

**RT レベル 2 一般・専門試験のポイント**

機関誌 Vol.53 No.8(2004), Vol.54 No.9(2005), Vol.55 No.4(2006), Vol.57 No.11(2008), Vol.58 No.6(2009), Vol.60 No.2 及び No.6(2011)の計 7 回の本欄において、RT レベル 2 の一次試験問題のポイントを紹介して、受験者の参考供した。今回は第 1 回と同様に最近の一般問題と専門問題を合わせて、比較的に正答率の低かった問題に類似した問題を取り上げて解説を行なう。

**問 1 次の文は、増感紙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) 一般に、軟 X 線装置を使用する場合は、鉛箔増感紙を使用しない方が透過写真のコントラストは大きくなる。
- (b) 鉛箔増感紙を使用する場合は、前面の増感紙の厚さは後面の増感紙の厚さに比べて必ず大きくしなければならない。
- (c) X 線フィルムの前面の増感紙は散乱線低減効果のみ、後面の増感紙は増感効果のみである。
- (d) 金属箔増感紙の増感効果は、コンプトン効果によっておこる。

**正答 [ A ] (d)**

(a) は一見正しいように思われる。軟 X 線装置では 80 kV 以下の撮影において一般の X 線装置と差異が現れ、その場合には鉛箔増感紙を使用しないで撮影を行う。しかし、軟 X 線装置は 80 kV 以下に限られているのではなく、100 kV、又はそれ以上の装置も存在するので、錯覚をしてはいけない。(b) は前面と後面の鉛箔の厚さについて述べているが、一般的には前面、後面共に同じ厚さの場合が多く、あえて変える場合は前面より後面を厚くするので、完全に間違っている。(c) は前面の増感紙も後面の増感紙もいずれもが、増感効果及び散乱線低減効果を果たしているので間違いである。(d) の金属箔増感紙の増感効果は、鉛などの金属箔から発生するコンプトン効果による反跳電子によっておこるので正しい。

**問 2 次の文中の [ B ] 及び [ C ] に入れる適切な数値を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。**

輝度が 8000 cd/m<sup>2</sup> の観察器を使い、濃度 2.00 の透過写真を観察する場合、透過写真を透過した光 (透過光) の輝度  $L$  は [ B ] cd/m<sup>2</sup> となる。

透過光以外の光が透過光の 1.2 倍あったと仮定すれば、見掛けの透過写真のコントラスト  $\Delta D'$  は透過光以外の光がないときの [ C ] % になる。

[解答群]

- [ B ] (a) 80 (b) 800 (c) 80000 (d) 800000  
 [ C ] (a) 23 (b) 32 (c) 45 (d) 65

**正答 [ B ] (a), [ C ] (c)**

透過写真の濃度  $D$  は、入射光の輝度が  $L_0$ 、透過光の輝度が  $L$  とすれば、 $D = \text{Log}_{10} (L_0/L)$  の関係から、濃度が 2.00 では透過光の輝度は入射光の輝度の 1/100 であるから、 $8000/100 = 80$  となる。

また、透過写真の観察における見掛けの透過写真のコントラスト  $\Delta D'$  は、 $\Delta D' = \Delta D / (1+n')$  ここで、 $n'$  は透過光以外の光が透過光の何倍かを示す値である。したがって、

$$\Delta D' / \Delta D = 1 / (1+n')$$

$n'$  が 1.2 であるから  
 $1/2.2 = 0.45$  から 45% が得られる。

**問 3 次の文中の [ D ] に入れる最も適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。**

母材の厚さ 20.0mm、余盛の高さ 4.0mm の鋼板の突合せ溶接継手を撮影した。母材部及び余盛部では、X 線フィルムの感度係数を考慮した散乱比がそれぞれ 2.5 及び 3.5 であり、試験部を透過する厚さが異なっても線質の変化がなく、使用した X 線に対する試験体の半価層が 2.0mm であるとすれば、母材部において X 線フィルムに到達する線量 (透過線量と散乱線量の合計) は、余盛部において X 線フィルムに到達する線量の [ D ] 倍であるか。

- (a) 2.5 (b) 3.1 (c) 4.3 (d) 5.6

**正答 [ D ] (b)**

母材部と余盛部の透過線量をそれぞれ  $I_1$  及び  $I_2$  とすると、余盛の高さが 4.0mm、半価層の値が 2.0mm から、 $I_1 = 4I_2$  である。また、母材部及び余盛部を透過して X

