

平成28年度

機械設計技術者試験  
1級 試験問題 II

第2時限 12:40～14:40 (120分)

4. 実 技 課 題

実技課題 Aグループ

※3問中の1問を選択して解答して下さい。

実技課題 Bグループ

※6問中の3問を選択して解答して下さい。

平成28年11月20日実施

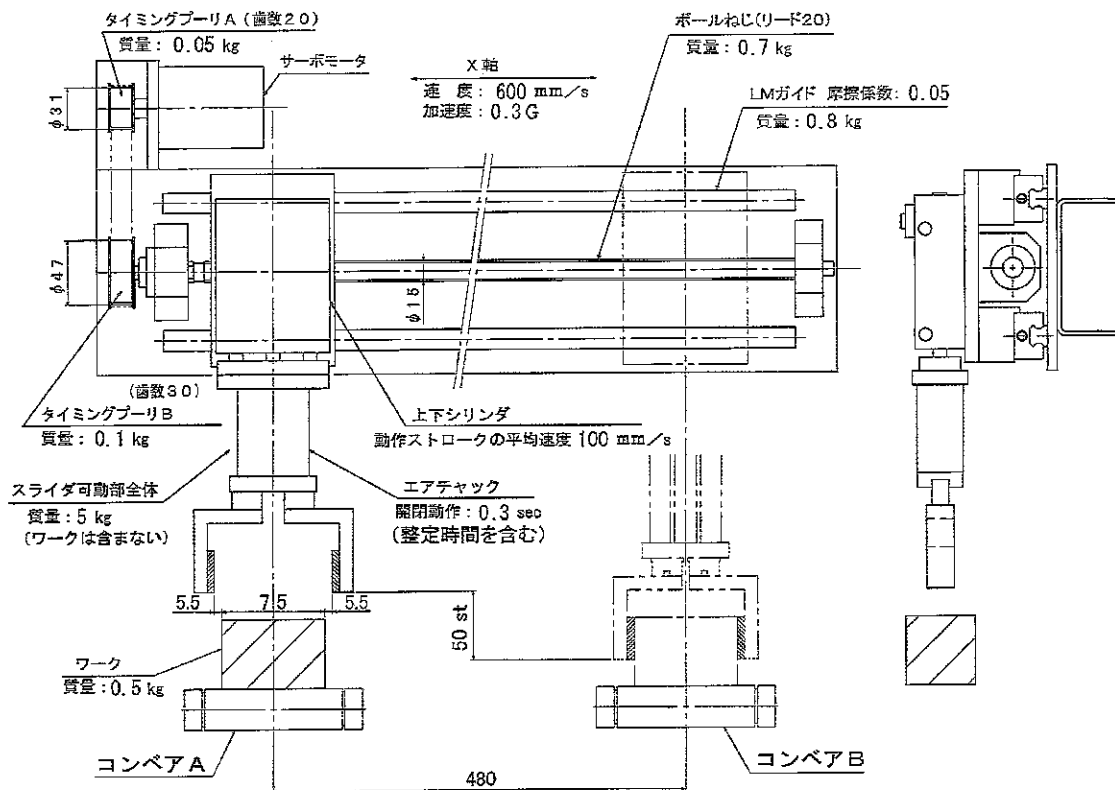
主催：一般社団法人 日本機械設計工業会

## [4. 実技課題]

### Aグループ

[4A-1] 次の図は、ワークをコンベアAからコンベアBへ移載するユニットの機構図である。

この装置についての下記設問 (1) ~ (3) に答えよ。



[1 サイクル動作]

- ① ヘッド下降
- ② ワーク把持
- ③ ヘッド上昇
- ④ コンベアA→Bへ移動
- ⑤ ヘッド下降
- ⑥ ワーク離し
- ⑦ ヘッド上昇
- ⑧ コンベアB→Aへ移動

サーボモータの仕様

項目	記号	仕様
定格出力	$P$	50 W
定格トルク	$T_r$	0.16 N·m
最大トルク	$T_{max}$	0.48 N·m
定格回転速度	$N_r$	3000 min <sup>-1</sup>
最大回転速度	$N_{max}$	5000 min <sup>-1</sup>
ロータイナーシャ	$J_m$	0.025 × 10 <sup>-4</sup> kg·m <sup>2</sup>
ロータイナーシャに対する 負荷イナーシャ比	—	30 以下

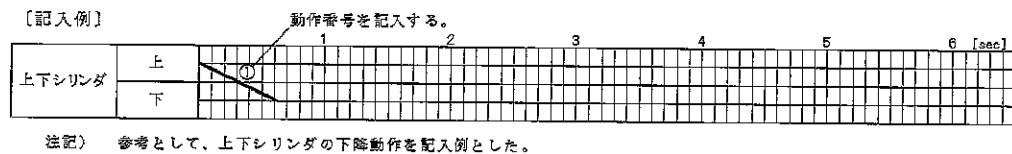
設問：

(1) 図に示す条件、ストロークで動作させる時の各動作時間を求め、1サイクルのタイミングチャートを作成せよ。解答は、解答用紙の解答欄に記入せよ。

ただし、1サイクルタイムを6sec以内として、各動作毎に整定時間0.1secを考慮すること。

1) ①～⑧の各動作時間の算出

2) 1サイクルのタイミングチャートの作成



(2) 下記のイナーシャを算出せよ。

必要に応じて、添付【参考資料】「一般的なイナーシャとその計算方法」を利用せよ。

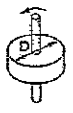
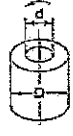
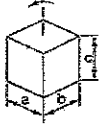
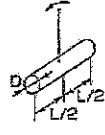
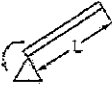
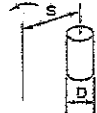
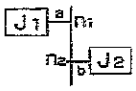
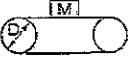
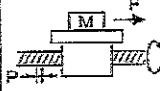
- 1) タイミングプーリAのイナーシャ  $J_1$  [kg·m<sup>2</sup>]
- 2) タイミングプーリBのイナーシャ  $J_2$  [kg·m<sup>2</sup>]
- 3) ボールねじのイナーシャ  $J_3$  [kg·m<sup>2</sup>]
- 4) 可動部全体（ワークを含む）のイナーシャ  $J_4$  [kg·m<sup>2</sup>]
- 5) モータ出力軸にかかる全負荷イナーシャ  $J_L$  [kg·m<sup>2</sup>]

