

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1994/95

April 1995

EMK 421 - Analisis Tegasan

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA BELAS muka surat dan TUJUH soalan bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA soalan sahaja. DUA soalan dari Bahagian A dan DUA soalan dari Bahagian B dan SATU soalan lagi dari mana-mana bahagian.

Sekurang-kurangnya satu (1) soalan mesti dijawab dalam bahasa Malaysia. Soalan-soalan lain boleh dijawab sama ada dalam bahasa Malaysia atau bahasa Inggeris.

...2/-

BAHAGIAN A

- S1. [a] Faktor kepekaan-melintang, K_t untuk tolok-tolok terikan yang berkonfigurasi grid baru perlu ditentukan. Untuk menentukannya, adalah dicadangkan agar satu spesimen ketegangan yang mudah digunakan bersama tolok-tolok terikan yang dipasang mengikut orientasi arah paksi dan arah melintang. Dapatkan suatu persamaan untuk K_t dalam sebutan nisbah Poisson, ν bagi bahan spesimen dan nisbah keluaran daripada kedua-dua tolok terikan tersebut.

Tentukan peratus ralat yang wujud jika kepekaan melintang diabaikan dan apabila faktor K_t bagi tolok terikan 120- Ω adalah 1.1% dan ia digunakan untuk mengukur terikan tegangan maksima pada permukaan luar sebuah bejana tekanan silinder keluli (nisbah Poisson, $\nu = 0.29$) berdinding nipis yang dikenakan tekanan gas dalaman.

The transverse-sensitivity factor K_t for a new grid configuration of strain gauges must be determined. It has been suggested that a simple tension specimen can be used with gauges oriented in the axial and transverse directions to make the determination. Develop an expression for K_t in terms of Poisson's ratio ν of the specimen material and the ratio of the outputs from the two strain gauges.

Determine the percentage error introduced by neglecting transverse sensitivity if the factor K_t for a 120- Ω strain gauge is 1.1% and it is used to measure the maximum tensile strain on the outside surface of a steel (Poisson's ratio, $\nu = 0.29$) thin-walled cylindrical pressure vessel which is being subjected to an internal gas pressure.

(75 markah)

- [b] Jelaskan kesan sistem dua-wayar-plumbum di mana sebuah tolok aktif tunggal diletakkan di atas struktur ujian pada suatu lokasi jauh daripada sistem litar jambatan dan rakaman Wheatstone.

Explain the effect of two-lead-wire system where a single active gauge is positioned on a test structure at a location remote from the Wheatstone bridge circuit and recording system.

(25 markah)

- S2. [a] Rekabentukkan sebuah sel beban yang boleh mengukur beban tegangan paksian 100 MN. Tentukan saiz dan bentuk anggota mekanikal, bentangan tolok, rekabentuk litar dan voltan yang diperlukan. Anggapkan bahan yang digunakan untuk fabrikasi anggota mekanikal adalah keluli dengan Modulus Young, $E = 207 \text{ GPa}$ dan nisbah Poisson, $\nu = 0.3$. Gunakan tolok terikan yang mempunyai rintangan 350Ω untuk litar yang berspesifikasi berikut:

Faktor tolok, $S_g = 2.00$,
 Ketumpatan kuasa, $P_D = 0.003 \text{ W/mm}^2$
 Luas grid tolok, $A_g = 161.3 \text{ mm}^2$.

Design a load cell to measure a 100 MN axial tensile load. Specify the size and shape of the mechanical member, the gauge layout, the circuit design, and the voltage required. Assume that the material available in stock for fabrication of mechanical member is steel with Young's Modulus, $E = 207 \text{ GPa}$ and Poisson's ratio, $\nu = 0.30$. Use 350Ω strain gauges for the circuit with the following specifications:

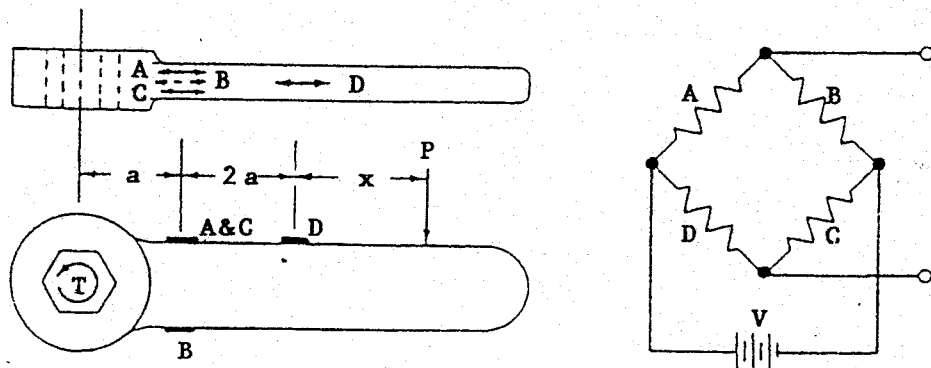
*Gauge factor, $S_g = 2.00$
 Power density, $P_D = 0.003 \text{ W/mm}^2$
 Area of the grid of the gauge, $A_g = 161.3 \text{ mm}^2$.*

