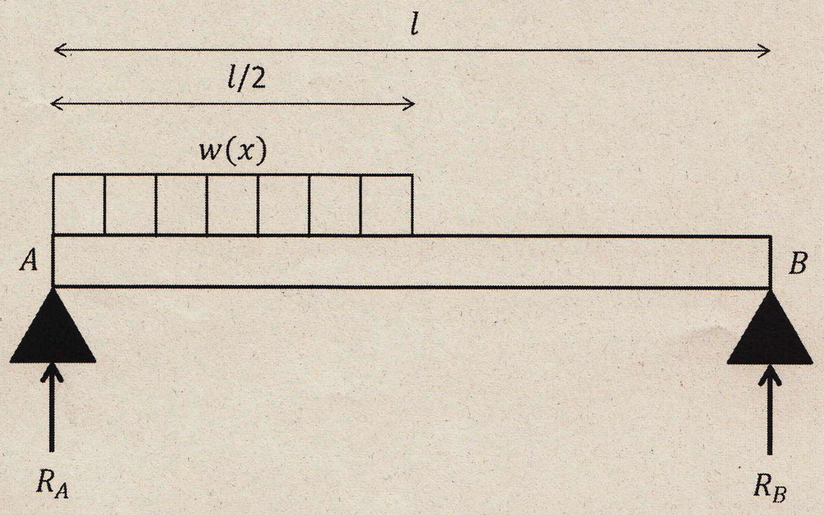
1. 図のような両端支持梁に、A 点から $l/2$ まで等分布荷重が作用するとき、

(1) 反力R_A，R_Bを求めよ。

(2) SFD、BMD 線図を書き、最大曲げモーメントM_{max}を求めよ



(1) 力のつり合い

$R_A + R_B = \frac{wl}{2}$ ……①

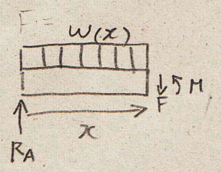
A点回りのモーメント

$R_B l = \frac{wl}{2} \times \frac{l}{4}$

$\therefore R_B = \frac{wl}{8}$

①より、$R_A = \frac{3wl}{8}$

(2) $0 < x < \frac{l}{2}$

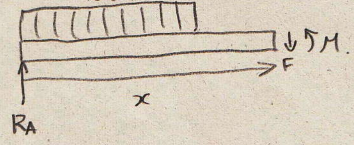


$F = R_A - wx = \frac{3wl}{8} - wx$

$M = R_A x - \frac{wx^2}{2} = \frac{3wl}{8}x - \frac{wx^2}{2}$

$= \left(\frac{3wl}{8} - \frac{wx}{2}\right)x$

$\frac{l}{2} < x < l$



$F = R_A - \frac{wl}{2} = -\frac{wl}{8}$

$M = R_A x - \frac{wl}{2} \times \left(x - \frac{l}{4}\right) = \frac{wl^2}{8} - \frac{wl}{8}x$

