

平成20年度

# 機械設計技術者試験

## 1 級 試験問題Ⅱ

第2時限 12：40～15：10（150分）

### ◆ 選 択 科 目 ◆

4. 産業機械
5. 荷役運搬機械
6. 化学環境機械

※ 1科目を選択して解答して下さい。

※ 選択した科目の解答用紙のみ提出して下さい。

平成20年11月23日実施

主催：社団法人 日本機械設計工業会



## [ 4. 産業機械 ]

4-1 図1のような油圧リフト装置がある。リフトは上下・左右合計4ヶ所のリニアガイドで支えられている。

次の設問に答えよ。

- (1) 荷物の質量 ( $M_1$ ) を  $2750\text{ kg}$ 、リフトの可動テーブルの質量 ( $M_2$ ) を  $820\text{ kg}$  として、静止中、1ヶ所のリニアガイドにかかる反力  $R$  [kN] を求めよ。
- (2) リフトストロークを  $1500\text{ mm}$  とする時、油圧ジャッキのストローク  $L$  [mm] はいくらか。
- (3) 油圧ジャッキの推力  $F$  [kN] を求めよ。  
ただし、リニアガイドの摩擦係数を  $\mu = 0.02$  とする。
- (4) 作動油の圧力を  $p = 14\text{ MPa}$  とする時、シリンダ内径  $D$  [mm] を求めよ。
- (5) 下図の速度パターン (30秒) で動かす時、この油圧ジャッキに必要な油圧ポンプの電動機動力  $P$  [kW] を求めよ。ただし、効率を  $\eta = 0.6$  とする。

