

SULIT



Second Semester Examination
2017/2018 Academic Session

May/June 2018

**EAS456 – Advanced Structural Analysis
(Analisis Struktur Lanjutan)**

Duration : 2 hours
(Masa : 2 jam)

Please check that this examination paper consists of **TEN (10)** pages of printed material including appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH (10)** muka surat yang bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions: This paper contains **THREE (3)** questions. Answer **ALL** questions

*[**Arahan:** Kertas ini mengandungi **TIGA (3)** soalan. Jawab **SEMUA** soalan.]*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

...2/-

SULIT

1. (a). Formulate the equation of motion for a portal frame subjected to earthquake ground motion as shown in **Figure 1**.

*Terbitkan persamaan gerakan untuk kerangka portal yang dikenakan gerakan gempa bumi seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**.*

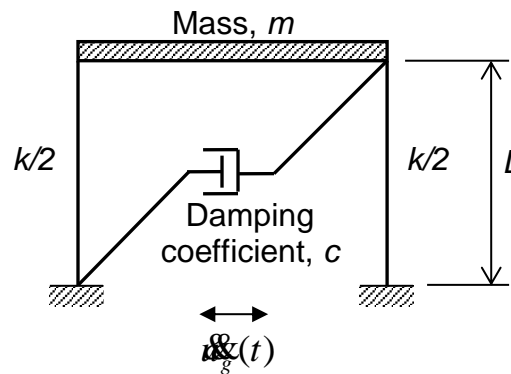


Figure 1/Rajah 1

[5 marks/markah]

- (b). The portal frame as shown in **Figure 1** is set into free vibration with the initial displacement of 30 mm and initial velocity of 10 cm/s. Each column of the portal frame has a cross-sectional area of 250 mm \times 250 mm and the length of the column is 3.6 m. Given that a force of $24EI/L^3$ at the roof causes a unit displacement at the roof and E is 200 GPa. Determine:

*Kerangka portal seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1** dijadikan dalam getaran bebas dengan anjakan awal sebanyak 30 mm dan halaju awal 10 cm/s. Setiap tiang mempunyai luas keratan 250 mm \times 250 mm dan panjang tiang ialah 3.6 m. Diberikan daya $24EI/L^3$ di bumbung kerangka akan menghasilkan satu unit anjakan di bumbung dan nilai E ialah 200 GPa. Tentukan:*

- (i). the mass of portal frame if the natural frequency of undamped vibration is 5 Hz,
jisim kerangka portal jika frekuensi tabii getaran tanpa peredaman kerangka portal ialah 5 Hz,
- (ii). the damping ratio and the damping coefficient, c if the amplitude of vibration decreases 30% on each three consecutive cycles of motion,
nisbah redaman dan pekali peredam, c jika amplitud getaran berkurangan 30% untuk setiap tiga kitaran berturutan,
- (iii). the logarithmic decrement,
susutan logaritma,
- (iv). the damped natural cyclic frequency,
frekuensi berkitar tabii teredam,
- (v). the displacement and velocity at $t = 3$ seconds.
anjakan dan halaju pada masa $t = 3$ saat.

Sketch the displacement time-history for the first cycle of motion.
Lakarkan sejarah waktu anjakan untuk kitaran pertama pergerakan.

The displacement response of an underdamped single degree of freedom system under free vibration is given by
Sambutan anjakan sebuah sistem terkurang redam berdarjah kebebasan tunggal di bawah getaran bebas ialah

$$u(t) = e^{-\xi\omega_n t} \left[u(0) \cos \omega_D t + \frac{\dot{u}(0) + \xi\omega_n u(0)}{\omega_D} \sin \omega_D t \right]$$

...4/-

where ξ is the damping ratio,

di mana ξ ialah nisbah redaman,

ω_n is the natural circular frequency of undamped system,

ω_n ialah frekuensi membulat tabii sistem tanpa peredaman,

ω_d is the natural circular frequency of damped system,

ω_d ialah frekuensi membulat tabii sistem teredam,

$u(0)$ is the initial displacement, and

$u(0)$ ialah anjakan permulaan, dan

$\dot{u}(0)$ is the initial velocity.

