

第52回 労働安全コンサルタント試験 (機械安全)

061022

機械安全

1/7

注：試験問題は、全部で4問です。問1又は問2から1問、問3又は問4から1問、合計2問を選択して解答用紙に解答を記入してください。また、問3及び問4の解答は、計算過程も記入してください。

問 1 クレーン、ボイラーなどの機械では、様々な金属材料が使われており、その特性等を十分理解した上で使用しないと強度及び耐久性の不足等により機械の安全性が損なわれることがある。種々の金属材料の特性等について、以下の設問に答えよ。

(1) JIS G 3101「一般構造用圧延鋼材」に規定されている一般構造用圧延鋼材は、一般的にSS400等の名称で呼ばれる。この「400」は何を示すものか答えよ。

(2) JIS G 4051「機械構造用炭素鋼鋼材」に規定されている機械構造用炭素鋼鋼材は、一般的にS45C等の名称で呼ばれる。この「45C」は何を示すものか答えよ。

(3) 鋼材によっては、熱処理を行うことで機械的性質等を調整して使用するものもある。熱処理には焼なまし、焼ならし、焼入れ及び焼戻しの4種類がある。それぞれについて目的と冷却方法を以下の選択肢から該当するもののみを全て選び、記号を解答用紙の解答欄に記入せよ。なお、目的については、同じ選択肢が複数の箇所に入ることもある。また、冷却方法については、焼戻し以外を解答すること。

目的

A：耐食性の付与

B：内部応力の除去

C：焼入れ硬さの調整

D：結晶粒の調整

E：引張強度の向上

F：軟化

G：疲労限の向上

H：硬質化

冷却方法

ア：空冷

イ：炉冷

ウ：急冷

(解答は解答用紙に記入すること。)

熱処理の種類	目的	冷却方法
焼なまし		
焼ならし		
焼入れ		
焼戻し		

(4) 焼戻しには、大きく分けて低温焼戻しと高温焼戻しの2種類がある。低温焼戻しと高温焼戻しについて、それぞれの熱処理を行って製作する機械要素の例を挙げ、低温焼戻し又は高温焼戻しを行う理由について、それぞれ50字程度で述べよ。

(5) SUS304、SUS316等に代表されるオーステナイト系ステンレス鋼は、耐食性が良いことから圧力容器などに使用されている。これについて次の問に答えよ。

- ① SUS304とSUS316の化学成分、耐食性及び加工性の違いを50字程度で述べよ。
- ② オーステナイト系ステンレス鋼は、製造時において塑性変形の影響により加工硬化を生じ、耐食性が低下することが知られている。この理由とその対策方法について200字程度で述べよ。

問 2 機械による労働災害を防止するためには、機械システム又はこれを構成する要素が故障しても、故障に起因した労働災害が発生することがないように、機械の制御機構のフェールセーフ化が求められる。これに関して、以下の設問に答えよ。

(1) フェールセーフ化された制御機構が持つ故障に関する特性について説明せよ。

(2) フェールセーフ化の一般的方法のうち、次の①～⑤についてそれぞれ 100 字程度で説明せよ。

- ① 相反モードによる監視の利用
- ② 発振回路の利用
- ③ 交流信号の利用
- ④ 電源枠外処理
- ⑤ 二重化不一致検出

(3) 制御機構のフェールセーフ化を行う際に用いる次の①及び②の部品類について、満たすべき要件をそれぞれ二つずつ述べよ。

- ① ガード用のインターロック回路の安全スイッチ
- ② 行き過ぎ防止用のリミットスイッチ

(4) 表は安全確認システムの論理変数と論理値の意味を表している。この表を参考にして、次の問に答えよ。

表 安全確認システムの論理変数と論理値の意味

論理変数	論理値	意味
S	1	安全な状態
	0	安全ではない状態
E	1	エネルギーが存在する
	0	エネルギーが存在しない
Sr	1	安全情報が伝達される
	0	安全情報が伝達されない

- ① 安全確認システムの安全情報が伝達される論理条件について、S、E及びSrの関係を示せ。
- ② 安全確認システムの入力と出力の関係は、ユネイトな情報伝達となっている必要がある。この関係を、SとSrを用いて説明せよ。