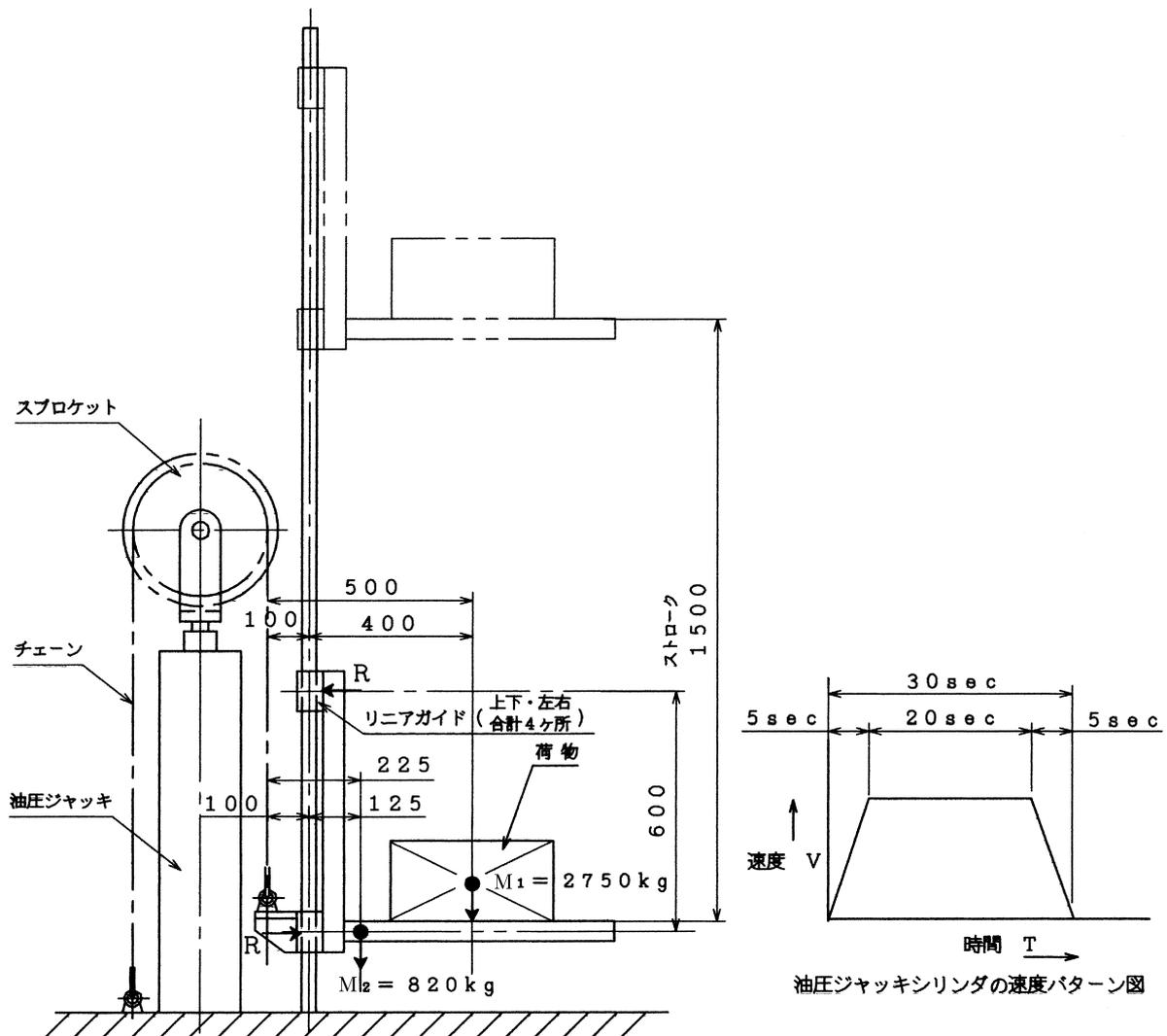


図1

4-2 図2のようなコンクリートブロック組立装置がある。この装置は、扇形のブロックを円周に配置し、トンネルを構築するのに使用される。この機械の図2の状態において、次の問に答えよ。ただし、機械の各部品の質量、機械効率は、無視するものとする。

コンクリートブロック質量 : 4000 kg  
油圧モータギヤ歯数 : 19  
リングギヤ歯数 : 456  
油圧モータトルク : 15.7 kN・m

- (1) 油圧モータ旋回トルクにより既設コンクリートブロックに組立中、コンクリートブロックが押し付けられる時に昇降ロッドに発生する最大曲げ応力  $\sigma$  [MPa] を求めよ。ただし、コンクリートブロックの質量は無視する。
- (2) 前問(1)の状態の時のブシュA, Bの面圧  $P_a$ ,  $P_b$  [MPa] を求めよ。ただし、ブシュ長さは250mmとする。
- (3) 重量軽減のためにロッド径320mm昇降ロッドを中空パイプに変更したい。ロッド外径450mmとして、ロッド径320mm昇降ロッドと同強度となるような肉厚  $t$  [mm] を決定せよ。
- (4) 昇降ジャッキはコンクリートブロック1リング分(ブロック6個分)を180°の位置で持ち上げ、かつ0°位置でブロック(1ピース)を吊り上げる能力が必要である。この2つの条件を満たす油圧ジャッキを下記より選定せよ。1リング持ち上げの安全率を1.4および1ピース吊り上げの安全率を6とする。推力計算式も記述せよ。
  - ① シリンダ内径50mm. ロッド径22mm 作動油の圧力20MPa
  - ② シリンダ内径75mm. ロッド径38mm 作動油の圧力7MPa
  - ③ シリンダ内径125mm. ロッド径60mm 作動油の圧力14MPa
  - ④ シリンダ内径150mm. ロッド径100mm 作動油の圧力10MPa
  - ⑤ シリンダ内径180mm. ロッド径110mm 作動油の圧力7MPa

