

ST レベル 1 一次試験問題のポイント

ST レベル 1 の一次試験は、ひずみゲージ試験の実施に際して必要な基礎知識を問う一般試験とひずみゲージ試験の特徴や実施上の注意事項を問う専門試験からなる。ここでは、過去に出題された正答率の低い一般問題と専門問題の類題について、そのキーポイントを解説する。なお、ST レベル 1 の類似問題のキーポイントについては、直近の NDT フラッシュ欄 (Vol.73, No.1, 2024) にも解説があるので、ぜひ参照されたい。

一般試験の類題

問 1 周期が 25 ms (ミリ秒) の調和振動波形の振動数 (周波数) は、いくらか。次のうちから正しいもの一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 40 Hz (b) 250 Hz (c) 400 Hz (d) 2500 Hz

正答 (a)

調和振動波形は、一般的に式 (1) で表示される。

$$x(t) = A \sin(\omega t + \phi) \quad (1)$$

ここで、 A は振幅 (m)、 ω は角振動数 (rad/s)、 t は時間 (s)、 ϕ は初期位相角 (rad) である。周期 $T=2\pi/\omega=1/f$ (f : 振動数) の関係がある。この関係から、振動数 $f=1/T=1/(25 \times 10^{-3})=40 \text{ Hz}$ と求まる。したがって、正答は (a) となる。この問題の類題が、ST レベル 2 にも出題されているので、注意されたい。

問 2 図 1 に示すブリッジ回路において、ゲージ抵抗 $R=120 \ \Omega$ 、ゲージ電流 $I=10 \text{ mA}$ で、ひずみゲージ試験をする場合、ブリッジ電圧 E をいくらにすればよいか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 0.6 V (b) 1.2 V (c) 2.4 V (d) 4.8 V

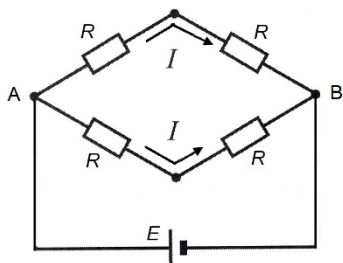


図 1 ブリッジ回路

正答 (c)

図 1 のブリッジ回路において、点 A から点 B への電圧

降下量は、上側の直列抵抗でも下側の直列抵抗でも同一であり、オームの法則から

$$E = I(R+R) = 0.01 (120+120) = 2.4 \text{ V} \quad (2)$$

となり、正答は (c) となる。この問題の別の計算法としては、点 A と点 B の間の合成抵抗 R' は

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{120+120} + \frac{1}{120+120} = \frac{1}{120} \quad \therefore R' = 120 \ \Omega \quad (3)$$

と求めてから、オームの法則によりブリッジ電圧

$$E = 2I \times R' = 2 \times 0.01 \times 120 = 2.4 \text{ V}$$

と計算しても、同一の正答が得られる。この問題の題意とは逆に、ブリッジ電圧 E を与えて回路に流れる電流 I を求める類題が、ST レベル 2 でも出題されているので、電気回路についてよく学習されたい。

専門試験の類題

問 3 図 2 のようなブリッジ回路の 4 辺 (1~4) のすべてに、ひずみゲージ $G_1 \sim G_4$ が結線された方法を、何と呼ぶか。次のうちから正しいもの一つ選び、記号で答えよ。

- (a) アクティブ・ダミー法
(b) 4 アクティブゲージ法
(c) ハーフブリッジ法
(d) 対辺 2 アクティブゲージ法

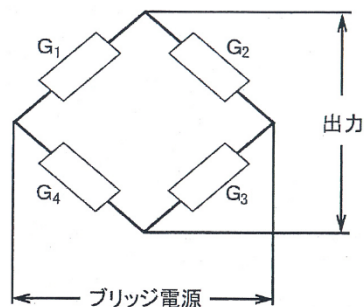
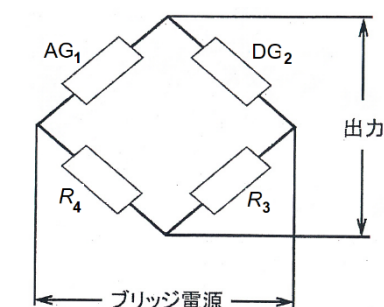


