

構造設計Ⅲ

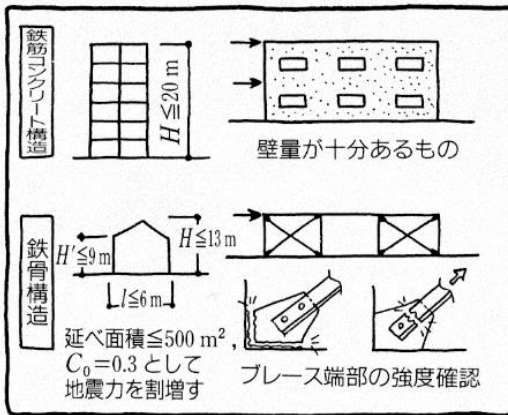
第12回 許容応力度等計算法 における地震力

許容応力度等計算法の設計ルート

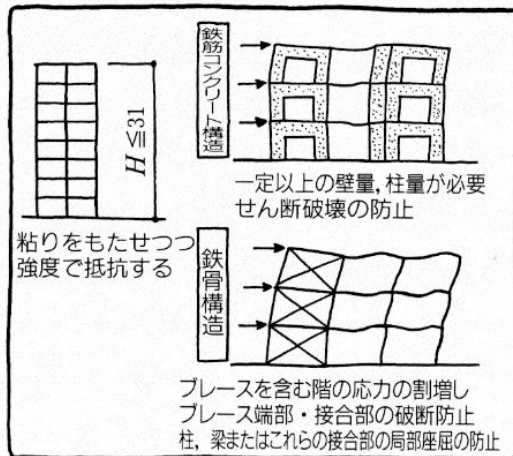
適用建築物とその条件

適用建築の耐震設計法

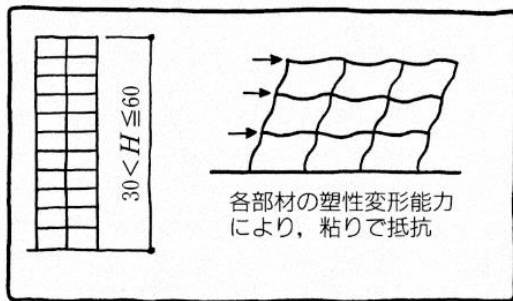
ルート1



ルート2

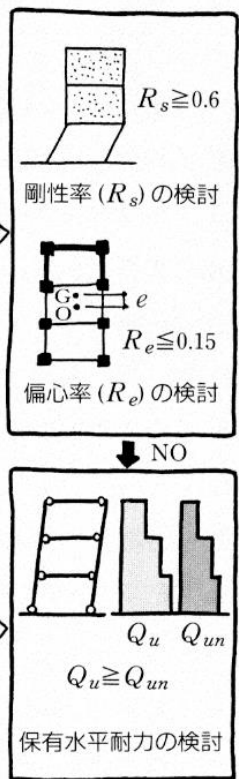
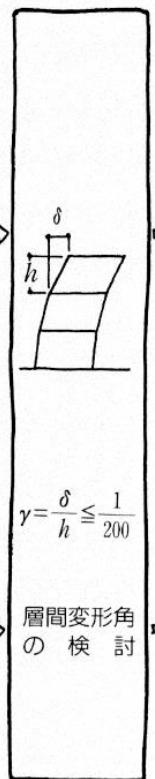


ルート3



一次設計 (許容応力度設計)