$\dot{u}(0)$ ialah halaju permulaan.

[24 marks/markah]

- (c). If only the mass of the portal frame is increased to 150% of the mass in part (b), what are the effects on the damped natural cyclic frequency of the portal frame and the displacement response? Sketch the displacement time-history on the same plot in part (b).

Jika hanya jisim kerangka portal ditambahkan ke 150% jisim di bahagian (b), apakah kesan terhadap frekuensi berkitar tabii teredam kerangka portal dan sambutan anjakan? Lakarkan sejarah waktu anjakan dalam plot yang sama di bahagian (b).

[6 marks/markah]

2. (a). For the two-node linear elastic prismatic bar element shown in **Figure 2**, show using Principle of Minimum Potential Energy that the stiffness equation is given as follows:

*Untuk elemen bar dua-nod anjal lurus prismatic seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2**, tunjukkan dengan menggunakan Prinsip Tenaga Keupayaan Minima bahawa persamaan kekakuan adalah seperti berikut:*

$$\begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{Bmatrix} = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}$$

where L : length, E : elastic modulus, A : cross-sectional area, $u_1(U_1)$, $u_2(U_2)$: nodal displacement (nodal force) at node 1 and 2, respectively.

di mana L : panjang, E : modulus keanjalan, A : luas keratan, $u_1(U_1)$, $u_2(U_2)$: anjakan nod (daya nod) masing-masing pada nod 1 dan nod 2.

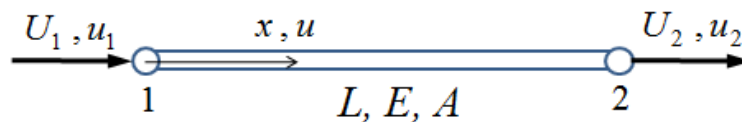


Figure 2/Rajah 2

[10 marks/markah]

- (b). Derive the global stiffness equation for the assembly of bar element as shown in **Figure 3** using finite element method. A load P acts on the rigid block. The resulting vertical displacement of the rigid block is Δ . Evaluate the expression for Δ if the middle top bar is removed.

Dengan menggunakan kaedah elemen terhingga, terbitkan persamaan kekukuhan global untuk pemasangan yang terdiri daripada elemen bar seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3**. Satu beban P bertindak ke atas blok tegar. Anjakan pugak blok tegar yang terhasil adalah Δ . Tentukan ungkapan anjakan pugak jika bar tengah atas dialihkan.

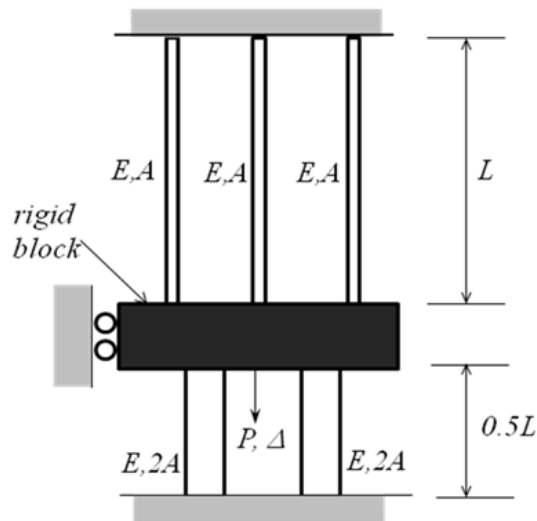


Figure 3/Rajah 3

[10 marks/markah]

- (c). **Figure 4** shows a step beam with moment of inertias of $2EI$ and EI for spans AB and BC , respectively. Both supports at A and C are fixed. A spring with spring constant 1000 kN/m is attached to the beam at joint B . A uniformly distributed load 15 kN/m acts along span BC . Use $EI=20 \times 10^3 \text{ kNm}^2$.

Rajah 4 menunjukkan satu rasuk pelbagai keratan dengan momen sifatekun $2EI$ untuk rentang AB dan EI untuk rentang BC . Penyokong pada A dan C adalah jenis tegar. Satu pegas dengan pemalar pegas 1000 kN/m disambung kepada rasuk pada sambungan B . Satu beban teragih seragam 15 kN/m bertindak di sepanjang rentang BC . Diberi bahawa $EI=20 \times 10^3 \text{ kNm}^2$.

