

平成20年度
機械設計技術者試験
2級 試験問題Ⅱ

第2時限 12：40～15：10（150分）

3. 機械力学
5. 熱工学
6. 制御工学
9. 機械製図
11. 環境・安全

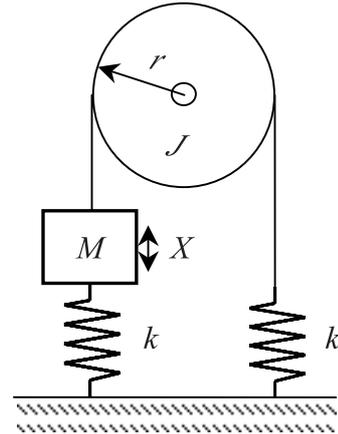
平成20年11月23日実施

主催：社団法人 日本機械設計工業会

[3. 機械力学]

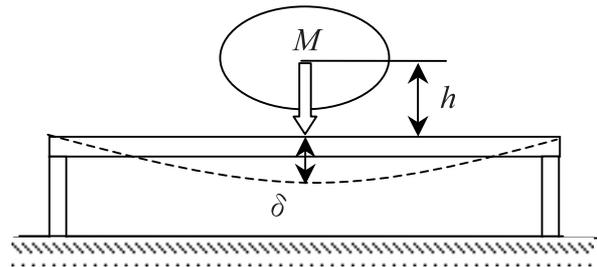
3-1 図に示す水平に置かれた質量 $M=5$ (kg) が糸にてプーリを介してコイルばねにより引っ張り固定されている。この質量の運動について、次の問いに答よ。ただし、コイルばねのばね定数 $k=5000$ (N/m)、プーリの慣性モーメント $J=0.0002$ (kgm²) である。

- (1) プーリと糸との間に摩擦が無い場合の運動エネルギーの釣り合いの式を求めよ。質量の最大速度を v とする。
- (2) (1) の場合の固有振動数 f_1 を求めよ。
- (3) プーリと糸が滑らず、またプーリの回転摩擦が小さく無視できる場合、質量の変位 x とプーリの回転角 θ の間の関係式を求めよ。
- (4) (3) の運動エネルギーの釣り合いの式を求めよ。
- (5) (3) の場合の固有振動数 f_2 を求めよ。



3-2 図に示すようなベンチに、 $M=80$ (kg) の人が高さ $h=30$ (cm) から座ったとする。この人の運動について、次の問いに答よ。重力加速度は $g=9.8$ (m/s²) とする。

- (1) この人が、ベンチに自由落下で座ったとすると、ベンチに当たる時の速度 v を求めよ。
- (2) ベンチの最大たわみを δ とする時のエネルギーの釣り合いの式を求めよ。
- (3) 前記の式より、 h が微小の時の最大たわみ δ の値を求めよ。ただし、ベンチの両端支持はりの中央のばね定数を $k=50000$ (N/m) とする。
- (4) 最大たわみ δ は、静かに腰かけた時のたわみ δ_s の何倍であるか示せ。



[5. 熱工学]

- 5-1 下記の文章の空欄に適切な用語を用語群から選び、解答欄にその番号を記入せよ。
問題中の記号、添え字の意味は下記枠内の通りである。

【記号一覧】

P : 圧力 Q : 熱量 S : エントロピ T : 熱力学温度 V : 体積 η : 熱効率

【添え字】

1 : 高温熱源 2 : 低温熱源

- (1) 熱と仕事に関するエネルギー保存則は \boxed{A} である。閉じた系では、加えられた熱量は、系の \boxed{B} と、外部への \boxed{C} との和になることを表す。
- (2) 系に加えた熱量をすべて仕事に変換することが不可能であることを表しているのは \boxed{D} である。
- (3) 可逆断熱変化は \boxed{E} であるともいわれる。それは断熱変化では $dQ = 0$ であり、 $dS = \frac{dQ}{T} = 0$ になるからである。
- (4) 不可逆変化におけるエントロピ変化は、 \boxed{F} のように表すことができる。
- (5) 開いた系では、体積と圧力の微小変化の積 VdP は \boxed{G} を表す。
- (6) カルノーサイクルの熱効率 η は、 $\eta = \boxed{H}$ で表示される。
- (7) 自然界においては、熱が低温のところから高温のところへ移動することはない。しかし、 \boxed{I} を用いて \boxed{J} を行うと可能になる。

【用語群】

- | | | |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| 1. $(Q_2 - Q_1) / Q_2$ | 2. 熱力学の第一法則 | 3. 熱力学の第三法則 |
| 4. エネルギー | 5. $dS < dQ / T$ | 6. 絶対仕事 |
| 7. $(Q_1 - Q_2) / Q_1$ | 8. 熱力学の第二法則 | 9. 工業仕事 |
| 10. 熱力学サイクル | 11. $dS > dQ / T$ | 12. $dS = dQ / T$ |
| 13. 内部エネルギー | 14. 等エントロピ変化 | 15. 比エンタルピ |