※：装置概要：ブロック把持、組立の為の昇降機能及び0℃を基点に左右旋回機能を持つ

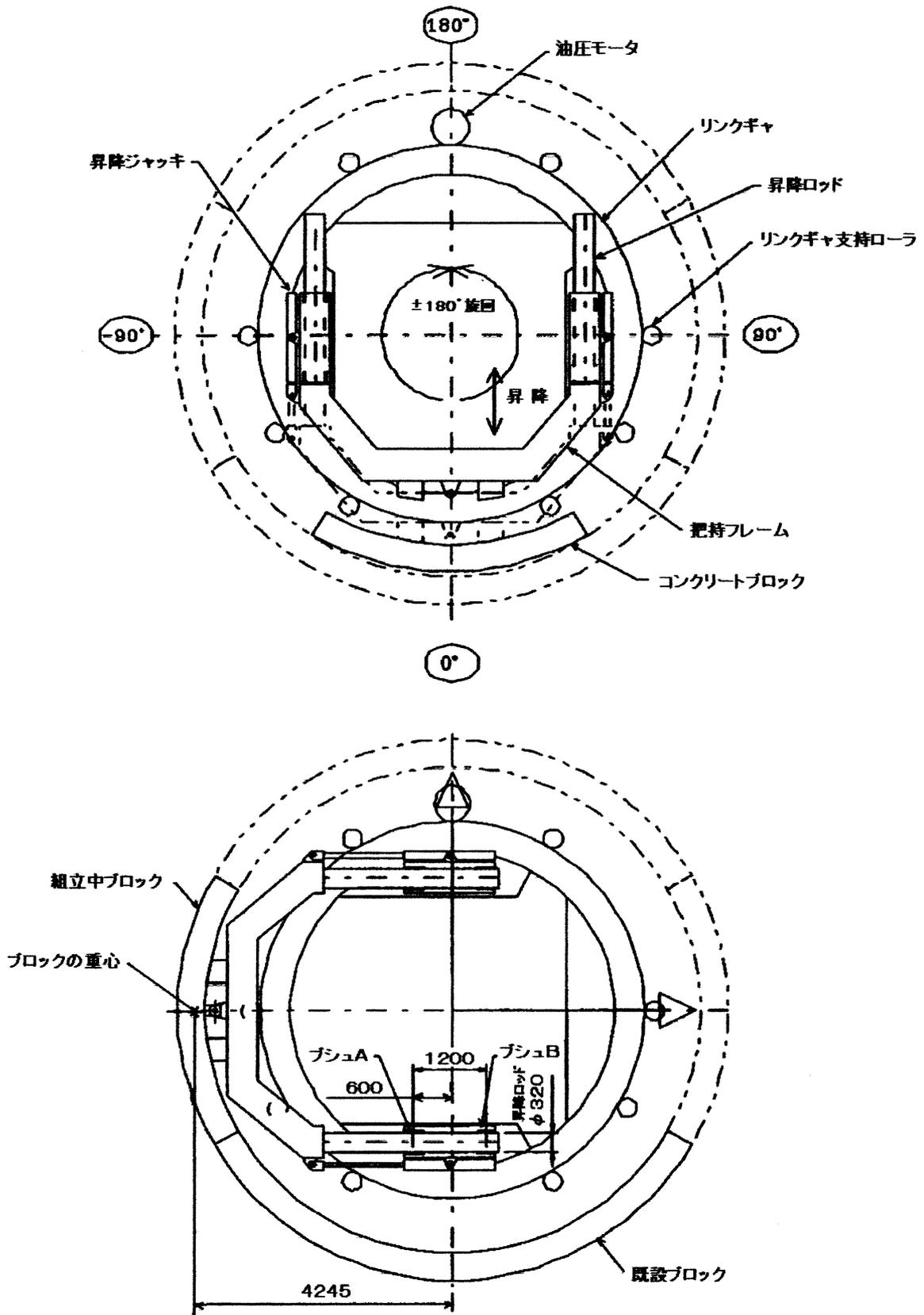


図 2

4-3 次の図3.1は、回転板、リンク、ラックにより、ベルト・プーリを介し、スライダを移動する機構である。スライダ部は、プーリと共に移動する。ただし、ラック及びスライダのガイド等は、略式にて図示している。また、スライダの速度パターンは、図3.2とする。

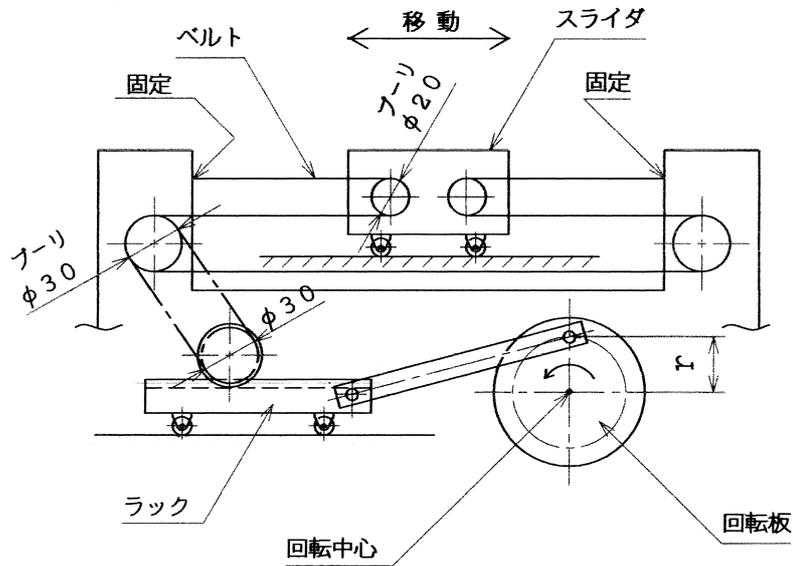


図3.1

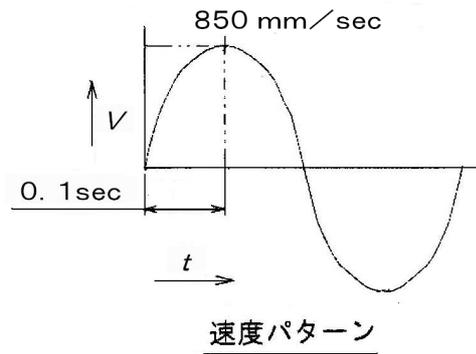


図3.2

伝達効率は、100%とする。

スライダ移動量：  $L$  mm

以上の条件により、次の設問に答えよ。

- (1) 回転板の回転速度  $N$  [rpm] を求めよ。
- (2) 回転板の回転半径  $r$  [mm] を求めよ。
- (3) スライダの移動量  $L$  [mm] を求めよ。



