

第51回 労働安全コンサルタント試験
(機 械 安 全)

051017

機械安全

1/6

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 プレス機械の安全装置に関する以下の設問に答えよ。

(1) プレス機械の安全対策について次の問に答えよ。

- ① 「ノー・ハンド・イン・ダイ」の措置とは、どのような措置のことであるか述べよ。
- ② 次のア及びイについて、どのような危険があり、それに対してどのような保護方策が考えられるか述べよ。
ア プレス機械の側面や後面
イ 自動プレス

(2) 急停止機構を備えるプレス機械に設ける安全装置のうち、次の①～③の型式について、どのような機能を有するものか述べよ。また、これらの安全装置を設置、使用する場合に留意すべき事項をそれぞれ三つずつ述べよ。

- ① インターロックガード式
- ② 両手操作式
- ③ 光線式

(3) ブランキング機構付き光線式安全装置とはどのようなものか述べよ。また、どのような用途に用いられるものか述べよ。

問 2 圧力容器や建設機械などの構造物には、金属材料が多用されている。金属材料の機械的性質は、構造物を設計する上で重要な要素となる。図1及び図2は、複数の金属材料の機械的性質を取得するために実施された引張試験の結果であり、公称応力-公称ひずみ線図の模式図である。金属材料の公称応力-公称ひずみ線図及び機械的性質について、以下の設問に答えよ。

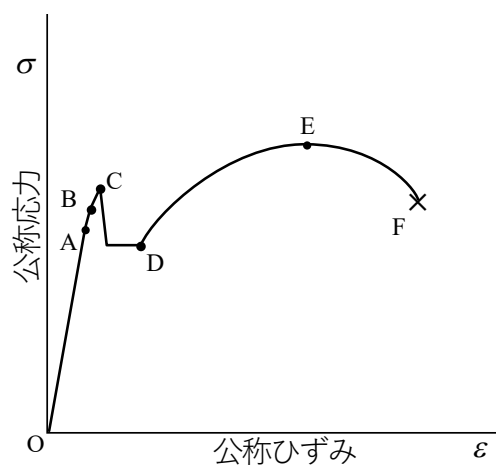


図1

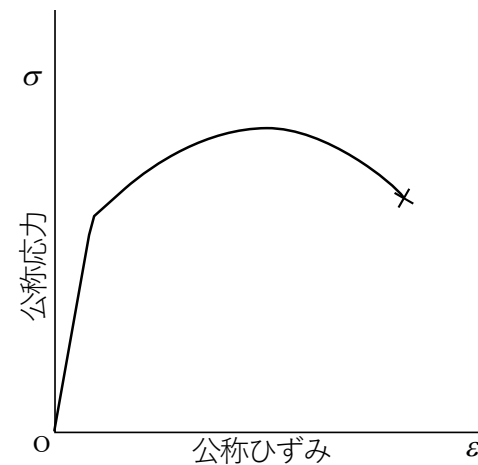


図2

(1) 次の①～④の金属材料をそれぞれ引張試験に供したとき、得られる公称応力-公称ひずみ線図は、図1又は図2のどちらとなるか。①～④の金属材料それぞれについて、図1又は図2で答えよ。

- ① アルミニウム合金：A2024
- ② オーステナイト系ステンレス鋼：SUS304
- ③ 黄銅：C2600
- ④ 炭素鋼：S45C（熱処理を実施していないもの）

(2) 図1中のA点、B点、C点、D点を指す名称は何か。また、E点における公称応力を何と呼ぶか答えよ。

(3) 次の①～③について、それぞれ50字以内で説明せよ。

- ① 降伏応力
- ② 絞り
- ③ 縦弾性係数（ヤング率）

(4) ある金属材料を引張試験に供したところ、図1のような公称応力-公称ひずみ線図を得た。この金属材料について、真応力-真ひずみ線図の模式図を以下の条件に従って解答用紙の図に描画せよ。

- ・公称応力-公称ひずみ線図と真応力-真ひずみ線図との違いを明確にすること。
- ・破断点は×印で示すこと。

(5) 公称応力-公称ひずみ線図が図2となるような金属材料では、明確な降伏応力が得られない。降伏応力の代わりに用いられる応力は何か答えよ。また、その応力の求め方を解答用紙の図に補助線などを記入して、70字以内で説明せよ。

問 3 工作機械等では油圧シリンダ、油圧ブレーキなど油圧を用いた装置が多く用いられている。油圧を用いた装置は適切に利用すれば大きな荷重を取り扱うことができるが、設計が適切でないと労働災害が発生するおそれがある。油圧及び油圧シリンダについて、以下の設問に答えよ。

