

令和3年度

機械設計技術者試験

1級 試験問題 I

第1时限 9:30 ~ 11:40 (130分)

1. 設計管理関連課題
2. 機械設計基礎課題
3. 環境経営関連課題

令和3年11月21日実施

主催：一般社団法人 日本機械設計工業会

[1. 設計管理]

1-1 「VE の 5 原則」に関して述べた次の文章の空欄を埋めるのに、最も適切な語句を、
〔語句群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄に記入せよ。(重複使用不可)

VE は多くの企業に導入され活用されている。日本の産業は、QC（品質管理）活動に支えられたマスプロダクションという生産技術によって武装され、VE という戦略戦術を活用して成果を挙げている、といっても過言ではない。

VE は次のように定義されている。“VE とは、A で、必要な機能を確実に達成するため、組織的に、製品またはサービスの、機能の研究を行なう方法である。”優れた VE 成果を収めるためには、VE の特徴を端的に述べた次の 5 原則を遵守することが必須条件である。

- ①使用者優先の原則
- ②機能本位の原則
- ③創造による変更の原則
- ④チームデザインの原則
- ⑤価値向上の原則

VE 基本原則（VE5 原則）とは、VE の考え方、方法論を活用するに当たり、その基盤をなしている普遍の思考を体系化したものである。

まずは「使用者優先の原則」である。企業は、製品やサービスを社会に提供しているが、これは何のためか。それは使用者に使ってもらうためである。“使用者は何を要求しているのか、何を欲しいと思っているのか”を正しく掴み、それを十分満足するものを提供するということである。VE は常に使用者の立場に立って考え、使用者の満足を願って活動する。これが使用者優先の原則である。ライフサイクルが短くなり、使用者の価値観が多様化してきた変化の激しい時代には、この原則はB を生み出す大きな力となる。

次は「機能本位の原則」である。使用者が欲しいのは物そのものではない。使用者は物の果たす働き、つまり機能が欲しいのである。使用者のC は機能によって表現される。物事を本質的に考えるということは、目的・機能を明確にすることから始めるということである。目的から考えれば、それを果たす方法は多様であり、使用者に喜ばれるもっとよいものを生み出すことができる。これが機能本位の原則である。

3 番目は「創造による変更の原則」である。機能本位に考えるならば現状のものは、その機能を実現する数々の方法の中から仮に選ばれた一つの方法に過ぎないことが理解できるであろう。ニーズを満足するものを見出すことは、これこそ創造的な活動そのものである。現状にとらわれず“もっと良い方法は必ずある”との強い信念に燃えて活動しなければならない最も人間的な活動である。これが第三の創造による変更の原則である。

4 番目が「チームデザインの原則」。企業規模の拡大とD によるシステム化・デジタル化・高級化・高速化などの発展は、技術の領域の拡大と高度化をもたらした。また境

界領域の技術の発展と基礎技術の重要性の増大は、技術管理の効率化の要請と相まって、技術交流、技術移転および技術の総合化などを強く要請されるに至った。このような技術の複雑化・高度化は、設計を個人の知的作業の範囲を超えたものとし、企業の持つ知識と経験を組織的に投入し、集団思考による設計に移行することを必要とする。それはどうすれば最も個人的な知的作業である設計を集団思考で進めることができるのか。製品設計段階で **E**、資材購入、品質管理上の問題ばかりでなく、実際に現地で使用される場合の操作性や保全性も考慮される。これらの問題をそれぞれの部門が別々に **F** に解決する方法では、設計期間や開発期間の長期化を避けることは困難であろう。それぞれの部門の **G** が、強力なプロジェクト・マネージャのもとで、一つの目標に向かって統合されれば、その効果は絶大である。VE はまさにそれに応えるものなのである。いわゆる **H** である。これが第四のチームデザインの原則である。

そして 5 番目が「価値向上の原則」。VE は価値ある製品やサービスを生み出し、使用者に高い満足を得てもらおうという考え方に基づいている。VE では満足の度合い、つまり価値 (=V) を次のように表す。

$$V = \boxed{I} \quad (F : Function \text{ 機能}, C : Cost \text{ コスト})$$

つまり VE では、いかにして価値 V を高めるかを追求するのである。これは単にコストや機能のみを考えるのではなく、F と C を複眼的にとらえ価値 V をいかに向上させるかを考えるのである。これが第五の価値向上の原則である。

