

R T レベル 2 一般・専門試験のポイント

近年出題された一般試験と専門試験のうち、正答率の低かった問題の類題により試験のポイントを解説する。

なお、過去にも同様のポイントを解説した NDT フラッシュが日本非破壊検査協会のホームページで公開されているので参考にしてほしい。

一般試験の類題

問 1 次の文は、X 線フィルムの代わりにイメージングプレート (IP) を検出器として使い、X 線画像情報をデジタル処理により目的の画像に再構成して表示し、大幅な小型化と処理能力の向上が図られているコンピュータドラジオグラフィ (CR) システム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) 工業用としては、1980 年代の後半に発売され、現在に至っている。
- (b) 工業用としては、1990 年代の後半に発売され、現在に至っている。
- (c) 工業用としては、2000 年代の前半に発売され、現在に至っている。
- (d) 工業用としては、2000 年代の後半に発売され、現在に至っている。

正答 (a)

IP を使用した CR システムは、1981 年に富士フィルム株式会社によって世界に先駆けて医療用として FCR (FUJIFILM Computed Radiography) の名称で開発された。当時、医療用レントゲンフィルムに代わる画期的なデジタル手法として国内外で大きな反響があった。

工業用としては、1989 年に発売され、高電圧電力用地下ケーブルのジョイント部検査への適用から始まり、原子力発電所、化学コンビナートの配管検査等で実績を重ね、現在は航空機部品、自動車部品及び建設機械部品等の検査でも利用されている。したがって、正答は (a) である。

問 2 蛍光増感紙と組み合わせて、極厚肉鋼溶接部、極厚肉鋳鋼品及びコンクリート等の検査に使用する X 線フィルムで最も適するものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) IX80 (b) IX100 (c) IX150 (d) IX300

正答 (d)

IX80 は、超微粒子、低感度に設計されたフィルムで、微細なきずの検出に適している。一般には増感紙なし又は鉛箔増感紙と組み合わせて撮影し、アルミニウム合金溶接部等の検査に使用する。

IX100 は、微粒子、中感度に設計された標準タイプのフィルムで、広範囲に利用できる。一般には鉛箔増感紙と組み合わせて撮影し、鋼溶接部等の検査に使用する。

IX150 は、粗粒子、高感度に設計されたフィルムで、特に厚物の撮影に使用される。一般には鉛箔増感紙と組み合わせて撮影し、厚肉鋼溶接部等の検査に使用する。

IX300 は、粗粒子、超高感度に設計されたフィルムで、使用する線源の種類に制限がある場合や、極厚肉物の検査等の露出時間を長く必要とする検査において効果がある。一般には蛍光増感紙と組み合わせて撮影し、極厚肉鋼溶接部、極厚肉鋳鋼品及びコンクリート等の検査に使用する。したがって、正答は (d) である。

問 3 JIS Z 2305 : 2013 「非破壊試験技術者の資格及び認証」における、規格、コード等に従って製品の NDT を実施する際に適用すべき全ての必須の要素及び注意事項について記載した文書として、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 仕様書 (b) NDT 要領書
- (c) NDT 手順書 (d) NDT 指示書

正答 (c)

JIS Z 2305 : 2013 では、表 1 のように定義されており、正答は (c) である。なお、NDT 要領書という用語は JIS Z 2305 : 2013 では用いられていない。

表 1 JIS Z 2305 : 2013 での用語と定義

用語	定義
仕様書	要求事項を記載した文書
NDT 手順書	規格、コード又は仕様書に従って製品の NDT を実施する際に適用すべき全ての必須の要素及び注意事項について記載した文書
NDT 指示書	確立された規格、コード、仕様書又は NDT 手順書に基づいて、NDT を実施する際に従わなければならない正確な手順を記載した文書

