

【技術ノート】

# 塔状建造物の構造設計

## Design for Tower Building Structures

大塚 功一\*  
Hiroichi OHTSUKA

### 1. はじめに

市街地は年々、人口の集中化と高密度化し、土地不足と地価の暴騰などに対応して、土地の高度利用のために高層化（塔状化）したビルが建設される。このような背景のもとに建つ高層ビルは単独に垂直にほっそりとした塔状建物となる場合が多い。

塔状建物を計画する段階において考慮すべきことは、土地の有効利用に対する建築主の要求、立地に起因する環境事情、住民が快適な生活をするための必要なサービス用スペース、そのための必要な建物の維持管理、さらに建物が周辺の環境に与える感覚的インパクト、景観に影響を与えることなどから、建主、建築設計者、構造設計者、設備設計者、そして施工業者が、協力し合い健全な建築物を設計していかなければならない。

以上の点から、建物の高さや容積を決めるには詳細な設計計画のプロセスを経ることが必要である。

今後ますます、塔状（高層）建物を設計する機会が多くなるので塔状（高層）建物の構造設計のプロセスについて述べることにする。

### 2. 塔状建物の構造計画

塔状建物の定義および搭乗建物に対する構造設計要領が東京都の「建築構造設計指針（1985）」に書かれているので、その抜粋を以下に示す。

「塔状建築物に関する構造設計指導指針（案）」

#### 1. 適用範囲

1.1 建築物の高さ（H）と幅（B）が4を超えるもの（塔状建築物という）及び柱の数が4以下のものを対象とする。

\* 川田工業株式会社建築事業部技術部設計課

〔運用〕 ① この指針は、それぞれの検討方向（設計方向）に対して適用する。

② 高さは図-1を参考とする。

③  $H/B \geq 6$  を超える場合は、原則として動的解析により地震層せん断力及び変形等の検討を行ったうえ（財）日本建築センター等の構造技術に関する評定又は評価を受けるものとする。

④ 幅（B）は建物柱の外寸法とする。

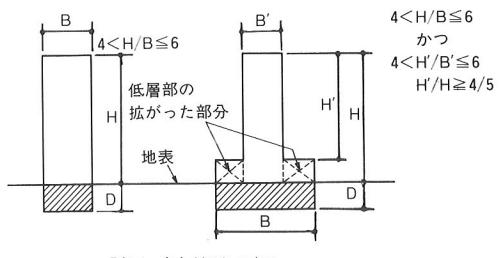


図-1 立面形状

1.2 特別な調査研究等に基づき建築物の安全性が確認された場合は、この指針によらないことができる。

〔運用〕 （財）日本建築センター等の構造技術に関する評定又は評価を受けた場合は、この指針を適用しない。

#### 2. 構造計画

2.1 基礎は建築物の規模・地盤の条件及び施工性等を適切に考慮して選定すること。

〔運用〕 施工の際に周辺の建築物又は敷地等に対して、有害な影響を及ぼさない工法とする。

2.2 構造計画は全体に明快なものとし、耐震上の配慮

を十分に行うこと。

### 3. 構造設計要項

3.1 構造形式は、原則として鉄骨造又は鉄骨鉄筋コンクリート造とする。

〔運用〕(1) 鉄骨鉄筋コンクリート造の柱は、鉄骨鉄筋コンクリート断面としての曲げ耐力に対する鉄骨部分の曲げ耐力の割合を0.4以上とし、柱及び梁のウェブは原則として充腹形又はラチス形とする。

(2) 鉄筋コンクリート造とする場合は、高さ20m以下としルート①又はルート②の剛性率・偏芯率の規定に適合すること。なお原則として柱の帶筋は、スパイラル筋とするか又は末端を重ね溶接（工場溶接することが望ましい）とする。