VE 5 原則について述べたが、VE は非常に大きな可能性を持ち、ニーズを満足する目的・機能を明確にし、実現する最良の方式を見出し、創造するという総合型つまり **J** である。VE 導入の改善実績は産業界の注目するところとなり、あらゆる分野に VE は浸透しつつある。

[語句群]

- | | | | |
|---------|----------|---------|-----------|
| ①要求ニーズ | ②シーケンシャル | ③技術革新 | ④コラボレーション |
| ⑤F／C | ⑥C／F | ⑦異質の専門家 | ⑧デザインレビュー |
| ⑨最低のコスト | ⑩パラレル | ⑪設計型の技法 | ⑫分析型の技法 |
| ⑬競争優位 | ⑭製造プロセス | | |

1-2 COVID-19 の感染の影響は日本経済に重くのしかかっている。飲食業、旅行業、宿泊業などのサービス産業の状況や支援については報道によって多く伝えられているが、製造業については国民には見えにくい。地震、火災、水害などの災害に関しては、今まで生産復旧対策など経験をしてきたが、今回のような目に見えないウィルス災害については経験が浅いと言える。コロナ下における製品設計、製造に関し、以下の設問に設計者としての考え方を述べよ。

(1) ウィルス感染による製造業へ与える影響を述べよ。

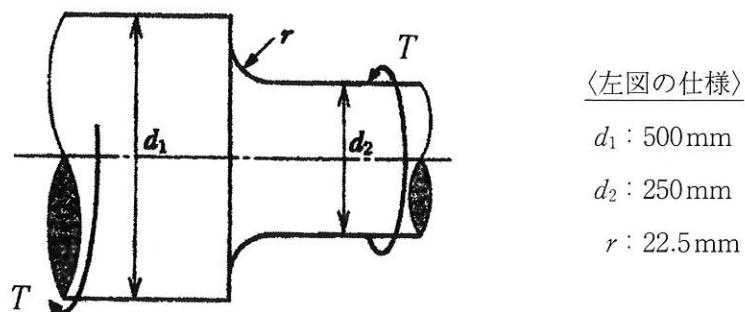
(2) これらに対する設計を含めた生産業務への予防対策は如何にすべきか考えを述べよ。

[2. 機械設計基礎]

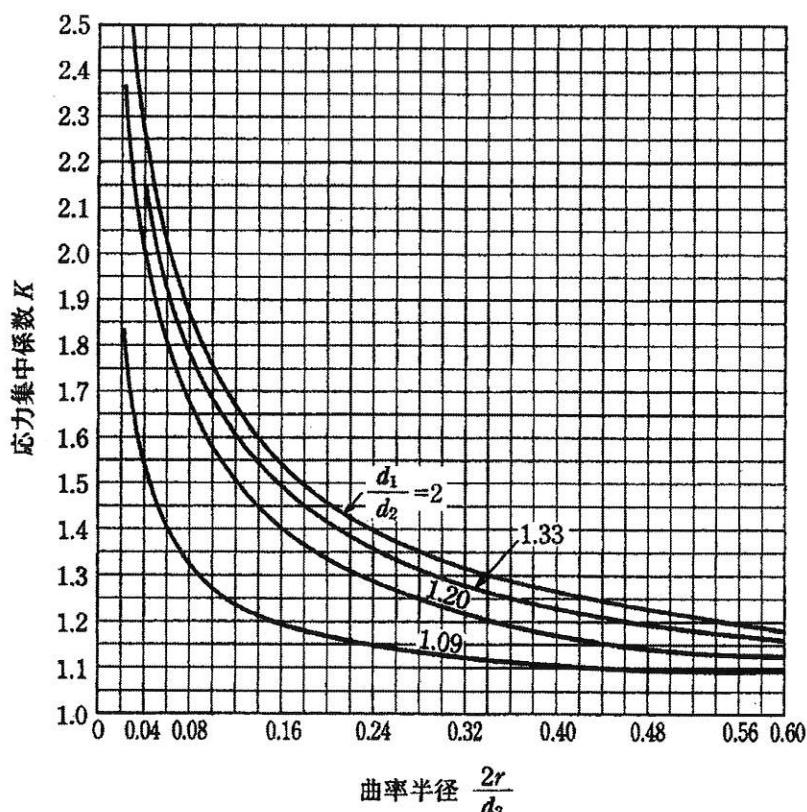
2-1 下図の段付軸において、ねじりモーメント T が作用している場合の段付コーナー部フィレットの曲率半径による応力集中を考慮した軸径 d_2 の最大せん断応力 τ_{\max} [MPa] を求めよ。

