

UT レベル 2 再認証試験のポイント

2017 年春期より再認証試験は、実技試験が課せられるようになった。資格取得後 10 年を経て再認証試験を受験される方においては従来の学科専門試験から実技試験に、また超音波探傷器もアナログ探傷器からデジタル探傷器に変わり、実技項目も曲面材の探傷が付加されて多くなっており、過去の再認証試験とは様変わりしている。

今回再認証試験にスポットを当てその概要を紹介する。

1. 再認証試験の概要

UT レベル 2 の再認証試験は、JIS Z 2305: 2013 に則して行われる。再認証試験は、新規試験の実技試験の内容と同じである。

UT レベル 2 の実技試験の内容を表 1 に示す。NDT 指示書作成及び 3 体の試験体の探傷が課せられる。探傷は、板材の垂直探傷、T 継手溶接部の斜角探傷及び曲面材の斜角探傷を行う。

実技試験は、試験前に渡される「超音波探傷試験レベル 2 技術者実技試験の概要と試験時間」の冊子に記載されている要領で探傷を行う。

表 1 UT レベル 2 の実技試験内容

No.	課題	概要	時間
1	NDT 指示書作成	NDT 手順書に従って NDT 指示書を作成する。	30 分
2	板材の垂直探傷試験	厚さ 25mm 程度、大きさ 120 × 120mm 程度の板材を垂直探傷する。	15 分
3	T 継手溶接部の斜角探傷試験	RB-41A でエコー高さ区分線を作成し、厚さ 25mm 程度、幅 150mm 程度の T 継手溶接部を斜角探傷する。	40 分
4	曲面材溶接部の斜角探傷試験	RB-42 でエコー高さ区分線を作成し、厚さ 19mm 程度の曲面材（周方向長さ 150mm 程度）突合せ溶接部を斜角探傷する。	30 分
5	データ整理と答案作成（マークシート作成）	探傷装置の調度、探傷データを整理し実技試験答案用紙（マークシート）を作成する。	45 分

2. NDT 指示書作成

NDT 指示書作成は、探傷試験実施前に行われる。レベル 2 技術者の能力として「仕様書又は手順書を、実際の作業条件に適した NDT 指示書に書き換える。」ことが要

求されており、NDT 手順書を参考にして NDT 指示書作成の問題に答える。問題は、四者択一方式となっており、NDT 手順書をよく読んで解答する。NDT 指示書作成の問題は、対象品に鋼溶接部や鋼板又は鍛鋼品がある。対象品の板厚や開先形状などが異なっており、それぞれの問題がランダムに出題される。対応する探傷規格は、鋼溶接部では JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」、鋼板では JIS G 0801「圧力容器用鋼板の超音波探傷検査方法」、鍛鋼品では JIS G 0587「炭素鋼鍛鋼品及び低合金鋼鍛鋼品の超音波探傷試験方法」となっている。

NDT 指示書作成の問題については、2015 年 Vol. 64-6 の NDT フラッシュで詳細が解説されているので参考にされたい。

3. 板材の垂直探傷試験

はじめに探傷器の音速や測定範囲の設定を行い、次に時間軸の調整を行う。調整後の音速値及びゼロ点の値を記録する。試験体の探傷面は粗いので感度補正を行う。試験体と STB-N1 の健全部で底面エコー高さを測定し、その差を感度補正值とする。指定された基準感度に校正し、その値に感度補正值を加えて探傷感度とする。

この探傷感度で板材を垂直探傷し、きずを検出し、最大エコー高さの部位を特定してきずの位置を測定し、きずの深さ位置を探傷器から読み取る。更に重きずについて JIS G 0801 に従ってきずの長さを測定する。探傷面上のきずの位置は、指定された基準位置から X 方向、Y 方向の寸法をスケールで測定する。得られた探傷結果からきずの分類及び合否判定を行う。

3. T 継手溶接部の斜角探傷試験

垂直探傷が終了した時点で超音波探触子を斜角探触子に付け替える指示がある。斜角探触子に交換した状態で斜角探傷の時間軸の調整、入射点の測定、屈折角の測定を行う。垂直探傷と同様に測定範囲を調整した時点で音速値及びゼロ点の値を記録する。その後、RB-41A を用いてエコー高さ区分線を作成し、探傷感度の調整を行う。接触媒質は、指示されているものを使用する。

エコー高さ区分線は、作成後すぐにサインペンを用いて透明シートに H 線測定点のポイントを転写する。

測定した STB 屈折角、入射点、試験体の板厚を探傷器に入力し、T 継手溶接部を指定された面から斜角探傷する。きずを検出したら最大エコー高さの探触子位置で端面からの距離、探触子－基準面距離をスケールで測定し、

表示器からきずの領域、エコー高さ、きずの深さ位置を読み取り記録する。その後、きずの指示長さを指定の方法で測定する。探傷後きずの分類、合否判定を行う。探傷は、直射法及び1回反射法で行い、きずの見逃しがないよう全体をよく走査しなければならない。

4. 曲面材溶接部の斜角探傷試験

T 継手溶接部の斜角探傷が終了した状態では表示器上に T 継手探傷用のエコー高さ区分線が残っている。このエコー高さ区分線を削除するよう指示があるので、指示に従い削除する。測定範囲の調整や探触子の STB 屈折角は、T 継手探傷時に調整、測定した値をそのまま使用することができる。

曲面材探傷用のエコー高さ区分線は、RB-42 を用いて作成する。エコー高さ区分線が作成できたら T 継手探傷時と同様にエコー高さ区分線の H 線測定点を透明シートに転写する。