3.2 標準せん断力係数は、1.25倍以上とする。ただし転倒の検討にあっては $C_o \geq 0.2$ 以上とすることができる。

〔運用〕 鉄筋コンクリート造の建築物、柱の数が4以下および一般の建築物以外の建築物を除き一次設計用の $C_i$ は0.25を下限とすることができる。

3.3 層間変形角は1/200以内とする。

〔運用〕 令88条2項( $C_o \geq 0.2$ )により算定してよい。

3.4 一次設計に対して、くいに浮上り力が生じる場合は、原則としてくい自重のみを加算できるとする。

〔運用〕 原則としてくいの周面摩擦力は無視する。

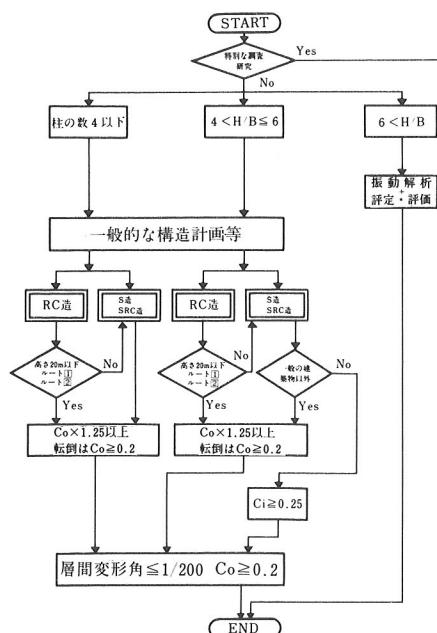


図-2 指針(案)のフロー

### 3. 平面、断面計画と骨組

#### (1) 基本事項

構造計画は、建物の耐震性能を左右する基本的条件であり、構造設計におけるキーポイントとなる。ポイントとしては次の点に注意することが、構造計画に必要である。

- a) 建築物の形状は、平面的にも立体的にも単純なものがよい。
- b) 建築物の水平力に対する抵抗要素は釣合いよく配置し、ねじり変形が起りにくいようにする。
- c) 建築物の構造は、力学的に明快なものがよい。
- d) 建築物の構造は適切な強度と韌性をもつことが必要である。

建物が高くなると、水平力による建築物の変形が非常に重要となり、高くなれば、水平力による建物の横ゆれが大きくなるため、建物の強度よりも剛性の確保が必要となる。すなわち建物の耐震計画が、構造計画上重要な基本事項となってくる。

建物にどの程度の剛性を必要とするかは、主として建築構造システムの形状によるが、その構造システムが有効であるかどうかは、材料の使用量にも直接影響をおよぼす。このように、ある条件に対して最適な構造を選ぶために、最小重量でかつ最大の剛性をもつ構造システムを見つけだす次のようなアプローチが必要である。

- ・ 高強度構造材料の使用
- ・ 構造部材間の複合作用
- ・ 新しい接合法の開発
- ・ コンピュータによる建物の複雑な挙動の解明
- ・ より軽量な構造材料の使用
- ・ 新しい建設工法の開発

これらのアプローチをこころみ建物の全体を使った耐震要素をとり入れた耐震計画を行うことになる。

#### (2) 耐震計画

耐震要素は、お互いの関連性の上で剛性・耐力を発揮できるのであって、骨組全体のバランスが非常に重要なとなる。建物そのものが地上から建っている。1本の片持柱と見なせるバランスが必要となってくる。

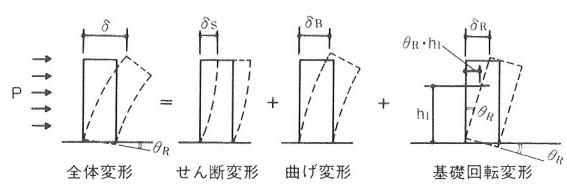


図-3 片持柱の変形

片持柱としての建築骨組特性を探れば、水平方向の変

形の要素は、曲げ変形 $\delta_B$ (全体曲げによる)、せん断変形 $\delta_s$ 、および回転変形 $\delta_R$ で、この総和( $\delta_B + \delta_s + \delta_R$ )が建物の水平変位になる。

