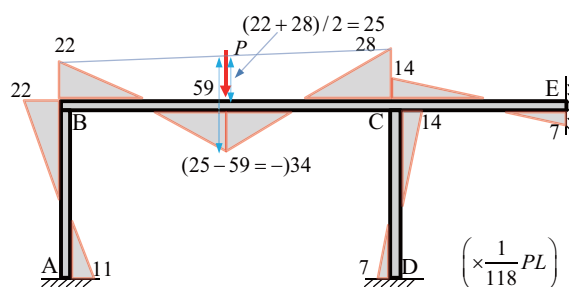


図 7.1 ラーメン構造の梁に集中力が作用した場合の曲げモーメント分布図

曲げ圧縮材は、軸方向の圧縮力と曲げモーメントおよびせん断力をうける部材である。ラーメン構造の柱は曲げ圧縮材の代表である。たとえば、図 7.1 には、梁に集中力が作用した場合の曲げモーメント分布図を示している。柱に加わる応力は、常時には軸方向の圧縮力が主であり、曲げモーメントとせん断力は小さい。ただし、地震時や強風時には曲げモーメントが支配的になる可能性もある。

柱には、断面の両主軸まわりに作用する曲げモーメントの大きさがほぼ同じ程度の場合と、かなり差がある場合とがある。柱の断面形はこれらの曲げモーメントの大きさを考えて決定される：

- 中低層ビルのようなラーメン構造では、ねじり剛性が大きく、両主軸方向に曲げ剛性に差のない角形鋼管や円形鋼管などの閉鎖形断面が多く用いられる。
- 工場や体育館のように 1 方向のスパンが大きく、ほかの方向には耐風、耐震要素として筋交いを用いた建物では、H 形断面の柱が多く用いられる。

どういう断面形式を採用しても、

- 圧縮力による座屈
- 曲げによる横座屈
- せん断力に対する検討

などを十分考えなければならない。

また、軸力（圧縮力・引張力）が大きいとき

- 圧縮力は柱の曲げ変形をさらに助長する働きがある
- 引張力は柱の曲げ変形を抑える働きがある

といった柱の曲げに及ぼす軸力による二次的影響を考慮しなければならない。しかし、実際の柱の設計にあたっては、実用範囲の柱の細長比が小さいので、二次的影響は小さい。そのため、軸力の二次的影響を無視し、単に曲げモーメントと軸力の組み合わせという簡便な方法が用いられている。

7.2 許容応力度設計

部材は軸力 N と曲げモーメント M を同時に受ける場合を想定する。引張力と圧縮力 (N) による生じた垂直応力 σ_t と σ_c は

$$\sigma_t = \frac{N}{A}, \quad \sigma_c = \frac{N}{A} \quad (7.1)$$

で計算し、曲げモーメント M による生じた圧縮側と引張側の垂直応力 ${}_b\sigma_c$ と ${}_b\sigma_t$ は

$${}_b\sigma_c = \frac{M}{Z_c}, \quad {}_b\sigma_t = \frac{M}{Z_t} \quad (7.2)$$

で計算できる。ここで、 Z_c と Z_t はそれぞれ圧縮側と引張側の（弾性）断面係数であり、その算定にあたって引張側のボルト孔の断面を控除する。これは、曲げ材のときと同じである。

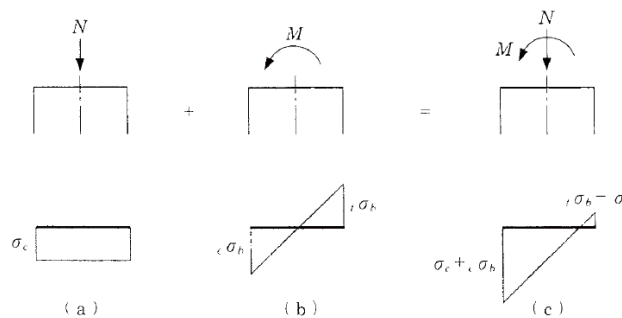


図 7.2 曲げ圧縮材の垂直応力計算

図 7.2には、軸力および曲げモーメントが同時にうける場合に、それぞれによる垂直応力の重ね合わせを示している。圧縮応力か引張応力かによって、曲げ圧縮材の許容応力度設計については次のように検討する。

曲げ圧縮材の許容応力度設計：

- 圧縮力と曲げモーメントをうけるとき

$$\frac{\sigma_c + {}_b\sigma_c}{f_c} \leq 1 \quad (7.3)$$

- 引張力と曲げモーメントをうけるとき

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_t + {}_b\sigma_t}{f_t} &\leq 1 \\ \frac{{}_b\sigma_c - \sigma_t}{f_b} &\leq 1 \end{aligned} \quad (7.4)$$

- 圧縮力と x, y 軸まわりの曲げモーメントをうけるとき

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{b_x \sigma_c}{f_{bx}} + \frac{b_y \sigma_c}{f_{by}} \leq 1$$

$$\frac{b_x \sigma_t + b_y \sigma_t - \sigma_c}{f_t} \leq 1 \quad (7.5)$$

- 引張力と x, y 軸まわりの曲げモーメントをうけるとき

$$\frac{b_x \sigma_t + b_y \sigma_t + \sigma_t}{f_t} \leq 1$$

$$\frac{b_x \sigma_c}{f_{bx}} + \frac{b_y \sigma_c}{f_{by}} - \frac{\sigma_t}{f_b} \leq 1 \quad (7.6)$$

ここで、 f_t は許容引張応力度、 f_c は許容圧縮応力度、 f_b は許容曲げ応力度、 f_{bx} は部材の x 軸まわりの曲げ許容応力度、 f_{by} は部材の y 軸まわりの曲げ許容応力度である。 f_b は f_{bx} と f_{by} の小さいほうの値をとる。

7.3 細長比制限

柱の場合には、細長比があまり大きくなると建て方に支障がきたし、建物の水平変形も大きくなるので、細長比に制限が設けられている。

7.3.1 一次設計

一次設計時には、柱の細長は 200 以下とする。すなわち、

$$\lambda \leq 200 \quad (7.7)$$

ここで、 λ は柱の細長比である。その計算式は第 5 章の圧縮材を参考にしてください。

7.3.2 二次設計

二次設計を行うとき、柱にも適切な塑性変形能力をもたせなければならないので、式 (7.7) の一次設計に設けた細長比制限だけでは不十分である。

したがって、二次設計のとき、次の表に示すように柱に作用する圧縮力 N の大きさに応じた細長比の制限を満たすように設計する必要がある。

表 7.1 二次設計における柱の細長比の制限

	SN400	SN490
$\frac{N}{N_y} < 0.15$	$\lambda \leq 150$	$\lambda \leq 150$
$\frac{N}{N_y} \geq 0.15$	$\frac{N}{N_y} + \frac{\lambda}{120} \leq 1.0$	$\frac{N}{N_y} + \frac{\lambda}{100} \leq 1.0$

ここで、 N_y は降伏軸力であり、 $N_y = \sigma_y A_g$ で計算できる。

7.4 板要素の制限

板要素の制限については、第4章の内容を参考にしてください。