
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

3rd. Semester Examination
2002/2003 Academic Session
Peperiksaan Semester Tambahan (KSCP)
Sidang Akademik 2002/2003

April 2003

EAS 563/4 – Kestabilan Dan Dinamik Struktur
EAS 563/4 – Structural Stability And Dynamics

Duration: 3 hours
Masa : 3 jam

Instructions to candidates:

1. Ensure that this paper contains **TEN (10)** printed pages included appendices.
1. Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi SEPULUH (10) muka surat bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.
2. This paper contains **FIVE (5)** questions. Answer **ALL (5)** questions.
2. Kertas ini mengandungi FIVE (5) soalan. Jawab KESEMUA (5) soalan sahaja.
3. All questions **CAN BE** answered in English or Bahasa Malaysia or combination of both languages.
4. Semua soalan boleh dijawab dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia ataupun kombinasi kedua-dua bahasa.
4. Write the answered question numbers on the cover sheet of the answer script.
5. Tuliskan nombor soalan yang dijawab di luar kulit buku jawapan anda.

1. (a) List two characteristics that distinguish structural dynamic problems from static ones.

(6 marks)

(a) *Senaraikan dua ciri yang membezakan masalah struktur dinamik daripada masalah statik.*

(6 markah)

(b) Define D'Alembert's Principle.

(4 marks)

(b) *Takrifkan Prinsip D'Alembert.*

(4 markah)

(c) The weight W of the girder in the building frame shown in Figure 1 below has been estimated to be about 900kN. A jack has been used to displace the girder horizontally by an amount of 35mm. The jacking force is then released and the frame is allowed to vibrate freely. The maximum displacement on the return swing is 20mm at time 0.6s. Determine:

- (i) the lateral spring stiffness k for each of the column
- (ii) the damping ratio ζ

(10 marks)

(c) *Berat W galang dalam struktur bangunan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1 telah dianggarkan sebagai lebih kurang 900kN. Satu jack telah digunakan untuk menganjakkan galang tersebut dalam arah ufuk sebanyak 35mm. Daya jack kemudiannya dilepaskan dan kerangka bangunan dibenarkan bergetar secara bebas. Anjakan maksima dalam buaian kembali adalah 20mm pada masa 0.6s. Tentukan :*

- (i) *kekukuhan pegas lintang k untuk setiap tiang*
- (ii) *nisbah redaman ζ*

(10 markah)

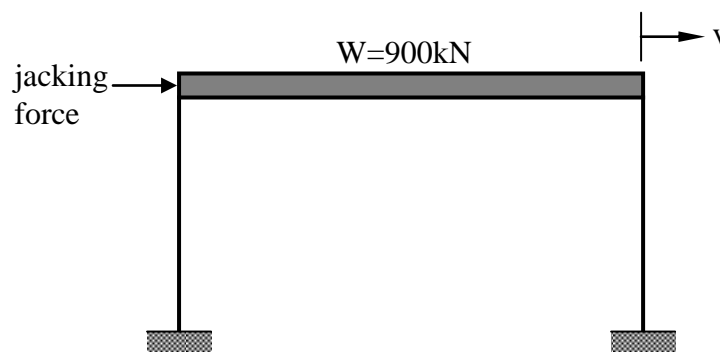


Figure 1

2. (a) Figure 2 shows a system subjected to a step force with finite rise time. Displacement response in constant phase is given by the following equation:

constant phase :

$$v(t) = v_0 \left\{ 1 + \frac{1}{\omega t_r} [A \sin(\omega(t - t_r) + \alpha)] \right\}$$

$$A = \sqrt{(1 - \cos \omega t_r)^2 + (\sin \omega t_r)^2} \quad , \quad \tan \alpha = -\frac{\sin \omega t_r}{(1 - \cos \omega t_r)}$$

where ω : natural circular frequency of the system and v_0 : static displacement due to p_0 . Show that v_{max}/v_0 depends only on the ratio t_r/T_n where v_{max} : maximum response and T_n : natural period of vibration. A plot of $R_d (= v_{max}/v_0)$ versus t_r/T_n is shown in Figure 3. Comment on the effect of ratio t_r/T_n on R_d .

