

**RT レベル 2 一般・専門試験のポイント**

最近出題された一般試験と専門試験の問題のうち、正答率の低かった問題と類似した例題により各試験のポイントを解説する。問1から問3が一般試験の問題と、問4と問5が専門試験の問題と類似した例題である。

なお、過去の試験問題に基づいた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。参考にしてほしい。

**問 1 次の文は、金属箔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) 増感紙の増感効果は、コンプトン効果等により発生する二次電子によって生じる。
- (b) 増感紙を使用する場合、X線フィルムの後面よりも前面の厚さを必ず大きくする。
- (c) X線フィルムの前面の増感紙は散乱線低減効果だけ、後面の増感紙は増感効果だけである。
- (d) 一般に、軟X線装置を使用する場合は、増感紙を使用しない方が透過写真のコントラスト ( $\Delta D$ ) は大きくなる。

**正答 (a)**

金属箔増感紙は、増感効果と散乱線低減効果がある。増感効果は、金属箔への入射放射線と金属箔とのコンプトン効果等による相互作用により発生した二次電子によって生じる。

試験体への入射放射線は、コンプトン効果等による相互作用により散乱線を発生させる。散乱線の線質は軟らかくなるため、金属箔で低減される。試験体を透過した透過線も金属箔で若干低減されるが、増感効果によって十分補われる。金属箔増感紙を使用した場合は、使用しない場合の2~3倍の増感率を示す。

X線フィルムの前面と後面に同じ厚さのものを用いる場合が多いが、後面のものを厚くする場合もある。前面と後面の何れのものも、増感効果と散乱線低減効果がある。

$\Delta D$  は、 $1/(1+n)$  に比例する。 $n$  (散乱比) は、 $I_s/I_b$  で表される。 $I_s$  は散乱線の線量率、 $I_b$  は透過線の線量率である。金属箔増感紙を使用しない場合は、散乱線低減効果が期待できないため、金属箔増感紙を使用した場合より  $I_s$  は多くなり、 $n$  が大きくなる。このため、相対的に  $\Delta D$  は小さくなる。

したがって、正答は (a) である。

**問 2 次の文中の [A] 及び [B] 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  $8000 \text{ cd/m}^2$  の観察器を使い、濃度 3.0 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 [A]  $\text{cd/m}^2$  となる。

透過光以外の光が透過光の 1.1 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 ( $\Delta D_a$ ) は透過光以外の光がないときの [B] % になる。

[解答群]

[A] (a) 8 (b) 80 (c) 8000 (d) 80000

[B] (a) 23 (b) 32 (c) 48 (d) 65

**正答 [A] (a), [B] (c)**

入射光の輝度 ( $L_0$ ) と透過光の輝度 ( $L$ ) により、透過写真の濃度 ( $D$ ) は、 $\log_{10}(L_0/L)$  で定義される。濃度が 3.0 では、 $L$  は  $L_0$  の  $1/1000$  であるから、 $8000 \text{ cd/m}^2 / 1000 = 8 \text{ cd/m}^2$  となる。

透過写真の観察における  $\Delta D_a$  は、 $\Delta D / (1+n')$  で表される。 $\Delta D$  は透過写真のコントラスト、 $n'$  は透過光以外の強さ ( $L_s$ ) と透過光の強さ ( $L$ ) の比 ( $L_s/L$ ) である。したがって、 $\Delta D_a / \Delta D$  は、 $1 / (1+n')$  となり、 $n'$  が 1.1 であるから  $1/2.1 = 0.48$  から 48% が得られる。

したがって、[A] の正答は (a)、[B] の正答は (c) である。

**問 3 「放射線透過試験 II 問題集 2017」資料の X 線フィルムの特性曲線を利用して、次の文中の [C] 及び [D] に入れる最も適切な数値を、解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。**

母材の厚さ 13.0 mm、余盛高さ 3.0 mm の鋼板の突合せ溶接継手を焦点とフィルム間の距離 80 cm、管電圧 180 kV、管電流 4 mA、露出時間 2 分の条件で、X線フィルム IX100 と増感紙 Pb0.03 mm の組合せを用いて撮影した結果、試験部の最高濃度が 1.5 の透過写真が得られた。

試験部の最高濃度を 2.5 にするためには、露出時間を [C] にする。

露出時間を短縮して試験部の最高濃度を 2.5 にするために、焦点とフィルム間の距離を 60 cm、管電流を 12 mA に変えれば、露出時間は [D] となる。ただし、他の条件は変わらないものとする。

[解答群]

- [C] (a) 1分51秒 (b) 2分35秒  
 (c) 3分41秒 (d) 4分25秒  
 [D] (a) 20秒 (b) 41秒 (c) 50秒 (d) 54秒

