

RT レベル3 二次パートD・E試験問題のポイント

近年に出題された二次パートD・E試験問題のうち、正答率の低かった問題と類似した例題により各パートのポイントを解説する。問1～3はパートD、問4はパートEの試験問題と類似した例題である。

なお、過去にも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 単色のγ線を放射する放射性同位元素(RI)の線源について、ある日のある時刻、線源と測定器間の距離を200cmとして照射線量率を測定した。14日後の同時刻に同じ線源を用い、線源と測定器間の距離を192cmとして照射線量率を測定したところ、前回と全く等しい値を得た。このRIの半減期(T)として正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

(a)約75日 (b)約119日 (c)約150日 (d)約192日

正答(b)

照射線量率は放射能の強さに比例するため、RIの放射能の減衰の式に距離の補正を行った式(1)が成り立つ。

$$N_{14} = \left(\frac{200}{192}\right)^2 N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

ここで、

N_{14} : 14日後の距離192cmでの放射能の強さ

N_0 : ある日の距離200cmでの放射能の強さ

λ : 崩壊定数

t : 経過日数(14日)

題意より、 N_{14} と N_0 は等しい。また、 λ は $\ln 2/T$ である。これらと、 t に14日を代入し整理して T について計算すると、118.9日となる。したがって、正答は(b)である。

問2 図1は散乱線を見捨てるほど小さくするために、絞りの直径を小さくし、試験体を放射口に密着した撮影配置を示す。図2は透過試験を実施する時の通常の撮影配置を示す。

図1及び図2の配置で同一条件により撮影して得られた透過写真の濃度を図1の配置の場合に1.00、図2の配置の場合に1.87であった。図2における透過線量に対する散乱線量の比すなわち散乱比(n)として正しいものを一つ選び、記号で答えよ。なお、X線フィルムの特性曲線は、IX100+Pb0.03を用いよ(参考書を参

照ください)。

(a)1.2 (b)1.6 (c)2.2 (d)3.1

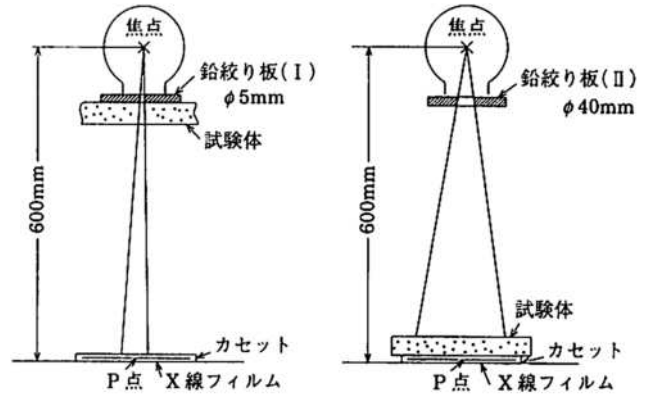


図1

図2

正答(a)

図1及び図2の配置で同一条件により撮影していることから、共通条件として管電圧A kV、管電流C mA、露出時間t min及び焦点フィルム間距離600mmを考えれば、図1及び図2におけるP点の露出量 E_1 及び E_2 は、式(2)及び式(3)で与えられる。

$$E_1 = \frac{k_1 \cdot I_1 \cdot C \cdot t}{k_0} \quad (2)$$

$$E_2 = \frac{k_1 \cdot I_1 \cdot C \cdot t}{k_0} + \frac{k_1' \cdot I_1' \cdot C \cdot t}{k_0} \quad (3)$$

ここで、

k_1 : 透過線の線質に対するX線フィルムの感度係数

k_1' : 散乱線の線質に対するX線フィルムの感度係数

I_1 : フィルム上の透過線量率

I_1' : フィルム上の散乱線量率

k_0 : X線フィルムの特性曲線作成時のX線の線質に対する感度係数

式(3)を式(2)で除せば、式(4)となる。

$$\frac{E_2}{E_1} = 1 + \frac{k_1' \cdot I_1'}{k_1 \cdot I_1} \quad (4)$$

n は、X線フィルムの感度係数を考慮して散乱線量率 I_1' と透過線量率 I_1 との比で定義されることから、式(4)の右辺第2項が n に相当する。このため、式(4)は式(5)と書き表せる。

$$n = \frac{E_2}{E_1} - 1 \quad (5)$$

透過写真の濃度が D_1 及び D_2 である場合、それぞれの

濃度に対応する露出量は、X線フィルムの特性曲線から E_1 及び E_2 として求めることができる。題意より濃度 $D_1(1.00)$ 、濃度 $D_2(1.87)$ に対応する露出量 E_1 は 35 秒と、 E_2 は 77 秒と IX100+Pb0.03 の X線フィルムの特性曲線から読み取ることができる。これらの値を式(5)により計算すると 1.2 となる。したがって、正答は(a)である。

