

平成27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）

◆ 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27年11月15日実施

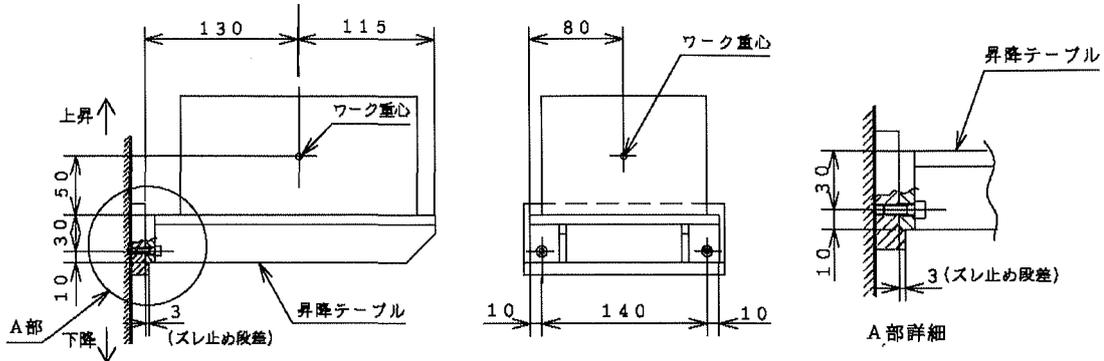
主催：一般社団法人 日本機械設計工業会

〔4. 産業機械〕

4-1 下図に示すような昇降テーブルがあり、一定の条件内で動作している。固定部はM5の六角穴付きボルト（強度区分10.9）2本で締結されている。下記の設問（1）、（2）に答えよ。

必要に応じて、添付〔参考公式〕・〔メートル並目ねじの基本寸法〕を参考にせよ。

解答は、その計算過程を含めたものを解答用紙の解答欄に記入せよ。



〔運転条件〕

最高速度 : 500 [mm/s]

加・減速時間 : 0.1 [s]

昇降ストローク : 100 [mm]

設問：

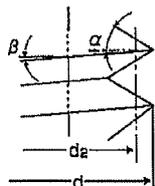
（1）昇降テーブル取付けボルトをボルトの降伏応力の60%まで締め付けるものとして、適正な締め付けトルク T [N・m] を求めよ。

ただし、M5ボルトの座部有効径は7.235mmとし、摩擦係数は、ねじ部0.15、座部0.2とする。

（2）ボルトに作用する荷重をボルトの引張り強さの70%まで使用するものとして、積載可能な最大ワーク荷重 F_w [N] を求めよ。

ただし、昇降テーブル自体の重量は考えないものとする。

〔参考公式〕



T : 締め付けトルク… [N・m]
 F_f : 軸力…………… [N]
 d_2 : 有効径…………… [mm]
 d_n : 座部有効径…………… [mm]
 μ : ねじ部摩擦係数
 μ_n : 座部摩擦係数
 α : ねじ山の半角…ISOねじ30°
 β : リード角…………… $\tan\beta$
 d : ねじの呼び径 [mm]
 K : トルク係数

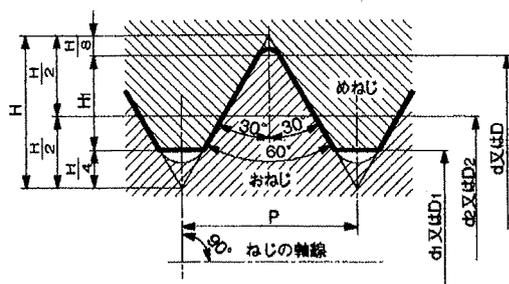
$$T = K \cdot d \cdot F_f$$

$$K = \frac{1}{2d} \left[d_2 \left(\frac{\mu}{\cos \alpha} + \tan \beta \right) + \mu_n \cdot d_n \right]$$

メートル並目ねじ

●JIS B 0205(1999)より抜粋

メートル並目ねじの基準山形



$$\begin{aligned}
 H &= 0.866025P & D &= d \\
 H_1 &= 0.541266P & D_2 &= d_2 \\
 d_2 &= d - 0.649519p & D_1 &= d_1 \\
 d_1 &= d - 1.082532p
 \end{aligned}$$

メートル並目ねじの基準寸法

単位:mm

ねじの呼び(1)			ピッチ P	ひっかかり の高さ H1	めねじ		
					谷の径D	有効径D ₂	内径D ₁
1欄	2欄	3欄	P	H1	おねじ		
					外径d	有効径d ₂	谷の径d ₁
M1	M1.1		0.25	0.135	1.000	0.838	0.729
			0.25	0.135	1.100	0.938	0.829
			0.25	0.135	1.200	1.038	0.929
M1.6	M1.4 M1.8		0.3	0.162	1.400	1.205	1.075
			0.35	0.189	1.600	1.373	1.221
			0.35	0.189	1.800	1.573	1.421
M2	M2.2		0.4	0.217	2.000	1.740	1.567
			0.45	0.244	2.200	1.908	1.713
			0.45	0.244	2.500	2.208	2.013
M3	M3.5		0.5	0.271	3.000	2.675	2.459
			0.6	0.325	3.500	3.110	2.850
			0.7	0.379	4.000	3.545	3.242
M5	M4.5		0.75	0.406	4.500	4.013	3.688
			0.8	0.433	5.000	4.480	4.134
			1	0.541	6.000	5.350	4.917
M8	M7 M9		1	0.541	7.000	6.350	5.917
			1.25	0.677	8.000	7.188	6.647
			1.25	0.677	9.000	8.188	7.647
M10	M11		1.5	0.812	10.000	9.026	8.376
			1.5	0.812	11.000	10.026	9.376
			1.75	0.947	12.000	10.863	10.106
M16	M14 M18		2	1.083	14.000	12.701	11.835
			2	1.083	16.000	14.701	13.835
			2.5	1.353	18.000	16.376	15.294
M20	M22		2.5	1.353	20.000	18.376	17.294
			2.5	1.353	22.000	20.376	19.294
			3	1.624	24.000	22.051	20.752
M30	M27 M33		3	1.624	27.000	25.051	23.752
			3.5	1.894	30.000	27.727	26.211
			3.5	1.894	33.000	30.727	29.211
M36	M39		4	2.165	36.000	33.402	31.670
			4	2.165	39.000	36.402	34.670
			4.5	2.436	42.000	39.077	37.129
M48	M45 M52		4.5	2.436	45.000	42.077	40.129
			5	2.706	48.000	44.752	42.587
			5	2.706	52.000	48.752	46.587
M56	M60		5.5	2.977	56.000	52.428	50.046
			5.5	2.977	60.000	56.428	54.046
			6	3.248	64.000	60.103	57.505
M64	M68		6	3.248	64.000	60.103	57.505
			6	3.248	68.000	64.103	61.505

