UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2000/01

September/Oktober 2000

EAS 551/4 – Analisis Struktur Lanjutan

Masa : [3 jam]

Arahan Kepada Calon:-

1. Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH (10)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

2. Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan sahaja. Markah hanya akan dikira bagi **LIMA (5)** jawapan **PERTAMA** yang dimasukkan di dalam buku mengikut susunan dan bukannya **LIMA (5)** jawapan terbaik.

3. Semua soalan mempunyai markah yang sama.

4. Semua jawapan **MESTILAH** dimulakan pada muka surat yang baru.

5. Semua soalan **MESTILAH** dijawab dalam Bahasa Malaysia.

6. Tuliskan nombor soalan yang dijawab di luar kulit buku jawapan anda.

1. (a) Teori keanjalan adalah teori yang digunakan untuk masalah-masalah ubahbentuk badan-badan yang dianggap sebagai **anjal sempurna**. Terangkan erti badan yang **anjal sempurna**. Namakan **tiga persamaan asas** dalam teori keanjalan.

(4 markah)

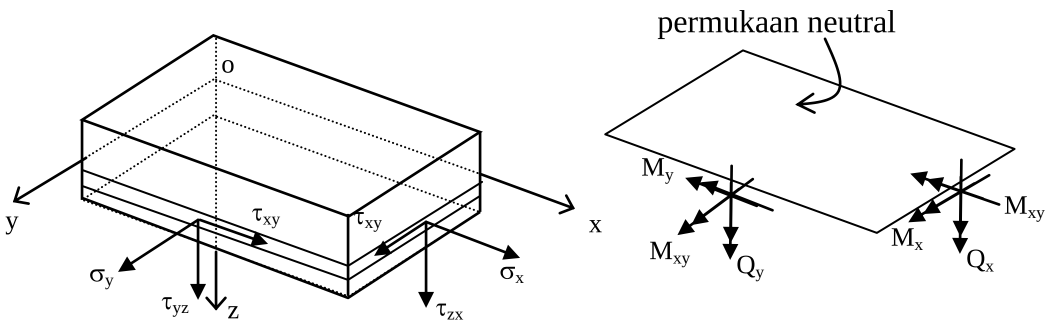
(b) Hubungan di antara momen paduan M_x, M_y dan M_{xy} dan tegasan σ_x, σ_y dan τ_{xy} dalam satu plat adalah seperti berikut (lihat Rajah 1) :

$$M_x = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_x dz$$

$$M_y = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_y dz$$

$$M_{xy} = \int_{-h/2}^{h/2} \tau_{xy} dz$$

di mana h : tebal plat (malar)



Rajah 1

Diberi

i. hubungan antara tegasan dan terikan untuk satu plat isotropik, homogen dan anjal :

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E}$$

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

di mana

ε_x, ε_y, γ_{xy} : terikan dalam plat
E : modulus Young
G : modulus keanjalan ricih ($=E/2(1+\nu)$)
ν : nisbah Poisson

dan

ii. Hubungan antara terikan di satu titik pada jarak z dari permukaan neutral dan anjakan untuk satu plat dalam teori Kirchhoff :

$$\varepsilon_x = -z\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$

$$\varepsilon_y = -z\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$$

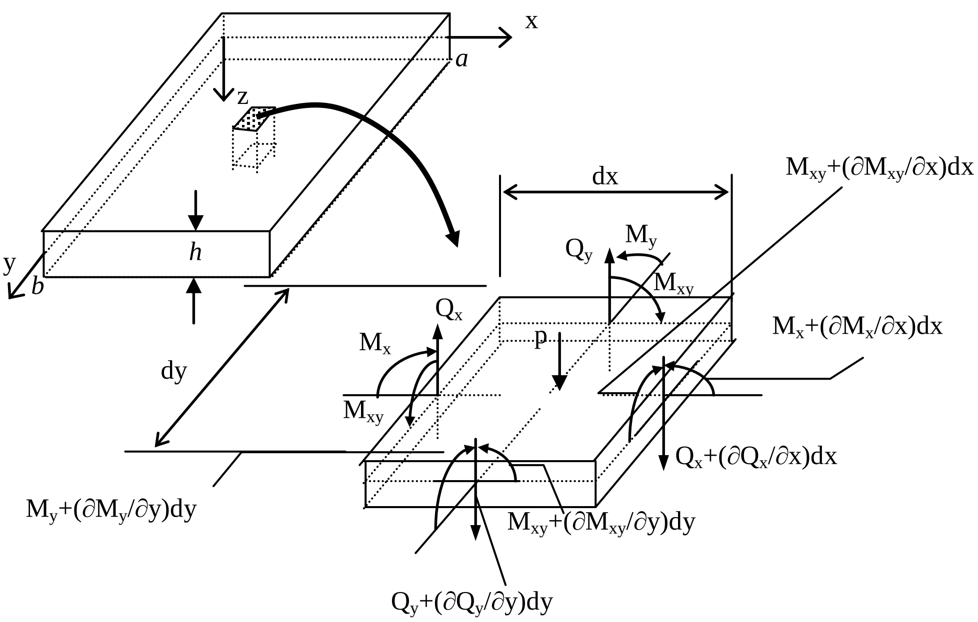
$$\gamma_{xy} = -2z\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

di mana w : anjakan plat dalam arah z ;

dapatkan persamaan yang mengaitkan M_x, M_y dan M_{xy} dengan w untuk satu plat.