ただし、ピストン及びシリンダの間に生じる摩擦、作動油、ピストン及びピストンロッドの質量並びに作動油の圧力損失は考慮しないものとする。なお、特に指示のない場合、重力加速度は $g[\text{m}/\text{秒}^2]$ 、円周率は π を用いること。

(1) 油圧シリンダには図1に示す単動型と図3に示す複動型がある。これらの油圧シリンダの推力と流量について、次の問に答えよ。

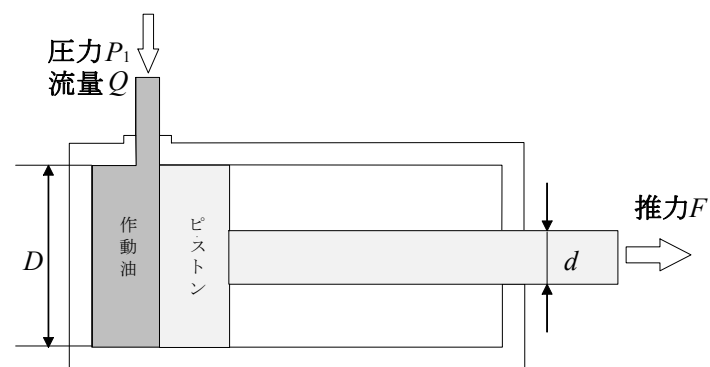


図1 単動型油圧シリンダの模式図

- ① 図1に示す単動型油圧シリンダの内径を $D[\text{mm}]$ 、ピストンロッドの直径を $d[\text{mm}]$ とする。推力 $F[\text{N}]$ を得るために必要な油圧源の圧力 $P_1[\text{MPa}]$ を求めよ。
- ② 図1において、ピストンが $v[\text{mm}/\text{秒}]$ の速度で右側に移動するために必要な作動油の流量 $Q[\text{L}/\text{分}]$ を求めよ。
- ③ 単動型の油圧シリンダの場合、図2に示すようにピストンが戻るためのばね（ばね定数 $k[\text{N}/\text{mm}]$ ）をシリンダ内に入れることもある。油圧シリンダの軸方向に x 軸をとり、ばね力がピストンに働き始める位置を $x = 0$ とする。推力 $F[\text{N}]$ を x の関数として求めよ。なお、油圧シリンダの内径、ピストンロッドの直径、油圧源の圧力は、①と同じ記号を用いること。

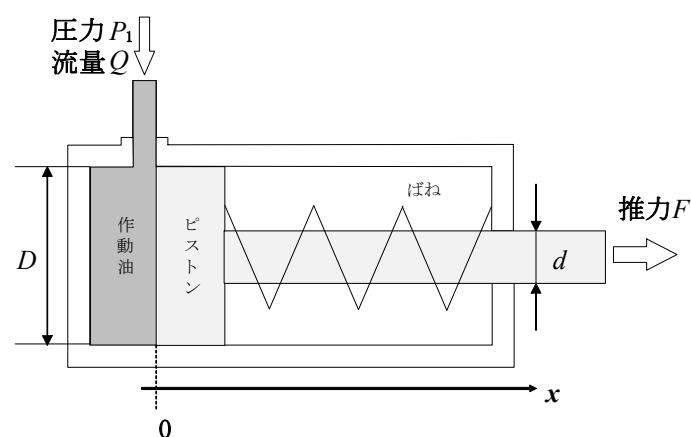


図2 単動型の油圧シリンダに戻り用のばねを組み込んだ油圧シリンダの模式図

- ④ ③の結果を用いて、図2に示す油圧シリンダのストロークを $S[\text{mm}]$ 以上とするために最低限必要な油圧 $P_2[\text{MPa}]$ を求めよ。
- ⑤ 図3に示す複動型油圧シリンダの内径を $D[\text{mm}]$ 、ピストンロッドの直径を $d[\text{mm}]$ 、油圧源から来る圧力を $P_3[\text{MPa}]$ としたとき、右向きに得られる推力 $F_R[\text{N}]$ と左向きに得られる推力 $F_L[\text{N}]$ をそれぞれ求めよ。ただし、圧力は同時に作用することではなく、片方ずつ作用することとする。また、作用していない側に残留している作動油の存在は無視することとする。

- ⑥ 図3において、ピストンが v_R [mm/秒] の速度で右側に移動するために必要な作動油の流量 Q_R [L/分] と、ピストンが v_L [mm/秒] の速度で左側に移動するために必要な作動油の流量 Q_L [L/分] をそれぞれ求めよ。

