

令和 1 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)

4. 実 技 課 題

〔 4 - 1 〕 〔 4 - 2 〕 〔 4 - 3 〕 〔 4 - 4 〕 〔 4 - 5 〕 〔 4 - 6 〕

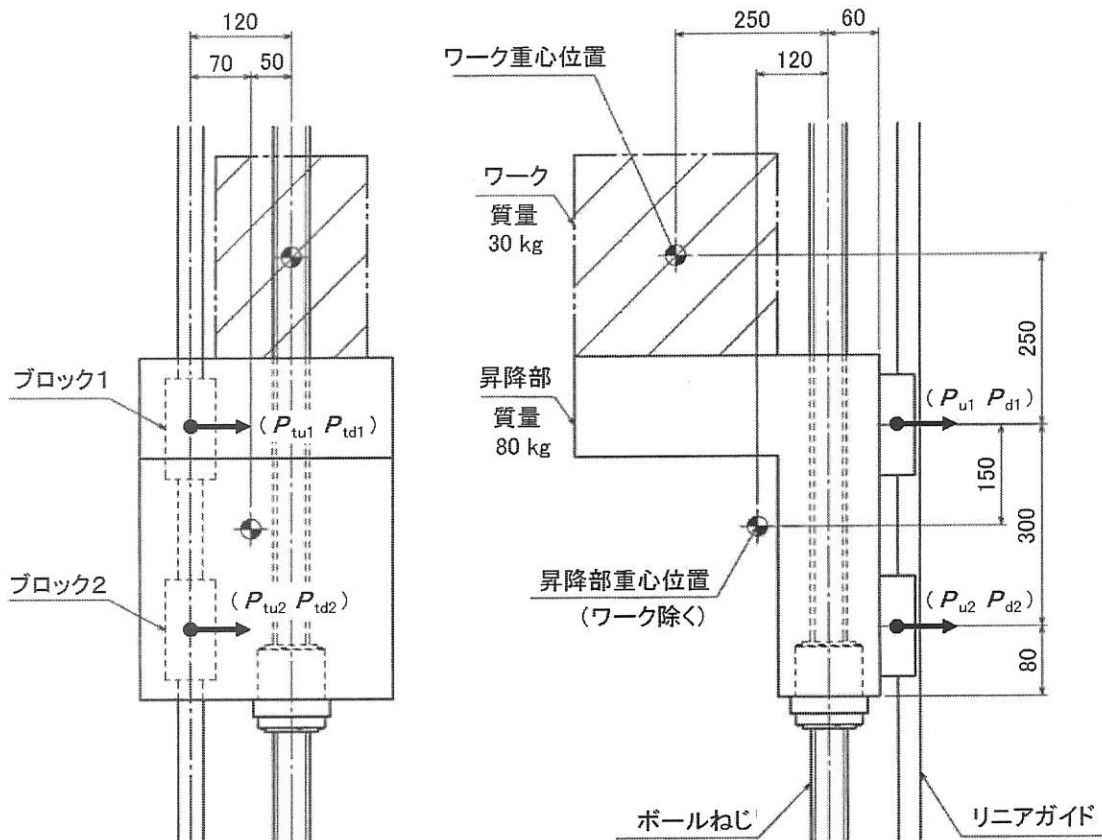
- ・ 6 問中 4 問解答のこと。
- ・ 実用機械についての重点を絞った出題

令和 1 年 11 月 17 日実施

主催：一般社団法人 日本機械設計工業会

〔4. 実技課題〕

〔4－1〕 下図のようなボールねじ駆動の昇降装置がある。ワークを搭載して上昇し、ワークを取り出し後、昇降装置のみ下降する。1サイクル当たり1動作する。この昇降装置についての下記の設問（1）～（5）に答えよ。解答は、計算過程を含めて解答用紙の解答欄に記述せよ。



昇降装置仕様

- ・昇降ストローク l : 800mm
- ・サイクルタイム t_c : 20sec

リニアガイド仕様（1ブロック当り）

- ・基本動定格荷重 C : 6650N
- ・基本静定格荷重 C_0 : 9080N

〈リニアガイド計算式〉

- ・合成荷重 $P_E = |P| + |P_t|$
- ・平均荷重 $P_m = \sqrt[3]{((P_{Eu}^3 \cdot l + P_{Ed}^3 \cdot l) / (2 \cdot l))}$
- ・定格寿命 L [km] = $(C / (f_w \cdot P_m))^3 \times 50$

