

UMレベル1 一次一般試験問題のポイント

UM レベル1 一次試験の問題については、Vol.54 No.3 (一般と専門の問題)、Vol.55 No.5 (一般の問題)、Vol.56 No.2 (専門の問題) の本欄で解説してきた。その中で、難度の高い問題例や注意が必要な問題例についてはすでに解説したため、今回は平均的な難度の一般的な問題例について解説する。

問1 次の記述のうち正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 超音波は、可聴音波に比べて、遠くまで伝わる。
- (b) 超音波は、可聴音波に比べて、一定の方向に集中して伝わる性質がある。
- (c) 超音波は、可聴音波に比べて、音速が遅い。
- (d) 超音波は、可聴音波に比べて、境界面などを通過しやすい。

正答 (b)

普通、音波は周波数が高くなるほど伝搬による減衰が大きくなる。そのため、超音波は可聴音波ほど遠くまで伝わらない。また、周波数が高くなると、一定の方向に集中する傾向が強まる。しかし、音速や、境界面の通過しやすさ(間に層を挟む場合を除く)は、周波数によりあまり変化しない。

問2 次の文は、鋼を伝わる超音波について述べたものである。誤っているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 鋼では、超音波の音速は温度が高くなると遅くなる。
- (b) 周波数が 5 MHz の縦波が鋼を伝わる時の波長は、およそ 1.18 mm である。
- (c) 超音波が水から鋼に入射すると、波長は長くなる。
- (d) 鋼の音響インピーダンスは、水よりも小さい。

正答 (d)

わずかな例外を除いてほとんどの材料では、音速は温度が高くなると遅くなる。また、鋼中の縦波の音速はおよそ 5,900m/s なので、5MHz の超音波の波長はおよそ $5,900,000 \text{ mm/s} \div 5,000,000 \text{ 1/s} = 1.18 \text{ mm}$ である。同様に、水の音速は 20℃のときに 1,480m/s なので、5MHz のときの波長は 0.3mm になり、鋼中に比べるとかなり小さい。しかし、鋼の音響インピーダンスは、水に比べるとかなり大きいので、(d) が誤りである。

問3 次の文は、物質の音響インピーダンスを比べたものである。誤っているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) グリセリンの音響インピーダンスは、水よりも大きい。
- (b) 空気の音響インピーダンスは、鋼に比べると無視できるほど小さい。
- (c) 鋼の音響インピーダンスは、アクリル樹脂よりもかなり大きい。
- (d) アルミニウムの音響インピーダンスは、鋼よりも大きい。

正答 (d)

音響インピーダンスは密度と音速の積で、空気： 4.1×10^2 、水： 1.5×10^6 、グリセリン： 2.4×10^6 、アクリル樹脂： 3.2×10^6 、アルミニウム： 17.0×10^6 、鋼： 45.4×10^6 (単位は $\text{Pa} \cdot \text{s/m}^3$ 又は $\text{N} \cdot \text{s/m}^2$) の順に大きくなる。密度と音速はそれぞれ気体、液体、固体の順に大きくなる傾向があるので、音響インピーダンスも空気のような気体は著しく小さく、液体、プラスチック、軽金属、鋼の順に大きくなる。

問4 音速調整を 10,000m/s とした超音波厚さ計により、ある材料の厚さが 30.0mm の部分を厚さ測定したところ 50.8mm が表示された。この材料の材質はなにか。次の表の (a) ~ (d) の中から適切なものを選び。

材質	音速 (縦波) m/s
(a) 銅	4,700
(b) ニッケル	5,600
(c) 鉄	5,900
(d) アルミニウム	6,300

正答 (c)

30.0mm の厚さが 50.8mm と表示されたことから、音速が 10000m/s の場合に比べて、その部分を超音波が往復するのに

$$50.8 \div 30.0 = 1.693$$

倍の時間がかかったことがわかる。そのため、この材料の音速は

$$10,000 \div 1.693 \approx 5900 \text{ m/s}$$

になるので、鉄であることがわかる。

問5 次の文は、表示器付き超音波厚さ計の開発目的を述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

よ。

- (a) モニタ図形の観察で、測定面と裏面の凹凸を正確に知ることができる。
- (b) モニタ図形の観察で、厚さ測定 of 支障となる妨害エコーの有無を確認できる。
- (c) モニタ図形の観察で、校正が正しく行われていることを確認できる。
- (d) デジタル表示かモニタ図形のどちらかが故障しても、他の一方で厚さ測定を続行できる。