*1欄を優先的に、必要に応じて2欄、3欄の順に選ぶ。

4-2 ワークを上下2列のコンベヤにて搬送し、ワークをカットするラインの動作仕様と概略図を下記に示す。駆動機器はシリンダとコンベヤ、ワークの位置はセンサにて確認するものとして、下記の設問(1)、(2)に答えよ。解答は、解答用紙の解答欄に記入せよ。

【動作仕様】

1 ワーク持上げ

CYL 1	ストローク [mm]	移動時間 [s]
pos1	100	2
pos2	200	4

2 ワーク押出し

機器名称	ストローク [mm]	移動時間 [s]
CYL 2	50	1
CYL 3	50	1

3 コンベヤ搬送

4 ワーククランプ

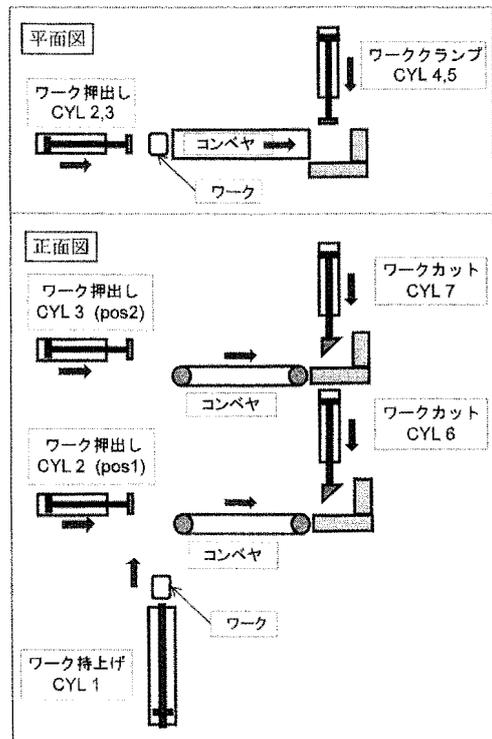
機器名称	ストローク [mm]	移動時間 [s]
CYL 4	20	0.5
CYL 5	20	0.5

5 ワークカット

機器名称	ストローク [mm]	移動時間 [s]
CYL 6	50	1
CYL 7	50	1

使用圧力 0.5 [MPa]
シリンダ径 φ20
(CYL 1~7)

【概略図】



設問：

(1) 全シリンダが同時に作動した場合のピストンロッド前進時の瞬間最大空気使用量 Q [l/min ANR] (旧 [Nl/min]) を求めよ。(計算過程を含めて記述せよ。)

ただし、大気圧力は0.1013 MPaとする。

(2) 次頁のエア回路図において、図中の空欄【A】～【S】に当てはまるエア機器として、下記の〔条件〕を満たす最も適切なエア機器を、図中の下部に示す〔記号群〕より選び、下記の解答記入例に従い、解答用紙の解答欄【A】～【S】に記入せよ。(重複使用可)

解答記入例：I-① (図中の指示記号群 (I~V) - 分類番号 (丸数字①、②…より選択))