問 3 クレーンや移動式クレーンでは、ドラム、シーブ（滑車）及びワイヤロープが使用されており、様々な荷重が作用している。下記の図1～4に示す荷のつり上げに関して、以下の設問に答えよ。

なお、ワイヤロープの諸特性は表に示す値を用いること。

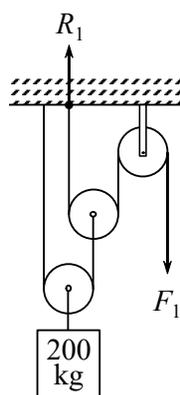


図 1

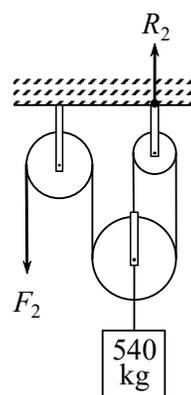


図 2

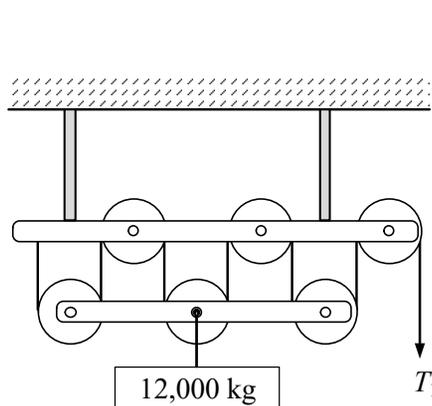


図 3

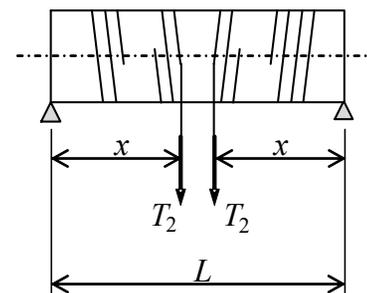


図 4

表 ワイヤロープの諸特性

ワイヤロープの 構成記号	ロープ径 [mm]	最外層 素線径 [mm]	断面積 [mm ²]	破断力 [kN]	
				B 種	T 種
6 × Fi(29)	10	0.57	42.6	59.2	62.3
	14	0.81	83.4	116	122
	16	0.92	109	152	159
	18	1.03	138	192	202
IWRC 6 × Fi(29)	10	0.57	50.0	67.7	71.1
	14	0.81	98.0	133	139
	16	0.92	128	173	182
	18	1.03	162	219	230

(1) 図1～図3に示すように、ワイヤロープとシーブにより荷を吊り上げたい。次の①～④の間に答えよ。ただし、ワイヤロープとシーブの質量及び摩擦、シーブ間におけるワイヤロープの角度（フリートアングル）の影響等は無視できるものとし、重力加速度 $g = 9.81 \text{ m/秒}^2$ とする。また、使用されるワイヤロープの仕様は以下のとおりとする。

- ・ワイヤロープの種類：IWRC 6 × Fi(29)，B 種
- ・ワイヤロープのロープ径： $d = 16 \text{ mm}$

- ① 図1及び図2について、荷を吊り上げるために必要な最小の力 F_1 [N] 及び F_2 [N] を求めよ。
- ② 図1及び図2について、荷が地切りし、かつ、静止しているときの反力 R_1 [N] 及び R_2 [N] を求めよ。
- ③ 図3について、シーブの溝底が受ける見掛けの面圧 S_s [N/mm²] を求めよ。ただし、張力 T のとき、面圧 S_s は式(1)により求められるものとする。なお、シーブ径 $D = 320 \text{ mm}$ とする。

$$S_s = \frac{2 \cdot T}{D \cdot d} \quad \text{式(1)}$$

- ④ 図3について、ワイヤロープの安全係数が5であるとき、吊り上げることができる荷の質量の最大値 $m_{1\text{max}}$ [kg] を求めよ。ただし、ワイヤロープ以外の部材は剛であり、 $m_{1\text{max}}$ [kg] に対して十分な強度を有しているものとする。