正答 [C] (c), [D] (b)

IX100+Pb0.03のX線フィルムの特性曲線から、濃度1.5の露出量は56秒、濃度2.5の露出量は103秒と読み取れる。試験部の最高濃度を1.5から2.5にするためには、最高濃度が1.5での露出時間2分に103秒/56秒(1.84)を乗ずれば3.68分(3分41秒)が求まる。

上述の解答から、試験部の最高濃度を1.5から2.5にするためには、1.84倍の露出量を必要とする。焦点とフィルム間の距離を80cmから60cmに、管電流を4mAから12mAに変えたことにより、露出量は、 $(80\text{ cm}/60\text{ cm})^2 \times (12\text{ mA}/4\text{ mA})$  で計算した5.33倍となる。このため、最高濃度が1.5での露出時間2分に1.84/5.33を乗ずれば0.69分(41秒)が求まる。

したがって、[C]の正答は(c)、[D]の正答は(b)である。

問4 次の文中の[E]から[H]に適する数値を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

JIS Z 3104: 1995の鋼板の突合せ溶接継手の撮影において、焦点とフィルム間の距離( $L_1+L_2$ )は、試験部の焦点側表面とフィルム間の距離( $L_2$ )の $m$ 倍以上とすることが規定されている。 $m$ の値は、A級では[E]又は[F]のいずれか大きい値、B級では、[G]又は[H]のいずれか大きい値とする。ここで、 $f$ は焦点寸法、 $d$ は透過度計の識別最小線径の規定値である。

[E]及び[G]は、きず像の寸法が実際のきずの寸法の、それぞれ1.20倍以上及び1.17倍以上に拡大されないように規定されている。

[F]及び[H]は、幾何学的補正係数( $\sigma$ )の値が、それぞれ0.95以上及び0.98以上になるように規定されている。

[解答群]

- [E] (a) 5 (b) 6 (c) 7 (d) 8  
 [F] (a)  $f/d$  (b)  $2f/d$  (c)  $3f/d$  (d)  $4f/d$   
 [G] (a) 5 (b) 6 (c) 7 (d) 8  
 [H] (a)  $f/d$  (b)  $2f/d$  (c)  $3f/d$  (d)  $4f/d$

正答 [E] (b), [F] (b), [G] (c), [H] (c)

JIS Z 3104の( $L_1+L_2$ )は、A級では $L_2$ の6倍以上、B級では $L_2$ の7倍以上を満足しなければならない。点焦点を使用した場合に撮影されたきず像の寸法が実際の寸法のそれぞれ1.20(6/5)倍以上及び1.17(7/6)倍以上に拡大されないように規定されている。

加えて同JISでは、( $L_1+L_2$ )は、A級では $L_2$ の $2f/d$ 倍以上、B級では $L_2$ の $3f/d$ 倍以上も満足しなければならない。 $\sigma$ は、それぞれ0.95以上及び0.98以上になるように規定されている。同JISの主要な規定内容の理解が求められている。

したがって、[E]の正答は(b)、[F]の正答は(b)、[G]の正答は(c)、[H]の正答は(c)である。

問5 次の文中の[I]に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

外径114.3mm、肉厚8.6mm、余盛は片面だけにあつてその高さが最高2.0mmの鋼管の円周溶接部の撮影を、二重壁片面撮影方法によって行う場合、試験部の焦点側表面とフィルム間の距離( $L_2$ )は14.0mmであった。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、焦点とフィルム間の距離( $L_1+L_2$ )を少なくとも[I]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い線径( $d$ )は0.32mmである。

[解答群]

- [I] (a) 125 (b) 131 (c) 225 (d) 450

正答 (b)

JIS Z 3104の( $L_1+L_2$ )は、 $L_2$ の $m$ 倍以上が必要である。 $m$ は、 $f/d$ で与えられるため、 $14.0\text{ mm} \times 3.0/0.32 = 131\text{ mm}$ となる。したがって、正答は(b)である。

鋼管の円周溶接継手の撮影において、( $L_1+L_2$ )の距離は、 $m$ の値のみで規定されている。この条件は、 $d$ と透過計の針金の位置における見掛けの焦点寸法( $d'$ )の比( $d'/d$ )が1.0以下となり、幾何学的補正係数( $\sigma$ )が0.8以上となる。すなわち、透過写真のコントラストが80%まで低下することを許容している。これは、実際の撮影配置の設定にはX線発生装置の大きさ等の種々の制限が加わることから、鋼板の突合せ溶接継手の撮影と比較して、撮影配置に対する要求は緩和されている。鋼板の突合せ溶接継手の撮影配置は、問4に記載している。