線フィルムに到達する線量をそれぞれ  $E_1$  及び  $E_2$  とすると、それぞれの部分における散乱比が、2.5 及び 3.5 から

$$E_1 = I_1(1+2.5) = 4I_1 \times 3.5 = 14I_1$$

$$E_2 = I_2(1+3.5) = 4.5I_2$$

となる。したがって、

$$E_1 / E_2 = 14I_1 / 4.5I_2 = 3.1$$

となり (b) が正答となる。

問4 次の文中の [ E ] に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

外径 400mm、肉厚 8.5mm、余盛は片面だけにあつてその高さが最高 4.0mm の鋼管の円周溶接部の撮影を、内部フィルム撮影方法によって行う場合、試験部の線源側表面とフィルム間の距離  $L_2$  は 15.0mm であった。実効焦点寸法  $f$  が 3.0mm の装置を使用して、JIS Z 3104:1995 の P1 級の規定を満足する撮影を行うためには、線源とフィルム間の距離を少なくとも [ E ] mm 以上にしなければならない。

なお、この場合の識別されなければならない線径は 0.32mm である。

- (a) 125      (b) 141      (c) 225      (d) 450

正答 [ E ] (b)

JIS Z 3104:1995 の附属書 2 に規定されている内部フィルム撮影方法についての問題である。鋼管の円周溶接継手の撮影方法には、内部線源撮影方法、内部フィルム撮影方法、二重壁片面撮影方法、二重壁両面撮影方法の 4 方法があり、それぞれの方法における規定をしっかりと記憶しておく必要がある。内部フィルム撮影方法では、線源とフィルム間距離 ( $L_1 + L_2$ ) は試験部の線源側表面とフィルム間距離  $L_2$  の  $m$  倍以上とすると規定され、 $m$  の値は  $f/d$  で与えられる。 $f$  は焦点寸法(mm)、 $d$  は像質の種類に対応して規定されている透過度計の識別最小線径(mm)である。この問題では 0.32mm と与えられている。求める ( $L_1 + L_2$ ) の値は、  
 $L_2 \times f/d = 15.0 \times 3.0 / 0.32 = 140.6$  となる。

問5 次の文中の [ F ] に適する数値を一つ選び、記号で答えよ。

母材の厚さが 28.0mm で両面に余盛のある突合せ溶接

継手を撮影する際、試験部の線源側表面とフィルム間の距離  $L_2$  は 34mm であった。透過写真の像質としては、JIS Z 3104:1995 に規定する A 級が要求されており、また、試験部の有効長さ  $L_3$  は 200mm にする必要がある。このとき、線源とフィルム間の距離は [ F ] mm 以上にしなければならない。ただし、使用した X 線装置の焦点寸法  $f$  は 2.0mm である。解答にあたって必要とする場合、JIS Z 3104:1995 の附属書 1 表 2～表 4 を用いよ。

- (a) 434      (b) 544      (c) 600      (d) 634

正答 [ F ] (a)

JIS Z 3104:1995 の附属書 1 の鋼板の突合せ溶接継手の撮影における撮影配置についての基本的な問題であるが、受験者の解答が何故か (a) から (d) のすべてにわたっていたので、取り上げることにした。

平板の溶接継手の撮影配置については、二つの条件が規定されている。すなわち、線源とフィルム間の距離 ( $L_1 + L_2$ ) は、試験部の線源側表面とフィルム間の距離  $L_2$  の  $m$  倍以上とする。 $m$  の値は像質の種類によって附属書 1 表 2 とする。線源と試験部の線源側表面間の距離  $L_1$  は、試験部の有効長さ  $L_3$  の  $n$  倍以上とする。 $n$  の値は像質の種類によって附属書 1 表 3 とする。

問題にも記載されているように、附属書 1 表 2 及び表 3 は試験問題の巻末についているが、RT レベル 2 の受験者であれば、巻末を見るまでもない筈である。最初の条件である  $m$  の値については、像質 A 級については  $2f/d$  又は 6 のいずれか大きい方の値と規定されているが、 $d$  の値は附属書 1 表 4 から 0.50mm が得られるので、 $m$  の値は  $2 \times 2.0 / 0.50 = 8$  と 6 の大きい方の値から 8 となる。したがって、 $L_2$  の 8 倍は  $34 \times 8 = 272\text{mm}$  以上が得られる。しかし、もう一つの条件から  $L_1$  は  $L_3$  の 2 倍以上が必要であるから、 $L_1$  は  $L_2$  の 200mm の 2 倍の 400mm 以上となる。この値は 272mm より大きいから、この  $L_1$  の値と  $L_2$  の値 34mm の合計の 434mm が求める値となる。

今回は 5 問を取り上げたが、比較的基本的な問題にも拘らず、正答以外の解答にマークが付けられていたので、もう一度基本をしっかりと勉強して欲しいと考えたからである。なお、冒頭に挙げた掲載記事についても眼を通していただきたい。

