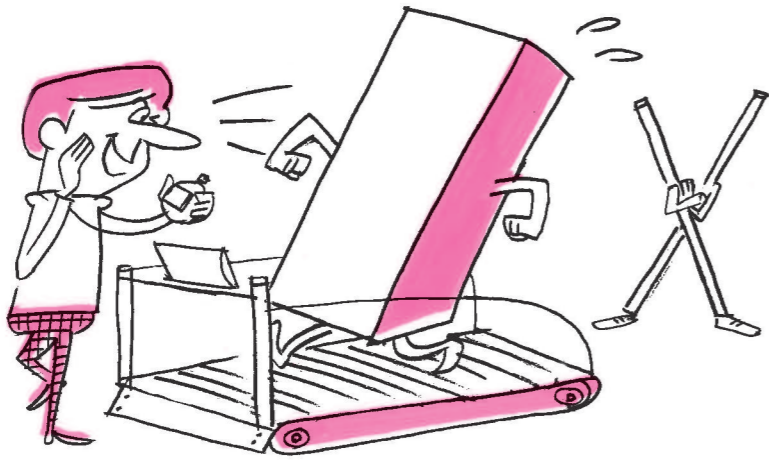


柱は どこまで細く できるのでしょうか



一般的な柱断面の決め方

作用する応力を小さくすることで、柱を細くできます。ただし、RC造であれば配筋の納まりより柱幅 250mm程度が最小寸法となり、S造であればその製造可能寸法を考慮する必要があります。S造の中実材とすることで極限まで柱を細くすることもできますが、座屈現象を考慮する必要があります。

柱の断面は、その柱に長期に生じる応力と短期に生じる応力が、それぞれ長期許容応力度、短期許容応力度以下となるように決めます（保有水平耐力の確認を行う場合は、柱と大梁の耐力比なども考慮し、必要保有水平耐力以上確保できるように柱断面を決めます）。さらに鉄骨造の場合は、短期（地震もしくは風荷重時）に層間変形角の制限を満足できているかを確認する必要があります。

略算の際は、柱 1 本あたりの床負担面積を算定し、柱に作用する圧縮軸力（長期荷重）を算出します（図 1）。次に耐力壁やブレースなどの水平抵抗要素が地震もしくは風荷重時にどの程度水平力を負担できるかを想定し、残りの水平力を柱梁ラーメン構造で負担するものとして柱 1 本あたりの水平せん断力（短期）を算出、その水平せん断力から柱頭、柱脚の曲げモーメント

（短期）を算出します。ここで求めた長期に作用する圧縮軸力と短期に作用する曲げモーメントから、どの程度の柱断面が必要かを想定することが可能となります（図 1、2）。

水平抵抗要素を確保すると柱を細くできる

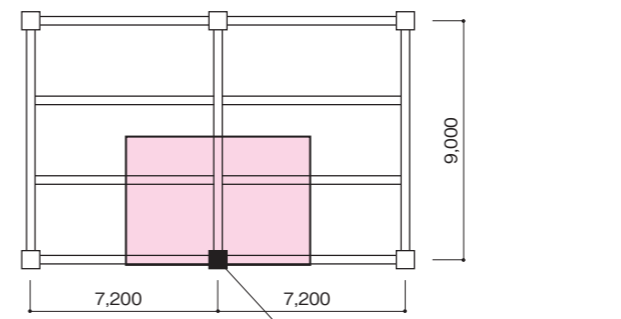
耐震、耐風などへの水平抵抗要素（耐力壁やブレースなど）を十分確保して、地震もしくは風荷重時にほぼすべての水平力を負担できるようにすれば、柱梁ラーメン構造で負担する水平力をほぼゼロにすることができます。このような構造計画であれば、柱は主として圧縮軸力（長期荷重）を考慮して設計しておけばよくなります。

このときは、短期に作用する曲げモーメントを考慮する場合に比べ、柱を細く設計することが可能となります。さらに柱 1 本あたりの床負担面積を小さくすれば、圧縮軸力（長期荷重）も小さくでき、より細い柱を設計することが可能になります。ただしその分、柱の本数は増えてしまいます。

材料強度を高くすると柱を細くできる

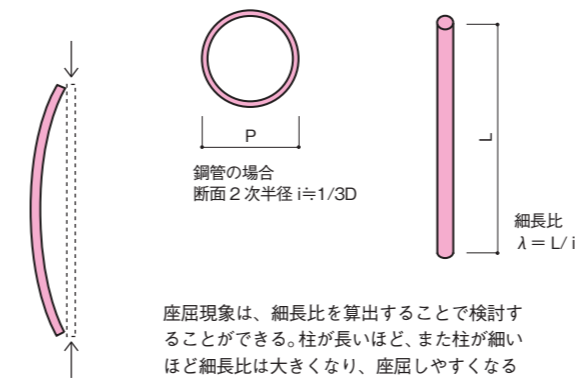
高い（圧縮）強度を有する材料を使用するのも、より細い柱を設計できる方法の 1 つです。現在では、従来の 10 倍近い強度

