

# 第50回 労働安全コンサルタント試験 (機械安全)

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 溶接部はボイラー、圧力容器、建設機械や船舶などでよく見られ、破壊の起点となることが多い。図1のような突合せ片側溶接継手について、以下の設問に答えよ。

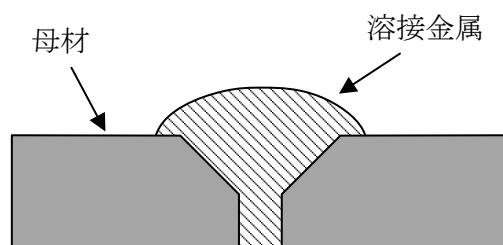


図1 突合せ片側溶接継手

(1) 図1に示す溶接継手において、溶接金属の冷却後、変形が発生した。その変形は図2で示すA又はBのいずれか、記号で解答せよ。また、変形が発生する理由を簡潔に述べよ。

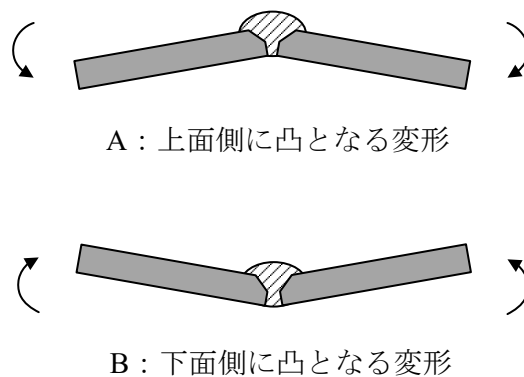


図2 突合せ片側溶接継手の変形の模式図

(2) 溶接部が破壊の起点となって破損する原因の一つに、溶接欠陥の発生が挙げられる。図1に示す溶接継手において発生しうる溶接欠陥について、次の問に答えよ。

① 下記に示す溶接欠陥のうち、図1に示す溶接継手に発生しうる内部欠陥を三つ選び、溶接欠陥の名称で解答せよ。また、それぞれについて、どのような欠陥であるか簡潔に述べよ。

- ・アンダカット
- ・止端割れ
- ・ブローホール
- ・スラグ巻込み
- ・オーバラップ
- ・ピット
- ・融合不良

② 図1に示す溶接継手を対象に、内部欠陥の有無を確認したい。このとき有効な非破壊試験を、下記の非破壊試験の中から二つ選び、非破壊試験の名称で解答せよ。また、選択した非破壊試験の原理を簡潔に述べよ。

- ・浸透探傷試験
- ・超音波探傷試験
- ・磁粉探傷試験
- ・放射線透過試験

(3) 図1に示す溶接継手が腐食環境下で使用されるとき、溶接部にショットピーニングを施すことで、応力腐食割れの発生が低減する理由を簡潔に述べよ。

問 2 図1に示すような包囲ガードに囲われたNC旋盤がある。NC旋盤が動作中に作業者の手指が接触すると重篤な災害が発生するおそれがあることから、包囲ガードには、ワークの交換、保守、清掃等の作業における安全を確保するためのインターロック付き可動ガードが設置されている。また、このNC旋盤の制御盤には、始動ボタン、停止ボタン及び非常停止ボタンが備えられている。