〔条件〕

CYL1 ブレーキ機能付 (落下防止) シリンダを使用。

pos1、2の位置でシリンダを停止し、前進・後退側の推力のバランスが取れること。

CYL2 後退時を原点とする。

単独押し出しシリンダと流量制御弁を使用。

CYL3 後退時を原点とする。

複動シリンダを使用。

CYL4.5 クランプ時、電源が落ちてもクランプし続けること。

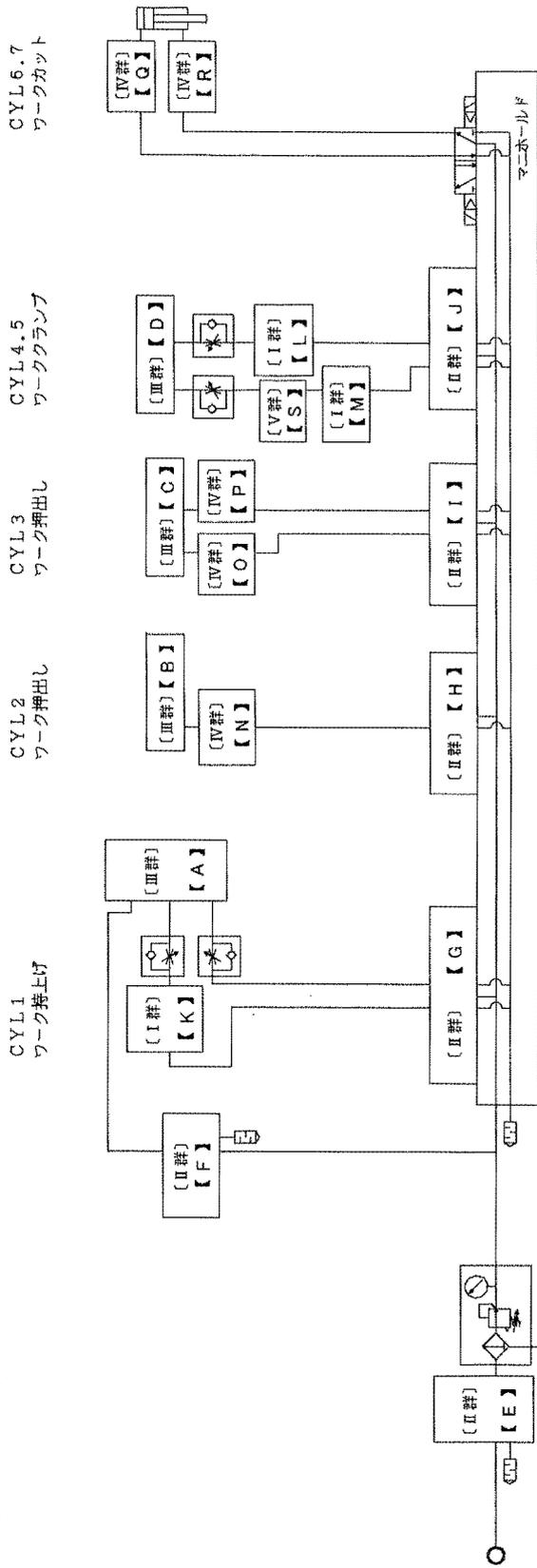
クランプ力が低下すると危険なため、シリンダ供給圧力の確認と圧力を一定に保つ制御が出来ること。

シリンダ後退時はエア消費量を削減出来ること。

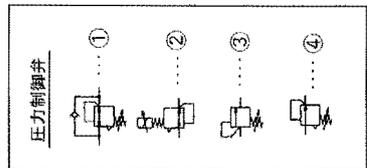
CYL6.7 ワーク切断シリンダの飛び出し防止対策として流量制御弁を用いて行うこと。

全体 メンテナンス時の安全のため、配管内の残圧を解放する手動弁を取付けのこと。

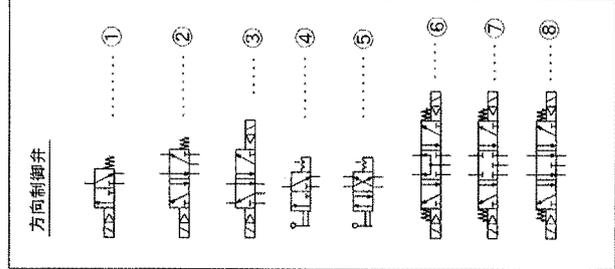
エアー回路図 問題



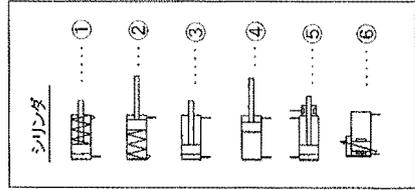
[記号群] : [I 群]



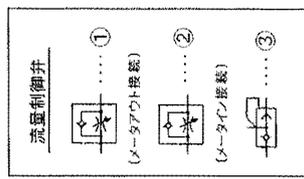
[II 群]



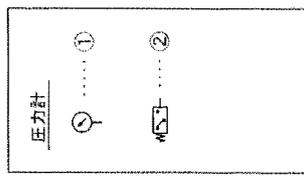
[III 群]



[IV 群]



[V 群]

