

ข้อ 1 อาคาร 3 ชั้นในรูปข้างล่างนี้ และโครงสร้างมีคุณสมบัติดังนี้

$$m = \begin{pmatrix} 100000 & 0 & 0 \\ 0 & 150000 & 0 \\ 0 & 0 & 150000 \end{pmatrix} \quad (kg)$$

$$k = \begin{pmatrix} 3000000 & -3000000 & 0 \\ -3000000 & 6000000 & -3000000 \\ 0 & -3000000 & 9000000 \end{pmatrix} \quad (N/m)$$

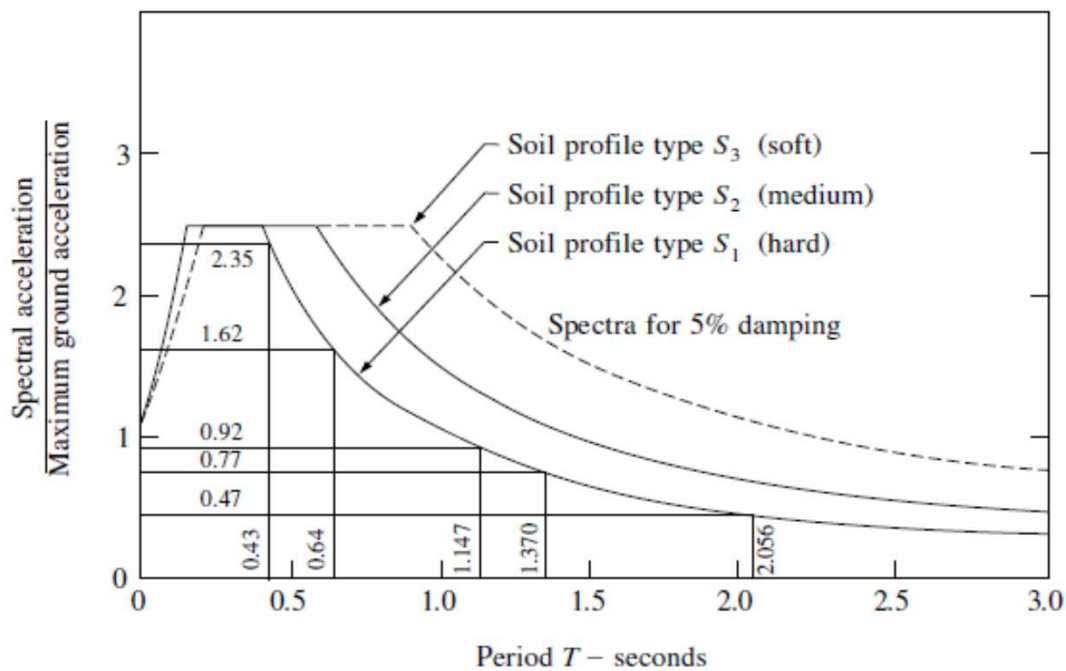
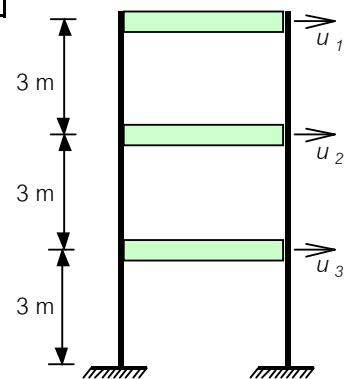
$$\Phi = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0.776 & -0.551 & -1.558 \\ 0.291 & -0.820 & 1.861 \end{pmatrix}$$

$$\omega = \begin{pmatrix} 2.592 \\ 6.822 \\ 8.760 \end{pmatrix} \quad (rad/s)$$

ให้วิเคราะห์ผลของแรงแผ่นดินไหวที่มี Response spectra เป็นไปตามรูปด้านข้าง และมีค่า Peak ground acceleration = 0.15g (ξ ของทุก Mode = 5%)

และดินในบริเวณนั้นเป็นดินอ่อน โดยต้องการทราบ

- Modal response (Max. disp., max. shear ที่ทุกระดับชั้นของอาคาร)
- Max. base moment
- ประมาณค่า response ที่มากที่สุดที่ได้จาก ก. (ใช้วิธี root-sum-square)