(6 markah)

(c) Rajah 2 menunjukkan satu infinitesimal elemen empatsegi dengan panjang sisi *dx*, *dy* yang dikeluarkan dari satu plat empatsegi dengan panjang sisi *a*, *b* dan tebal *h*.



Rajah 2

Semua momen paduan M_x, $M_x+(\partial M_x/\partial x)dx$, M_y, $M_y+(\partial M_y/\partial y)dy$, M_{xy}, $M_{xy}+(\partial M_{xy}/\partial x)dx$, $M_{xy}+(\partial M_{xy}/\partial y)dy$ dan daya ricih melintang paduan Q_x, $Q_x+(\partial Q_x/\partial x)dx$, Q_y, $Q_y+(\partial Q_y/\partial y)dy$ dan beban luar per unit luas p yang bertindak pada sudut tepat kepada permukaan elemen ditunjuk bertindak ke atas elemen infinitesimal.

Dengan merujuk kepada Rajah 2 dan mengingati bahawa momen paduan dan daya ricih melintang paduan adalah momen dan daya ricih lintang per unit panjang, terbitan :

i. persamaan keseimbangan daya dalam arah z
ii. persamaan keseimbangan momen di sekeliling paksi x
iii. persamaan keseimbangan momen di sekeliling paksi y

(6 markah)

Dengan meggunakan ketiga-tiga persamaan yang diterbitkan di atas, tunjukkan bahawa persamaan keseimbangan untuk satu masalah lenturan plat yang dikenakan beban luar per unit luas dalam sebutan momen paduan adalah seperti berikut :

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2\frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = -p$$

(2 markah)

Seterusnya, dengan menggunakan persamaan-persamaan yang menghubungkan momen paduan dengan anjakan plat yang telah diterbitkan dalam Q1(b) di atas, tunjukkan bahawa persamaan asas dalam sebutan anjakan untuk masalah lenturan plat berdasarkan kepada teori Kirchhoff adalah seperti di bawah :

$$D\nabla^4 w = p$$

di mana,

$D=Eh^3/12(1-\nu^2)$: kekukuhan lenturan untuk satu plat
$\nabla^4 = \nabla^2 \nabla^2$
$\nabla^2=(\partial^2/\partial x^2+\partial^2/\partial y^2)$: operator Laplace

(2 markah)

2. (a) Satu perbezaan asasi antara masalah-masalah statik dan dinamik, adalah bahawa dalam masalah-masalah dinamik, daya dalaman dalam struktur-struktur bukan sahaja terpaksa mengimbangi beban-beban luar tetapi juga **daya-daya sifat tekun**. Terangkan erti daya sifat tekun.

(1 markah)

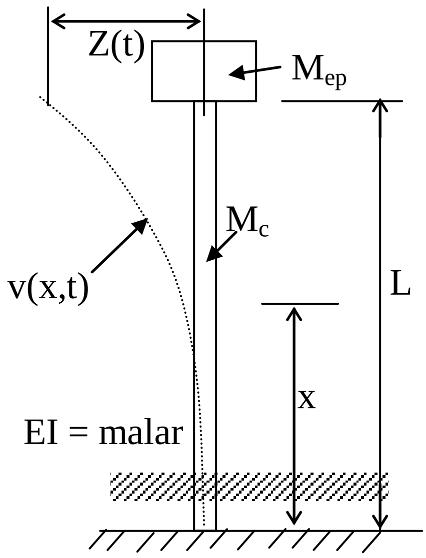
(b) **Prinsip d'Alembert** adalah satu prinsip yang penting dalam bidang struktur dinamik. Nyatakan apakah itu prinsip d'Alembert.

(1 markah)

(c) Terangkan kepentingannya anggaran **frekuensi getaran asasi** satu sistem struktur.

(2 markah)

Rajah 3 menunjukkan satu model yang digunakan untuk menganalisa satu menara kawalan dengan satu platform peralatan terletak di bahagian puncaknya. Platfrom tersebut dimodelkan sebagai satu jisim tertumpu dengan jisim $M_{ep}=\alpha M_c$, di mana $M_c=\rho AL$: jisim menara kawalan dan α : pekali. Dengan menggunakan kaedah Rayleigh, dengan anggapan $v(x,t)=Z(t)(x/L)^2$, anggarkan frekuensi getaran asasi sistem. Pertimbangkan kesan kekukuhan geometrik dari jisim M_{ep}.