**E T レベル 2 再認証(実技)試験のポイント**

2017年春期の再認証(実技)試験より JIS Z 2305 : 2013 に即した実技試験が行われている。ET レベル 2 の試験内容としては、新規試験と同様に貫通、内挿及び上置プローブの実技試験と、NDT 指示書作成がある。

**1. 手順書の精読及び注意点**

実技試験にあたって、受験者は 30 分間で試験内容を記述した全ての手順書を精読する必要がある。レベル 2 の実技試験では、試験周波数の計算を義務付けており、精読の時間内で、貫通、内挿、上置プローブの試験周波数を計算する必要がある。試験周波数の計算式は、(1)式に示す薄肉管の特性周波数より求める方法と、(2)式に示す渦電流の表皮深さより求める方法がある。

$$f_c = \frac{2}{\pi \sigma \mu t (b - 2t)} \quad (\text{Hz}) \quad (1)$$

$$f / f_c = \alpha$$

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (\text{m}) \quad (2)$$

$$\delta / t = \beta$$

$f$ : 試験周波数 (Hz)     $\mu$ : 透磁率 (H/m)  
 $\sigma$ : 導電率 (S/m)     $t$ : 肉厚 (m)     $b$ : 外径 (m)

$\alpha$  や  $\beta$  の値は試験のたびに变更される。いずれの式においても、渦電流探傷試験に用いられている計算式は全て SI 単位系で示されており、長さの単位は m (メートル) であり、受験者は特に試験体の肉厚や、外径などに注意する必要がある。

**2. 貫通プローブの試験内容**

全ての実技試験時間は 20 分である。試験体は、ステンレスの溶接鋼管が用いられている。製造ライン上での貫通プローブの試験では、心出し装置が用いられているが、認証(実技)試験では心出し装置はない。したがって、受験者は対比試験片や試験体に示されている上側マークを必ず確認し、プローブ内にセットする必要がある。上側マークを無視すると、きず検出力 SN 比と、設定感度に影響がでる。最初に、対比試験片により探傷条件を設定する。この場合、特に試験周波数(予め、試験周波数の計算で得られた値)の設定に注意する必要がある。探傷

条件を設定後、いきなり試験体を探傷するのではなく探傷条件を報告書に記入する。

次に、試験体の探傷にあたって、手順書には試験体番号を示すマーク側より探傷することが記されている。したがって、受験者は、試験体に示されているマーク側を先頭に貫通プローブ内に挿入し、試験体の全長に渡って探傷する必要があり、試験体の両端に発生する端末信号も探傷チャートに入れる。探傷後にチャートからきずの分類と試験体の可否判定を行う。

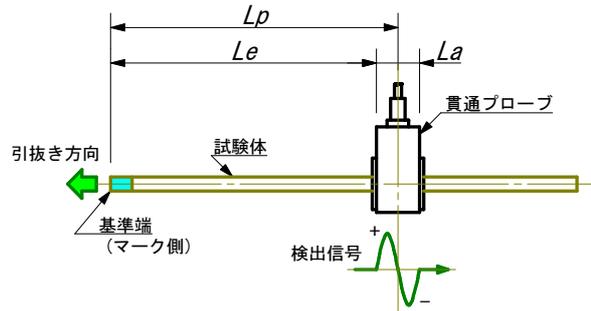


図 1 最大振幅を示すきず位置の測定方法

図 1 に示すように、貫通プローブの試験では、探傷チャート上で最大振幅を示したきずの位置測定が義務づけられており、試験体の基準端となるマーク側からのきず位置  $L_p$  を測定する。具体的な測定方法については、NDT フラッシュ Vol.65 No.7 を参考にするとよい。

**3. 内挿プローブの試験内容**

試験体は、黄銅管が用いられている。内挿プローブの実技試験は探傷チャートを取る必要がない。貫通プローブの試験と同様に、対比試験片により探傷条件を設定する。この場合、特に試験周波数(予め、試験周波数の計算で得られた値)の設定に注意する必要がある。探傷条件を設定後、いきなり試験体を探傷するのではなく探傷条件を報告書に記入する。

報告書の記入方法として、きず番号の位置付けが手順書に示されており、試験体番号を示すマーク側に近いきずを 1 番のきずとしている。したがって、マークが無い管端側から試験体にプローブを挿入し、プローブを引き抜きながら探傷する必要がある。まず、試験体にきずが何個存在するか、最初に確認する必要がある。試験体を一定速度で探傷し、探傷器の表示画面よりきずの総数を把握する。内挿プローブの試験では、検出したきず信号の位相角  $\theta$  を読み取り、きず発生位置の分類(内/外面識別)と、手順書に示されている校正曲線から減肉率を読

