

構造設計Ⅲ

第14回 限界耐力計算法(2) 安全限界地震力

1

静的荷重増分解析

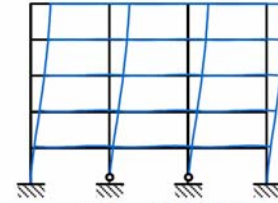


図4 損傷限界

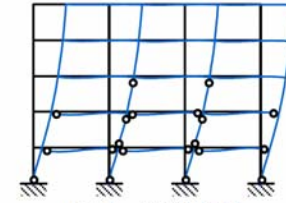
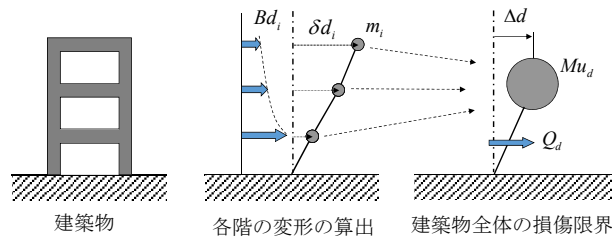


図5 安全限界

2

多質点を1質点へ (レベル1の設計)



$$Mu_d = \frac{(\sum m_i \delta d_i)^2}{\sum m_i \delta d_i^2}$$

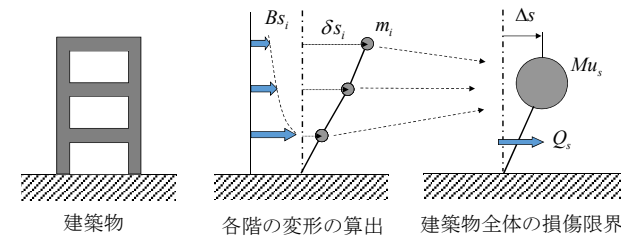
$$\Delta d = \frac{\sum m_i \delta d_i^2}{\sum m_i \delta d_i}$$

固有周期 T_d の算出

$$T_d = 2\pi \sqrt{Mu_d \frac{\Delta d}{Q_d}}$$

3

多質点を1質点へ (レベル2の設計)



$$Mu_s = \frac{(\sum m_i \delta s_i)^2}{\sum m_i \delta s_i^2}$$

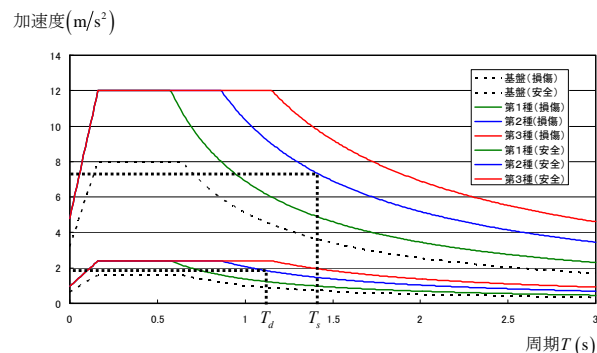
$$\Delta s = \frac{\sum m_i \delta s_i^2}{\sum m_i \delta s_i}$$

固有周期 T_s の算出

$$T_s = 2\pi \sqrt{Mu_s \frac{\Delta s}{Q_s}}$$

4

加速度応答スペクトル



5

損傷限界時の地震力

損傷限界 固有周期 T_d (s)	1次設計(損傷限界時)
	損傷限界時の地震力 Pd_i (kN)
$T_d < 0.16$	$(0.64 + 6T_d) \cdot Z \cdot G_S \cdot Bd_i \cdot m_i$
$0.16 \leq T_d < 0.64$	$1.6 \cdot Z \cdot G_S \cdot Bd_i \cdot m_i$
$0.64 \leq T_d$	$(1.024/T_d) \cdot Z \cdot G_S \cdot Bd_i \cdot m_i$

Pd_i : 各階に作用する力 (kN) Z : 地域係数
 m_i : 各階質量 (固定+積載+積雪荷重) G_S : 地盤増幅係数
 Bd_i : 各階の加速度分布

6

安全限界時の地震力

安全限界 固有周期 T_s (s)	2次設計(安全限界時)
	安全限界時の地震力 Ps_i (kN)
$T_s < 0.16$	$(3.2 + 30T_s) \cdot Z \cdot G_S \cdot Bs_i \cdot Fh \cdot m_i$
$0.16 \leq T_s < 0.64$	$8 \cdot Z \cdot G_S \cdot Bs_i \cdot Fh \cdot m_i$
$0.64 \leq T_s$	$(5.12/T_s) \cdot Z \cdot G_S \cdot Bs_i \cdot Fh \cdot m_i$