このNC旋盤について、以下の設問に答えよ。

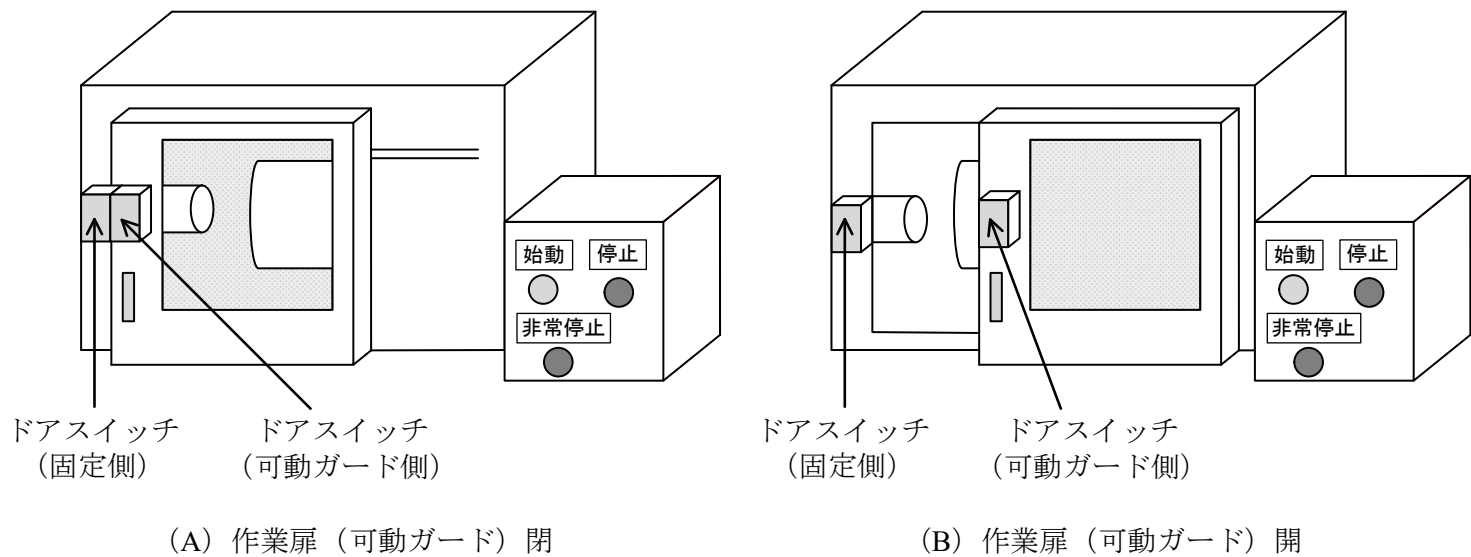


図1 包囲ガードに囲われたNC旋盤

(1) 機械設備の安全を確保するための制御機構の一つとして再起動防止回路があるが、これはどのようなものかを説明せよ。

(2) 図2は、図1に示すNC旋盤の運転制御に関するブロック図である。図2中のa～eに当てはまる適切な語句を答えよ。

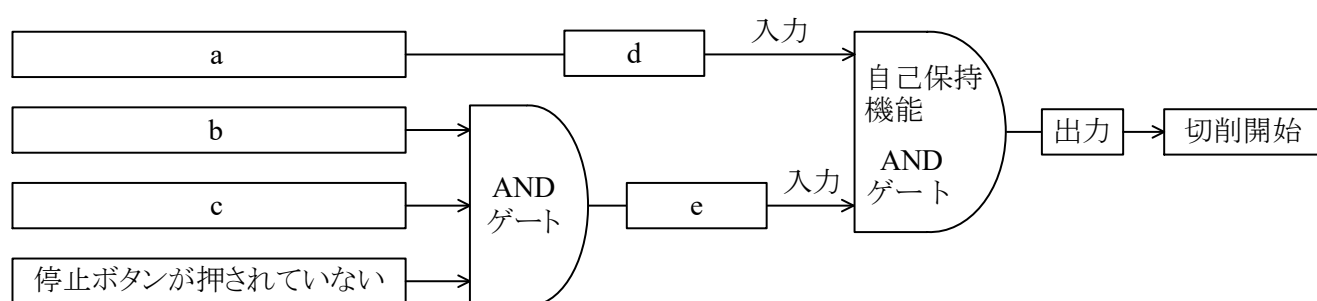


図2 NC旋盤の運転制御に関するブロック図

(3) 図1に示したNC旋盤のガード内の回転部分は、非常停止を含めて、停止命令が出力されると、モーターへの電力の供給が停止されブレーキが作動するが、慣性により停止まで12秒かかる。この場合、作業扉（可動ガード）を開いた直後に惰性回転中の機械可動部と作業者の手指が接触するリスクがある。

