

ST レベル 1 一般・専門試験のポイント

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に関する注意事項を問う専門試験からなる。ここでは、一般試験（問 1－問 4）と専門試験（問 5－問 7）に分けて正答率の低い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 の類題のキーポイントについては、直近の NDT フラッシュ欄 (Vol.71, No.9, 2022) 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 次の構造部材のうち、使用中に作用する荷重により、主として曲げ変形を生じる部材名を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 駆動軸 (b) はり
- (c) 球形タンク (d) ワイヤ

正答 (b)

構造部材の名称は、断面形状に関係なく作用する荷重様式により決まる。横荷重が作用して曲げ変形する 1 次元部材をはりという。したがって、正答は (b) となる。なお、(a) 駆動軸はねじり荷重 (トルク) が作用する 1 次元部材をいう。(c) 球形タンクは内圧が作用する薄肉球形部材をいう。(d) ワイヤは、引張荷重が作用する曲げ剛性が無視できる 1 次元部材をいう。

問 2 1 kN (キロニュートン) の引張荷重が、1 cm² の棒の断面に作用したときに生じる垂直応力はいくらか。次のうちから正しいもの一つを選び、記号で答えよ。

- (a) 100 Pa (パスカル)
- (b) 1 kPa (キロパスカル)
- (c) 10 MPa (メガパスカル)
- (d) 1 GPa (ギガパスカル)

正答 (c)

この問題は、棒の断面に作用する垂直応力を計算して、その単位を正しく表記できるかを問うている。単位面積当たりの荷重、すなわち垂直応力 σ (N/m² = Pa) を計算して、SI 単位系で表記すると

$$\sigma = 1\,000 / (0.01)^2 = 10^7 \text{ (N/m}^2\text{)} = 10 \text{ (MPa)}$$

となる。したがって、正答は (c) となる。SI 単位系で使用する接頭語 k = 10³, M = 10⁶, G = 10⁹ の意味と読み方

も同時に覚えておく必要がある。このような基本的知識を問う問題も、ST レベル 1 として出題されている。

問 3 帯板試験片に引張荷重を負荷すると、荷重方向に延びて、横方向には縮む。この試験片が弾性変形している場合、荷重方向のひずみ ϵ 、横方向のひずみ ϵ' とすると、ポアソン比 ν はどのように表せるか。次のうちから正しいもの一つを選び、記号で答えよ。

- (a) $\nu = \epsilon + \epsilon'$ (b) $\nu = -\epsilon' / \epsilon$
- (c) $\nu = -\epsilon / \epsilon'$ (d) $\nu = \epsilon - \epsilon'$

正答 (b)

これはポアソン比 ν の定義式を問う問題である。ポアソン比は、帯板試験片の引張方向に発生する弾性域の縦ひずみを ϵ 、負荷方向と垂直方向に発生する横ひずみを ϵ' と表すと、次式で定義される。

$$\nu = -\frac{\epsilon'}{\epsilon} \tag{1}$$

したがって、正答は (b) となる。式 (1) で、負記号が付いているのは、ポアソン比を正の物理量 (無次元) として表すためである。圧縮荷重では縦ひずみ $\epsilon < 0$ となり、横ひずみ $\epsilon' > 0$ となるため、ポアソン比は常に正の物理量となる。引張と圧縮におけるひずみの符号の違いに、注意が必要である。

問 4 直径が 0.5 mm、長さが 10 m の銅線の抵抗値が 0.8 Ω であった。この場合、直径が 2 倍の 1.0 mm で、同じ長さのときの銅線の抵抗値はいくらになるか。次のうちから正しいもの一つを選び、記号で答えよ。

- (a) 0.2 Ω (b) 0.4 Ω
- (c) 1.6 Ω (d) 3.2 Ω

正答 (a)

