

RTレベル3 二次C₁(基礎)試験のポイント

2008年2月号の本欄にRTレベル3の二次C₁(基礎)試験について紹介した。RTに関するレベル3の基礎(C₁)30問以上、関連する工業分野におけるRTの適用(C₂)20問以上を四者択一形式で、試験時間2時間で行っている。

試験問題の出題範囲や内容については、前回で紹介したものと基本的には変わっていないが、今回は最近の試験結果から正答率が多少低い問題を数問取り上げて、ポイントを解説し、受験者の参考に供したい。

問1 次の文中の[A]～[C]に入れる適切な語句を解答群からそれぞれ一つ選び記号で答えよ。

半価層の値は放射線の透過力が[A]ほど大きく、物質の種類が一定であれば、放射線のエネルギーが[B]ほど大きい。放射線のエネルギーが一定であれば物質の密度が[C]ほど大きい。

[A] (a) 小さい (b) 大きい (c) 軽い (d) 重い

[B] (a) 小さい (b) 大きい (c) 軽い (d) 重い

[C] (a) 小さい (b) 大きい (c) 弱い (d) 強い

正答 [A] (b), [B] (b), [C] (a)

半価層の値は、放射線のエネルギーの測定において重要なものであり、基本的な問題であるので、正答率はそれほど低くはないが、勘違いしてか、反対の語句にマークした者が少なからずいたので十分に注意して欲しい。

問2 透過写真を観察してきずの像を識別する場合について、次の文のうち正しいものを一つ選び記号で答えよ。

[D]

- (a) 室内の明るさが一定の場合、透過写真の濃度が高くなるほど、観察器の明るさの影響を受けやすい。
- (b) 観察器の明るさが一定であれば、透過写真の濃度が低くなるほど、室内の明るさの影響を受けやすい。
- (c) 透過写真の濃度が一定であれば、観察器の明るさが明るくなるほど、室内の明るさの影響を受けやすい。
- (d) 固定マスク使用の有無は、透過写真の見掛けのコントラストと関係ない。

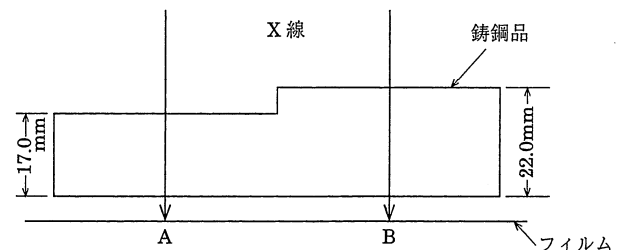
正答 [D] (a)

透過写真の観察は、撮影と同等ぐらいに注意が必要な事項である。きずの像のコントラストは、観察条件によ

って大きな影響を受けて、見掛けのコントラストの低下によって、透過写真に存在しているきずの像が識別できない場合が生じてしまう。この問題も正答率は低くはないが、(b)にマークした者が少なくないので注意したい。透過写真の濃度が低い場合は、室内の明るさの影響は少ない。

問3 別紙1(省略)のX線フィルムの特性曲線及び別紙2(省略)の露出線図を用いて、次の文中の[E]～[G]に入れる適切な値を解答群からそれぞれ一つ選び記号で答えよ。

- (1) X線フィルム IX100, 増感紙鉛箔 0.03mm を用いて、焦点・フィルム間距離(FFD) 600mm, 管電圧 180kV で下図の鋳鋼品を撮影する。鋳鋼品の厚い方(B)点の濃度を1.00で撮影する場合の露出量は[E] mA・minである。
- (2) 管電圧を200kVに変えて、厚い方の中央(B点)の濃度が1.00になる露出量で撮影する場合、A点とB点到達するX線(透過線量と散乱線量の合計)の強さの比は、[F]:1となる。このとき、A点の濃度は[G]となる。



[E] (a) 12.5 (b) 19.3 (c) 22.7 (d) 28.4

[F] (a) 1.6 (b) 1.9 (c) 2.3 (d) 3.1

[G] (a) 1.5 (b) 1.9 (c) 2.5 (d) 3.0

正答 [E] (b), [F] (c), [G] (b)