$= \frac{wl}{8}(l - x)$

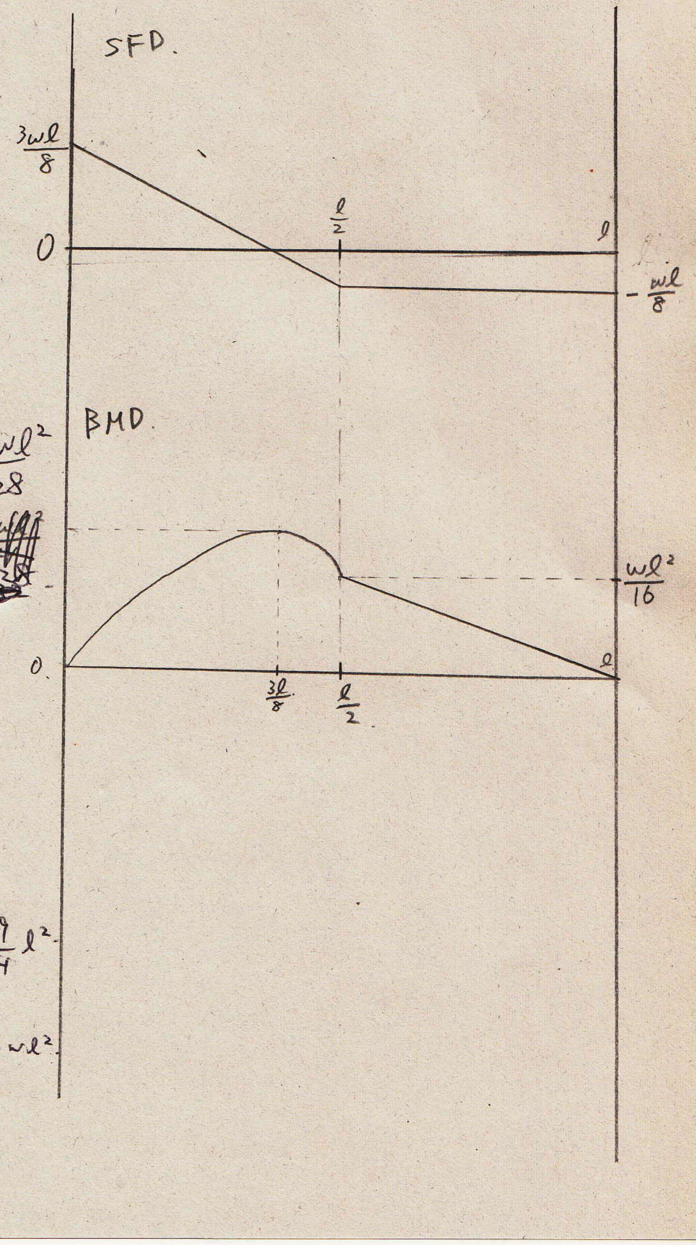
$\frac{3wl}{8} - wx = 0$

$x = \frac{3l}{8}$

$\frac{3wl}{8} \times \frac{3l}{8} - \frac{w}{2} \times \frac{9}{64}l^2$

$= \frac{9}{64}wl^2 - \frac{9}{128}wl^2$

$= \frac{9}{128}wl^2$

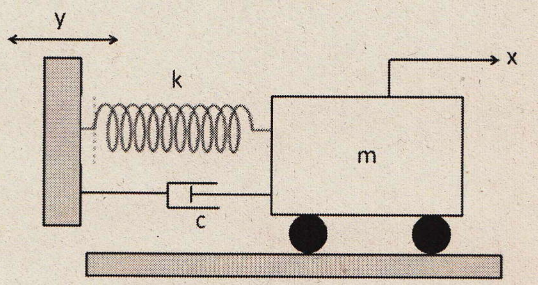


平成 26 年度　安井研模試　　　　　　　　　　　　　　　担当：厚田

科目	機力

名前 解答

図は変位 y によりばね定数 k のばねと減衰係数 c のダンパが振動し，これによって生じる力が質量 m の物体に作用し，物体が振動している場面を示している．この物体の強制振動 x(t →∞での応答 x)を求めよ．ただし y=Ysinωt とする．



振動系における運動方程式は．

$$m\ddot{x} + c(\dot{x}-\dot{y}) + k(x-y) = 0 \quad —(1)$$

ただし y は変位励振である．これが

$$y = Y\sin\omega t$$
$$\dot{y} = \omega Y\cos\omega t$$

より，式(1)は

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = c\omega Y\cos\omega t + kY\sin\omega t$$

これを変形すると

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega_n\dot{x} + \omega_n^2 x = 2\zeta\omega_n\omega Y\cos\omega t + \omega_n^2 Y\sin\omega t \quad —(2)$$

特解を　$x = C\cos\omega t + D\sin\omega t$　とし，式(2)に代入すると．

$$\{(\omega_n^2-\omega^2)C + 2\zeta\omega_n\omega D\}\cos\omega t + \{(\omega_n^2-\omega^2)D - 2\zeta\omega_n\omega C\}\sin\omega t$$
$$= 2\zeta\omega_n\omega Y\cos\omega t + \omega_n^2 Y\sin\omega t$$

両辺の $\cos\omega t$ および $\sin\omega t$ の係数を比較すると，

$$\begin{cases} (\omega_n^2-\omega^2)C + 2\zeta\omega_n\omega D = 2\zeta\omega_n\omega Y \\ -2\zeta\omega_n\omega C + (\omega_n^2-\omega^2)D = \omega_n^2 Y \end{cases}$$

