

高層建築物構造設計要項案について

仲 威 雄*
久 田 俊 彦**

建築物の高さは我が国においては通常31 m以下とすることに建築法規によって定められている。然るに都市再開発と高度土地利用の要請が近年急激に高まるにつれて、この制限を撤廃するか変更するための法規の再検討が必要となり、時代に即応するように改変されることとなった。然し乍ら建築構造的には、特に耐震設計を前提とする我が国において、新しい問題を提起している。日本建築学会構造標準委員会はこの情勢に対処するため高層建築物構造設計要項を立案した。

上記要項はそれぞれ振動分科会および荷重分科会において耐震および耐風計算関係の原案を作りこれらを更に特別小委員会において検討を加え、総合的にとりまとめているものである。ここに中間報告として現在得られているものを示すことにする。本案を発表する現時点においても調査研究が着々と進められているので要項は固定されたものでなく逐次修正されるものであることを附記する。

1. 適用範囲

- 1) この要項は地上高さ45メートルをこえる通常の高層建築物の構造設計に適用する。
- 2) 特別の調査研究に基いて設計を行う場合はこの要項によらずによい。

2. 構造計画上の注意

- 1) 建築物の形状(平面・立面)は単純なものがよい。
- 2) 建築物の構造は力学的に明快なものとする。水平力に対する抵抗要素はなるべく振り変形が起らないように配置する。
- 3) 建築物の基礎は一般に堅硬な地盤に剛強に支持させる。
- 4) 建築物の骨組は所要の強度のほか十分の靱性をもつことが必要であろう。
- 5) 建築物に生ずる変形は保安上並に使用上支障を生じないような値とする。

3. 耐震計算

耐震計算は下記によって行うことが出来る。

- 1) 設計用ベースシャープ係数 C_B (建築物に加わる全地震力と建築物の全重量との比)を算定する。 C_B の値は建築物の周期の増大にともなって減少する値をとり、下式を用いることができる。

*日本建築学会構造標準委員会委員長 ** 全委員会幹事

$$C_B = \frac{0.18}{T} \sim \frac{0.36}{T} \quad \text{但し} \quad 0.2 \geq C_B \geq 0.05 \quad \text{とする}$$

ここに、 T ＝建築物の一次固有周期（秒）

T の算出に下式を用いることが出来る。

$$T = (0.07 \sim 0.11) N, \quad N = \text{全層数（地下階のある時はこれを含む）}$$

注 a. 上記 C_B の算式において $C_B = \frac{0.18}{T}$ は構造骨組にある程度の塑性変形を見込んだ場合であり、この変形は C_B の増加と共に減少する。 $C_B = 0.2$ はほぼ現行規定に該当する。

b. T の算式において $T = 0.11 N$ は純鉄骨構造のばあいには得られることがあり鉄骨鉄筋コンクリート構造のように鉄筋コンクリート部分の併用程度が増すに従って T は減少するものと見られる。

- 2) 各層に対する設計用層せん断力係数の分布を定める。この場合上層部に対してはホイッピング（鞭振り）をきたさないように注意する。

（注）ホイッピングを生ぜしめないためには上層部の設計用層せん断力係数 C を大きくとる必要がある。（例えば頂部の C を C_B の 3 倍とすべきばあいもある）

- 3) 断面および接合部の設計を行う。これに基づいて各層の剛性及び降伏時の強度・変形並に降伏後の性状を評価する。要すれば適当な実験によってこれを確めることが望ましい。
- 4) 動的解析に用いる地震動を支持地盤の振動特性を考慮して想定する。この場合敷地地区のサイスミンティ（地震活動性）を考慮することができる。
- 5) 建築物の地震動に対する応答を推算し、各層の変形量、ダクティリティ係数（最大変形と降伏時の変形との比）、転倒モーメント等を算出し、これらを検討する。要すれば修正設計を行い応答計算をくり返して適切な構造物とする。
- 6) パラベット、内外部の装飾物に対しては大きな水平震度（0.5～1.0）をとる。屋上から突出する水槽、煙突その他これに類するものに対する地震力の算定には最上層の設計用層せん断力係数の 1.5～2 倍の値を用いる。

4. 耐風計算

耐風計算は下記によって行うことが出来る。

- 1) 建築物の構造計算並に細部設計、附属物の検討は下記による。尚ここに示す以外の事項については法令、告示、学会規準中の風圧力に関連ある規定による。
- 2) 風圧力は下式によって算定する。

$$P = q \cdot C \cdot A$$

P : 風圧力 (Kg)

C : 風力係数

q : 速度圧 (Kg/m²)

A : 見付面積 (m²)

3) 速度圧は下記による。

a) 算定式

$$q = Q^4 \sqrt{h}$$

q : 速度圧 (Kg/m²)

h : 地盤面からの高さ (m)

