



UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2016/2017 Academic Session

June 2017

EAS454 – Advanced Structural Engineering
[Kejuruteraan Struktur Lanjutan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **SIXTEEN (16)** pages of printed material including appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **ENAM BELAS (16)** muka surat yang bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions : This paper consists of **SEVEN (7)** questions. Answer **FIVE (5)** questions.

*[**Arahan** : Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan.]*

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

All questions **MUST BE** answered on a new page.

*[Semua soalan **MESTILAH** dijawab pada muka surat baru.]*

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

[Sekiranya terdapat percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

1. [a] Define 'positive and negatives pressures' that may build around building due to wind loads .

Nyatakan definisi 'tekanan positif dan negatif' yang berkemungkinan akan terbentuk di sekeliling bangunan disebabkan oleh beban angin.

[4 marks/markah]

- [b] A ten storey RC building as shown in **Figure 1** is situated in Petaling Jaya with terrain category 2. Calculate the value of design wind pressure on the 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 1**. Kira nilai tekanan angin rekabentuk di permukaan arah angin di ketinggian 30 m. Data rekabentuk boleh diperolehi dari MS1553 (2002).*

[10 marks/markah]

- [c] The building is also equipped with a signboard of 15 m x 2 m on the windward surface as shown in **Figure 1**. Assume that the signboard is a cladding element, calculate the maximum pressure experienced by the signboard.

*Bangunan tersebut juga dilengkapi dengan papantanda berukuran 15 m x 2 m dalam arah angin seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**. Anggap papan tanda berkaitan sebagai elemen pelapis, kira nilai tekanan maksima yang dialami oleh papan tanda tersebut.*

[6 marks/markah]

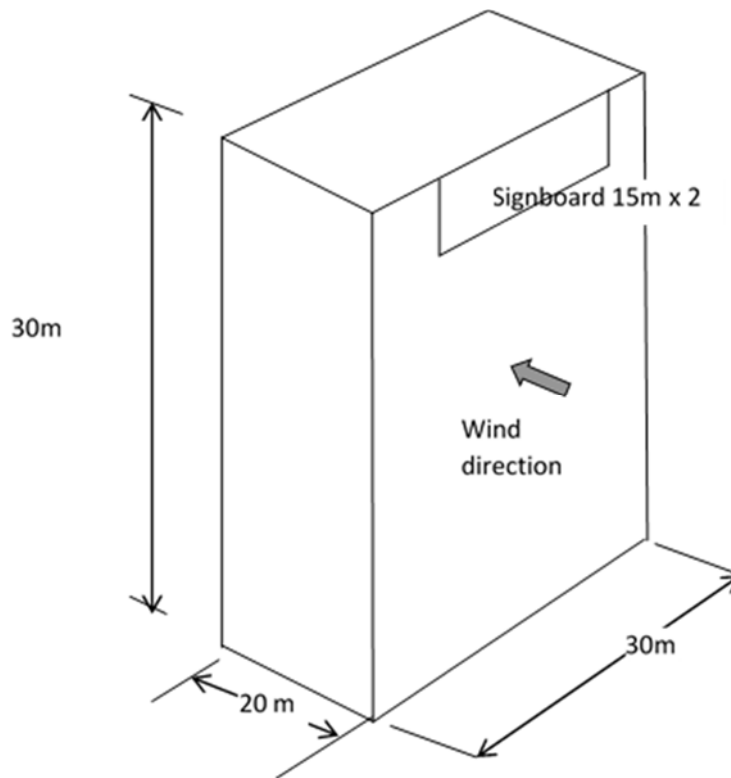


Figure 1/Rajah 1

2. [a] [i] Describe **THREE (3)** important roles of floor systems in a tall building design.

*Nyatakan **TIGA (3)** peranan utama sistem papak dalam rekabentuk bangunan tinggi.*

- [ii] Explain **THREE (3)** advantages of Braced Frame Structures and Infilled Frame Structures as structural form in a high-rise building.

