

E T レベル 2 一般・専門試験のポイント

JIS Z 2305 非破壊試験—技術者の資格及び認証—に基づく ET レベル 2 の新規一次試験は『渦流探傷試験 II』の記述範囲内から出題される。試験の結果を見ると受験者の理解不足や誤解によると思われる正答率の低い問題が見受けられる。本稿では、最近行われた試験のうち正答率の低かった問題に類似した例題によりポイントを解説する。

問 1 次は、正弦波交流電圧 $v(t) = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$ が ある場合に、これと同一周波数で振幅が等しく、1/2 周期だけ位相が遅れている式について示したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) $v(t) = V_m \sin(2\omega t + \frac{\pi}{2})$
- (b) $v(t) = V_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$
- (c) $v(t) = 2V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$
- (d) $v(t) = 2V_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$

正答 (b)

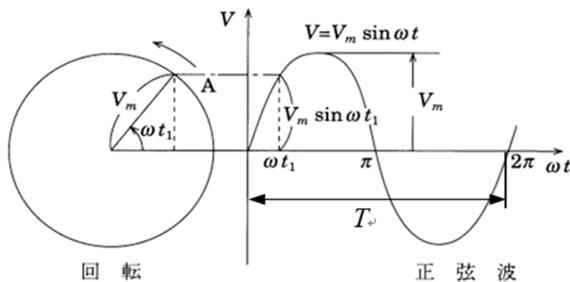


図 1 円周上の回転と正弦波交流の関係

図 1 は正弦波交流電圧 $v(t) = V_m \sin \omega t$ を示したものであり、半径 V_m なる円周上を一定の角速度 ω (rad/s) で回転する点 A で示される。(a) の角速度は 2ω であり、2 倍の周波数となり不正解である。また、(c) と (d) は振幅が $2V_m$ であり、2 倍の振幅となり不正解である。(b) は周波数と振幅が等しく、位相が π すなわち 1/2 周期ずれている。したがって、正答は (b) となる。

問 2 次の文は、金属の抵抗率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) 電気抵抗は抵抗率に反比例する。
- (b) 抵抗率の逆数を導電率という。
- (c) 抵抗率の単位は (Ω/m) である。
- (d) 抵抗率は形状によって変化する。

正答 (b)

電気抵抗 R は導体の長さ l (m) に比例し、断面積 S (m^2) に反比例し、次式で表される。

$$R = \rho l / S (\Omega)$$

上式の比例定数 ρ (Ωm) は抵抗率と呼ばれ、電流の流れ難さを表し、物質に固有の値 (物質定数) である。式より、電気抵抗 R は抵抗率 ρ に比例しており、(a) は不正解である。単位系を表した (c) も不正解である。抵抗率は物質定数であり形状によって変化せず、(d) も不正解である。

また、抵抗率 ρ の逆数は導電率 σ (S/m) であり、電流の通りやすさを表す。したがって、正答は (b) となる。

問 3 次の文は、金属材料の分類と磁気的性質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) オーステナイトステンレス鋼は非鉄金属に分類される。
- (b) 金、銀、銅は常磁性体に分類される。
- (c) 非磁性体には常磁性体と反磁性体が含まれる。
- (d) 非磁性体は磁気ヒステリシス曲線を描く。

正答 (c)

渦電流試験法では、磁気的性質から金属を分類すると強磁性体と非磁性体に分けられる。一方、金属は材料成分によって鉄鋼材料と非鉄金属材料 (または非鉄材料) に分類する方法が一般的である。鉄鋼材料は、炭素鋼 (強磁性体) のように Fe (鉄) を主成分とする材料をいい、非鉄金属材料は、銅 (非磁性体)、ニッケル (強磁性体) のように Fe を含まない材料をいう。

上記のように金属の「材料成分からの分類」と「磁気的性質からの分類」ではこれらが混在しており、「強磁性体 = 鉄鋼材料、非磁性体 = 非鉄金属材料」の関係にはなっていない。実用上は渦電流探傷試験の対象となる材料が鉄鋼材料であれば強磁性体であり、非鉄金属であれば非磁性体である場合が多く、またオーステナイトステンレス鋼の場合には鉄鋼材料に分類され、(a) は不正解である。

