

平成27年度機械工学専攻  
大学院修士課程入学試験問題

「機械工学」(第2部)

試験日時：平成26年8月26日(火) 13:00~16:00

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
2. 問題は問題1から問題3までである。全問に解答すること。
3. 問題の落丁、乱丁、あるいは印刷不鮮明な箇所があれば申し出ること。
4. 答案用紙は6枚配付される。枚数を確認し、過不足があれば申し出ること。
5. 1問ごとに2枚の答案用紙を用いて解答すること。設問Ⅰ、Ⅱに分かれている問題は、設問ごとに1枚の答案用紙を用いて解答すること。解答を表面で書ききれない時は、裏面にわたってもよい。なお、それでも解答するスペースが不足する場合は答案用紙を与えるので申し出ること。
6. 答案用紙の指定された箇所に、自分の受験番号、その答案用紙で解答する問題番号を記入すること。記入もれの場合は採点されないことがある。なお、科目名欄には「機械工学(第2部)」と記入すること。答案用紙の右端にある「枚/枚中」については、答案用紙を追加しない場合は空欄のままでよい。但し答案用紙を追加した場合は、問題ごとの枚数を記載する。
7. 解答に関係のない記号や符号を記入した答案は無効となることがある。
8. 答案用紙は、解答ができなかった分も含め、全てを提出すること。
9. 下書き用紙は3枚配付される。左上に自分の受験番号を記入すること。
10. 下書き用紙は、使用しなかった分も含め、3枚全部を提出すること。
11. 問題冊子は持ち帰ってよい。

FY2015 Department of Mechanical Engineering

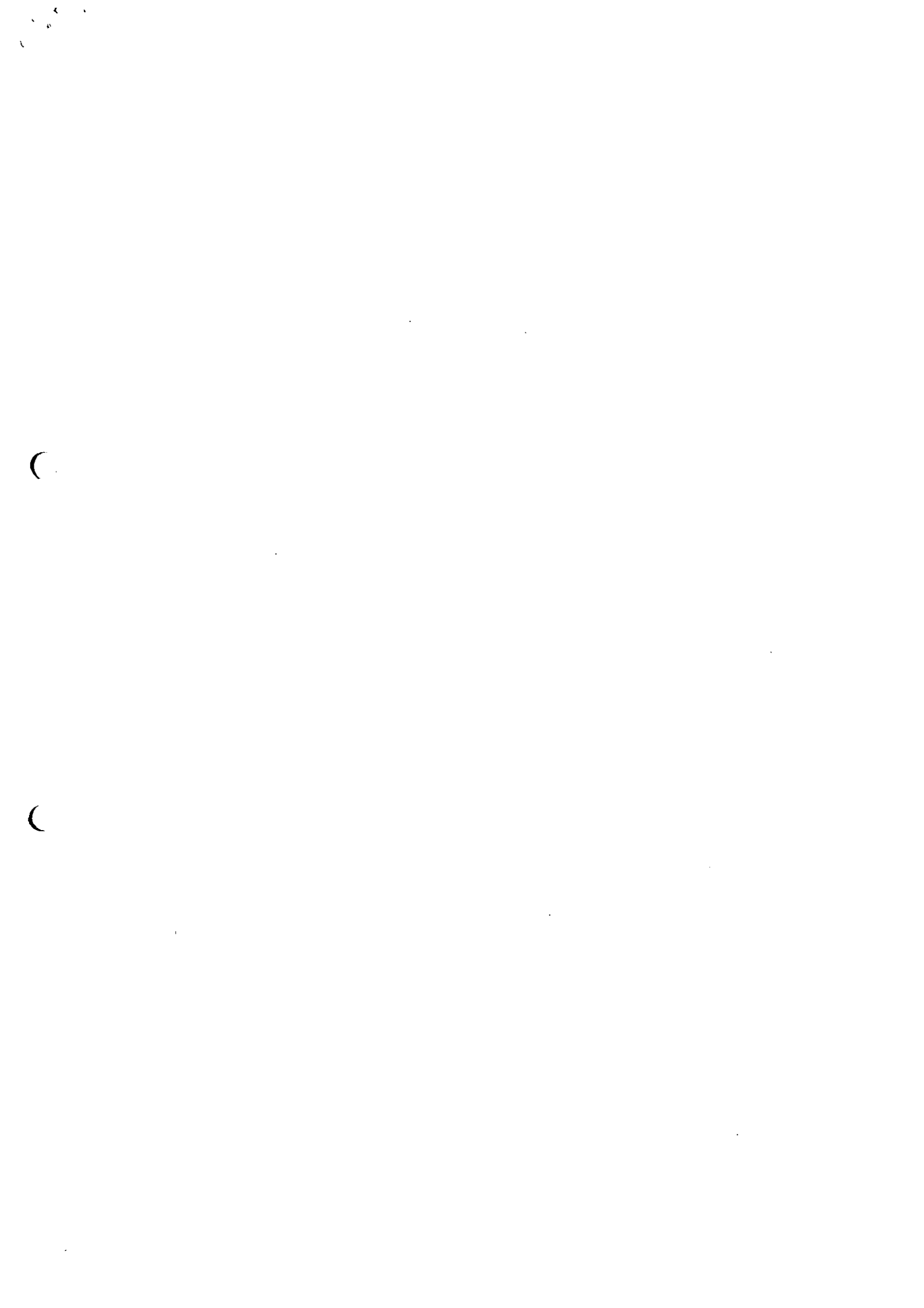
Master Course Program Entrance Examination

“Mechanical Engineering” (Part 2)

2014/8/26 (Tuesday) 13:00~16:00

### Instructions

1. Do not open the exam booklet until you are instructed to begin.
2. Answer all Questions in Problems 1, 2, and 3.
3. If you find some incomplete printing or collating, report them to the supervisor.
4. Make sure that you have all 6 answer sheets. Let the supervisor know otherwise.
5. Use 2 answer sheets for each Problem. In case there are 2 Questions in a Problem, use one answer sheet for one Question. If the space on the front side of the answer sheet is not enough, you may also use the reverse side. If the space is still not enough, ask the supervisor for an additional answer sheet.
6. On each answer sheet, write your registration number (受験番号) and the Problem number (問題番号) in the designated boxes. If you fail to do so, the answer sheet may not be graded. Write “Mechanical Engineering (Part 2)” in “Subject (科目名)”. Leave “(枚/枚中)” blank unless you use an additional answer sheet for the Problem.
7. Answer sheets with symbols and signs that are not related the answers may be judged invalid.
8. Turn in all the answer sheets even if you have not used them.
9. You are provided with 3 worksheets. Write your registration number on the upper left corner of each worksheet.
10. Turn in all 3 worksheets even if you have not used them.
11. You may take home the exam booklet.