5-2 ある工場の屋内に別図のような天井クレーンを計画している。

主な仕様は次に示す。

定 格 荷 重 (質量)	10000kg
つりフック 質量	200kg
ト ロ リ 質量	3000kg
クレーン 本体質量	12000kg
巻 上 速 度	20m/min
走 行 速 度	40m/min

負荷による区分：状態として定格荷重の50%未満の荷重をつる。  
 荷重を受ける回数：5.0×10<sup>6</sup>回未満  
 つり上げ装置の使用時間：3200時間未満

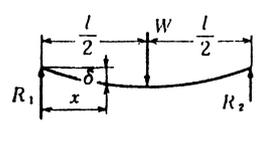
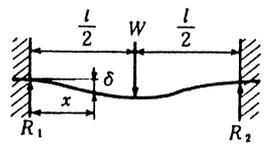
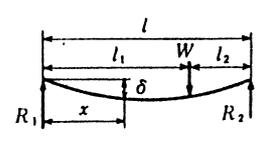
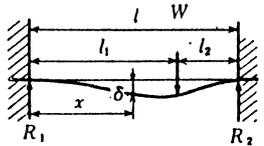
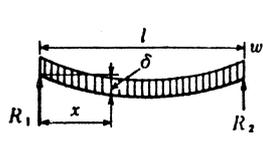
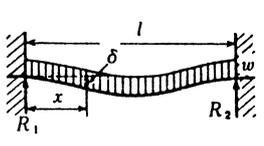
作 業 係 数	: 1.08	衝 撃 係 数	: 1.1
巻上装置の機械効率	: 0.85	走行装置の機械効率	: 0.8