*Nyatakan **TIGA (3)** kelebihan sistem struktur dinding kerangka dan struktur dinding ricih.*

[6 marks/markah]

- [b] **Figure 2** shows a continuous beam forming part of the rigid frames. Determine the maximum moment at each support and the maximum mid-span moments using two-cycle moment distribution method.

Rajah 2 menunjukkan satu rasuk selanjur yang membentuk sebahagian dari kerangka tegar. Tentukan nilai momen lentur maksima di setiap penyokong dan momen maksima di pertengahan rentang dengan menggunakan kaedah agihan momen dua kitaran.

[14 marks/markah]

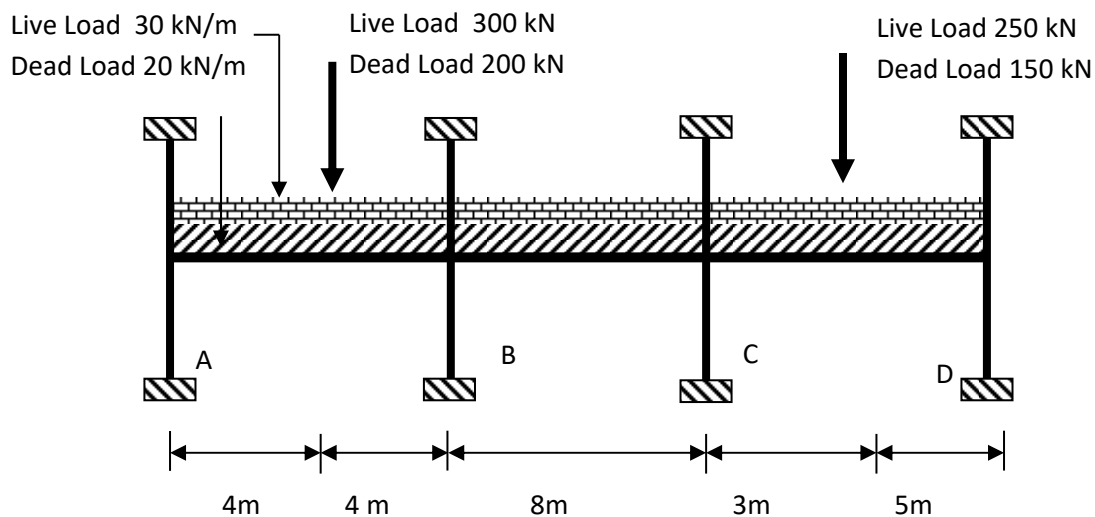


Figure 2/Rajah 2

3. [a] A two storey steel building was designed without considering the dynamic loading caused by machinery placed on the upper floor. During the operation of the factory, the building experiences excessive vibration. As a structural engineer, you are requested to assess the building. Explain the actions to be taken for structural assessment and measures to be proposed for vibration control.

Sebuah bangunan keluli dua tingkat telah direkabentuk tanpa mengambilkira beban dinamik daripada mesin yang terletak di tingkat atas. Semasa pengoperasian kilang berkenaan, bangunan mengalami gegaran yang berlebihan. Sebagai seorang jurutera struktur, anda diminta untuk menilai bangunan tersebut. Apakah tindakan yang perlu diambil dalam penilaian struktur dan langkah pengawalan gegaran yang akan dicadangkan.

[6 marks/markah]

- [b] A portal frame as shown in **Figure 3** is loaded with a uniformly distributed load of 5 kN/m. If each column has a cross-sectional area of 300 mm × 300 mm and the damping ratio of portal frame is 5 %, determine the natural frequency of the portal frame. Given that a force of $24EI/L^3$ at the roof causes a unit displacement at the roof and E is 20 GPa.