正答 (b)

表示器付き超音波厚さ計ではエコー波形を観察することができるが、超音波探傷器と同じように、一般的な測定条件では裏面の凹凸などを正確に知ることができない。

しかし、エコーの表示を直接観察することにより、底面エコーとその他のエコー（妨害エコー）を識別することはできる。厚さがデジタル表示されるだけの汎用超音波厚さ計では、測定中のエコーの状態を詳しく知ることができないため、表示器付きの厚さ計が開発された。また、(c) と (d) は開発目的ではない。

問6 JIS Z 2355 が義務づけている超音波厚さ計の定期点検の項目は下記のうちいずれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 表示値のばらつき幅
- (b) 測定下限
- (c) 平底穴の距離測定
- (d) 測定最高使用温度

正答 (b)

JIS Z 2355:2005 には、定期点検の項目として、目視点検と誤差及び測定下限の測定とを少なくとも1年ごとに行うことが規定されている。2005年の改正により、JIS Z 2355による定期点検の間隔は6か月ごとから1年ごとに変わった。現在のUM1の一次試験では、2005年の改正により変更された点を出題するときには、JISの改正年を明記するようにしている。

問7 次の文は、超音波厚さ計の使用方法について述べたものである。行っても性能に支障のないものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 探触子ケーブルの接栓2個を送受逆に接続する。
- (b) 接触媒質に汚れた手でつまみやスイッチを操作する。
- (c) 探触子ケーブルを着脱するとき、ケーブルをつか

んで行う。

- (d) 電源スイッチのON/OFFを5分おきにくりかえす。

正答 (d)

(a)～(c)は行ってはならないが、(d)は装置の性能に支障をきたす操作ではない。

問8 次の文は、超音波厚さ計の零点調整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) 零点調整を行うと、測定面と裏面との間の超音波斜め伝搬による誤差も補正される。
- (b) 厚さの定められた試験片によって、表示値と厚さが一致するように、見かけの音速値を設定する。
- (c) 感度調整用の試験片によって、表示値と厚さが一致するように、感度を調整する。
- (d) 零点調整を行うと、表示値のばらつきが減る。

正答 (a)

R～B₁方式の厚さ計では、超音波が測定物の内部を斜めに伝搬することによる誤差も零点調整により補正される。

(b)と(c)は、「表示値と厚さが一致するように」というところをもっともらしくて紛らわしいが、零点調整の説明としては不適切で、文章全体を読むとおかしいことがわかる。また、(d)については、零点調整では表示値のばらつきは変わらない。

問9 超音波探傷器を用いて厚さ測定を行うときに、もっとも注意深く行う必要のある初期調整は何か。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 底面エコーによる感度の調整
- (b) 多重エコーによる時間軸の調整
- (c) 標準試験片による入射点の調整
- (d) 減衰の補正

正答 (b)

(a)は垂直探傷試験、(c)は斜角探傷試験、(d)は減衰を無視できないときの超音波探傷試験で必要になる調整で、超音波探傷器により厚さを測定するときには(b)の多重エコーによる時間軸の調整がもっとも重要になる。

JIS Z 2355が改正されてから4年経ち、JSNDI発行の参考書「超音波厚さ測定I」も改訂されたため、新しいJISや参考書で変更された点については、一次試験の出題もそれらに沿った内容に統一されていく予定である。

SMレベル2 一次専門試験問題のポイント

非破壊試験技術者ひずみ測定 (SM) レベル2の資格試験の一次専門試験では、電気抵抗ひずみ測定法に関する問題が30問出題される。この代表的な問題例については、すでに本誌 Vol.55, No.9 (2006) のNDTフラッシュ欄で紹介され、解答に当たっての解説もされている。ここでは、これ以外の問題例を取り上げ、解答に当たっての簡単な解説をする。