(3) 下記項目を算出し、計画しているサーボモータの使用の可否を判定せよ。

- 1) イナーシャ比  $J_L / J_m$
- 2) モータ出力軸回転速度  $N$  [s<sup>-1</sup>]
- 3) 定速時に必要なモータの走行トルク  $T_L$  [N·m]  
ただし、機械効率は0.85とする。
- 4) 加速時に必要なモータの最大トルク  $T_a$  [N·m]

[参考資料]

一般的なイナーシャとその計算方法

形状	Jの算出式	形状	Jの算出式
円板 	$J = \frac{1}{8} MD^2$ [kg·m <sup>2</sup> ] M: 質量 [kg] D: 外径 [m]	中空円筒 	$J = \frac{1}{8} M(D^2 + d^2)$ [kg·m <sup>2</sup> ] M: 質量 [kg] D: 外径 [m] d: 内径 [m]
角柱 	$J = \frac{1}{12} M(a^2 + b^2)$ [kg·m <sup>2</sup> ] M: 質量 [kg] a, b, c: 各一辺の長さ [m]	均一棒 	$J = \frac{1}{48} M(3D^2 + 4L^2)$ [kg·m <sup>2</sup> ] M: 質量 [kg] D: 外径 [m] L: 長さ [m]
直棒 	$J = \frac{1}{3} ML^2$ [kg·m <sup>2</sup> ] M: 質量 [kg] L: 長さ [m]	離れた棒 	$J = \frac{1}{8} MD^2 + MS^2$ [kg·m <sup>2</sup> ] M: 質量 [kg] D: 外径 [m] S: 距離 [m]
減速機 	a軸換算イナーシャ $J = J_1 + \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 J_2$ [kg·m <sup>2</sup> ] n <sub>1</sub> : a軸の回転速度 [min <sup>-1</sup> ] n <sub>2</sub> : b軸の回転速度 [min <sup>-1</sup> ]		
コンベア 	$J = \frac{1}{4} MD^2$ [kg·m <sup>2</sup> ] M: コンベア上の質量 [kg] D: ドラム径 [m] ※ ドラムのJは含まない	ボールねじ 	$J = J_b + \frac{M \cdot P^2}{4\pi^2}$ [kg·m <sup>2</sup> ] M: 質量 [kg] P: リード J <sub>b</sub> : ボールねじJ

〔4A-2〕 ある工場の屋内に、図1のような壁掛けジブクレーンを設置したい。

主な仕様を次に示す。

定格荷重（質量）	4000 kg
電動ホイスト質量	400 kg
巻上速度	5 m/min
走行速度	5 m/min
揚程	4 m
電源	220 V、60 Hz
荷重の割増し	衝撃係数 1.25 作業係数 1.05

下記の設問（1）～（4）に答えよ。

（1）電動ホイストが、図1のX点=①、Y点=②の位置にあるときの、ジブに加わるモーメント図を描き、最大モーメント及び軸力を求めよ。

（2）設問（1）の計算によるジブの使用部材（資料2を参照）を決定せよ。

なお、座屈係数は資料1を参照し、許容応力は  $14 \text{ kN/cm}^2$  とする。

ただし、ジブ及びレールの自重は考慮しなくてよい。

レール、I 200×150×9×16 を使用し、ジブには溶接せず、レール押えで取り付ける。

使用レール仕様

寸法 (mm)					断面積 ( $\text{cm}^2$ )	単位質量 ( $\text{kg/m}$ )	断面2次モーメント ( $\text{cm}^4$ )		断面2次半径 (cm)		断面係数 ( $\text{cm}^3$ )	
H×B	$t_1$	$t_2$	$r_1$	$r_2$			$I_x$	$I_y$	$i_x$	$i_y$	$Z_x$	$Z_y$
200×150	9	16	15	7.5	64.16	50.4	4490	771	8.37	3.47	449	103