5-2 熱伝導率が λ_1 と λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) と異なる2種の保温材を使って、円管に保温施工する場合、熱伝導率が小さいA保温材を内層に、Bの保温材を外層に施工した図(a)と、同一管に対して、これと逆に、Bの保温材を内層に、Aの保温材を外層に施工した図(b)を考える。ただし、施工する保温材厚さは同一と仮定し、いずれも管の表面温度に充分耐えるものとする。

- (1) いずれが保温効率がよいか、図(a), 図(b)の放散熱量をそれぞれ Q_a, Q_b として数式を用いて証明せよ。
- (2) $\lambda_1 = 0.08 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, $\lambda_2 = 0.2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ として、図(a)と図(b)の熱放散量の比を求めよ。

必要に応じて、下記の記述を参考にしてよい。

円管の熱伝導の計算は下式で表される。

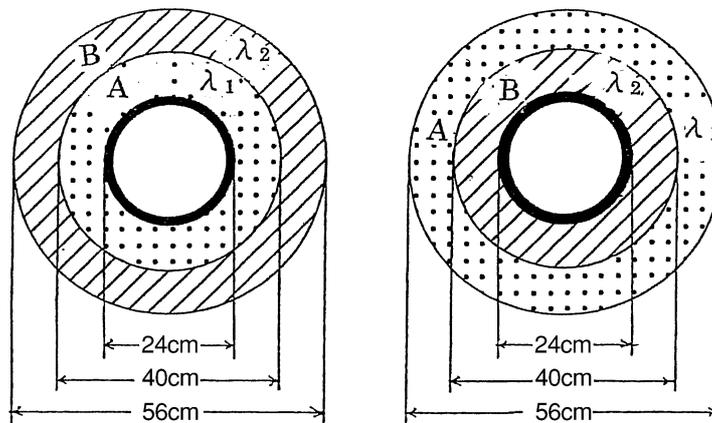
$$\text{伝導熱量} \quad Q = 2\pi\lambda\ell \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ℓ : 円管の長さ r : 円管の半径

θ : 管の内壁および外壁の温度

多層円管壁の熱伝導の計算は式(2)で表される。

$$Q = 2\pi\ell \frac{\theta_1 - \theta_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{r_{i+1}}{r_i}} \quad \dots\dots\dots (2)$$



図(a)

図(b)

[6. 制御工学]

- 6-1 次の文章は、自動制御系の動作特性について述べたものである。文中の空欄を埋めるのに最も適切な語句を語句群から選び、その番号を解答欄に記入せよ。(重複使用不可)

自動制御系で、ある系に入力信号が印加されたときの出力信号の動作特性をその要素または系の応答という。入力信号として単位の大きさを持った階段状の入力信号を加えたときの応答を【A】といい、要素または系の【B】を調べるのに用いられる。安定な系で【A】は、ある時間の後には一定の値を保つようになるが、この時間までの状態を【C】、それ以降の状態を【D】という。しかし、系によっては、【D】に達した後も【E】が【F】に一致せず、【G】が残ることもあり、これができるだけ小さいことが望ましい。

自動制御系を構成する要素には各種のものがある。特に、【A】が入力信号を印加した瞬間、零からだんだんと大きくなり、新しい平衡値に落ち着くことなく、増大する割合が一定の性質を持つ要素を【H】という。

[語句群]

- | | | | |
|-------------|--------|---------|-------|
| ① 周波数応答 | ② 比例要素 | ③ 過渡状態 | ④ 制御量 |
| ⑤ 過渡応答 | ⑥ 積分要素 | ⑦ ランプ応答 | ⑧ 偏差 |
| ⑨ インディシャル応答 | ⑩ 定常状態 | ⑪ 微分要素 | ⑫ 目標値 |

- 6-2 制御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語句群から選び、その番号を解答欄に記入せよ。(重複使用不可)

フィードバック制御系では、制御対象に対して【A】を入力とすることで制御を達成する。したがって、制御対象が入力に対してどのような出力をするのか、すなわちシステムの「応答特性」が問題となる。一般に、正弦波の入力信号を与え、出力信号が正弦波の定常状態に達したときの応答を【B】といい、その応答のおもな図的表現法には次の2つがある。

- (1) 図1に示した例のように、横軸に【C】を対数目盛としてとり、縦軸に単位を【D】で表した【E】、および単位を【F】で表した【G】を同時にとって描いた線図を【H】といい、制御系設計では重要な役割を果たす。
- (2) 図2に示した例のように、複素平面上に角周波数 ω を変えたときの制御系の一巡伝達関数 $G(j\omega)$ の【I】と【G】の関係を表したベクトル軌跡を【J】という。

[語句群]