Rajah 3

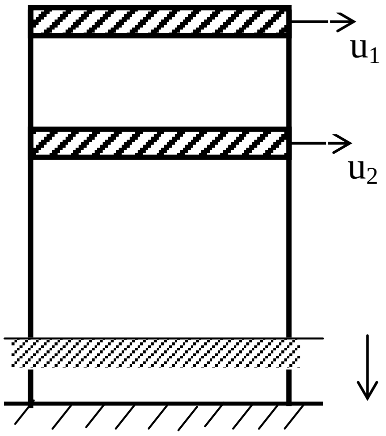
(8 markah)

Terangkan pengaruh kesan geometrik yang disebabkan oleh jisim M_{ep} ke atas frekuensi getaran asasi sistem struktur.

(2 markah)

(d) Matrik kekukuhan dan jisim untuk model bangunan dua-tingkat yang ditunjukkan dalam Rajah 4 adalah :

$$\boldsymbol{k} = 107.150\times10^{3}\begin{bmatrix}1 & -1\\ -1 & 3\end{bmatrix}\frac{kN}{m^{2}} \quad , \quad \boldsymbol{m} = 357.165\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}\frac{kN}{m/\sec^{2}}$$



Rajah 4

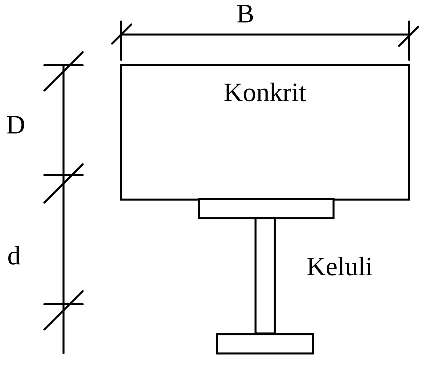
tentukan

i. kedua-dua frekuensi tabii struktur di atas
ii. kedua-dua bentuk mod yang berkaitan. Skalakan mereka supaya anjakan maximum adalah 1.0. Lakarkan kedua-dua mod itu.

(6 markah)

3. (a) Terbitkan persamaan 'faktor pengukuhan komposit' α untuk keratan komposit yang berinteraksi penuh seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Modolus elastik bagi konkrit (Ec) adalah sama dalam mampatan dan tegangan (tanpa retak).

(10 markah)



Rajah 5

(b) Kirakan nilai α dengan menggunakan data yang diberi.

B	=	1650 mm	Es	=	210 kN/ mm^2	Ec	=	14 kN/mm^2
D	=	125 mm	As	=	7610 mm^2			
d	=	406.4 mm	Is	=	215 x 10^6 mm^x			

(10 markah)

4. (a) Apakah perbezaan antara elemen pegas dan elemen rasuk?

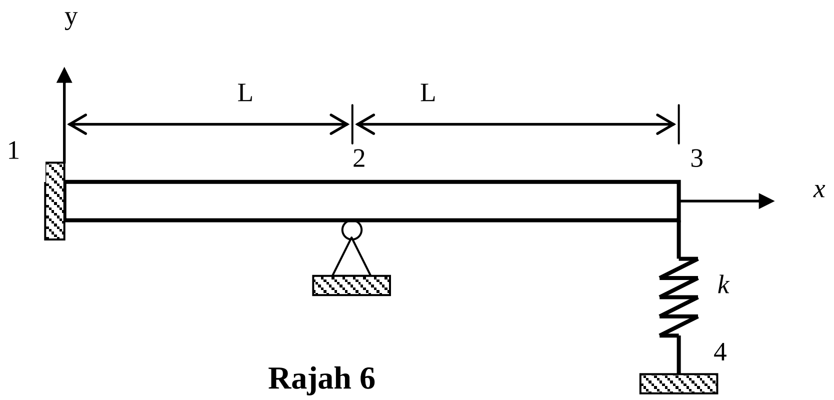
(4 markah)

(b) Rajah 6 menunjukkan satu sistem rasuk dan pegas yang telah diberikan nombor nod dan nombor elemen. Terbitkan matriks kekukuhan global bagi sistem tersebut dalam sebutan E, I dan L. Diberi matriks kekukuhan elemen:

(8 markah)

(c) Kira nilai μ_2, v_3 dan μ_3, seterusnya nilai daya di nod iaitu F_1y, M_1, F_2y dan F_4y. Diberi nilai L = 3m, k = 200 kN/m, P = 50 N, E = 210 GPa dan I = 2 x 10^{-4} m^4.