（3）つり棒に加わる最大荷重を求め、棒鋼（SS400）の直径を求めよ。

許容応力は  $14 \text{ kN/cm}^2$  とする。

（4）ベースプレート（A）、（B）に加わる最大の水平力、垂直力、モーメントを求めよ。

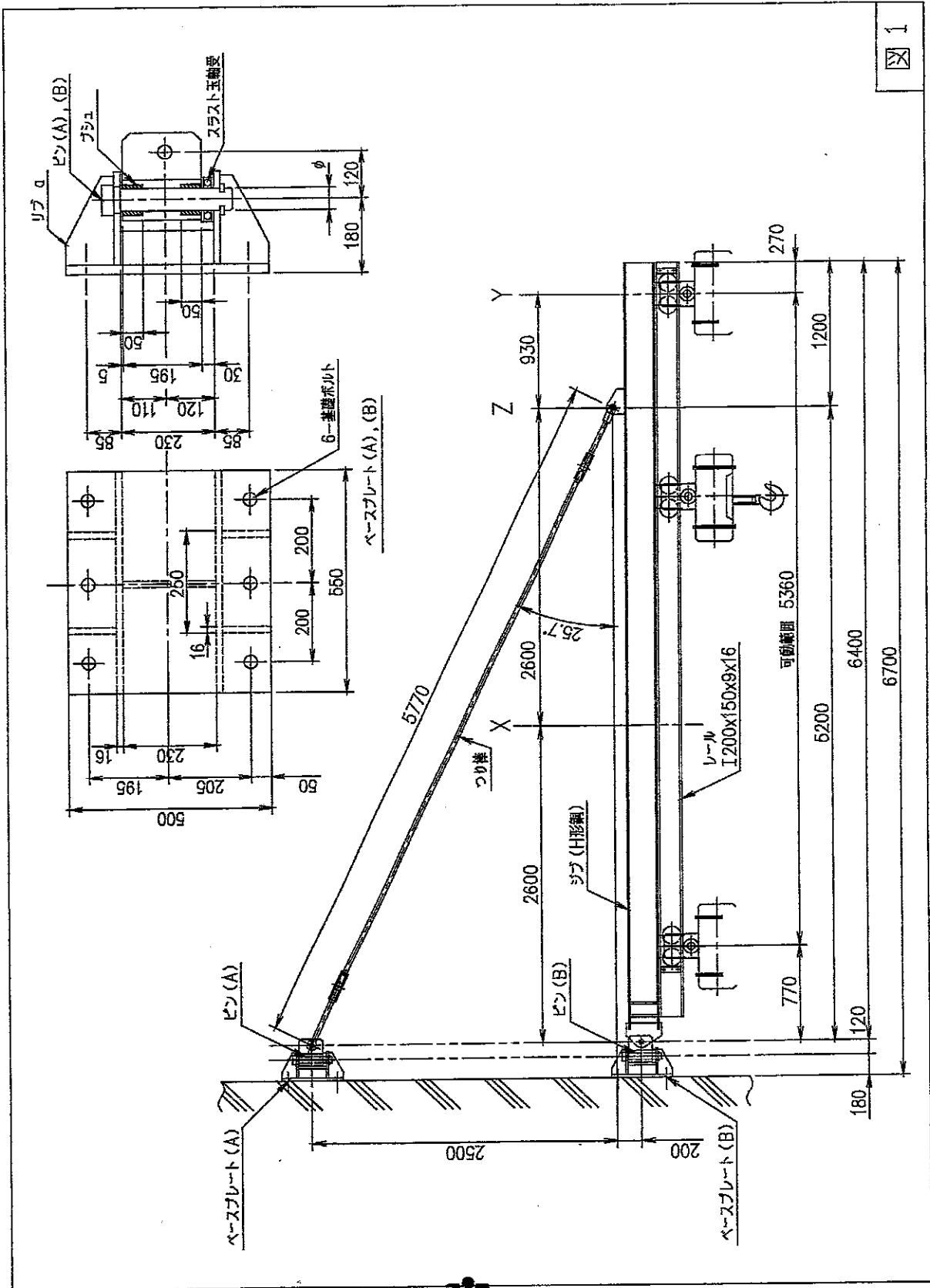


図 1

資料 1

座屈係数  $\omega$

[降伏点が240 N/mm<sup>2</sup> [24 kgf/mm<sup>2</sup>] 以下の鋼材に適用]

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
20	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	20
30	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.13	30
40	1.14	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20	40
50	1.21	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	50
60	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.39	1.40	60
70	1.41	1.42	1.44	1.45	1.46	1.48	1.49	1.50	1.52	1.53	70
80	1.55	1.56	1.58	1.59	1.61	1.62	1.64	1.66	1.68	1.69	80
90	1.71	1.73	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86	1.88	90
100	1.90	1.92	1.94	1.96	1.98	2.00	2.02	2.05	2.07	2.09	100
110	2.11	2.14	2.16	2.18	2.21	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39	110
120	2.43	2.47	2.51	2.55	2.60	2.64	2.68	2.72	2.77	2.81	120
130	2.85	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.17	3.22	3.26	130
140	3.31	3.36	3.41	3.45	3.50	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	140
150	3.80	3.85	3.90	3.95	4.00	4.06	4.11	4.16	4.22	4.27	150
160	4.32	4.38	4.43	4.49	4.54	4.60	4.65	4.71	4.77	4.82	160
170	4.88	4.94	5.00	5.05	5.11	5.17	5.23	5.29	5.35	5.41	170
180	5.47	5.53	5.59	5.66	5.72	5.78	5.84	5.91	5.97	6.03	180
190	6.10	6.16	6.23	6.29	6.36	6.42	6.49	6.55	6.62	6.69	190
200	6.75										200

資料 2

H形鋼の標準断面寸法、断面積、単位質量及び断面特性

呼称寸法 (高さ×2L)	標準断面寸法 mm			断面積 cm <sup>2</sup>	単位質量 kg/m	参考						
	H×B	t				断面二次モーメント cm <sup>4</sup>		断面二次半徑 cm		断面係数 cm <sup>3</sup>		
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>			I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>	
100×40	100×50	5	7	8	11.85	9.30	167	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91
100×100	100×100	6	8	8	21.89	16.9	378	134	4.18	2.49	75.6	26.7
125×60	125×60	6	8	8	16.69	13.1	409	20.1	4.95	1.82	65.5	9.71
125×125	125×125	6.5	9	8	30.00	23.6	839	293	5.29	3.13	134	46.9
150×75	150×75	5	7	8	17.85	14.0	666	49.5	6.11	1.66	88.8	19.2
150×100	148×100	6	9	8	26.85	20.7	1000	150	6.17	2.39	185	30.1
150×150	150×150	7	10	8	39.65	31.1	1620	563	6.40	3.77	216	75.1
175×90	175×90	5	8	8	22.90	18.0	1210	97.5	7.26	2.06	188	21.7
175×175	175×175	7.5	11	13	51.43	40.4	2908	984	7.50	4.37	331	112
200×100	198×99	4.5	7	8	22.69	17.3	1540	113	8.25	2.24	156	22.9
200×150	200×150	5.5	8	8	26.57	20.9	1810	134	8.23	2.24	181	26.7
200×200	200×200	6	9	8	38.11	29.9	2630	507	8.30	3.65	271	67.6
250×125	248×124	5	8	8	31.99	25.1	1980	1700	8.35	4.88	498	167
250×175	244×175	7	11	13	55.49	43.6	6040	984	10.4	4.21	498	112
250×250	250×250	9	14	13	91.43	71.8	10700	3650	10.8	6.32	660	292
300×150	298×149	5.5	8	13	40.80	32.0	6320	442	12.4	3.29	494	59.3
300×200	294×200	8	12	13	71.05	55.8	11100	1600	12.5	4.75	756	160
300×300	294×302	12	12	13	106.3	83.4	16600	5510	12.5	7.20	1130	365
350×100	346×174	6	9	13	52.45	41.2	11000	791	14.5	3.88	698	91.0
350×175	350×175	7	11	13	62.91	49.4	13500	984	14.6	3.96	771	112