強磁性体とは磁界が作用すると特に強く磁化するものをいい、常磁性体とはアルミニウム、スズ、白金などの

ように外部磁界と同じ向きに磁化されているものをいう。また、金、銀、銅などのように外部磁界の方向と逆向きに磁化するものを反磁性体といい、(b)は不正解である。

常磁性体や反磁性体における磁化の強さは、強磁性体に比べると通常では磁化がないと考えてもよいほど小さい。このようなことから強磁性体以外の磁石に吸着しない物質を非磁性体と呼んでいる。強磁性体の磁気的性質を表す特性として磁化曲線（磁気ヒステリシス曲線）があり、(d)は不正解である。したがって、正答は(c)となる。

問4 次の文は、正規化インピーダンス平面図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。ただし、 R_0, L_0 ：空心コイルの抵抗及びインダクタンス、 R, L ：試験コイルの抵抗及びインダクタンス、 ω ：角周波数である。

- (a) 横軸は虚数部を縦軸は実数部を表し、単位はない。
- (b) 実数部 X および虚数部 Y の計算式は次の通りである。

$$X = \frac{R-R_0}{R_0} \quad Y = \frac{\omega L - \omega L_0}{\omega L_0}$$

- (c) 試験コイルの電圧と電流の位相差も正確に表している。
- (d) 試験コイルの巻線抵抗や試験周波数などの影響を取り除いたうえで、試験コイルのインピーダンスの解析に適用できる。

正答 (d)

渦電流試験では、試験体(導体)に関する情報はコイルのインピーダンスに含まれており、きずの存在などの検出すべき要因によってインピーダンスがどのように変化するかを知っておく必要があり、コイルのインピーダンス平面図上でインピーダンス軌跡を解析する方法が取られている。直接試験コイルのインピーダンスを図に表すと、周波数が異なる場合や、導体が無くコイルのみのときのリアクタンスが異なる場合などを比較検討することが困難となる。このため、様々な条件下のインピーダンス軌跡を統一的に扱えるようにするため正規化を行い、正規化インピーダンス平面図が用いられている。

正規化インピーダンス平面図は、導体に関するいかなる情報をも与えないコイルの巻線抵抗 R_0 をコイルのインピーダンスより差引く。つぎに、周波数に比例して大きくなる軌跡の大きさを統一するため、抵抗分、リアクタンス分の双方を導体が無いときのコイルのみのリアク

タンス ωL_0 で割る。すなわち、正規化インピーダンスの実数部(横軸)を正規化抵抗 X 、虚数部(縦軸)を正規化リアクタンス Y とすると、次式で表される。

$$X = \frac{R-R_0}{\omega L_0} \quad Y = \frac{\omega L}{\omega L_0}$$

したがって、(a)と(b)は不正解である。正規化インピーダンス平面図は、試験コイルの電圧と電流の関係を表したのではなく、インピーダンスの変化を表したものであり、(c)は不正解である。正答は(d)となる。

問5 次の文は、リモートフィールド渦電流探傷法の特徴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) きず分解能が高いため、体積の小さなきずの検出感度が高い。
- (b) 高速度の探傷が可能である。
- (c) 配管支持板部の探傷が困難である。
- (d) 試験体の透磁率の影響を受けない。

正答 (c)

磁性体の配管の保守検査には、配管の局所的な磁気特性の不均一によって雑音が発生するために、一般的に用いられている内挿プローブを利用した渦電流試験法は適用できず、リモートフィールド渦電流探傷法が用いられている。この問題を解くには、『渦流探傷試験Ⅱ』P-125「リモートフィールド渦流試験の特徴と問題点」を参照すればよい。リモートフィールド法は、コイルの構造から、従来の渦電流試験法に比べて、探傷における分解能が低く、体積の小さなきずに対する検出感度が低いため、(a)は不正解である。リモートフィールド現象は、試験周波数が数十～数百 Hz 程度の低周波数で起こり、従来の渦電流試験法に比べて探傷が低速度であり、(b)は不正解である。リモートフィールド法は、試験体の電磁気特性の変化、特に透磁率の変化によって雑音が発生するため、(d)は不正解である。