UT レベル 2 一般試験のポイント

UT レベル 2 の一般試験問題は、過去に機関誌 Vol.53 No.10(2004), Vol.54 No.11(2005), Vol.57 No.5(2008)及び Vol.60 No.3(2011)で紹介した経緯がある。今回解説の問題と共に過去の記事も参考にして戴きたい。

問 1 次の文は、垂直探触子による超音波ビームの特性について述べたものである。[ 1 ]～[ 4 ]に適するものを解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

垂直探触子 5Z10N 及び 2Z25N の二つの探触子を、鋼試験体に適用した場合で比較すると、次のことが言える。

- (1) 垂直探触子 5Z10N の指向角  $\phi_0$  は、約[ 1 ]度であり、2Z25N の指向角  $\phi_0$  と比べて[ 2 ]。
- (2) 垂直探触子 5Z10N の近距離音場限界距離  $X_0$  は、約[ 3 ]mm であり、2Z25N の  $X_0$  と比べて[ 4 ]。

解答群

- [ 1 ] (a) 6.65 (b) 8.26 (c) 11.8 (d) 12.9
- [ 2 ] (a) 大きい (b) 小さい  
(c) 違いがない (d) 2倍以上大きい
- [ 3 ] (a) 1.84 (b) 10.6 (c) 21.2 (d) 24.9
- [ 4 ] (a) 長い (b) 短い  
(c) 違いがない (d) 2倍以上長い

正答 [ 1 ] (b) [ 2 ] (c) [ 3 ] (c) [ 4 ] (b)

これは超音波探傷における基本的な問題である。超音波垂直探触子の指向角  $\phi_0$  (度) は(1)式で表される。

$$\phi_0 \approx 70 \times (\lambda / D) = 70 \times (C / (D \times f)) \dots (1)$$

ここで  $\lambda$ : 波長(mm),  $D$ : 振動子の直径(mm),  
 $C$ : 音速(mm),  $f$ : 周波数(Hz)

5Z10N の探触子の周波数は 5MHz=  $5 \times 10^6$ Hz, 鋼中の縦波音速は 5,900m/s =  $5,900 \times 10^3$ mm/s, 振動子の直径は 10mm であるから、(1)式を用いて指向角を求めると 8.26 度となる。また、2Z25N の指向角を同様にして求めると 8.26 度となり 5Z10N の探触子の指向角と同じになる。また、垂直探触子の近距離音場限界距離  $X_0$  は(2)式で表される。

$$X_0 = D^2 / (4 \times \lambda) = D^2 \times f / (4 \times C) \dots (2)$$

設問の条件を(2)式に代入することにより近距離音場限界距離が求められ、5Z10N の場合は、21.2mm, 2Z25N の場合は、53.0mm となる。したがって、5Z10N の近距離音場限界距離の方が短い。

問 2 次の文は、音圧反射率について述べたものである。文中の[ 5 ]に適する数値を一つ選び、記号で答えよ。ただし、答は小数点以下第一位を四捨五入せよ。

局部水浸法で厚さ 25mm のアルミニウム合金を垂直探傷し、表面エコー高さを 80% に調整したときの第 1 回底面エコー高さは[ 5 ]% となる。ただし、材料中の減衰及び音場の拡散は考慮に入れないものとする。また、アルミニウム合金の密度は 2.8g/cm<sup>3</sup>, 縦波音速は 6320m/s, 水の密度は 1.0g/cm<sup>3</sup>, 音速は 1480m/s とする。

- [ 5 ] (a) 27 (b) 29 (c) 34 (d) 37

正答 (a)

境界面での超音波の反射と通過については、参考書『超音波探傷試験Ⅱ』2章 2.3 項に記載されている。表面エコー高さは表面における音圧反射率  $r$  に比例し、 $r$  は(3)式で表される。

$$r = (Z_2 - Z_1) / (Z_1 + Z_2) \dots (3)$$

また、アルミニウム合金の底面で反射して戻ってきた底面エコー高さは、水-アルミニウム境界面の往復通過率  $T$  に比例し、 $T$  は(4)式で表される。

$$T = (4 \times Z_1 \times Z_2) / (Z_1 + Z_2)^2 \dots (4)$$

ここで、 $Z$  は音響インピーダンスで、

$$Z = \rho \times C \quad (\rho: \text{密度}, C: \text{音速}) \dots (5)$$

添字の 1,2 はそれぞれ水とアルミニウムを表し、音響インピーダンスを求めると、 $Z_1 = 1480 \times 10^3 \text{kg/m}^2\text{s}$ ,  $Z_2 = 17696 \times 10^3 \text{kg/m}^2\text{s}$  となり、(3)式及び(4)式を用いて計算すると、 $r = 0.846$ ,  $T = 0.285$  となる。これは送信パルスを 1 とした場合の音圧であるから表面エコー高さ  $h_S$  を 80% にした場合の底面エコー高さ  $h_B$  は

$$h_B = h_S \times (T / r) = 80 \times (0.285 / 0.846) = 26.95 \rightarrow 27\%$$