二次設計



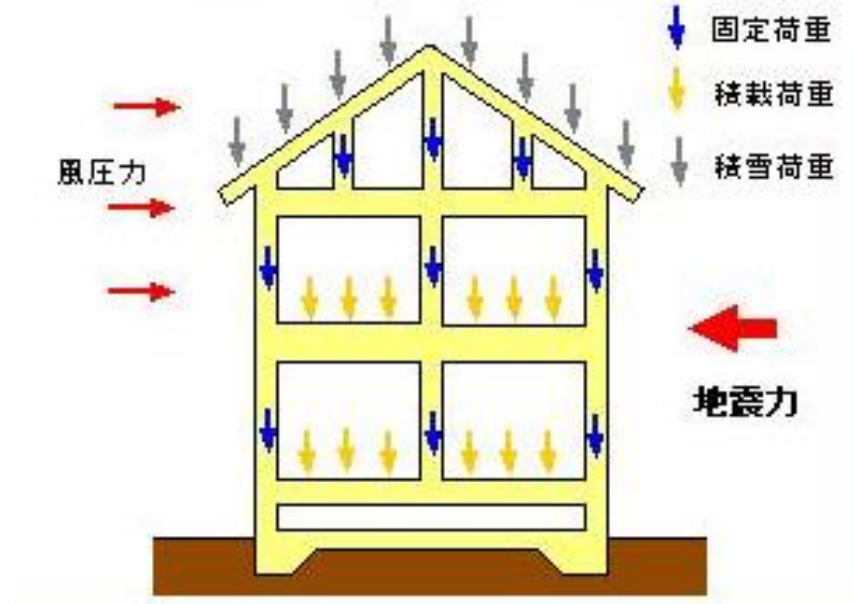
終

高さ60mを超える建築物

国土交通大臣が認める方法による構造計算

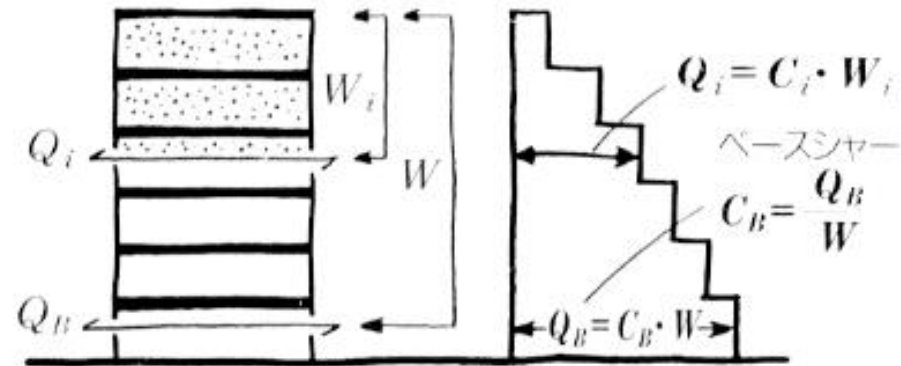
建物に作用する荷重

- 固定荷重
- 積載荷重
- 積雪荷重
- 風圧力
- 地震力



建物に作用する地震力を知るには
振動学の知識が必要

地震層せん断力とは



建築物重量と地震層せん断力 地震層せん断力

Q_i : i 層の地震層せん断力

C_i : i 層の地震層せん断力係数

W_i : i 層より上部の建築物重量

Q_B : ベースシア (第 1 層の地震層せん断力)

C_B : ベースシア係数 (第 1 層の地震層せん断力係数)

W_B : 建築物の全重量

地震層せん断力 Q_i

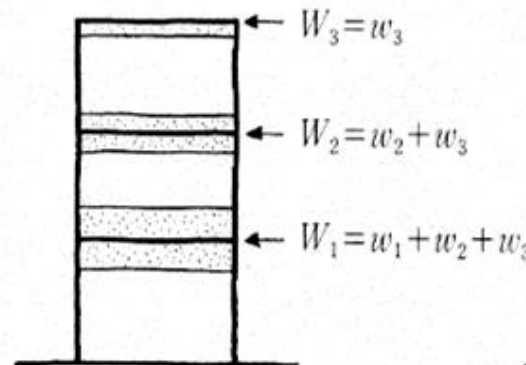
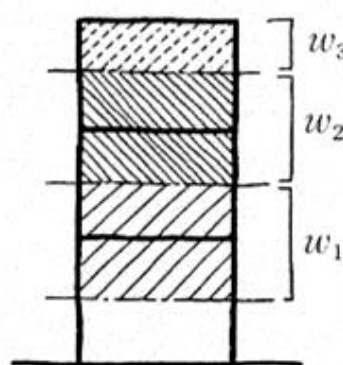
$$Q_i = C_i \cdot W_i$$

Q_i : i 層の地震層せん断力

C_i : i 層の地震層せん断力係数

w_i : i 層の層重量

W_i : 最上部から i 層までの層重量の和



$$\alpha_3 = \frac{W_3}{W_1}$$

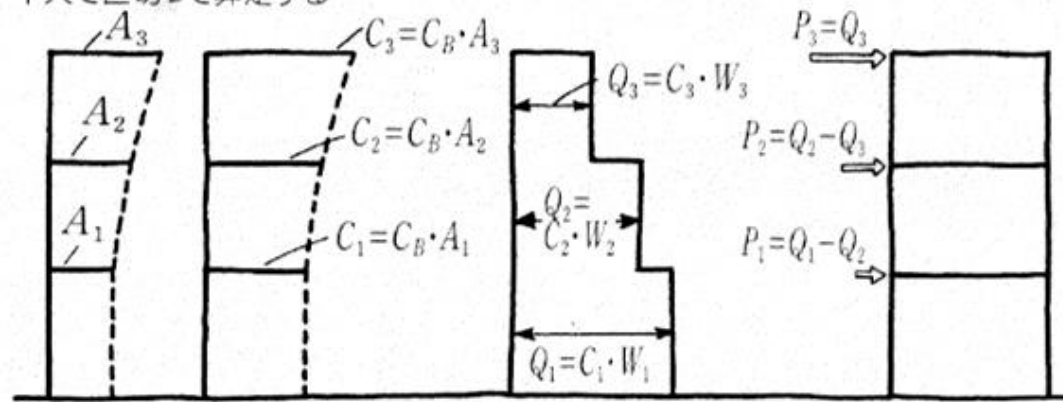
$$\alpha_2 = \frac{W_2}{W_1}$$

$$\alpha_1 = \frac{W_1}{W_1} = 1$$

各階の地震用設計重量 (w_i) 各階が支える全重量 (W_i)
 (地震力は床に集中して作用するものとし、各階の中央で区切って算定する)