これより

$$C = \frac{-2\zeta(\omega/\omega_n)^3 Y}{\{1-(\omega/\omega_n)^2\}^2 + \{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2}, \quad D = \frac{\{1+(4\zeta^2-1)(\omega/\omega_n)^2\}Y}{\{1-(\omega/\omega_n)^2\}^2 + \{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2}$$

したがって，特解は，

$$x = \frac{Y}{\{1-(\omega/\omega_n)^2\}^2 + \{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2}\left[-2\zeta(\omega/\omega_n)^3\cos\omega t + \{1+(4\zeta^2-1)(\omega/\omega_n)^2\}\sin\omega t\right]$$

$$= \frac{\sqrt{1+\{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2}\,Y}{\sqrt{\{1-(\omega/\omega_n)^2\}^2 + \{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2}}\sin(\omega t - \phi)$$

ただし

$$\phi = \tan^{-1}\frac{2\zeta(\omega/\omega_n)^3}{1+(4\zeta^2-1)(\omega/\omega_n)^2}$$

採点	

平成 26 年度　安井研模試

担当：小川

科目	熱力学

名前＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

問題 1

第 1 法則の式から次式を導け。

（1）　$(\partial u/\partial T)_v = c_v + v(\partial p/\partial T)_v$　[10点]

（2）　$(\partial h/\partial v)_T = T(\partial p/\partial T)_v + v(\partial p/\partial v)_T$　[10点]

ヒント：（2）は Maxwell の関係式　$(\partial p/\partial T)_v = (\partial s/\partial v)_T$　を用いる。

第1法則

① $dq = du + pdv$

② $dq = dh - vdp$

第2法則

$dq = Tds$

(1) ①より　$du = dq - pdv$

$= Tds - pdv$

体積一定として dT で割ると

$$\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v = T\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_v + v\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v$$

$$= C_v + v\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v$$

(2) ②より　$dh = dq + vdp$

$= Tds + vdp$

温度一定として dv で割ると

$$\left(\frac{\partial h}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T + v\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T$$

$$= T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v + v\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T$$

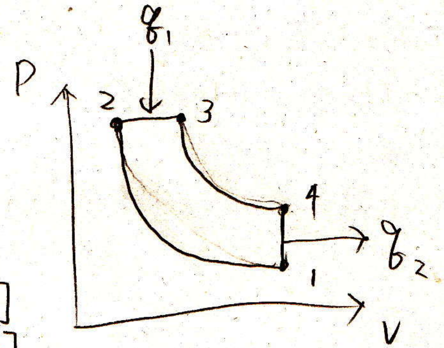
問題 2

ディーゼルサイクルを考える。圧縮比 12、圧縮始めは 0.1MPa、280K で 1 サイクルあたり 1250kJ/kg の熱供給がある。作動流体は空気とする。ただし、空気は理想気体とし、次の性質を持つものとして計算せよ。

比熱比　$\kappa = 1.400$

定圧比熱　$c_p = 1.005\ [kJ/(kg \cdot K)]$

定容比熱　$c_v = 0.718\ [kJ/(kg \cdot K)]$



（1）　圧縮後の圧力と温度を求めよ。 [20点]

（2）　加熱後の圧力と温度を求めよ。 [20点]

（3）　膨張後の圧力と温度を求めよ。 [20点]

（4）　熱効率を求めよ。 [20点]

$\varepsilon = 12 \quad P_1 = 0.1\ \mathrm{MPa} \quad T_1 = 280\ \mathrm{K} \quad q_1 = 1250\ \mathrm{kJ/kg} \quad \kappa = 1.4$

(1)
$$P_2 = P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa} = P_1\varepsilon^{\kappa} = 0.1 \times 12^{1.4} = 3.242 \rightarrow P_2 = 3.24\ [\mathrm{MPa}]$$
$$T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1} = T_1\varepsilon^{\kappa-1} = 280 \times 12^{0.4} = 756.537 \rightarrow T_2 = 757\ [\mathrm{K}]$$