# 問題 1

下記の I, II の両方について解答せよ。I の解答に答案用紙 1 枚を, II の解答に答案用紙 1 枚をそれぞれ用いること。

I. 図 1-1 に示すように長さ  $2l$ , 幅  $b$ , 高さ  $h$  の棒 AB の下端 B が地面にピン結合されている。  $b, h$  は  $l$  に比べ十分小さい。上端 A は滑らかな鉛直壁に支えられ, AB と地面の角度は  $\theta$  である。棒 AB のヤング率は  $E$  である。棒の中心点 C に鉛直下向きの集中荷重  $P$  が働くとき, 以下の設問に答えよ。

- (1) 鉛直壁の反力  $R$  および地面からの反力  $Q$  を求めよ。
- (2) 上端 A から AB に沿って  $x$  軸をとる。AB 間の曲げモーメント  $M(x)$  と軸力  $N(x)$  の分布を求めよ。
- (3) BC の中央 D における棒の横断面の垂直応力分布を求めよ。

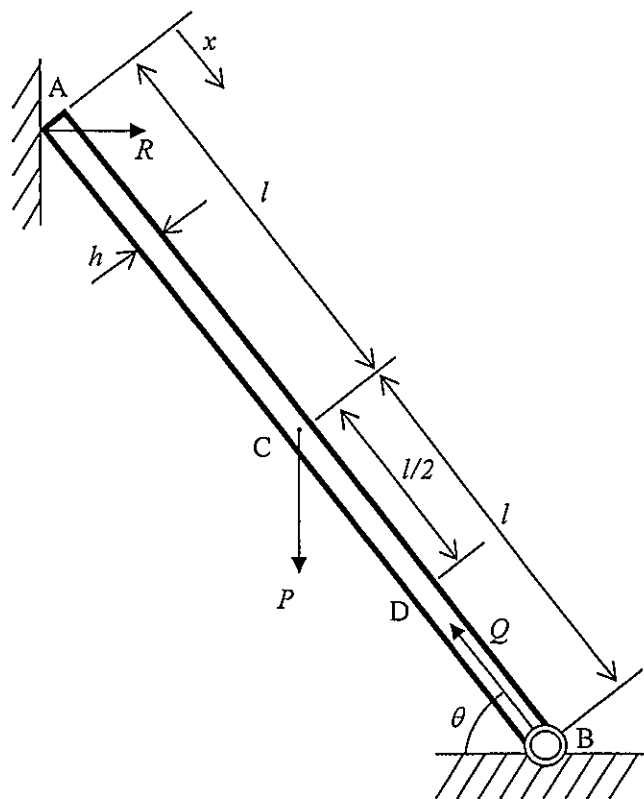


図 1-1

II. 図 1-2 のように剛体壁に固定された半径  $r (=1 \text{ mm})$ , 長さ  $l (=100 \text{ mm})$  の丸棒が力  $F$  で引張られながら, ねじりモーメント  $T=WL$  でねじられている. 剛体壁から  $l/2$  の場所 P には, 図のように二つのひずみゲージ a と b が取り付けられている. 丸棒のヤング率を  $200 \text{ GPa}$ , ポアソン比を  $0.3$  とする.

- (1)  $T=0 \text{ N}\cdot\text{mm}$ ,  $F=314 \text{ N}$  を負荷したとする. ひずみゲージ a と b のひずみの値  $\varepsilon_a, \varepsilon_b$  を求めよ.
- (2) ねじりモーメント  $T=T_1 [\text{N}\cdot\text{mm}]$ ,  $F=314 \text{ N}$  を負荷したところ,  $\varepsilon_b$  が  $-1.50 \times 10^{-4}$  となった.  $T_1$  を求めよ.
- (3) 設問(2)における場所 P の応力状態の主応力及び主せん断応力 (最大せん断応力) を求めよ.

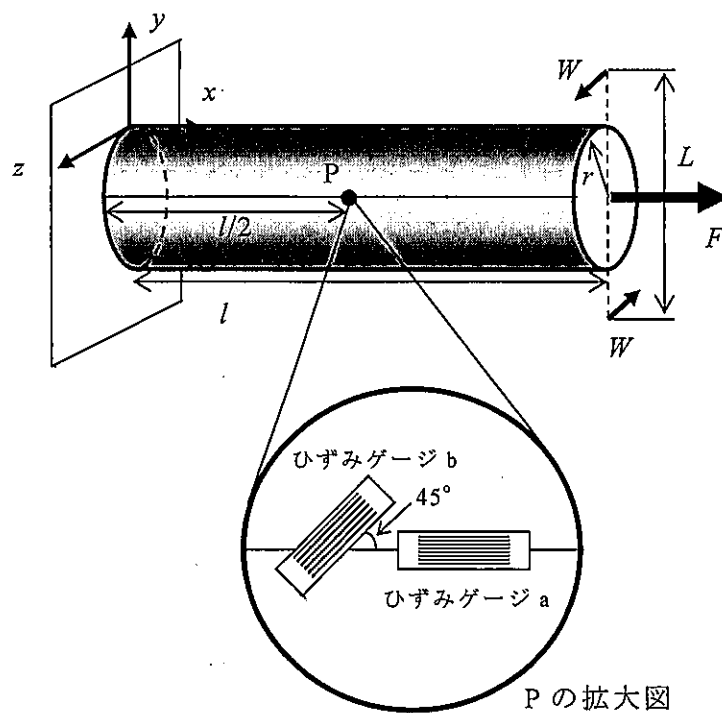


図 1-2

## 問題 2

図 2-1 に示すように、内燃機関の回転軸と直流モータの回転軸を、等速ジョイントで固定した系を考える。内燃機関と直流モータの回転軸および等速ジョイントは剛体であり、これら回転軸全体の慣性モーメントを  $J$  とする。内燃機関が発生しているトルクを  $T$ 、直流モータが発生しているトルクを  $\tau$ 、回転軸の角速度を  $\Omega$  とする。なお、各トルクと角速度は矢印の方向を正とする。

