

UTレベル3 二次試験のポイント (C₁ C₂)

JIS Z 2305 による UT レベル 3 の二次試験は、UT 試験方法の基礎知識 (C₁) 30 問以上、UT 試験方法の適用やコード及び規格に関する知識 (C₂) 20 問以上が四者択一形式で行われる。さらに UT の作業手順書の作成 (C₃) の併せて 3 種類の課題が出題される。

本稿では、2003 年秋期に行われた C₁、C₂ 試験のうち、特に正答率の低かった問題と類似した問題を超音波探傷試験問題集 2002 から抽出し、ポイントを解説する。

問 次の文は、超音波の音場特性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。(C₁問題)

- (a) 一辺が D の正方形の振動子の指向性は、その直径が D の円形の振動子の指向性に等しい。
- (b) 探触子の指向性を表すのに指向角が使用される。振動子の直径を D 、試験体中の波長を λ とし、指向角の単位を度で表せば、第 1 零ふく射角 θ_0 を表すときには $\theta_0 \approx 70 \cdot D / \lambda$ となり、エコー高さが -6 dB となる角度 θ_{-6} を表すときには $\theta_{-6} \approx 29 \cdot D / \lambda$ となる。
- (c) 音軸上に小さいきずがあるときのエコー高さの距離特性は、振動子の音軸上の音圧の距離特性の自乗に比例する。
- (d) 指向係数の式は、近距離音場において成立する。

正答 (c)

振動子の指向性は波長と振動子の面積の関数で表され、距離の関数ではない。第 1 零ふく射角 $\theta_0 \approx 70 \cdot \lambda / D$ 、-6 dB となる $\theta_{-6} \approx 29 \cdot \lambda / D$ である。

問 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。(C₁問題)

- (a) 超音波パルスの持続時間は長くなる。
- (b) 林状エコーが発生しやすい。
- (c) 近距離分解能が向上する。
- (d) 方位分解能が向上する。

正答 (c)

広帯域探触子は波数が 1~1.5 波程度のパルスで、時間(距離)分解能がよい。また、広い周波数成分を有しており、減衰材でも低い周波数成分が伝搬するため林状エコーの発生は少ない。しかし、波長が長いために指向角が鈍くなるので方位分解能は低下する。

問 次の文は、残留エコーについて述べたものである。

[A] ~ [D] 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。(C₁問題)

両面平行な厚さ 180 mm の減衰の少ない試験体を 2Z20N で探傷すると、パルス繰返し周波数によっては、残留エコーが探傷図形上に現れることがある。パルス繰返し周波数が 500 Hz のとき、測定範囲 250 mm の目盛板上に現れる残留エコーの位置を推定してみる。

(1) 送信パルスと次の送信パルスの時間間隔 t は次のようになる。

$$t = [A] \times 10^{-3} (\text{s})$$

(2) この時間間隔 t を音速を 5900 m/s としビーム路程 W (mm) に換算すると次のようになる。

$$W = [B] (\text{mm})$$

(3) このビーム路程 W の範囲に、試験体の底面エコーが何回現れるかを計算すると、[C] 回となる。

(4) ([C] + 1) 回目の底面エコーが残留エコーとして探傷図形上に現れる場合、そのビーム路程は [D] mm となる。

[解答群]

[A] (a) 1.00 (b) 2.00 (c) 5.00 (d) 10.0

[B] (a) 2950 (b) 5900 (c) 11800 (d) 29500

[C] (a) 16 (b) 32 (c) 48 (d) 64

[D] (a) 10 (b) 20 (c) 30 (d) 40

正答 [A] (b), [B] (b), [C] (b), [D] (d)

パルス繰返し周波数 PRF = 500 Hz のとき、送信パルスの時間間隔 t は、パルス繰返し周波数 (PRF) とから

$$t = 1 / \text{PRF} = 1 / 500 (\text{Hz}) = 0.002 (\text{s}) = 2.00 \times 10^{-3} (\text{s})$$

表示器上でのビーム路程は反射源までの片道距離で表示されるので、この t 時間に超音波が伝搬する距離は、 $W = C (\text{mm/s}) \times t (\text{s}) / 2 = 5.9 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-3} / 2 = 5900 (\text{mm})$