- | | | | |
|-----------|-------------|------------|--------------|
| ① ナイキスト線図 | ② ボード線図 | ③ メートル [m] | ④ キログラム [kg] |
| ⑤ 度 [°] | ⑥ デシベル [dB] | ⑦ 過渡応答 | ⑧ 周波数応答 |
| ⑨ 位相差 | ⑩ 目標値 | ⑪ 絶対値 | ⑫ 制御量 |
| ⑬ ゲイン | ⑭ 周波数 | | |

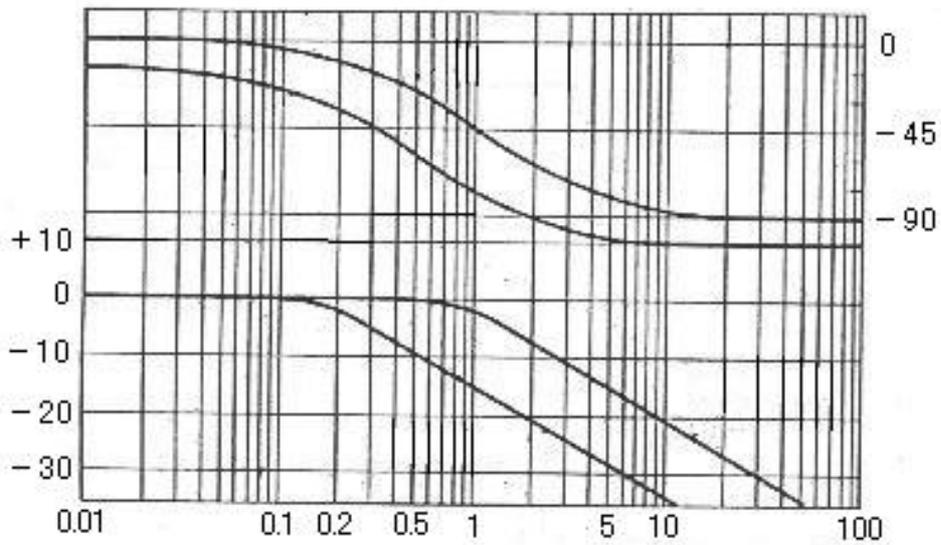


図1

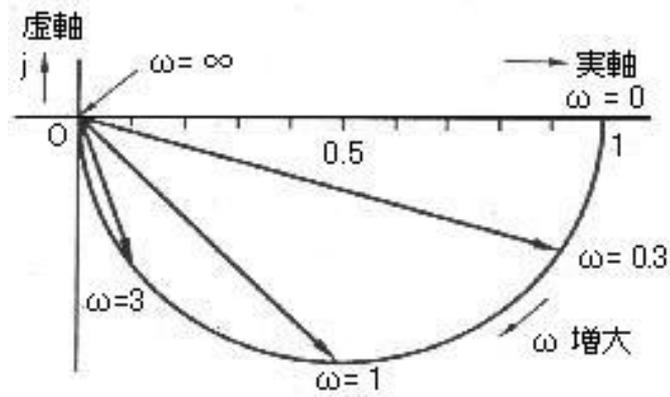
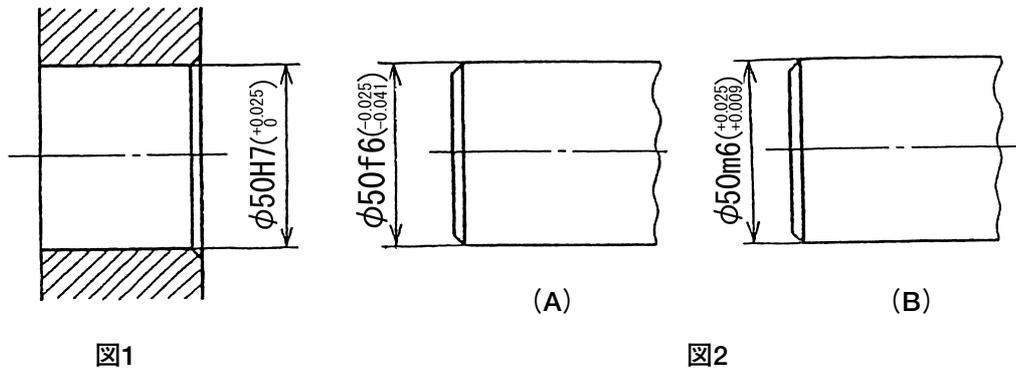