(2) $q_1 = C_p(T_3 - T_2)$ より
$$T_3 = T_2 + \frac{q_1}{C_p} = 756.537 + \frac{1250}{1.005} = 2000.318 \rightarrow T_3 = 2000\ [\mathrm{K}]$$
$$P_3 = P_2 = 3.242 \rightarrow P_3 = 3.24\ [\mathrm{MPa}]$$

(3)
$$T_4 = T_3\left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\kappa-1}$$
$$V_3 = V_2\left(\frac{T_3}{T_2}\right),\ V_2 = \frac{V_1}{\varepsilon} \text{ より } V_3 = \frac{V_1}{\varepsilon}\cdot\frac{T_3}{T_2} = 0.2203 \cdot V_1$$
$$T_4 = T_3 \times 0.2203^{0.4} = 1092.206 \rightarrow T_4 = 1092\ [\mathrm{K}]$$
$$P_4 = P_3\left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\kappa} = 3.242 \times 0.2203^{1.4} = 0.38997 \rightarrow P_4 = 0.39\ [\mathrm{MPa}]$$

(4)
$$q_2 = C_v(T_4 - T_1) = 0.718(1092.206 - 280) = 583.163\ \mathrm{kJ/kg}$$
$$\eta = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{583.163}{1250} = 0.5334 \fallingdotseq 0.53$$

採点	

科目	流体力学

名前＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

1．図 1 のように、水平に円管とノズルがフランジを介して取り付けられている。その中を水が流れており、ノズル出口から噴出している。水の密度を ρ、重力加速度を g、円管の内径を d とする。円管内及びノズル出口の断面内の流速は一様で、それぞれ U_1、U_2である。また、流れは定常である。このとき以下の問いに答えよ。ただし、流れの損失はないものとする。

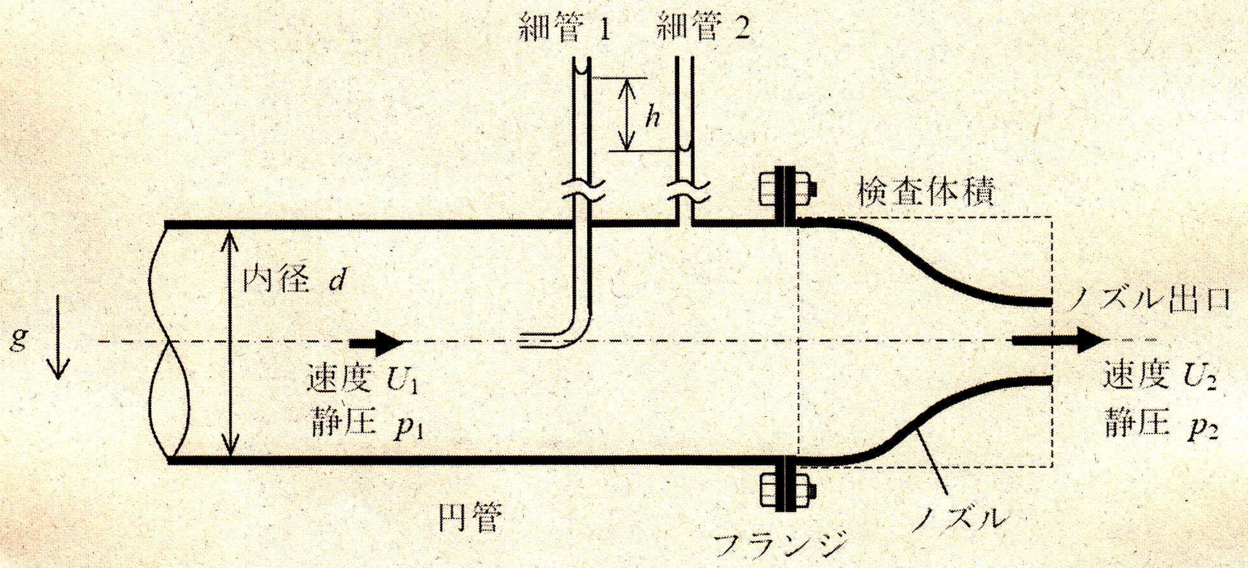


図 1 フランジで取り付けられた円管とノズル

(1) 図 1 のように、円管の側壁へ鉛直上向きに 2 本の細管を設置して細管内の水面高さを測定したところ、細管 1 内の水面高さが細管 2 の水面高さよりも hだけ高くなった。なお、両細管の上端とノズル出口は大気開放されている。また、細管 1 の下部は 90 度曲げられており、その先端は円管の中心軸に沿って上流に向けられている。このとき、U_1と hの間に成り立つ関係を示せ。