〔4A-3〕 高層ビルの給水装置としては、地上のポンプから送った水を貯水する方式に2つの方法がある。ビルの屋上の高架水槽に貯水する方法と、ポンプ出口に圧力密閉タンクを設置するかの2方法である。本問題は、後者の圧力密閉貯槽システムの方式で、圧力タンクCは2次ポンプと考えてよい。

図1のような装置で、水槽AよりポンプBおよび圧力タンクCにより給水点Dまで給水する。ポンプBは、予圧された圧力タンクCの下限水位で起動し、上限水位で停止するものとし、タンクからの給水量は、下限水位のとき毎分  $0.05 \text{ m}^3$  とする。これにより、下記の設問 (1) ~ (4) に答えよ。

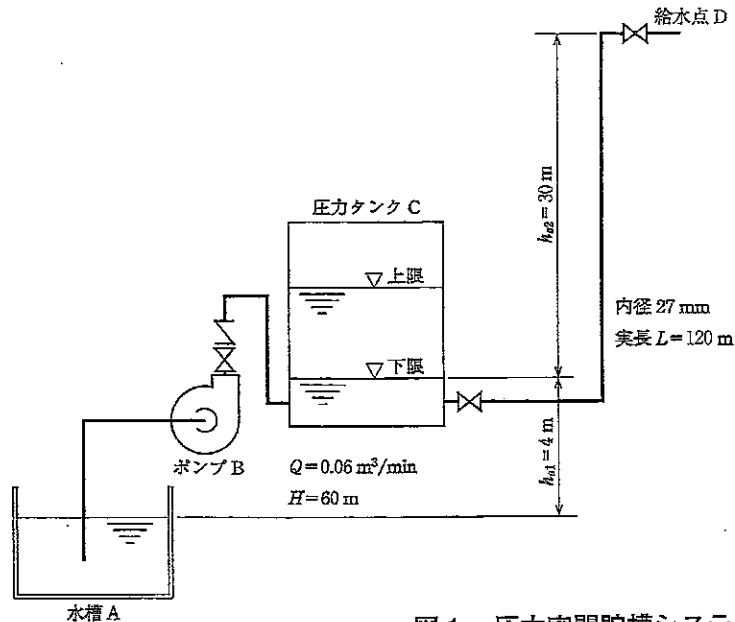


図1 圧力密閉貯槽システム

設問

(1) 圧力タンクCの下限水位より給水点Dまでの実揚程  $h_{22} = 30 \text{ m}$ 、給水管内径  $27 \text{ mm}$ 、実長  $120 \text{ m}$  として、必要なタンク内の最低圧力 (絶対圧)  $p_1$  [MPa] abs を求めよ。

タンクの最低圧力としては、タンクから給水点Dまでの全揚程に相当する圧力が必要である。必要に応じて、下記の式①、②を参考としてよい。(大気圧を  $p_a$  とする)

$$p_1 = p_a + \rho \cdot g \cdot (h_{22} + h_f) \dots\dots ① \quad h_f = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots ②$$

但し、給水管の管摩擦係数  $\lambda = 0.03$  とし、管摩擦以外の損失は無視できるものとする。

(2) 圧力タンクC内下限水位のときの水量をタンク容積の30%としたとき、タンク注水前の必要空気圧 (絶対圧)  $p_0$  [MPa] abs を求めよ。

ただし、タンク内空気の容積と圧力の変化関係は  $P \cdot V^{1.2} = \text{Const.}$  とする。



- (3) 圧力タンクの上限水位でポンプが停止し下限水位で起動するまでのタンクの有効保水量を  $0.25\text{m}^3$  とした場合、タンクの全容積を求めよ。

ただし、ポンプの全揚程  $H=60\text{ m}$ 、吐出量  $Q=0.06\text{ m}^3/\text{min}$ 、水槽からタンク下限水位までの実揚程  $h_{a1}=4\text{ m}$  とし、タンク上限水位時のタンク内圧力  $p_2$  [MPa] abs は、下記の式③によるものとする。(大気圧を  $p_a$  とする)

$$p_2 = \rho \cdot g \cdot (H - h_{a1}) + p_a \quad \dots\dots③$$

- (4) 内径  $D=900\text{ mm}$  の鋼板製タンク (薄肉円筒) を製作し、図2のように歪みゲージを円周線に一致して取り付けた。上限水位のとき、ゲージの読みが  $\varepsilon_1=203.5 \times 10^{-6}$  となった。タンクの胴部板厚  $t$  [mm] を求めよ。

必要に応じて、下記の式④⑤⑥を参考としてよい。

◦ 円周方向応力  $\sigma_1 = \frac{p \cdot D}{2 \cdot t} \quad \dots\dots④$

◦ 軸方向応力  $\sigma_2 = \frac{p \cdot D}{4 \cdot t} = \frac{\sigma_1}{2} \quad \dots\dots⑤$

◦  $p$ : 上限水位時の内圧、 $D$ : 円筒の内径、 $t$ : 胴部の板厚

◦  $\varepsilon_1 = \frac{1}{E} (\sigma_1 - \nu \sigma_2) = \frac{1}{E} (\sigma_1 - \nu \frac{\sigma_1}{2}) = \frac{\sigma_1}{E} (1 - \frac{\nu}{2}) \quad \dots\dots⑥$