問3 厚い板状の鋳鋼品を透過したX線の減弱係数が 2.0 cm^{-1} のとき、直径 0.60 mm のブローホール(球状のきず)が識別限界であった。きずが同一位置にあるものとするれば、直径 0.50 mm のブローホールを識別するためには、管電圧を変えて減弱係数を幾ら以上にする必要があるか。最も近いものを一つ選び、記号で答えよ。

ただし、直径 0.50 mm 及び 0.60 mm のブローホールに対する識別限界コントラスト ΔD_{\min} はそれぞれ 0.060 及び 0.050 とする。また、濃度、散乱比及び撮影配置などの他の撮影条件はすべて変化しないものとする。

なお、焦点寸法の影響は無視できるほど小さいものとする。

- (a) 2.2 cm^{-1} (b) 2.4 cm^{-1} (c) 2.6 cm^{-1} (d) 2.9 cm^{-1}

正答(d)

直径 d のブローホールに対する透過写真のコントラスト ΔD は、式(6)で与えられる。

$$\Delta D = \frac{-0.434 \cdot \gamma \cdot \mu_p \cdot \sigma \cdot d}{1+n} \quad (6)$$

ここで、

- γ : フィルムコントラスト
- μ_p : X線フィルムの感度係数を考慮した X線の減弱係数
- σ : 焦点寸法及び撮影の幾何学的条件による補正係数
- n : 散乱比

直径 d のブローホールが識別できるためには式(7)の関係が成立しなければならない。

$$|\Delta D| \geq |\Delta D_{\min}| \quad (7)$$

ここで、減弱係数が μ_{p1} 及び μ_{p2} のとき識別限界となるブローホールの直径をそれぞれ d_1 及び d_2 とすると、直径が d_1 及び d_2 のブローホールに対しては式(7)において等号が成立つことになる。直径が d_1 及び d_2 のブローホールに対する識別限界コントラストをそれぞれ $\Delta D_{\min1}$ 及び $\Delta D_{\min2}$ とすれば、式(8)及び式(9)の関係が同時に成立する。

$$|\Delta D_{\min1}| = \left| \frac{-0.434 \cdot \gamma_1 \cdot \mu_{p1} \cdot \sigma_1 \cdot d_1}{1+n_1} \right| \quad (8)$$

$$|\Delta D_{\min2}| = \left| \frac{-0.434 \cdot \gamma_2 \cdot \mu_{p2} \cdot \sigma_2 \cdot d_2}{1+n_2} \right| \quad (9)$$

題意より、 $\gamma_1 = \gamma_2$ 、 $\sigma_1 = \sigma_2$ 、 $n_1 = n_2$ であるため、式(8)を式(9)で除して式(10)になる。

$$\frac{\Delta D_{\min1}}{\Delta D_{\min2}} = \frac{\mu_{p1} \cdot d_1}{\mu_{p2} \cdot d_2} \quad (10)$$

題意より、式(10)の $\Delta D_{\min1}$ に 0.050 を、 μ_{p1} に 2.0 cm^{-1} を、 d_1 に 0.060 cm を、 $\Delta D_{\min2}$ に 0.060 を、 d_2 に 0.050 cm を代入し、 μ_{p2} について求めると、 2.88 cm^{-1} となる。したがって、正答は(d)である。問では減弱係数の単位は cm^{-1} ($1/\text{cm}$) であるのに対し、直径の単位は mm で与えられている。単位を統一して計算する点に注意してもらいたい。

問4 次の文は、日本工業規格(JIS)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のきずの像の分類方法では、試験視野の大きさ(直径) 70 mm のものを使うように規定されている。
- (b) JIS Z 3105 : 2003での像質の種類B級では、母材の厚さ 100 mm まで階調計の使用が規定されている。
- (c) JIS Z 3106 : 2001ではX線の回折像について分類の対象としないことが規定されている。
- (d) JIS G 0581 : 1999では母材の厚さ 50 mm まで階調計の使用が規定されている。

正答(c)

JIS Z 3104 : 1995のきずの像の分類方法では、試験視野の大きさは、母材の厚さに応じて、 $10 \times 10 \text{ mm}$ 、 $10 \times 20 \text{ mm}$ 又は $10 \times 30 \text{ mm}$ の正方形又は長方形のものを使うように規定されている。円形のものを使うように規定されているのは、JIS G 0581 : 1999であるため、(a)は誤りである。