$$W_i = \sum_{j=1}^i w_j$$

A_i : 算出用の α_i
 $\alpha_i = \frac{W_i}{W}$
 W : 全重量



各階床の作用力 (P_i)
 $P_i = Q_i - Q_{i+1}$

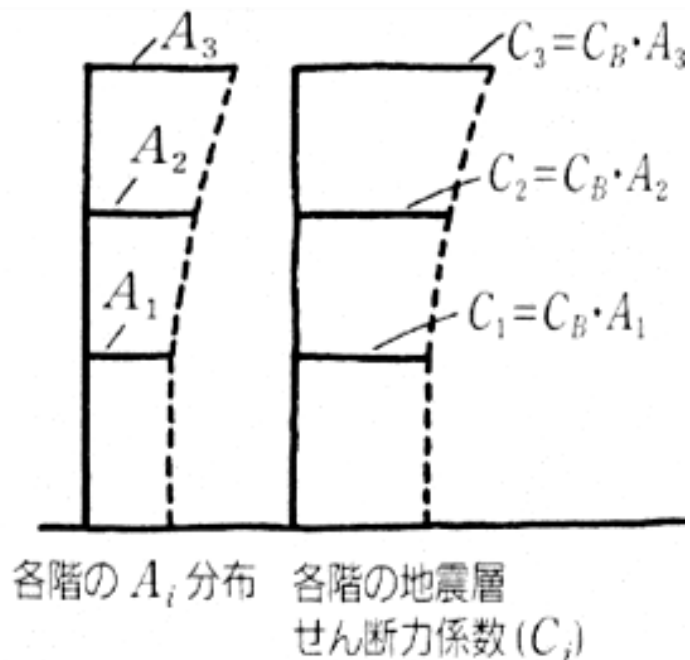
地震層せん断力係数 C_i

$$C_i = C_B \times A_i$$

C_i : i 層の地震層せん断力係数

C_B : ベースシャー係数 ($C_B = C_1$)