◦ 縦弾性係数  $E=206\text{ GPa}$

◦ ポアソン比  $\nu=0.3$

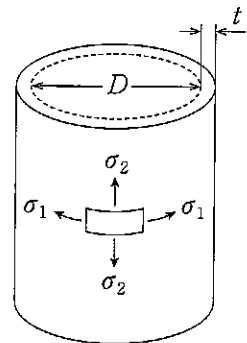
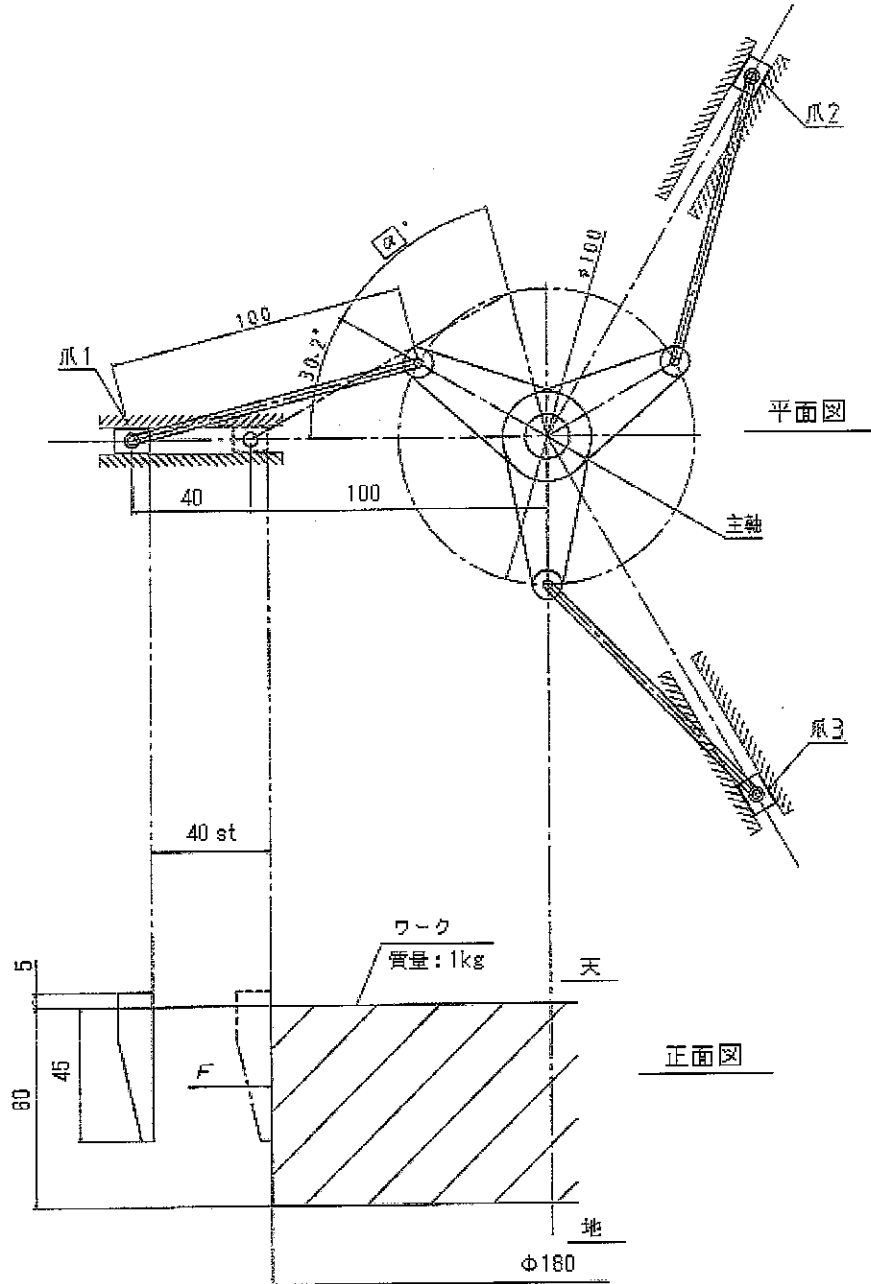


図2 圧力タンクの応力

## [4. 実技課題]

### Bグループ

[4B-1] 次の図は3つの爪チャックの機構図である。主軸に直結されているモータを回転させることで爪1～3が同調して開閉する。この爪チャック機構について、下記設問(1)～(3)に答えよ。



- (1) ワーク把持に必要な1爪あたりの力  $F$  [N] を求めよ。  
ただし、ワークが滑らない為の安全率は4とし、爪とワークの摩擦係数は0.2とする。
- (2) ワーク把持時の主軸の回転角度  $\alpha$  [°] を求めよ。
- (3) 把持に必要な主軸の回転トルク  $T$  [N·m] を求めよ。  
ただし、機構部全体の効率を0.8とする。

[4B-2] 下図に示すような昇降装置がある。ワークの質量を  $m=40$  [kg] として、下記の設問 (1) ~ (3) について答えよ。

(1) エアーシリンダに必要な最大推力  $F_c$  を求めて、シリンダ径を下記の〔数値群〕より選定し、該当する番号を解答用紙の解答欄に記入せよ。

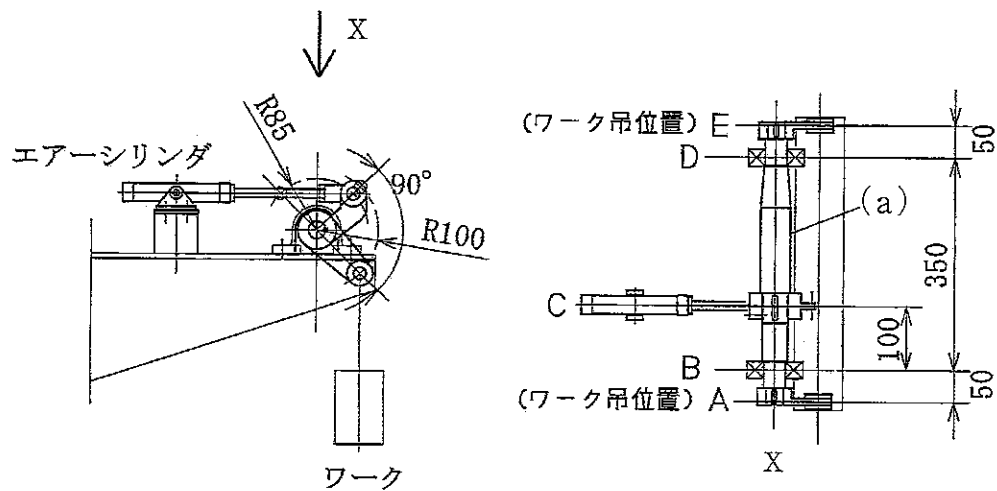
ただし、供給空気圧を  $0.5$  [MPa] とし、装置の自重、回転部の摩擦抵抗、起伏時の慣性力は考慮しないものとする。