(2) ノズル出口での静圧 p_2を、円管内の静圧 p_1、及び ρ、U_1、U_2を用いて表せ。

(3) 図中の点線のような検査体積を考える。検査体積の入口断面を流れる水の質量流量を求めよ。

(4) 検査体積に流入する運動量に対して、流出する運動量はどれだけ増加するか。運動量の増分を ρ、d、U_1、U_2を用いて表せ。

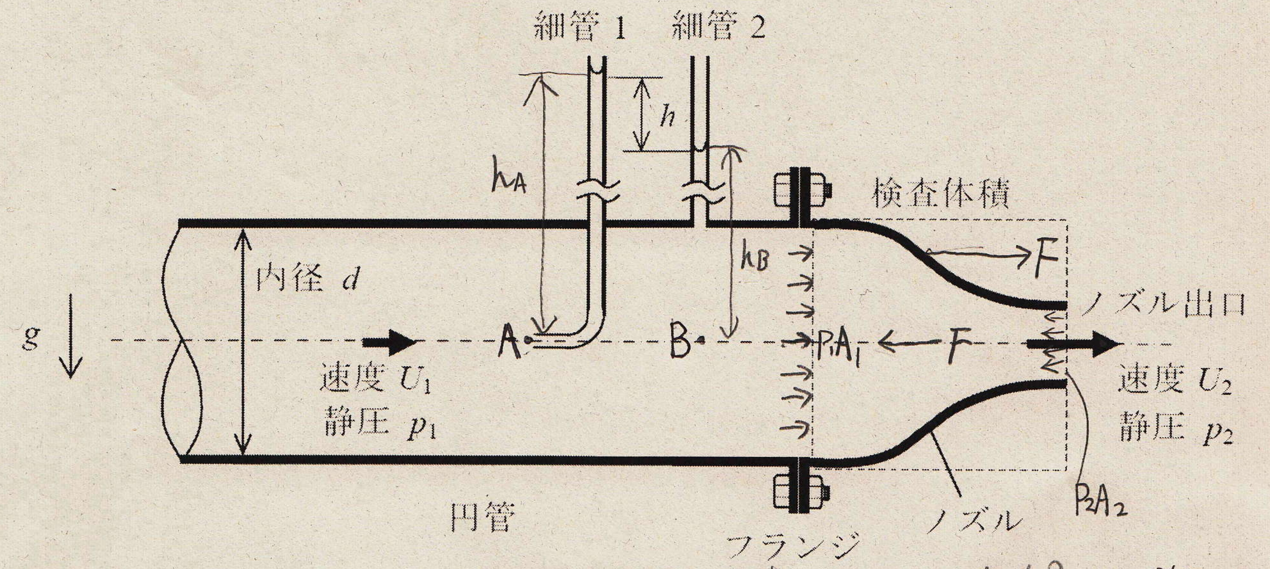
(5) フランジを引き離そうとする力 Fを ρ、d、U_1、U_2を用いて表せ。なお、検査体積の右端断面の圧力は、ノズル出口の水の静圧 p_2と等しいと近似できる。

解答は解答用紙へ

科目	流体力学

名前　解答例

解答用紙



(1) 図中A点、B点について、ベルヌーイの式より

$$\frac{P_A}{\rho}+\frac{U_A^2}{2}+gz_A=\frac{P_B}{\rho}+\frac{U_B^2}{2}+gz_B \cdots ①$$

細管1の先端はよどみ点のため、$U_A=0$

また、A点とB点の基準面からの高さは等しいため

①式は
$$\frac{P_A}{\rho}=\frac{P_B}{\rho}+\frac{U_B^2}{2} \cdots ②$$

$P_A=\rho g h_A$, $P_B=\rho g h_B$, $U_B=U_1$より、

②式は
$$\frac{\rho g h_A}{\rho}=\frac{\rho g h_B}{\rho}+\frac{U_1^2}{2}$$
$$h_A-h_B=\frac{U_1^2}{2g}$$
$$h=\frac{U_1^2}{2g} \;//$$