(12 marks)

- (a) Rajah 2 menunjukkan satu sistem yang dikenakan satu daya langkah dengan masa naik yang terhingga. Sambutan anjakan dalam fasa malar diberi oleh persamaan berikut :

fasa malar :

$$v(t) = v_0 \left\{ 1 + \frac{1}{\omega t_r} [A \sin(\omega(t - t_r) + \alpha)] \right\}$$

$$A = \sqrt{(1 - \cos \omega t_r)^2 + (\sin \omega t_r)^2} \quad , \quad \tan \alpha = -\frac{\sin \omega t_r}{(1 - \cos \omega t_r)}$$

di mana ω : frekuensi bulatan tabii sistem dan v_0 : anjakan statik disebabkan oleh p_0 . Tunjukkan bahawa v_{max}/v_0 bergantung hanya ke atas nisbah t_r/T_n di mana v_{max} : sambutan maksimum dan T_n : kala tabii getaran. Satu plot $R_d (= v_{max}/v_0)$ lawan nisbah t_r/T_n ditunjukkan dalam Rajah 3. Beri ulasan tentang kesan nisbah t_r/T_n ke atas R_d .

(12 markah)

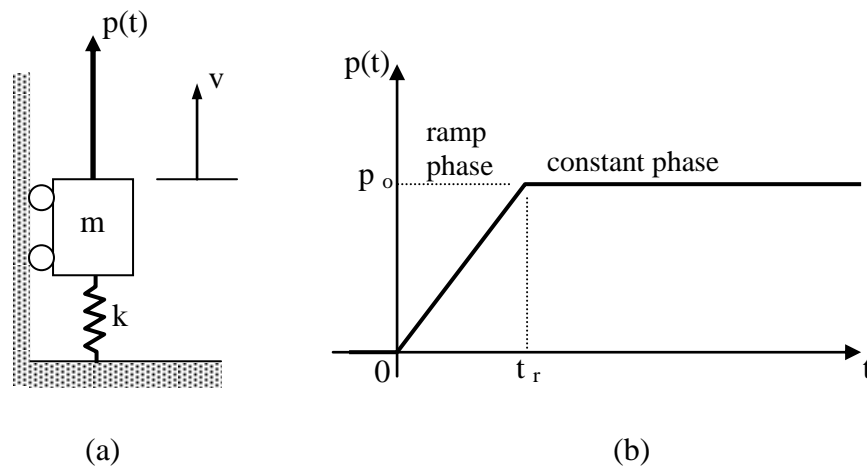


Figure 2

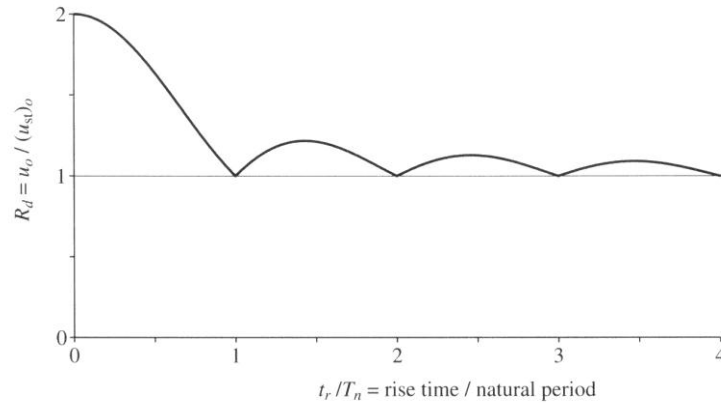


Figure 3

- (b) The water tower as shown in Figure 4 weighs 600kN when filled with water. It is observed that a horizontal jack force of 30kN is required to displace the tower top by a distance of 20mm. By considering the water tower as an SDOF system, estimate the maximum shear force due to each of the two dynamic force as shown in Figure 5 without carrying out any “exact” dynamic analysis. Instead, use the observations obtained from part 2(a) above.

(8 marks)

- (b) Menara air yang ditunjukkan dalam Rajah 4 mempunyai berat 600kN apabila penuh dengan air. Diberi bahawa satu daya ufuk sebesar 30kN diperlukan untuk menganjakkkan bahagian atas menara air sebanyak 20mm. Dengan menganggap menara air tersebut sebagai satu sistem SDOF, anggarkan daya ricih maksimum yang disebabkan oleh setiap satu daya dinamik seperti yang diberi dalam Rajah 5 tanpa menjalankan sebarang analisis dinamik “sebenar”. Guna kesimpulan yang diperolehi daripada bahagian 2(a) di atas.