設問

- (1) リニアガイドのブロック 1, 2 において、上昇時に掛かるラジアル方向の負荷荷重 (P_{u1} , P_{u2}) [N] 及び下降時に掛かるラジアル方向の負荷荷重 (P_{d1} , P_{d2}) [N] を求めよ。
- (2) リニアガイドのブロック 1, 2 において、上昇時に掛かる横方向の負荷荷重 (P_{tu1} , P_{tu2}) [N] 及び、下降時に掛かる横方向の負荷荷重 (P_{td1} , P_{td2}) [N] を求めよ。
- (3) リニアガイドのブロック 1, 2 において上昇時に掛かる合成荷重 (P_{Eu1} , P_{Eu2}) [N] 及び、下降時に掛かる合成荷重 (P_{Ed1} , P_{Ed2}) [N] を求めよ。
- (4) リニアガイドのブロック 1, 2 に作用する平均荷重 (P_{m1} , P_{m2}) [N] を求めよ。
- (5) リニアガイドのブロック 1, 2 の定格寿命距離 L [km] 及び定格寿命時間 L_h [h] を求めよ。荷重係数 (f_w) は 1.5 とする。

注釈

- 1) ラジアル方向の負荷荷重は、リニアガイドのラジアル荷重を「プラス」とし、逆ラジアル荷重を「マイナス」とする。

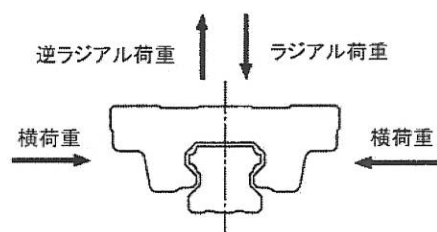
また、横方向の負荷荷重は、図示方向を「プラス」とし、反図示方向を「マイナス」とする。

- 2) P : ラジアル方向負荷荷重 又は、逆ラジアル方向負荷荷重

上昇時 : (P_u), 下降時 : (P_d)

P_t : 横方向負荷荷重

上昇時 : (P_{tu}), 下降時 : (P_{td})



LMガイドの負荷荷重の方向

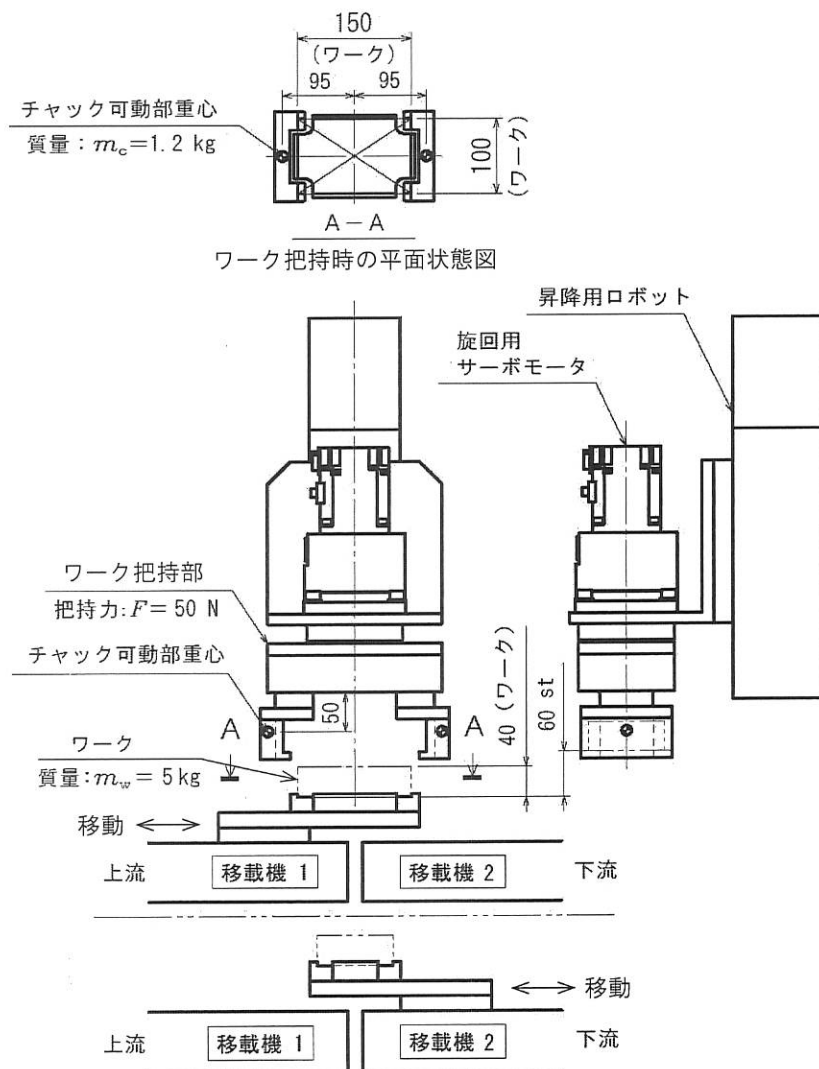
〔4－2〕 下図は、移載機1からワークを受け取り上昇して、上昇限位置で90°旋回させた後、下降して移載機2へ受け渡す装置である。（詳細動作フローについては、下記《動作フロー》参照。）