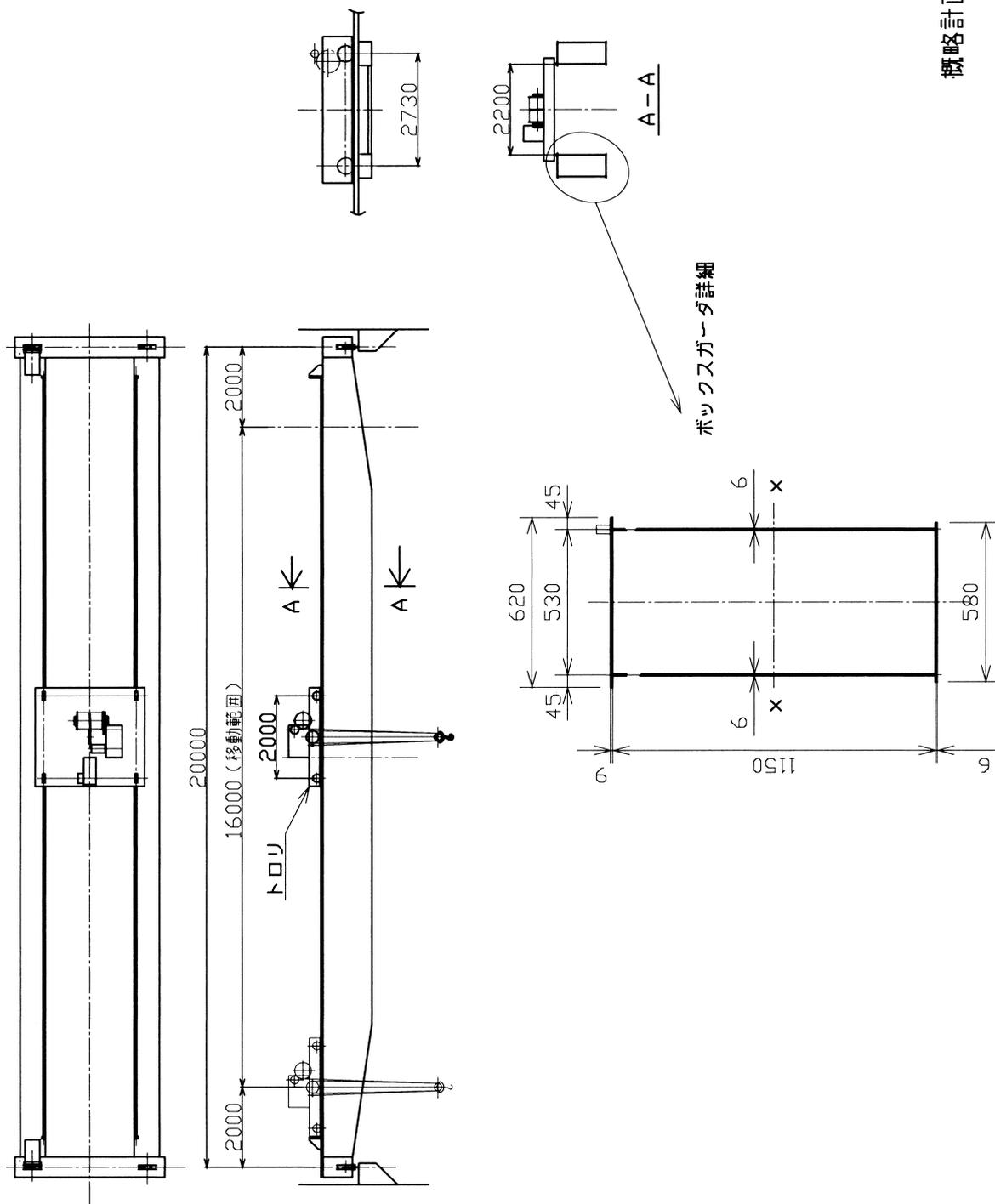
次の間に答えよ。

- (1) 巻上電動機の出力を求め、モータの出力は下記より選ぶこと。  
ただし、慣性力は考慮しないものとする。
- (2) 走行車輪に加わる最大荷重はいくらか。
- (3) 定格荷重をつって定格速度で走行するための出力を求めよ。  
走行抵抗は6.5×10<sup>-3</sup>KN/KNとし、モータは左右に1台とし、下記より選ぶこと。
- (4) 垂直静荷重がガーダに加わる最大曲げモーメントはいくらか。  
ボックスガーダ自重も概算で考慮のこと。
- (5) 垂直静荷重がガーダに加わる最大ねじりモーメントはいくらか。
- (6) ボックスガーダの x 軸の断面2次モーメント、断面係数を求めよ。  
ただし、レール、板の座屈材の重量は考慮しなくてよい。
- (7) ボックスガーダの最大たわみを求めて、たわみの限度内か検証せよ。

モータ出力 (kw) : 0.75 1.1 1.5 2.2 3.0 3.7 5.5 7.5 11 15 22 30 37

はりたわみの算式

荷 重	たわみ $\delta$	荷 重	たわみ $\delta$
	$\delta_{\max} = \frac{Wl^3}{48EI}$		$\delta_{\max} = \frac{Wl^3}{192EI}$
	$\delta_{\max} = \frac{Wl_2(l^2 - l_2^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EI l}$ ( $x = \frac{l}{3} \left( \frac{l^2 - l_2^2}{l^2} \right)^{1/2}$ にて)		$\delta_{\max} = \frac{2Wl_1^3 l_2^2}{3EI(3l_1 + l_2)^2}$ ( $x = \frac{2l_1 l}{3l_1 + l_2}$ にて)
	$\delta_{\max} = \frac{5\omega l^4}{384EI}$		$\delta_{\max} = \frac{\omega l^4}{384EI}$



概略計画図

## [ 6. 化学・環境機械 ]

6-1

(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 [A] を与えること、排煙の放出を [B] で行うことにより、[C] 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 [D] によって生ずる煙突底部での [E] によるものであり、排ガス温度が高く外気との [F] が大きいほど、また煙突高さが [G] ほど大きくなる。

通風方式には、煙突の通風力だけによる [H] のほか、送風機を用いる [I] があるが、簡単のため [J] 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 [K] が高いほど、[L] が大きいほど大となるが、排ガス吐出速度は通常、[M] [m/s] 程度である。

[語句群]

- |               |                 |          |           |
|---------------|-----------------|----------|-----------|
| 1. 熱交換        | 2. 通風力          | 3. 負圧    | 4. 高温領域   |
| 5. 重量差        | 6. 煤煙量          | 7. 上空    | 8. 高速     |
| 9. 密度差        | 10. 着地濃度        | 11. 圧縮力  | 12. 高い    |
| 13. 自然通風      | 14. 圧力通風        | 15. 吐出速度 | 16. 強制通風  |
| 17. (15 ~ 20) | 18. (1.5 ~ 2.0) | 19. 直径   | 20. 排ガス温度 |

(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50m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、煙突高さを何m以上にすべきか。

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]       $g$  : 重力の加速度 [m/s<sup>2</sup>]       $H$  : 煙突高さ [m]

$\rho_a$  : 外気の密度 [kg/m<sup>3</sup>]       $\rho_g$  : 排煙ガスの密度 [kg/m<sup>3</sup>]

燃焼ガスおよび空気を標準状態での密度 1.3kg/m<sup>3</sup>の完全ガスとすれば、

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

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

$t_a$ : 外気の温度 [°C]

$t_g$ : 煙突ガスの温度 [°C]