(8 markah)

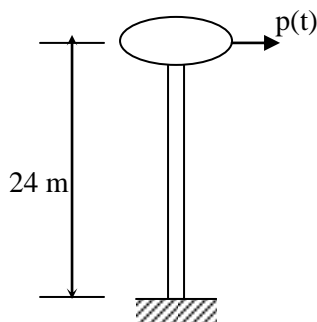
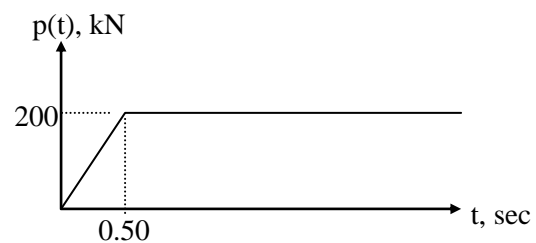
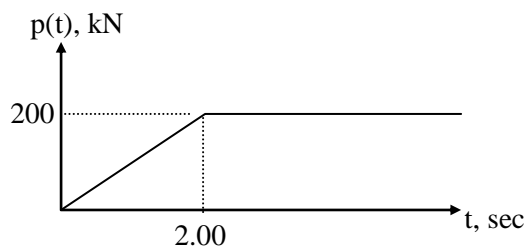


Figure 4



(i)



(ii)

Figure 5

3. (a) Response due to an arbitrary impulsive loading could be divided into two phases, namely Phase I and Phase II, as shown in Figure 6. Write down the general equation representing the displacement response in each phase and describe clearly how constants in the equations are determined. Explain clearly all symbols used.

(8 marks)

- (a) *Sambutan di bawah tindakan beban denyutan sembarangan boleh dibahagikan kepada dua fasa, Fasa I dan Fasa II, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6. Tuliskan persamaan umum untuk sambutan anjakan dalam setiap fasa dan terangkan dengan jelas cara pemalar dalam persamaan yang berkaitan ditentukan. Terangkan dengan jelas semua simbol yang diguna.*

(8 markah)

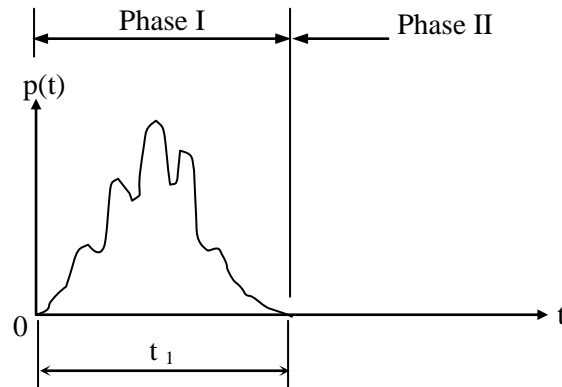


Figure 6

- (b) Figure 7 shows a building frame which is subjected to a load due to blasting. The blast load can be modeled as a triangular impulsive load as shown in Figure 8. By making use of the shock spectra shown in Figure 9, determine the maximum shear and bending moment developed in the frame.

(12 marks)

- (b) Rajah 7 menunjukkan satu kerangka bangunan yang ditindak oleh beban akibat satu letupan. Beban akibat letupan berkenaan boleh dimodel dengan satu denyutan segitiga seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8. Dengan menggunakan spektra kejutan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 9, tentukan daya ricih dan momen lentur maksimum yang terhasil dalam kerangka. (12 markah)

