演習問題３　実大 6 層建物の 2 次診断の計算例

材料強度：主筋 SD345　σ_y = 394 N/mm^2　、せん断補強筋 SD295　σ_{wy} = 344N/mm^2
　　　　　コンクリート設計基準強度 Fc = 21 N/mm^2　　　　　　　　　　　　　　とする。

■6 階について

(1)　階の重量 W と柱軸力 N

W＝1250kN

(2)　部材の強度と靭性指標 F

a)　柱 X1-Y1

曲げ終局強度

$$M_u = 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5 ND\left(1 - \frac{N}{bDF_c}\right)$$

$$= 0.8 \times (287 \times 3) \times 394 \times 500 + 0.5 \times (52 \times 10^3) \times 500 \times \left(1 - \frac{52 \times 10^3}{500 \times 500 \times 21}\right)$$

$$= (136 + 13) \times 10^6 N \cdot mm = 149 kN \cdot m$$

$$Q_{mu} = \frac{2M_u}{h_0}$$

$$= \frac{149 \times 2}{1} = 298 kN$$

せん断終局強度

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{0.23} (Fc + 18)}{M/Qd + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} b (0.8D)$$

$$= \left\{ \frac{0.053 \times 0.34^{0.23} (21 + 18)}{1.11 + 0.12} + 0.85 \sqrt{0.98} + 0.1 \times 0.21 \right\} 500 \times (0.8 \times 500)$$

$$= (1.35 + 0.84 + 0.02) \times 200 \times 10^3 N \cdot mm = 441 kN$$

ただし、

$$p_t = \frac{a_t}{bD} = \frac{287 \times 3}{500 \times 500} = 0.34\%$$

$$p_w = \frac{a_w}{bS} = \frac{71 \times 2}{500 \times 100} = 0.28\%$$

$$p_w \sigma_{wy} = 0.0028 \times 344 = 0.98 N / mm^2$$

$$\sigma_0 = \frac{N}{bD} = \frac{52.1 \times 10^3}{500 \times 500} = 0.21 N / mm^2$$

$M/Qd \Rightarrow \dfrac{h_0/2}{d}$としてよい

$M/Qd = \dfrac{1/2}{0.5-0.05} = 1.11$

Qsu≧*Qmu* より曲げ柱　靭性指標 F=1　（h0/D≦2 なので）

b)　柱 X3-Y1

曲げ終局強度

$$M_u = 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5ND\left(1 - \frac{N}{bDF_c}\right)$$

$$= 0.8 \times (287 \times 3) \times 394 \times 500 + 0.5 \times (52 \times 10^3) \times 500 \times \left(1 - \frac{52 \times 10^3}{500 \times 500 \times 21}\right)$$

$$= (136 + 13) \times 10^6\, N \cdot mm = 149 kN \cdot m$$

$$Q_{mu} = \frac{2M_u}{h_0}$$

$$= \frac{149 \times 2}{2} = 149 kN$$

せん断終局強度

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{\,0.23} (Fc + 18)}{M/Qd + 0.12} + 0.85\sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} b(0.8D)$$

$$= \left\{ \frac{0.053 \times 0.34^{0.23} (21 + 18)}{2.22 + 0.12} + 0.85\sqrt{0.98} + 0.1 \times 0.21 \right\} 500 \times (0.8 \times 500)$$

$$= (0.71 + 0.84 + 0.02) \times 200 \times 10^3\, N \cdot mm = 314 kN$$

Qsu≧*Qmu* より曲げ柱

終局塑性率 $\mu = 10\left(\dfrac{Q_{su}}{Q_{mu}} - 1\right) = 10\left(\dfrac{314}{149} - 1\right) = 11.1 \Rightarrow 5$ （上限）

靭性指標 $F = \dfrac{\sqrt{2\mu - 1}}{0.75(1 + 0.05\mu)} = 3.2$

同様に他の柱も計算する。

c)　耐震壁 X2 通 Y2〜Y3

曲げ終局強度

$$M_u = a_t \sigma_y L_w + 0.5\sum\left(a_w \sigma_{wy}\right) L_w + 0.5 N L_w$$
$$= (287\times 8)\times 394\times 5000 + 0.5\times(71\times 30\times 344)\times 5000 + 0.5\times 416.7\times 10^3\times 5000$$
$$= (4988 + 2020 + 1146)\times 10^6\, N\cdot mm = 8154 kN\cdot m$$

$$Q_{mu} = \frac{2M_u}{h_w}$$
$$= \frac{8154\times 2}{2.5} = 6523 kN$$

せん断終局強度

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 {p_t}^{0.23}(Fc+18)}{M/Qd + 0.12} + 0.85\sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} b(0.8D)$$
$$= \left\{ \frac{0.053\times 0.20^{0.23}(21+18)}{1+0.12} + 0.85\sqrt{0.76} + 0.1\times 0.39 \right\} 214\times(0.8\times 5500)$$
$$= (1.27 + 0.74 + 0.04)\times 942\times 10^3\, N\cdot mm = 1931 kN$$

ただし、

$$b_e = \frac{500\times 500\times 2 + 150\times 4500}{5500} = 214$$
$$p_t = \frac{a_t}{b_e L_w} = \frac{287\times 8}{214\times 5500} = 0.20\%$$
$$p_w = \frac{a_w}{b_e S} = \frac{71\times 2}{214\times 300} = 0.22\%$$
$$p_w \sigma_{wy} = 0.0028\times 344 = 0.76 N/mm^2$$
$$\sigma_0 = \frac{N}{bD} = \frac{461.7\times 10^3}{214\times 5500} = 0.39 N/mm^2$$

Qmu≧*Qsu* よりせん断壁　靭性指標 F=1

各部材の強度と F 値をまとめると

	終局強度とF値			
	Qu(kN)	破壊モード	μ	F値
X1-Y1	298	曲げ	4.83	1.00
X1-Y2	322	曲げ	3.80	1.00
X1-Y3	322	曲げ	3.80	1.00
X1-Y4	298	曲げ	4.83	1.00
X2-Y1	161	曲げ	5.00	3.20
X2-Y4	161	曲げ	5.00	3.20
X3-Y1	149	曲げ	5.00	3.20
X3-Y2	161	曲げ	5.00	3.20
X3-Y3	161	曲げ	5.00	3.20
X3-Y4	149	曲げ	5.00	3.20

	終局強度とF値			
	Qu(kN)	破壊モード	Qsu/Qmu	F値
X2-Y2～Y3	1931	せん断	0.85	1.00

(3)　保有性能基本指標 E_0

第 1 グループ（F=1, 曲げ柱、せん断壁）

$$Q_u = 298\times2+322\times2+1776=3016kN$$

$$C_1=\frac{Q_u}{\sum W}=\frac{3016}{1250}=2.41$$

第 2 グループ

$$Q_u = 161\times4+149\times2=942kN$$

$$C_2=\frac{Q_u}{\sum W}=\frac{942}{1250}=0.75$$

(4)式による E_0

$$E_0=\frac{n+1}{n+i}\sqrt{(C_1\times F_1)^2+(C_2\times F_2)^2}=\frac{6+1}{6+6}\sqrt{(2.41\times1)^2+(0.75\times3.2)^2}=1.98$$

(5)式による E_0

$$E_0=\frac{n+1}{n+i}(C_1+\alpha_2C_2)\times F_1=\frac{6+1}{6+6}\times(2.41+0.7\times0.75)=1.71$$

極脆性柱がないので、大きいほうを採用し、E_0 =1.98

よって、構造耐震指標 Is 値は、

$$Is=E_0\cdot S_D\cdot T=1.98\times1\times1=1.98$$