この装置における下記の設問（1），（2）に答えよ。

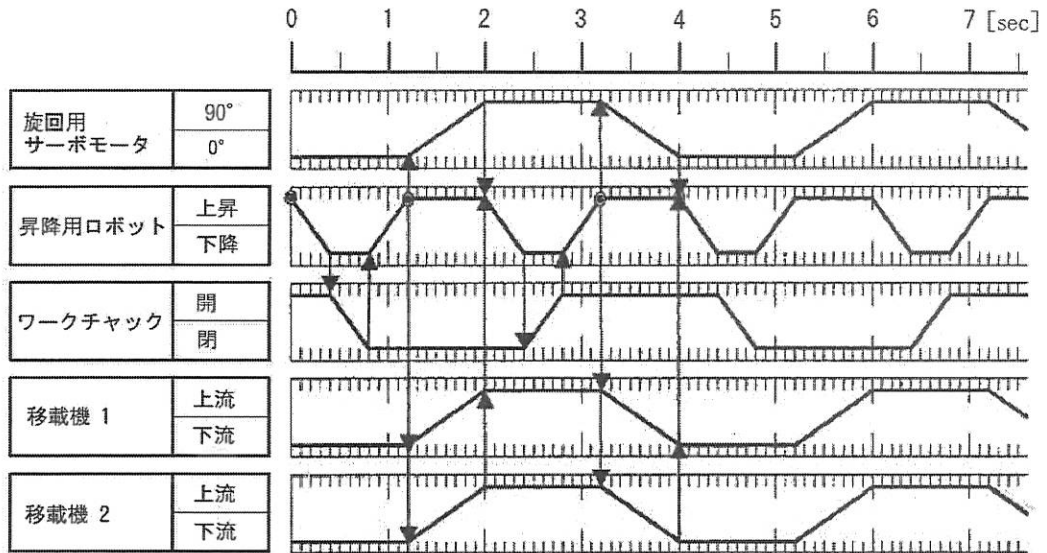
解答は、計算過程を含めて解答用紙の解答欄に記述せよ。

《動作フロー》

- ① 昇降ロボットのワーク把持部を『「上昇限」（待機位置）→「下降限」』に下降させる。
 - ② ワークチャックを「開→閉」に閉じて、ワークを把持する。
 - ③ ワーク把持部を「下降限→上昇限」に上昇させる。
 - ④ ワーク把持部を「0→90°」に旋回させる。
- 同時に、移載機1，2を「下流→上流」側に移動させる。
- ⑤ ワーク把持部を「上昇限→下降限」に下降させる。
 - ⑥ ワークチャックを「閉→開」に解放して、ワークを移載機2に移載する。
 - ⑦ 昇降ロボットの把持部を「下降限→上昇限」に戻す。
 - ⑧ ワーク把持部の位置を「90→0°」に戻して待機させる。
- 同時に、移載機1，2を「上流→下流」側に移動させる。



