

**RT レベル3 二次C<sub>1</sub> (基礎), C<sub>2</sub> (適用)  
試験のポイント**

2004年7月号の本欄に、RT レベル3 二次試験について (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) を紹介して以来、2012年10月号まで6回にわたって RT レベル3 二次試験のポイントについての注意点を記述して、受験者の参考に供した。試験問題の出題範囲や内容については、これまでに紹介したものと基本的には変わっていないが、今回もう一度、正答率の比較的に低い問題と解答にばらつきが認められた問題の類似問題を取り上げて、ポイントを解説し受験者の参考に供したい。

**問1 次の文中の [A], [B] に入れる適切な語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。**

(1) 使用した X 線に対する減弱係数  $\mu$  が  $4.62\text{cm}^{-1}$  であるとすると、このとき半価層は [A] mm である。

(2) 上記 (1) の X 線を使用して母材の厚さ 15mm、余盛の高さ 3.0mm の鋼溶接部を撮影した。この場合、X 線フィルムの感度係数を考慮した散乱比  $n$  が、母材部では 1.5、余盛部では 3.5 とする。母材部において X 線フィルムに到達する X 線量 (透過線と散乱線の合計) は、溶接余盛部において X 線フィルムに到達する X 線量の [B] 倍である。

[解答群]

- [A] (a) 1.5 (b) 2.0 (c) 2.5 (d) 3.0  
[B] (a) 1.6 (b) 1.9 (c) 2.2 (d) 2.5

**正答 [A] (a), [B] (c)**

減弱係数  $\mu$  と半価層の値  $h$  の関係は、 $\mu = 0.693/h$  で求められるから、 $h = 0.693/4.62 = 0.15$  (cm) で 1.5 mm が得られ、[A] の正答の (a) が求められる。

母材部の透過線の強さを  $I_1$ 、溶接余盛部の透過線の強さを  $I_2$  とし、母材部の透過線と散乱線の合計を  $E_1$ 、溶接余盛部の透過線と散乱線の合計を  $E_2$  とすると、余盛高さ 3.0mm が半価層 1.5mm の 2 倍の関係、それぞれの部分の散乱比の値を入れて、 $E_1/E_2 = 10I_2/4.5I_2 = 2.22$  から [B] の正答の (c) が得られる。

**問2 次の文中の [C] ~ [E] に入れる適切な語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。**

白色 X 線の減弱曲線は下方に凸の曲線となる。吸収体の厚さが小さい範囲では曲線の変化は [C] が、吸収体

の厚さが大きくなると曲線の変化は [D] なり、十分に厚くなると変化は更に [E] なる。

[解答群]

- [C] (a) 大きい (b) 小さい  
(c) 正多角形状である (d) 長方形形状である  
[D] (a) 大きく (b) 小さく  
(c) 真円状に (d) 楕円状に  
[E] (a) 大きく (b) 小さく  
(c) 真円に近く (d) 楕円に近く

**正答 [C] (a), [D] (b), [E] (b)**

白色 X 線の吸収曲線を今一度頭に浮かべるか、紙に書いて見れば、全く問題がないものと考えられる問題であるのに、何故か [D], [E] で逆の解答をした者が少なからずいた。落ち着いて考えて欲しい。

**問3 次の文中の [F], [G] に入れる適切な語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。**

デジタルラジオグラフィ (DR) には種々の方式があるが、[F] はリアルタイム性があり対象物が動いていても適用できるのが特徴である。また、[G] は 3 次元的な内部情報が得られるのが特徴である。

[解答群]

- [F] (a) フィルムデジタイザ  
(b) イメージインテンシファイア  
(c) コンピューテッドトモグラフィ  
(d) ラインセンサ  
[G] (a) フィルムデジタイザ  
(b) イメージインテンシファイア  
(c) コンピューテッドトモグラフィ  
(d) ラインセンサ

**正答 [F] (b), [G] (c)**

(a) のフィルムデジタイザは透過写真をデジタル情報に変換する装置、(b) のイメージインテンシファイアは蛍光増倍管、(c) のコンピューテッドトモグラフィは医療で有名な CT と呼ばれている断層撮影、(d) のラインセンサはベルトコンベアと組み合わせて使用される線状の X 線センサである。

**問4 次の語句と関係の深い JIS 規格を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。[H] ~ [L]**

- 階調計 10 形 [H]