み取る必要がある。きず位置の分類は、 $0^\circ \leq \theta < 135^\circ$  は外面、 $\theta = 135^\circ$  は貫通、 $135^\circ < \theta \leq 180^\circ$  は内面に分類する。探傷後に減肉率から試験体の合否判定を行う。

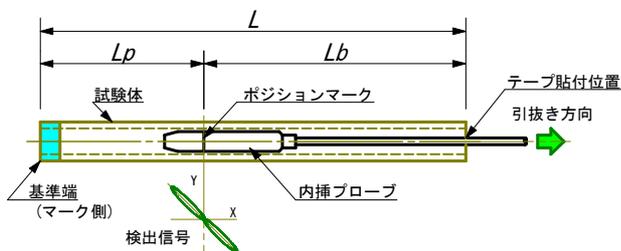


図2 最大減肉率を示すきず位置の測定方法

図2に示すように、内挿プローブの試験においても、最大減肉率を示したきずの位置測定が義務づけられており、試験体の基準端となるマーク側からのきず位置  $L_p$  を測定する。具体的な測定方法については、NDT フラッシュ Vol.65 No.7 を参考にするとよい。

#### 4. 上置プローブの試験内容

試験体は、アルミニウム合金板に加工したファスナホール部が用いられている。

貫通プローブの試験と同様に、対比試験片により探傷条件を設定する。この場合、特に試験周波数（予め、試験周波数の計算で得られた値）の設定に注意する必要がある。探傷条件を設定後、いきなり試験体を探傷するのではなく探傷条件を試験報告書に記入する。

対比試験片により探傷条件を設定後、試験体を探傷するが、試験体はファスナホール番号が指定されており、試験体の基準端が手前になるように配置し、左上を1番とし右下を8番とする。

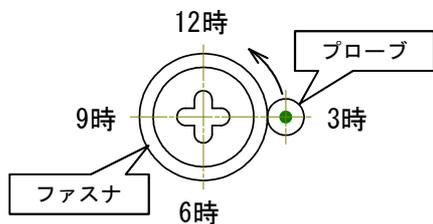


図3 プローブの走査方向

検査面に対し上置プローブを垂直に立てた状態で、各ファスナのヘッドに沿って周回させ探傷する。このとき、プローブを周回させる方向は、図3に示すようにファスナを上から見て3時方向を基準に反時計方向とする。

(1) ファスナホール番号順に探傷し、きずの有無を確認後、試験報告書に記録する。きずが存在しない場合

は無に印を付ける。印が無い場合は、未検査と見なされる。

- (2) きずの存在が認められたファスナに対し、再度、探傷し、探傷器の画面からきず信号のY軸（縦軸）成分の最大値を0.1目盛単位で読み取り、報告書に記入する。各ファスナホールに存在するきずは1個のみとは限らない。ファスナホールに1個のきず信号が検出された場合、きずが検出されたファスナホール番号中のa欄に記録する。
- (3) 一つのファスナホールに複数のきず信号が検出された場合、きずが検出された順にそれぞれa及びbの欄に順次記録する。

探傷後にきずの分類と試験体の合否判定を行う。

#### 5. 指示書作成問題の注意点

指示書作成問題については、基となる手順書が与えられ、解答用紙は全文記述式となっている。試験時間は30分であり、貫通、内挿及び上置の3種類があり、いずれか一つが出題される。いずれの問題においても、試験体の材質や寸法により、試験周波数や試験速度が決定される点を頭に置いて回答すればよい。以下、指示書作成の注意点を示す

##### (1) 検査技術者

JIS Z 2305:2013 において資格レベルが明記されており、レベル1技術者は、資格証明書に明記された力量の範囲で、指示書に従ってNDTが実施できる。したがって、指示書はレベル1技術者が作業することを前提に作成する必要がある。検査技術者は、JIS Z 2305に基づく渦電流探傷試験レベル1以上の有資格者でなければならない。

##### (2) 試験条件及び試験手順

指示書では、具体的に記入することが求められており、探傷試験の内容を具体的に文書化する必要がある。

##### (3) 分類

JIS Z 2305:2013 において、レベル2技術者は適用される規格、コード、仕様書及び手順書に従って結果を解釈し、評価することができる。したがって、探傷結果において良否判定ができる。これに対し、レベル1技術者は使用するNDT方法若しくは技法の選択又はNDT結果の解釈について責任を負ってはならない。したがって、マーキングされた試験体とされない試験体に分けるとか、きず信号レベルにより分けるのみである。