ただし、ねじりモーメント T により生じる軸径 d_1 の外径におけるせん断応力を 10 MPa とする。コーナー部フィレットの応力集中係数は、下記のグラフより読み取って求めよう。

なお、応力集中係数のグラフは、軸径 d_2 の軸のせん断応力に対する値であることに注意する。



段付部の形状とフィレットの曲率半径 r



段付部の曲率半径 r に対するせん断応力の応力集中係数

2-2 下図に示すように、矢印の方向に回転するベルトプーリ（ヘッド側）に巻き付けたベルトにより動力を伝えるとき、ベルトのゆるみ側の張力 T_1 [N] と張り側の張力 T_2 [N] および伝達力 P [W] との間には次の関係がある。

$$\frac{T_2 - w \cdot v^2}{T_1 - w \cdot v^2} = e^{\mu\theta} \quad \dots\dots \text{①}$$

$$P = (T_2 - T_1) \times v \quad \dots\dots \text{②}$$

ここで

θ : ベルトとベルトプーリとの接触角（巻き付け角）rad

μ : ベルトとベルトプーリとの間の摩擦係数

v : ベルトの速度 m/s

w : ベルトの単位長さの質量 kg/m

g : 重力加速度 = 9.8 m/s²

e : 自然対数の底 = 2.71828

このときの下記の設問（1）～（3）に答えよ。

解答は、解答用紙の解答欄に計算過程を明記して記述せよ。

設問：

（1） ベルトの許容張力 $F=294$ N, $\theta=2.1$ rad, $\mu=0.3$, $v=10$ m/s, $w=0.2$ kg/m である場合、このベルトプーリに許容できる伝達動力 P [kW] を求めよ。

必要に応じて、与えられた指数関数表を利用せよ。

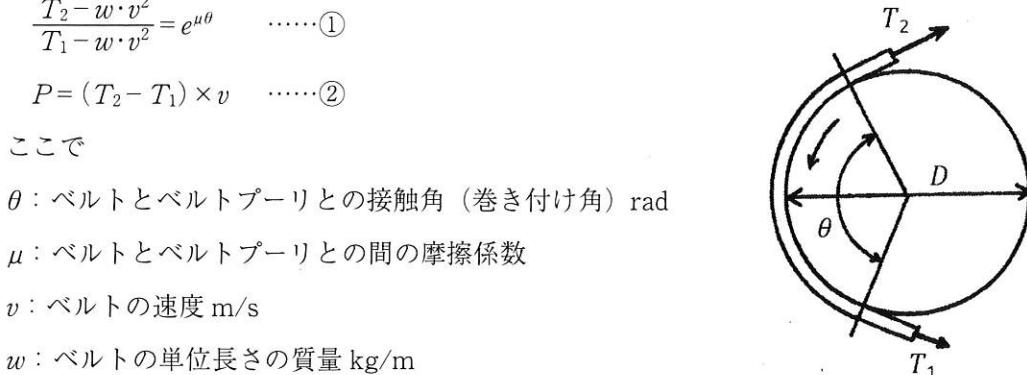
指数関数表

x	e^x
0.60	1.82212
0.61	1.84043
0.62	1.85893
0.63	1.87761
0.64	1.89648

（2） 設問（1）において、ベルトプーリの外径 $D=0.4$ m である場合、このベルトプーリに作用している駆動トルク T_D [N·m] を求めよ。

（3） D , F , θ , μ , w の値は、すべて設問（1）, （2）と同じであるが、ベルト速度 v が変化する場合において、ベルト速度 v と伝達可能な動力 P との関係を考慮し、伝達可能な動力が最大になるベルト速度 v_1 [m/s] を求めよ。

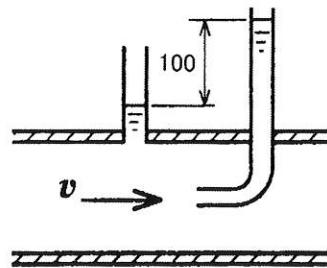
また、そのベルト速度における最大伝達可能動力 P_{max} [kW] を求めよ。