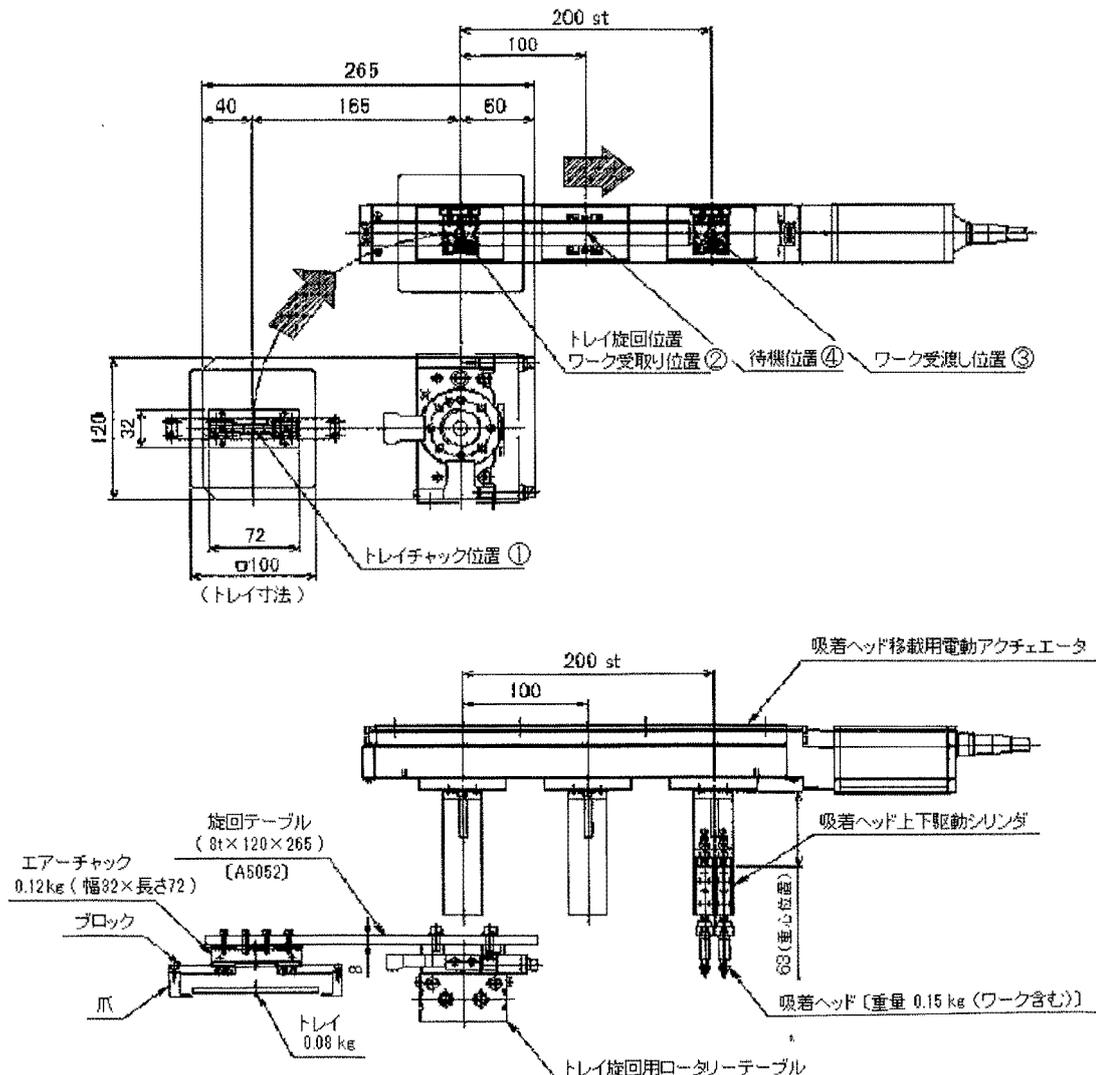


4-3 図は、ワークの入ったトレイを90°回転し、ワークを吸着して搬送する装置である。
 下記の〔動作フロー〕および〔条件〕を基にして、ロータリーテーブルの選定に関する
 下記の設問(1)～(3)について答えよ。

解答は、解答用紙の解答欄に計算過程を含めて記述せよ。

〔動作フロー〕

1. トレイチャック位置①でトレイをチャックしロータリーテーブルにて90°回転。
- ↓
2. トレイ回転位置②でトレイを受渡し。
- ↓
3. トレイ受渡し後、回転テーブルはトレイチャック位置①に戻る。
- ↓
4. 待機位置④の吸着ヘッドが電動アクチュエータにてワーク受取り位置②に移動。
- ↓
5. 吸着ヘッド上下シリンダが下降してワークを吸着し上昇。
- ↓
6. ワーク受渡し位置③へ移動。
- ↓
7. 吸着ヘッド上下シリンダが下降してワークを受渡し上昇。
- ↓
8. 吸着ヘッドが待機位置へ移動。



[条件]

- ・ 回転テーブル材質 (A5052) の比重 : 2.7 [g/cm³]
- ・ チャックの質量 : 0.12 [kg]
- ・ トレイ (ワーク含む) の質量 : 0.08 [kg]
- ・ ロータリーテーブルの揺動時間 : 0.7 [s]
- ・ 揺動角度 : 90 [°]
- ・ 使用圧力 : 0.3 [MPa]
- ・ エアーチャックのブロックと爪の慣性モーメント : 1.37×10^{-3} [kg·m²]

設問:

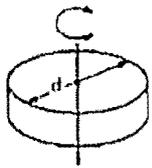
- (1) 下記1)～3)の各慣性モーメント [kg·m²] を求め、エアーチャックのブロックと爪の慣性モーメントを含めた全体の慣性モーメント [kg·m²] を求めよ
- 1) 回転テーブルの慣性モーメント J_1
 - 2) エアーチャックの慣性モーメント J_2
 - 3) トレイの慣性モーメント J_3
 - 4) エアーチャックのブロックと爪の慣性モーメントを含めた全体の慣性モーメント J
- (2) 必要トルク T_a [N·m] を求めよ。(ただし、安全率を10倍とすること)
- (3) 運動エネルギー K [J] を求めよ。

[参考資料]

■慣性モーメント算出用図

【回転軸がワークを通過している場合】

●円盤



- 直径 d [m]
- 質量 m [kg]

■慣性モーメント J [kg・m²]

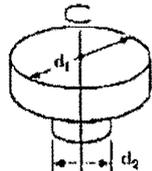
$$J = \frac{m \cdot d^2}{8}$$

■回転半径

$$\frac{d^2}{8}$$

備考: すべらせて使用する場合は別途考慮。

●段付円盤



- 直径 d₁ [m]
- d₂ [m]
- 質量 d₁の部分 m₁ [kg]
- d₂の部分 m₂ [kg]

■慣性モーメント J [kg・m²]

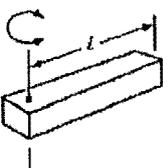
$$J = \frac{1}{8} (m_1 \cdot d_1^2 + m_2 \cdot d_2^2)$$