(2) 図4は天井クレーンのドラムを、溝なしで円筒形の単純支持梁はりにモデル化したものである。このモデル化されたドラムに関して、次の①及び②の間に答えよ。ただし、ワイヤロープの仕様及びドラムの各部の寸法等は以下のとおりとする。

- ・ワイヤロープの種類：6 × Fi(29), T種
- ・ワイヤロープのロープ径： $d = 14 \text{ mm}$
- ・ドラムの外径： $D_o = 400 \text{ mm}$
- ・ドラムの内径： $D_i = 340 \text{ mm}$
- ・ドラムに使用されている材料の縦弾性係数： $E = 209 \text{ GPa}$
- ・ドラム支点間の距離： $L = 1480 \text{ mm}$
- ・ドラム支点と荷重点間の距離： $x = 620 \text{ mm}$
- ・円周率： $\pi = 3.14$
- ・重力加速度： $g = 9.81 \text{ m/秒}^2$

① 張力 $T_2 = 11.3 \text{ kN}$ のとき、ドラムに生じる最大の曲げ応力 $S_d \text{ [N/mm}^2\text{]}$ 及び最大のたわみ量 $\delta_d \text{ [mm]}$ を求めよ。ただし、張力 T_2 はドラム軸心に垂直に作用するものとする。また、ドラムの断面係数 Z は式(2)、ドラムの断面2次モーメント I は式(3)、張力 T のときの最大のたわみ量 δ_d は式(4)により求められるものとする。

$$Z = \frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{32 \cdot D_o} \quad \text{式(2)}$$

$$I = \frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{64} \quad \text{式(3)}$$

$$\delta_d = \frac{T \cdot x \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot x^2)}{24 \cdot E \cdot I} \quad \text{式(4)}$$

② ワイヤロープの安全係数が5であるとき、つり上げることができる荷の質量の最大値 $m_{2\text{max}} \text{ [kg]}$ を求めよ。ただし、ワイヤロープ以外の部材は剛であり、 $m_{2\text{max}} \text{ [kg]}$ に対して十分な強度を有しているものとする。また、張力 T と質量 m の関係は、重力加速度 g を用いて、式(5)が成り立つものとする。

$$T = \frac{m}{2} g \quad \text{式(5)}$$

問 4 搬送設備の信頼性に関する以下の設問に答えよ。

(1) コンベア C1、コンベア C2 及びコンベア C3 がある。コンベア C1 の信頼度を 98%、コンベア C2 の信頼度を 95%、コンベア C3 の信頼度を 93% とする。これらのコンベアを用いて物品を搬送する搬送設備を考える。これについて、次の問に答えよ。なお、これらのコンベアの故障は独立に生じるものとする。

① コンベア C1、コンベア C2 及びコンベア C3 が図 1 のように並列に配置されている。コンベア C1、コンベア C2 及びコンベア C3 のうち少なくとも一つが正常に稼働していれば、A 地点から B 地点に搬送することができる。この搬送設備の信頼度を求めよ。

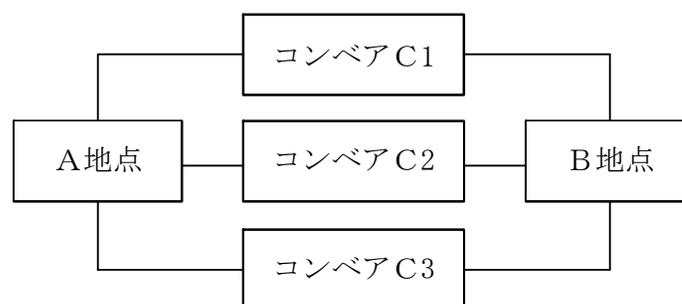


図 1 並列に配置されたコンベア

② コンベア C1、コンベア C2 及びコンベア C3 が図 2 のように直列に配置されている。コンベア C1、コンベア C2 及びコンベア C3 の全てが正常に稼働していれば、C 地点から D 地点に搬送することができる。この搬送設備の信頼度を求めよ。