(8 markah)



Rajah 6

5. Satu kekuda ditunjukkan seperti dalam Rajah 7 dikenakan daya sebanyak P_1 dan P_2 di nod 3 . Diberi nilai P_1 dan P_2 = 500 kN, A = 6.0 x 10^{-4} m^2 untuk elemen 1-2 dan 2-3, A = 6.2 x 10^{-4} m^2 untuk elemen 2-4 dan 4-3. Diberi E = 210 GPa. Terbitkan matriks kekukuhan untuk setiap elemen dan seterusnya dapatkan matriks kekukuhan global untuk sistem tersebut.

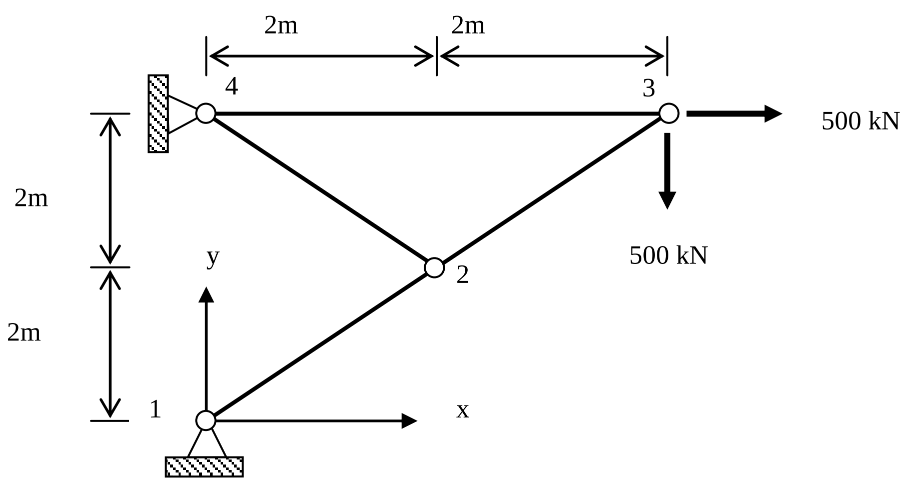
(10 markah)

$$k = \frac{EA}{L}\begin{array}{cccc} u_i & v_i & u_j & v_j \\ \end{array}$$
$$\begin{bmatrix} l^2 & lm & -l^2 & -lm \\ lm & m^2 & -lm & -m^2 \\ -l^2 & -lm & l^2 & lm \\ -lm & -m^2 & lm & m^2 \end{bmatrix}$$

iaitu: $l = \cos\theta = \dfrac{X_j - X_i}{L}$, dan $m = \sin\theta = \dfrac{Y_j - Y_i}{L}$

(a) Kira nilai anjakan di nod 3, iaitu u_3 dan v_3 .

(10 markah)



Rajah 7

6. Sebuah silinder dengan ketebalan dinding *h* dan bergaris pusat *d* dibebani secara seragam pada arah jejarian (radial).

Tunjukkan bahawa tegasan lilitan (circumferential stress), N_Ψ, ialah

$$N_\Psi = -\frac{2Eh}{d}w$$

dengan *w* ialah sesaran jejarian (8 markah)

Satu tiub keluli yang panjang bergaris pusat 1 m dan tebal dinding 5 mm, dikenakan beban mampatan jejarian dengan keamatan *p* per unit lilitan pada pertengahan panjang tiub.

Tentukan nilai *p* supaya tegasan lentur maksimum tidak melebihi 150 N/mm^2.

Andaian berikut boleh digunakan :

E = 200 kN/mm^2

Nisbah Poisson = 0.3

$w = e^{\beta x}(C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) + e^{-\beta x}(C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x) + f(x)$

dengan $\beta^4 = \dfrac{Eh}{4R^2D}$

dan $D = \dfrac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$

Jika $y = e^{-ax}$ (A cos Ax + B sin ax), maka

$$\frac{dy}{dx} = ae^{-ax}\left[-\text{A}(\sin ax + \cos ax) + \text{B}(\cos ax - \sin ax)\right]$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 2a^2e^{-ax}\left[\text{A}\sin ax - \text{B}\cos ax\right]$$

$$\frac{d^3y}{dx^3} = 2a^3e^{-ax}\left[\text{A}(\cos ax - \sin ax) + \text{B}(\cos ax + \sin ax)\right]$$

(12 markah)

7. Persamaan keseimbangan untuk lenturan plat nipis isotropik ialah

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 dy^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D}$$

Berikan langkah-langkah untuk menerbitkan ungkapan di atas dengan memberikan komen anda terhadap andaian-andaian yang dibuat. Komen juga kesahihan andaian-andaian tersebut.

(20 markah)

oooOOOooo