次の問に答えよ。

① 惰性回転によるリスクを低減するために、ドアスイッチの代わりにタイマ付きの施錠装置を採用した。この施錠装置は、機械の停止命令から18秒経過した後でタイマから解錠のための信号が出力され、解錠されるものである。この装置を採用したとしてもなお、設備の不具合により、惰性回転中の機械の可動部と作業者の手指が接触する災害が発生する可能性がある。考えられるこのような設備の不具合を二つ答えよ。

② NC旋盤の機械可動部の回転・停止を確認するために回転確認センサを採用した。機械可動部あるいは回路出力の状態を論理変数（0又は1の論理値によって状態を示す。）により表すものとし、機械可動部の回転状態を論理変数  $R$ 、回転確認センサの出力状態を論理変数  $S$ 、電気錠の施錠状態を論理変数  $E$  とする。各論理値の定義は表1に示すとおりである。

このとき、このシステムが故障した場合においても危険側故障ではなく安全な状態が保持されているためには、 $R$  と  $S$  との関係、及び  $S$  と  $E$  との関係はどのようなものでなければならないか、等式又は不等式で答えよ。

表1 論理値の定義

論理変数	論理値	意味
$R$	1	機械可動部が回転している。
	0	機械可動部は停止している（所定の回転数以下である。）。
$S$	1	回転確認センサからの出力電流あり。
	0	回転確認センサからの出力電流なし。
$E$	1	電気錠は施錠されている。
	0	電気錠は解錠されている。

③ 回転確認センサには、どのような方式のものがあるか。一つ例を挙げて、その原理を説明せよ。

問 3 クレーンのガーダなどに代表されるような梁の剛性は、断面<sup>はり</sup>2次モーメントを用いて検討する。例えば、横  $b$  [mm]、縦  $h$  [mm] の長方形の断面を有する形状の中心軸における断面2次モーメント ( $I_{\text{rect}}$ ) は、式(1)により、また、直径  $d$  [mm] の丸棒の断面2次モーメント ( $I_{\text{circ}}$ ) は式(2)により求められる。これらの式を用いて以下の設問に答えよ。

$$I_{\text{rect}} = \frac{bh^3}{12} \quad \text{式(1)}$$

$$I_{\text{circ}} = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{式(2)}$$

(1) 次の図形のそれぞれについて、中立軸 (x) における断面2次モーメント ( $I$  [mm<sup>4</sup>]) を求めよ。ただし、x 軸は図形の中心を通過して水平であるものとする。必要であれば円周率  $\pi$  は 3.14 を用いること。

- ① 幅 400 mm、高さ 600 mm、板厚 5 mm の長方形断面 (図1)
- ② 外径 150 mm、板厚 7 mm の円形断面 (図2)
- ③ 幅 400 mm、高さ 600 mm、フランジの板厚 5 mm、ウェブの板厚 10 mm の形鋼 (図3)