直流モータのコイルの端子に電圧  $u$  を与えることによって、回転軸の角速度を一定値に制御することを考える。直流モータのコイルに流れる電流  $i$ 、誘導電圧  $v$ 、および回転軸の角速度  $\Omega$  の間には以下の関係が成立する。

$$\tau = -\phi i \quad (1)$$

$$v = \phi \Omega \quad (2)$$

ここで、 $\phi$  はモータ定数と呼ばれる定数である。また、直流モータの内部抵抗を  $R$  とし、直流モータの端子に与える電圧を  $u$  とすると、電流は以下のように表される。

$$i = \frac{\phi \Omega - u}{R} \quad (3)$$

はじめに、内燃機関が発生しているトルク  $T$  が、初期値  $T_0$  から値が変化しない場合を考える。

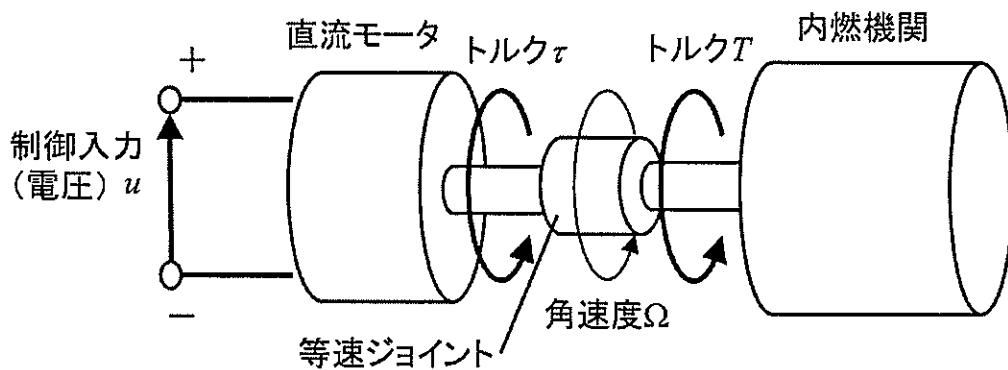


図 2-1

- (1) 回転軸の運動方程式を求めよ.
- (2) 直流モータの両端を短絡, すなわち電圧  $u=0$  としたまま, 十分に時間が経過した後の角速度  $\Omega_0$  を求めよ.
- (3) 直流モータに電圧  $u$  を与えると, 回転軸の角速度は変化する. 設問(2)で求めた  $\Omega_0$  からの回転速度の変化量  $\Delta\Omega$  を目標値  $r$  に制御することを考え, 電圧  $u$  を式(4)のように変える P 制御を行う. ここで,  $g_p$  はフィードバックゲインを表す. 入力  $r$  に対する出力  $\Delta\Omega$  までの伝達関数を求めよ.

$$u = g_p(r - \Delta\Omega) \quad (4)$$

- (4) 式(5)のとおりに入力電圧  $u$  を変える PI 制御を行う. ここで,  $g_p$  と  $g_i$  はフィードバックゲインを表す. 入力  $r$  に対する出力  $\Delta\Omega$  までの伝達関数を求めよ.

$$u = g_p(r - \Delta\Omega) + g_i \int (r - \Delta\Omega) dt \quad (5)$$

- (5) PI 制御を行う系が安定となるフィードバックゲイン  $g_p$  と  $g_i$  の条件を求めよ.

設問(4)に記した PI 制御を行っている時に, 内燃機関の出力が変化し, 発生しているトルクが式(6)のように変化する場合を考える.

$$T = T_0 + \Delta T \quad (6)$$

- (6)  $r=0$  の時, 入力  $\Delta T$  に対する出力  $\Delta\Omega$  までの伝達関数を求めよ.
- (7)  $T_0$  から  $T_0 + \Delta T$  へのトルクの変化があっても, 定常状態において, 回転数が目標値に収束することを示せ. なお,  $r$  および  $\Delta T$  を単位ステップと仮定せよ.
- (8) この系の目標値と外乱の応答に関して, P 制御に対する PI 制御の有利な点を挙げよ.

問題 3

下記の I, II 両方について解答せよ。なお, I の解答に答案用紙 1 枚を, II の解答に答案用紙 1 枚を, それぞれ用いること。

- I. 設計において一連のタスクを実行することを考える。いま, 二つのタスク  $\alpha$  と  $\beta$  を, 設計の上流から下流に向かって  $\alpha, \beta$  の順に並べたとき,  $\alpha$  の結果を  $\beta$  が用いる「逐次型」の関係を, 図 3-1(a)のように  $\beta$  行  $\alpha$  列に要素  $x$  を記入した行列で表現するとする。このとき,  $\alpha, \beta$  がそれぞれ相手の結果を用いず並行して実行できる「並行型」,  $\alpha, \beta$  が共に相手の結果を用いる「相互依存型」も, 同様に図 3-1(b), 図 3-1 (c)に示す行列で表現される。

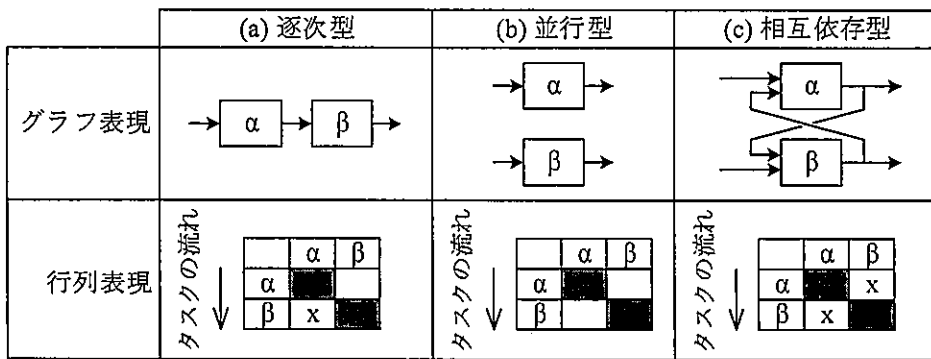


図 3-1

- (1) いま, ある製品について, 全体機能を設計し, それを実現する二つの部品 1 と 2 を, 設計, 製作して組み立てる, 一連のタスク A~F が, 図 3-2 に示す行列で表現されたとする。このとき, 次の二つのタスクの関係は図 3-1 の三つのうちのいずれの型になるかを記し, その理由をタスクの内容に基づき簡潔に記せ。