試験視野の直径 30mm [ I ]  
 帯形透過度計 A010 [ J ]  
 F 種 [ K ]  
 回折像 [ L ]

[解答群]

[H] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003  
 (c) JIS Z 3106:2001 (d) JIS G 0581:1999  
 [ I ] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003  
 (c) JIS Z 3861:1979 (d) JIS G 0581:1999  
 [ J ] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003  
 (c) JIS Z 3107:1993 (d) JIS G 0581:1999  
 [ K ] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003  
 (c) JIS Z 3861:1979 (d) JIS G 0581:1999  
 [ L ] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3106:2001  
 (c) JIS Z 3107:1993 (d) JIS Z 3861:1979

正答 [H] (b), [ I ] (d), [ J ] (b),  
 [K] (c), [L] (b)

放射線透過試験方法の JIS 規格は、溶接継手については鋼、アルミニウム、ステンレス鋼、チタンについてそれぞれ規定され、さらに、鋳鋼品及びアルミニウム鋳物についても規定されている。RT 関連の JIS 規格について、JIS の番号とタイトルをしっかりと把握しておく事が必要である。

JIS Z 3105 における階調計は、2003 年の改正で以前にあった 2 段階がなくなり、正方形の一辺の寸法で規定され、JIS Z 3104 と混同しやすいが、10 形は JIS Z 3105 にしかないので、[H] の正答は (b) である。きずの分類において適用する試験視野は溶接継手については正方形又は矩形であり、鋳鋼品では円形であるので [ I ] の正答は (d) である。帯形透過度計は以前、带状透過度計と呼ばれて JIS Z 3108 に規定されていたが、2008 年春期試験からアルミニウム溶接継手については、JIS Z 3105 の 2003 年版が適用されて、JIS Z 3108 は JIS Z 3105 の附属書 2 に変わっている。A010 の最初の A は針金の材質がアルミニウムであることを示しているので [ J ] の正答は (b) である。もしも、F (鋼) であれば (a)、T (チタン) であれば (c) が正答となる。JIS Z 3861 は「溶接部の放射線透過試験の技術検定における試験方法及び判定基準」であり、基本級の B 種、専門級の T 種と F 種がある。

回折像はステンレス鋼の溶接継手の透過写真に発生することがある異常像の一つであり、[L] の正答は (b)

である。

問 5 次の文のうち正しいものを一つ選び、記号で答えよ。[M]

- (a) 余盛の高さが同じ場合、余盛の幅が小さいほど散乱比は大きくなる。
- (b) 余盛の幅が同じ場合、余盛の高さが高いほど散乱比は小さくなる。
- (c) 余盛部の透過写真のコントラストは母材部より大きくなる。
- (d) 余盛部の識別最小線径は母材部より小さくなる。

正答 [M] (a)

透過写真のコントラストに関係する散乱比や余盛の形状に関する問題であるが、驚くほど解答がばらついた。

余盛の幅が同じ場合、余盛の高さが高いほど散乱比は大きくなるため (b) は誤りである。余盛部の濃度は母材部の濃度より低く、したがって透過写真のコントラストも母材部より小さくなるため (c) は誤りである。また、余盛部の厚さは余盛の高さだけ母材部の厚さより厚いから、余盛部の識別最小線径は母材部のそれより大きくなるため (d) は誤りである。

問 6 次の事項のうち透過写真の像質の改善に関係のないものを一つ選び、記号で答えよ。[N]

- (a) 拡大撮影方法 (b) 狭照射野撮影方法
- (c) 最適濃度 (d) 二重壁両面撮影方法

正答 [N] (d)

正答は単なる撮影方法である (d) であるが、意外と (a) を選択した者が少なくなかった。拡大撮影方法は微小焦点の線源を用いて、試験体をフィルムなどの受像体から離して撮影を行う方法で像質の改善の効果が高い。

以上、最近の試験に出題された問題の類題を紹介したが、RT レベル 2 技術者の知識をしっかりと理解しておけば正答できるものと思われる。事実ここに取り上げた問題以外は正答率も高く、解説の必要がないが、なお一層頑張る実力をあげていただきたい。

UT レベル3 二次C<sub>1</sub> (基礎) 試験のポイント

UT レベル3 の C<sub>1</sub> (基礎) 試験問題は、過去に Vol.54 No.2(2005), Vol.55 No.4(2006)及び Vol.61 No.10(2012)で紹介した経緯がある。レベル3の出題範囲は、レベル1,2,3のすべてであり、レベル2の問題集や、レベル3の参考書も広く対象にして学習するよう努めてほしい。