A_i : i 層の地震層せん断力係数の分布係数



ベースシア係数 C_B

$$C_B = Z \times R_t \times C_0$$

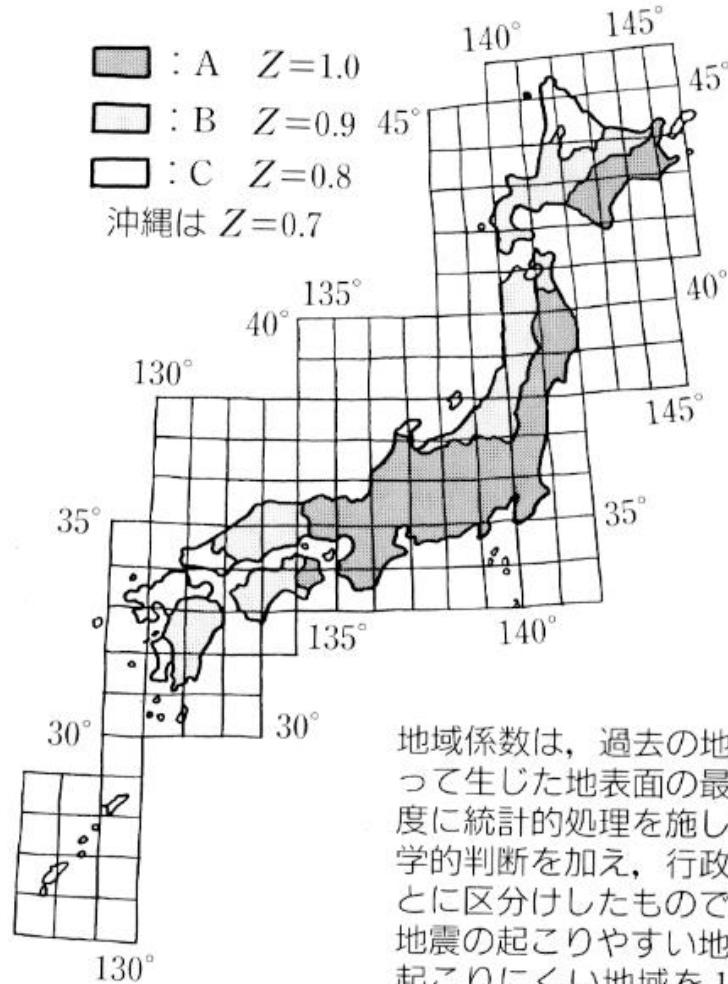
C_B : ベースシャー係数

Z : 地震地域係数

R_t : 振動特性係数

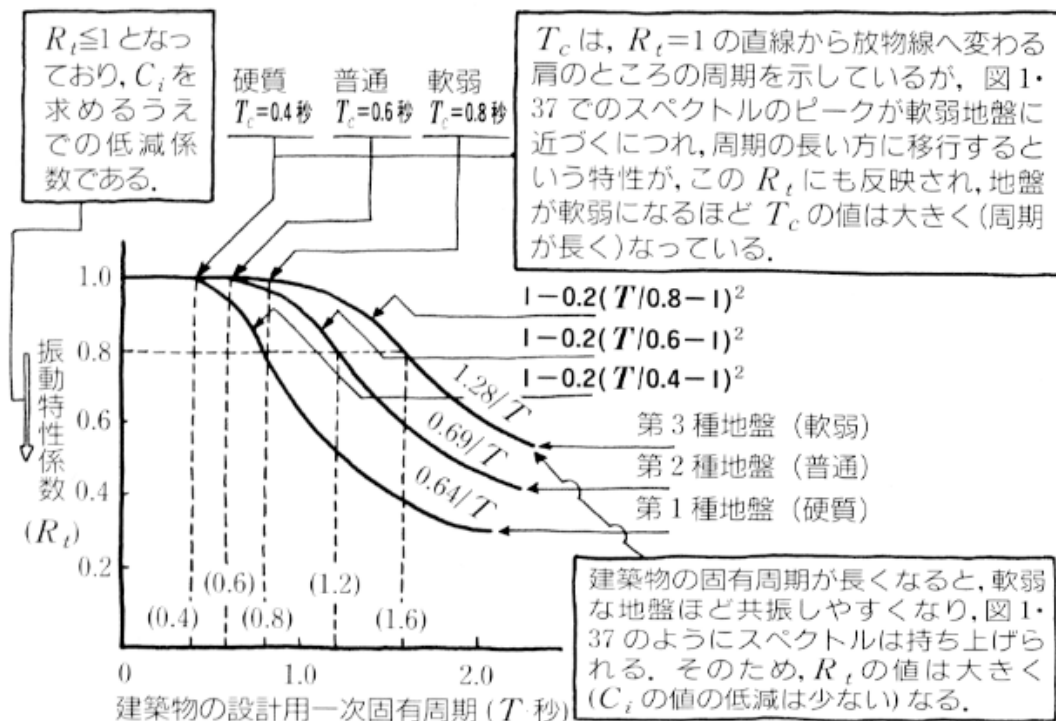
C_0 : 標準層せん断力係数

地震地域係数Z



地域係数は、過去の地震によって生じた地表面の最大加速度に統計的処理を施して、工学的判断を加え、行政区域ごとに区分けしたものである。地震の起こりやすい地域から起こりにくい地域を 1.0, 0.9, 0.8, 0.7 と区分けした、 C_i の低減係数となっている。

振動特性係数 R_t

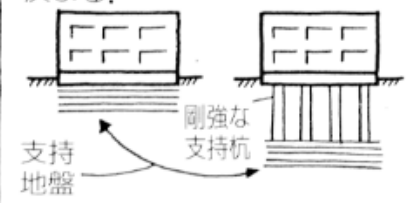


$R_t \leq 1$ となっており, C_i を求めるうえでの低減係数である.

T_c は, $R_t=1$ の直線から放物線へ変わる肩のところの周期を示しているが, 図 1・37 でのスペクトルのピークが軟弱地盤に近づくとつれ, 周期の長い方に移行するという特性が, この R_t にも反映され, 地盤が軟弱になるほど T_c の値は大きく (周期が長く) なっている.

建築物の固有周期が長くなると, 軟弱な地盤ほど共振しやすくなり, 図 1・37 のようにスペクトルは持ち上げられる. そのため, R_t の値は大きく (C_i の値の低減は少ない) なる.

T_c の値 (0.4 秒, 0.6 秒, 0.8 秒) は, 基礎底部直下の支持地盤の種別 (1 種, 2 種, 3 種) によって決まる.



$T < T_c$ の場合: $R_t = 1$
 ($T_c = 0.4$ 秒以下の場合, 地盤種別に関係なく $R_t = 1$)

$T_c \leq T \leq 2T_c$ の場合: $R_t = 1 - 0.2 \left(\frac{T}{T_c} - 1 \right)^2$
 (T の増加にともなって, R_t は放物線にそって減少)