JIS Z 3105 : 2003での像質の種類B級では、母材の厚さ 50 mm 以下まで階調計の使用が規定されているため、(b)は誤りである。

JIS G 0581 : 1999では階調計の使用が規定されていないため、(d)は誤りである。

JIS Z 3106 : 2001ではX線の回折像について分類の対象としないことが規定されているため、正答は(c)である。主要JISの規定内容について理解が求められている。各自工夫して規定内容について理解してもらいたい。

MT レベル 3 二次パート F 試験問題のポイント

2015 年秋期より JIS Z 2305:2013 による資格試験が開始された。これまで NDT フラッシュでは JIS Z 2305:2001 による資格試験について、MT レベル 3 の C₁C₂C₃ 試験問題のポイントを解説し、Vol.65 No.2(2016)には 2013 年改正 JIS 規格によるパート D, E, F 試験問題について解説した。その後、磁粉探傷試験に関わる JIS Z 2320-1~3 が 2017 年に改正され、これを受けて参考書・問題集等も 2018 年改訂版として発行された。今回はパート F 試験問題で出題される手順書作成問題について解説する。

パート F 試験については JIS Z 2305:2013 の附属書 D 「D.2 レベル 3 の手順書作成試験における配分」の表 D.2 に、内容と点数配分のガイダンスが示されている。表 D.2 に示された各項目について、参照規格に従った、手順書に記載すべき事項及び内容が問われる。これまでは、試験時に受験者に参照規格として 2007 年版 JIS (以下旧 JIS という。) が貸与されていたが、今後は JIS Z 2320-1:2017 (以下新 JIS という。) が貸与されることになる。以前の本欄にあるように、事前に JIS 規格を読んでいないと思われる人も多く見かける。会場で試験問題を読んで内容を理解し、更に JIS 規格を読んでこれを適用した試験方法・手順を検討し手順書の内容に反映することは、限られた時間内ではかなり困難である。事前に JIS 規格及び表 D.2 をよく読んで、表 D.2 の項目に該当する内容が JIS 規格のどの箇条に該当しているかを確認し理解・検討しておくことが大切である。試験では、初めに問題及び解答用紙を一読し、与えられた条件及び試験体に適切な磁化方法、磁化条件、装置類を検討し構想をまとめる必要がある。

手順書は仕様書に示された内容に基づき、各項目、特に試験方法及び試験条件の選定、その内容の記載にあたって、新 JIS を含め十分理解しているかどうか問われる。以下、MT レベル 3 の手順書作成問題における注意点について、表 D.2 の項目に従って解説する。なお、(略)で示した項目の内容の詳細は、前掲の Vol.65 No.2(2016)の解説を参照して欲しい。また、手順書及び各項目の記載内容の考え方については、「磁気探傷試験Ⅲ」2018 年版に詳しく記述されているので参照されたい。

項目 1：一般

「適用範囲」、「文書管理」、「引用規格」等が小項目と

して挙げられている。「適用範囲」は仕様書に示された試験体はどのようなものであり、どのような目的で、いつどのようにして磁気探傷試験をするかを記載する。「引用規格」には、JIS 規格だけでなく、社内基準など手順書内で使用・引用するものを記載する必要がある。

項目 2：NDT 技術者 (略)

項目 3：機材及び装置

小項目として「主要な NDT 装置」、「補助装置」が記載されている。管理状態、装置仕様、使用すべき補助装置・器具・機材等の仕様を記載する。

ここでは、次のことに留意する必要がある。

- ・試験に使用する機材及び装置が点検・校正されて管理され、かつその有効期限内のものであるということ。
- ・仕様：機材及び装置の各々についての要求される性能その他、記載すべき項目 (略)

装置や機材は、特別な装置や自社使用の専用装置、自動装置等は除き、基本的な汎用装置であればどのようなものを想定しても良く、適用しようとする磁化方法に最適な装置を選定する。ただし、装置の能力や磁化性能を考慮すると、電流については、交流・直流の別、電流の整流波形、波高値・実効値・平均値(測定方法)の区別等が必要であり、必ず記載する。同じ電流値でも波形及び測定方法が違えば磁化能力は全く異なることを理解しておく必要がある。

＜記載が必要な内容の例＞

- ①試験機材及び装置等の管理
- ②磁化装置 {仕様；最大電流及び電流の種類(整流波形、波高値・実効値等の測定方法を含む)}
極間式磁化器では、励磁電源(AC, DC)及び電圧、磁極間内のり、全磁束等
- ③プロッド電極、ケーブル、コイル、電流貫通棒・磁束貫通棒、継鉄棒など磁化の補助具
- ④紫外線照射灯(仕様、装置としての必要条件)
- ⑤検出媒体(磁粉の種類、濃度及び分散媒)
- ⑥磁粉散布器具
- ⑦対比試験片(必要に応じ標準試験片)
- ⑧必要な場合：磁気測定器、架台、暗幕など探傷装置、補助具、その他の機材について、適切に区分けして記載する。