専門試験の類題

問4 次の文は、JIS Z 3104 : 1995「鋼溶接継手の放射線透過試験方法」の附属書1「鋼板の突合せ溶接継手の撮影方法及び透過写真の必要条件」に従って、鋼板の突合せ溶接継手の放射線透過試験を行う場合の階調計の配置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級の像質の場合、試験部の線源側に置くことが原則である。
- (b) B級の像質の場合、試験部のフィルム側に置くことが原則である。
- (c) P1級の像質の場合、試験部の線源側に置くことが原則である。
- (d) P2級の像質の場合、試験部のフィルム側に置くことが原則である。

正答 (b)

JIS Z 3104 : 1995の附属書1では、A級とB級の像質について規定しており、P1級及びP2級については規定していない。附属書1でのA級及びB級の像質において、母材の厚さ50mm以下の溶接継手に対して、試験部の有効長さの中央付近からあまり離れない母材部のフィルム側に階調計を配置することを原則としている。したがって、正答は(b)である。

問5 次の文は、JIS Z 3104 : 1995「鋼溶接継手の放射線透過試験方法」の附属書2「鋼管の円周溶接継手の撮影方法及び透過写真の必要条件」に従って、管の円周溶接継手の放射線透過試験を行う場合の試験部の有効長さを示す記号の配置について注意する点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。なお、 L_1+L_2 は線源とフィルム間の距離、 r は管の半径とする。

- (a) 内部線源撮影方法(分割撮影, $L_1+L_2 > r$)と内部フィルム撮影方法では、管の内側に置く。
- (b) 内部フィルム撮影方法と二重壁片面撮影方法では、管の外側に置く。
- (c) 二重壁片面撮影方法と二重壁両面撮影方法では、管の内側に置く。
- (d) ダブルフィルム撮影方法と内部線源撮影方法(分割撮影, $L_1+L_2 > r$)では、管の内側に置く。

正答 (b)

撮影方法と試験部の有効長さを示す記号の配置の原則がJIS Z 3104:1995の附属書2に定められている。なお、ダブルフィルム撮影方法は、カセットにフィルムを2枚挿入し、同じものを2枚撮影する方法であるため、試験部の有効長さを示す記号の配置とは関係しない。ダブルフィルム撮影方法以外の撮影方法と試験部の有効長さを示す記号の配置の原則をまとめて表2に示す。したがって、正答は(b)である。

表2 撮影方法と有効長さを示す記号の配置の原則

撮影方法	配置の原則
内部線源撮影方法(分割撮影, $L_1+L_2 > r$)	管の外側
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	

問6 次の文は、放射線透過試験に関係する日本産業規格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) JIS Z 3104 : 1995では、鋳鋼品の撮影方法が規定されている。
- (b) JIS G 0581 : 1999では、鋼溶接継手の撮影方法が規定されている。
- (c) JIS Z 2305 : 2013では、工業用X線装置が規定されている。
- (d) JIS Z 4560 : 2018では、工業用γ線装置が規定されている。

正答 (d)

JIS Z 3104 : 1995「鋼溶接継手の放射線透過試験方法」は、鋼溶接継手の撮影方法、透過写真の必要条件及びききずの分類方法が規定されている。

JIS G 0581 : 1999「鋳鋼品の放射線透過試験方法」は、鋳鋼品の撮影方法、透過写真の必要条件及びききずの分類方法が規定されている。

JIS Z 2305 : 2013「非破壊試験技術者の資格及び認証」は、非破壊試験技術者の資格と認証が規定されている。

JIS Z 4560 : 2018「工業用γ線装置」は、γ線透過試験に用いる工業用γ線装置の性能、設計及び試験方法が規定されている。

したがって、正答は(d)である。

UT レベル 3 パート D 試験のポイント

UT レベル 3 の主要方法試験のうちのパート D の問題の紹介については 2015 年 1 月以来しばらく行われていなかった。ここでは最近のパート D の問題のうち、正答率が低い問題の類題について試験のポイント解説を行う。

問 1 次の式は、固体中の縦波の音速を求める計算式を示したものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、式中の記号は下記のとおりである。