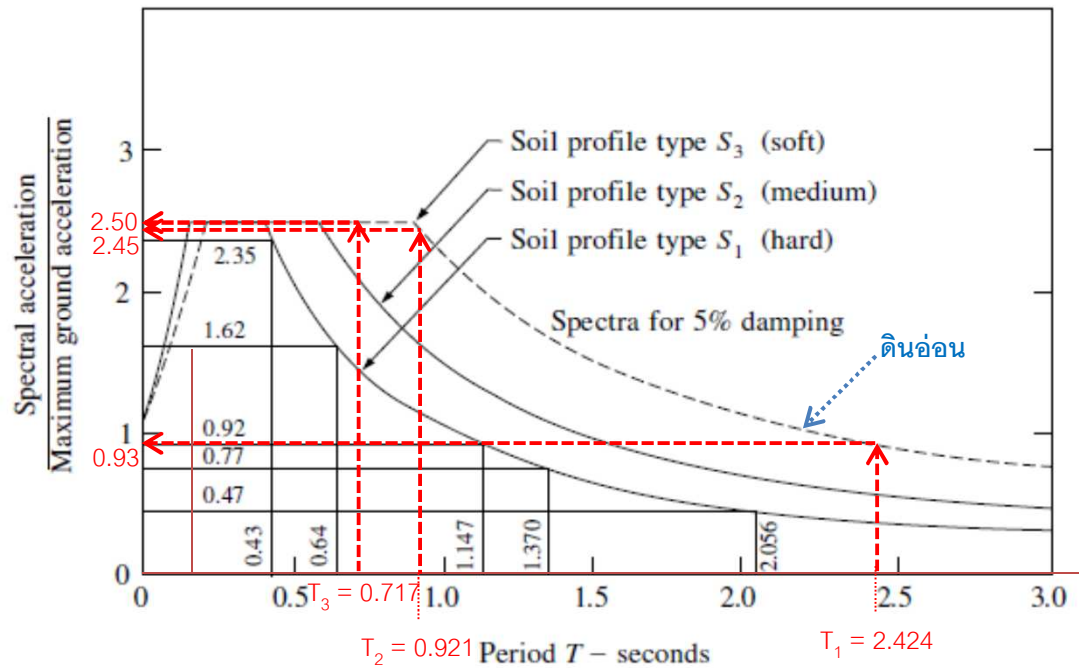


1. อ่านค่า S_v จาก Response spectrum

$$T_1 = 2.424 \text{ s} \rightarrow S_{pa,1} = 0.93 \times 0.15 \times 10 = 1.40 \text{ m/s}^2$$

$$T_2 = 0.921 \text{ s} \rightarrow S_{pa,2} = 2.45 \times 0.15 \times 10 = 3.68 \text{ m/s}^2$$

$$T_3 = 0.717 \text{ s} \rightarrow S_{pa,3} = 2.50 \times 0.15 \times 10 = 3.75 \text{ m/s}^2$$



2. คำนวณค่า Maximum displacement

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0.776 & -0.551 & -1.558 \\ 0.291 & -0.820 & 1.861 \end{bmatrix}$$

$$I = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

จาก $\mathcal{L}_n = \Phi_n^T \cdot m \cdot I$
ได้ $\mathcal{L}_1 = 260050$
 $\mathcal{L}_2 = -105650$
 $\mathcal{L}_3 = 145450$

จาก $v_{n, \max} = \Phi_n \cdot \mathcal{L}_n \cdot S_{pa,n} / (M_n \cdot \omega_n^2)$ โดย $M_n = \Phi_n^T \cdot m \cdot \Phi_n$

$M_1 = 203029 \text{ kg}$
 $M_2 = 246400 \text{ kg}$
 $M_3 = 983603 \text{ kg}$

$$v_{1, \max} = \begin{bmatrix} 0.2660 \\ 0.2064 \\ 0.0774 \end{bmatrix} \text{ m}$$

$$v_{2, \max} = \begin{bmatrix} -0.0339 \\ 0.0187 \\ 0.0278 \end{bmatrix} \text{ m}$$

$$v_{3, \max} = \begin{bmatrix} 0.0072 \\ -0.0113 \\ 0.0134 \end{bmatrix} \text{ m}$$

ตอบ ก

Max. displacement $\rightarrow v_{\text{RSS-max}} = \begin{bmatrix} 0.2682 \\ 0.2075 \\ 0.0833 \end{bmatrix} \text{ m}$

ตอบ ก

3. คำนวณค่าแรงเฉือนในเสาที่ระดับชั้นต่างๆ

แรงที่ระดับชั้นต่างๆ $f_{sn, \max} = m \cdot \Phi_n \cdot \mathcal{L}_n \cdot S_{pa,n} / M_n$

$$f_{s1, \max} = \begin{bmatrix} 178679 \\ 207983 \\ 77993 \end{bmatrix} \text{ N}$$

$$f_{s2, \max} = \begin{bmatrix} -1074973 \\ 888465 \\ 1322217 \end{bmatrix} \text{ N}$$

$$f_{s3, \max} = \begin{bmatrix} 55453 \\ -129594 \\ 154797 \end{bmatrix} \text{ N}$$