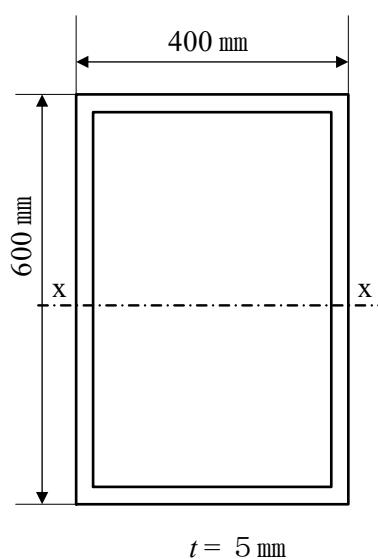


図1

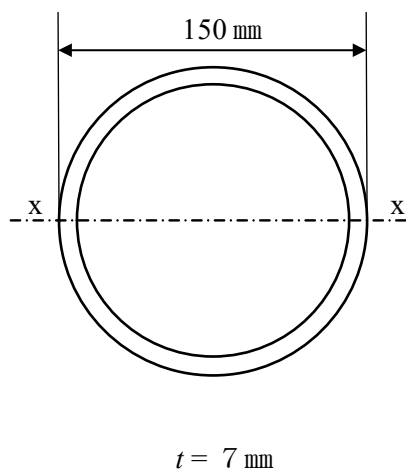


図2

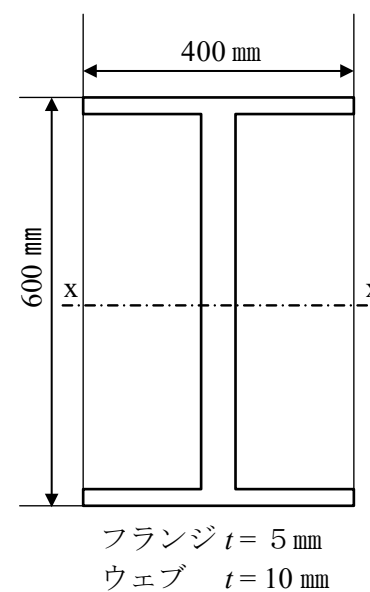


図3

(2) ガーダの断面が設問(1)の図1の長方形断面である天井クレーンにおいて、ガーダの支持スパン( $L$ )を10,000 mmとしたとき、次の①～③の間に答えよ。ガーダの支持方法については図4に示すように両端を単純支持とする。鋼材のヤング率( $E$ )は210 GPa、重力加速度( $g$ )は9.8 m/秒<sup>2</sup>とする。

ただし、トロリ、ワイヤロープ、つり具、玉掛用具等の質量は無視するものとする。特に断りの無い場合、解答は小数点以下2桁目を四捨五入して解答すること。

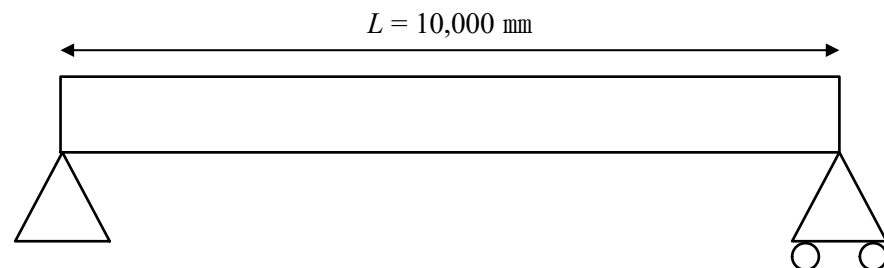


図4

① ガーダの中央の位置に50 kNの荷をつつたときのその位置における水平からのたわみの大きさ[mm]を求めよ。

ただし、ガーダの自重は考慮しないものとする。なお、両端が単純支持の梁の中央部への集中荷重 $P$  [kN]による最大たわみ $\delta_0$ は以下の式で表される。

$$\delta_0 = \frac{PL^3}{48EI}$$

② ①においてガーダの自重を考慮した場合のガーダの中央の位置における水平からのたわみの大きさ[mm]を求めよ。

ただし、鋼材の密度は7.85 g/cm<sup>3</sup>とする。なお、両端が単純支持の梁の分布荷重 $q$  [kN/m]による中央部のたわみ $\delta_w$ は以下の式で表される。