- (i) タスク B と C  
(ii) タスク D と E  
(iii) タスク E と F (タスク D と F も同様)

	A	B	C	D	E	F
A. 全体機能を設計する。	■					
B. 部品1を設計する。	$x$	■	$x$			
C. 部品2を設計する。	$x$	$x$	■			
D. 部品1を製作する。		$x$		■		
E. 部品2を製作する。			$x$		■	
F. 部品1と部品2を組み立てる。				$x$	$x$	■

図 3-2



(2) いま、ある製品を設計し、製作に入る前までのタスク A~G が、図 3-3 のようにグラフ表現できるとき、これを図 3-4 に示す行列の形で表現せよ。

- A. 要求仕様の決定
- B. 製造装置の手配・購入
- C. 試作モジュールの製作・試験
- D. 製品モジュールの設計
- E. 型設計
- F. 型の製作
- G. 組立用工具の設計

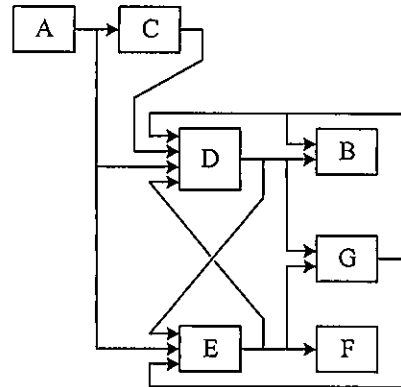


図 3-3

タスクの流れ ↓

	A	B	C	D	E	F	G
A							
B							
C							
D							
E							
F							
G							

図 3-4

(3) タスクの関係の行列表現において、下三角成分は上流から下流へのフィードフォワードの関係を表し、上三角成分は下流から上流へのフィードバックの関係を表す。いま、プロセスの期間やコストの増加をもたらす可能性がある、下流から上流へのフィードバックを、できるだけ少なくするタスクの流れを考える。

タスクの関係の行列表現において、行と列の順序の入れ替えを行い、上三角成分をなくすか、上三角成分をできるだけ対角成分に近づけることにより、フィードバックの程度を減少することができる。例えば図 3-5(a)においては、タスク b→a で 1 ステップ、タスク e→b で 3 ステップの計 4 ステップのフィードバックが含まれるが、行に成分がないタスク c は他のタスクの結果を用いないので上端に移動し、列に成分がないタスク d は他のタスクに提供する結果がないので下端に移動すると、得られる図 3-5(b)の行列表現においては、タスク b→a で 1 ステップ、タスク e→b で 1 ステップの計 2 ステップのフィードバックとなっている。

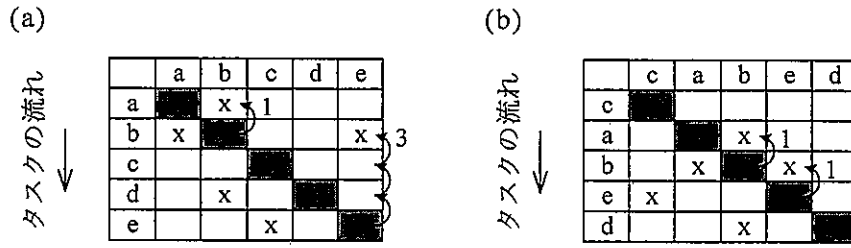


図 3-5

これにならい，設問(2)で作成した行列において，フィードバックの合計ステップ数ができるだけ小さくなるようにタスクの流れの順序を変更した行列を記し，変更の前後でのフィードバックの合計ステップ数を比較せよ。

II. 図 3-6 のような、一辺 100 mm の立方体をくり抜いた形状の箱型構造を製作することを考える。なお、上部が開いており、側面および底の厚さは 5 mm である。以下の設問(1)~(5)に答えよ。

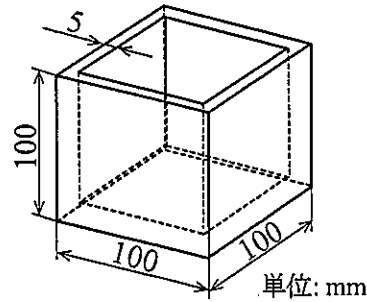


図 3-6

(1) ①ADC12 (アルミ合金), ②ポリスチレン (樹脂), ③FC250 (鉄合金) を材料として製作する場合, 各材料に対して一般的な成形加工法を次の (i)~(iii)から一つずつ選べ。ただし, ①と③は JIS 表記である。

(i) 砂型鋳造 (ii) 射出成形 (iii) ダイカスト

(2) 設問(1)の①~③の材料を, 室温における (i) 比重, (ii) ヤング率, (iii) 熱伝導率について, それぞれ小さい順に並べよ。

次に, 箱の弾性変形について考える。以後, 座屈はしないものとし, 箱の剛体運動は考えないものとする。

(3) 図 3-7(a)に示すように, 2 か所に同じ大きさの力を加えたとき, 箱上部が図 3-7(b)に示すように弾性変形した。ただし, 図 3-7(b)は, 箱上側から見た端面の変形を誇張して示したものである。図 3-8 のように 4 か所に力を加えた場合の箱上部の変形を図 3-7(b)にならって図示せよ。