■回転半径

$$\frac{d_1^2 + d_2^2}{8}$$

備考: d₁部分に比べてd₂部分が非常に小さい場合は無視してよい。

●棒(回転中心が端)



- 棒の長さ l [m]
- 質量 m [kg]

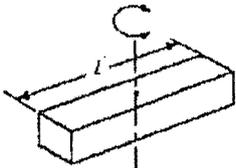
■慣性モーメント J [kg・m²]

$$J = \frac{m \cdot l^2}{3}$$

■回転半径

$$\frac{l^2}{3}$$

●棒(回転中心が重心)



- 棒の長さ l [m]
- 質量 m [kg]

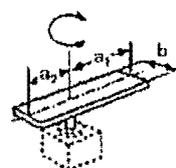
■慣性モーメント J [kg・m²]

$$J = \frac{m \cdot l^2}{12}$$

■回転半径

$$\frac{l^2}{12}$$

●薄い長方形板(直方体)



- 板の長さ a₁ [m]
- a₂ [m]
- 辺の長さ b [m]
- 質量 m₁ [kg]
- m₂ [kg]

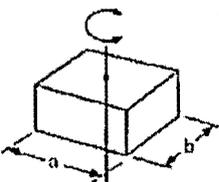
■慣性モーメント J [kg・m²]

$$J = \frac{m_1}{12} (4a_1^2 + b^2) + \frac{m_2}{12} (4a_2^2 + b^2)$$

■回転半径

$$\frac{(4a_1^2 + b^2) + (4a_2^2 + b^2)}{12}$$

●直方体



- 辺の長さ a [m]
- b [m]
- 質量 m [kg]

■慣性モーメント J [kg・m²]

$$J = \frac{m}{12} (a^2 + b^2)$$

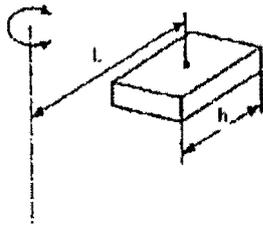
■回転半径

$$\frac{a^2 + b^2}{12}$$

備考: すべらせて使用する場合は別途考慮

【回転軸がワークからオフセットしている場合】

●直方体



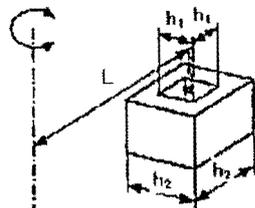
- 辺の長さ h [m]
- 回転軸から負荷中心までの距離 L [m]
- 質量 m [kg]

■慣性モーメント J [kg·m²]

$$J = \frac{m \cdot h^2}{12} + m \cdot L^2$$

備考: 立方体も同じ。

●中空の直方体



- 辺の長さ h_1 [m]
 h_2 [m]
- 回転軸から負荷中心までの距離 L [m]
- 質量 m [kg]

■慣性モーメント J [kg·m²]