Ps_i : 各階に作用する力 (kN) Fh : 減衰による加速度低減率
 m_i : 各階質量 Z : 地域係数
 Bs_i : 各階の加速度分布 G_S : 地盤増幅係数

7

損傷限界固有周期 T_d

$$T_d = 2\pi \sqrt{Mu_d \frac{\Delta d}{Q_d}}$$

T_d : 建築物の損傷限界固有周期 (単位 秒[s])
 Mu_d : 建築物の有効質量 (単位 トン[t])
 Q_d : 建築物の損傷限界耐力 (単位 kN)
 Δd : 建築物の代表変位 (単位 m)

8

建築物の有効質量 Mu_d

$$Mu_d = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \delta d_i \right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \delta d_i^2}$$

m_i : 第 i 階の質量 (単位 t)

δd_i : 次式の水平力 Pd_i が作用しているときに
生ずる第 i 階の基礎からの変位 (単位 m)

$$Pd_i = \frac{Bd_i m_i}{\sum_{j=1}^N Bd_j m_j} \cdot Q_d \quad \rightarrow \quad \text{基本的には、Ai分布の外力により、静的荷重増分解析を行えばよい。}$$

9

建築物の損傷限界耐力 Q_d

Q_d は次式の損傷限界耐力の各階の 1 階せん断力係数換算値 qd_i のうち最小の値に、建築物の全重量を乗じた値

$$qd_i = \frac{Q_d}{\frac{\sum_{j=i}^N Bd_j \cdot m_j}{\sum_{j=1}^N Bd_j \cdot m_j} \cdot \sum_{j=1}^N m_j \cdot g}$$

qd_i : 第 i 階の損傷限界耐力の 1 階せん断力係数換算値

Q_d : 第 i 階の損傷限界耐力 (単位 kN)

Bd_i : 第 i 階における加速度分布係数

10

建築物の代表変位 Δd

$$\Delta d = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \delta d_i^2}{\sum_{i=1}^N m_i \delta d_i}$$

m_i : 第 i 階の質量 (単位 t)

δd_i : 次式の水平力 Pd_i が作用しているときに
生ずる第 i 階の基礎からの変位 (単位 m)

11

加速度の分布係数 Bd_i

$$Bd_i = pq \frac{Mu_d}{\sum_{j=1}^N m_j} \cdot bd_i$$

Mu_d : 建築物の有効質量 (単位 トン[t])

12

A_i と bd_i の関係

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \frac{2T}{1+3T} \quad \alpha_i = \frac{\sum_{j=i}^N W_j}{\sum_{j=1}^N W_j} = \frac{\sum_{j=i}^N W_j}{W}$$

$$P_i = Q_i - Q_{i+1} = A_i \sum_{j=i}^N W_j - A_{i+1} \sum_{j=i+1}^N W_j = A_i \alpha_i W - A_{i+1} \alpha_{i+1} W$$

$$= \left\{ 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \frac{2T}{1+3T} \right\} \alpha_i W - \left\{ 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_{i+1}}} - \alpha_{i+1} \right) \frac{2T}{1+3T} \right\} \alpha_{i+1} W$$

$$= (\alpha_i W - \alpha_{i+1} W) + \frac{2T}{1+3T} W \left\{ \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \alpha_i - \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_{i+1}}} - \alpha_{i+1} \right) \alpha_{i+1} \right\}$$

$$= W_i + \left(\sqrt{\alpha_i} - \sqrt{\alpha_{i+1}} - \alpha_i^2 + \alpha_{i+1}^2 \right) \frac{2T}{1+3T} W$$

$$bd_i = \frac{P_i}{W_i} = 1 + \left(\sqrt{\alpha_i} - \sqrt{\alpha_{i+1}} - \alpha_i^2 + \alpha_{i+1}^2 \right) \frac{2T}{1+3T} \frac{W}{W_i}$$

13

	$T_d \leq 0.16$	$T_d > 0.16$
1階	$p = 1.00 - \frac{0.20}{0.16} T_d$	$p = 0.80$
2階	$p = 1.00 - \frac{0.15}{0.16} T_d$	$p = 0.85$
3階	$p = 1.00 - \frac{0.10}{0.16} T_d$	$p = 0.90$
4階	$p = 1.00 - \frac{0.05}{0.16} T_d$	$p = 0.95$
5階以上	$p = 1.00$	$p = 1.00$

有効質量比	0.75未満	$q = 0.75 \left(\frac{\sum_{j=1}^N m_j}{Mu_d} \right)$
	0.75以上	$q = 1.0$

14