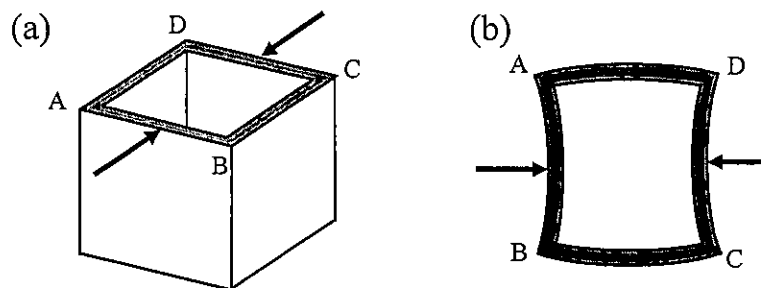


図 3-7

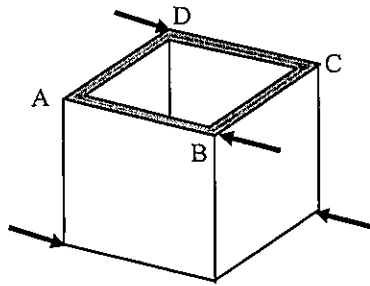


図 3-8

- (4) この箱の 4 側面に同じ形状の補強材を強固に接合して剛性を高め、箱上部の変形を小さくすることを考える。次の図 3-9 の①, ②のうち、図 3-7 と同様に力を加えたときに、箱上部の変形が小さい方を選び、その理由を 1 行程度で述べよ。ただし、補強材はすべて箱と同じ材料とする。

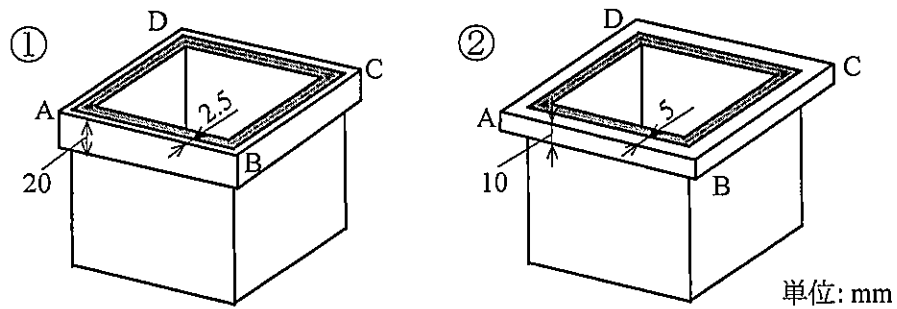


図 3-9

- (5) 補強材の効果を、断面二次モーメントに注目して考える。図 3-10(a)に示すような、幅  $w$ 、厚さ  $t$  の断面の中立軸  $N$  まわりの断面二次モーメントを  $I$  とする。図 3-10(b)のように、幅  $aw$  ( $a < 1$ )、厚さ  $bt$  の断面の、同じ材料の補強材を板の両側に強固に接合した場合の中立軸  $N$  まわりの断面二次モーメント  $I'$  を、 $I, a, b$  を用いて示せ。

また、 $a = 0.1, b = 0.5$  の場合の  $I'$  を、 $I$  を用いて示せ。

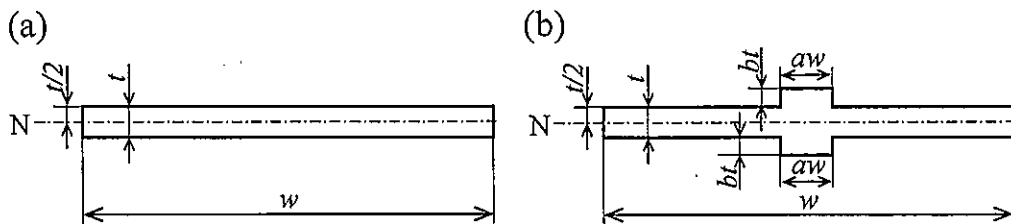


図 3-10

## Problem 1

Answer both of the following Questions I and II. Use one answer sheet for Question I and use another answer sheet for Question II.

I. As shown in Figure 1-1, bar AB is pinned to the ground at end B. End A is supported by the smooth vertical wall. The angle between AB and the ground is  $\theta$ . The length, width and height of bar AB are  $2l$ ,  $b$  and  $h$ , respectively.  $b$  and  $h$  are sufficiently smaller than  $l$ . Young's modulus of bar AB is  $E$ . The vertical force toward the ground,  $P$ , is applied to the center of the bar, point C. Answer the following questions.

- (1) Obtain the reactive force from the vertical wall,  $R$ , and the reactive force from the ground,  $Q$ .
- (2) Take the  $x$  axis from end A along AB. Obtain the distributions of the bending moment,  $M(x)$ , and the axial force,  $N(x)$ , between end A and end B.
- (3) Obtain the distribution of normal stress on the cross section of the bar at D which is at the center of BC.

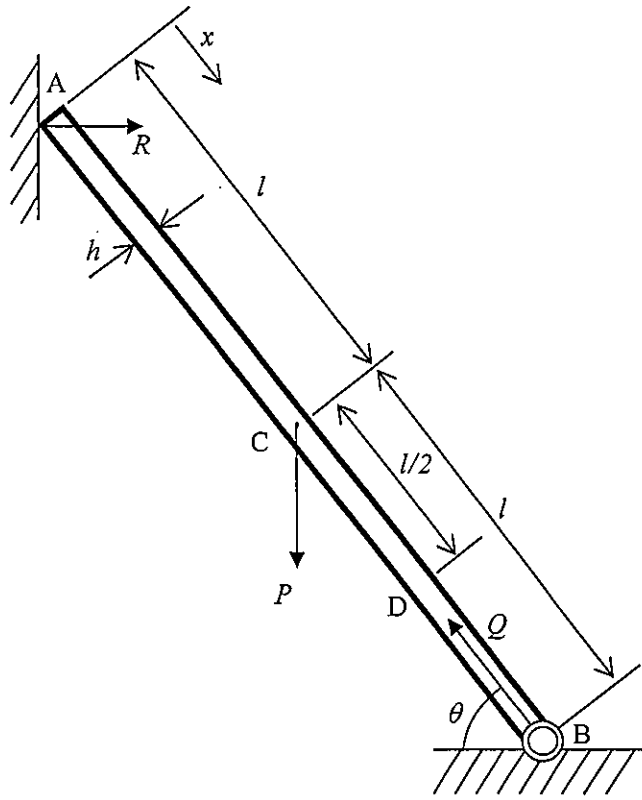


Figure 1-1

II. A circular bar of diameter  $r$  ( $=1$  mm) and length  $l$  ( $=100$  mm) is attached to a rigid wall. The bar is subjected to an axial force  $F$  and a torsion moment  $T=WL$ , as shown in Figure 1-2. Two strain gages a and b are mounted on the location P, which is  $l/2$  apart from the rigid wall, as shown in the figure. Young's modulus and Poisson ratio of the circular bar are 200 GPa and 0.3, respectively.