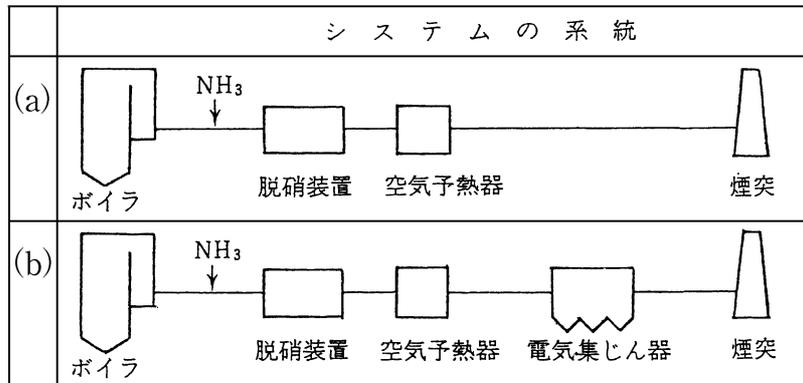
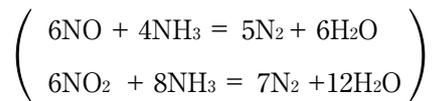


図1. ボイラのシステムの系統

(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> (NO、NO<sub>2</sub> 窒素酸化物) を脱硝する。



6-2 形状の異なる2種の高スタンク（図1、図2）について、次の問に答えよ。

- (1) 薄形円筒形とした場合の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する。

内径 $d = 5\text{m}$ 、高さ $h = 5\text{m}$ 、鋼板の厚さ $t = 60\text{mm}$

保有ガスの圧力 $p = 0.8\text{MPa}$ 、同密度 $\rho = 10.5\text{kg/m}^3$

- (2) 薄形球形とした場合の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する。

内径 $d = 5\text{m}$ 、鋼板の厚さ $t = 60\text{mm}$ 、

保有ガスの圧力 $p = 0.8\text{MPa}$ 、球形の体積 $V = \frac{1}{6}\pi d^3$

- (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。

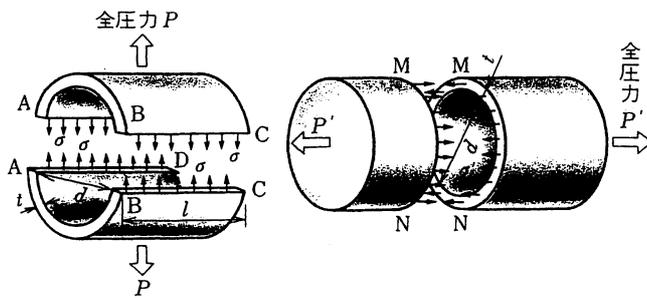


図1

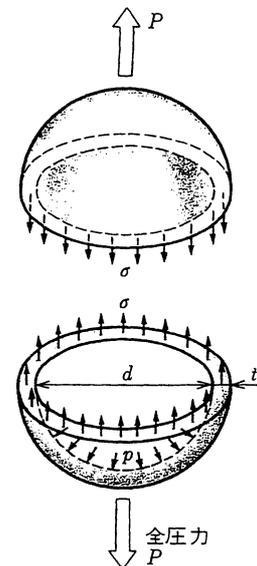
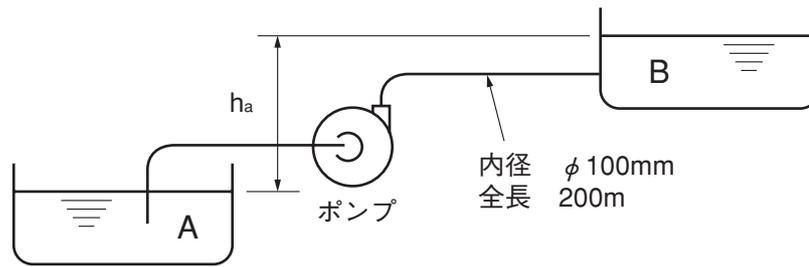


図2

- 6-3 図のように水槽 A から B へ内径 100 mm、長さ 200 m の鑄鉄管により渦巻ポンプで毎分  $0.85\text{m}^3$  送水する。これより下記の各設問に答えよ。



- (1) ポンプ効率を 70 % とした場合のポンプ軸動力を求めよ。ただし、鑄鉄管の管摩擦係数  $\lambda = 0.025$ 、実揚程  $h_a = 2\text{m}$  とし、管摩擦以外の損失は無視できるものとする。

ここで、管摩擦損失ヘッド  $h_f = \lambda \frac{\ell}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$  [m] とする。