Q : 地域別係数

敷地に対して繰返し期間を考慮した瞬間風速期待値に基づいて定める。(台風常襲地域の大平洋及東支那海沿岸地帯に対しては $Q = 1.10 \sim 1.30$ をとる)

b) 下記の敷地においては上記の速度圧の値を高さを考慮して増減する。

i) 海岸、河岸、湖岸においては増加する。

ii) 崖上、山上、岬、地峡など局地的に明らかに風速の大となるところでは増加する。

iii) 市街地においては減少する。

4) 風力係数については下記による。

a) 四角形断面の建築物に対する風力係数

細長率 ℓ/H		0.11~0.2	0.21~0.4	0.41以上
風力係数	風上壁面	1.0	0.9	0.8
	風下壁面	-0.4	-0.4	-0.4

ℓ : 建築物の見付幅 H : 建築物の高さ

b) 上記以外の建築物の風力係数は風洞実験によって定める。

5) 下記に示す建築物の外壁隅角部に対しては局部風圧として風力係数-1.5以上の負圧を考慮する。

負圧を考慮すべき建築物の隅角部分

細長率 ℓ/H		0.11~0.2	0.21~0.4	0.41以上
負圧面幅	H'	H/15	H/10	H/6
	ℓ'	$\ell/6$	$\ell/8$	$\ell/10$

ℓ : 建築物の見付幅 H : 建築物の高さ

ℓ' : 建築物の見付面において両隅角稜線からとるべき幅

H' : 建築物の見付面において頂部隅角稜線から下方にとるべき幅

次に上記の要項案について簡単な解説を筆者の責任においてつけ加えることとする。

まず全般の方針としては、(1)現段階においては得られる知識を出来るだけ採用し、一方、構造設計者の自由を拘束しないように努めたこと、(2)しかし設計条件を附与することによって、現在尙不明確性を残すところがあるにしても、安全性の確保をはかっていることの2つがある。

以下各項について説明する。

1. 適用範囲 ここで45メートルを限界としたのはこの程度迄の高さの建物の構造に対しては主として30m以下の建物に適用されている現行設計法によって既に現実的な解決がなされており、またそれが本要項の依拠する新しい理論に基づくものと矛盾が生じないと考えられるからである。

2. 構造計画上の注意 1)、2)は耐震のみならず構造設計の一般原則であって高層建物においてはとくにその平面、立面は単純な形状長方形その他のものが望ましい。又構造の力学的明快性とはラーメン構造のことを言うのではなく耐震壁の設置もよいであろう。しかし耐震壁の他間仕切壁や骨組の仕上材などの2次的要素も建物の地震応答に対してどのように寄与するかを予め明らかにして設計上所期の振動特性が得られるようなものであることを意味する。水平面内の振りモーメントに対する配慮はとくに重要で不規則な平面形や荷重の分布は望ましくない。

3) 高層建物を堅硬な地盤(東京では東京隙層)に直接支持させるのはその地震応答の単純化の点からも又不同沈下の防止の点からも最も安全な方法である。又屢々實際上生ずると思われる剛強なケーソンを介して支持する場合もこれに準ずるといえよう。しかし杭使用の場合は地震応答に軟弱層の影響が考えられるので今後の究明に待つこととして一般から除外している。

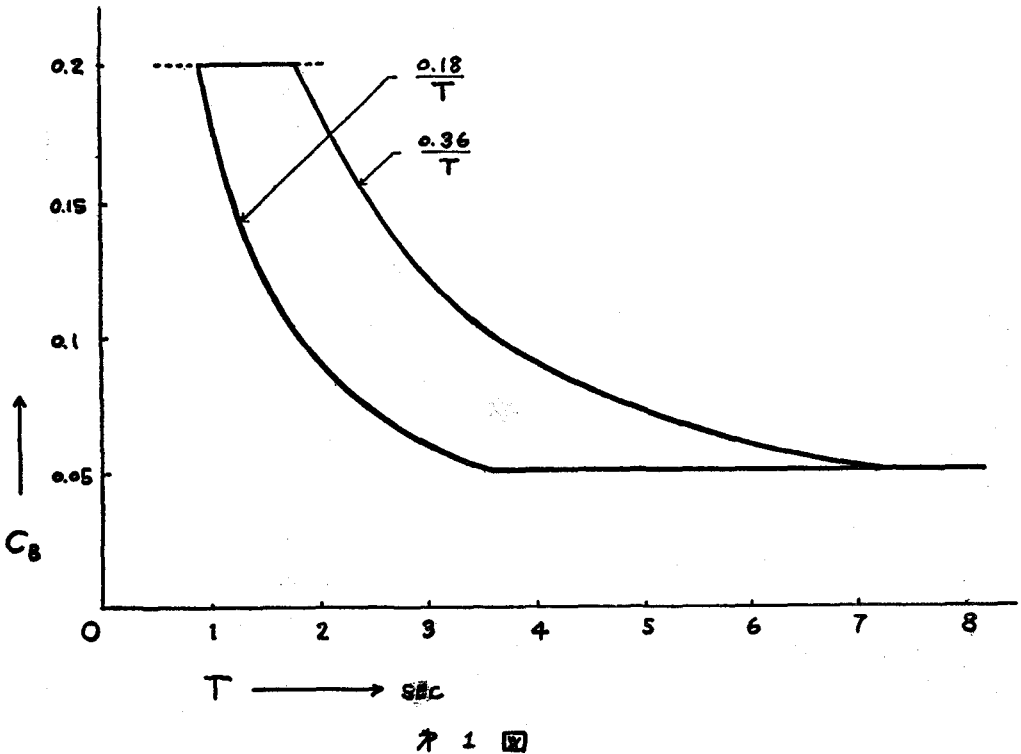
4) 骨組のねばり強さすなわちエネルギーの吸収能力が十分大きいことは高層建築の構造に、特に要求される力学的性質である。骨組の変形時の復元力がその変形の増加するばあいにも容易に低下しないような特性を保有するように要求される。