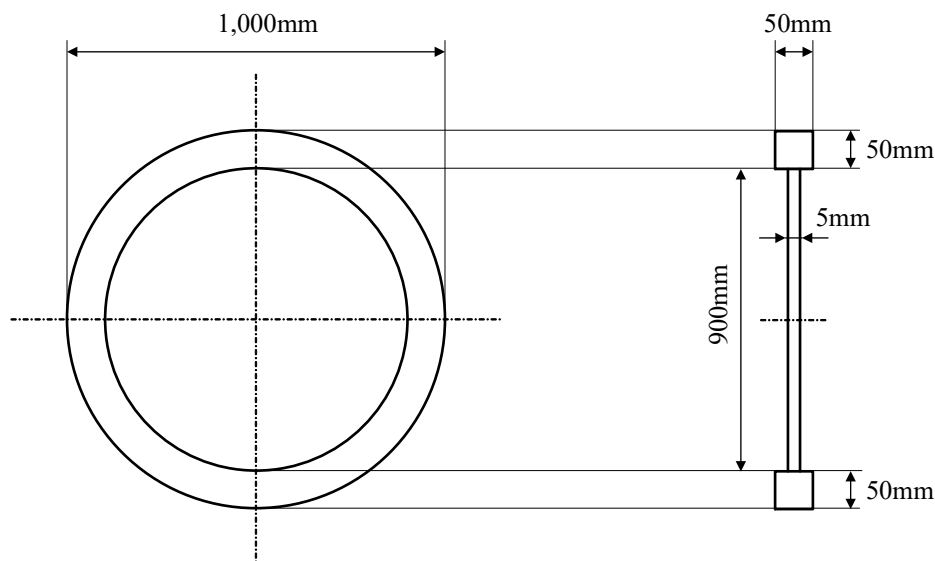
$$\delta_w = \frac{5qL^4}{384EI}$$

③ ガーダの中央の位置に荷をつつた。その際のガーダの水平からのたわみが $L$ の1/800であるとき、つり荷の重量[kN]を求めよ。

ただし、ガーダの自重を考慮すること。また、小数点以下は切り捨てて整数値で求めること。

問 4 機械プレス（フリクションクラッチ式プレス）に使用されている構成要素について、以下の設問に答えよ。  
ただし、計算は、有効数字3桁で解答すること。

(1) この機械プレスに取り付けられているフライホイールを図に示す形状にモデル化する。以下の問に答えよ。



図

(注) 図において、寸法と縮尺は一致していない。

- ① フライホイール回転軸が円盤の中心に一致する場合、このフライホイールの慣性モーメント  $I_r$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ] を求めよ。ただし、このフライホイールは鋳鉄製で、その密度は  $7.3 \text{ g/cm}^3$  とする。  
なお、一様な円盤の中心軸のまわりの慣性モーメント  $I$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ] は次式で求められる。

$$I = \left(\frac{1}{2}\right) mr^2$$

$m$  : 円盤の質量 [kg]

$r$  : 円盤の半径 [m]

- ② このフライホイールが 300 rpm で回転しているときの運動エネルギー  $K_r$  [J] を求めよ。
- ③  $100 \text{ N}\cdot\text{m}$  の制動トルク  $T$  を負荷することにより、300 rpm で回転しているフライホイールの回転を停止させる。停止までに要する時間  $t$  [秒] を求めよ。

(2) この機械プレスにライトカーテン（光線式安全装置）を設置する場合の安全距離  $S$  [mm] を求めよ。

ただし、計算に用いる条件は以下のとおりとする。なお、これらの計算用に設定した値は、必ずしも構造規格の要件に一致しているとは限らない。

$K$  : 検出領域への身体又は身体の一部の侵入速度 :  $2,000 \text{ mm/秒}$

$C$  : ライトカーテンの最小検出体の直径から算出される追加距離 :  $8 \times (d - 14) \text{ mm}$

$t_1$  : ライトカーテンからの最大応答時間 :  $6.5 \times 10^{-3} \text{ 秒}$

$t_2$  : 防護装置からの信号を受けて機械が停止するまでにかかる最大停止時間 :  $60 \times 10^{-3} \text{ 秒}$

$d$  : ライトカーテンの最小検出体の直径 :  $28 \text{ mm}$