問1 次の文は、超音波パルスの中心周波数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) 超音波パルスの中心周波数は、試験体を伝搬中に変化する。その程度は、試験体中の音速が速いほど大きい。
- (b) 超音波パルスの中心周波数は、試験体を伝搬中に変化する。その程度は、試験体の減衰係数が小さいほど大きい。
- (c) 超音波パルスの中心周波数は、試験体を伝搬中に変化する。その程度は、試験体中の音速が遅いほど大きい。
- (d) 超音波パルスの中心周波数は、試験体を伝搬中に変化する。その程度は、試験体の減衰係数が大きいほど大きい。

正答 (d)

超音波探傷において、超音波探触子から発振された超音波は、設計された中心周波数の超音波を試験体中に伝搬させる。この場合、発振された超音波の周波数帯域はある幅をもって伝搬される。周波数の帯域幅は周波数分析を行い、得られた周波数分布の最大高さから-6dBの点の高い側周波数から低い側の周波数の差の値である。

超音波が試験体中を進む際、波長の長い超音波は減衰しにくい、波長の短い超音波は減衰しやすく、試験体の結晶粒が粗い場合、即ち減衰係数が大きい場合は、この現象が顕著になる。波長の短い超音波、即ち周波数の高い超音波の減衰が、著しくなる。この結果、試験体を伝搬する超音波の中心周波数は低い方に変化し、その程度は減衰係数が大きいほど著しい。中心周波数の変化は超音波の速度には依存しない。

問2 次の文は、超音波探傷におけるきずからの反射について述べたものである。(1)～(6)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。

超音波ビームに垂直で、理想的な小さい円形平面きずのエコーの音圧  $P_F$  を求める式は、振動子前面の平均送信音圧を  $P_0$  とすると、 $P_F = P_0 \times (1) / (2)$  で表される。エコーの音圧は、きずの面積  $S$  に (3)、きずまでの距離  $X$  の (4) に (5) する。この式は、面積  $A$  の振動子の近距離音場限界距離を  $X_0$  とすると、(6) 以上の距離でほぼ成立すると考えてよい。ただし、波長を  $\lambda$  とし減衰の影響を無視する。

[解答群]

- (1) (a)  $\lambda X^2$  (b)  $AS$  (c)  $\lambda^2 X$  (d)  $S$
- (2) (a)  $S$  (b)  $\lambda X^2$  (c)  $X$  (d)  $\lambda^2 X^2$
- (3) (a) 比例し (b) 反比例し  
(c) 関係なく (d) 一定で
- (4) (a) 平方根 (b) 1乗 (c) 2乗 (d) 3乗
- (5) (a) 比例 (b) 反比例 (c) 一致 (d) 減少
- (6) (a)  $0.7X_0$  (b)  $X_0$  (c)  $1.6X_0$  (d)  $4.8X_0$

正答 (1) (b) (2) (d) (3) (a)  
(4) (c) (5) (b) (6) (c)

円形振動子の音軸上の音圧  $P_x$  は、(1)式で表される。

$$P_x = P_0 \times \frac{\pi D^2}{4\lambda X} \quad (X \geq 1.6X_0) \quad (1)$$

きずからのエコーの音圧  $P_F$  は、(2)式で表される。

$$P_F = P_x \times \frac{\pi d^2}{4\lambda X} = P_0 \times \frac{\pi D^2}{4\lambda X} \times \frac{\pi d^2}{4\lambda X} = P_0 \times \frac{A \times S}{\lambda^2 X^2} \quad (2)$$

$D$ : 振動子の直径,  $d$ : きずの直径,  $A$ : 振動子の面積,  $S$ : きずの面積

したがって、きずエコーの音圧は、振動子の面積及びきずの面積に比例し、波長及びきずまでの距離の2乗に反比例する。

問3 次の文は、曲面材の垂直探傷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) 探傷面の曲率によるエコー高さの低下を少なくするためには、振動子寸法の大きい探触子を用いて指向角を小さくするのがよい。
- (b) 探傷面の曲率によるエコー高さの低下の程度は、曲率半径と試験周波数で決まり、接触媒質を変えてもほとんど変化しない。
- (c) 曲面材を垂直探傷する場合、試験周波数が高いほど、また試験体の曲率半径が小さいほど、エコー