省略した別紙1及び別紙2は、「放射線透過試験問題集」1999の282頁及び283頁の図である。[E]及び[F]の正答率は低くはないが、[G]の正答率は多少低いので各自もう一度検討して欲しい。

問4 次の文は、透過写真の濃度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。ただし、 $\log 2=0.3$, $\log 3=0.5$ とする。 [H]

- (a) 透過光の輝度が入射光の輝度の1/50になった。この透過写真の濃度は1.3である。
- (b) 透過光の輝度が入射光の輝度の1/300になった。この

透過写真の濃度は 2.3 である。

(c) 透過光の輝度が入射光の輝度の 1/600 になった。この透過写真の濃度は 2.9 である。

(d) 透過光の輝度が入射光の輝度の 1/2000 になった。この透過写真の濃度は 3.6 である。

正答 [H] (b)

透過写真の濃度 D は次式で定義されている。

$$D = \log(L_0/L)$$

ここで、 L_0 は入射光の輝度、 L は透過光の輝度である。

したがって、問題の文中の分母の数値の対数の値が濃度になる。

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。

厚い板状の鋳鋼品を透過した X 線の減弱係数が 2.5 cm^{-1} のとき、直径 0.60mm のブローホール(球状のきず)が識別限界であった。きずがフィルム面と平行な同一面あるものとすれば、直径 0.50mm 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 [I] cm^{-1} 以上にすることがある。ただし、直径 0.50mm 及び 0.60mm 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) 2.9 (b) 3.3 (c) 3.6 (d) 4.0

正答 [I] (c)

透過写真像の識別に関する問題である。「放射線透過試験問題集」1999 に類題が掲載されているので、正答率は低くはないが十分理解できていないと思われる解答も少なくないので、もう一度チェックして欲しい。

問 6 野外において 260 GBq の ^{192}Ir の線源を用いて、線源から 40cm 離れた位置に厚さ 20mm の余盛を削除した鋼板の突合せ溶接継手において透過写真を撮影する場合について、次の文中の [J] ~ [K] 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。ただし、条件は次のとおりとする。

1) 1 GBq の ^{192}Ir から 1m の位置における線量当量率は 0.135 mSv/h とする。

2) 鋼板に対する ^{192}Ir のガンマ線の減弱係数を 0.7 cm^{-1} とする。

3) 撮影に際しては、コリメータを用い、試験体の大きさはコリメータによる照射野より大きいものとする。また、コリメータからの漏洩線は無視できるものとする。

A) 適切な濃度の透過写真を得るために必要な 1 枚当たりの露出時間は 1.5 分である。線源と試験体の照射野の中心とを結ぶ線上で、線源から前方の 20m 離れた位置を管理区域の境界 ($100 \mu \text{ Sv/週}$) とするためには 1 週間に [J] 枚まで撮影できる。なお、線源から前方に 20m 離れた位置における散乱線量率は、透過線量率の 1.5 倍とする。

B) A) と同一条件で 1 週間の撮影枚数を 40 枚とすれば管理区域の境界は線源と試験体の照射野の中心を結ぶ線上で、線源から前方に [K] m 離れた所になる。解答に当たって、m 以下の端数は切り上げよ。なお、管理区域の境界における散乱線量率は、透過線量率の 1.5 倍とする。

[J] (a) 73 (b) 84 (c) 120 (d) 167

[K] (a) 10 (b) 15 (c) 25 (d) 30

正答 [J] (a), [K] (b)

放射線管理に関する問題である。線源から 1m の位置における 1 週間の透過線量を求め、逆二乗の法則を用いて 20m 離れた位置における 1 週間の透過線量を求める。その値に 20m の位置における散乱線量を加える。その値を用いて、与えられている管理区域の境界の線量から 1 週間の撮影枚数を求める。[J], [K] とともに正答率は低くはないが、他にマークしている者も少なくないので、今一度検討してみたい。

以上、正答率が多少低かった問題について紹介したが、前回の掲載記事も是非参照して欲しい。数問を除けばレベル 2 の知識が十分に理解できていれば正解できる問題であるので、しっかり復習して受験に望みたい。