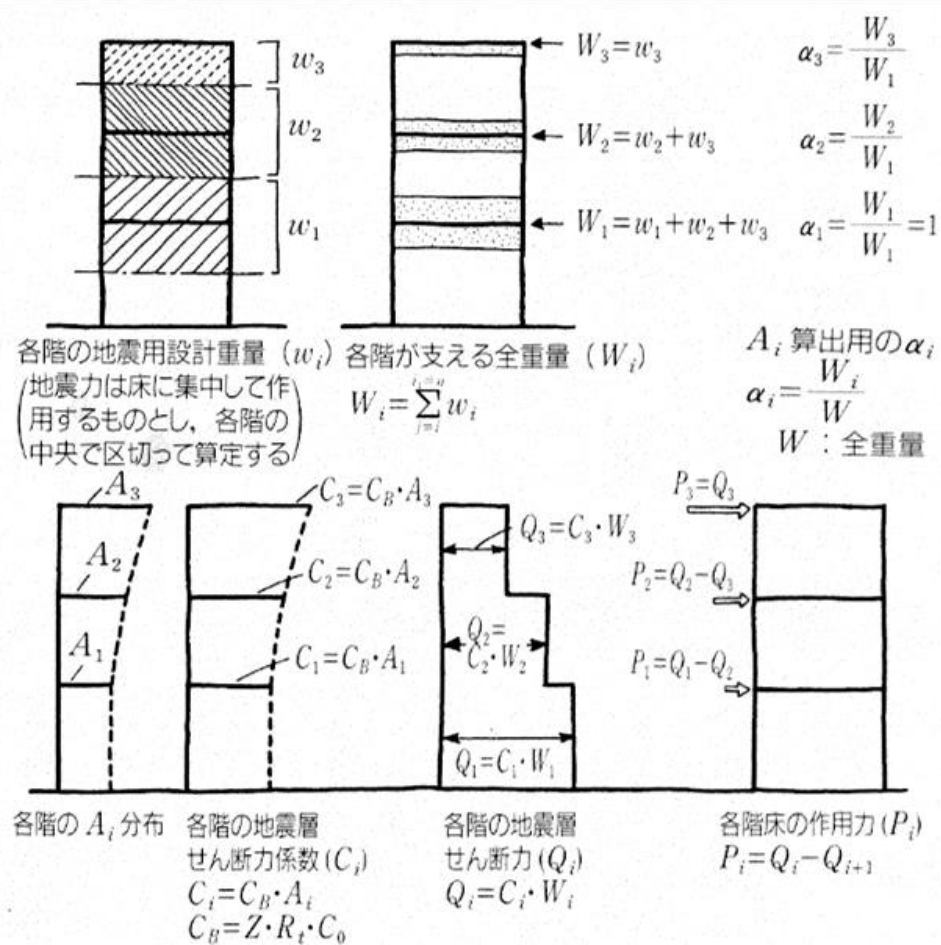
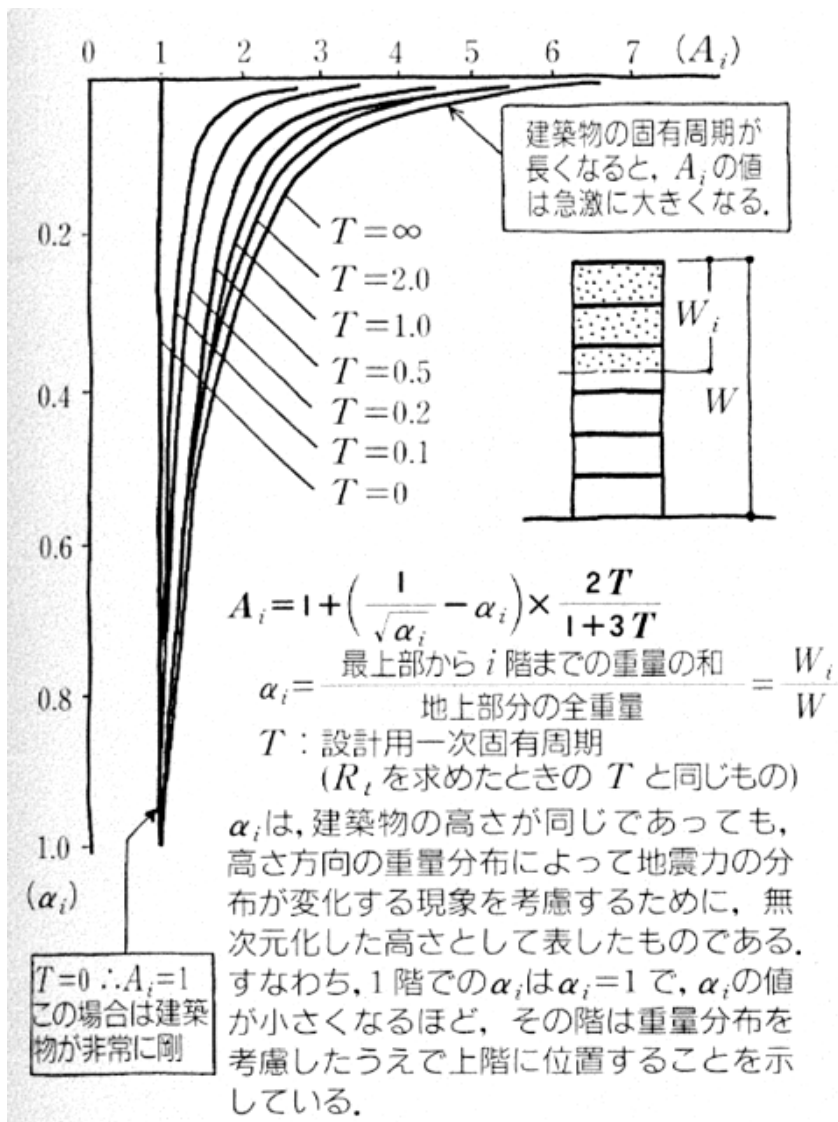
$2T_c \leq T$ の場合: $R_t = \frac{1.6 T_c}{T}$
 (T の増加にともなって, R_t は双曲線にそって減少)
 $T = h(0.02 + 0.01 \alpha)$

標準層せん断力係数 C_0

表 1・3 地震動の大きさと標準せん断力係数との関係

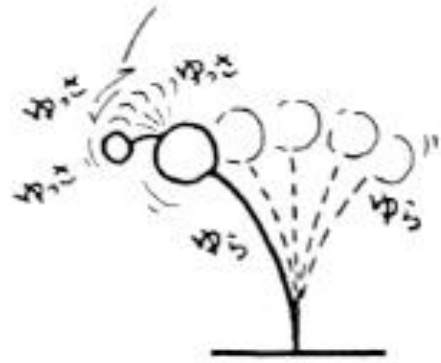
地震動の大きさ	地震動の加速度の大きさ	平均応答倍率	建築物に生じる加速度 (地震動の加速度) ×(平均応答倍率)	重力の加速度 (980gal) に対する建築物の 加速度の割合	標準せん断力係数 (C_0)	
中小の地震	80gal } 100gal	2.5 } 3.0	200~300gal (80gal×2.5 ~100gal×3.0)	0.204 } 0.306	0.2 以上	許容応力度 設計用
大地震	300gal } 400gal		750~1200gal (300gal×2.5 ~400gal×2.0)	0.765 } 1.224		