(70 markah)

- [b] Empat tolok terikan rintangan elektrik dipasangkan ke atas sebuah kilas perengkuh dan disambungkan dengan wayar pada sebuah jambatan Wheatstone bervoltan tetap seperti ditunjukkan dalam Rajah S2[b]. Perekabentuk sistem tersebut mendakwa bahawa isyarat keluaran daripada jambatan itu adalah berkadar dengan kilasan yang dikenakan oleh perengkuh tanpa menghiraukan titik aplikasi beban p asalkan titik tersebut tetap pada sebelah kanan tolok-tolok tersebut. Analisa sistem tersebut dan buktikan atau sangkal dakwaan tersebut.

Four electrical-resistance strain gauges have been mounted on a torque wrench and wired into a fixed-voltage Wheatstone bridge as shown in Figure Q2[b]. The designer of the system claims that the output signal from the bridge is proportional to the torque applied by the wrench irrespective of the point of application of the load P so long as it remains to the right of the gauges. Analyse the system and prove or disprove the claim.

(30 markah)



Rajah S2[b]
Figure Q2[b]

- S3. [a] Terangkan dengan bantuan gambarajah yang sesuai, fungsi polariskop bulat seperti yang digunakan dalam fotokeanjalan dan tunjukkan dua kemungkinan susunan polariskop bulat seperti yang disenaraikan di bawah yang menghasilkan sama ada medan terang atau medan gelap.

Susunan	Pelit suku gelombang	Polariser dan Penganalisa
A	Silang	Silang
B	Silang	Selari

Explain with a suitable sketch the function of a circular polariscope as used in photoelasticity and show two of the possible arrangements for a circular polariscope as listed below produce either a light field or a dark field.

Arrangement	Quarter-wave plates	Polariser and Analyser
A	Crossed	Crossed
B	Crossed	Parallel

(65 markah)

- [b] Anda sedang merancang untuk mengendalikan analisa fotoanjil pada beberapa rasuk dalam yang dikenakan lenturan yang dihasilkan oleh beban-beban tertumpu. Cadangkan model yang paling sesuai dan berikan alasan untuk justifikasi pilihan anda.

You are planning to conduct a photoelastic analysis of a some beams subjected to bending produced by concentrated loads. Suggest the most suitable model material and write a small note justifying your selection.

(20 markah)

- [c] Dari analisa dua dimensi fotoanjil sebuah model, data berikut didapati:

tebal model = 8 mm,
 nilai pinggir bahan = 20 kN/m, dan
 parameter secerunan = 30° yang menunjukkan sudut antara paksi x dan tegasan prinsipal σ_1 .

Tentukan tegasan ricih, τ_{xy} dan tunjukkan arah tegasan ricih pada permukaan suatu elemen kecil.

...6/-

At the end of a two-dimensional photoelastic analysis on a model, the following data were noted:

*model thickness = 8 mm,
material fringe value = 20 kN/m,
isoclinic parameter = 30° defining the angle between the x-axis and
the principal stress σ_1 .*

Determine the shear stress τ_{xy} and show the direction of the shear stress on the face of a small element.

(15 markah)

- S4. [a] Terangkan kebaikan utama dan keburukan utama kaedah salutan-rapuh dan jelaskan natijah-natijah akibat dari tidak dapat mengenalpasti suatu kawasan salutan yang retak semasa ujian salut-rapuh. Terangkan dengan memberikan alasan-alasan sama ada pencilup bahan punar atau kaedah mengelektrik-zarah bagi mengesan retak boleh digunakan semasa ujian dengan:

Describe the primary advantages and disadvantages of the brittle-coating method and explain the consequences of being unable to locate a cracked region of coating during a brittle-coating test. Explain with reasons whether dye etchant or the electrified-particle method of crack detection can be employed during the test with:

- [i] salut berasaskan damar, dan
resin-based coatings, and
- [ii] salut berasaskan seramik
ceramic-based coating

(30 markah)