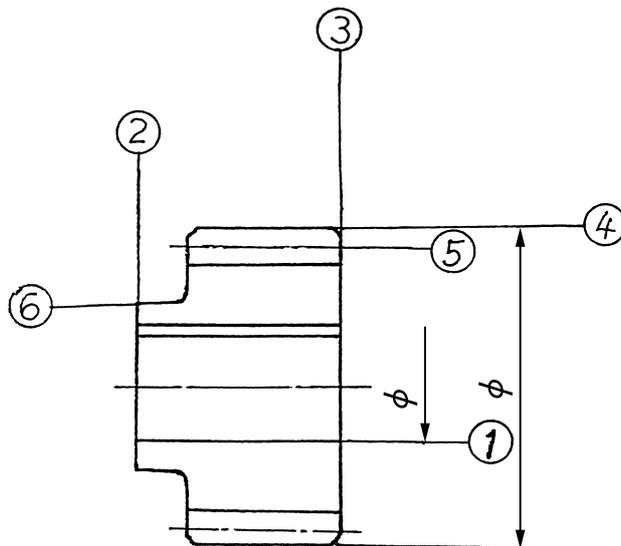
図2

[9. 機械製図]

- 9-1 図に穴基準はめあいの例を示した。図1は基準穴で、図2の (A)、(B) はそれぞれ穴にはまりあう軸である。各はめあいの用語に適応する寸法を解答欄の枠に記入せよ。

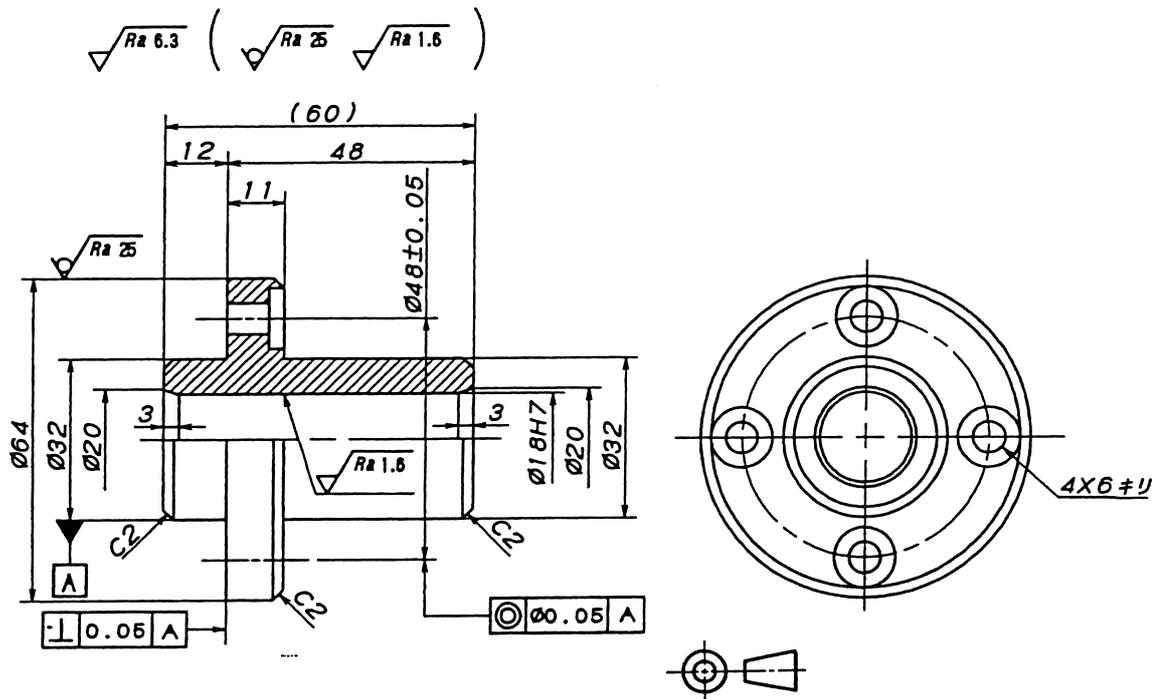


- 9-2 図に示した平歯車の図に表に示す仕上（表面性状による粗さ）を施したい。それぞれの対象面に指示記号を図示せよ。また、穴の軸直線をデータムAとし、歯車の外径の振れ公差を0.1mm以内に、右側面（ボス反対面）の全振れ公差を0.01mm以内におさめたい。また、この側面をデータムBとしたときのボス側面の平行度公差を0.02mm以内にする場合の指示を図に記入せよ。