(2) ベルヌーイの式より

$$\frac{U_1^2}{2}+\frac{P_1}{\rho}+gz_1=\frac{U_2^2}{2}+\frac{P_2}{\rho}+gz_2$$

$z_1=z_2$より

$$\frac{U_1^2}{2}+\frac{P_1}{\rho}=\frac{U_2^2}{2}+\frac{P_2}{\rho} \quad \therefore P_2=\rho\left(\frac{U_1^2}{2}-\frac{U_2^2}{2}+\frac{P_1}{\rho}\right) //$$

(3) 連続の式より 体積流量 $Q\,[\mathrm{m^3/s}]$ は

$$Q=A_1U_1$$

$A_1=\frac{\pi}{4}d^2$ より、$Q=\frac{\pi}{4}d^2U_1$

また、質量流量 $\dot{m}\,[\mathrm{kg/s}]$ は

$$\dot{m}=\rho Q=\rho\frac{\pi}{4}d^2U_1 \;//$$

(4) 流出する運動量 − 流入する運動量

$$=\dot{m}U_{out}-\dot{m}U_{in}$$

$U_{out}=U_2$, $U_{in}=U_1$ より

$$=\dot{m}(U_2-U_1)=\rho\frac{\pi}{4}d^2U_1(U_2-U_1) \;//$$

(5) 運動量保存則より

$\dot{m}U_{out}-\dot{m}U_{in}=$ 流体に与えた力

$$=-F+P_1A_1-P_2A_2$$

（フランジを引き離す力の反作用として、流体には$-F$の力がかかる）

したがって、$F=-\rho\frac{\pi}{4}d^2U_1(U_2-U_1)+P_1A_1-P_2A_2$

ノズル出口では噴出しているので、$P_2=0$と考える

さらに、(2)で求めた式を用いると、$P_1=\frac{\rho}{2}(U_2^2-U_1^2)$

以上をまとめるとFは、

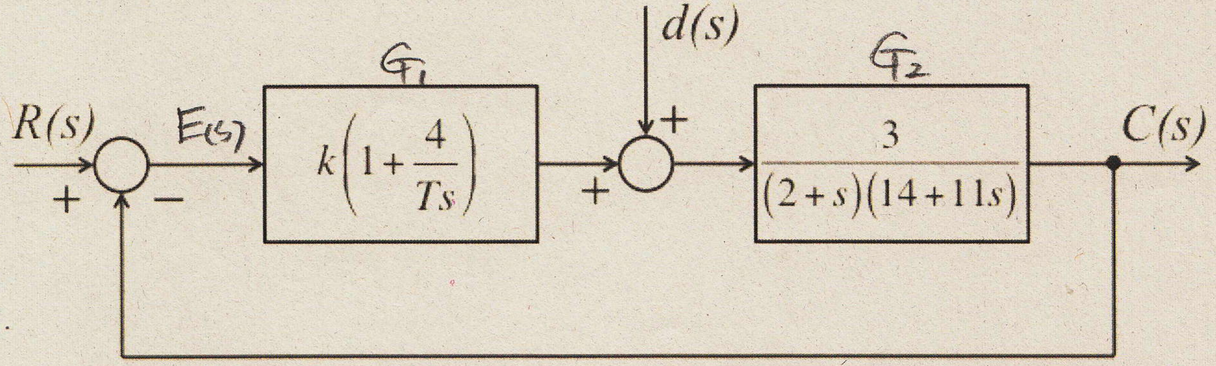
$$F=\frac{\rho\pi d^2}{8}(U_2^2-2U_1U_2-U_1^2) \;//$$