- [b] Sebuah komponen mesin diperbuat daripada keluli yang bermodulus Young, $E = 207 \text{ GPa}$ dan nisbah Poisson $\nu = 0.30$, sedang dikaji dengan menggunakan kaedah salut-rapuh. Pada suatu titik genting di atas spesimen, retakan mula wujud apabila beban dinaikkan ke 10 kN . Terikan ambang tentukur terbetul bagi salut pada ketika itu adalah 400×10^{-6} . Beban dinaikkan secara tokokan dan pada bebanan bernilai 40 kN retakan yang seranjang dengan set pertama mula wujud pada titik yang sama. Terikan ambang tentukur terbetul bagi kumpulan retakan kedua adalah 500×10^{-6} . Tentukan kedua-dua tegasan prinsipal yang terhasil dalam spesimen pada bacaan beban 10 kN dengan andaian bahawa salutan tersebut retak mengikut teori kegagalan tegasan-normal-maksimum. Andaikan bahawa salutan tersebut adalah suatu salutan berasaskan damar dengan sifat-sifat berikut:

Modulus Young, $E_c = 1.40 \text{ GPa}$ dan
Nisbah Poisson, $\nu_c = 0.42$.

Berikan bukti penggunaan persamaan-persamaan gagal untuk salutan tersebut yang mengesahkan kegagalan adalah berdasarkan teori tegasan-normal-maksimum.

A machine component made of steel with Young's Modulus, $E = 207 \text{ GPa}$ and Poisson's ratio, $\nu = 0.30$ is being studied using brittle-coating methods. At a critical point on the specimen, cracks begin to appear when the load is raised to 10 kN . The corrected calibration threshold strain for the coating at this time is 400×10^{-6} . The load is raised in increments, and at a level of 40 kN cracks perpendicular to the first-set begin to appear at the same point. The corrected calibration threshold strain for the second family of cracks is 500×10^{-6} . Determine the two principal stresses in the specimen at a load level of 10 kN by assuming that the coating cracks according to the maximum-normal-stress theory of failure. Assume that the coating is a resin-based coating with the following properties:

Young's Modulus, $E_c = 1.40 \text{ GPa}$ and Poisson's ratio, $\nu_c = 0.42$.

Give proof of failure equations used for the coating which conform the failure to maximum-normal-stress theory.

(70 markah)

...8/-

BAHAGIAN B

S5. [a] Berikan takrifan ringkas Kaedah Unsur Terhingga.

Define briefly the term Finite Element Method.

(10 markah)

[b] Kaedah Unsur Terhingga yang berdasarkan anjakan boleh dilaksanakan dengan mengikuti enam langkah. Nyatakan langkah-langkah berkenaan dan berikan komen setiap satu.

Displacement based Finite element Method can be approached from a procedural point of view. Such procedure has six steps. State these steps and comment on each one of them.

(30 markah)

[c] Anda dikehendaki menganalisa suatu turus yang dikenakan beban mampatan bernilai 100 N dan disokong pada pangkalnya seperti di dalam Rajah S5[c][i]. Turus tersebut diperbuat daripada Aluminium yang mempunyai modulus ketegaran = 10 GPa.

Untuk kira hampir awal, turus tadi boleh dibahagikan kepada dua bahagian dan dimodel sebagai mengandungi dua unsur dan tiga nod seperti di dalam Rajah S1[c][ii] & S1[c][iii].

You are required to analyse the column which is subjected to a compressive load of 100 N as shown in Figure Q5[c][i]. The column is made of Aluminium with modulus of elasticity = 10 GPa.

As the first approximation, the column may be divided into two parts and modelled as two elements and three nodes as in Figure Q5[c][ii] & Q5[c][iii]

- [i] Tentukan nilai anjakan pada nod 1 dan 2 serta daya tindak balas pada nod 3.

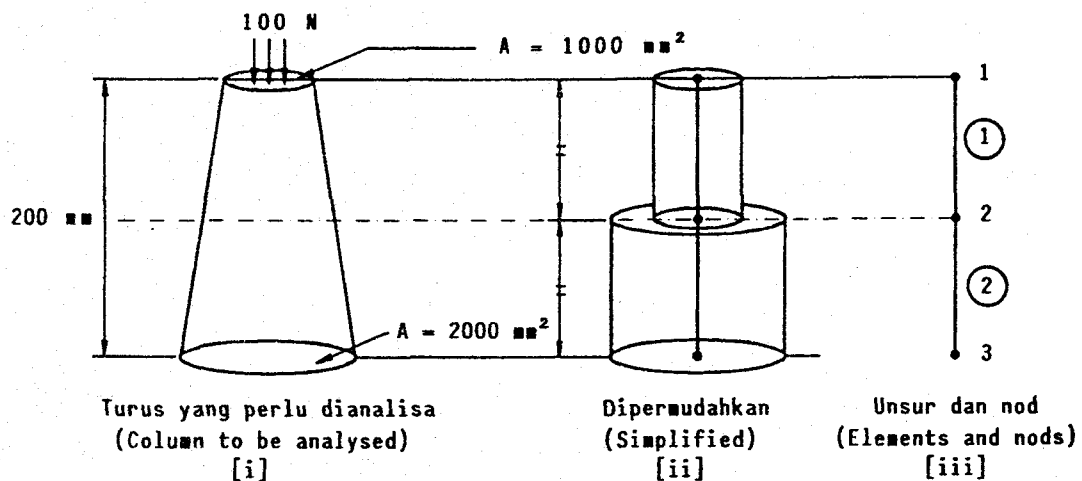
Establish the displacement at nodes 1 and 2 and also the reaction force at node 3