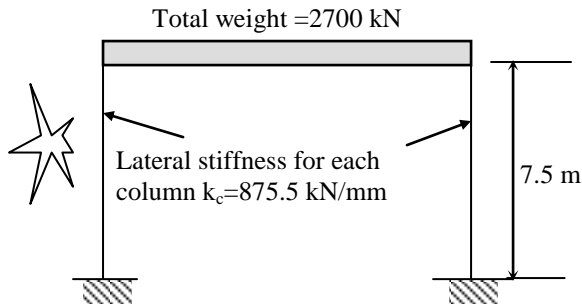


Figure 7

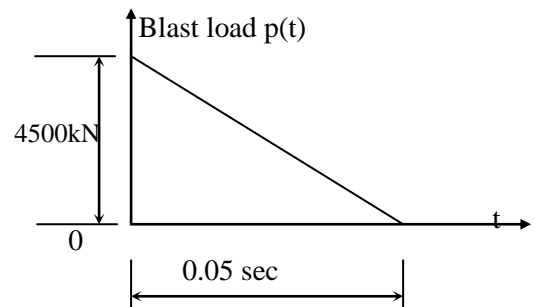


Figure 8

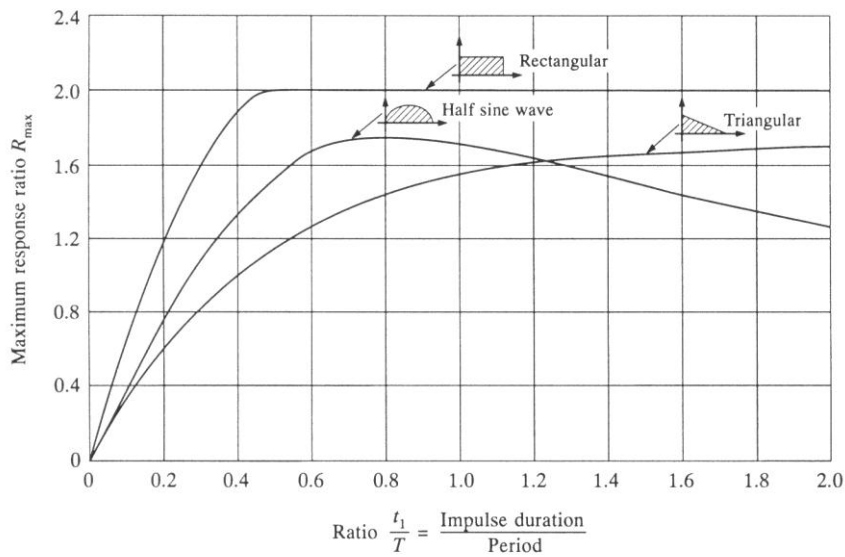


Figure 9

4. (a) Explain the concepts of stable, unstable and neutral equilibrium by using the example of a straight column pinned at both ends.

(8 marks)

- (a) *Dengan menggunakan contoh satu tiang lurus yang berhujung jenis sendi-sendi yang dibebani daya paksi, terangkan konsep keseimbangan stabil, tidak stabil dan neutral.*

(8 markah)

- (b) Figure 10 shows a straight beam loaded with an axial load P that acts at an eccentricity of e from column axis. Derive the following equation which relates deflection δ at column mid-height and P/P_E ratio; where P_E : Euler buckling load ($=\pi^2EI / L^2$) :

$$\delta = e \left[\sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_E}} \right) - 1 \right]$$

Sketch the graph of P/P_E versus δ for a series of e values in increasing order and comment on the behaviour of column under the action of axial load with eccentricity.

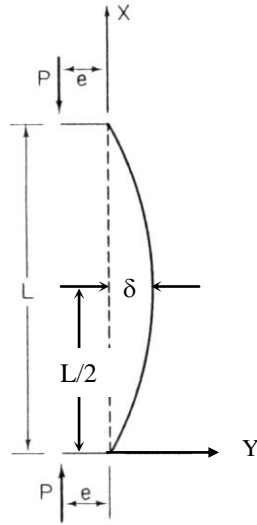
(12 marks)

- (b) *Rajah 10 menunjukkan satu tiang lurus yang dikenakan beban paksi P yang bertindak pada kesipian e dari paksi tengah tiang. Terbitkan persamaan berikut yang mengkaitkan pesongan pada pertengahan tiang δ dan nisbah P/P_E di mana P_E : beban lengkukan Euler ($=\pi^2EI/L^2$) :*

$$\delta = e \left[\sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_E}} \right) - 1 \right]$$

Lakarkan graf P/P_E melawan δ untuk satu siri nilai e yang bertambah besar dan beri ulasan tentang plot tersebut dari segi kelakuan tiang yang dikenakan beban paksi dengan kesipian.