項目 4：試験体(及び試験範囲) (略)

項目 5：NDT の実施

「使用される NDT 技法」、「必要であれば機器の調整」、「NDT の実施」、「不連続部の特性評価」など、手順書と

して最も重要な内容である。

特に「NDT の実施」(試験方法)の検討では、磁化方法が指定されない場合、試験体の特性と検出すべききず適切に実現可能な磁化方法の選定が必要である。先に検討した項目 1~4 の内容から、与えるべき磁界の強さ、磁界の方向及びきずの特性を考慮して一つ又は二つ以上の適切な磁化方法を含む具体的な試験方法を検討する。

< 検討項目の例 >

- ・対象とする試験体又は試験範囲の大きさ、形状、材質又は磁気特性、試験部位、数量、用途
- ・対象とするきずの種類と大きさ
- ・試験の時期
- ・使用可能な探傷装置
- ・対象とするきずの発生方向

< 記載すべき項目の例と注意 >

- ① “検査性能の確認方式”は、新 JIS にはない
- ② 前処理方法
- ③ 磁化方法 (複数ある場合、その適用の順)
- ④ 電流 (種類、電流値、測定方法等)

JIS 改正により検査性能の確認方式はなくなり、試験片確認方式は工程確認方式に統合・一本化された。旧 JIS では試験面の最小磁束密度は実効値で 1 T とし、与える磁界の強さは低合金鋼及び低炭素鋼では 2000 A/m が推奨されていた。新 JIS では試験面の最小磁束密度は 1 T が望ましいとし、与える磁界の強さは比透磁率によって決まるが、一般に低合金鋼及び低炭素鋼では 2000 A/m が必要と考えられるとしている。したがって、磁化曲線が分からない場合、これらの鋼種以外では、新 JIS 解説表 1 (旧 JIS 表 8)を参考に、与えるべき磁界の強さを検討することになる。

電流の種類を選択及び電流値設定の考え方は重要である。

⑤ 必要な場合：探傷有効範囲

ただし、電流値や探傷有効範囲 (試験範囲) については、新 JIS に記載された内容を適用した具体的な数値を記載する。

⑥ 必要な場合：プロット間隔

⑦ 探傷ピッチ

⑧ プロット (又は磁極) の配置

⑨ 磁化の時期 (連続法、残留法の別)

⑩ 検出媒体の性能試験方法

⑪ 検出媒体の適用方法 (具体的な適用手段)

具体的な適用方法、指示書に繋がる具体的な内容を記載する。一般的な適用条件・手段も含める場合

がある。

⑫ 観察方法 (環境、方法、時期等)

具体的な観察方法、指示書に繋がる内容を記載する。試験面の分割や、磁化方法各々の観察の順序、一般的な観察条件、観察方法を含める場合もある。

⑬ その他必要な指示事項：例

(a) 試験体の架台への設置、試験面の傾斜等による影響を考慮した、検出媒体の適用に関する考慮事項及び安全に関わる事項

(b) プロット法など直接に通電する方法に関する特記事項など各磁化方法における注意事項 (スパークの対策・発生した場合のスパーク跡の処理方法等)

なお、磁化方法が指定された場合には、適切な専用治具の使用を含めた、その方法を使用した最適な試験条件の設定を考える必要がある。

(c) 必要な場合、実施する「磁化の確認」の方法について記載する。

また、この項目 5 では検出されたいきずの大きさ及び特性の評価方法 (種類、応力方向との関係等) についても記載する。

項目 6：判定基準 (略)

項目 7：NDT 後の手順

後処理方法 (具体的な脱磁方法等含む)、きず位置のマーキングや試験体の分別及び処置等について記載する。

項目 8：NDT 報告書の作成 (略)

項目 9：全般的な表現 (略)

本解説を参考に、予め大型部材・構造物の溶接部や各種の機械部品などを想定して、表 D.2 に従った手順書を書く練習をしておくことは有効な学習方法である。手順書の例として、2018 年版の「磁気探傷試験Ⅲ」、「磁気探傷試験Ⅱ」に詳細な説明と記載例があるので参考にして欲しい。また旧版参考書も参考として活用して頂きたい。特に、普段、取り扱っていない装置を使用する手順書作成を検討する場合、講習会などで経験したり、参考書や他の参考となる規格等をよく読んで探傷操作をイメージすることで各磁化手法の要点や注意すべき事項が理解でき、手順書に記載する内容や範囲がより深まると思われる。

以上、本解説及び前掲の解説記事が MT レベル 3 手順書作成問題学習の参考になることを期待します。