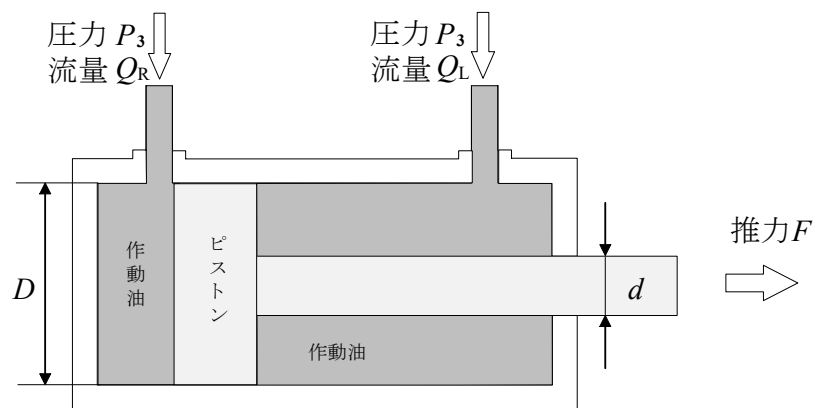


図3 複動型油圧シリンダの模式図

- (2) 図4に示すように、単動型と複動型を組み合わせた3台の油圧シリンダを並べた液圧プレス機を考える。油圧シリンダをそれぞれ左から番号1、2、3とする。単動型のシリンダの内径を D_1 [mm]、ピストンロッドの外径を d_1 [mm] とする。また、複動型のシリンダの内径を D_2 [mm]、ピストンロッドの外径を d_2 [mm] とする。シリンダの先端には鋼製のスライドが取り付けられており、これをワークに押し当てることでワークに荷重を負荷する。スライドの質量を M [kg] とする。このとき、次の問に答えよ。

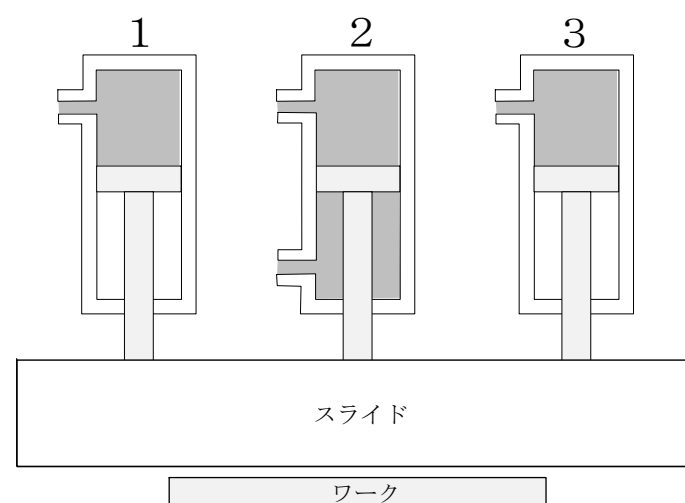


図4 3台の油圧シリンダを並べた液圧プレス機の模式図

- ① 3台のシリンダに等しく圧力 p_4 [MPa] をワークを加工する側に作用させた場合、スライドからワークに与えることのできる荷重 F_s [N] を求めよ。
- ② 加工終了後にスライドを v_s [mm/秒] の速度で持ち上げるために必要な作動油の流量 Q_s [L/分] を求めよ。
- ③ 50 cm 四方のワークがある。1 cm² 当たり 490 N の荷重を加えて加工したい。この荷重に必要な油圧シリンダを選定するとき、3本のピストンの直径は等しいとして、ピストンの直径が 140、150、180、210 mm の中から、必要な荷重を与えることができる最も小さい直径の油圧シリンダを選定せよ。ただし、油圧源からは全てのシリンダに均等に 21 MPa の油圧が供給されるとする。スライドは鋼製で形状は直方体（縦 80 cm × 横 100 cm × 高さ 10 cm）とする。必要であれば円周率には 3.14、重力加速度には 9.8 m/秒²、鋼の密度は 7.85 g/cm³ を使用すること。