$$J = \frac{m}{12} (h_2^2 + h_1^2) + m \cdot L^2$$

備考: 断面は立方体のみ。

〔5. 荷役・運搬機械〕

5-1 下記の図は、コイルを吊り、運搬するフックである。

主仕様 定格荷重 : 20000kg

フック総質量 : 1600kg a部質量 : $F_a=360$ kg b部質量 : $F_b=300$ kg

材質 ピン : SCM435調質鋼 フック : SM490

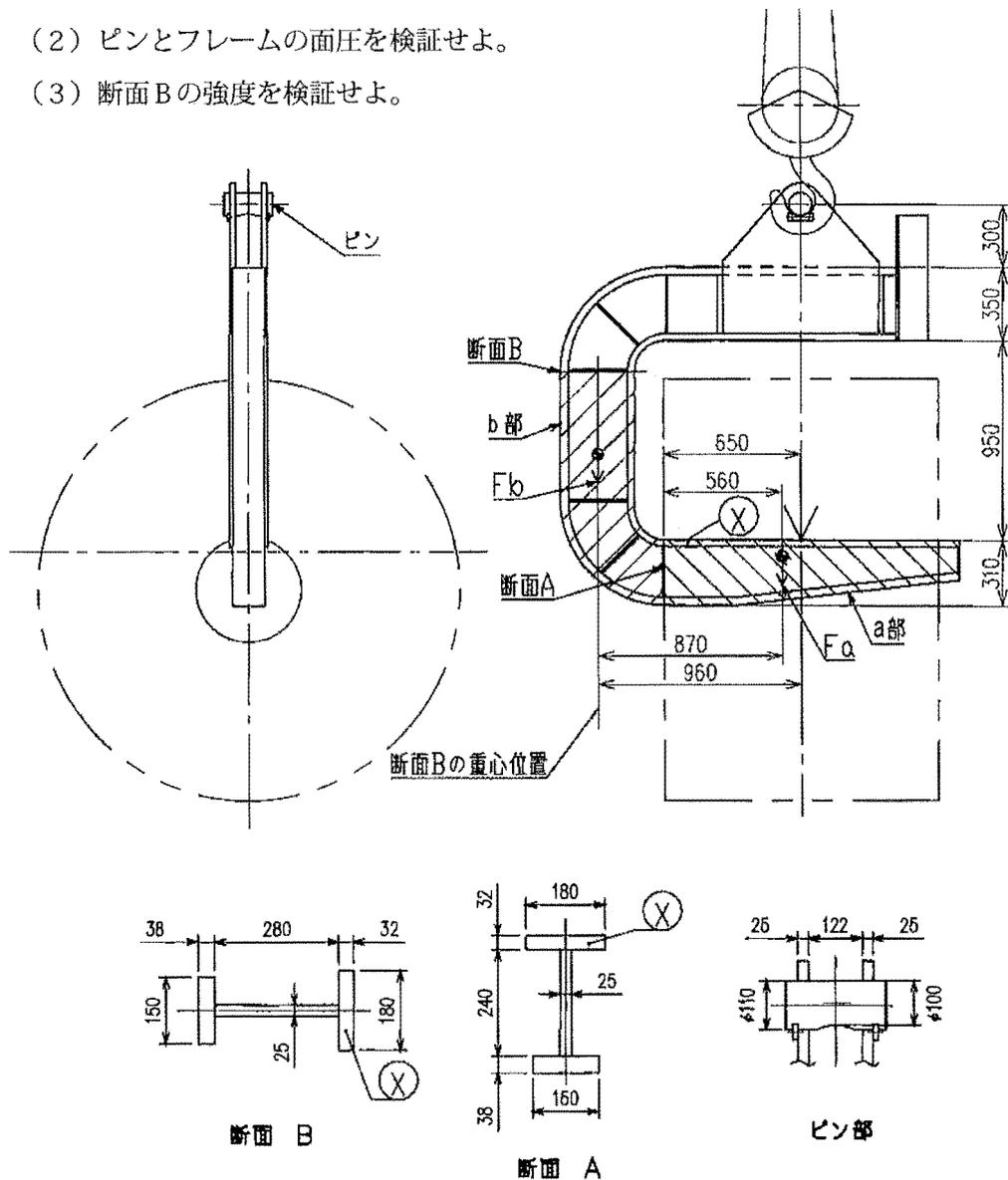
下記の(1)～(3)の設問に答えよ。

ただし、荷重に対して、衝撃係数(定格荷重) = 1.06、作業係数 = 1.11を考慮し、許容応力は下記として検討せよ。

暫定許容応力 N/mm^2

	引張	圧縮	せん断応力	支圧応力
SM490	209	181	120	292
SCM435 調質鋼	516	449	298	723

- (1) ピンの強度を検証せよ。(曲げ、せん断)
- (2) ピンとフレームの面圧を検証せよ。
- (3) 断面Bの強度を検証せよ。



5-2 添付図1のようなインクライン（斜坑巻上げ機）を、関東のある所に計画している。

主な仕様

搬送総荷重 $W = 300 \text{ kN}$ (台車、運搬物)
 搬送速度 $v = 50 \text{ m/min}$
 車輪の摩擦係数 $\mu = 0.15$
 荷重係数 考慮しない

下記の設問(1)～(5)について答えよ。

- (1) ロープに加わる最大張力を求めよ。(搬送機は静止状態のとき)
- (2) 減速機の減速比を求めよ。(モータは4P)
- (3) 溝なしドラムに巻き込まれるロープのフリートアングルは、
クレーン等構造規格で何度と定められているか答えよ。
また、溝ありドラムの場合は何度と定めているか答えよ。
- (4) 中間にあるロープシーブ架台の基礎取付部A、B列(各々1脚当り)の反力を求めよ。
ただし、その架台等の質量は無視するものとする。
- (5) ドラム軸受部、詳細X部については下記の①②について検証せよ。

条件 ドラムと軸受2個の質量は2000kgとする。

水平力はすべり止め板で受けるものとする。

- ① すべり止め板の大きさ、厚さ、それを溶接したときの強度を計算して、フリーハンドにて描け。

ただし、溶接せん断応力は 80 N/mm^2 とする。

- ② 軸受を取付けているボルトの直径を計算して、下記表より決めよ。

材質はSS400として、許容応力は各自判断のこと。

メートル並目ねじの基準寸法 JIS B 0205

単位：mm

ねじの呼び				メートル並目ねじの基準寸法					メートル細目ねじの基準寸法				
				ピッチ	ひっかかりの高さ	めねじ			ピッチ	ひっかかりの高さ	めねじ		
						谷の径 D	有効径 D_1	内径 D_2			谷の径 D	有効径 D_1	内径 D_2
1 標	2 標	3 標	附属書	P	H_1	外径 d	有効径 d_1	谷の径 d_2	P	H_1	外径 d	有効径 d_1	谷の径 d_2
M8		M9		1.25	0.677	8.000	7.188	6.647	1	0.541	8.000	7.350	6.917
M10				1.25	0.677	9.000	8.188	7.647	1	0.541	9.000	8.350	7.917
				1.5	0.812	10.000	9.026	8.376	1.25	0.677	10.000	9.188	8.647
M12		M11		1.5	0.812	11.000	10.026	9.376	1	0.541	11.000	10.350	9.917
	M14			1.75	0.947	12.000	10.863	10.106	1.25	0.677	12.000	11.188	10.647
				2	1.083	14.000	12.701	11.835	1.5	0.812	14.000	13.026	12.376
M16				2	1.083	16.000	14.701	13.835	1.5	0.812	16.000	15.026	14.376
	M18			2.5	1.353	18.000	16.376	15.294	1.5	0.812	18.000	17.026	16.376
M20				2.5	1.353	20.000	18.376	17.294	1.5	0.812	20.000	19.026	18.376
	M22			2.5	1.353	22.000	20.376	19.294	1.5	0.812	22.000	21.026	20.376
M24				3	1.624	24.000	22.051	20.752	2	1.083	24.000	22.701	21.835
	M27			3	1.624	27.000	25.051	23.752	2	1.083	27.000	25.701	24.835
M30				3.5	1.894	30.000	27.727	26.211	2	1.083	30.000	28.701	27.835
	M33			3.5	1.894	33.000	30.727	29.211	2	1.083	33.000	31.701	30.835
M36				4	2.165	36.000	33.402	31.670	3	1.624	36.000	34.051	32.752
	M39			4	2.165	39.000	36.402	34.670	3	1.624	39.000	37.051	35.752
M42				4.5	2.436	42.000	39.077	37.129	4	2.165	42.000	39.402	37.670
	M45			4.5	2.436	45.000	42.077	40.129	4	2.165	45.000	42.402	40.670

