

RTレベル3 パートD・E試験のポイント

近年出題されたパートD・E試験問題のうち、正答率の低かった問題の類題により各パート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。

パートDの類題

問1 次の文は、照射線量の単位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) 照射線量の単位は、電子・ボルト (eV) で表わされる。
- (b) 照射線量の単位は、クーロン毎キログラム (C/kg) で表わされる。
- (c) 照射線量の単位は、物質1kg当たり1ジュール(J)のエネルギーを吸収したとき、1グレイ (Gy) で表わされる。
- (d) 照射線量の単位は、生体に与える影響を考慮し、シーベルト (Sv) で表わされる。

正答 (b)

放射線に関する主な単位を表1にまとめて説明する。

表1 放射線に関する主な単位

用語	単位	説明
放射能	ベクレル (Bq)	放射性物質が1秒間あたりに壊変する原子の個数
照射線量	クーロン毎キログラム (C/kg)	1 C/kg は、1 kg の空气中に放射線を照射したとき、電離作用で1 C の電荷を生じる線量
吸収線量	グレイ (Gy)	1 Gy は、物質1 kg あたり1 Jのエネルギーを吸収したときの吸収量
線量当量	シーベルト (Sv)	生体に与える影響(生物学的効果比率)を考慮した吸収線量
エネルギー	電子・ボルト (eV)	電荷(e)をもつ粒子を1Vの電圧で加速したとき、粒子の得る運動エネルギー

したがって、正答は (b) である。

問2 露出時間のみを変化させて撮影した濃度1.80と濃度2.40の2枚の透過写真を同一の観察条件で観察した。このとき、いずれの観察においても透過光以外の光の強さは濃度1.80の透過写真を透過した光の強さの半分であった。濃度Dとフィルムコントラスト γ とは、濃度0.50~3.50の範囲で正比例の関係にあるものとすれば、濃度1.80における透過度計の線に対する透過写真の見掛けのコントラストは、濃度2.40において同一直径の線に対する透過写真の見掛けのコントラストの [] 倍である。空欄に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 1.5 (b) 2.2 (c) 3.7 (d) 4.3

正答 (a)

透過度計の線に対する透過写真の見掛けのコントラスト ΔD_a は式(1)で表される。

$$\Delta D_a = \frac{\Delta D}{1 + \frac{L_s}{L}} \tag{1}$$

ここで、 ΔD : 透過写真のコントラスト

L_s : 透過光以外の光の強さ

L : 透過光の強さ

また、 ΔD は γ と正比例の関係にあり、かつ、題意より γ は D と正比例の関係にあることから、 $\Delta D = CD$ で表される。このCは比例定数である。これを式(1)に代入すると式(2)となる。

$$\Delta D_a = \frac{CD}{1 + \frac{L_s}{L}} \tag{2}$$

式(2)から、濃度1.80及び濃度2.40の透過写真を観察する際、同一直径の線に対する透過写真の見掛けのコントラストである $\Delta D_{a1.80}$ 及び $\Delta D_{a2.40}$ は式(3)及び式(4)で表される。

$$\Delta D_{a1.80} = \frac{C \times 1.80}{1 + \frac{L_s}{L_{1.80}}} \tag{3}$$

$$\Delta D_{a2.40} = \frac{C \times 2.40}{1 + \frac{L_s}{L_{2.40}}} \tag{4}$$

ここで、 $L_{1.80}$: 濃度1.80の透過写真を透過した光の強さ

$L_{2.40}$: 濃度2.40の透過写真を透過した光の強さ

したがって、 $\Delta D_{a1.80} / \Delta D_{a2.40}$ は、式(5)となる。

$$\frac{\Delta D_{a1.80}}{\Delta D_{a2.40}} = \frac{1.80}{2.40} \times \frac{1 + \frac{L_s}{L_{2.40}}}{1 + \frac{L_s}{L_{1.80}}} \tag{5}$$

題意より、 L_s は $L_{1.80}$ の1/2であるから、式(5)は式(6)で表わせる。

$$\frac{\Delta D_{a1.80}}{\Delta D_{a2.40}} = \frac{1.80}{2.40} \times \frac{1 + \frac{L_{1.80}}{2L_{2.40}}}{1.5} = 0.5 \times \left(1 + \frac{L_{1.80}}{2L_{2.40}}\right) \quad (6)$$