〔数値群〕 シリンダ径  $\phi$  / ロッド径  $\phi$  : 単位 mm

- ① 32/12      ② 40/16      ③ 50/20      ④ 63/20  
 ⑤ 80/25      ⑥ 100/30      ⑦ 125/36

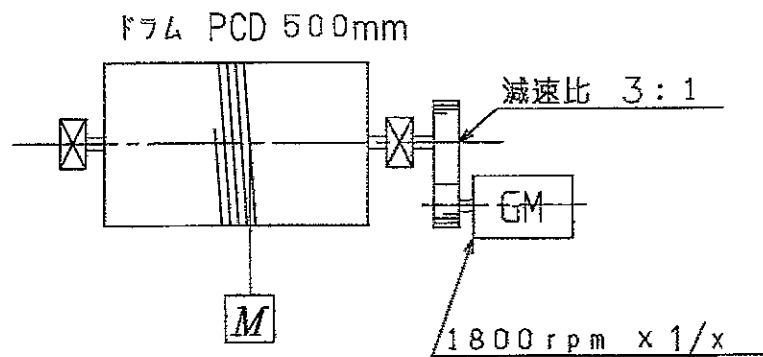
(2) 軸受BおよびDに作用する最大荷重  $R_B$ ,  $R_D$  [N] を求めよ。

(3) 軸 (a) に生じる最大曲げモーメント  $M_{\max}$  [N·m] と最大ねじりモーメント  $T_{\max}$  [N·m] を求めよ。



〔4B-3〕 下図は巻上げ装置の概略を示す。

仕様   ワークの質量： $M=600$  kg  
      つり上げ速度： $v=6$  m/min



下記の設問 (1) ~ (4) に答えよ。

(1) 静止状態のとき、ギヤードモータ (GM) の出力軸に加わるトルクを求めよ。

(2) モータの出力を求め、下記より決定せよ。

ただし、慣性力は考慮しなくてよい。

0.2   0.4   0.75   1.5   2.2   3.7   5.5 (kW)