問 4 リスク低減方策が制御に基づく場合、その制御システムの安全関連部のハードウェアとソフトウェアは、リスクの大きさに対応した安全性能が要求される。また、安全性を確保する上で、その機械やシステムの信頼度や MTBF（平均故障間隔）は重要な検討事項となる。安全性能を示す指標として代表的に用いられている PL（パフォーマンスレベル）は、 PL_r （要求パフォーマンスレベル）を決定した上で、カテゴリ（安全に係わる制御システムが故障した場合の安全機能の維持能力の分類）に $MTTF_D$ （平均危険側故障時間）と DC_{avg} （平均診断範囲）と CCF（共通原因故障）の発生率を加えた評価の上、決定される。これらの検討に必要な事項に関し、以下の設問に答えよ。

(1) 図1、図2及び図3は、それぞれ三つの設備を組み合わせた生産システムのブロック図である。次の問に答えよ。

- ① 図1は、三つの設備を直列に組み合わせたシステムである。設備 R_1 の信頼度が 0.8、設備 R_2 の信頼度が 0.9、また、システム全体の信頼度が 0.504 であるとき、設備 R_3 の信頼度を求めよ。また、このシステム全体の不信頼度を求めよ。

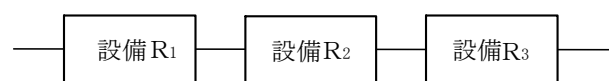


図1 直列系のシステム

- ② 図2は、三つの設備を並列に組み合わせたシステムである。設備 R_4 の信頼度が 0.7、設備 R_5 の信頼度が 0.8、また、システム全体の信頼度が 0.988 であるとき、設備 R_6 の信頼度を求めよ。また、このシステム全体の不信頼度を求めよ。

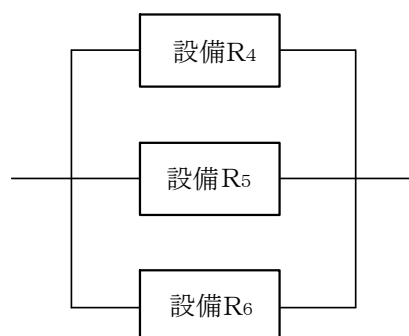


図2 並列系のシステム

- ③ 図3は、三つの設備を直列と並列に組み合わせたシステムである。設備 R_7 の信頼度が 0.6、設備 R_8 の信頼度が 0.8、また、システム全体の信頼度が 0.588 であるとき、設備 R_9 の信頼度を求めよ。また、このシステム全体の不信頼度を求めよ。

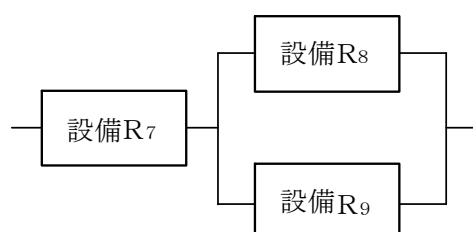


図3 直列系と並列系を組み合わせたシステム

(2) 図4、図5及び図6は、二つ又は三つの設備を組み合わせた生産システムのブロック図である。設備 R_{10} の $MTTF_D = 10$ 年、設備 R_{11} の $MTTF_D = 20$ 年、設備 R_{12} の $MTTF_D = 5$ 年の場合、次の問に答えよ。

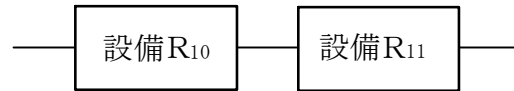


図4 直列系のシステム

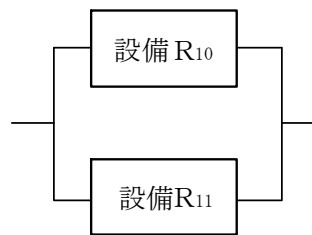


図5 並列系のシステム

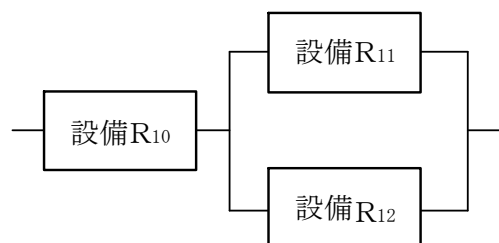


図6 直列系と並列系を組み合わせたシステム

- ① 図4のシステムの安全機能の $MTTF_D$ [年] を求めよ。
- ② 図5のシステムの安全機能の $MTTF_D$ [年] を求めよ。
- ③ 図6のシステムの安全機能の $MTTF_D$ [年] を求めよ。

(3) システムの信頼性に関する次の問に答えよ。

- ① あるシステムが 500 時間で 4 件の故障が発生したとき、このシステムの故障率を単位を含めて求めよ。
- ② このシステムの MTBF (平均故障間隔) を単位を含めて求めよ。