2-3 図のような配管に水が流れている。静圧管と全圧管の水柱の示差が 100 mm の時の管内の流速 v [m/s] を求めよ。

ただし、ピトー管の係数を 1.0 とする。

解答は、解答用紙の解答欄に計算過程を含めて記述せよ。



参考として、次式の「ベルヌーイの定理」を示す。

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 + \rho g z_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 + \rho g z_2$$

《記号の説明》

ρ : 密度 kg/m³

v : 流速 m/s

p : 流体の圧力 Pa

g : 重力加速度 9.8 m/s²

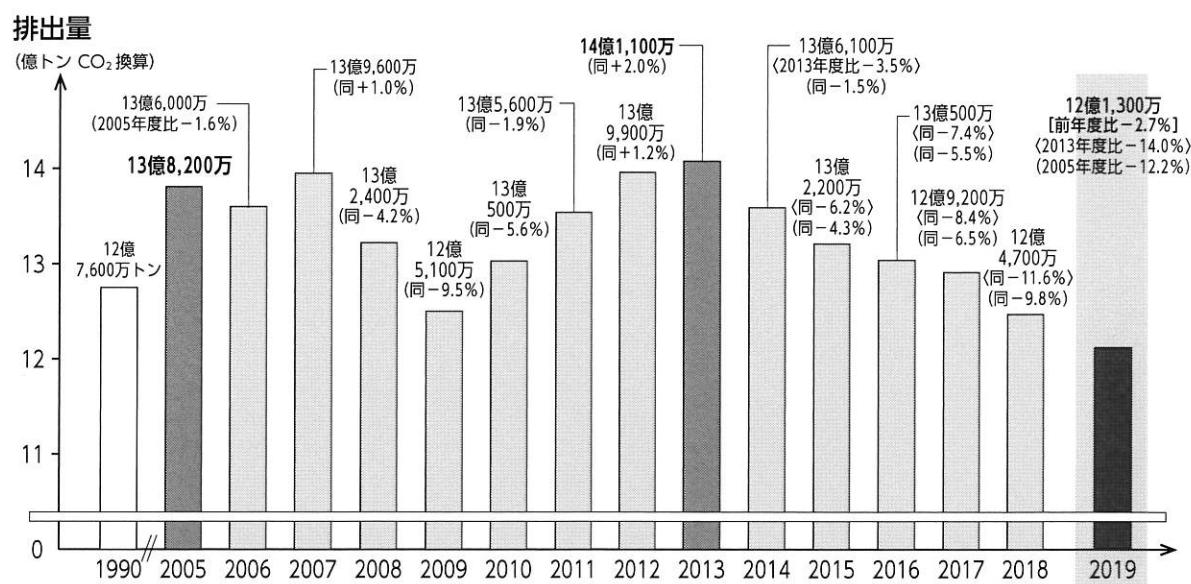
z : 高さ m

[3. 環境経営]

2020年に政府は2050年までに温室効果ガス排出量を実質ゼロ（カーボンニュートラル）にするという目標を発表した。これに伴い、2030年までに、温室効果ガス排出量をこれまでの2013年度対比26%削減するという目標から、46%削減へと目標を大幅に引き上げた。

図1は2019年度のわが国の温室効果ガス排出量である。2019年においてもまだ12億トン以上の温室効果ガス（CO₂換算）が排出されている。2030年に46%削減するためには、今後9年間の間に4.5億トン温室効果ガスを減らす必要がある。

今後わが国が温室効果ガス排出量の削減目標を達成するためには、どのような課題があり、それに対し考えられる対策にどのようなものがあるか、機械設計におけるものも含め、あなたの考えを解答用紙1枚以内に記述せよ。



注1 2019年度速報値の算定に用いた各種統計等の年報値について、速報値の算定時点での2019年度の値が未公表のものは2018年度の値を代用している。また、一部の算定方法については、より正確に排出量を算定できるよう同確報値に向けた見直しを行っている。このため、今回とりまとめた2019年度速報値と、2021年4月に公表予定の2019年度確報値との間で差異が生じる可能性がある。なお、確報値では、森林等による吸収量についても算定、公表する予定である。

注2 各年度の排出量及び過年度からの増減割合（「2013年度比」）等には、京都議定書に基づく吸収源活動による吸収量は加味していない。

図1 わが国の温室効果ガス排出量（2019年度速報値）

（出典：2019年度（令和元年度）の温室効果ガス排出量（速報値）について、環境省）