図 1 柱 1 本あたりの床負担面積



支配面積 $7.2\text{m} \times 4.5\text{m} = 32.4\text{m}^2$
これに一層あたりの重さ（鉄筋コンクリート造であれば、 $10 \sim 15\text{kN/m}^2$ ）を乗じて柱に作用する軸力を算出する
柱 1 本に作用する軸力を算定するために、その柱が鉛直荷重を支えることになる範囲（各階における支配面積[斜線部の面積]）を求め、それにその部分の単位面積あたりの重量を乗じる

図 3 座屈現象



座屈現象は、細長比を算出することで検討することができる。柱が長いほど、また柱が細いほど細長比は大きくなり、座屈しやすくなる

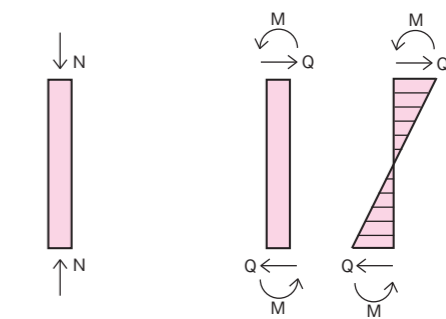
を有する高強度コンクリート（ F_c200 ：圧縮強度 200N/mm^2 ）が開発されていたり、鉄骨でも従来の 2 倍程度の強度をもつ 80 キロ鋼材（材料強度 780N/mm^2 ）が使用できる段階にきています。また、鉄骨とコンクリートを組み合わせた CFT（コンクリート充填鋼管）構造は、耐火上の条件がクリアされれば無耐火被覆とすることも可能で、仕上げも含めた柱寸法を小さくすることにより、細い柱を実現できます。

座屈現象を考慮する

しかし、短期に作用する曲げモーメント（せん断力）を極力抑え（耐震、耐風などへの水平抵抗要素を十分に確保）、圧縮軸力（長期荷重）も小さくなるように構造計画を行い、高い強度の材料を用いれば、いくらでも細い柱が設計できるというわけではありません。柱の長さに対して柱の幅が小さくなると座屈という現象（圧縮力を受ける方向と直交する方向に部材がはらみ出す現象）が生じます（図 3）。

座屈を考慮した圧縮耐力は、細長比（=座屈長さ/断面 2 次半径）によって決定されます。したがって細い柱を設計する場合は、細長比を考慮して材料強度を決めなければなりません。また、座屈長さは柱頭、柱脚の固定度により異なるため、座屈

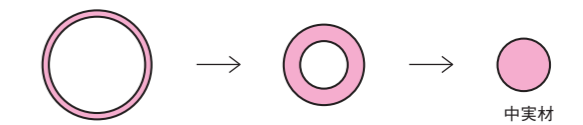
図 2 柱に作用する応力



N：長期に作用する圧縮軸力
M：短期に作用する曲げモーメント
Q：短期に作用するせん断力

柱に作用する応力（軸力、曲げモーメント、せん断力）を算出し、柱の設計を行う

図 4 細い柱の実現（鋼管の場合）



鋼管柱において柱を細くするためには、板厚を大きくすることが考えられ、究極的には中実材になる。ただし、座屈現象に注意が必要である

長さの設定にも注意が必要です。座屈現象を机上で簡単に求められない場合は、構造実験などを行い実際の座屈耐力を実験的に求める必要もあります。

経済性・施工性への注意も必要

たとえば柱に鋼管を使用する場合、より細い柱を設計するためには、板厚を大きくして径を小さくすることが考えられます。究極的には空洞のない中実材を使用することも考えられます（図 4）。

ただし、柱をより細く設計するということは、より多くの鋼材を使用するになる場合もあり、経済性を損ねることになりかねません。これはコンクリートの場合も同じです。現場打ちコンクリートの場合は、細い柱のための小さな型枠内にコンクリートがうまく充填できないため、プレキャスト化の検討も行われますが、これもコストアップにつながります。

いずれの場合も、細い柱の意匠性、全体計画に及ぼす影響を考慮するとともに、経済性・施工性の検討も不可欠です。また、構造体への耐火被覆も含めた仕上材の寸法も十分に検討しておかなければなりません。意匠設計者と構造設計者が協働して、細い柱の設計を行う必要があります。（朝川剛）