แรงเฉือนที่ระดับชั้นต่างๆ หาได้จากการรวมค่าแรงที่ชั้นนั้นและชั้นที่สูงกว่า

เช่น $V_{1, \max}$ ที่ระดับชั้น 2 = $178679 + 207983 = 386662 \text{ N}$

$$V_{1, \max} = \begin{bmatrix} 178679 \\ 386662 \\ 464655 \end{bmatrix} \text{ N}$$

$$V_{1, \max} = \begin{bmatrix} -1074973 \\ -186508 \\ 1135709 \end{bmatrix} \text{ N}$$

$$V_{1, \max} = \begin{bmatrix} 55453 \\ -74141 \\ 80656 \end{bmatrix} \text{ N}$$

ตอบ ก

$$\text{Max. base shear --> } V_{\text{RSS-max}} = \begin{bmatrix} 1091132 \\ 435648 \\ 1229734 \end{bmatrix} \text{ N}$$

ตอบ ก

4. คำนวณค่าโมเมนต์ดัดเฉือนในเสาที่ฐาน (ให้แต่ละชั้นสูง 3 m)

$$M_{1, \max} = 3089988 \text{ kN-m} \quad (=178679 \times 9 + 207983 \times 6 + 77993 \times 3)$$

$$M_{2, \max} = -377316 \text{ kN-m} \quad (= -1074973 \times 9 + 888465 \times 6 + 1322217 \times 3)$$

$$M_{3, \max} = 185906 \text{ kN-m} \quad (=55453 \times 9 + -129594 \times 6 + 154797 \times 3)$$

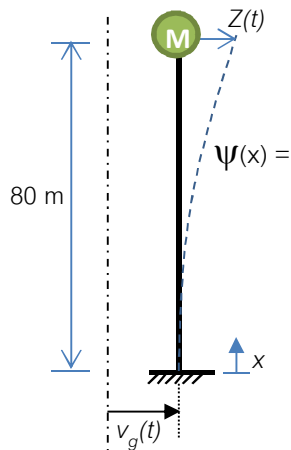
ตอบ ก

$$M_{\text{RSS-max}} = 3118486 \text{ kN-m}$$

ตอบ ข

ข้อ 2

จงวิเคราะห์เสาสูงข้างล่างนี้ โดยเสาได้รับผลจากแผ่นดินไหวที่มี Response spectra ตามที่แสดงในข้อ 1 และมีค่า Peak acceleration = 0.4g (ดินเป็นดินแข็ง)