高さの低下の程度が大きい。

- (d) 曲面での超音波の伝達効率を高めるためには、周波数の高い探触子を使用する。

**正答 (c)**

曲面状の試験体を垂直探傷する場合、探触子と試験体の表面とは線接触となり、音響伝達の損失は大きくなる。この場合、振動子寸法を大きくしても線接触が長くなるだけで、振動子面積の増加ほどには接触面積の増加が見込めない。かえって、周辺部は接触媒質の厚さが厚くなり、屈折によって実質的に超音波ビームが拡散する。振動子の大きさが同じで、周波数を変化させた場合は、周波数の低い方が伝達損失は小さくなる。曲面部や表面の粗い探傷面には音響インピーダンスの大きい接触媒質の方が、小さい接触媒質に比べ伝達損失は小さい。曲率半径が小さくなればなるほど探触子との接触面積は小さくなりエコー高さの低下は大きい。

**問 4 次の文は、広帯域探触子を使用した場合の特徴を同じ公称周波数の狭帯域探触子と比較し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) 超音波パルスの持続時間は長くなる。
- (b) 林状エコーが発生しやすい。
- (c) 近距離分解能が向上する。
- (d) 方位分解能が向上する。

**正答 (c)**

広帯域探触子は、別名高分解能探触子とも呼ばれている。高分解能探触子は、短い超音波パルスであるため距離に対する分解能が波数の多い狭帯域探触子に比べて良くなる。波数の少ない超音波のためその周波数帯域は広い。このため広帯域探触子と呼ばれている。結晶粒の大きい減衰の著しい試験体を探傷する場合、狭帯域探触子であると結晶粒から反射した微小なエコーが相乗するため林状エコーとなって SN 比を低下させるが、広帯域探触子ではその程度が小さい。このため結晶粒の大きい試験体には広帯域探触子が利用される。

方位分解能は探傷面から同じ深さ位置にある近接した別のきずを独立して識別する能力をいうが、この場合は超音波ビームの幅は振動子の寸法と周波数に依存するためいずれも基本的に同じである。

**問 5 次の文は、種々の超音波探触子の長短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。**

- (a) 探触子のダンピング特性は、ダンパー材によって決まり、振動子の材質に依存しない。
- (b) 表面波探触子の構造は、斜角探触子と全く異なった構造となっている。
- (c) TOFD 探傷に用いられる探触子は、縦波斜角探触子である。
- (d) SH 波探触子に用いる接触媒質は、マシン油又はグリセリンに限られる。

**正答 (c)**

探触子のダンピング特性は、振動子にパルス電圧を与え振動を発生させた後、余韻の振動を制動する特性をいう。この特性は振動子を貼り付けているダンパー材や振動子の材質、探触子ケーブルとのインピーダンスのマッチングなどに依存する。表面波探触子は斜角探触子と同様な構造で、屈折横波が臨界角になるよう設計された探触子で、探傷表面を表面波が伝搬するように作製されたものである。TOFD とは Time of Flight Diffraction の頭文字をとったものであり、送信用、受信用の 2 つの縦波斜角探触子を用いて指向角の広い超音波を送信し、表面のラテラル波、きずからの回折波、底面からの反射波を受信し、これらの時間差を計測してきずの位置、高さ寸法などを測定する方法である。

一般に鋼溶接部の斜角探傷に用いられる斜角探触子は、振動子自体は縦波を発生し、探傷面でのモード変換により横波を発生させている。この横波はくさびが斜めになっていることで探傷面に近い部分から順次横波にモード変換するため波の進行方向に対し縦方向に振動している横波となる。この横波を SV 波と称している。これに対し波の進行方向に対し横方向に振動している横波を SH 波と称し、振動子を横ずれ振動させて横波を発生させたものである。縦波は液体中を伝搬することができるが、横波は伝搬することが困難である。したがって、SH 波探触子を用いる場合は、横波を伝搬させることができる粘度の高い専用の接触媒質を用いることが必要となる。

UT レベル 3 の基礎知識問題は、『超音波探傷試験問題集』、『超音波探傷試験 II』、及び『超音波探傷試験 III』などの参考書から出題されているが、数値や対象物などが変わっても対応できるよう理解しておく必要がある。