対象面	表面性状による粗さ Raの値
1	1.6
2	3.2
3	3.2
4	3.2
5	1.6
6	6.3

9-3 次に示す図はガイドブシュの部品図である。この図面について次の間に答え、文章の空欄に語句、数値を解答欄に記入せよ。

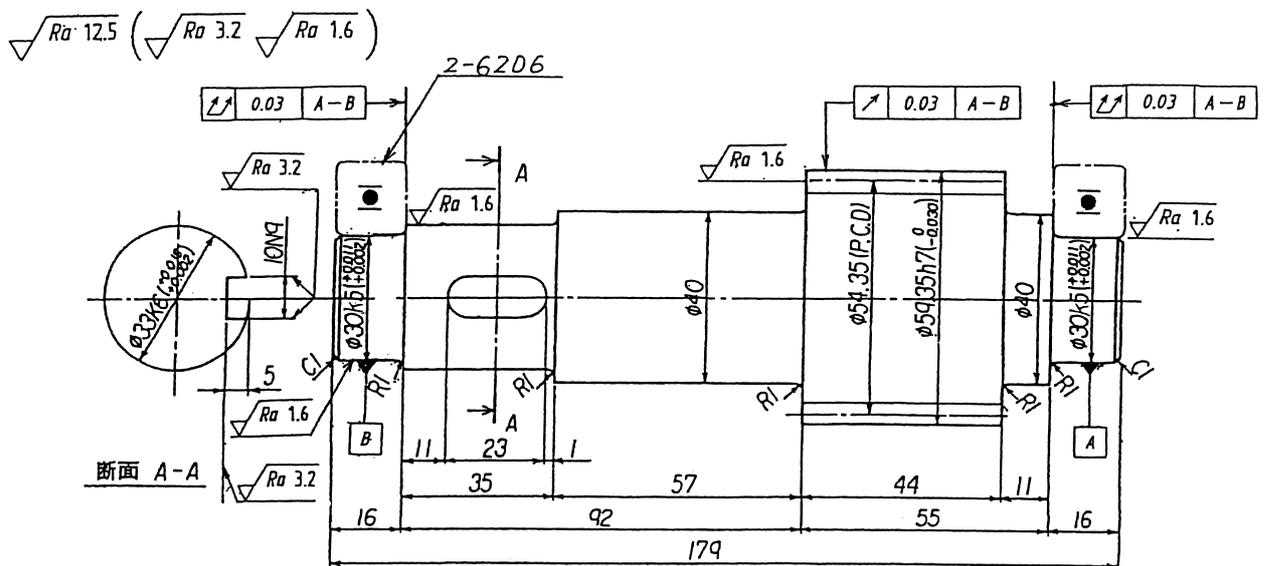
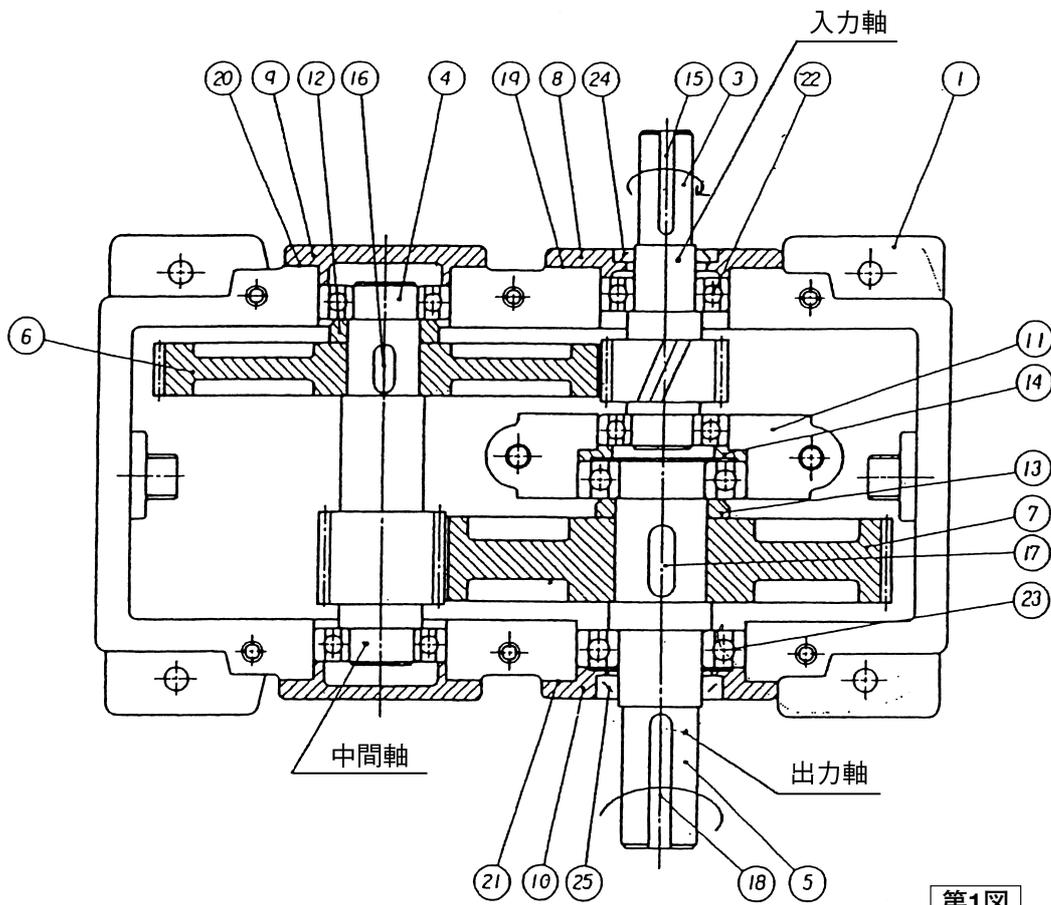