電気抵抗 R は、抵抗線の長さ L 、円断面積 A (直径 D)、比抵抗 ρ により次式で求まる。

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{4L}{\pi D^2} \tag{2}$$

式 (2) に銅線の元の直径 D 、長さ L 、抵抗値 $R = 0.8 \Omega$ を代入して比抵抗 ρ を決定後、次に 2 倍の直径と同一長さを同式に代入すれば、問題の銅線の抵抗値 R' が計算できる。または銅線の抵抗値 R は、式 (2) から

$$R' = \rho \frac{L}{4A} = \rho \frac{L}{A} \cdot \frac{1}{4} = \frac{R}{4} \tag{3}$$

と書けるので、式 (3) から簡単に $R' = 0.8/4 = 0.2 \Omega$ と求まる。どちらの方法でも、正答は (a) となる。

専門試験の類題

問 5 ひずみゲージ試験において、ゲージ抵抗値が 120Ω を使用した場合のひずみ読取り値 (指示ひずみ) に対して、ゲージ抵抗値が 350Ω を使用した場合のひずみ読取り値はどのようになるか。次のうちから正しい記述を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 大きくなる (b) 小さくなる
- (c) 測定できない (d) 変化しない

正答 (d)

ひずみゲージの抵抗率 $\Delta R/R$ と指示ひずみ ϵ (測定ひずみ) の関係は、次式で与えられる。

$$\frac{\Delta R}{R} = K\epsilon \quad (4)$$

ここで、 K はゲージ率である。式 (4) でゲージ抵抗値 R を、 120Ω から 350Ω に変更しても、抵抗変化率 $\Delta R/R$ もそれに対応して変化するため、抵抗変化率 $\Delta R/R$ は影響を受けない。すなわち、指示ひずみ値 ϵ は変化しないことになる。したがって、正答は (d) となる。大きいゲージ抵抗値 R を使用すると、ブリッジ回路の電源電圧 E が一定であれば、電流値 ($I = E/R$) が小さくなり、ゲージ抵抗の自己発熱による影響が軽減できる利点がある。

問 6 動ひずみ測定用記録器のうち、周波数応答が最も低いものはどれか。次のうちから正しいもの一つを選び、記号で答えよ。

- (a) ペン書きオシログラフ
- (b) サーマルドットレコーダ
- (c) デジタルオシロスコープ
- (d) オンライン化したコンピュータ

正答 (a)

ひずみ値が時間とともに変動する動ひずみ測定では、記録器の周波数特性に注意が必要である。各種記録器とその応答周波数の範囲を、表 1 にまとめて示す。この表から、正答は (a) となる。各種記録器の上限の応答周波数は記憶しておくのが望ましい。各種記録器の操作方法を習得していれば、周波数応答の最も低い記録器は容易に見い出すことができる。

表 1 記録器と応答周波数の範囲

記録器の名称	応答周波数
ペン書きオシログラフ	DC~20 Hz
サーマルドットレコーダ	DC~100 Hz
デジタルオシロスコープ	DC~10 MHz
オンライン化したコンピュータ	DC~数 MHz

問 7 アクティブ・ダミー法におけるダミーゲージの役割に関する次の記述のうち、正しいもの一つを選び、記号で答えよ。

- (a) アクティブゲージと同一温度環境および同一応力下で使用する。
- (b) アクティブゲージと同一温度環境下で、応力によるひずみを受けない状態にして使用する。
- (c) 環境の温度との平衡をとるために、基準温度状態にして使用する。
- (d) 環境の温度変化を受けないような一定温度下で使用する。

正答 (b)

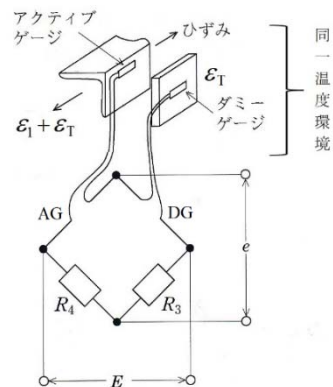


図 1 アクティブ・ダミー法におけるブリッジ回路：アクティブゲージを貼付した試験体 (左上) とダミーゲージを貼付した負荷を受けない試験体 (右上)