*Satu kerangka portal seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3** dibebankan dengan beban teragih seragam dengan 5 kN/m. Jika setiap tiang mempunyai luas keratan 300 mm × 300 mm dan nisbah peredaman kerangka portal sebanyak 5 %, tentukan frekuensi tabii kerangka portal tersebut. Diberi bahawa daya $24EI/L^3$ di bumbung kerangka akan menghasilkan satu unit anjakan di bumbung dan nilai E ialah 20 GPa.*

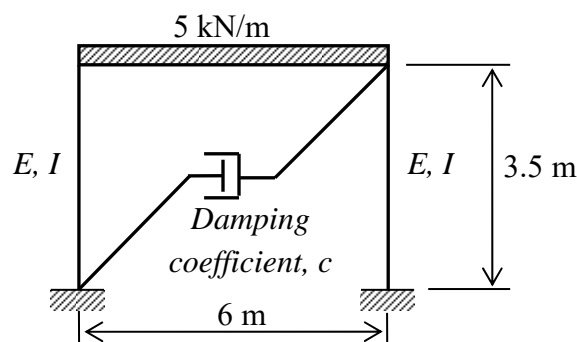


Figure 3/Rajah 3

[5 marks/markah]

- [c] If the portal frame in part (b) is set into free vibration with the initial displacement of 50 mm and initial velocity of 15 cm/s, determine:

Jika kerangka portal di bahagian (b) berada dalam gegaran bebas dengan anjakan awal sebanyak 50 mm dan halaju awal 15 cm/s, tentukan:

- [i] the natural period of undamped vibration,
kala tabii getaran tanpa peredaman,
- [ii] the damping coefficient, c ,
pemalar peredaman, c ,
- [iii] the logarithmic decrement,
susutan logaritma,
- [iv] the number of cycles required for the displacement amplitude to decrease to 10 mm, and
bilangan kitaran diperlukan untuk amplitud anjakan dikurangkan ke 10 mm, dan
- [v] the displacement and velocity at $t = 5$ seconds.
anjakan dan halaju pada masa $t = 5$ saat.

The displacement response of a damped single degree of freedom system under free vibration is given by

Sambutan anjakan sebuah sistem teredam darjah kebebasan tunggal di bawah gegaran bebas ialah

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

where ξ is the damping ratio,
di mana ξ ialah nisbah peredaman,

ω_n is the natural circular frequency of undamped system,
 ω_n ialah frekuensi membulat tabii sistem teredam,

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 awal, dan

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

[9 marks/markah]

4. [a] An earthquake which happened on 5 June 2015 has caused structural damage to buildings in Ranau. Explain **TWO (2)** possible causes of this damage and suggest **TWO (2)** solutions to mitigate earthquake risk in Malaysia.

Gempa bumi yang berlaku pada 5 Jun 2015 telah mengakibatkan kerosakan struktur bangunan di Ranau. Jelaskan DUA (2) sebab yang mungkin menyebabkan kerosakan ini dan cadangkan DUA (2) penyelesaian untuk mengurangkan risiko gempa bumi di Malaysia.

[6 marks/markah]

- [b] A 7-storey reinforced concrete ordinary moment resisting framed building as shown in **Figure 4** will be constructed on a piece of land having a surface wave magnitude greater than 5.5. The average shear wave velocity for the top 30 m of the ground is 200 m/s. The dead load of this residential building is 15 kN/m for the roof level and 25 kN/m for the floor level. The building is designed with medium ductility, 5 % damping and subjected to peak ground acceleration of 0.12 g.

*Sebuah bangunan berkerangka konkrit bertetulang terintang momen biasa seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 4** akan dibinakan di atas sebidang tanah dengan magnitud gelombang permukaan melebihi 5.5. Halaju ricih purata untuk 30 m tebal permukaan bumi ialah 200 m/s. Beban mati di tingkat bumbung ialah 15 kN/m dan di tingkat lantai lain ialah 25 kN/m untuk bangunan kediaman ini. Bangunan ini direkabentuk dengan kemuluran sederhana, 5 % peredaman dan dikenakan pecutan tanah puncak sebanyak 0.12 g.*

By using the lateral force method in EC8,

Dengan menggunakan kaedah daya ufuk dalam EC8,

- [i] determine the seismic base shear.

Tentukan ricih tapak seismik.

- [ii] distribute the seismic base shear over the height of the building and sketch the seismic loading acting on the building on a diagram.