《動作フローに対するタイムチャート》



注) 昇降用ロボットは、加速時間＝減速時間とし、ワーク把持部の上昇位置を定常停止とする。

設問

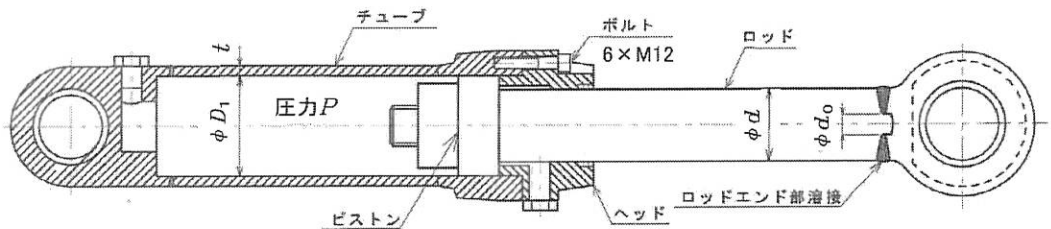
(1) 旋回用サーボモータは、上昇限位置で角速度 $\omega = 3.14 \text{ rad/s}$ で旋回する。ワークの慣性負荷とチャックの遠心力を考慮すると、エアチャックの把持力 $F = 50 \text{ N}$ に対し、安全率 $S_f = 5$ を満たすには、加速時間 $t_1 [\text{s}]$ を何秒まで短縮可能か、下記の手順①～③に従って答えよ。ただし、ワークとチャック間の摩擦は無視する。

- ① 加速時のワークの慣性負荷トルクによるチャック開方向に作用する力 $F_1 [\text{N}]$ を求めよ。ただし、ワークの回転軸まわり慣性モーメント $J = 0.014 [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$ とする。
なお、この設問段階では、加速時間 t_1 は未知数なので記号表記とする。
- ② チャック可動部の重心に働く遠心力 $F_2 [\text{N}]$ を求めよ。
- ③ 手順①、②で求めた F_1 , F_2 に対して、エアチャックの把持力 $F = 50 \text{ N}$ および安全率 $S_f = 5$ を満たす加速時間 $t_1 [\text{sec}]$ を求めよ。

(2) 前述のタイムチャートで動作する場合の昇降用ロボットに関する下記の問い①、②に答えよ。

- ① 前述のタイムチャートで動作する場合の昇降用ロボットに必要な最高速度 $V_m [\text{mm/s}]$ を求めよ。ただし、加速・減速時間 t_z は、設問(1)の t_1 と同じ ($t_z = t_1$) とする。
- ② 必要動力 $P [\text{W}]$ を求めよ。ただし、「ワークとチャック」以外の昇降部質量 $m_z = 7.6 \text{ kg}$ 、定速時の負荷率 $\eta = 30\%$ とする。

〔4－3〕 下図の断面で示す油圧シリンダのチューブとヘッドを固定するボルトについての以下の設問（１）～（５）に答えよ。解答は、計算過程を含めて解答用紙の解答欄に記述せよ。計算結果は小数点２桁目を四捨五入して、小数点１桁まで求めること。



各諸元表

六角穴付きボルト M12×6 本 強度区分 12.9
ボルト耐力 σ_y : 1080 MPa
ボルト有効径 d_s : 10.36 mm
ボルトねじ部の谷径 d_p : 9.73 mm
ボルトのばね定数 K_t : 409 kN/mm
ヘッドのばね定数 K_c : 2330 kN/mm
チューブ内径 D_1 : 110 mm
チューブ肉厚 t : 12 mm
チューブ内圧 P : 0 $\Leftrightarrow$ 28 MPa
ロッド径 d : 80 mm
ロッド未溶接部径 d_0 : 30 mm

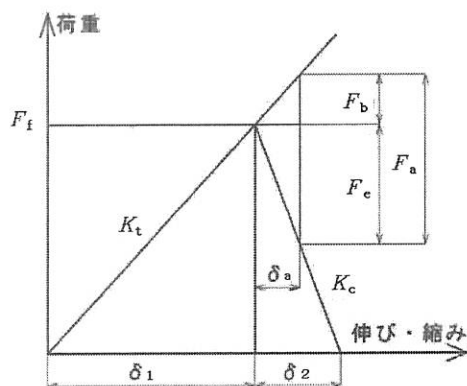
《ボルトの締め付け軸力の算出計算式》：（参考）

締め付け軸力 F_t の関係は①式で示される。

$$F_t = 0.7 \times \sigma_y \times A_s \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

σ_y : 耐力強度区分 12.9 のとき、1080 [MPa]

A_s : ボルトの有効断面積 [mm²]