図 2 ひずみ測定用のブリッジ回路

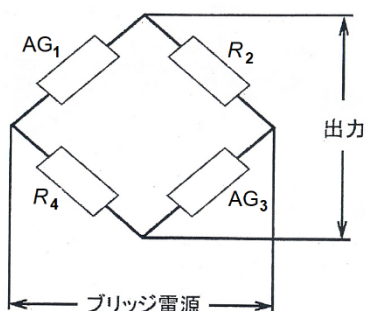
正答 (b)

図 2 のように 4 辺のすべてにひずみゲージを結線するとき、4 アクティブゲージ法 (またはフルブリッジ法) と呼ぶ。したがって、正答は (b) となる。図 3(a) に示すように辺 1 にアクティブゲージ AG_1 、辺 2 にダミーゲージ DG_2 を結線するとき、アクティブ・ダミー法と呼ぶ。図 3(b) に示すように辺 1 にアクティブゲージ AG_1 、辺 3 に AG_3 を結線するとき、対辺 2 アクティブゲージ法と呼ぶ。一方、図 3(c) はブリッジ回路の左側の辺 1、辺 4 だけにアクティブゲージ AG_1 とダミーゲージ DG_4 を結線

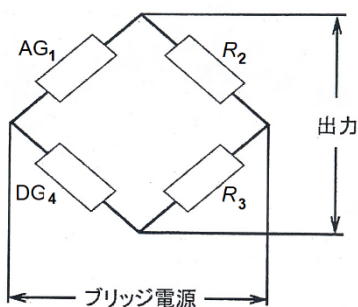
するので、ハーフブリッジ法と呼ぶ。なお、図2のブリッジ回路の辺1-辺3、辺2-辺4の組み合わせは互いに交換可能である。すなわち、それぞれの辺に接続するゲージを入れ替えても、出力電圧 e は変化しない。その意味において、図3(a)の結線法は、ハーフブリッジ法と等価である。



(a) アクティブ・ダミーゲージ法



(b) 対辺2アクティブゲージ法



(c) ハーフブリッジ法

図3 ブリッジ回路における3つの結線法
($R_2=R_3=R_4$: 固定抵抗値)

問4 ゲージ率設定器のない静ひずみ測定器において、ゲージ率 K_g のひずみゲージによりひずみ測定をする場合の補正係数は、どのような式で表わされるか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $\frac{2.00}{K_g}$ (b) $2.10+K_g$ (c) $2.10K_g$ (d) $\frac{K_g}{2.00}$

正答 (a)

ブリッジ回路の出力電圧 e と指示ひずみ ε_1 との関係は、例えば1アクティブゲージの場合(図3(a)で、 $DG_2=R_2$)は、式(4)で表される。

$$e = \frac{E}{4} K \varepsilon_1 \quad (4)$$

ここで、 E はブリッジ電圧、 K はゲージ率である。ゲージ率設定器のない静ひずみ測定器の場合には、通常は $K=2.00$ に固定されている。実際のひずみゲージのゲージ率 K_g は2.00ではなく、それよりわずかに大きい値をもつ場合が多い。そのため、指示ひずみ ε_1 の補正が必要となる。式(4)からブリッジ回路の出力電圧 e は、ゲージ率 K が変化しても一定なので

$$e = \frac{E}{4} K \varepsilon_1 = \frac{E}{4} K_g \varepsilon' \quad (5)$$

が成立する。ここで、 ε' は補正ひずみである。式(5)から ε' を求めると

$$\varepsilon' = \frac{K}{K_g} \varepsilon_1 = \frac{2.00}{K_g} \varepsilon_1 \quad (6)$$

となる。したがって、ゲージ率による補正係数は $2.00/K_g$ となり、正答は(a)となる。

問5 ひずみ測定器のブリッジ回路は、ひずみゲージの抵抗変化をどのような電気的な量として出力するのか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 電気容量 (b) 電力 (c) 電圧 (d) 電流

正答 (c)