- (1) 図面に記入されているC2のCは【A】を表す。
- (2) 主投影図の断面図の名称は【B】という。
- (3) 図面上に描かれている塗りつぶされた三角形の記号名称を【C】という。
- (4) この材料はFC250である。材料名を【D】といい、数値250は引張強さ【E】を示す。
- (5) $\phi 18H7$ の穴に $\phi 18k6$ の軸が入るとすればこのはめあいの種類は【F】である。
- (6) 穴に記入されている $\phi 18H7$ の上の寸法許容差は+0.018、下の寸法許容差は0である。
この場合の最大許容寸法は【G】である。
- (7) 幾何公差について、図に記入されている姿勢公差の種類で記号 \perp 、および位置公差の種類で記号 \odot の特性名称を【H】、【I】という。
- (8) (60) に記入されている括弧でくくられている寸法は【J】と呼ばれる。
- (9) 4×6キリの記入がなされている。この意味は【K】あける加工がなされることを表す。
- (10) 図面の右下に記入されているテーパの記号 (tr) は【L】によって描かれている図面で あることを表している。

9-4 次に示した図ははすば歯車減速機の図面で第1図は組立図の一部の図面を示した。第2図、第3図は組立図に示した中間軸の小歯車と、出力軸に取付けられた大歯車である。資料1に平行キー及びキー溝の寸法を示した。3つの図面について次の問に答え、組立図については歯すじ方向、出力軸については回転方向を、入力軸に回転方向を示したように図示せよ。

文章の空欄に語句、記号、数値を解答欄に記入せよ。

- (1) 組立図(第1図)の入力軸に回転方向が図示されている。出力軸の回転方向を図示せよ。
入力軸の歯車のねじれ方向は【A】である。
- (2) 中間軸に取付けられた大歯車のねじれ方向は【B】である。解答欄の図にねじれ方向を図示せよ。同じく中間軸の小歯車のねじれ方向を図示せよ。なおねじれ方向は【C】である。
- (3) 出力軸の歯車のねじれ方向を図示せよ。また、この歯車のねじれ方向は【D】である。
- (4) 図2、図3において面の粗さ、表面性状の記入が($\sqrt{Ra1.6}$)のようになされているRaは【E】を示す記号である。また、図には記入されていないが表面性状の記入例($\sqrt{Rz3.2}$)で示されるRzは【F】を示す記号である。
- (5) 中間軸及び出力軸に取付けられる歯車の軸に使用されるキーの呼び寸法($b \times h$)は【G】及び【H】である。
- (6) 中間軸における $\phi 33k6$ ($\begin{smallmatrix} +0.018 \\ +0.002 \end{smallmatrix}$)、 $\phi 30k5$ ($\begin{smallmatrix} +0.011 \\ +0.002 \end{smallmatrix}$)、及び歯車の外径 $\phi 59.35h7$ ($\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.030 \end{smallmatrix}$)、第3図における歯車の内径(軸に挿入される穴径) $\phi 45H7$ ($\begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix}$)の寸法公差はそれぞれ【I】、【J】、【K】、【L】mmである。
- (7) 正方形で囲まれた(\square)の線に施された三角記号を【M】という。また、幾何公差の指示がなされている幾何公差記号(∇)の特性記号を【N】という。また、(∇)の特性記号を【O】という。
- (8) $\nabla 0.03$ A-B、 $\nabla 0.02$ A-B の枠に記入されている数値はそれぞれ【P】mm、【Q】mm以内におさめるという記入である。そして(\square A-B)はデータムA、データムBの【R】を示すものである。
- (9) この減速機の減速比は【S】である。ただし比の数値は小数点以下1桁でよい。入力軸歯車 Z_1 、中間軸大歯車 Z_2 、小歯車 Z_3 、出力軸歯車 Z_4 の歯数はそれぞれ、21枚、83枚、21枚、83枚である。
- (10) 入力、出力軸及び各軸の材料はS45Cで示されている45の数値は炭素含有量0.45%、Cは炭素を表している。さてSの記号は【T】を示す。また、この材料記号の名称は【U】である。なお、図には示されていないが一般に機械部品としてよく用いられる炭素鋼鋳鋼品、ねずみ鋳鉄品は記号【V】、【W】で表す。