〔6. 化学・環境機械〕

- 6-1 火力発電所の排煙脱硫と、その副産物としての石膏 (CaSO₄) を回収する問題である。
下記の記述と参考式に沿って、設問 (1) ~ (3) について計算し、解答用紙の解答欄
に計算過程を含めて解答せよ。

ある重油燃焼火力発電所 (出力300MW) の重油消費量は65 000kg/hであり、使用重油
の元素分析値が C=85.5%、H=11.7%、S=2.8% であった。

設問：

- (1) この重油を空気比 1.2 で完全燃焼させたとき、燃焼に用いる理論空気量 A₀
[Nm³/kg 燃料]、および湿り燃焼ガス量 G [Nm³/kg] を求めよ。

必要に応じて、下記の式を参考としてよい。

$$A_0 = \frac{1}{0.21} (1.867c + 5.6h + 0.7s) \dots\dots\dots (a)$$

$$G = mA_0 + 5.6h + 0.7s \dots\dots\dots (b)$$

ここで、c、h、sは燃料1kg中の炭素、水素、硫黄の重量、mは空気比である。

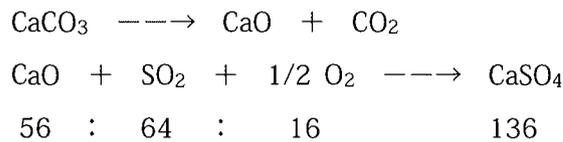
- (2) 燃焼排ガス中のSO₂濃度 (容量比) を求めよ。

- (3) 回収されるCaSO₄の重量：

毎時65.0tの重油を燃焼するボイラーについて、排出されるSO₂の重量 [t/h] を計
算し、それより回収されるCaSO₄の重量 [t/h] を求めよ。ただし、脱硫率は90%
とし、CaおよびSの原子量はそれぞれ40および32とする。

必要に応じて下記の記述を参考にせよ。

石灰と亜硫酸ガスを反応させて硫酸カルシウムを回収する反応は、



したがって、64kgのSO₂から136kgのCaSO₄が生成される。

6-2 現在、全国的に高速道路の建設が推進され、距離の長い道路トンネルでは、自動車の排気ガスによる障害を避けるために、送風機による換気が必要である。

トンネルの換気について述べた下記の文章を読み、次頁の設問(1)～(4)によって、必要換気量、送風機の理論動力ならびに必要な駆動動力を計算せよ。

解答は、その計算過程を含めて解答用紙の解答欄に記入せよ。

道路トンネルの換気

換気量の決定：道路トンネルの必要換気量は多くの要素が関連するため簡単に算出することは難しいが、ここでは統計的計算による簡単な方法によって試算する。

$$Q = k_0 \frac{N \cdot L}{3600} \dots\dots\dots (a)$$

Q ：トンネルに対する必要換気量 [m³/s]

k_0 ：換気量係数（トンネル内有害成分の許容濃度、トンネル長さ 1 km の容積などによって決まる係数）

N ：トンネルの交通量 [台/h]

L ：トンネル全長 [m]

換気方式

図1に代表的な横流方式の換気トンネル断面を示す。

トンネルに沿って空気を流す方式で、送気ダクトと排気ダクトをもっている。この方式は、トンネル内濃度が一樣になるのが特徴で、最も好ましい換気方法である。

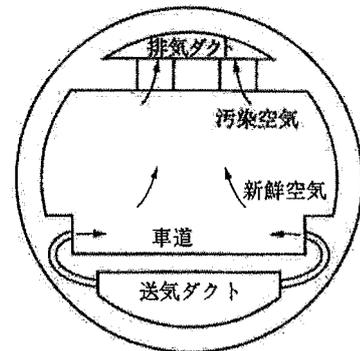
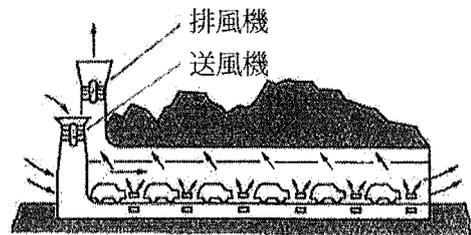


図1 横流式換気のトンネル断面

設問：

- (1) この道路トンネルの必要換気量 Q [m³/s] を計算せよ。
- (2) 送風機一台当たりの必要換気量 M_1 [kg/s] を計算せよ。
- (3) 送風機一台当たりの理論動力 P_1 [kW] を計算せよ。
- (4) 必要なモータ駆動軸動力 P_s [kW] を計算せよ。

計算に当たっては、下記の〔仮定条件〕によること。

〔仮定条件〕

トンネルの交通量 $N=1400$ [台/h] トンネル延長 $L=3200$ [m]

送風機台数 $n=8$ [台] 換気量係数 $k_0=0.35$

(トンネルは8換気区間に分割し、各区間に対し1基ずつの送風機、排風機で換気する方式とする。)

送風機：吸込圧力 $p_1=101.3$ [kPa] 吐出圧力 $p_2=103$ [kPa]

吸込ガス速度 $c_1=20$ [m/s] 吐出ガス速度 $c_2=30$ [m/s]