ひずみ測定器のブリッジ回路の出力電圧 e と指示ひずみとの関係は、例えば1アクティブゲージの場合には、式(4)と同じく式(7)で与えられる。

$$e = \frac{E}{4} K \varepsilon_1 \quad (7)$$

ここで、ゲージ率 K はひずみゲージの抵抗変化率 $\Delta R/R$ と指示ひずみ ε_1 により、 $K = (\Delta R/R)/\varepsilon_1$ と書けるので、この関係を式(7)に代入すると

$$e = \frac{E}{4} \frac{\Delta R}{R} \varepsilon_1 \quad (8)$$

となる。式(8)は、ひずみゲージの抵抗変化率 $\Delta R/R$ が出力電圧 e に変換されて出力されることを表している。よって、正答は(c)となる。また、式(8)から出力電圧 e は、ブリッジ電圧 E に比例することにも注意されたい。

LT レベル 1 一般・専門試験のポイント

JIS Z 2305:2013 非破壊試験技術者の資格及び認証に基づく LT レベル 1 の新規一次試験は主に参考書である『漏れ試験 I』から出題される。漏れ試験には、原理も異なる多数の試験方法があり、用いられる機材も異なるため、それぞれの手法に対しての知識が求められる。本解説では、最近行われた試験問題の中から特に重要と思われる問題の類似問題を例示しながら、解答のポイントを解説する。

一般試験の類題

問 1 NDT レベル 1 技術者は、NDT レベル 2 またはレベル 3 技術者の監督の下で NDT 試験を実施する力量を実証している。雇用主がレベル 1 技術者に、資格証明書に明記された力量の範囲で、NDT 指示書に従って実施する許可を与えてもよいものは何か。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) NDT 試験に用いる機器の調整は行わず、NDT 試験のみを実施する。
- (b) NDT 試験方法を選択して NDT 試験を実施する。
- (c) 合否判定基準を定めて NDT 試験を実施する。
- (d) NDT 試験を実施し、結果を記録し分類する。

正答 (d)

レベル 1 技術者が実施する許可を与えられるものは NDT 装置の調整である。また、試験方法は選択できない。合否判定は決定できないが NDT の実施および結果の記録と分類および報告はできる。よって、正答は (d) となる。

問 2 次の文は、キャピラリーリークについて述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 物質を気体が透過する現象を利用したリークをいう。
- (b) 漏れ箇所の直径が漏れの経路長に比べて小さい形状のリークをいう。
- (c) 試験体のリークが突然詰まったり、解消したり、またはその両方を繰り返す現象をいう。
- (d) 漏れ箇所の直径が漏れの経路長に比べて、ほぼ同じ大きさのリークをいう。

正答 (b)

キャピラリー (capillary) とは毛管の、という意味であり、リーク孔の直径に対して経路長が長いものをキャピラリーリークという。例えばヘリウムリーク試験において、吹き付け法で容器の外側からヘリウムガスをかけてもヘリウムリークディテクタの反応に時間を要する場合、キャピラリーリークも原因の可能性に挙げられる。透過現象でもディテクタの反応に時間を要する場合があるが、キャピラリーリークとは異なる事象である。よって、正答は (b) となる。

問 3 次の文は、漏れ試験方法について記述したものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 試験体の温度を下げて減圧する場合、温度下降幅は 15 度に抑える必要がある。
- (b) ヘリウム漏れ試験に使用するヘリウムは強い毒性がある。
- (c) アンモニア漏れ試験に使用するアンモニアは消防法、毒物及び劇物取締法、労働安全衛生法などの規制を受ける。
- (d) 試験体の温度を上げて加圧する場合、温度上昇幅は 50 度に抑える必要がある。

正答 (c)

リーク試験をおこなうにあたり、試験体内の圧力を容器温度の上下によって管理するという決まりはない。安全上や機能上の観点から温度の上下幅は想定されるが、基本的にはその機器の使用される条件と同じであることが望ましい。アンモニアは毒性が強く、可燃性もあるため、使用や管理に対して様々な規制を受ける。ヘリウムには毒性はない。よって、正答は (c) となる。