Agihkan ricih tapak seismik ke seluruh ketinggian bangunan dan lakarkan beban gempa bumi yang dikenakan ke atas bangunan dalam satu gambarajah.

[11 marks/markah]

- [c] What is the seismic base shear if the lateral force resisting system of the building in part (b) is changed to reinforced concrete shear wall?

Apakah ricih tapak seismik jika sistem merintang beban sisi bangunan di bahagian (b) ditukar ke dinding ricih konkrit bertetulang?

[3 marks/markah]

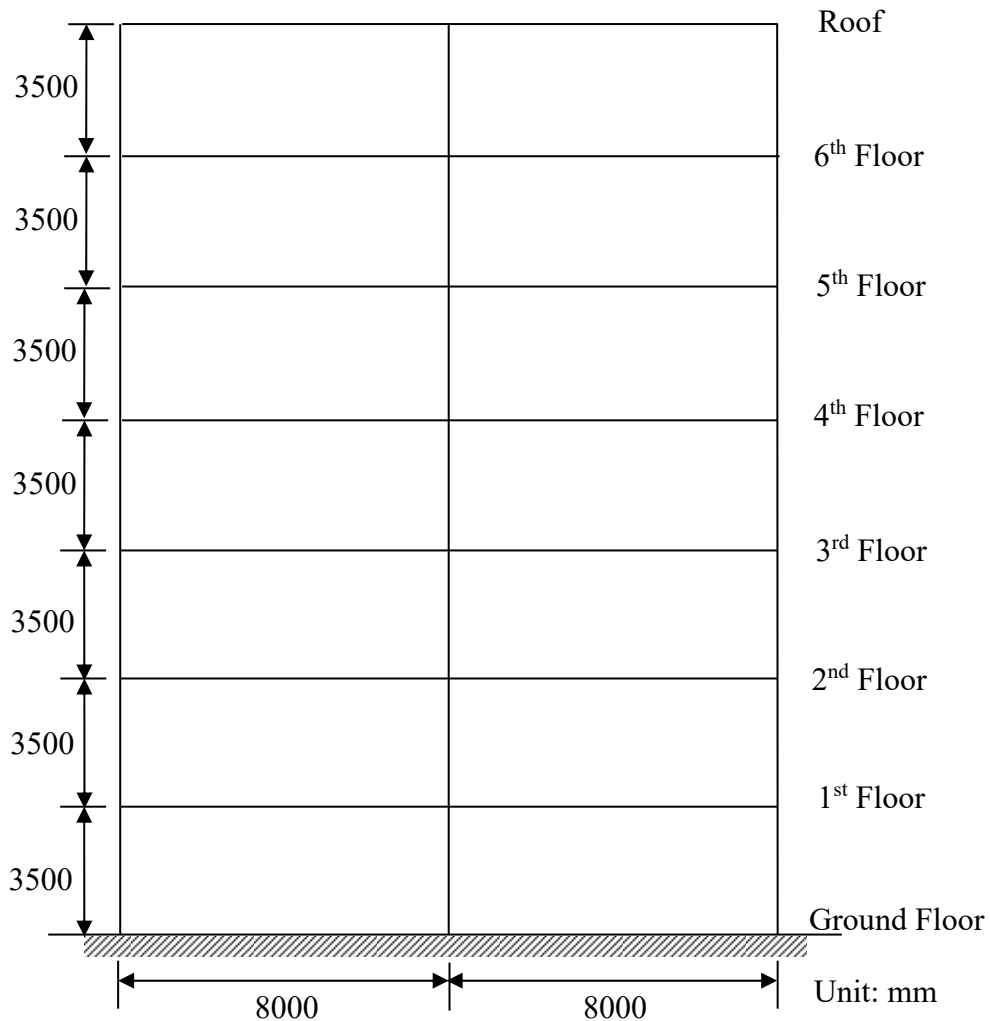


Figure 4/Rajah 4

5. An irregular shape of reinforced concrete slab is supporting an ultimate load as shown **Figure 5**. It is well known that yield line method is the most appropriate technique in analyzing the ultimate moment resistance. In this technique, a slab which is subjected to increasing load, cracking and reinforcement yield will first occur in the high stressed zone. Subsequently, plastic hinge will develop and the following loads will be spreaded out to the other regions of the slab. Recommend the yield line pattern and evaluate the ultimate moment resistance that would cause the reinforced concrete slab to collapse.