高層では曲げ変形型に近くなるので、骨組において変形が過大にならないよう、骨組全体としての曲げ剛性の大きな構造システムが要求されるがこれはすなわち耐震要素の配置の工夫が必要である。

### (3) 耐震要素の配置の工夫

#### a) 柱・梁純ラーメンシステムを用いる方法

図-4に見られるように建物の外周に用いれば、剛性・耐力を増すことが出き、“線”で構成されるものから密度を上げていくことにより、全体が“線”から“面”への効果へと変化する。

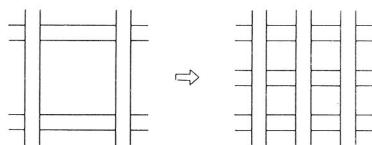


図-4 剛性の増加

#### b) 耐震壁、ブレース入りラーメンシステムを用いる方法

耐震壁の長所は、せん断・曲げ剛性ともに大きく耐ることであるが、場合によってはラーメンに負担をかけることも起こるので、図-5に示すように耐震壁をバランスよく有効に配置すれば、耐震壁の効用は大きくなる。

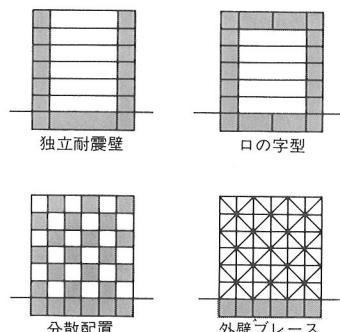


図-5 壁入りラーメン

#### c) コア(壁)システムを用いる方法(直線形耐力壁システム)

高層建物には、建築内部の鉛直交通システムとエネルギー供給システム(エレベータ、階段、設備シャフト)を1ヶ所に集中させるサービスコアが必要になる。このコア群は、壁で囲まれシャー・ウォール構造システムとして活用され水平力支持構造として、建物に安定をもたらす。ただし形状・位置によっては活用し得ない場合もあるので平面計画が、非常に重要である。

#### d) チューブ構造システムを用いる方法

この方法は、超高層の発展に伴って生まれた、最も有効なシステムである。箱型の断面を外形にいっぱい適用

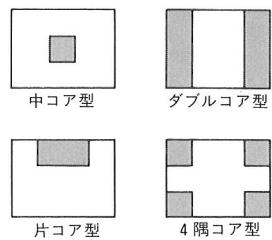


図-6 コアシステム

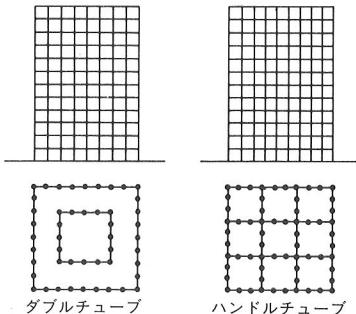
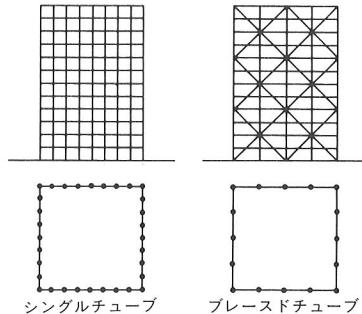


図-7 チューブ構造システム

する。すなわち全体曲げに対して建物の全幅を使って抵抗することから、建物がスレンダーになるほどこの利点は生かされる。

以上の耐震要素の中から、敷地の形状、建物の形態、経済性、施工性を考慮し、重量、骨組との接合、精度等の面で簡単に施工ができる耐震要素を検討し、耐震計画を行うことにある。

## 4.まとめ

今後ますます、塔状化した建物を設計する機会が多くなる傾向にある。これに対処するには、構造計画の一環となる耐震設計法を身につけこれを有効に駆使し、より良い建物を計画することが、建物の全体がバランスの良いものとなり、土地の有効利用がはかれることとなる。