一方、 D は式(7)で定義される。

$$D = \log_{10} \frac{L_0}{L} \quad (7)$$

ここで、 L_0 : 入射光の強さ

L : 透過光の強さ

濃度 1.80 及び濃度 2.40 の透過写真では、式(8)及び式(9)となる。

$$1.80 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{1.80}} \quad (8)$$

$$2.40 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{2.40}} \quad (9)$$

式(9)から式(8)を減ずれば式(10)となる。

$$0.60 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{2.40}} - \log_{10} \frac{L_0}{L_{1.80}} = \log_{10} \frac{\frac{L_0}{L_{2.40}}}{\frac{L_0}{L_{1.80}}} = \log_{10} \frac{L_{1.80}}{L_{2.40}} \quad (10)$$

式(10)から $L_{1.80}/L_{2.40}$ は $10^{0.60}$ と求まる。これを、式(6)に入れて計算すると、 $\Delta D_{a1.80}/\Delta D_{a2.40}$ は 1.495 となることから、正答は (a) である。

問3 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) タンタル (Ta) は、金属増感紙の材料として使われる。
- (b) アルミニウム (Al) は、金属増感紙の材料として使われる。
- (c) 鉛 (Pb) は、蛍光増感紙の材料として使われる。
- (d) 銅 (Cu) は、蛍光増感紙の材料として使われる。

正答 (a)

増感紙は、金属増感紙、蛍光増感紙及び金属蛍光増感紙に大別される。各増感紙の構造と特徴を次に示す。

① 金属増感紙の構造と特徴

台紙に金属箔を貼付したもので、放射線によって金属箔から発生する二次電子による増感効果を利用したものである。増感紙用の金属として原子番号の高い鉛 (Pb) が適しているが、国際規格では、銅、銅 (Cu)、タンタル (Ta) も規定されている。何れも金属箔による散乱線低減効果もある。

② 蛍光増感紙の構造と特徴

台紙にタングステン酸カルシウム (CaWO₄) 等の蛍光物質を塗布したもので、放射線によって蛍光物質から発生する蛍光による増感効果を利用したもの

である。散乱線低減効果はないが、増感効果は一番大きい。

③ 金属蛍光増感紙の構造と特徴

上述の金属箔の表面に蛍光物質を塗布したもので、蛍光物質による蛍光作用により、上述①の数十から数百倍の増感効果がある。同時に、金属箔による散乱線低減効果を併せもつ。

したがって、正答は (a) である。

パートEの類題

問4 溶接線の長さ 3210 mm、母材の厚さ 14.0 mm、両面に余盛がある平板突合せ溶接継手の放射線透過試験を実施することになった。作業現場の状況から、焦点とフィルム間の距離 ($L_1 + L_2$) を 465 mm 以下にする必要がある。透過写真の像質として JIS Z 3104:1995「鋼溶接継手の放射線透過試験方法」の A 級が要求されている場合、少なくとも [] 枚以上の撮影を必要とする。ただし、使用する X 線装置の焦点寸法は 2.0 mm であり、試験部の線源側表面とフィルム間の距離 (L_2) は 17.0 mm に設定できる。空欄に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。なお、必要とする場合は、JIS Z 3104:1995 を用いよ。

- (a) 9 (b) 11 (c) 13 (d) 15

正答 (d)

A 級の撮影配置は、式(11)及び式(12)を満足する必要がある。

$$L_1 + L_2 \geq mL_2 \quad (11)$$

$$L_1 \geq 2L_3 \quad (12)$$

m は $2f/d$ 又は 6 のいずれか大きい方の値、 f は焦点寸法、 d は規定する透過度計の識別最小線径、 L_3 は試験部の有効長さである。

L_1 は、448 mm 以下にする必要があるため、式(12)から L_3 は 224 mm 以下とする必要がある。溶接線の長さを 224 mm で除すと 14.3 枚となるため、15 枚以上撮影する必要がある。したがって、正答は (d) である。

なお、 f は 2.0 mm、 d は 0.32 mm であるため、 m は 12.5 を必要とする。 L_1 を 448 mm、 L_2 を 17 mm として式(11)を計算すると、 $448 + 17 \geq 12.5 \times 17$ となり、 $465 \geq 212.5$ を満足するため、15 枚以上撮影すれば、A 級の撮影配置を満足する。