Sebuah lantai konkrit bertetulang yang tak sebetulnya menyokong beban muktamad seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 5**. Diketahui umum, kaedah garis alah adalah teknik yang paling sesuai untuk menganalisis beban rintangan muktamad. Dengan teknik ini, lantai yang dikenakan penambahan beban, keretakan dan alahan tetulang akan mula berlaku pada zon yang mempunyai tegasan yang tinggi. Selepas itu, engsel plastik terbentuk dan beban berikutnya akan terserak ke kawasan lain pada lantai. Cadangkan corak garis alah dan anggarkan momen rintangan muktamad yang boleh menyebabkan lantai konkrit bertetulang runtuh.

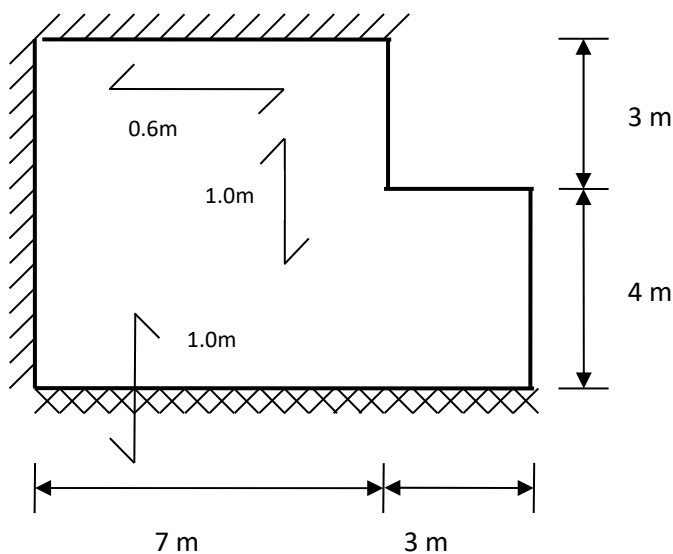


Figure 5/Rajah 5

[20 marks/markah]

6. [a] Derive the element stiffness matrices and global matrix for the three bars assembly which is loaded with force P , and constrained at the two ends in terms of E , A and L as shown in **Figure 6**.

Bentukkan matrik kekukuhan elemen dan matrik global untuk tiga elemen sambungan bar yang dikenakan daya P dan dikekang di kedua-dua hujung dalam sebutan E , A dan L seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 6**.

[5 marks/markah]

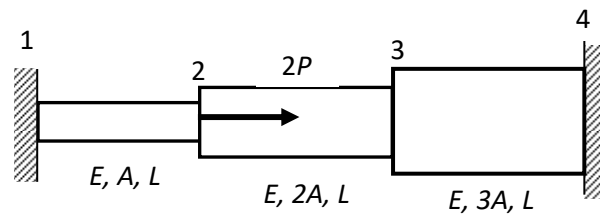


Figure 6/Rajah 6

- [b] **Figure 7** shows a system of two beams with end nodes labeled as node 1, 2 and node 2, 3, respectively and a spring labeled as node 3 and 4 subjected to a nodal force of $2P = 100$ kN at node 3. The beam is fixed at node 1, simply supported at node 2 and spring supported at node 3. The spring system can only displace in axial direction and is supported at node 4. It is given that the value of $k = 200$ kN/m, $L_1 = L_2 = 3$ m, $E = 210$ GPa and $I = 2 \times 10^{-4}$ m⁴.