C: 音速 E: 縦弾性係数 ν : ポアソン比
 ρ : 密度

- (a) $C = \sqrt{\frac{\rho}{E} \times \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}}$
- (b) $C = \sqrt{\frac{E}{\rho} \times \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)}}$
- (c) $C = \sqrt{\frac{E}{\rho} \times \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}}$
- (d) $C = \sqrt{\frac{\rho}{E} \times \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)}}$

正答 (c)

超音波が媒質中を伝搬する速度は弾性係数と密度によって決まり、縦波が固体中を伝搬する場合、縦弾性係数と密度及びポアソン比から、(c)に示す式で求められる。

問 2 次の文は、超音波に関する用語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) ガイド波は、細長い材料中を長手方向に伝搬する超音波で、表面波、板波もガイド波に含まれる。
- (b) SH 波は、表面波の一種で試験体の表面を伝搬する。
- (c) SV 波は、進行方向に対して水平方向に振動する横波である。
- (d) 表面波は、試験体の表面に沿って伝搬する横波である。

正答 (a)

ガイド波は、細長い又は薄い板状の材料を長手方向に伝搬する超音波と定義されており、広くは板を伝搬する板波や材料表面を伝搬する表面波も含まれる。SH 波、SV 波はともに横波で、SH 波は進行方向に対して水平方向に振動し、SV 波は表面に垂直な断面内で進行方向に対して垂直方向に振動する。一般の斜角探傷には SV 波が

利用されている。表面波は試験体の表面に沿って伝搬する波であるが横波ではない。

問 3 次の文は、端部エコー法による探傷感度の調整及びきずの寸法測定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) 端部エコー法とは、きずの長さの測定法である。
- (b) 端部エコー法は、融合不良や溶込み不良などの面状の内部きずの形状を推定する方法である。
- (c) 端部エコー法によってきずの高さを測定する場合、通常の探触子でも高い周波数を用いれば、集束探触子と同等の測定精度が得られる。
- (d) 端部エコー高さは、きずの先端の形状や寸法に依存して変化する。

正答 (d)

端部エコー法は、きずの端部から生ずる微小な回折波を捕らえて上端部及び下端部の位置を推定し、きずの高さ方向の寸法を測定する方法である。溶込み不良などの面状のきずの高さ方向の寸法は推定することがある程度できるが、形状を推定することはできない。端部エコーはきず端部からの微小な回折波を捕らえるため、きずの端部の鋭さや形状に依存してエコー高さが変化する。このため一般に用いられる斜角探触子よりエネルギー密度の高い集束斜角探触子を用いて測定する方が測定精度は高い。

問 4 次の文は、横波垂直探触子について、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) 横波垂直探触子は、くさびを使用して縦波を横波に変換している。
- (b) 横波垂直探触子には、横波を発生する振動子が組み込まれている。
- (c) 横波垂直探触子は、75%以上のグリセリン水溶液を接触媒質として探傷を行う。
- (d) 横波垂直探触子は、周波数と振動子直径が同じであれば、近距離音場限界距離は縦波垂直探触子と同じである。

正答 (b)

横波垂直探触子は、せん断方向にすべり振動を起こす振動子が探触子内に組み込まれており、水平方向に振動することで横波を発生する。横波は水やグリセリンなど

の液体には伝達しないため、接触媒質として粘度の高い専用の接触媒質を用いる。近距離音場限界距離は、振動子の直径の2乗に比例し、波長に反比例するので縦波探触子の近距離音場限界距離とは異なる。

問5 次の文中の [A] に適する数値を一つ選び、記号で答えよ。ただし、図1に示すDGS線図を用いて求めるものとし、探傷面での反射損失及び底面での反射損失は、無視できるものとする。

垂直探触子 5Z20N (試験周波数 5.0 MHz) を用い、両面平行な厚さ 250 mm の鍛鋼品 (縦波音速 5900 m/s) を探傷したところ、探傷面から深さ 120 mm の位置にきざエコーを検出した。底面エコー高さ及びきざエコー高さを 80 % の高さになるように調整したときのゲイン調整器の値は次のとおりであった。