専門試験の類題

問 4 一般の質量分析形ヘリウムリークディテクタの分析管に要求される動作圧力について、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 10^{-2} Pa 以下
- (b) 10^{-8} Pa 以下
- (c) 10 Pa 以下
- (d) 10^5 Pa 以下

正答 (a)

質量分析形ヘリウムリークディテクタの検出原理は、イオン源でイオン化された分子が磁場内を通過するとき、

質量の違いによりローレンツ力を受けて質量数に応じた円軌道を描くことを利用している。よって分析管の内部は真空状態であることが必要となる。 10^5 Pa は大気圧であり、ディテクタの真空ポンプが動作していない。 10 Pa は真空とは言えるが、ヘリウムリーク試験の視点ではまだまだ真空度が低く、漏れによる信号を検出することはできない。一方、 10^{-8} Pa では試験して信号を検出することはできるが、そこまで真空度を高くする必要はなく、オーバースペックである。よって、正答は (a) となる。

問 5 次の文は、ヘリウムリークディテクタに内蔵されているポンプの定期的メンテナンスについて述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 分析管イオン源は、高真空中で使用しているので、クリーニングや部品交換が不要である。
- (b) 分子ポンプではグリス注入やベアリング交換、油回転真空ポンプでは真空用ポンプオイルの交換、メンブレンポンプではメンブレンの交換が必要である。
- (c) ディテクタ内蔵の 1×10^{-8} Pa・m³/s 程度の微量校正リークは、再校正せずに 10 年使用して良い。
- (d) 油回転真空ポンプでは、大量にヘリウムガスを吸い込んだ場合はオイルの交換が推奨されるが、それ以外では通常オイルの交換補充は不要である。

正答 (b)

分析管イオン源は、真空中で使用しているが、内部の汚れなどにより交換する場合がある。ディテクタ内蔵の校正リークは必要に応じて再校正が必要である。油回転ポンプのオイルは稼働に伴い減少していくため、定期的に油量を確認して下限以下にならないように補充が必要である。よって、正答は (b) となる。

問 6 次の文は、圧力変化漏れ試験方法について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 密封品チャンバ法の場合、試験体の大きさに比べてチャンバ内の容積は可能な限り大きくした方が漏れ検出感度が高くなる。
- (b) チャンバ法の場合、大気圧からのチャンバ内圧力の変化を観察するので、試験体にかかる試験圧力に関わらず圧力計のスケールを選択することが出来る。
- (c) 差圧法の場合、試験体とマスタ容器を同じ試験条

件で同時に試験を行い、それぞれの容器に取り付けた圧力計でそれぞれの内圧を測定し、差圧を計算する。

- (d) マスタ容器対比法の場合、試験体とマスタ容器の 2 種類を使用するので、周囲の温度、大気圧などの影響を受けやすい。

正答 (b)

密封品チャンバ法で試験体の大きさに比べてチャンバ内の容積を大きくすると、漏れ出たガスの濃度が薄まるため感度が低くなる。チャンバ法では試験体の試験圧力はチャンバ内圧と独立しているため、チャンバ内の圧力を測定する圧力計はチャンバの設定圧から決定できる。差圧法は試験体とマスタ容器間の圧力差を測定する。マスタ容器対比法は、試験体とマスタ容器で同時に試験を行うため、周囲の温度や大気圧の影響を受けにくい。よって、正答は (b) である。

問 7 次の文は、ヘリウム漏れ試験における真空容器法について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 最小可検リーク量は小さく、試験体の漏れ箇所の検知ができる。
- (b) 最小可検リーク量は大きく、試験体の漏れ箇所の検知ができる。
- (c) 最小可検リーク量は大きく、試験体の漏れ箇所の検知はできない。
- (d) 最小可検リーク量は小さく、試験体の漏れ箇所の検知はできない。

正答 (d)

真空容器法は、試験体を真空容器の中にセットして試験体内部をトレーサガスで満たす一方で、真空容器の内側かつ試験体の外側を真空引きすることで、試験体から漏れたトレーサガスを検知する方法である。検出感度は高いが漏れ箇所は特定できない。よって、正答は (d) である。