Rajah 7 menunjukkan satu sistem yang terdiri daripada dua rasuk dengan nod hujung masing-masing dilabelkan sebagai nod 1, 2 dan nod 2, 3, . Elemen pegas dilabelkan sebagai nod 3 dan 4 dikenakan daya dinod bernilai $2P = 100$ kN di nod 3. Rasuk terikat di nod 1 dan disokong mudah di nod 2 dan disokong oleh pegas di nod 3. Sistem pegas hanya akan beranjak dalam arah paksi dan disokong di nod 4. Diberi nilai $k = 200$ kN/m, $L_1 = L_2 = 3$ m, $E = 210$ GPa dan $I = 2 \times 10^{-4}$ m⁴.

- i. Form the element stiffness matrix for the beam and the spring.
Bentuk matrik kekukuhan untuk elemen rasuk dan pegas
- ii. Derive the global stiffness matrix for the system.
Terbitkan matrik kekukuhan global untuk sistem tersebut.
- iii. Determine the deflection v_3 , θ_2 and θ_3 in unit metre and rad, respectively.
Tentukan jumlah anjakan v_3 , θ_2 dan θ_3 dalam unit meter dan radian.

- iv. What will be the new global stiffness matrix, if the vertical load at node 3 is reduced from $2P$ to P ?

Apakah perubahan yang akan berlaku kepada matrik kekakuan global untuk sistem tersebut, jika daya menegak di nod 3 dikurangkan dari $2P$ kepada P ?

[15 marks/markah]

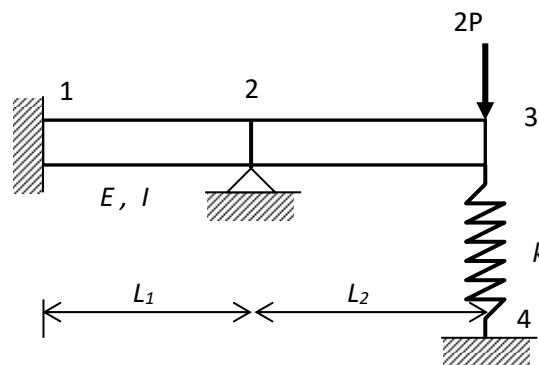


Figure 7 / Rajah 7

7. [a] Using the three basic relations in structural mechanics, derive the following equation for the prismatic bar shown in **Figure 8**:

*Dengan menggunakan tiga hubungan asas dalam mekanik struktur, terbitkan persamaan di bawah untuk masalah bar prismatic seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 8**:*

$$P = \frac{EA}{L} e$$

where L : length, E : elastic modulus, A : cross-sectional area, e : axial elongation of the bar and P : load acting at the free end of the bar.

dimana L :panjang, E :modulus keanjalan, A :luas keratan, e : pemanjangan paksi bar dan P :beban yang bertindak pada hujung bebas bar.

[4 marks/markah]

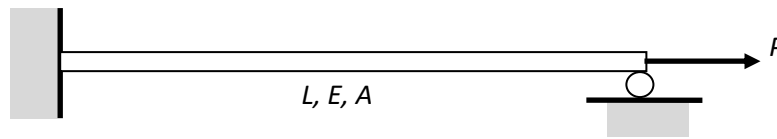


Figure 8/Rajah 8

- [b] **Figure 9** shows a stepped beam with moment of inertias of $2EI$ and EI for portions A-B and B-C, respectively. The beam is rigidly supported at both ends A and C. A spring with spring constant k is attached to the beam at joint B. The beam is loaded with a concentrated load P at a point $1.5L$ from support A and a uniformly distributed load w along portion B-C.

***Rajah 9** menunjukkan satu rasuk pelbagai keratan dengan momen sifatekun $2EI$ untuk bahagian A-B dan EI untuk bahagian B-C. Rasuk berkenaan dipegang tegar pada kedua-dua hujung A dan C. Satu pegas dengan pemalar pegas k disambung kepada rasuk pada sambungan B. Rasuk berkaitan dibebankan dengan satu beban tertumpu P pada jarak $1.5L$ dari hujung A dan satu beban teragih seragam w di sepanjang bahagian B-C.*

Using matrix method of analysis:

Dengan menggunakan kaedah matriks :

- [i] Assemble the structural stiffness matrix \mathbf{K} .