健全部の B_1 : 26.0 dB, 健全部の B_2 : 41.5 dB,
 F : 34.0 dB

検出したきざを円形平面きざと仮定すると、DGS線図により求められるきざの直径は [A] mm となる。

- (a) 3.2 (b) 3.8 (c) 5.4 (d) 8.2

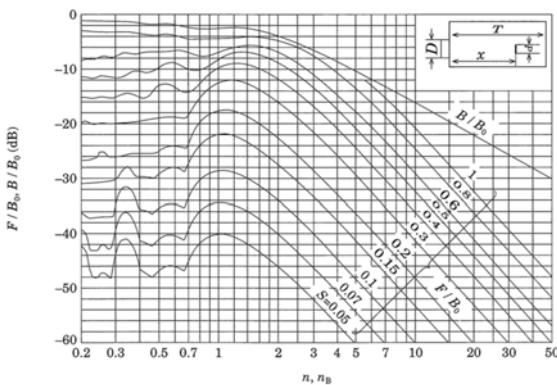


図1 DGS線図

正答 (b)

この問題は、ビーム路程を近距離音場限界距離で除した規準化距離に置き換える必要がある。また、健全部の B_1 , B_2 , エコー高さと DGS 線図の B/B_0 との比較で減衰を考慮する必要がある。これらのことを考慮して、きざの大きさを推定すると以下ようになる。

①波長 $\lambda = \frac{C}{f} = \frac{5900 \times 10^3}{5 \times 10^6} = 1.18 \text{ mm}$

②近距離音場限界距離 $x_0 = \frac{D^2}{4\lambda} = \frac{20^2}{4 \times 1.18} = 84.75 \text{ mm}$

③底面までの規準化距離 $n_{B1} = \frac{T}{x_0} = \frac{250}{84.75} = 2.95$

$n_{B2} = \frac{2T}{x_0} = \frac{500}{84.75} = 5.90$

④きざまでの規準化距離 $n_F = \frac{x}{x_0} = \frac{120}{84.75} = 1.42$

⑤音場の拡散だけを考えたときの B_1/B_2 の理論値は、DGS 線図の B/B_0 線上で $n_{B1}=2.95$ と $n_{B2}=5.90$ の2点間の dB 差より、 $(-6.2)-(-11.8)=5.6 \text{ dB}$ と読み取ることができる。

⑥題意から $(B_1/B_2) = (-26)-(-41.5) = 15.5 \text{ dB}$

⑦減衰係数 α は、探傷面及び反射面での反射損失が無視できるので、

$$\alpha = \frac{(B_1/B_2) - 5.6}{2 \times 250} = \frac{15.5 - 5.6}{500} = 0.02 \text{ dB/mm}$$

⑧減衰補正した $[F/B_G]$ は次式で表される。

$$\begin{aligned} [F/B_G] &= (F/B_G) - 2\alpha(T-x) \\ &= -(34 - 26) - 2 \times 0.02(250 - 120) \\ &= -13.2 \text{ dB} \end{aligned}$$

⑨以上の結果から DGS 線上できざの S 値を求めると、

$[F/B_0] = [F/B_G] + [B_G/B_0] = -13.2 + (-6.2) = -19.4$

$n_F = 1.42$ と $[F/B_0] = -19.4 \text{ dB}$ を DGS 線図から読み取り $S = 0.19$ と読む。

⑩きざの直径は、

$d = \text{振動子径} \times S = 20 \times 0.19 = 3.8 \text{ mm}$

問6 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) 広帯域探触子の方が、超音波パルスの持続時間が長くなる。
- (b) 広帯域探触子の方が、遠距離分解能が向上する。
- (c) 広帯域探触子の方が、方位分解能が向上する。
- (d) 広帯域探触子の方が、林状エコーが発生しやすい。

正答 (b)

広帯域探触子は、超音波の波数をできるだけ少なくして分解能を向上させた探触子で、波数が少ないことからパルスの持続時間は短く、周波数帯域は狭帯域に比べて広くなる。波数が少なく、干渉が小さくなり、また低周波成分が残るため林状エコーは少ない。