(3) ギヤードモータの減速比を求めよ。

(4) 設問 (2) で求めた出力 (kW) による、出力軸のトルクを求めよ。

〔4B-4〕 下図はホップの4本脚架台を示す。

条件 ホップの質量（内容物共） : 40 000 kg

地震時 質量の40%の荷重が水平方向に作用するものとする。

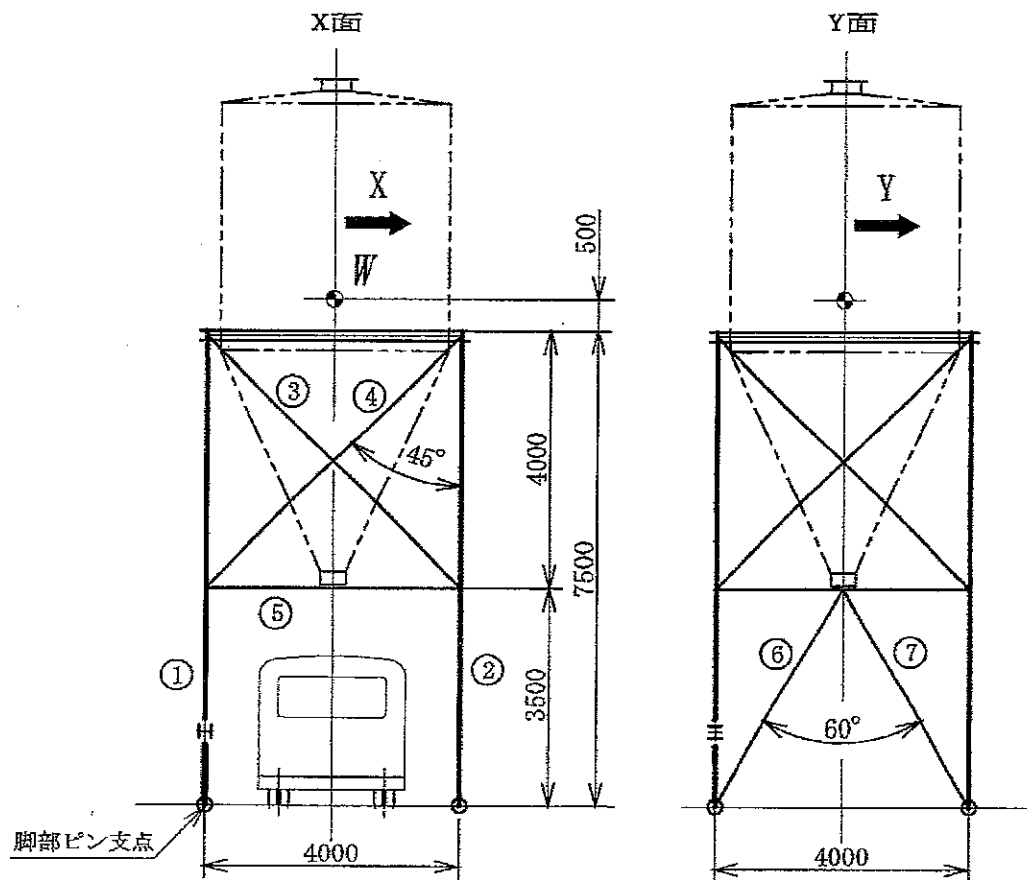
下記の設問（1）（2）に答えよ。

（1）水平荷重がX方向と、Y方向に作用するとき、部材①～⑦に加わる荷重を計算して  
解答用紙の表に記入せよ。

（2）部材①②について、資料1、2参照の上、使用部材を決定せよ。

計算の条件

X面の①②部材は、下から上まで通し柱とし、他の部材の接合点はピン接合として計算のこと、また、2階部分の斜材③④は引張り材とする。



資料 1

座屈係数  $\omega$

【降伏点が240 N/mm<sup>2</sup> [24 kgf/mm<sup>2</sup>] 以下の鋼材に適用】

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
20	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	20
30	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.13	30
40	1.14	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20	40
50	1.21	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	50
60	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.39	1.40	60
70	1.41	1.42	1.44	1.45	1.46	1.48	1.49	1.50	1.52	1.53	70
80	1.55	1.56	1.58	1.59	1.61	1.62	1.64	1.66	1.68	1.69	80
90	1.71	1.73	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86	1.88	90
100	1.90	1.92	1.94	1.96	1.98	2.00	2.02	2.05	2.07	2.09	100
110	2.11	2.14	2.16	2.18	2.21	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39	110
120	2.43	2.47	2.51	2.55	2.60	2.64	2.68	2.72	2.77	2.81	120
130	2.85	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.17	3.22	3.26	130
140	3.31	3.36	3.41	3.45	3.50	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	140
150	3.80	3.85	3.90	3.95	4.00	4.06	4.11	4.16	4.22	4.27	150
160	4.32	4.38	4.43	4.49	4.54	4.60	4.65	4.71	4.77	4.82	160
170	4.88	4.94	5.00	5.06	5.11	5.17	5.23	5.29	5.36	5.41	170
180	5.47	5.53	5.59	5.66	5.72	5.78	5.84	5.91	5.97	6.03	180
190	6.10	6.16	6.23	6.29	6.36	6.42	6.49	6.55	6.62	6.69	190
200	6.75										200

資料 2

矩形鋼の標準断面寸法、断面積、単位質量及び断面特性

呼称寸法 (高さ×型)	標準断面寸法 mm			断面積 cm <sup>2</sup>	単位質量 kg/m	断面二次モーメント cm <sup>4</sup>						断面二次半徑 cm						断面係数 cm <sup>3</sup>	
	H×B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>			r	I <sub>x</sub>		I <sub>y</sub>		I <sub>z</sub>		i <sub>x</sub>		i <sub>y</sub>		Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>	
							I <sub>x1</sub>	I <sub>x2</sub>	I <sub>y1</sub>	I <sub>y2</sub>	I <sub>z1</sub>	I <sub>z2</sub>	i <sub>x1</sub>	i <sub>x2</sub>	i <sub>y1</sub>	i <sub>y2</sub>	Z <sub>x1</sub>	Z <sub>x2</sub>	
100×50	100	50	5	7	0	11.65	9.50	187	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91						
100×100	100	100	6	8	0	21.89	16.9	378	184	4.18	2.49	75.6	26.7						
125×60	125	60	6	8	0	16.69	13.1	409	29.1	4.95	1.82	65.5	9.71						
125×125	125	125	6.5	9	8	30.00	23.6	839	298	5.29	3.18	184	46.9						
150×75	150	75	5	7	8	17.85	14.0	666	49.5	6.11	1.65	88.8	18.2						
150×100	148	100	6	9	8	26.95	20.7	1,000	180	6.17	2.89	135	30.1						
160×150	150	150	7	10	9	39.65	31.1	1,620	565	6.40	3.77	216	75.1						
175×90	175	90	5	8	8	22.90	18.0	1,210	97.5	7.26	2.06	188	21.7						
175×175	175	175	7.5	11	13	51.42	40.4	2,908	984	7.50	4.87	331	112						
200×100	198	99	4.5	7	8	22.69	17.8	1,840	118	8.25	2.24	156	22.9						
200×200	200	200	5.5	8	8	26.67	20.9	1,810	184	8.23	2.24	181	26.7						
200×150	194	150	6	9	8	38.11	29.9	2,630	507	8.30	3.65	271	67.6						
200×200	200	200	6	12	13	68.89	49.9	4,720	1,600	8.62	6.02	472	160						
*200×204	*200	*204	12	12	13	71.59	56.2	4,930	1,700	8.35	4.88	493	167						
250×125	248	124	5	8	8	31.99	25.1	3,490	255	10.4	2.82	278	41.1						
250×185	250	185	6	9	8	36.97	29.0	3,960	294	10.4	2.82	317	47.0						
250×175	244	175	7	13	18	55.49	43.6	6,040	904	10.4	4.21	495	112						
250×250	250	250	9	14	18	91.83	71.8	10,700	3,650	10.8	6.32	850	292						
*250×255	*250	*255	14	14	18	103.9	81.6	11,400	3,880	10.5	6.11	912	304						
300×150	298	149	8.5	8	13	40.80	32.0	6,320	442	12.4	3.29	424	59.3						
300×150	300	150	6.5	9	18	46.78	36.7	7,210	508	12.4	3.29	481	67.7						
300×200	294	200	8	12	13	71.05	55.8	11,100	1,600	12.5	4.75	756	160						
*300×302	*300	*302	12	12	13	106.3	83.4	16,600	5,510	12.5	7.20	1,120	305						
300×300	300	300	10	15	18	110.4	93.0	20,200	6,750	13.1	7.55	1,350	450						
300×300	300	300	15	15	18	133.4	105	21,300	7,100	12.6	7.30	1,420	466						
350×175	346	174	6	9	13	52.45	41.2	11,000	791	14.5	3.88	688	91.0						
350×175	350	175	7	11	13	62.91	49.4	13,500	904	14.6	3.96	771	112						

参考

〔4 B-5〕 製鉄所や発電所では、高圧高温の蒸気を発生する装置としてボイラがあり、その燃焼ガスの排出のために煙突が設備されている。下記の文章を参考として、設問 (1)、(2)、(3) に答えよ。

(1) 煙突の通風力について述べた次の文章中の空欄を埋めるのに、最も適切な語句または数値を下記〔語句群〕から選び、その番号を解答欄に記入せよ。(重複使用可)

製鉄所や発電所では、高圧高温の蒸気を発生する装置としてボイラがあり、その燃焼ガスの排出のために煙突が設備されている。

煙突の目的は燃焼室に通風力を与えること、排煙の放出を上空で行うことにより、 を低下させることにある。煙突の通風力は、煙突内の燃焼ガスと、外気との  によって生ずる煙突底部での  によるものであり、排ガス温度が高く外気との  が大きいほど、また煙突高さが高いほど大きくなる。

通風方式には、煙突の通風力だけによる  のほか、送風機を用いる  があるが、簡単のため  の場合の煙突の通風力について考えると、煙突排ガスの上昇は  が高いほど、 が大きいほど大となるが、排ガス吐出速度は通常、 [m/s] 程度である。