この間に 180 mm の底面エコーが現れる回数は、 $W / \ell = 5900 / 180 = 32.7777$ であるから 32 回の底面エコーが送信パルスと次の送信パルスの間に存在する。33 回目の底面エコーは次の送信パルスから測って、 $W_1 = 180 \times (32 + 1) - 5900 = 40 \text{mm}$ の位置に現れる。

この類似問題は、問題集に数題掲載されている。

問 次の文は、鋼管の超音波探傷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。(C₂問題)

(a) UOE 鋼管の溶接部に発生するきずには、割れ、溶込み不良、ブローホール、タングステン巻込みがある。

- (b) 電気抵抗溶接鋼管を製造するときの溶接に際して、加熱が過度になるとコールドウェルドと呼ばれる虫食い状態の微小酸化物が残存したきずを生じやすい。
- (c) 配管工事における円周継手現場溶接部の超音波探傷試験において、V 開先裏波溶接部を探傷する場合、ビード中心から 0.5 スキップの位置を左右走査し、エコーの立上がり位置から溶込み不良か妨害エコーかを見分ける。
- (d) 長手継手溶接部の周方向からの斜角探傷において、管厚の中央に存在するきずからのエコーのビーム路程は、0.5 スキップと 1.0 スキップの丁度 1/2 の位置に現われる。

正答 (c)

UOE 鋼管は一般にサブマージーク溶接にて製造される。コールドウェルドは加熱が不足した場合に生じる。管厚の中央にあるきずでも、長手方向溶接部の探傷では、管厚対外径比によりビーム路程にずれが生じる。

詳しい解説は NDI 参考書「各種製品及び溶接構造物の超音波探傷試験」の鋼管の項に記述されている。

問 次の規格名称に対応する記号番号を解答群からそれぞれ一つ選び記号で答えよ。 (C₂問題)

- [A] 超音波パルス反射法による厚さ測定方法
- (a) JIS Z 2345 (b) JIS Z 2350 (c) JIS Z 2354
(d) JIS Z 2355
- [B] 船用鍛鋼品に対する超音波探傷検査規格
- (a) JIS G 0565 (b) JIS Z 0584 (c) JIS G 0587
(d) JFSS I3
- [C] 鋼管の超音波探傷検査方法
- (a) JIS Z 3070 (b) JIS G 0582 (c) JIS G 0584
(d) JIS G 0587

正答 [A] (d) [B] (d) [C] (b)

本問題に関する資料は、レベルⅢ参考書巻末の海外及び国内の超音波探傷規格一覧にある。レベル3資格者として少なくとも、超音波探傷試験に関係する主な規格のタイトルと規格番号、規格の特徴程度は理解しておくことが必要であろう。この種の問題は海外の規格も含めて、類似・変形問題がよく出題されている。

問 次の文は、JIS Z 3060 の規定について述べたものである。誤っているものを一つ選び記号で答えよ。 (C₂問題)

- (a) エコー高さ区分線は RB-41 又は STB-A2 を用いて作成

する。

- (b) エコー高さ区分線は 6 dB ずつ異なる線を引き、区分線により区分された領域を I, II, III, IV と指定する。
- (c) 厚さ 6 mm 以上のフェライト系及びオーステナイト系鋼の完全溶込み溶接部を、パルス反射法を用いた基本表示の超音波探傷器を用いた探傷試験について規定している。
- (d) 平板突合せ溶接部, T 継手溶接部, 角継手溶接部, 円周継手及び探傷面に曲率のある長手継手溶接部の超音波探傷試験について規定している。

正答 (c)

JIS Z 3060-2002 では、対象材厚とビーム路程から RB-41 又は STB-A2 を使用する。区分線で区切られた領域は I ~ IV である。日本建築学会標準では H 線 +6 dB 以上の領域を V としているので混同しないこと。JIS Z 3060 は適用範囲において対象材質をフェライト系鋼としている。本規格の付属書 2 ~ 付属書 6 までに (d) の各継手形状に対する規定がある。