δ_1 : 初期締め付けによるボルトの伸び量

δ_2 : 初期締め付けによる被締結体の収縮量

ねじ締結体の締め付け線図

《ボルト軸部の引張内力 F_b 、

被締結部の圧縮内力 F_e の算出式》

$$F_b = F_t \times \frac{K_t}{K_t + K_c}$$

$$F_e = F_t \times \frac{K_c}{K_t + K_c}$$

設問

- (1) ボルト 1 本あたりの初期締付軸力 F_t [kN] を求めよ。ただし、トルク法による耐力の 70% を最大とする弾性域内でボルトを締付けたものとする。
- (2) 図の油圧シリンダにおいて、チューブ内圧 P が $0 \sim 28\text{MPa}$ に変化するとき、ヘッドのボルト締結部 1 ヲ所にかかる外力の最大値 F_a [kN] を求めよ。ただし、最大外力はピストンによる衝撃力を考慮して最大静圧力の 1.2 倍作用するものとする。ヘッド側の内圧は 0 とする。
- (3) 外力 F_a が作用しているとき、ボルト 1 本が負担する引張力 F_b [kN] とヘッドの被締結部 1 ヲ所が負担する圧縮力 F_c [kN] を求めよ。
- (4) 外力 F_a が作用しているとき、ボルトが緩まないか条件式を作成し判定せよ。緩まない条件は、ボルト締付軸力が被締結部の圧縮力の F_c を失っても、なお F_c の 20% 以上の圧縮力を残しておくこと。
- (5) 引張力 F_b が繰り返し作用しているとき、ボルトが疲労破壊しないか条件式を作成し判定せよ。ただし、ボルトの疲労限度は 120 [MPa] とする。

〔4－4〕 下図は、材質 SS の水槽である。

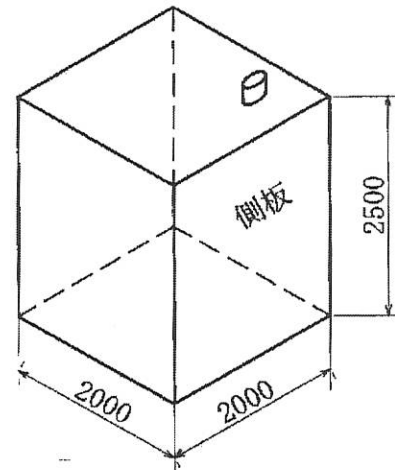
槽の外板は全面 t6 を使用するものとする。

補強に L 形鋼を使用して、経済的な補強方法で設計し、補強に囲まれた側板の応力も検証せよ。

なお、補強材は資料 1 の材料と、外板の有効幅 ($t \times 30$) の組合せ。

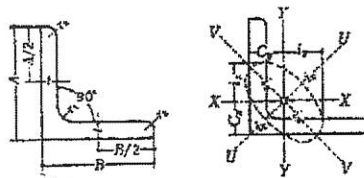
外板の長方形曲げ応力は資料 2 (4 辺固定) によること。

許容曲げ応力 $\sigma = 14 \text{ kN/cm}^2$ (140 MPa)



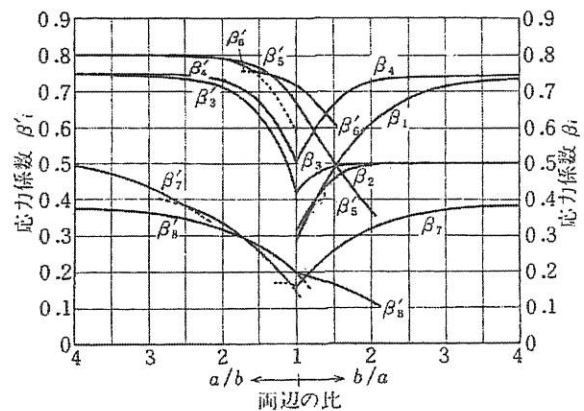
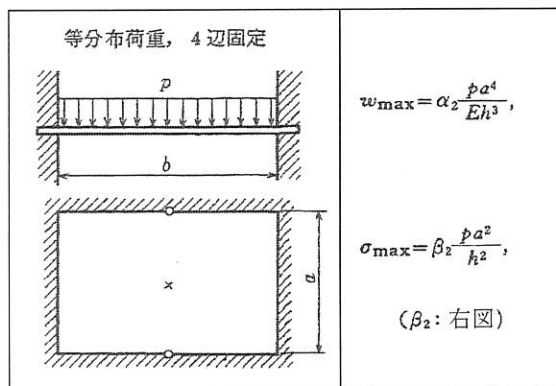
資料 1