- (1) In the case of  $T=0$  N·mm and  $F=314$  N, obtain the strain values  $\varepsilon_a$  and  $\varepsilon_b$  of the strain gages a and b, respectively.
- (2) In the case of  $T=T_1$  [N·mm] and  $F=314$  N,  $\varepsilon_b$  was  $-1.50 \times 10^{-4}$ . Obtain  $T_1$ .
- (3) In the case of Question (2), obtain the principal stresses and the principal shear stresses (maximum shear stresses) at the location P.

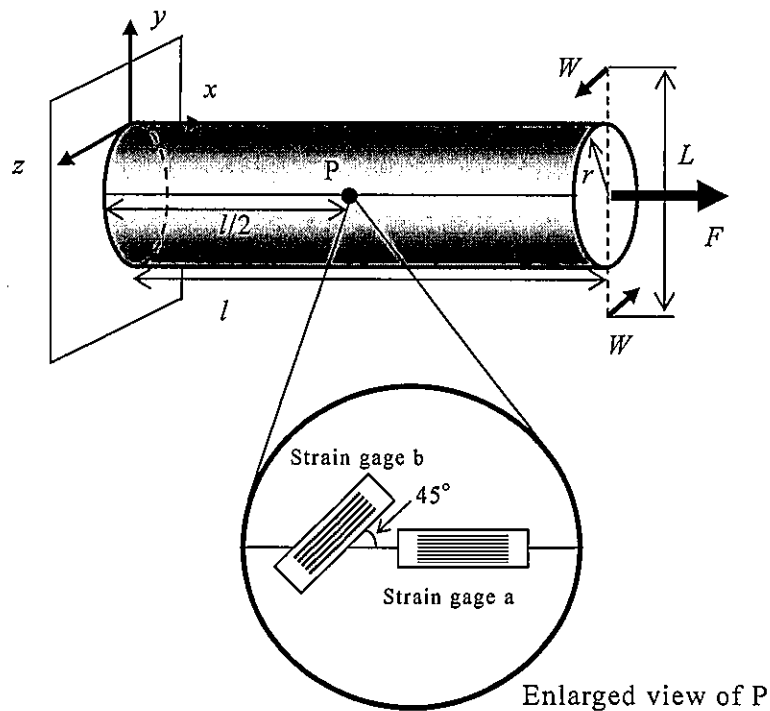


Figure 1-2

## Problem 2

Consider the system where the axles of the internal combustion engine and the DC motor are connected with the constant velocity joint as shown in Figure 2-1. The constant velocity joint, the axles of the internal combustion engine, and the DC motor are rigid bodies, and the total moment of inertia is  $J$ . The torque produced by the internal combustion engine is  $T$ , the torque produced by the DC motor is  $\tau$ , and the angular velocity of the axles is  $\Omega$ . In addition, the arrows in Figure 2-1 represent the positive directions of the torques and the angular velocity.

Consider controlling the angular velocity of the axles at a constant value by supplying voltage,  $u$ , to the terminals of the coil of the DC motor. The relationship between the electric current in the coil of the DC motor,  $i$ , the induced voltage,  $v$ , and the angular velocity,  $\Omega$ , is written as

$$\tau = -\phi i \quad (1)$$

$$v = \phi \Omega \quad (2)$$

where  $\phi$  is a constant called the motor constant. When the internal resistance of the DC motor is  $R$  and the voltage supplied to the DC motor is  $u$ , the electric current,  $i$ , is written as

$$i = \frac{\phi \Omega - u}{R}. \quad (3)$$

At first, we consider the case when the torque produced by the internal combustion engine is unchanged from its initial value  $T_0$ .

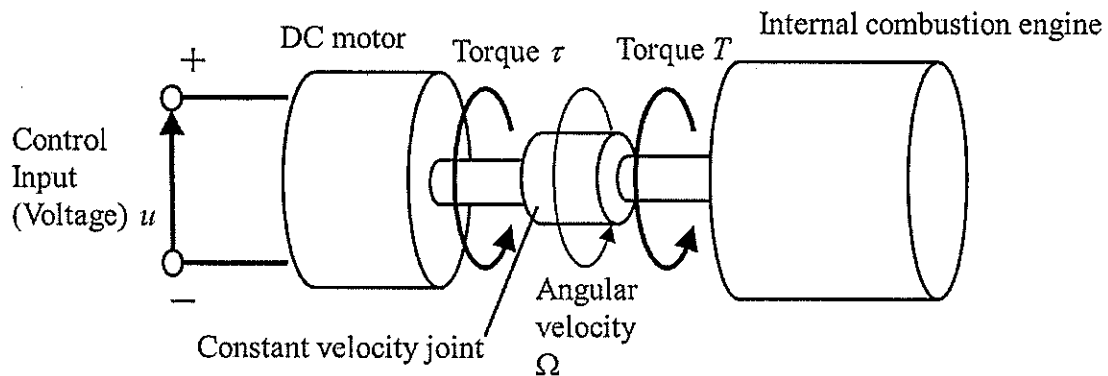


Figure 2-1



- (1) Derive the equation of motion for the rotational axes.
- (2) Determine the angular velocity of the rotational axes  $\Omega_0$  at the steady state when the both terminals are short-circuited, that is  $u=0$ .
- (3) Consider controlling the deviation  $\Delta\Omega$  of the angular velocity of the rotational axes from  $\Omega_0$ , obtained in Question (2), to the target value  $r$  by changing the voltage  $u$  with P controller expressed in Equation (4), where  $g_p$  is a feedback gain. Determine the transfer function from the input  $r$  to the output  $\Delta\Omega$ .

$$u = g_p(r - \Delta\Omega) \quad (4)$$

- (4) Consider applying the PI controller to change the voltage  $u$  expressed in Equation (5), where  $g_p$  and  $g_i$  are feedback gains. Determine the transfer function from the input  $r$  to the output  $\Delta\Omega$ .

$$u = g_p(r - \Delta\Omega) + g_i \int (r - \Delta\Omega) dt \quad (5)$$

- (5) Determine the requirements for  $g_p$  and  $g_i$  to ensure stability of the system with the PI controller.