リモートフィールド法は、配管の支持板による影響が大きく、配管支持板部の探傷が困難である。したがって、正答は(c)となる。

NDT フラッシュで解説した問題と類似した問題は繰り返し出題されている傾向であるが、相変わらず正答率は低いようである。受験者には本稿に限らず近年の関連記事も一読することを奨めます。

RT レベル 1 一般・専門試験のポイント

RT レベル 1 の一次試験については、一般試験問題及び専門試験問題を Vol.54, No.1(2005), Vol.62, No.9(2013)に、一般試験問題を Vol.55, No.2(2006), Vol.58, No.11(2008), Vol.60, No.9(2011)に、専門試験問題を Vol.55, No.12(2006), Vol.59, No.1(2010), Vol.61, No.2(2012)にそれぞれ取り上げて解説を行った。今回も最近の一次試験の一般及び専門試験で比較的に正答率の低かった問題の類題を選んで解説を行い、受験者の参考に供したい。

問 1 次の文は、X 線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]

- (a) X 線が透過する程度は物質の種類によっては変わらない。
- (b) X 線は、波長が極めて短い電磁波である。
- (c) X 線の本質は、キュリーの X 線回折実験によって明らかになった。
- (d) X 線はフランスのベクレルによって発見された。

正答 [A] (b)

X 線は 1895 年にドイツのレントゲンによって発見された。よって (d) は誤りである。彼は 1901 年に第 1 回のノーベル物理学賞を授与されている。X 線はガンマ線と共に波長の短い電磁波であり (b) は正しい。透過する程度は物質によって異なるから (a) は誤りである。(c) はキュリーではなくレントゲンの誤りである。なお、ベクレルは 1896 年にウラン塩から X 線と同様な放射線(アルファ線)が出ていることを発見した。

基礎的な問題なので間違わないよう注意して欲しい。

問 2 次の文は、ガンマ線の発生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。[B]

- (a) ヘリウムの原子核から飛び出したヘリウム粒子の流れ。
- (b) 原子核内から飛び出した中性子の流れ。
- (c) 原子核からたたき出された中性子の流れ。
- (d) 原子核内から発生した光子の流れ。

正答 [B] (d)

ヘリウムの原子核の流れはアルファ線であるので (a) は誤りである。また、中性子の流れは中性子線である。よって、(b) と (c) は誤りである。ガンマ線は X 線

と同じ電磁波(光子)であるため、(d) が正しい。性質では共通点が多いが、発生仕組みが異なる。もう一度しっかり電離放射線の本性を確認して欲しい。

問 3 次の文は、X 線の照射方向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。[C]

- (a) 放射線の照射方向は、検出すべききずによって生ずる放射線の減弱の差が、小さくなる方向とするのが原則である。
- (b) 一般に、きずの高さと放射線が透過する厚さとの比が小さい方がきずの検出が容易になる。
- (c) 溶接部が試験対象の場合、放射線の照射方向は試験体を透過する厚さが最大になる肉厚方向とすることを基本としている。
- (d) 割れのようなきずの場合、きず方向と照射方向とがなす角度が小さくなると、きずの検出が容易となる。

正答 [C] (d)

X 線透過試験において、きずを検出しようとする場合に X 線の照射方向は重要な問題である。きずを明瞭に検出するためには、透過写真上できずの像の濃度をできるだけ大きくする必要がある。そのためには、検出すべききずによって生ずる放射線の減弱の差が大きくなる方向からの照射が望ましい。したがって、(a) は誤りである。きずの高さと放射線が透過する厚さの比は、大きい方がきずの像の濃度は大きくなり、検出に有利である。したがって、(b) は誤りである。溶接部が対象の場合、放射線の照射方向は原則として試験部を透過する厚さが最小になる方向から撮影することと、関係 JIS 規格に明記されており、(c) は誤りである。試験部を透過する厚さが最小になる方向から撮影するという点について間違いやすいようなので注意して欲しい。なお、(d) の記述は正しい。