(45 markah)

- [ii] Berikan komen bersabit dengan analisis kasar di atas membandingkan dengan bantuan lakaran, perbezaan di antara kira hampir dan jangkaan penyelesaian tepat. Bagaimanakah cara untuk memperolehi penyelesaian yang lebih jitu?

Compare the approximate results thus found with the expected exact solution using appropriate sketches and give your comments. How can we achieve a more accurate solution?

(15 markah)



(Finite element analysis of column under compression)

Rajah S5[c]
Figure Q5[c]

...10/-

- S6. [a] Nyatakan keadaan-keadaan yang membolehkan penggunaan analisis tegasan satah dan terikan satah. Berikan beberapa contoh.

State the situations which permit the use of plane stress and plane strain analysis. Give some examples.

(15 markah)

- [b] Terbitkan matriks kekakuan [D] yang menghubungkan komponen tegasan dan terikan, mulai daripada prinsip pertama untuk kes-kes berikut:-

Derive the stiffness matrix [D] from first principle, which links the stress and the strain components for the following cases:-

- [i] tegasan satah

plane stress

- [ii] simetri sepaksi

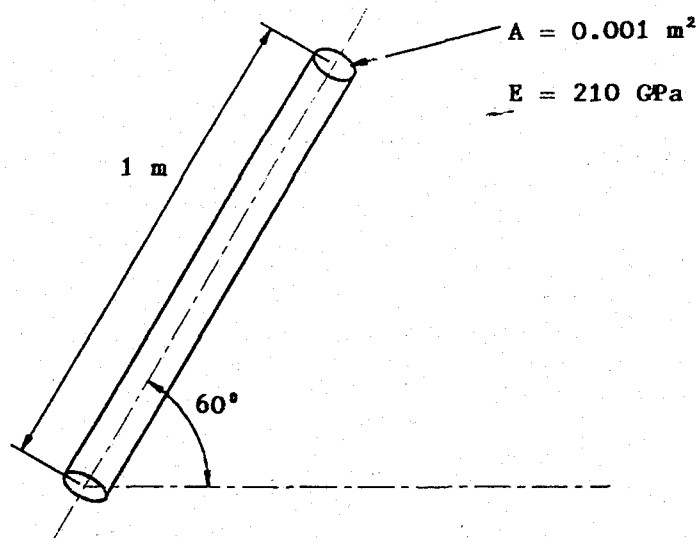
axisymmetric

(60 markah)

- [c] Tentukan nilai matriks kekakuan untuk unsur rod yang ditunjukkan di dalam Rajah S6[c]

Establish the stiffness matrix for the rod element shown below:

(25 markah)



Unsur Rod (Rod Element)

Rajah S6[c]

- S7. [a] Mutu penyelesaian unsur terhitung bergantung kepada jejaring. Jelaskan kenyataan ini dengan bantuan lakaran dan nota ringkas.

The quality of a finite element solution is also dependent on the mesh. Elaborate on this statement with the aid of simple sketches and short notes.

(35 markah)

- [b] Nilai anjakan bagi setiap nod pada suatu unsur-lurus-empat-nod diberikan seperti di bawah:

Nod	Anjakan	
	x	y
1	1.0	0.4
2	0.3	1.4
3	0.1	0.9
4	1.2	0.7

For a linear four noded element, the values of displacement at each node are itemised below:

<u>Node</u>	<u>Displacement</u>	
	<u>x</u>	<u>y</u>
1	1.0	0.4
2	0.3	1.4
3	0.1	0.9
4	1.2	0.7

Dengan menggunakan skim pengamiran dua titik, tentukan komponen anjakan pada setiap titik Gauss. Tentukan juga cerun bagi setiap titik Gauss.

For a two point integration scheme, establish the components of displacements at each Gauss point. Determine also the gradient at each Gauss point.

(65 markah)

oooo000oooo