Bentukkan matrik kekukuhan 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**.

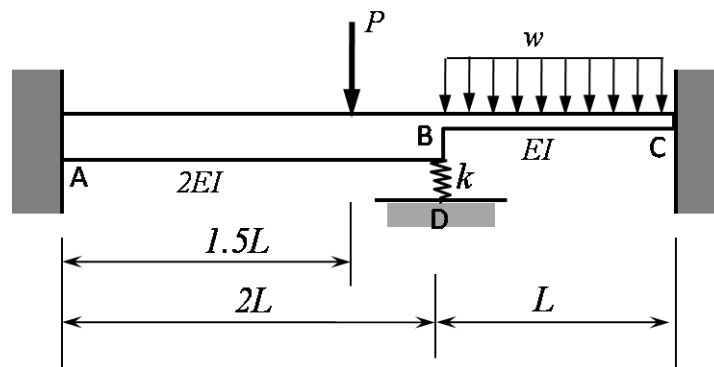


Figure 9/Rajah 9

Table 1/Jadual 1

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

If the changes as shown in **Figure 10** is made where joint B has been changed to a roller support and that an additional concentrated moment M acts at joint B, evaluate the reaction at support B. Use $L=4.5$ m, $P=50$ kN, $w=15$ kN/m, $M=25$ kNm, $EI=7.1 \times 10^6$ MNm².

Sekiranya perubahan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 10** dibuat di mana sambungan B ditukar kepada penyokong jenis rola dan satu momen tertumpu M bertindak pada sambungan B , kirakan daya tindakbalas pada penyokong B . Guna $L=4.5\text{ m}$, $P=50\text{ kN}$, $w=15\text{ kN/m}$, $M=25\text{ kNm}$, $EI=7.1\times 10^6\text{ MNm}^2$.

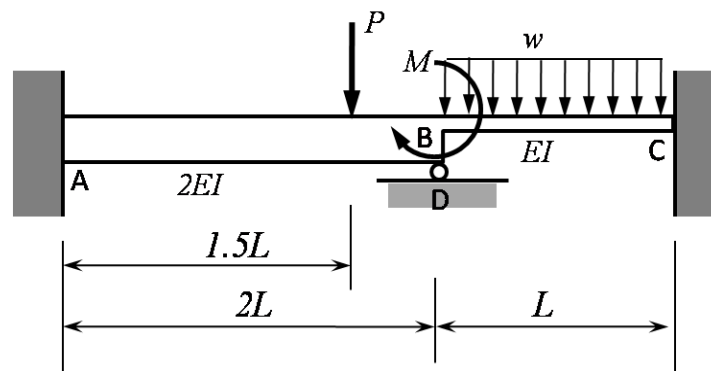
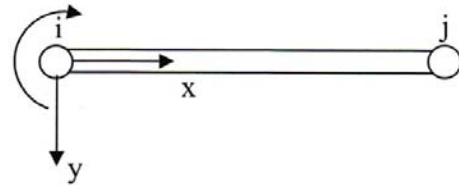


Figure 10/Rajah 10

[16 marks/markah]

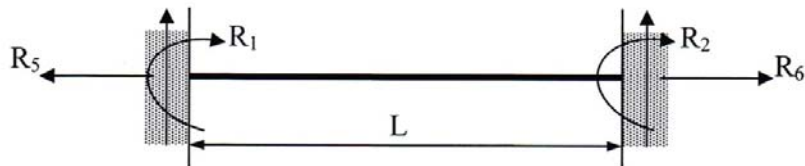
a. Element stiffness matrix of a beam element :

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



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
	$R_1 = -Pab^2/L^2$ $R_2 = -Pa^2b/L^2$	$R_3 = Pb(L^2 + ab - a^2)/L^3$ $R_4 = Pa(L^2 + ab - b^2)/L^3$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$
	$R_1 = -pL^2/12$ $R_2 = pL^2/12$	$R_3 = pL/2$ $R_4 = pL/2$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$