また、全揚程  $H = h_a + h_f$  [m] である。

- (2) 添付の選定図より 80SE - 2.2kW (口径 80mm) のポンプを選んだ場合、要目表より吐出量 0.45、0.7、0.9  $\text{m}^3/\text{min}$  に対する全揚程 (m) を解答用紙のグラフにプロットし、曲線をつないで揚程曲線を描け。
- (3) 次に管路の抵抗曲線を解答用紙のグラフに描け。これは吐出量  $Q = 0.85\text{m}^3/\text{min}$  のとき、摩擦損失ヘッド (抵抗)  $h_f = 8.4\text{m}$  より、実揚程  $h_a = 2\text{m}$  に関係なく、管路による独自の抵抗であり、吐出量  $Q$  の 2 乗に比例する。

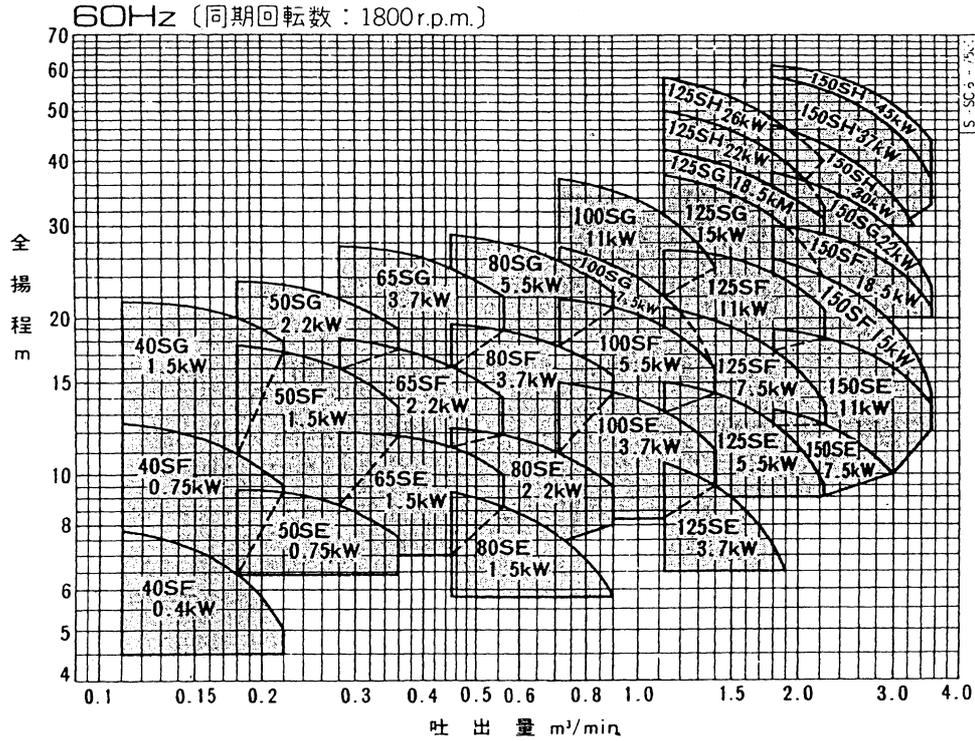
$$Q = 0.9 (\text{m}^3/\text{min}) \rightarrow \text{抵抗 } R_{0.9} = 8.4 \times (0.9 / 0.85)^2 \text{ [m]}$$

$$Q = 0.8 (\text{m}^3/\text{min}) \rightarrow \text{抵抗 } R_{0.8} = 8.4 \times (0.8 / 0.85)^2 \text{ [m]}$$