吸込ガスの密度 $\rho=1.15$ [kg/m³] 機械効率 $\eta=75$ [%]

必要に応じ、下記を参考にせよ。

送風機の理論動力 L_e 、および駆動軸動力 L_s は、吐出側と吸込側のガスエネルギーの差として、式 (b)、(c) で求められる。

$$L_e = \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} \quad [\text{J/kg}] \quad \dots\dots\dots (b)$$

$$L_s = \frac{L_e}{\eta} \quad [\text{J/kg}] \quad \dots\dots\dots (c)$$

(注) $\frac{p_2 - p_1}{\rho}$: 圧力エネルギーの増加 [J/kg]

$\frac{c_2^2 - c_1^2}{2}$: 速度エネルギーの増加 [J/kg]

6-3 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。下記の設問(1)、(2)に答えよ。

設問：

(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、その番号を解答用紙に記入せよ。(重複使用不可)

煙突の目的は燃焼室に【A】を与えること、排煙の放出を上空で行うことにより、【B】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、外気との重量差によって生ずる煙突底部での【C】によるものであり、排ガス温度が高く外気との【D】が大きいほど、また煙突高さが【E】ほど大きくなる。

通風方式には、煙突の通風力だけによる【F】のほか、送風機を用いる【G】があるが、簡単のため【F】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【H】が高いほど、【I】が大きいほど大となるが、排ガス吐出速度は通常、【J】[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 煤煙量
⑥ 高速 ⑦ 密度差 ⑧ 着地濃度 ⑨ 低い ⑩ 高い
⑪ 自然通風 ⑫ 圧力通風 ⑬ 吐出速度 ⑭ 強制通風 ⑮ 15～20
⑯ 1.5～2.0 ⑰ 直径 ⑱ 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排煙システムにおいて、高さ50mの煙突内の平均ガス温度が215℃、外気温度が25℃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(P)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 ：重力の加速度 [m/s²] H ：煙突高さ [m]

ρ_a ：外気の密度 [kg/m³] ρ_g ：排煙ガスの密度 [kg/m³]

燃焼ガスおよび空気を、標準状態での密度 1.3 kg/m^3 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]

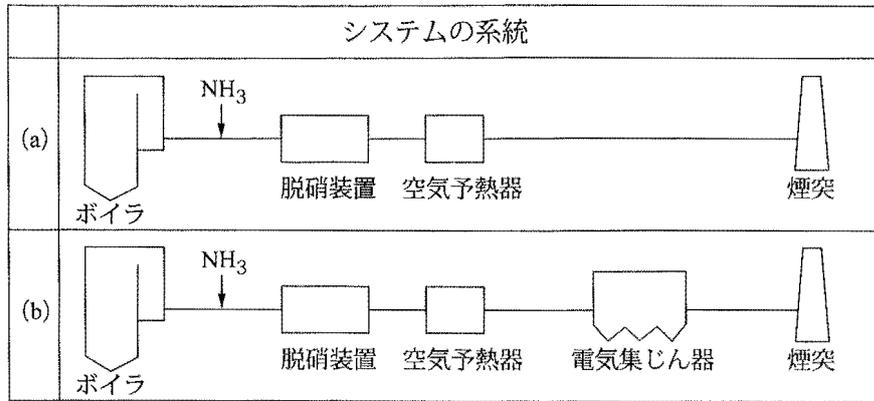
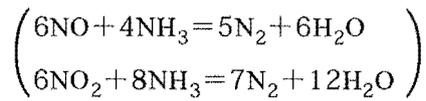


図1 ボイラの排煙システム系統

(注) NH_3 (アンモニア) は、還元剤として、燃焼によって発生する NO_x (NO 、 NO_2 窒素酸化物) を脱硝する。



6-4 音に関する次の文中の空欄を埋めるのに最も適切な語句を、下記の〔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)

音の強さ：ある点における音の強さとは、その音の進行方向に垂直な単位面積を、毎秒通過する【A】で表し、単位は【B】である。

音圧：音波の圧力の実効値を一般に音圧といい、単位は【C】である。

音の強さのレベル：音の強さ I と基準の音の強さ I_0 との比の常用対数の10倍を音の強さのレベル IL といい、次式で表される。単位は【D】である。

$$IL = 10 \log (I/I_0) = 10 \log (I/\text{【E】})$$

音の大きさ：音の大きさのレベルは、聴者が同じ大きさに聞こえると判断した1000Hz純音の音圧レベルである。たとえば、【F】dBの1000Hz純音と同じ大きさに聞こえる場合60ホンである。

騒音レベル：音を【G】で測定して得られる値で、単位は【H】である。

騒音レベルのデシベル単位については、音のエネルギー量の大きさが、元の大きさの n 倍になったとき、 n の10を底とする対数をとって、その10倍をデシベル [dB] という。そして、元の大きさより、レベルが $10 \log_{10} n$ デシベル上がったという。または、エネルギー量の大きさが、元の大きさの 10^x 倍であるとき、 $10x$ をデシベル [dB] という。これは、0dBを基準として10dBはその10倍、20dBはその【I】倍、30dBはその【J】倍ということになる。

〔語句群〕

- | | | | | |
|------------------|-------------|--------------|---------|-----------|
| ① W/m^2 | ② kW | ③ dB | ④ 聴音器 | ⑤ 指示騒音計 |
| ⑥ 20 | ⑦ 60 | ⑧ 100 | ⑨ 1 000 | ⑩ 10 000 |
| ⑪ Pa | ⑫ 10^{-6} | ⑬ 10^{-12} | ⑭ エネルギー | ⑮ エネルギー密度 |