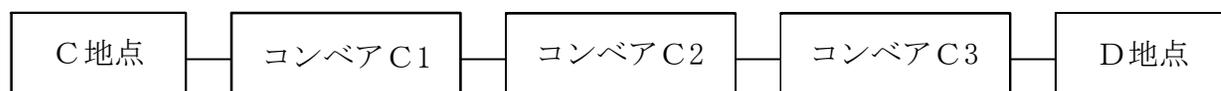


図 2 直列に配置されたコンベア

(2) ある搬送設備が、起動後 300 時間稼働したとき故障し、10 時間で修理した後に、280 時間稼働して故障し、12 時間で修理した後に、250 時間稼働して故障し、8 時間修理した。この搬送設備の平均故障間動作時間 (MTBF)、平均修復時間 (MTTR) 及び稼働率を計算せよ。

(3) ある搬送設備の装置の故障率を調べるために試料を用いて試験を行った。試料数は 50 個、試験時間は 1000 時間である。この試験中に 50 個の試料のうち 2 個が故障した。故障するまでの時間は、一つめが 500 時間、二つめが 800 時間である。これについて、次の問に答えよ。

- ① 試験期間中の総動作時間を計算せよ。
- ② この装置の平均故障率を計算せよ。故障率の単位は%/1000[h] (1000 時間当たりの故障数のパーセント表記) とすること。

(4) ある搬送設備の部品の故障するまでの時間が指数分布に従うことが分かっているとき、この部品の故障率が 2%/1000[h] の場合の故障までの平均故障寿命 (MTTF) を計算せよ。

(5) 図3は、ある搬送設備の故障をトップ事象とするFT (Fault Tree) 図である。aは搬送設備の構成要素Aの故障を表す基本事象、bは搬送設備の構成要素Bの故障を表す基本事象、cは搬送設備の構成要素Cの故障を表す基本事象、dは搬送設備の構成要素Dの故障を表す基本事象である。これについて、次の問に答えよ。なお、故障は独立に発生するものとする。

- ① トップ事象を発生させる基本事象の最小の組合せ (最小カットセット) を示せ。
- ② Aの故障率を3%/1000[h]、Bの故障率を5%/1000[h]、Cの故障率を7%/1000[h]、Dの故障率を8%/1000[h]としたときの搬送設備の故障率を計算せよ。なお、故障率は%/1000[h]で求めること。また、解答は小数点以下第4位を四捨五入して答えよ。

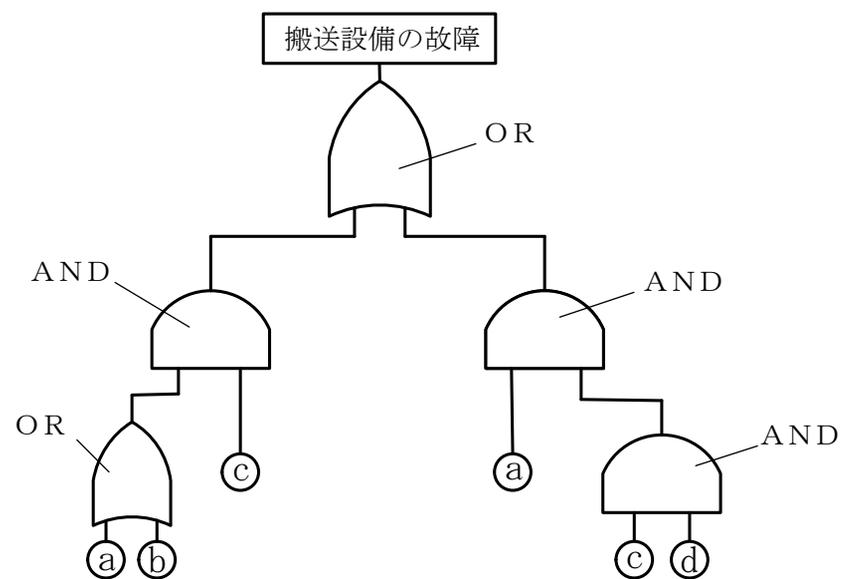


図3 搬送設備のFT図