UT レベル 3 の C₁ 及び C₂ 問題は、そのほとんどが JS ND I 発行の「超音波探傷試験問題集 2002」を基にして、類似または一部変形された問題が出題される。C₁ 及び C₂ 問題の出題範囲は以下の構成による。

C₁ 問題

- a) 超音波探傷の基礎の問題
b) 超音波探傷装置と試験片の問題

C₂ 問題

- a) 各種製品の超音波探傷試験
b) 超音波探傷の規格の問題

C₁ 問題の基礎問題では毎回、計算問題が出題される。DGS 線図や減衰係数に関する問題、きずの反射率に関する問題などである。これら計算問題は毎回、正答率が低いのが特徴である。紙面スペースの関係上ここでの解説は難しいので省略したが、例題と解法は超音波探傷試験問題集に記述されているので参考とされたい。

なお、JIS Z 2305 に基づく二次試験の出題傾向は、各分野から広く出題されている。また、同一問題が連続して出題される傾向には無いようで、直近の過去問題重視の勉強法は必ずしも良策ではない。関連参考書をよく理解し、問題集を万遍なく解くことが合格の正攻法と言えよう。

RTレベル2 一次試験のポイント

JIS Z 2305 による RT レベル 2 の一次試験は、UT 部門のレベル 2 の一次試験と同様に、一般試験の問題数 40 問以上と、専門問題の問題数 20 問以上と規定されている。

2004 年の春期試験では一般試験 40 問、専門試験 30 問でいずれも四者択一形式であり、試験時間は 2 時間である。

2004 年春期試験の新規試験及び再試験の結果から、出題問題を内容別に紹介し、正答率の低い問題に類似した問題例のポイントを解説し、受験者の参考に供するものである。

1. RTレベル2 新規試験問題 (一般試験)

一般試験の 40 問は次のとおりであった。なお、ここで 1 問とは、問題の数ではなく、解答欄の数である。

- (a) 放射線の性質に関するもの
- (b) 感光材料、写真処理、濃度に関するもの
- (c) 透過写真のコントラスト、識別限界コントラストに関するもの
- (d) 透過写真の観察に関するもの
- (e) 露出条件、露出量の変動、フィルムに到達する線量の計算
- (f) NDT 技術者の役割に関するもの
- (g) 放射線の管理に関するもの

合計 40 問

なお、計算問題は 40 問中の約 2 割であった。

問 次の文の [A] ~ [C] に適切なものを解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

鉄の減弱係数に寄与する相互作用は、線のエネルギーが 10^4eV では、[A] が大部分を占め、 10^6eV では [B] が大部分であり、 10^8eV では [C] がほとんどである。

解答群 [A] ~ [C]

- (a) 光電効果による吸収係数
- (b) 電子対生成による吸収係数
- (c) トムソン散乱による散乱係数
- (d) コンプトン散乱による散乱係数

正解は [A] が (a)、[B] が (d)、[C] が (b) であるが、正答率は [A] が約 4 割強、[B] が約 4 割弱、[C] は (d) に付けた者がかなりいた。

問 次の文のうち正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 識別限界コントラストはフィルムと増感紙の組合わせが変わっても変わらない。
- (b) 線径がある値より小さい場合は、識別限界コントラストは、線径が小さいほど小さい。
- (c) 線径が 0.5mm 程度以上の場合、識別限界コントラストは、一定の値となる。
- (d) 同一線径に対する識別限界コントラストの値は、濃度が高いほど小さい。

正解は (c) である。正答率は約 2 割弱で、(b) に付けた者が約 5 割いたが、この文章の最後の小さいは、大きいの誤りである。

問 次の文の [D] に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

露出時間のみを変化させて撮影した濃度 1.80 と 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見掛けの透過写真のコントラストは、濃度 2.40 において同一直径の線に対する見掛けの透過写真のコントラストの [D] 倍である。

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

正解は (a) である。正答率は約 4 割で、(b) に約 3 割、(c) に約 2 割の解答があった。「放射線透過試験 問題集」1999 の 208 頁の解説を読んで良く理解してほしい。計算問題の正答率はこの問題の約 4 割が最低で、平均では約 6 割弱であった。問題集を良く勉強すればよいと思われる。