ต้องการหา

ก) การเคลื่อนที่ ที่จุดยอด

ข) แรงเฉือน และโมเมนต์ที่ฐาน

ค) การเคลื่อนที่ ที่ความสูง 40 เมตรจากฐาน

คุณสมบัติของโครงสร้าง

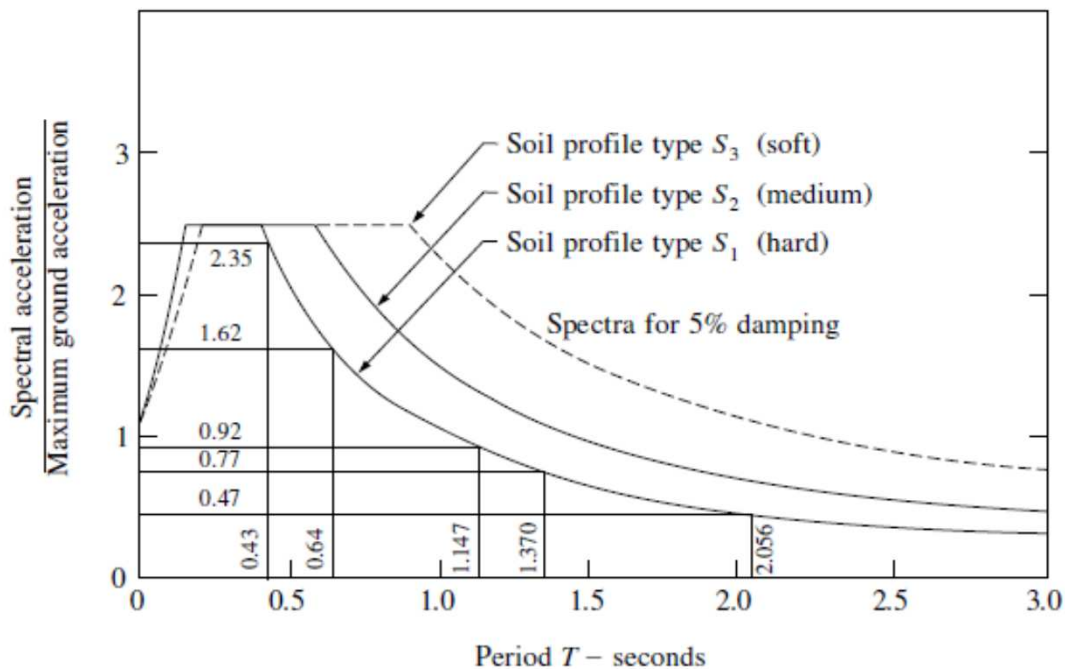
$$M = 120 \text{ kg/m}$$

$$m = 60 \text{ kg/m}$$

$$EI = 4.00E+07 \text{ kN/m}^2$$

$$\xi = 5 \%$$

$$L = 80 \text{ m}$$



รูปที่ 1 Response Spectra

1. คำนวณค่า Generalized properties

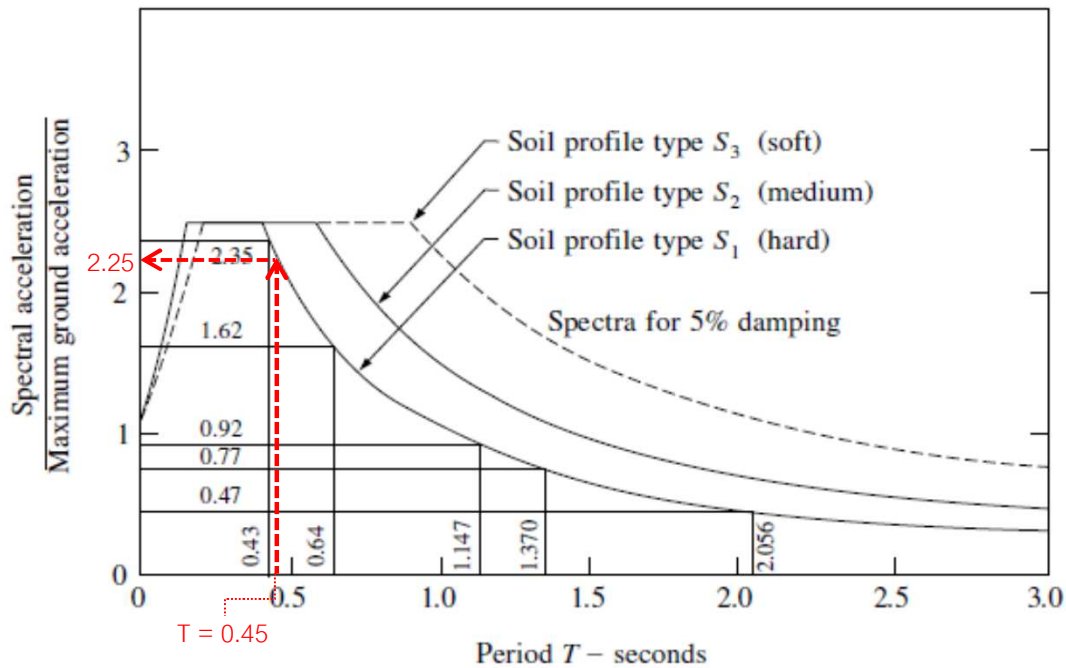
$$m^* = \int_0^L m(x) [\psi(x)]^2 dx + \sum m_i \psi_i^2 + \sum \psi_i'^2 = 1208 \text{ kg}$$

$$k^* = \int_0^L k(x) [\psi(x)]^2 dx + \int_0^L EI(x) [\psi''(x)]^2 dx + \sum k_i \psi_i^2 = 237815 \text{ N/m}$$

$$\mathcal{L} = \int_0^L m(x) \psi(x) dx = 1864 \text{ kg}$$

2. คำนวณคุณสมบัติการสั่น

$$\omega = \sqrt{k^* / m^*} = 14.03 \text{ Rad/s} \quad T = 2\pi / \omega = 0.45 \text{ sec}$$



3. หาค่า S_{pa} จาก Response spectra ได้ $S_{pa} = 2.25 \times 0.4 \times 10 = 9.00$

4. หาค่า Z_{MAX} (การเคลื่อนที่ซึ่งมากที่สุด ที่จุดยอด) จาก

$$Z_{max} = \frac{L \cdot S_{pa}}{m^* \cdot \omega^2} = 0.071 \text{ m} \quad \text{ตอบ ก}$$

5. หาค่าแรงเฉือนที่ฐาน จาก

$$V_{0,max} = \frac{L^2 \cdot S_{pa}}{m^*} = 25883 \text{ N} \quad \text{ตอบ ข}$$

หาค่าโมเมนต์ที่ฐาน จาก

$$M_{0,max} = \frac{L \cdot S_{pa}}{m^*} \int_0^L m(x) \cdot \psi(x) \cdot x \cdot dx = 1565653 \text{ N-m}$$

6. หาการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง

$$u_{max} = \psi(x) \cdot Z_{max} = 0.071 \cdot (1 - \cos(\frac{\pi x}{160}))$$

ที่ความสูง 40 m จากฐาน:

$$x = 40 \text{ m}; \quad u_{MAX} = 0.021 \text{ m} \quad \text{ตอบ ค}$$