問1 次の各記述は電気抵抗ひずみ測定法の特徴について述べたものである。このうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 局所的測定法で多数箇所の測定ができない。
- (b) 電気的あるいは磁気的外乱を受けやすい。
- (c) 非接触でひずみを測定する方法である。
- (d) 衝撃のような早い現象の測定は困難である。

正答 (b)

電気抵抗ひずみ測定法では、多くの箇所にひずみゲージを接着すれば多点での測定ができる。接着されたひずみゲージにリード線を接続して測定するので、非接触の測定法であるとは言えない。また、電気的方法であるので、非常に早い現象の測定にも適用できる。しかし、電界や磁界の影響を受けるので、このような場合の測定では注意が必要である。

問2 通常使用されている抵抗体が銅・ニッケル合金のはくひずみゲージのゲージ率 K とこのひずみゲージをシアノアクリレート系接着剤で接着したときのひずみ限界 ε_m はどのくらいであるか。次のうちから正しい組合せを選び、記号で答えよ。

- (a) $K=6$ $\varepsilon_m=10\sim 20\%$
- (b) $K=4$ $\varepsilon_m=5\sim 8\%$
- (c) $K=2$ $\varepsilon_m=3\sim 5\%$
- (d) $K=1$ $\varepsilon_m=0.5\sim 1\%$

正答 (c)

通常使われている銅・ニッケル合金のはくひずみゲージのゲージ率は2近傍の値である。また、シアノアクリレート系接着剤で接着した場合、ひずみ限界である測定可能な最大のひずみ量は $30000\sim 50000\times 10^{-6}$ すなわち3~5%程度である。

問3 線膨張係数 $15.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の抵抗体でゲージ率2.00のはくひずみゲージを線膨張係数 $23.0\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ のアルミニウム合金に対する自己温度補償ゲージとして使用したい。この場合の抵抗温度係数を次のうちから選び、記号で答えよ。

- (a) -15.0×10^{-6} (b) -11.0×10^{-6}
- (c) 9.0×10^{-6} (d) 26.5×10^{-6}

正答 (a)

線膨張係数が α_g 、ゲージ率が K のひずみゲージを線膨張係数が α_s の被測定物に対する自己温度補償ゲージとして用いるための抵抗温度係数を β とすると、

$$\beta + K(\alpha_s - \alpha_g) = 0$$

の条件を満たすことで温度による見かけのひずみを除くことができる。したがって、

$$\begin{aligned}\beta &= -K(\alpha_s - \alpha_g) = -2.0(23.0 - 15.5) \times 10^{-6} \\ &= -15.0 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

になる。

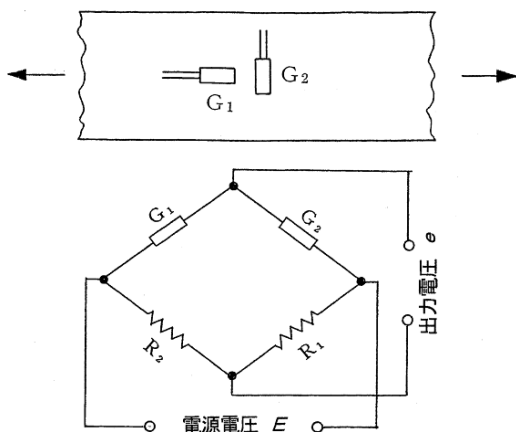
問4 次の半導体ひずみゲージに関する記述から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 半導体ひずみゲージは温度による抵抗値の変化が小さく、この影響を受けにくい。
- (b) 金属抵抗によるひずみゲージよりもひずみ限界が大きく、大きなひずみの測定ができる。
- (c) ピエゾ抵抗効果の比抵抗変化は小さいので、半導体ひずみゲージのゲージ率は小さくなる。
- (d) 温度による影響は大きい、ゲージ率の大きい正負のゲージ率を持つひずみゲージができる。

正答 (d)

半導体ひずみゲージはピエゾ抵抗効果の比抵抗変化を利用したもので、この抵抗係数を大きくすることができる。また、半導体にはp型とn型の正負の極性を示すものがある。このため、正負の大きいゲージ率を持つひずみゲージができるが、温度の影響も受けやすくなる。