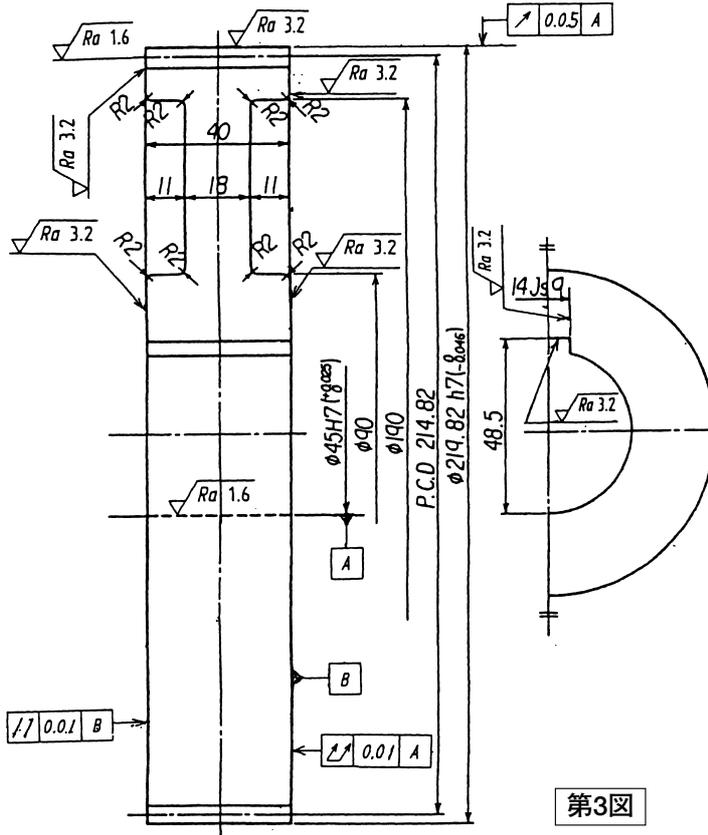


はすば歯車		
歯車	歯形	標準
歯形	基準平面	歯直角
歯圧	モジュール	2.5
	圧力角	20°
歯	数	21
ねじれ	角	15°
ねじれ	方向	
基準ピッチ円直径 (P.C.D)		54.35
基礎円直径		51.07

歯部高周波焼入・焼戻し HRC 53±2

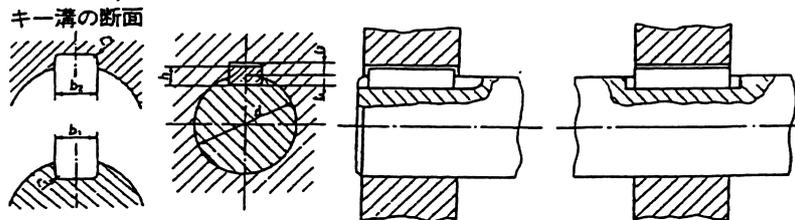
第2図

$\sqrt{Ra\ 12.5}$ ($\sqrt{Ra\ 3.2}$ $\sqrt{Ra\ 1.6}$)



はすば歯車	
歯車歯形標準	歯形標準平面歯直角
歯形標準	形並齒
モジュール	25
圧力角	20°
歯数	83
ねじれ角	15°
ねじれ方向	
基準ピッチ円直径	214.82
全歯たけ	5.63
歯厚	またぎ歯厚 80.63 _{-0.03} (またぎ歯数=11)
仕上方法	研削
精度	JIS B 1702 1級
備考	相手歯車歯数 21 中心距離 134.59 基礎円直径 201.86

資料1 平行キー用のキー溝の形状及び寸法



単位 mm

キーの呼び寸法 $b \times h$	b_1 及び b_2 の基準寸法	滑動形		普通形		締込み形	r_1 及び r_2	r_1 の基準寸法	r_2 の基準寸法	h 及び b_1 の許容差	参考 適応する軸径 ⁽¹⁾ d
		b_1	b_2	b_1	b_2	b_1 及び b_2					
		許容差 (H9)	許容差 (D10)	許容差 (N9)	許容差 (Js9)	許容差 (P9)					
2×2	2	+0.025	+0.060	-0.004	±0.0125	-0.006	0.08~0.16	1.2	1.0	+0.1 0	6~8
3×3	3	0	+0.020	-0.029	-0.031						
4×4	4	+0.030	+0.078	0	±0.0150	-0.012	0.16~0.25	2.5	1.8	+0.2 0	10~12
5×5	5	0	+0.030	-0.030	-0.042						
6×6	6										
(7×7)	7	+0.036	+0.098	0	±0.0180	-0.015	0.25~0.40	3.0	2.3	+0.2 0	17~22
8×7	8	0	+0.040	-0.036	-0.051						
10×8	10						0.25~0.40	4.0	3.3	+0.2 0	20~25
12×8	12	+0.043	+0.120	0	±0.0215	-0.018					
14×9	14	0	+0.050	-0.043	-0.061						
(15×10)	15										

[1 1 . 環境・安全]