Next, we consider the case that the engine torque  $T$  changes by  $\Delta T$  as shown in Equation (6) due to the output fluctuation of the internal combustion engine during the operation with the PI controller in Question (4).

$$T = T_0 + \Delta T \quad (6)$$

- (6) Determine the transfer function from the input  $\Delta T$  to the output  $\Delta\Omega$ , when  $r=0$ .
- (7) Show that the angular velocity converges to the target value even if the engine torque changes from  $T_0$  to  $T_0 + \Delta T$ . Assume both  $r$  and  $\Delta T$  are unit step inputs.

- (8) Explain the advantage of the PI controller compared with the P controller on responses of this system to the target value and the disturbance.

Problem 3

Answer both of the following Questions I and II. Use one answer sheet for Question I and use another answer sheet for Question II.

I. Consider performing a set of tasks in a design process. Suppose two tasks ' $\alpha$ ' and ' $\beta$ ' are arranged in the order of ' $\alpha$ ' and ' $\beta$ ' according to design process flow. When task ' $\beta$ ' uses the result of task ' $\alpha$ ', a relationship between tasks ' $\alpha$ ' and ' $\beta$ ' is called "series type" and is represented as a matrix where an element  $x$  is placed in row ' $\beta$ ' and column ' $\alpha$ ' as shown in Figure 3-1 (a). Similarly, a "parallel type" relationship, where each of tasks ' $\alpha$ ' and ' $\beta$ ' does not use the result of each other and the two tasks can be performed in parallel, and a "coupled type" relationship, where each of tasks ' $\alpha$ ' and ' $\beta$ ' uses the result of each other, are represented as matrices as shown in Figures 3-1 (b) and (c), respectively.

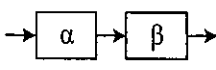
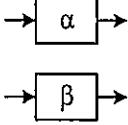
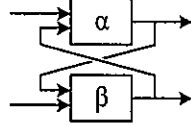
	(a) Series type	(b) Parallel type	(c) Coupled type																											
Graph representation																														
Matrix representation	<p>Flow of tasks ↓</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\beta</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td><math>x</math></td> <td></td> </tr> </table>		$\alpha$	$\beta$	$\alpha$			$\beta$	$x$		<p>Flow of tasks ↓</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\beta</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		$\alpha$	$\beta$	$\alpha$			$\beta$			<p>Flow of tasks ↓</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>\beta</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td></td> <td><math>x</math></td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td><math>x</math></td> <td></td> </tr> </table>		$\alpha$	$\beta$	$\alpha$		$x$	$\beta$	$x$	
	$\alpha$	$\beta$																												
$\alpha$																														
$\beta$	$x$																													
	$\alpha$	$\beta$																												
$\alpha$																														
$\beta$																														
	$\alpha$	$\beta$																												
$\alpha$		$x$																												
$\beta$	$x$																													

Figure 3-1

(1) Suppose a whole function of a product is designed and two components 1 and 2 for realizing the function are designed, manufactured and assembled by tasks 'A' - 'F'. Here, relationships among the tasks are represented as a matrix as shown in Figure 3-2. For each of (i), (ii) and (iii), answer which of the three types in Figure 3-1 it corresponds to and its reason on the basis of contents of the tasks concisely.

- (i) Task 'B' and task 'C'.
- (ii) Task 'D' and task 'E'.
- (iii) Task 'E' and task 'F' (same as task 'D' and task 'F').

	A	B	C	D	E	F
A. Design whole function.	■					
B. Design component 1.	x	■	x			
C. Design component 2.	x	x	■			
D. Manufacture component 1.		x		■		
E. Manufacture component 2.			x		■	
F. Assemble component 1 and component 2.				x	x	■

Figure 3-2

(2) Suppose tasks 'A' - 'G' to design a product and prepare manufacturing are represented as a graph as shown in Figure 3-3. Obtain its matrix representation as shown in Figure 3-4.

- A. Determine requirement specification.
- B. Order and purchase manufacturing device.
- C. Make and test prototype module.
- D. Design product module.
- E. Design dies.
- F. Make dies.
- G. Design tools for assembling.

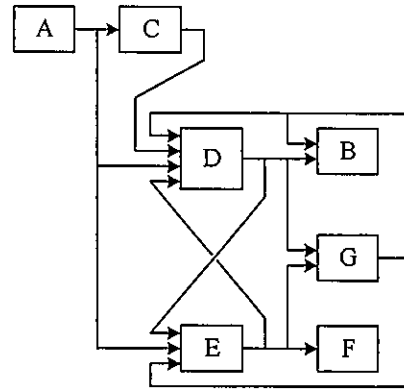


Figure 3-3

	A	B	C	D	E	F	G
A	■						
B		■					
C			■				
D				■			
E					■		
F						■	
G							■

Figure 3-4

(3) In a matrix representation of task relationships, elements in lower triangular portion indicate feed forward relationships from upper task to lower task, and those in upper triangular portion indicate feedback relationships from lower task to upper task. Here, we consider a flow of tasks to reduce feedbacks from lower tasks to upper tasks as much as possible which may cause increase in time and cost of process.

In a matrix representation of task relationships, if elements in upper triangular portion are removed or moved as close to diagonal elements as possible by changing the order of rows and columns, extent of feedbacks can be reduced. In Figure 3-5 (a), for example, if task 'c', which has no elements in its row, meaning it does not use other tasks' results, is moved to the top in the flow of tasks, and task 'd', which has no elements in its column, meaning it does not provide result to other tasks, is moved to the bottom, a matrix representation as shown in Figure 3-5 (b) is obtained. A matrix in Figure 3-5 (a) contains 1 step from task 'b' to task 'a' and 3 steps from task 'e' to task 'b' and thus totally 4 steps of feedback, whereas a matrix in Figure 3-5 (b) contains 1 step from task 'b' to task 'a' and 1 step from task 'e' to task 'b' and thus totally 2 steps of feedback.