SMレベル3 二次C₃ (手順書) 試験のポイント

非破壊試験技術者レベル3二次のC₃試験は手順書作成に関する試験である。ひずみ測定のためのC₃試験については、すでに非破壊検査誌 Vol.55, No.1 (2006) のNDTフラッシュ欄でも「SM レベル3 二次試験手順書問題のポイント」と称する題目で概要と問題例が紹介されている。しかし、その後この試験の問題が多少変更された点もあるので、ここでは再度手順書の概要と最近の試験問題に類似した例題によりポイントを解説する。

ひずみ測定の手順書

JIS Z 2305 では「NDTの手順書はある製品に対して、試験箇所、試験方法、又はいかなる順序でNDT方法を適用すべきかを整然と段階的に記述した文書」と定義されている。したがって、ひずみ測定のとくに電気抵抗ひずみ測定法を適用する場合の手順書は次のような項目に対し、整然と段階的に記述した文書で作成される。

1. 試験の目的
2. 適用範囲
3. 準拠規格
4. 測定技術者
5. 試験の実施予定日及び実施場所
6. 試験体 (測定対象)
(1)材質, (2)形状寸法
7. 試験方法
8. 測定項目及び測定点数
9. 測定機器
(1)ひずみゲージ, (2)測定器, (3)変換器
10. 試験環境と注意事項
11. 測定結果と報告事項
12. その他

しかし、二次のC₃手順書に関する試験は時間が60分であり、問題として与えられた測定対象について、この時間内で上で示した全項目を定義にしたがって記述することは不可能である。このため、現在実施されているひずみ測定二次試験では、主に7~10の項目に関する、適切なひずみゲージの選択、使用測定器、結線方法、測定上の注意事項、不具合の対策などについて具体的に記述させる問題として出題されている。

問題例及び解答例と解説

次の問題A, Bの中から1問選択し、解答用紙に記入し

なさい。

問題 A 屋外に設置された貯蔵用の大型鋼製タンク表面の20箇所の主ひずみを長時間にわたり測定する。このときのNDT手順書作成に必要な下記の点について、具体的に記述せよ。

- (1) 測定機器
- (2) 使用するひずみゲージ及び接着と防湿処理
- (3) ひずみゲージの結線法
- (4) 測定上の注意事項

解答例

- (1) 測定機器
静ひずみ測定器 (データロガー) 及び多点ひずみ測定用スイッチボックスを使用する。
- (2) 使用するひずみゲージ及び接着と防湿処理
ゲージ長 5mm, ゲージ抵抗 120Ω, ゲージ率約 2.0 の 3 軸ロゼットゲージを使用する。
ゲージの接着にはシアノアクリレート系接着剤を使用する。
クロロブレン系コーティング剤により十分な防湿処理をする。
- (3) ひずみゲージの結線法
1 アクティブゲージ 3 線式結線法を適用する。
- (4) 測定上の注意事項
リード線の抵抗及び使用したひずみゲージのゲージ率の差があるため、測定器による指示値を次式で修正する。
$$\varepsilon = (2.00 / K_g) (1 + r / R) \varepsilon_m$$
ここで、 ε 及び ε_m は真のひずみ及び指示ひずみ、 K_g 及び R は使用したひずみゲージのゲージ率及びゲージ抵抗、 r はリード線の抵抗である。

この問題は大型構造物の多点における静ひずみの測定であるので、静ひずみ測定器 (データロガー) を使用する。しかし、一般に使用されているデータロガー1台では10点の測定しかできない。したがって、多点ひずみ測定用のスイッチボックスを用意する必要がある。

試験体は鋼製なのでゲージ長が5~10mm程度の一般に使用されているゲージ抵抗120Ω, ゲージ率2.0前後のはくひずみゲージをでよいが、主ひずみを測定しなければならないので、ロゼットゲージを使用する。

屋外での長時間にわたる測定なので、ゲージ接着後に十分な防湿処理をしておくことが重要である。また、測

定中に 20～30℃の温度変化を受ける可能性があるので 3 線式結線法を適用する。

さらに、リード線が長くなるので、この抵抗による修正も必要になる。その他、使用したひずみゲージのゲージ率は正確に 2.0 にはなっていないので、この修正もしなければならない。