UMレベル1 実技試験のポイント

UM レベル 1 の実技試験のポイントは過去 2017 年に紹介している。内容は、基本的に大きな変更はないが、細かい点で多少の変更もあるので復習を含め再度概要を紹介する。

1. 概要

超音波厚さ測定、実技試験の試験体の種類と試験時間は表 1 に示すとおりである。板材、曲管、直管の測定順は NDT 指示書によって指示されている。

表 1 実技試験項目と時間

項目		時間
(1)試験内容の確認		約 10 分
(2)実技試験	板材	14 分
	曲管 (エルボ)	12 分
	直管 (パイプ)	4 分

実技は、表 1 に示す試験体の厚さ測定を下記の要領で行い答案を作成する。

(1)板材の厚さ測定

大きさ約 150×150 mm の板材の厚さを測定して、健全部と異常部の状況を記録する。板材には板厚の薄くなっている部分があり、この異常部と健全部の厚さ測定を行う。まず板材表面の十字マークが印されている位置で厚さ測定を行い、次に正常部と異常部の境界を求める。異常部の位置の寸法は試験体番号が印されている角を基準として、横方向が X 方向、縦方向が Y 方向で鋼製スケールを用いて測定する。そして測定した厚さの異常部を指定された図面に、その端部の寸法及び異常部の範囲を記録する。寸法は基準位置から異常部の手前側端部までの位置、異常部の長さ、異常部の奥側端部の位置についてそれぞれ X 方向、Y 方向について記載する。寸法は寸法引き出し線、寸法線を記載し、測定した値を寸法線のそばに記載する。寸法線、寸法引き出し線はフリーハンドでも良いが、定規を使用した方がきれいに見える。記録用紙には更に異常部の境界、X 方向 Y 方のそれぞれの始点、終点、合わせて 4 点を結んで推定の異常部の範囲を破線で記録する。

(2)曲管の厚さ測定

直径約 60 mm の曲管 (エルボ) の減肉部の厚さ測

定を行い、また、その減肉部の範囲の長さを測定する。測定は曲管外側中央に描かれたけがき線に沿って行う。減肉部は曲管の外周部 (エルボの外側) の部分の内面側にある。試験体番号が正面に見えるように配置すると、曲管の左端が基準点となり、この基準点から減肉の最も大きい位置、減肉部の左端、右端までの寸法及び減肉部の長さを記録する。試験体によって減肉部の位置はそれぞれ異なる。寸法の測定はフレキシブルスケールを用いて行う。

測定時の二振動子探触子の音響隔離面の向きが指定されているので注意して行う。

(3)直管の厚さ測定

直径約 20 mm の直管材の肉厚測定を行う。測定は周方向のけがき線に沿って行き、最大値及び最小値を記録する。曲管と同様に測定時の二振動子探触子の音響隔離面の向きが指定されている。

2. 最近の変更点及び注意点など

超音波厚さ計は市販の一般的な装置が使用されているが、NDT 指示書とともに配布される「取扱説明書」によって、実技試験開始前に初期化及び厚さ計の調整の練習を行うことができる。

また、曲管の薄肉部位置の測定において、従来はデバイダで寸法をとり、スケールに当てて減肉部の位置及び範囲の測定を行っていたが、現在はフレキシブルスケールにより測定を行う。

厚さ測定の要領は「超音波厚さ測定 NDT 指示書」としてクリアファイルに整理されて記載されている。最初に実技試験の内容確認の時間が約 10 分間あり、この時間内で測定の要領や記録の方法、及び厚さ計の取扱い要領を確認しておく。

3. 一般的注意事項

(1)使用機器

- ①二振動子垂直探触子付き数値表示超音波厚さ計
- ②接触媒質：マシン油、グリセリンペースト
- ③音速調整用試験片 (階段状試験片)
- ④鋼製スケール、フレキシブルスケール、ダーマトグラフ

(2)実技に必要な項目を一冊のクリアファイルにまとめている。1 ページ目に「実技試験での注意事項」、2 ページ目に「超音波厚さ計の取扱説明書」、3 ページ目以降に「超音波厚さ測定 NDT 指示書」が掲載されてい