地震層せん断力分布係数 A_i



屋上突出物に作用する地震力

突出物を支えているものが揺れるので、より激しく揺れる

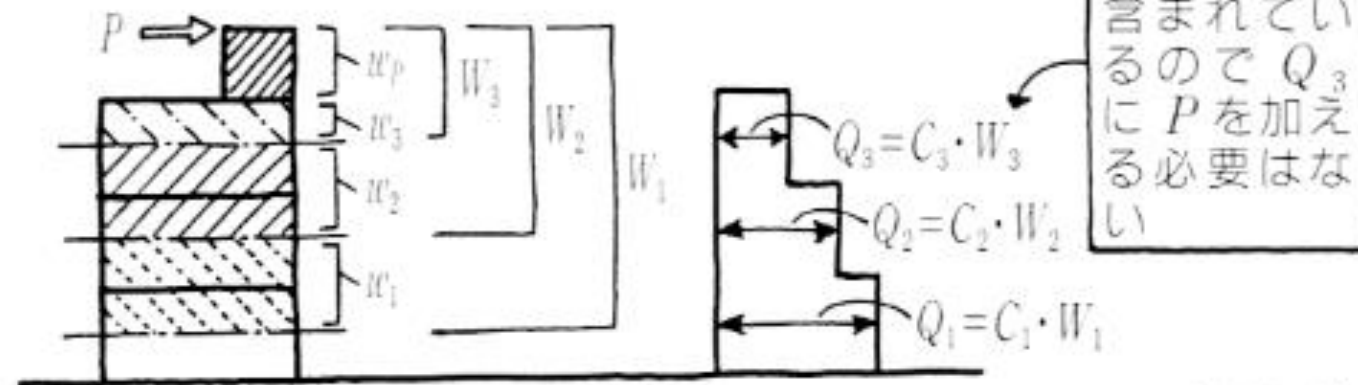


階数に算定されないような塔屋は屋上突出物として扱い、局部震度 (k) により地震力を求める。

$$P = k \cdot W_p$$

k : 水平震度で地域係数 Z に 1 以上の数値を乗じた値

W_p : 地震用設計重量 (w_p)

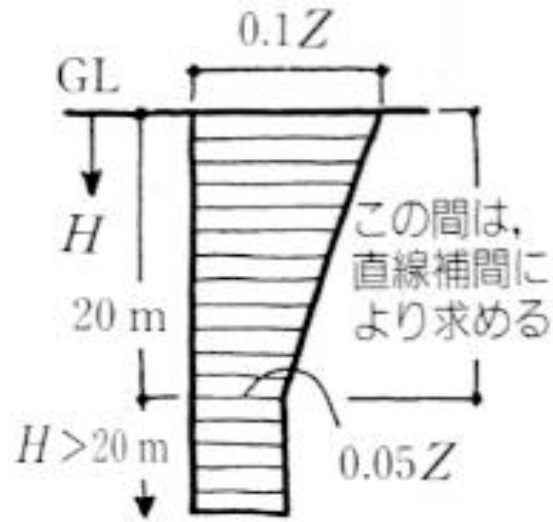


w_i : 地震用設計重量

W_i : 各階の支える全重量

Q_i : 各階の地震層せん断力(地震力)

地下部分の地震力



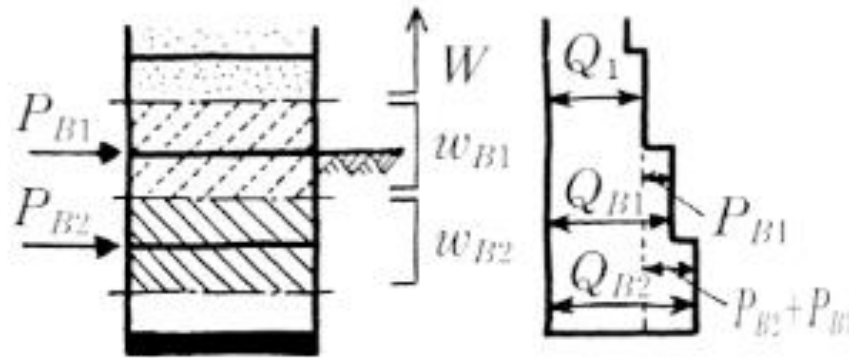
地下部分の水平震度分布

地下部分は地上部分と建築物の振動の性質が異なるため、地盤面からの深さに応じた水平震度 (k) によって地震力を求める。水平震度は下式より算出する。

$$k \geq 0.1 \left(1 - \frac{H}{40} \right) Z$$

H : 建築物の地下部分の地盤面からの深さ (20 m を超えた場合は 20 m とする)

Z : 地震地域係数



地階地震用設計重量 地階の地震層せん断力

地下部分の地震層せん断力 (Q_B) は、地上部分から伝わる Q_1 と地階の地震力 P_B を加えたものとなる。

$$Q_{Bi} = Q_1 + \sum_{j=1}^i P_{Bj}$$

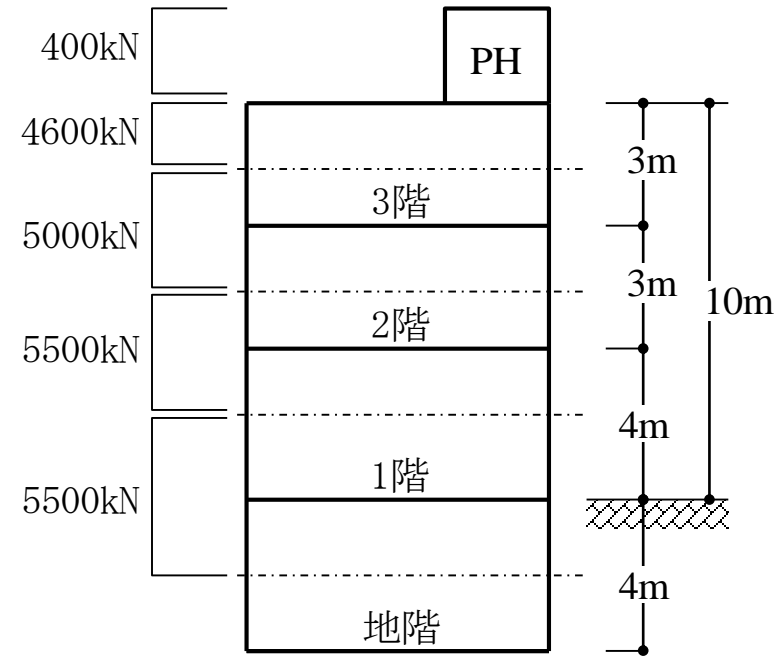
$$P_{B1} = k_1 W_1 = k_1 w_1, \quad P_{B2} = k_2 w_2$$