〔語句群〕

- |             |        |         |           |
|-------------|--------|---------|-----------|
| ① 負圧        | ② 高温領域 | ③ 重量差   | ④ 煤煙量     |
| ⑤ 高速        | ⑥ 密度差  | ⑦ 着地濃度  | ⑧ 自然通風    |
| ⑨ 圧力通風      | ⑩ 吐出速度 | ⑪ 強制通風  | ⑫ (15～20) |
| ⑬ (1.5～2.0) | ⑭ 直径   | ⑮ 排ガス温度 |           |

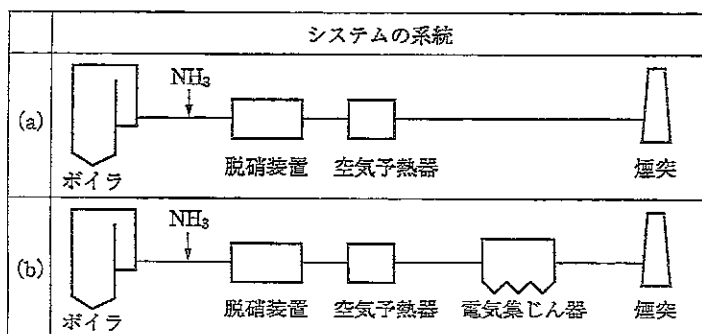


図1 ボイラのシステムの系統

(注) NH<sub>3</sub> (アンモニア) は、還元剤として、燃焼によって発生する NO<sub>x</sub> (窒素酸化物) を脱硝する。

(2) 煙突の通風力および煙突高さを計算せよ。

(i) 図1 (a) に示すようなボイラのシステムにおいて、高さ 50 m の煙突内の平均ガス温度が 215℃、外気温度が 27℃ の場合、この煙突の通風力  $P$  を求めよ。

(ii) つぎに、図1 (b) に示すように、集塵装置を設置したところ、排ガス温度が 162℃ に下がった。集塵装置を設置する以前の通風力を得るためには、煙突高さ ( $H'$ ) を何 m 以上にすべきか。計算せよ。

参考として次式を示す。

$$P = g \cdot H (\rho_a - \rho_g)$$

$P$ : 煙突の理論通風力 [Pa]       $g$ : 重量の加速度 [ $\text{m/s}^2$ ]       $H$ : 煙突高さ [m]

$\rho_a$ : 外気の密度 [ $\text{kg/m}^3$ ]       $\rho_g$ : 排煙ガスの密度 [ $\text{kg/m}^3$ ]

燃焼ガスおよび空気を標準状態での密度  $1.3 \text{ kg/m}^3$  の完全ガスとすれば、

$$\rho_a = 1.3 \times 273 / (273 + t_a) \qquad \rho_g = 1.3 \times 273 / (273 + t_g)$$

$t_a$ : 外気の温度 [°C]

$t_g$ : 煙突ガスの温度 [°C]

(3) 下記の文章①～④の中で、通風に関する記述として正しいものはどれか、解答用紙の解答欄に答えよ。

- ① 通風の方法としては押込通風、吸引通風、平衡通風があるが、これを総称して、煙突通風という。
- ② 煙突の通風力は煙突の断面積に最も関係が深い。
- ③ 押込送風機、煙突、ダンパーによって通風力を調節する方法を押込通風という。
- ④ 通風力は煙突の高さだけに関係がある。



〔4 B-6〕 化学工場などにおいては、円筒形、球形、楕円体など各種の形状のガスタンクが実用されている。この問題では、形状の異なる2種のガスタンクの応力、強度、タンク重量について、下記の設問(1)～(3)に答えよ。

必要に応じて、図1および図2、並びに各設問に示す記述を参考にする事。

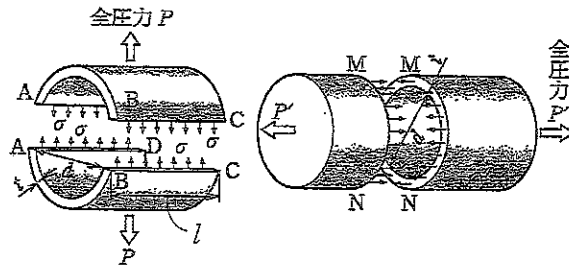


図1

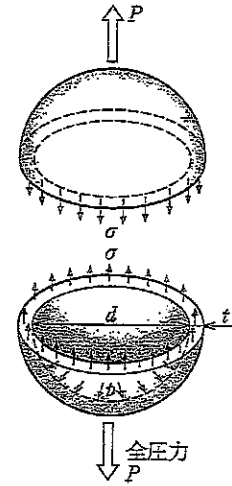


図2

- (1) 薄肉円筒形とした場合について、鋼板に生じる円周方向の応力  $\sigma_t$ 、軸方向の応力  $\sigma_a$  を求めよ。各部の寸法その他は下記とし、計算式を明記して計算せよ。
  - ・ 内径  $d=5$  m、軸方向の長さ  $l=6$  m、鋼板の厚さ  $t=60$  mm
  - ・ 保有ガスの圧力  $p=0.8$  MPa、同密度  $\rho=10.5$  kg/m<sup>3</sup>
  
- (2) 薄肉球形とした場合について、鋼板の断面に生じる引張応力  $\sigma_s$  を求めよ。各部の寸法その他は下記とし、計算式を明記して計算せよ。
  - ・ 内径  $d=6$  m、鋼板の厚さ  $t=60$  mm
  - ・ 保有ガスの圧力  $p=0.8$  MPa、同密度  $\rho=10.5$  kg/m<sup>3</sup>
  
- (3) (i) 円筒形タンクと球形タンクの両者共、同じ保有ガス量、同じ鋼板の引張応力とする場合、球形タンクとして必要な内径  $d_{s0}$ 、鋼板厚さ  $t_{s0}$  を求めよ。  
 (ii) この場合、タンク重量は、円筒タンクの何%に相当するか。両端の鏡(カガミ)板は半だ円体形であっても、表面積は大差ないので平板として計算してよい。