2. RTレベル2 新規試験問題 (専門試験)

専門試験の 30 問の内容は次のとおりであった。

- (a) RT 関係の JIS 規格と用語に関するもの
- (b) JIS Z 3104 : 1995 附属書 1 に関するもの
- (c) JIS Z 3104 : 1995 附属書 2 に関するもの
- (d) JIS G 0581 : 1999 に関するもの
- (e) フィルムの特性曲線と露出線図による計算

(f) JIS Z 3104 : 1995 によるきずの像の分類に関するもの

(g) JIS G 0581 : 1999 によるきずの像の分類に関するもの

合計 30 問

(e)の問題以外はすべて RT 関係の JIS 規格からの問題であり、解答に必要な各規格の表は、問題の末尾に添付されている。

問 次の文の [E] ~ [J] に適する語句を、解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

JIS Z 3104 : 1995 附属書 2 に従って、管の円周溶接部の放射線透過試験を行う場合、試験部の有効長さを示す記号の配置は、次の点に注意する必要がある。

内部線源撮影方法（分割撮影， $L_1 < \text{内半径}$ ），[E] 撮影方法では，[F] 側表面に置くことが原則である。二重壁両面撮影方法の線源側試験部の場合も，試験部の [G] 側表面に置くことが原則である。また，内部線源撮影方法（分割撮影， $L_1 > \text{内半径}$ ）及び [H] 撮影方法の場合には，試験部の [] 側表面に置くことが原則である。このことの理由は [J] ためである。

解答群

[E] (a) 内部フィルム (b) 二重壁片面
(c) 二重壁両面 (d) ダブルフィルム

[F] (a) 線源 (b) フィルム
(c) 濃度計 (d) フィルム観察器

[G] (a) 線源 (b) フィルム
(c) 濃度計 (d) フィルム観察器

[H] (a) 内部フィルム (b) 二重壁片面
(c) 二重壁両面 (d) ダブルフィルム

[] (a) 線源 (b) フィルム
(c) 濃度計 (d) フィルム観察器

[J] (a) 未試験部を無くす (b) 作業能率を向上させる
(c) フィルムきずを防止する (d) 放射線防護の

正解は，[E] が (a)，[F] が (a)，[G] が (a)，[H] が (b)，[] が (b)，[J] が (a) である。[E] では (b) を [H] では (a) を選んだ者が多かった。

問 次の文の [K] に最も適切な値を一つ選び、記号で答えよ。

溶接線の長さ 3,210mm，母材の厚さ 14.0mm，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。しかし、作業現場の状況から、焦点 - フィルム間距離を 465mm 以下にする必要がある。透過写真の像質として JIS Z 3104 : 1995 の A 級が要求されている場合、少なくとも [K] 枚以上の撮影を必要とする。ただし、使用する線装置の焦点寸法は、2.0mm であり、透過度計 - フィルム間距離は 17mm に設定できる。

なお、JIS Z 3104 附属書 1 の表 1 ~ 表 6 を巻末に示す。

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

正解は (d) であるが、正答率は約 4 割であり、(c) を選んだ者が同数近くいた。 $(L_1 + L_2)$ が 465mm 以下で L_2 が 17mm であるから L_1 は 448mm 以下である。試験部の有効長さ L_3 は、像質が A 級の場合、 L_1 の 1/2 以下でなければならないから 224mm 以下となる。したがって、撮影枚数は 3,210mm を 224mm で除した値 14.3 から 15 枚となる。

きずの像の分類については、正答率が鋼溶接継手の場合が平均で約 8 割、鋳鋼品の場合が約 6 割であった。鋳鋼品のきずの像の分類については、「放射線透過試験」及び「放射線透過試験 問題集」では、JIS G 0581 : 1984 で記述されているが、出題は 1999 版になっている。用語が溶接継手のきずの像の分類と整合されて変わっているが、分類のやり方は基本的に同じと考えて良い。

今回は 2004 年春期の一次試験について解説したが、類似問題であり、同様な問題が次回以降で出題されることは限らない。また、出題内容も 2004 年春期の例を挙げたが、必ずしも同様になるとも限らない。なお、本解説については、問合わせには応じられないので、悪しからず了承願いたい。