採点	

科目	自動制御理論

名前　解答例

次の制御系に対して設問に答えよ．



(1)　制御系が安定であるための条件を求めよ．：40点

(2)　目標値の単位ランプ状入力に対する定常偏差を求めよ．：~~30点~~

(3)　単位ランプ状外乱に対する定常偏差を求めよ．：~~30点~~　60点

(1) $G_0(s) = G_1G_2$

$1+G_0(s)=0$

$1+k\left(1+\frac{4}{Ts}\right)\left\{\frac{3}{(2+s)(14+11s)}\right\}$

$=\dfrac{Ts(2+s)(14+11s)+3(kTs+4k)}{Ts(2+s)(14+11s)}$

$=11Ts^3+36Ts^2+(28T+3kT)s+12k$　10点

ラウス配列は．

s^3	$11T$	$28T+3kT$
s^2	$36T$	$12k$
s^1	$\dfrac{36T(28T+3kT)-11T\cdot 12k}{36T}$	
s^0	$12k$	

安定条件は，

$\left.\begin{array}{l} a_0=11T>0 \\ a_1=36T>0 \end{array}\right\}$ $\underline{T>0}$　10点

$a_2=\dfrac{36T^2(28+3k)-132Tk}{36T}>0$

$\underline{T(28-3k)-\frac{11}{3}k>0}$　10点

$a_3=12k>0$　$\underline{k>0}$　10点

(2) $E(s)=R(s)-C(s)$

$C=\{(R-C)G_1+d\}G_2$　10点

$=\dfrac{G_1G_2}{1+G_1G_2}R+\dfrac{G_2}{1+G_1G_2}d$　10点

$\therefore E=\dfrac{1}{1+G_1G_2}R-\dfrac{G_2}{1+G_1G_2}d$　10点

目標値単位ランプ入力は，

$R(s)=\frac{1}{s^2}$

定常偏差は，

$e(\infty)=\lim_{s\to 0} sE(s)$

$=\lim_{s\to 0} s\cdot\dfrac{1}{1+G_1G_2}\cdot\dfrac{1}{s^2}$

$=\dfrac{7T}{3k}$　15点

(3) 外乱単位ランプ入力は，

$d(s)=\frac{1}{s^2}$

定常偏差は，

$e(\infty)=\lim_{s\to 0} sE(s)$

$=-\dfrac{T}{4k}$　15点

採点	100

科目	生産加工

名前＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ニッケルクロム鋼の平フライス削りを行っている．被削材幅 80 mm, 被削材長さ 800 mm, 切込み深さ 5 mm の平面削りで，使用するフライスは直径 70 mm，刃数 14 枚の高速度鋼の平フライスである．

(1) フライス盤の主軸回転数とテーブル送り量を算出せよ．ただし，切削速度は 20 m/min とする．[70 点]

(2) 上記問題において加工時間は何分になるか．ただし，フライスカッターのアプローチ長さは 20 mm，オーバートラベル長さの合計値も 20 mm とする．[30 点]

(1) 切削速度 20 m/min より，

$$\frac{\pi DN}{1000} = V \quad \rightarrow \quad \frac{\pi \times 70 \times N}{1000} = 20$$

したがって，$N = \frac{2\times10^4}{\pi\times70} = 90.945 \approx 91$　　主軸回転数は 91 rpm となる．

表 1 より，1 刃あたりの送り量は 0.15 mm/tooth なので，テーブル送り量は，

$$0.15 \times 14 \times 91 = 191.1 \text{（mm/min）}$$

(2) $t_m = \frac{L+A+m+n}{S} = \frac{800+20+20}{191.1} = 4.395 \approx 4.4$（分）

表 1　フライス作業における 1 刃あたりの送り量

工作物	ブリネル硬さ	引張強さ kgf/mm^2	溝フライス mm/tooth	平フライス mm/tooth	側フライス mm/tooth	エンドミル mm/tooth	総形フライス mm/tooth
鋳　鉄（軟）	170	20	0.2	0.25	0.07	0.05	0.04
鋳　鉄（硬）	220	25	0.1	0.15	0.05	0.02	0.02
炭素鋼（軟）	140	50	0.2	0.25	0.07	0.05	0.04
炭素鋼（硬）	220	75	0.1	0.15	0.06	0.03	0.03
ニッケルクロム鋼	220	75	0.1	0.15	0.06	0.03	0.03
アルミニウム	35	15	0.15	0.2	0.07	0.05	0.04
銅	-	-	0.2	0.25	0.1	0.05	0.05

採点	