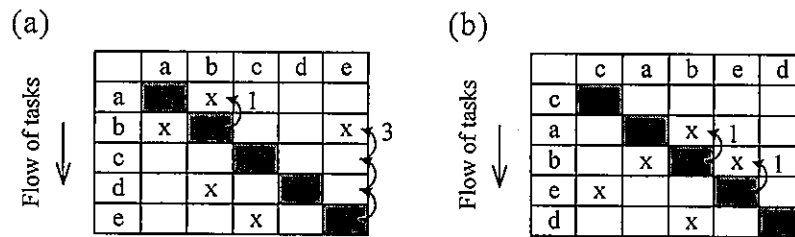


Figure 3-5

In the same manner, change the order of tasks in a matrix obtained in Question (2), obtain a matrix representation with removed or reduced feedbacks, and compare total steps of feedbacks in the two matrix representations.

II. Consider fabricating a cubic box structure with side length of 100 mm as shown in Figure 3-6. The top part is open and the thicknesses of sidewalls and bottom are 5 mm. Answer the following Questions (1)-(5).

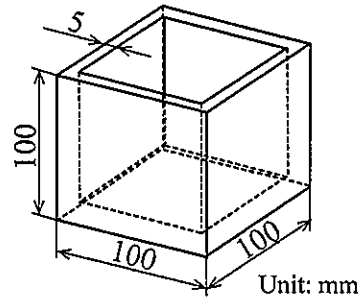


Figure 3-6

(1) When fabricating this box from three materials; ① ADC12 (aluminum alloy), ② Polystyrene (resin), ③ FC250 (ferrous alloy), choose the most appropriate molding method for each material from (i)-(iii). Note ① and ③ are written according to JIS.

(i) Sand mold casting    (ii) Injection molding    (iii) Die casting

(2) List the materials ①-③ in Question (1) in the ascending order of the following properties at room temperature: (i) density, (ii) Young's modulus, and (iii) thermal conductivity, respectively.

Next, consider elastic deformations of this box. Ignore buckling and rigid motion of the box.

(3) When the two equivalent forces are applied as shown in Figure 3-7(a), the top part is elastically deformed as shown in Figure 3-7(b). Figure 3-7(b) illustrates the exaggerated displacement of the top part. When the four equivalent forces are applied as shown in Figure 3-8, illustrate the displacement in the same manner as in Figure 3-7(b).

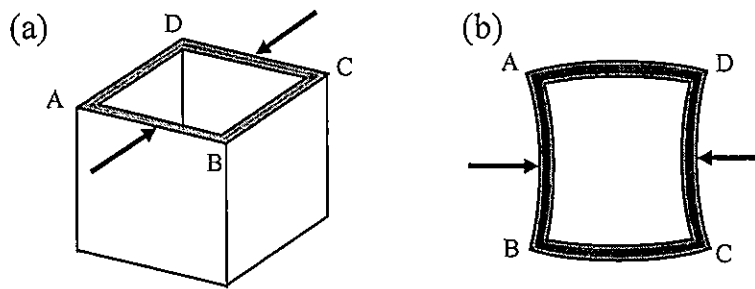


Figure 3-7

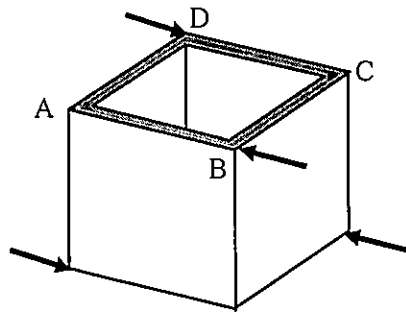


Figure 3-8

- (4) Consider reducing the deformation of the top part by strongly bonding the reinforcing parts on the four sidewalls of this box. Choose one structure from ① and ② in Figure 3-9 that minimizes the deformation of the top part when the forces are applied as in Figure 3-7. In addition, explain the reason for the choice in approximately one line. Here, the shape of the reinforcing parts on the four sidewalls in each of ① and ② is the same. Furthermore, all the reinforcing parts are made of the same material as that of the box.

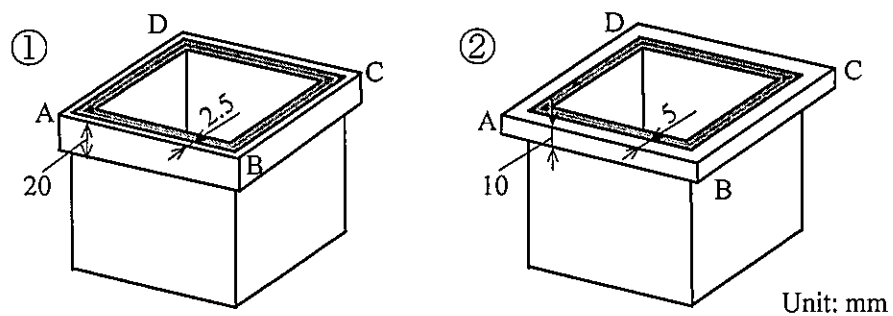


Figure 3-9

- (5) Consider the effect of the reinforcing part with a view point of second moment of area. Here,  $I$  is the second moment of area about the neutral axis  $N$  of the plate with parts with cross-sectional width  $w$  and thickness  $t$  as shown in Figure 3-10(a). The two reinforcing parts with cross-sectional width  $aw$  ( $a < 1$ ) and thickness  $bt$  made of the same material as the plate are strongly bonded on the both sides of the plate as shown in Figure 3-10(b). Obtain the second moment of area of this reinforced plate  $I'$  about the neutral axis  $N$  by using  $I$ ,  $a$ , and  $b$ . Furthermore, obtain  $I'$  by using  $I$ , when  $a = 0.1$ ,  $b = 0.5$ .

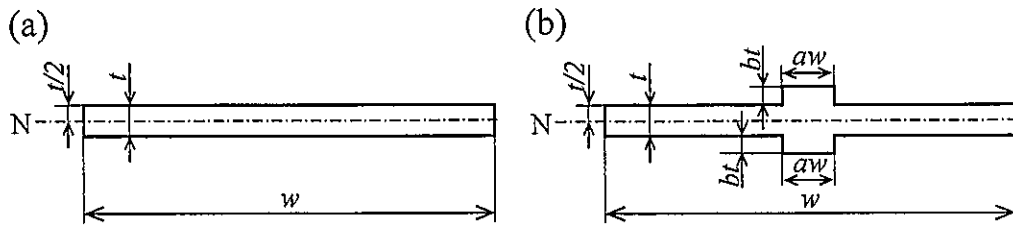


Figure 3-10