同一温度環境下で試験体の熱ひずみ成分 (ϵ_T) を除去して、負荷によるひずみ成分 (ϵ_1) だけを測定するアクティブ・ダミー法を、図 1 に示す。熱ひずみ成分 (ϵ_T) だけを測定するために、同一温度環境下にある負荷を受けない同材質の別の試験体に貼付したゲージを、ダミーゲージと呼ぶ。このゲージ端子をブリッジ回路の測定辺 DG に接続して、アクティブゲージの出力ひずみ ($\epsilon_1 + \epsilon_T$) から熱ひずみ成分 (ϵ_T) をブリッジ回路内で打消すことにより、負荷によるひずみ成分 ϵ_1 だけが測定できる。したがって、正答は (b) となる。

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 次の文は、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) 液体が漏れ部を塞ぐため、試験体内部を液体で満たす方法は漏れ試験としては使用してはならない。
- (b) 試験体外部から内部に流入する漏れを、試験体外部から半導体センサガス検知器で検出する方法がある。
- (c) 蛍光染料を添加した液体で試験体内部を満たし、外部へ漏れた液体を暗所でブラックライトを使用して検出する方法がある。
- (d) 試験体外面に浸透液を塗布し、その上から現像剤を塗布して漏れを検出する方法がある。

正答 (c)

各種タンクやプラント及び配管類からの液体の漏れを検知するため、試験体内部を蛍光染料を添加した液体で満たして外側からブラックライトを用いて目視する方法が用いられる場合がある。半導体センサガス検知器で漏れを測定する場合は、試験体内部に封入されたサーチガスを外側から検知器で測定する。試験体に浸透液と現像剤を適用して漏れを検出する場合は、内部を浸透液で満たして外に漏れ出た液を外側表面に塗布した現像剤で検知する。以上から、正答は(c)となる。

問2 温度が一定の場合、絶対圧3 MPaで8 Lの気体は、絶対圧0.1 MPaでは何Lになるか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 50 L
- (b) 120 L
- (c) 230 L
- (d) 240 L

正答 (d)

ボイルの法則より、温度一定のもとでは圧力と体積は互いに反比例する。よって、圧力が1/30になると体積はもとの30倍となる。これより、正答は(d)となる。

問3 次の文は漏れ試験の基礎理論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) 素材中に溶解していたガスの放出は仮想リークではない。
- (b) 二重リークとは、隣接した同じ面にリーク箇所が2つあるリークの事である。
- (c) 見せ掛けのリークである仮想リークには、容器の素材表面からのガス放出や、素材のポケット状きずからのガス放出が挙げられる。
- (d) 容器素材のきずや溶接不良などによる貫通リークや、油や表面付着物によるガス放出を実リークという。

正答 (c)

仮想リークとは、実際に漏れが無くてもサーチガスが検出される事象を指す。素材中に溶解していたガスが真空中に放出され検知されると、実際の漏れではないのに漏れ同様の検出となり仮想リークとなる。二重リークとは、試験体の真空部と大気部の境界において、リーク経路上にポケットが存在するものを指す。これにより、応答時間が長くなり検出が難しくなる。素材表面の付着物によるガス放出は貫通きずではないため、実リークではなく仮想リークである。よって、正答は(c)となる。

専門試験の類題

問4 次の文は、加圧法の発泡漏れ試験の手順の一部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) 試験体を加圧すると同時に見落とさないように速やかに発泡液を塗布し、同時に規定時間、泡の状況を観察する。
- (b) 試験体を加圧し、圧力保持時間経過後、発泡液の塗布と同時に見落とさないように規定時間、泡の状況を観察する。
- (c) 試験体を加圧し、圧力保持時間経過後、発泡液を塗布し、規定時間経過後、見落とさないように泡状況を観察する。