等辺山形鋼の標準断面寸法とその断面積・単位重量・断面特性



寸法 (mm)				断面積 (cm ²)	単位重量 (kg/m)	断面 2 次モーメント (cm ⁴)			断面 2 次半径 (cm)			断面係数 (cm ³)	重心 (cm)
A×B	t	r ₁	r ₂			I _x =I _y	I _u	I _v	i _x =i _y	i _u	i _v	Z _x =Z _y	
75×75	6	8.5	4	8.727	6.85	46.1	73.2	19.0	2.30	2.90	1.47	8.47	20.6

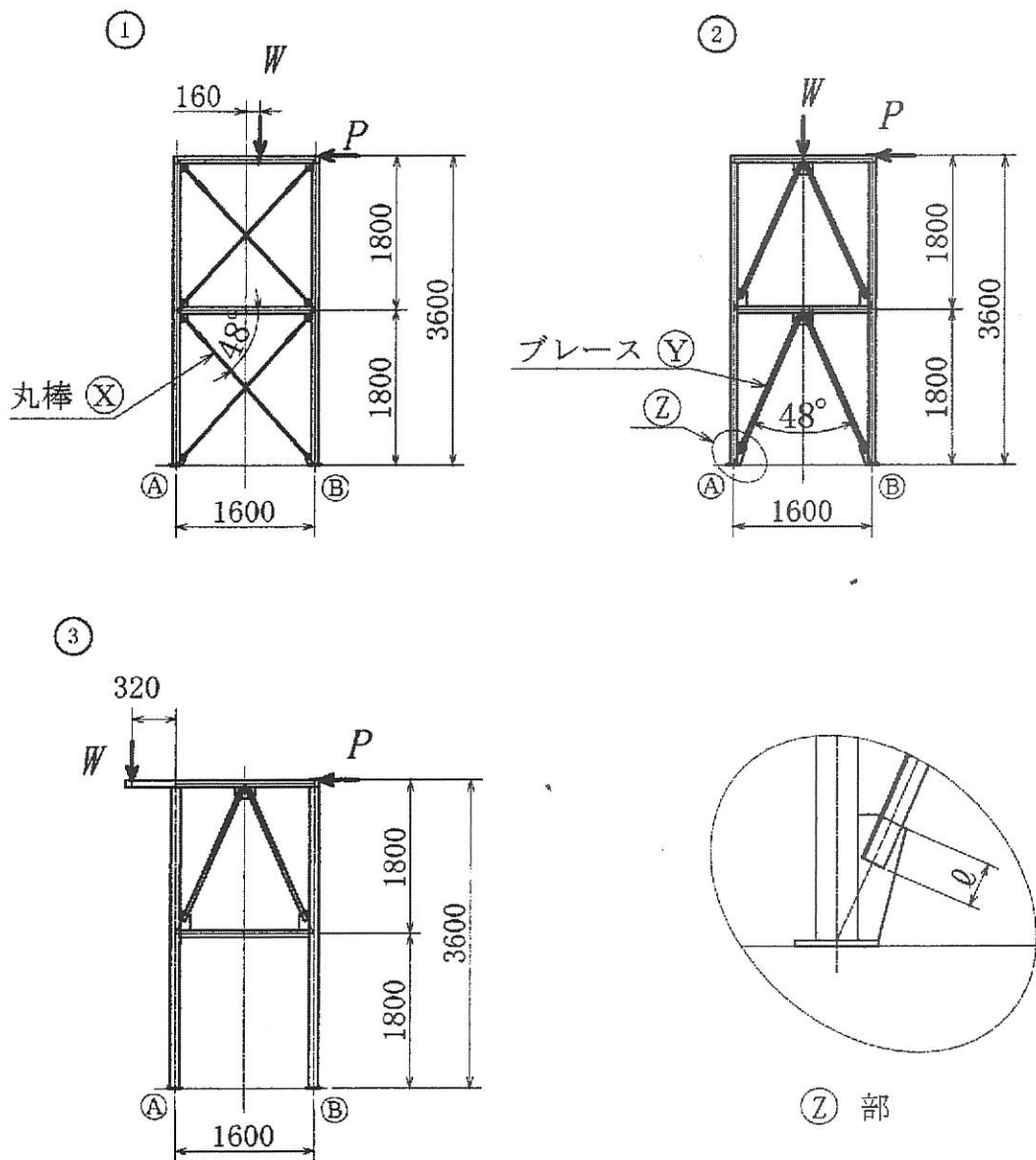
資料 2 (機械工学便覧)