となる。

問 3 次の文は、斜角探触子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) 斜角探触子の屈折角は、くさびの温度が変化しても変化しない。
- (b) 斜角探触子の接触面が摩耗すると、接近限界長さが変化することがある。
- (c) 一般に使用されている斜角探触子は、振動子から横波が発生している。
- (d) 斜角探触子の使用中における入射点のずれは、探触子ケーブルの接続が不完全な場合に発生する。

**正答 (b)**

一般的な斜角探触子は、アクリルなどのくさびに振動子を貼り、振動子により発生した縦波がくさびを通じ、接触媒質を介して鋼材などの試験体に入射する際、音速の違いにより横波だけが屈折通過するように設計されている。鋼材の探傷の場合は、横波屈折角が70度、あるいは65度などの角度になるよう製作されている。この屈折角はスネルの法則により(6)式で表される。

$$\sin\alpha / \text{くさび中の音速} = \sin\theta / \text{鋼中の音速} \cdot \cdot (6)$$

$\alpha$ : 入射角,  $\theta$ : 屈折角

探触子のくさびの温度が変化すると弾性係数が変わるため音速が変化する。くさび中の音速が変化すると(6)式により屈折角も変化する。くさびの温度が高くなると音速は遅くなり、鋼中の音速が変わらなければ鋼材中への屈折角は大きくなる。

斜角探触子の接触面はアクリルなどのくさびが付いており、探触子の筐体から2mm程度の厚さがある。このくさびが摩耗した場合、わずかではあるが入射点は変化する。接近限界長さは入射点位置から探触子先端までの寸法であるから入射点位置が変化することにより同様に変化する。

探触子ケーブルの接続の不完全さと入射点のずれとは関連はない。

**問4 次の文は、対比試験片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) RB-E は、二振動子垂直探触子の性能と探傷感度の調整に使用する。
- (b) RB-41 は、斜角探傷及び垂直探傷の距離振幅特性曲線の作成及び探傷感度の調整に使用する。
- (c) RB-A6 は、曲率半径が50mm以上250mm未満の円周継手溶接部の探傷に使用する。
- (d) ARB は、一振動子垂直探触子の性能と探傷感度の調整に使用する。

**正答 (d)**

RB-Eは、JIS G 0801「圧力容器用鋼板の超音波探傷検査方法」で規定された二振動子垂直探触子の性能測定及び探傷感度の調整に用いる試験片である。RB-41は、JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」で規定された対比試験片で、斜角探傷及び垂直探傷におけるエコー高さ区分線の作成及び探傷感度の調整に用いる。RB-A6は、JIS Z 3060 附属書3「円周継手溶接部の探傷方法」で規定

されたもので曲率半径が250mm未満の試験体の探傷におけるエコー高さ区分線の作成及び感度調整に用いる。ARBは、日本建築学会の規準「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」に規定されたもので斜角探傷、垂直探傷におけるエコー高さ区分線の作成及び感度調整に用いる。

**問5 次の文は、二振動子垂直探触子による垂直探傷試験について述べたものである。文中の[6]~[9]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。**

二振動子垂直探触子による探傷試験では、[6]にあるきずからのエコー高さが最大になり、それよりきずの位置が近くても遠くても、きずエコー高さは[7]する。また、[8]エコー高さは、一振動子垂直探触子による垂直探傷と異なり、きずエコー高さを評価するときの[9]として使えないことに注意する必要がある。

**解答群**

- [6] (a) 探触子直下 (b) 交軸点  
(c) 近距離音場内 (d) ビーム中心軸上
- [7] (a) 低下 (b) 増加  
(c) 上下 (d) 一定化
- [8] (a) きず (b) 底面  
(c)  $F_1/B_1$  (d) 表面
- [9] (a) 比較値 (b) 平均値  
(c) 基準 (d) 目標値

**正答 [6] (b) [7] (a) [8] (b) [9] (c)**

二振動子垂直探触子は、鋼板の表面近傍の不感帯を小さくする目的で二振動子とし、一方の振動子から超音波を発信し、他方の振動子でエコーを受信するように設計されており、『超音波探傷試験Ⅱ』P39 図3.27に示す形状となっている。このため、一振動子垂直探触子と異なり、交軸点部分で最もエコー高さが高くなる距離振幅特性を有するため底面エコー高さを感度調整の基準とすることができない。

以上 UT レベル2の一般問題について解説を行った。UT レベル2の試験問題は、『超音波探傷試験Ⅰ, Ⅱ』から幅広く出題されているので『超音波探傷試験問題集』のみならず知識の習得に努めて戴きたい。