問5 ポアソン比が0.32のステンレス鋼短冊形試験片にゲージ率 K のひずみゲージ G_1 、 G_2 を図のように接着して引張試験を行い、このときのひずみを電源電圧 E の2アクティブゲージ法のブリッジ回路にして測定した。ひずみゲージ G_1 のひずみが ε であるとき、この回路の出力電圧 e を次のうちから選び、記号で答えよ。



- (a) $e = 0.33K \varepsilon E$ (b) $e = 0.64K \varepsilon E$
 (c) $e = 1.32K \varepsilon E$ (d) $e = 2.00K \varepsilon E$

正答 (a)

図のようなひずみゲージ G_1 , G_2 による 2 アクティブゲージ法のブリッジ回路では電源電圧 E , 各ひずみゲージのひずみを ε_1 , ε_2 とすると出力電圧 e は次のように与えられる。

$$e = 1/4 \times K (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) E$$

題意より $\varepsilon_1 = \varepsilon$ であるが、試験片のポアソン比を ν とすると、 $\varepsilon_2 = -\nu \varepsilon_1 = -\nu \varepsilon$ になる。したがって、これらの関係を上述の式に代入すると、

$$e = 1/4 \times K (1 + \nu) \varepsilon E = 1.32/4 \times K \varepsilon E = 0.33K \varepsilon E$$

になる。

問 6 一定環境下で繰り返し荷重を受けるときのひずみ測定を実施したが、ひずみの増加過程と減少過程で実ひずみが同一であるにもかかわらず指示ひずみが一致しない現象が起きた。この現象を次のうちから選び、記号で答えよ。

- (a) 零点移動 (b) クリーブ
 (c) ヒステリシス (d) 疲労現象

正答 (c)

設問の記述のように、測定物に接着されたひずみゲージが繰り返し負荷されたときに、同一であるはずのひずみの値が、増加過程と減少過程で一致せず多少異なってしまう現象が起きることがあり、この現象はヒステリシスと言われている。

問 7 ゲージ率が 2.00 に設定されたデジタル式静ひずみ測定器でひずみ測定を実施して 1250×10^{-6} の指示ひずみが得られたが、使用したひずみゲージのゲージ率が 1.96 であった。この場合の真のひずみの値を次のうちから選び、記号で答えよ。

- (a) 1200×10^{-6} (b) 1225×10^{-6}
 (c) 1250×10^{-6} (d) 1275×10^{-6}

正答 (d)

ゲージ率が 2.00 に設定された測定器と異なったゲージ率のひずみゲージを使用した場合、真のひずみ ε は指示ひずみを ε_s , ひずみゲージのゲージ率を K_s とすると、次の式で求めることができる。

$$\varepsilon = (2.00 / K_s) \varepsilon_s$$

したがって、

$$\varepsilon = (2.00 / 1.96) \times 1250 \times 10^{-6} = 1275 \times 10^{-6}$$

になる。

問 8 ゲージ率が 2.00 のひずみゲージで、4 アクティブゲージ法の結線にされた荷重変換器の出力の定格容量が $2.0 \text{ mV} / \text{V}$ と表示されていた。この変換器の定格容量における等価ひずみを次のうちから選び、記号で答えよ。

- (a) 1500×10^{-6} (b) 2500×10^{-6}
 (c) 4000×10^{-6} (d) 5000×10^{-6}

正答 (c)

ゲージ率 K のひずみゲージを 4 アクティブゲージ法にした荷重変換器の出力電圧と電源電圧の比を η とすると、これに対する等価ひずみ ε は次の式で与えられる。

$$\varepsilon = 4 \eta / K$$

したがって、この問の定格容量に対する等価ひずみは

$$\varepsilon = (4 \times 2.0 \times 10^{-3}) / 2.00 = 4000 \times 10^{-6}$$

になる。

ここでの問題例は参考書「ひずみ測定 I」, 「ひずみ測定 II」を基に作成し、さらに「ひずみ測定問題集」を参考にしている。

また、限られた紙面内でできるだけ多くの問題例を取り上げたが、使用した数式の導出などの解説が十分でない箇所もある。したがって、このような箇所の詳しいことを知りたい場合は、上述の参考書及び問題集を見て確認してもらいたい。