以上のことを考慮すると(1)では静ひずみ測定器と多点ひずみ測定用スイッチボックス、(2)ではロゼットゲージの使用と防湿用ワックスによる防湿処理、(3)では 3 線式結線法、(4)ではリード線の抵抗やゲージ率の差による修正などが解答に当たってのキーワードになる。

問題 B トラス橋の列車が走行するときの動荷重変動をひずみゲージを用いて測定したい。この場合の NDT 手順書作成に必要な下記の点について具体的に記述せよ。

- (1) ひずみゲージの選択
- (2) ひずみゲージの接着と防湿
- (3) 測定器の選択
- (4) 記録器の選択と注意

解答例

- (1) ひずみゲージの選択
ゲージ長 5mm、ゲージ抵抗 120Ω、ゲージ率が約 2.0 の単軸はくひずみゲージで、鋼材用の自己温度補償ゲージを使用する。
- (2) ひずみゲージの接着と防湿
ひずみゲージの接着にはシアノアクリレート系接着剤を使用する。
防湿にはクロロプレンゴム系コーティング剤を使用し、これによる十分な防湿処理をする。
- (3) 測定器の選択
測定点数のブリッジボックスとこれに接続する動ひずみ測定器を用意し、記録器に接続して動ひずみの出力を記録する。
- (4) 記録器の選択と注意
記録器として、測定点数分のチャンネルを持つサーマルドットレコーダを用意する。このレコーダの出力から各測定点における動ひずみを求める。使用したひずみゲージのゲージ率は正確に 2.0 にはなっていないので、この差により測定されたひずみの値を次式で修正する。

$$\varepsilon = (2.00 / K_g) \varepsilon_m$$

ここで、 ε 及び ε_m は真のひずみ及び測定される

ひずみ、 K_g は使用したひずみゲージのゲージ率である。

この問題の場合も大型鋼製構造物の屋外におけるひずみの測定なので、測定中に温度及び湿度が変化す可能性がある。まず、ひずみゲージの選択や接着後の防湿にはこのことを考えておかなければならない。このため、鋼材に合った自己温度補償ゲージを使用し、十分な防湿処理をする必要がある

一方、この場合は動ひずみの測定である。動ひずみ測定では、測定点数のブリッジボックスとこれに接続する動ひずみ測定器を用意しなければならない。さらに、動ひずみ測定では測定器の出力を記録器に入れ、この波形と検定基準値から各点のひずみを求めるので、測定点数のチャンネルを持つ記録器を用意する。なお、橋梁を走行する列車の場合は非常に速い現象の測定ではないので、記録器としてはペン書きオシログラフ、サーマルドットレコーダ、データレコーダなどが使用できる。

このような問題として与えられた測定対象における条件を考慮すると、(1)ではひずみゲージの長さや特性、自己温度補償ゲージ、(2)では具体的な接着剤及び防湿剤、(3)では測定点数のブリッジボックスと動ひずみ測定器の準備、(4)では準備すべき記録器の具体例及び測定値の修正などが解答に当たってのキーワードになる。

現在、ひずみ測定レベル 3 二次の C₃ の試験は記述式で、ここで示した問題 A、B のような形式の試験であるが、上で述べたようなキーワードが採点の基準になる。したがって、解答の記述の中にこのようなキーワードが含まれていれば、正答とする。

なお、今回は最近の C₃ 試験で実施されている形式の問題例によりポイントの解説をしたが、現在本試験についての見直しが行われている。このため、基本的には記述式であるが、今後形式が変わる可能性がある。

しかし、いずれにしてもひずみ測定は構造物の安全性監視の面から重要な技術であり、電気抵抗ひずみ測定法は静的、動的両方のひずみ測定ができるので、ここで取り上げた構造物のような測定対象物に対し、参考書ひずみ測定 I、II、III に基づいた内容の問題になる。したがって、問題の形式が変わっても、これらの参考書に述べられている知識を身につけていれば十分解答できる問題になると思われる。