る。これらは実技試験前の、試験内容の確認の時間(約10分)によく読んで確認をする。このクリアファイルは実技試験会場に各自で携行するので、実技試験の途中で実施要領を確認したくなった場合見ることが出来る。

- (3)超音波厚さ測定を開始する前に、答案用紙に超音波厚さ計の型式名、厚さ計管理番号、探触子管理番号などを忘れないよう記録しておく。
- (4)実技試験は、超音波厚さ測定 NDT 指示書に従って行い、試験時間内に答案作成まで行う。
- (5)板材の試験開始直後に超音波厚さ計の調整を行う。
- (6)各試験体の測定前と測定後は、NDT 指示書に従って、音速調整用試験片による調整、調整値の確認を行う。
- (7)探触子は二振動子探触子を使用するが、試験体によって音響隔離面の方向が指示されているので指示に従って測定する。
- (8)接触媒質は2種類あるが、試験体ごとに NDT 指示書で指示された接触媒質を必ず使用する。
- (9)試験体へのマークはダーマトグラフで行い、試験体にきずのつくおそれのある鉛筆などは用いない。
- (10)超音波厚さ計の電池切れなどの異常が見られた場合は速やかに試験員に連絡する。

4. 試験体毎の測定要領

(1)板材

板材の表面に試験体番号及び十字マークが描かれている。その付近を中心にして指定された接触媒質を使用し最も薄くなる部分を特定して測定する。また、健全部の厚さを測定する。更に十字マークの周辺を X 方向、Y 方向に延長線上を測定し、健全部の厚さに戻る位置を特定する。これらの位置にダーマトグラフでマークをしておき、その箇所を、鋼製スケールを用いて測定し、測定結果を答案用紙に記録する。答案用紙には試験体の大きさと同じ大きさの方眼紙が用意されているので、十字マークの位置、X 方向、Y 方向それぞれの健全部に戻った位置などを NDT 指示書に従って記録する。測定後の作図や寸法の記入に時間を要するので、時間配分を確認して測定を手早く実施することが必要である。

(2)曲管 (エルボ)

直径約 60 mm のエルボの外周部内面の腐食部を模した試験体の減肉部の厚さ及びその長さを測定する。試験体は、外周面が上部になるよう架台に載せられている。架台の正面に試験体番号が表示されており、試験体番号

が手前になるようセットして測定を行う。エルボの外周部の中央にけがき線が描かれておりその線上を測定する。多点測定を行い、最小値を記録する。また、最小値から左右それぞれに健全値に戻る位置を特定し、ダーマトグラフでマークしておき、探触子を外したのちフレキシブルスケールを使用して基準点から両端の位置までの距離を測定する。

答案用紙には最小値の値及び最小値の位置と左側の健全部に戻った位置、同様に右側の健全部に戻った位置及び異常部の長さを記録する。

二振動子垂直探触子の音響隔離面の向きは、NDT 指示書に従って測定を行う。

(3)直管

直径約 20 mm の直管の厚さを測定する。直管には試験体番号が表示されている。試験体の測定部分は、周方向にけがき線が施されているので全周の厚さを測定して最大値と最小値を記録する。この際、二振動子垂直探触子の音響隔離面の向きが指定されているのでよく確認をして測定する。また、接触媒質は、直管試験体の直径が小さく、探触子と直管の接触面積が小さくなり、適切な接触媒質でないと超音波の伝達が困難となるので、NDT 指示書に指定されているものを使用しなければならない。NDT 指示書で指定されたものを使用していない場合は、指示通りの測定を行っていないことになる。

以上 UM1 の実技試験について解説を行った。特に板材の記録作成に時間を要するので、測定に時間がかかると記録ができなくなり、せっかく測定しても得点にならないので注意が必要である。

厚さ測定の難易度が高い試験体ではないので、NDT 指示書通りに、厚さ測定及び記録を落ち着いて行うことが重要である。また、測定値は、指定された単位で記録をしなければならない。

【71 巻 9 号掲載記事に関する訂正】2022 年 9 月に掲載した「ST レベル 1 一般・専門試験のポイント」記事において問 1 と問 4 に誤りがありました。協会 HP の「NDT フラッシュコーナー」内の Vol. 71, No. 9 に訂正記事を掲載させていただきます。お詫びして訂正致します。