$$Q_{B1} = Q_1 + P_{B1}, \quad Q_{B2} = Q_1 + P_{B1} + P_{B2}$$

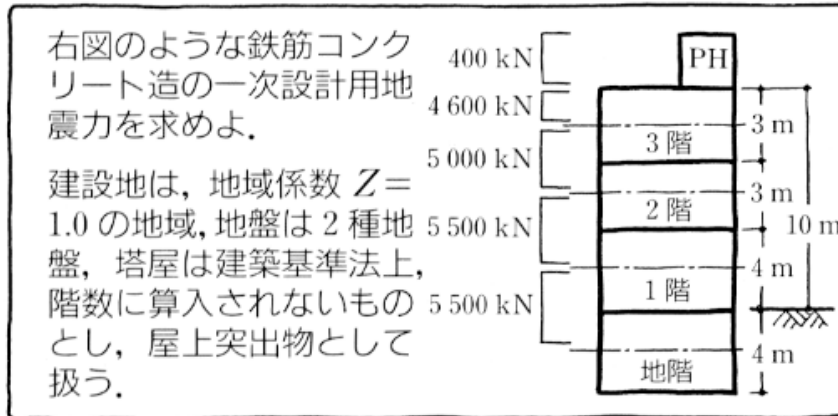
演習問題

右図のような鉄筋コンクリート造の一次設計用地震力を求めよ。

建設地は、東京。地盤は2種地盤。塔屋(PH)は建築基準法上、階数に算入されないものとし、屋上突出物として扱う。



演習問題の解答



建築物の固有周期 $T = h(0.02 + 0.01\alpha)$

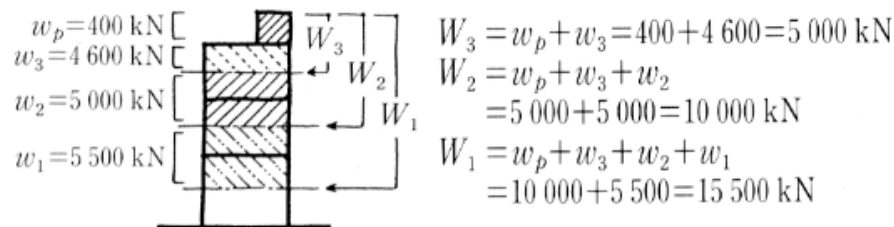
$$h = 10 \text{ m}, \alpha = 0 \quad \therefore T = 10 \times 0.02 = 0.2 \text{ 秒}$$

振動特性係数 (R_t) 2種地盤なので、 $T_c = 0.6$ 秒

$$T < T_c \text{ なので, } R_t = 1.0$$

地震層せん断力係数の分布係数 (A_i)

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \times \frac{2T}{1 + 3T}$$



$$T = 0.2 \text{ 秒なので, } \frac{2T}{1 + 3T} = \frac{2 \times 0.2}{1 + 3 \times 0.2} = 0.25$$

$$\alpha_3 = \frac{W_3}{W_1} = \frac{5000}{15500} = 0.323 \quad A_3 = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{0.323}} - 0.323 \right) \times 0.25 = 1.36$$

$$\alpha_2 = \frac{W_2}{W_1} = \frac{10000}{15500} = 0.645 \quad A_2 = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{0.645}} - 0.645 \right) \times 0.25 = 1.15$$

$$\alpha_1 = \frac{W_1}{W_1} = \frac{15500}{15500} = 1.000 \quad A_1 = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{1}} - 1 \right) \times 0.25 = 1.00$$

地震層せん断力係数 (C_i)

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

$$C_3 = 1 \times 1.0 \times 1.36 \times 0.2 = 0.272$$

$$C_2 = 1 \times 1.0 \times 1.15 \times 0.2 = 0.230$$

$$C_1 = 1 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.2 = 0.2$$

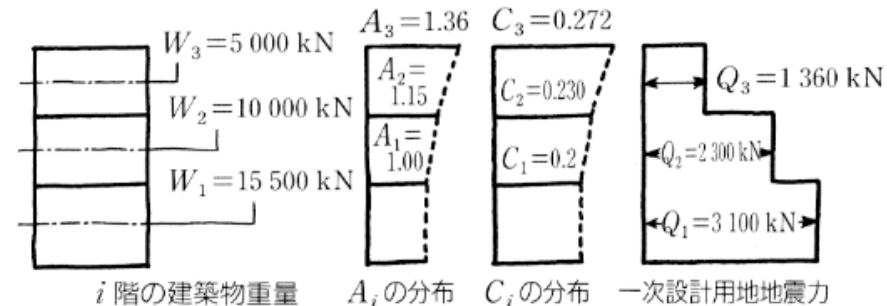
地震層せん断力 (Q_i)

$$Q_i = C_i \cdot W_i$$

$$Q_3 = C_3 \cdot W_3 = 0.272 \times 5000 = 1360 \text{ kN}$$

$$Q_2 = C_2 \cdot W_2 = 0.230 \times 10000 = 2300 \text{ kN}$$

$$Q_1 = C_1 \cdot W_1 = 0.2 \times 15500 = 3100 \text{ kN}$$



塔屋の地震力 (P)

$$P = Q_P = Z \cdot k \cdot W_P = 1.0 \times 1.0 \times 400 = 400 \text{ kN}$$

地階の地震層せん断力 (Q_{B1})

$$Q_{B1} = Q_1 + Z \cdot k \cdot W_{B1} = 3100 + 1.0 \times 0.1 \times 5500 = 3650 \text{ kN}$$