...7/-

Using method of finite element analysis:

Dengan menggunakan kaedah analisa elemen terhingga:

(i). Assemble the structure stiffness matrix \mathbf{K} .

Bentukkan matrik kekakuan struktur \mathbf{K}

(ii). Obtain the global load vector \mathbf{F} .

Dapatkan vektor beban global \mathbf{F}

Use element connectivity data as given in **Table 1**.

*Gunakan maklumat sambungan elemen seperti yang diberikan dalam **Jadual 1**.*

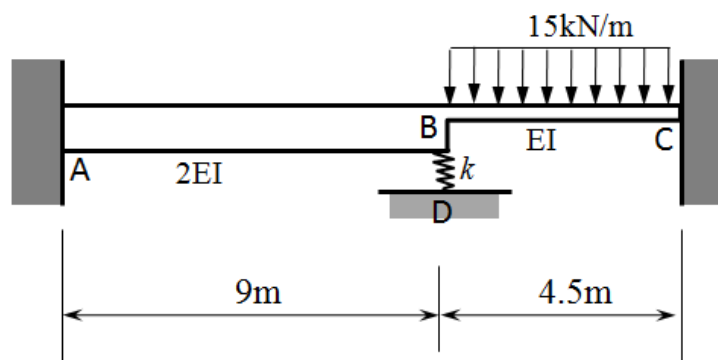


Figure 4/Rajah 4

Table 1/Jadual 1

Element	node i	node j
<1>	A	B
<2>	B	C
<3>	B	D

Determine the rotation at B if the support condition of the beam is modified as shown in **Figure 5** where the spring is removed and support B is changed to a roller support.

*Tentukan putaran pada penyokong B sekiranya keadaan penyokong rasuk diubahsuai seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 5** di mana pegas dialihkan dan penyokong B ditukar menjadi penyokong jenis pin,*

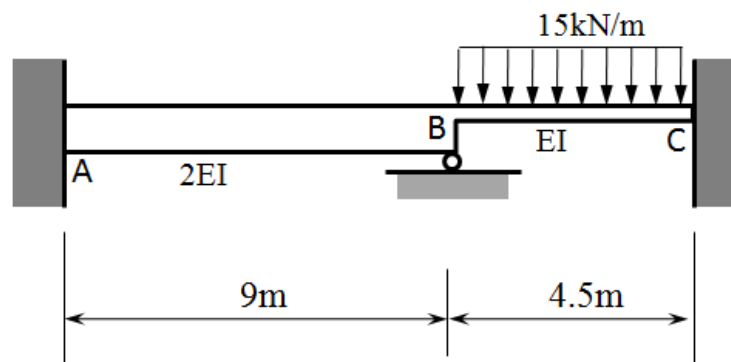


Figure 5/Rajah 5

[15 marks/markah]

3. (a). A ten storey RC building as shown in **Figure 6** is situated in Petaling Jaya with terrain category 2. Calculate the value of design wind pressure on the W (windward) surface at level 30 m. Design data can be extracted from MS1553 (2002).

*Sebuah bangunan konkrit bertetulang 10 tingkat di Petaling Jaya berada dalam kategori rupa bumi 2 seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 6**. Kira nilai tekanan angin rekabentuk di permukaan W (arah angin) pada ketinggian 30 m. Data rekabentuk boleh diperolehi dari MS1553 (2002).*

[14 marks/markah]

- (b). The building is also equipped with a signboard of 15 m x 2 m on the windward surface as shown in **Figure 6**. Assuming that it is a cladding element, calculate the maximum pressure experienced by the signboard.
- Bangunan tersebut juga dilengkapi dengan papan tanda berukuran 15 m x 2 m dalam arah angin, W seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 6**. Dengan menganggap ia sebagai elemen pelapis, kira nilai tekanan maksima yang dialami oleh papan tanda tersebut.*