(12 markah)



5. (a) Show by using the fourth order differential equation for beam-column that the effective length L_e of the column shown in Figure 11 is L . (10 marks)

- (a) Tunjukkan bahawa panjang berkesan L_e untuk tiang dalam Rajah 11 adalah L dengan menggunakan persamaan pembezaan empat tingkat untuk rasuk-tiang. (10 markah)

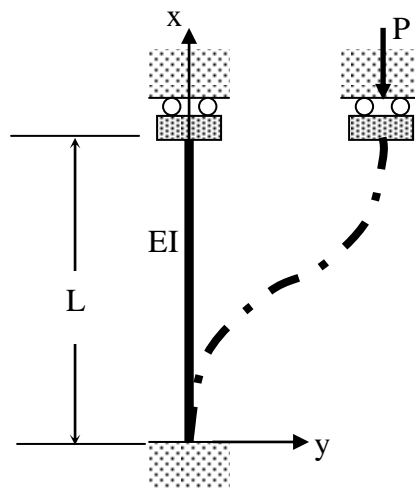


Figure 11

- (b) Figure 12 shows a simple two-member frame. A load of P acts at end B of vertical member AB. Obtain the expression for effective length L_e of member AB by using the equation for a column elastically restrained at both end as given below:

$$(1 - \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_1 \lambda_2 \Phi^2) \Phi \sin \Phi + (2 + \lambda_1 \Phi^2 + \lambda_2 \Phi^2) \cos \Phi - 2 = 0$$

where; $\lambda_1 = EI/(\alpha_1 L)$,

$\lambda_2 = EI/(\alpha_2 L)$,

$\Phi = kL$, $k^2 = P/EI$,

EI : flexural rigidity,

L : length of column,

α_1 : rotational stiffness for end 1 and

α_2 : rotational stiffness for end 2.

(10 marks)

- (b) Rajah 12 menunjukkan satu kerangka mudah dengan dua anggota. Satu beban P bertindak pada hujung B anggota menegak AB. Dapatkan panjang berkesan L_e untuk anggota AB dengan menggunakan persamaan untuk satu tiang yang putarannya dikekang secara anjal pada kedua hujung seperti berikut :

$$(1 - \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_1 \lambda_2 \Phi^2) \Phi \sin \Phi + (2 + \lambda_1 \Phi^2 + \lambda_2 \Phi^2) \cos \Phi - 2 = 0$$

iaitu; $\lambda_1 = EI/(\alpha_1 L)$,

$\lambda_2 = EI/(\alpha_2 L)$, $\Phi = kL$,

$k^2 = P/EI$,

EI : ketegaran lenturan, L : panjang tiang,

α_1 : kekukuhan putaran untuk hujung 1 dan

α_2 : kekukuhan putaran untuk hujung 2.

(10 markah)

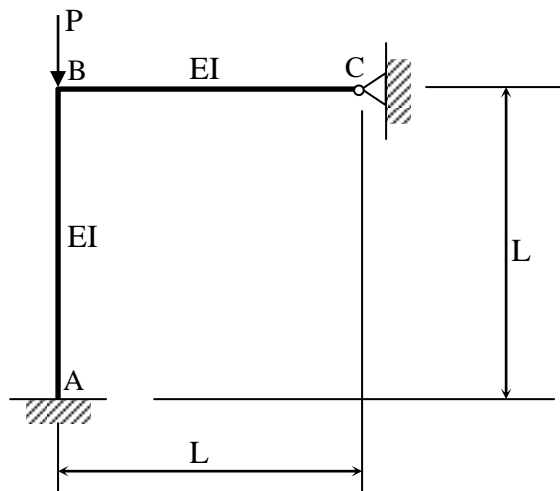


Figure 12

APPENDIX

(a) General solution for a fourth order differential equation $y^{iv} + k^2 y^{ii} = 0$ is as follows:

$$y = C_1 \sin kx + C_2 \cos kx + C_3 x + C_4$$

where $y^{iv} = d^4 y/dx^4$ and $y^{ii} = d^2 y/dx^2$.

(b) Slope deflection equations for a beam member without relative end translation and in-span lateral load:

$$M_{AB} = 2 \frac{EI}{L} (2\theta_A + \theta_B)$$

$$M_{BA} = 2 \frac{EI}{L} (\theta_A + 2\theta_B)$$