1 1 - 1 次のAからOまでの文章に最も適した語句を、下記の語句群から選び、その番号を解答欄に記入せよ。

- A. 特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地、およびそこに生息・生育する動植物の保全を進めること、および湿地の適正な利用を進めることを目的とした条約で、1975年に発効した。
- B. 動植物などの自然環境に恵まれた地域で、自然に対するインパクトを出来るだけ少なくし、自然体験活動を行う滞在型の観光を目指すもの。
- C. 電気電子機器に、特定の有害6物質の使用を規制するEUの指令で、2006年7月施行された。EUへこれら機器を輸出する企業も対象となる。
- D. 循環型社会形成への取組みとして、ゴミの発生抑制、再使用および再利用を目指す取組み。
- E. 自動車や工場から硫黄酸化物等とともに排出され、長時間空中を漂って酸化が進み、酸性雨や光化学スモッグの原因になっている物質。
- F. 温暖化ガスの排出量に関する何らかの規制値を超過した政府や企業が、規制値を超過していない政府や企業から排出枠を買うことが出来る仕組み。
- G. 中国大陸内部のタクラマカン砂漠、ゴビ砂漠や黄土高原などの乾燥、半乾燥地域で風によって巻き上げられた鉱物・土壌粒子が偏西風によって運ばれ、しばしば日本にまで飛来する。
- H. 安定した鉱物で、特に断熱材等に使用されてきたが、肺がんや中皮腫の原因となるために使用が禁止された。
- I. 植物は、大気中のCO₂と太陽エネルギーで光合成をして生育する。従って植物を燃やしてCO₂が排出しても、炭素排出の収支はゼロだと考える概念。
- J. 特にディーゼル車により炭酸ガスとともに排出され、大気汚染の一つとして対策が急務となっている物質。
- K. 不燃性・無毒・安価で液化しやすく、冷蔵庫等の冷媒、洗浄剤スプレーの噴射剤などに広く使用されてきたが、オゾン層破壊の主要原因物質として製造・販売・使用が強く規制されている。
- L. CO₂などの温暖化ガスの排出を相殺するために、省エネや自然エネルギーの活用、植物を植えて大気中のCO₂を吸収・固定したりするなどの方法がある。
- M. 野生動植物の国際取引を、輸出国と輸入国が協力して規制することにより、絶滅の恐れのある野生動植物の保護を図ることを目的とした条約で、米国で開催された会議で採択され1975年に発効した条約。
- N. 乾燥地域、半乾燥地域における気候変動や、人間活動を含むさまざまな要素に起因する土地の劣化現象。
- O. トウモロコシやサトウキビなどの、植物からできたエタノールなどの燃料。

[語句群]

- | | | | |
|-----------|------------|----------------|--------------|
| 1. 窒素酸化物 | 2. アスベスト | 3. ラムサール条約 | 4. カーボンオフセット |
| 5. フロン | 6. ワシントン条約 | 7. RoHS指令 | 8. 砂漠化 |
| 9. 3R | 10. 黄砂 | 11. 浮遊粒子状物質 | 12. エコツアーリズム |
| 13. 排出枠取引 | 14. バイオ燃料 | 15. カーボンニュートラル | |

11-2 機械設備の安全に関する次の文章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。

2001年、厚生労働省はすべての機械に適用する「機械の包括的な安全基準に関する指針」を公表した。この指針では、 でまず本質的な安全化を図るべきだとしている。現実には今日まで、機械設備自体を で安全化することに必ずしも積極的に取り組まれてきたとはいえず、どちらかといえば、 の設置などの追加的方策が中心となりがちであった。

指針でいう本質的な安全設計の概念は、

- ① 構造的、材質的な面で危険（リスク）のないこと。
- ② が機械設備に組み込まれていること。
- ③ 操作や取扱を誤っても、災害につながらない様に、 機能を備えていること。
- ④ 機械設備やその部品が破損・故障しても、安全側に作動するよう、 機能を備えていること。

が必要であると述べている。

機械設備の危険要因は複雑で、設計に際し、かなり広範囲にわたる が求められる。機械設備が使用される状況（稼動、段取、、異常時対応）、危険源、リスクの見積りと低減などを検討し、必要な安全方策を取り込む必要がある。

「機械の包括的な安全基準」では、設計時に次のような具体的安全配慮を求めている。

- ① 、角、突起がないこと。
- ② 危険を防止、または軽減する。
- ③ 破損などによる危険を防止する。
- ④ 有害でない材料の使用、防爆構造の電気機械器具の使用。
- ⑤ 身体的負担の軽減、誤操作抑制のための 的配慮。
- ⑥ 制御システムの故障による危険の防止。
- ⑦ 機械の運動部分の動作領域外から作業ができること。
- ⑧ 材料供給、加工、製品取り出しの自動化を進める。

〔語句群〕

- | | | | |
|----------|--------------|----------|--------------|
| 1. 安全機能 | 2. はさまれる | 3. 設計段階 | 4. 安全防護物 |
| 5. 点検・修理 | 6. フール・プルーフ | 7. 鋭利な端部 | 8. リスクアセスメント |
| 9. 人間工学 | 10. フェール・セーフ | | |