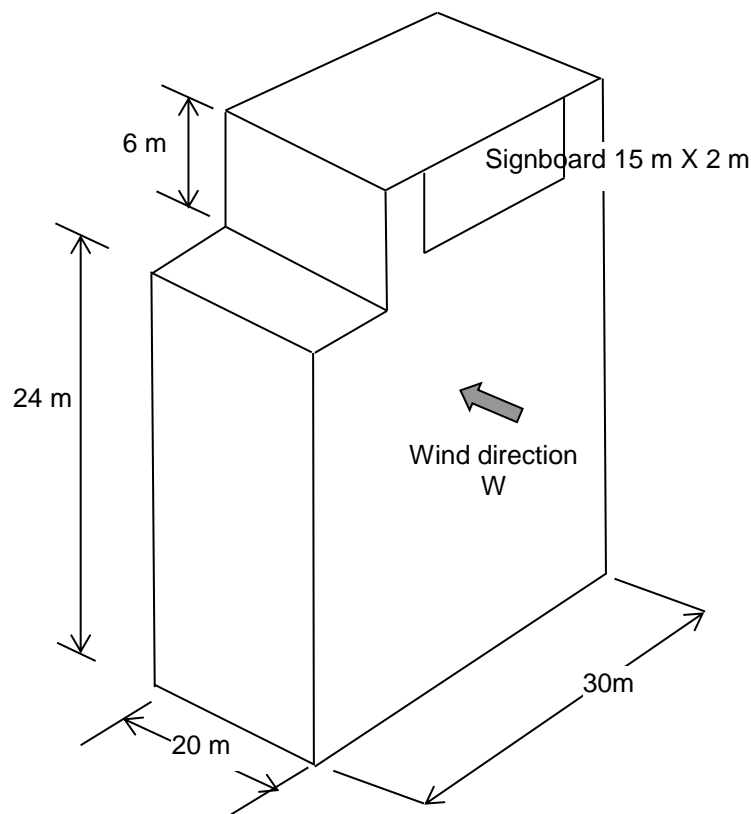


Figure 6/Rajah 6

[6 marks/markah]

- (c). Describe **THREE (3)** important roles of floor systems in a tall building design. Explain **THREE (3)** advantages of Braced Frame Structures and Infilled Frame Structures as structural form in a high-rise building.

*Nyatakan **TIGA (3)** peranan utama sistem papak dalam rekabentuk bangunan tinggi. Nyatakan **TIGA (3)** kelebihan sistem struktur kerangka terambat dan struktur kerangka pengisi.*

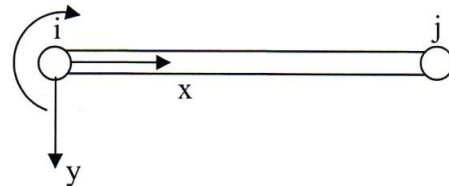
[10 marks/markah]

APPENDIX/LAMPIRAN

Appendix 1

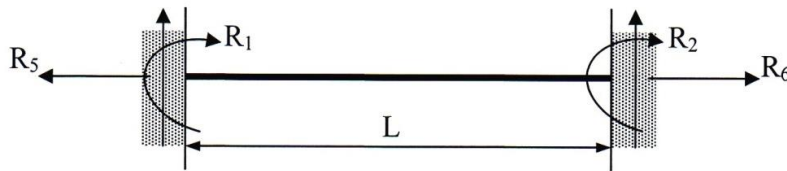
a. Element stiffness matrix of a beam element :

$$k = EI_z \begin{bmatrix} \frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} & -\frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} \\ -\frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} & \frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} \end{bmatrix}$$



where E : modulus of elasticity , I_z : moment of inertia of section with respect to z-axis (an axis pointing towards the plane of the paper) and L : length of element

b. Fixed end forces



Type of loading	Moments	Vertical forces	Horizontal forces
	$R_1 = -Pab^2/L^2$ $R_2 = -Pa^2b/L^2$	$R_3 = Pb(L^2 + ab - a^2)/L^3$ $R_4 = Pa(L^2 + ab - b^2)/L^3$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$
	$R_1 = -pL^2/12$ $R_2 = pL^2/12$	$R_3 = pL/2$ $R_4 = pL/2$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$

-oooOooo-