2次設計

- 層間変形角の検討
- 剛性率と偏心率の検討
- 保有水平耐力の検討

$$\text{保有水平耐力}(Q_u) \geq \text{必要保有水平耐力}(Q_{un})$$

必要保有水平耐力

必要保有水平耐力(Q_{un})

= 地震層せん断力(Q_{ud}) \times 形状係数(F_{es}) \times 構造特性係数(D_s)

$$Q_{ud} = C_i \times W_i$$

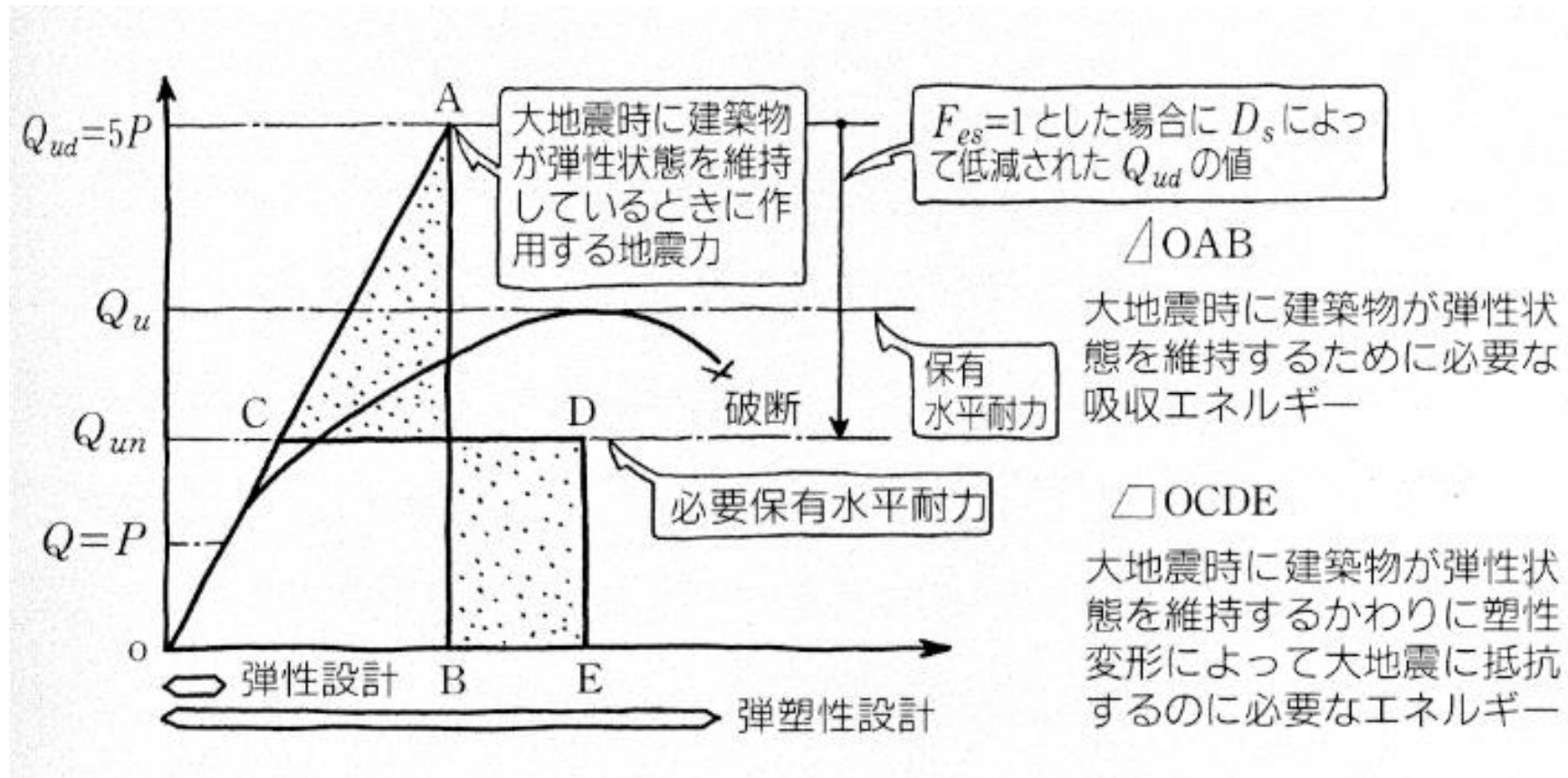
$$C_i = C_B \times A_i = (Z \times R_t \times C_0) \times A_i \quad C_0 = 1.0$$

$$F_{es} = F_e \times F_s$$

$$F_{es} : 1.0 \sim 3.0 \quad F_e : 1.0 \sim 1.5 \quad F_s : 1.0 \sim 2.0$$

$$D_s : 0.25 \sim 0.55$$

構造特性係数 D_s



形状係数 F_{es}

$$F_{es} = F_e \times F_s$$

F_e : 偏心率による割増係数

F_s : 剛性率による割増係数

保有水平耐力の検討