- (d) 試験体を加圧する前、見落とさないように速やかに発泡液を塗布し、同時に規定時間、泡の状況を観察する。

正答 (b)

発泡液を塗布するタイミングは、試験体を試験圧力まで加圧して圧力保持時間経過後である。試験体の厚さ、漏れの経路や貫通きずの内部形状、大きさなどにより漏れ部に圧力が伝わる時間に差がでるため、保持時間が決められている。観察は発泡液の塗布と同時に開始する。大きな漏れの場合は、塗布開始時に大量の気体噴出で発泡液が飛ばされ、発泡が起こらない現象がある。このため、塗布と同時に観察を開始して発泡液の動きに注意する必要がある。

よって、正答は (b) となる。

問5 加圧法により漏れ試験を行ったところ 20°C で $2 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ の漏れが検出された。この漏れを 1 分間集めると大気圧 (101325 Pa) でどの位の体積となるか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。(ただし、温度は同じ 20°C とする。)

- (a) 約 0.2 mL
- (b) 約 0.6 mL
- (c) 約 1.2 mL
- (d) 約 2 mL

正答 (c)

検出された漏れの 1 分間の総量は以下となる。

$$2 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \times 60 \text{ s} = 1.2 \times 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$$

よって、大気圧における体積は以下となる。

$$1.2 \times 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \div 101325 \text{ Pa} = 1.18 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 1 \times 10^6 \text{ mL}$ なので、

$$1.18 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 1.18 \text{ mL}$$

となる。よって、正答は (c) である。

問6 次の文は、ヘリウム漏れ試験における吸込み法(スニッフ法)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) 吸引量が多いほどヘリウムガスを吸い込む量が増加するため、感度も上がる。
- (b) 検査箇所が遠い場所で、長いスニッフプローブが必要だったので、プローブとリークディテクタをつなぐチューブの長さを変更しても問題ない。

- (c) スニッフプローブの先端には、ごみ除去のフィルタがついているので、動作中でも床に置いて問題ない。

- (d) スニッフ法では、大気を用いて機器校正を行う場合がある。

正答 (d)

スニッフ法は、試験体内部にヘリウムガスを加圧充填し、漏れ箇所から外部に漏れだすヘリウムガスをスニッフプローブで吸引して検出する方法である。外部に漏れだすヘリウムガス以外に大気も吸引するため、大気中に微量に含まれるヘリウムガスも検知する。プローブ径を大きくして吸い込み量を増やしても、大気とヘリウムガスの比率は変わらないため、感度が上昇するわけではない。プローブとリークディテクタを繋ぐチューブを長くした場合、プローブ先端から漏れガスを吸い込んでからディテクタで検出するまでの時間が長くなることから、検出が難しくなる。また、プローブを床に置いてゴミが付着した場合、吸い込み量が減少して感度が悪くなるので、取扱いには注意が必要である。大気中に含まれるヘリウムガス濃度は周囲からのヘリウムガスの混入が無ければ一定なので、これを校正に利用する場合もある。よって、正答は (d) となる。

問7 次の文は、ハロゲン漏れ試験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) ハロゲンガスが空気中の酸素と反応し、白煙が生じる現象を目視観察して漏れを検出する方法。
- (b) ハロゲンガスが試験体から漏れ出る気体と反応して発光する光の強さを計測する方法。
- (c) 赤熱したセラミック表面に含まれるナトリウムやカリウムのイオンが、ハロゲンガスの濃度に応じて放出されることを利用して漏れ量を計測する方法。
- (d) ハロゲンガスの量に比例して、水溶液中に析出物ができる事を利用した漏れ試験方法。

正答 (c)

ハロゲン漏れ試験の原理は、ハロゲンガスを吸引すると検出器の赤熱したセラミック表面から Na^+ 等の陽イオンを放出し、信号として検出される仕組みである。白煙が発生したり、光の強さを測定するものではない。また、水溶液は使用しない。よって、正答は (c) である。