長方形板の最大応力の係数 β_i, β'_i

〔4－5〕 下図は、いろいろな組み方をした形鋼製の一面に、各種の力が作用したものである。
 ラーメン部以外の部材の接合部はすべてピン接合とみなし、下記の設問（１）～（３）に
 答えよ。

- （１） それぞれの側面に、 $W=80\text{kN}$ 、 $P=32\text{kN}$ の力が働くとき、各脚の基礎面（ピン支
 点）に生じる反力（垂直、水平）の大きさを解答用紙の表に記入せよ。
 （２） 丸棒⑧、ブレース⑨に加わる力を求めよ。
 （３） 詳細②部のブレースを溶接する溶接長さ及び溶接記号を記入せよ。ただし、溶接の
 許容せん断応力は 12kN/cm^2 とする。



【4－6】 下図はローラコンベヤラインの途中にトラバーサがある搬送装置である。なお、トラバーサの拡大詳細は別図参照。

下記の設問（１）～（３）に答えよ。

（１） 別図、トラバーサ輸送用ギヤードモータ①のモータ出力を求めよ。

ただし、機械効率を $\eta=0.85$ とし、出力〔kW〕は次の中から選べ。

（0.4、0.75、1.5、2.2、3.7）

また、減速部の減速比は $1/40$ とし、出力軸のトルクを求めよ。

（２） トラバーサ昇降用油圧シリンダ②の必要径〔mm〕を求め、下記から選べ。

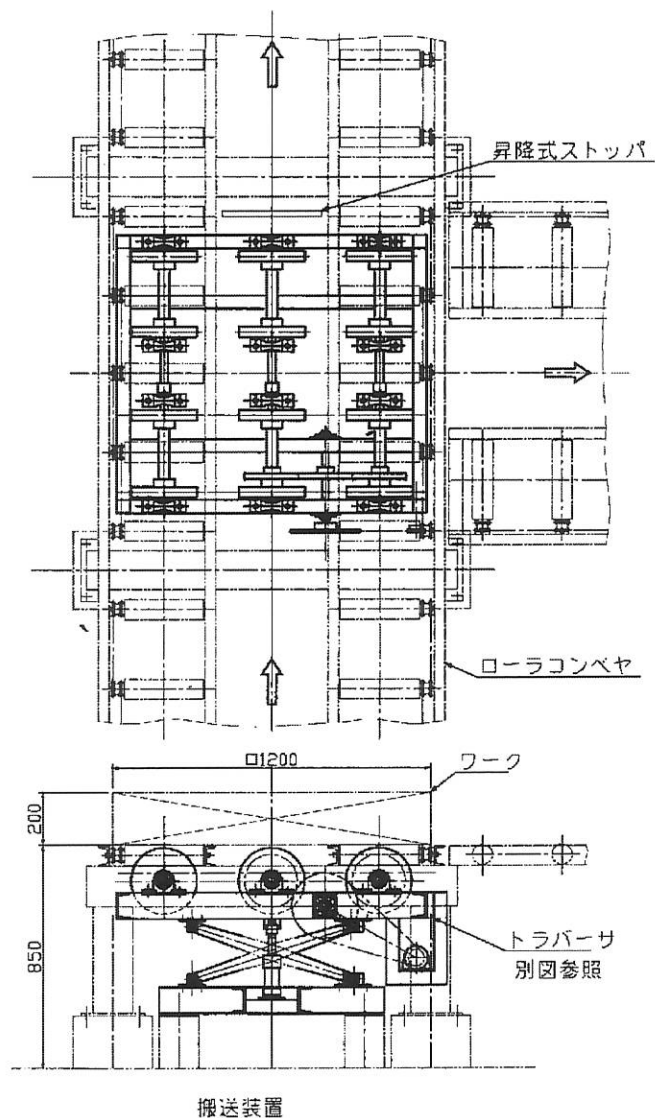
（50、63、80、100、125、150）

（３） 搬送用駆動軸③のⓧ部に加わる曲げモーメントを求めよ。

ただし、外力は駆動部トルクより算定のこと。

仕 様

処理方式	ローラコンベヤ	トラバーサ
搬送ワーク質量	1500kg	
搬送速度	5 m / m i n	
モータ	50Hz、4p	
昇降部質量	250kg	
昇降用シリンダ、油圧圧力	3.5MPa	



トラバーサ詳細図