これら各数値、単位 [m] を実揚程  $h_a = 2\text{m}$  を基準としてプロットし、それらをつないで抵抗曲線が作図できる。

- (4) 揚程曲線と抵抗曲線との交点より、実際の吐出量  $Q\text{m}^3/\text{min}$  が求まるが、その値を解答用紙に記せ。

# 選定図



# 要目表

口径 mm	機名	相	出力 kW	吐出量 m <sup>3</sup> /min	全揚程 m	吐出量 m <sup>3</sup> /min	全揚程 m	吐出量 m <sup>3</sup> /min	全揚程 m
40	SFM	三相	0.4	0.11	7.8	0.17	6.7	0.22	5.0
	SFM		0.75	0.11	12.5	0.17	11.2	0.22	9.5
	SGM		1.5	0.11	21.6	0.17	20.4	0.22	18.0
50	SEM	三相	0.75	0.18	9.3	0.27	8.8	0.36	7.6
	SFM		1.5	0.18	17.8	0.27	16.2	0.36	13.5
	SGM		2.2	0.18	23.5	0.27	22.0	0.36	19.0
65	SEM	三相	1.5	0.28	12.0	0.42	11.5	0.56	10.0
	SFM		2.2	0.28	18.2	0.42	16.6	0.56	14.0
	SGM		3.7	0.28	27.5	0.42	25.5	0.56	22.0
80	SEM	三相	1.5	0.45	9.2	0.70	7.7	0.90	5.8
	SEM		2.2	0.45	12.2	0.70	11.0	0.90	9.5
	SFM		3.7	0.45	19.4	0.70	17.8	0.90	15.4
100	SGM	三相	5.5	0.45	29.0	0.70	26.0	0.90	22.5
	SEM		3.7	0.71	15.0	1.10	13.2	1.40	11.0
	SFM		5.5	0.71	21.8	1.10	19.5	1.40	16.0
125	SGM	三相	7.5	0.71	27.5	1.10	22.5	1.40	15.0
	SGM		11	0.71	37.0	1.10	32.0	1.40	25.0
	SEM		3.7	1.12	10.6	1.50	9.0	1.90	6.5
	SEM		5.5	1.12	15.0	1.70	13.0	2.24	9.4
	SFM		7.5	1.12	21.0	1.70	18.0	2.24	13.5
	SFM		11	1.12	27.0	1.70	25.0	2.24	20.5
	SGM		15	1.12	37.5	1.70	32.5	2.24	24.0
	SGM		18.5	1.12	42.0	1.70	37.0	2.24	31.0
150	SHM	三相	22	1.12	50.0	1.70	43.0	2.24	33.0
	SHM		26	1.12	58.0	1.70	50.0	2.24	40.0
	SEM		7.5	1.80	13.2	2.40	12.0	3.00	10.0
	SEM		11	1.80	19.0	2.70	17.0	3.55	13.5
	SFM		15	1.80	26.0	2.70	21.5	3.55	14.0
	SFM		18.5	1.80	30.0	2.70	27.0	3.55	21.0
	SGM		22	1.80	38.0	2.70	32.0	3.55	23.0
	SHM		30	1.80	47.0	2.70	38.0	3.30	30.0
150	SHM	三相	37	1.80	58.0	2.70	50.0	3.55	37.0
	SHM		45	1.80	61.0	2.70	55.0	3.55	44.0

- 6-4 暴風雨のため、貯水池の側壁や底面に付着していた固体微粒子が水中に混入したために貯水池の水が濁った。池の水深が 3m のとき、固体微粒子の最小粒径が  $10\mu\text{m}$  であれば、水が清く澄むまでに要する時間を求めることにする。  
ただし、微粒子の比重は 2.5、水温は  $10^\circ\text{C}$  とする。

なお、流体の粘度が極めて大きく、微粒子の落下速度が極めて小さい場合、微粒子は最終的には抵抗と浮力のために等速運動となる。この速度を終速度という。この落下における終速度を求める場合には、粒子を球状としたストークス\*の式  $F_D = 3\pi\mu vd$  から得られた次式が用いられる。

$$V = \frac{d^3 (\rho' - \rho) g}{18 \mu}$$

$V$  : 球の落下終速度 (m/s)       $\rho$  : 流体の密度  $999.7\text{ kg/m}^3$  ( $10^\circ\text{C}$ )

$d$  : 粒径  $10\mu\text{m}$        $\mu$  : 流体の粘度  $1.307 \times 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s}$

$\rho'$  : 粒子の密度 (比重は 2.5)

(注)\* ストークス (Stokes)

19世紀、英国の数学者、物理学者、流体中を一定の速度で動く球に働く抵抗力を式で示した。

動粘度 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) は、S I 単位以外では (St、ストークス) が用いられている。

これより次の間に答えよ

- (1) 粒子の落下終速度 (m/s) を求めよ
- (2) 落下時間はいくらか。

6-5 騒音についての次の文中の空欄の中に入れるべき最適な数値を解答用紙に記入せよ。

- (1) 点音源から距離  $r_1$  と  $r_2$  離れた 2 点の音圧レベル  $L_{S1}$  と  $L_{S2}$  との間には

$$L_{S1} - L_{S2} = 20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

の関係が得られる。すなわち、2 点間の距離が 2 倍になるごとに、音圧レベルは  dB ずつ減衰する。

- (2) これに対して無限線音源においては、音源から垂直距離  $r_1$  と  $r_2$  離れた 2 点の音圧レベル  $L_{S1}$  と  $L_{S2}$  との間には

$$L_{S1} - L_{S2} = 10 \log \frac{r_2}{r_1}$$

となり、2 点間の距離が 2 倍になるごとに  dB の減衰がある。

- (3) 対象とする騒音以外の音を暗騒音 (background noise) というが、対象の音があるときと、ないときの差が  dB 以上あれば暗騒音の影響は無視できる。この差が  dB 未満のときは、補正することで、対象の騒音が単独であるときの騒音レベルを推定できる。