問 4 次の文は、X 線と物質の相互作用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。[D]

- (a) 光電効果とは、光子が原子の軌道電子に全エネルギーを与えて、自らはエネルギーを失い消滅する現象である。
- (b) コンプトン散乱とは、光子が原子の軌道電子と衝突してこれを原子の外に飛び出させ、自らは運動

の向きを変える現象であり、散乱する X 線の波長は入射 X 線の波長より短くなる。

- (c) 可干渉性散乱 (トムソン散乱) により、X 線の回折現象が生じる。
- (d) 電子対生成とは、光子が原子核の影響を受け一対の陰電子と陽電子になる現象であり、エネルギーが 500keV の X 線では起こらない。

正答 [D] (b)

この問題は X 線と物質の相互作用についての問題である。コンプトン散乱では、散乱する X 線の波長は入射 X 線の波長より長くなるので、(b) は誤りであり正答となる。電子対生成はエネルギーが 1.02MeV 以上で起こる現象であるため、500keV の X 線では起こらない。したがって、(d) は正しい。勘違いしやすい問題なので注意して欲しい。また、(a) と (c) の記述も正しい。

問 5 次の文は、白色 X 線についての一般的な原則について述べたものである。管電圧は一定とし、管電流を増加させた場合、発生する X 線はどうか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。 [E]

- (a) X 線の最短波長は短くなる。
- (b) X 線の全強度は管電流に比例して増加する。
- (c) X 線の最強強度を示す波長は長い方へ移る。
- (d) X 線の全強度は変わらない。

正答 [E] (b)

(a) は管電圧が一定であるから、波長の分布の形は変化しないので誤りである。(c) も同じ理由で誤りである。(d) は発生する X 線の全強度は、管電流の値によって変わるので誤りである。なお、(b) の記述は正しい。

問 6 次の文中の [F] ~ [I] に適する語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

- (1) 透過写真の濃度は [F] を使用して測定する。
- (2) 濃度の測定方法を大別すると [G] と視覚式がある。
- (3) 濃度計は [H] に [I] しなければならない。

[解答群]

- [F] (a) 濃度計 (b) 輝度計
- (c) 照度計 (d) 温度計

- [G] (a) 携帯式 (b) 輝度式
- (c) 光電式 (d) 聴覚式
- [H] (a) 定期的 (b) 5 年経過後
- (c) 不具合時 (d) 数十年ごと
- [I] (a) 電源切替 (b) 廃棄
- (c) 校正 (d) オーバーホール

正答 [F] (a), [G] (c), [H] (a), [I] (c)

濃度計に関する基本的な問題であるが、(2) の濃度の測定方法には、輝度式はなく光電式と視覚式があることに注意して欲しい。

問 7 次の文は、JIS Z 3104:1995 の階調計の配置について述べたものである。次の文中の [J] 及び [K] に適する語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

階調計は、階調計の値が [J] 以上となる場合は、階調計を [K] に置くことができる。

[解答群]

- [J] (a) 要求値 (b) 識別最小線径
- (c) 有効長さ (d) A 級
- [K] (a) シムの上 (b) フィルム側
- (c) 線源側 (d) 余盛部上

正答 [J] (a), [K] (c)

JIS Z 3104:1995 では、通常の場合、透過度計は溶接部の上 (線源側) の試験部の有効範囲の両端に置き、階調計は試験部の下面、フィルム側に置くように規定されている。しかし、実際の撮影現場では、工事番号、撮影日、撮影位置などの必要な記号をフィルムマークで貼る必要があり、透過度計と同じ線源側に階調計が貼ることができるように作業性が良くなる。規格では階調計の値が少しでも高くなるようにフィルム側に配置するように規定しているが、階調計の値が要求値を満足する場合は階調計を線源側に配置してもよいと規定している。

以上、最近の試験で正答率が比較的に低かった問題の類題を取り上げたが、冒頭に上げた過去の解説も是非参考にして欲しい。