5) 骨組の一次的な強さの確保の他に二次的な安全性に対する要求として強度時或は強風時に骨組の変形によってその耐火被覆の剝落、窓ガラス、外壁の破壊、落下、不快な揺れの発生等の生じないようにする。各層間変形量をどの程度に押えるかは仕上材料および施工技術と関連することとまだ検討中の問題であるが階高の $1/200$ 程度、鉄骨構造の場合は2cm前後という値が一応我々

の委員会に提案されている。

3. 耐震計算 耐震計算の方針は震力の影響は建物の周期に関係すると言う動的考慮に基づく静的計算によってオ一次設計を行い、次にこれを動的に解析検討して修正を加えるという順序をとっている。

1) 新らしく提示されたベースシャー係数 C_B の算式を示せばオ1図の如くなる。



C_B の値が周期 T の増加と共に減少することは硬い地盤上の建物については広く内外で認められているが図の下方の曲線は強震に対して建物の各層にある程度の塑性変形を許す場合を考え、上方の曲線は変形を小さくし弾性範囲内程度におさめたい場合を一応対象としているがこれは勿論地震動の劇しさ、周期特性と建物の振動特性によってきまってくる。 $C_B = 0.2$ は略々現行の設計法に基づく値であって周期 0.9 秒 (12 層程度高さ約 45 m) でこれに接続し、下限を 0.05 としたのはこれより小さい値で設計すると著しく大きい層間変位が生ずるからである。建築の周期式は 3.1) で最も普通な耐震壁をもつ鉄骨鉄筋コンクリート造から純鉄骨造までを包含するように与えられているが勿論別の方式により推算することも出来る。

2) 各層の層せん断力係数の分布は周期から求めた C_0 の値を基にして上層にゆくに従って増大する値をとることになるが最上層部は高次振動の影響によっていわゆるホッピングの現象を生ずるのでこれを防ぐため大きな値をとる必要があり、例えば頂部で C_0 をとるのも一つの方法であろう。

3) 各層の層せん断力がきまれば才1次の断面設計を行うことが出来、これに基づいて各層の復元力・変形特性を評価推定することになる。実際には接合部をも含んだ構造体の相当なスケールでの模型実験を行うことが望ましい。

4) 次に動的解析に用いる地震動の想定が必要となるがこれは敷地の支持地盤の動特性を考慮して設計者が判断してきめることになっている。実際には過去の強震、中震記録又はその修正記録を用いるほか、特種の地震波の適用も考えられている。その劇しさは現わす振幅は敷地位置の地震活動性を考慮した統計的期待値と建物の根入れ深さや支持状況を考慮して判断することになる。この点は現在および将来においても常に問題として残るところである。

5) 地震動に対する応答計算は通常電子計算機で行い、層変形量、ダクティリティ係数などを求めるがそれらの値のうち保安上又使用上支障をきたすような不適当なものがあれば修正設計を行って再び応答計算を繰返し適切な設計とすることになる。

6) バラベット、屋上突出物等建物本体より突出した部分に対してはその地震応答或いは地震時の破壊の及ぼす危険性を考えてそれら以外の部分に対するよりも大きな地震力を考えている。

4. 耐風計算 1) 高層建物はその形状によっては地震力ではなく風荷重によって構造と断面設計がきまってくる。地上高所における構造躯体設計用風圧力のほか、とくに問題となる建物稜角部分の局部負圧に対する設計法が示されている。

2) 風圧力の算定は従来の算式によることとし、とくに動的効果については示されていないがこれは今後の問題点となっている。

3) 速度圧の高さ方向の分布は高さの平方根に比例するとした従来のものに代って高さの4乗根に比例するものとしている。沿岸内陸の平野部(畑地)を基準にとり、平均風速と突風率の高さ方向の分布を考え、最大瞬間風速が高さの8乗根に比例するとした方が高層建築の場合に妥当だと見做されるからである。地域係数 Q は各地における再現期間(例えば100年)を考えた統計的期待値によってきめられることになっている(b)には敷地の環境条件に應ずる速度圧の増減が示しており目下具体的数値については検討中である。

4) 構造躯体設計用の風力係数(平均値)が四角形断面(長方形または正方形)について示してある。風洞による模型実験の結果によって建物の細長率により風上面圧が多若干変下している。

5) 建物の外壁隅角部において考慮すべき局部的負圧が見付面について細長率に応じて風洞実験の結果に基づいて示してある。

風関係については、耐震計算とからんでなお究明を要する問題が多い。今後の調査研究によって本要項も必然的修正を要することになると考えている。

(1/8/63)