その後、曲面材の板厚を測定して探傷器に入力する。探傷感度を RB-42 の標準きずからのエコー高さに合わせ、探傷を行う。T 継手の斜角探傷と同様に、きずを検出したら最大エコー高さの探触子位置で端面からの距離、探触子-溶接部けがき線間距離をスケールで測定し、表示器からきずの領域、エコー高さ、きずの深さ位置を読み取り記録する。その後、きずの指示長さを指定の方法で測定し、きずの分類、合否判定を行う。

5. データ整理と答案作成

試験体を探傷し、記録したデータシートを整理し、きず指示長さなどを計算して、データシートを仕上げる。その後、与えられた答案用紙（マークシート）に指定された項目について記録結果を転写し、マークを行い、答案用紙を完成させる。試験体が3体になったことで答案用紙が3枚あり、時間を要するので、データ整理の時間は45分間となっている。答案作成が早くできた受験者は、試験担当者に確認してもらうことで早く提出することができる。

6. JIS Z 2305: 2013 による実技試験の評価方法

JIS Z 2305: 2013 が適用される以前の実技試験は、NDT 指示書の作成及び試験体の探傷結果を合わせて80%以上の得点が得られれば合格となっていた。JIS Z 2305: 2013 による認証では、NDT 指示書の作成の得点が70%以上、かつ、各試験体毎の得点が70%以上が必要となる。合格

点が70%と低くなったように感じるが、それぞれの試験の得点で70%以上が必要となるため厳しくなっていると考えられる。また、試験体毎に報告の義務のあるきず（マンドトリ）が定められており、このきずが検出できなければ、その試験体における得点が得られない。マンドトリのきずはおおむね検出しやすいきずが該当している。

7. 記録項目について

記録項目として表2に示した種々の項目が評価対象となることから、探傷器名や探触子の製造番号、試験体の番号、探傷器を調整したときの音速、ゼロ点の値、斜角探触子の入射点の値などを記録する。

また、判定基準による評価まで実施する必要があり、「超音波探傷試験レベル2技術者実技試験の概要と試験時間」の冊子をよく確認して、合否判定をする必要がある。

表2 記録項目

No.	項目	内容
1	探傷器名	探傷器の右上に表示されている探傷器名を記入する。
2	探触子製造番号	探触子の製造番号を記入する。 垂直、斜角それぞれの番号
3	ゼロ点の値	探傷器の時間軸を調整した時点での、ゼロ点の値を記入する。 (垂直、斜角) 小数点以下2桁まで記入する。
4	音速値	探傷器の時間軸を調整した時点での、音速値を記入する。 (垂直、斜角)
5	試験体番号	試験体に表示されている番号を記入する。
6	入射点	斜角探触子の入射点の値を記入する。
7	STB 屈折角	斜角探傷で、屈折角を測定した時点での、STB 屈折角を記入する。
8	探傷感度	探傷感度を調整した時点でのゲインの値を記録する。
9	きずの情報	きずの位置、深さ位置、きず指示長さ、エコー高さ、領域の表示記号を記録する。
10	きずの分類	垂直探傷では○、△、×。 斜角探傷ではきずの指示長さによってきずの分類を行う。 (1類から4類)
11	合否判定	判定基準が冊子に記載されているので、この判定基準に従って合否の判定を行い、結果を記録する。

TT レベル 2 一般試験問題のポイント

NDIS 0604 に基づく赤外線サーモグラフィ試験は 2017 年秋期で、レベル 1 は試験実施 12 回目 (2012 年春開始)、レベル 2 は試験実施 10 回目 (2013 年春開始) を数える。TT レベル 2 一次試験 (筆記試験) は、赤外線サーモグラフィ試験の認証制度、赤外線の基礎及び機器や計測等に関する一般的な問題が出題される一般試験と、各種工業分野に関わる、より専門的な問題が出題される専門試験からなる。

今回は、TT レベル 2 一次試験の一般試験の概要及び注視点について解説する。なお、TT レベル 2 の一次試験専門試験及び二次試験 (実技試験) についても、随時解説していく予定である。

問 1 次の文は、TT レベル 1 技術者には実施できない TT レベル 2 技術者が実施できる事項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) TT 機器の調整
- (b) 判定基準に基づく TT 結果の記録・分類
- (c) TT 手順書の作成
- (d) TT 指示書の作成

正答 (d)

(a) 及び (b) は TT レベル 1 技術者においても実施可能であり、(c) は TT レベル 3 技術者だけが実施できる。TT 指示書は、NDT 手順では記載されていない詳細な作業手順を具体的に記載した技術文書であり、TT レベル 2 以上の技術者が必要に応じて作成できる文書である。よって、正答は (d) である。その他、TT レベル 2 技術者が実施できなければならない事項は、以下のとおりである。

- ・適用限界の決定
- ・TT 機器の校正
- ・TT の監督
- ・TT 仕様書に基づく TT 結果の解釈と評価
- ・TT レベル 1 技術者のすべての職務の実施とその監督
- ・TT レベル 1 技術者の訓練と指導
- ・TT 結果のとりまとめとその報告

問 2 次の文は、伝熱形態の一つである伝導に関する以下の基本式について記述したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2} \quad (1)$$

- (a) 単位時間・単位面積当たりに流れる熱量 (熱流束) について説明したものである。
- (b) 温度差のある流体同士、あるいは流体-固体間で生じる伝熱現象について説明したものである。
- (c) α は、「熱伝導率 λ / (密度 $\rho \times$ 比熱 C_p)」で与えられる。
- (d) α は、「熱が流れる方向の温度勾配 (dT/dx) \times 熱伝導率 λ 」で与えられる。

正答 (c)

(1) 式は、熱伝導の非定常状態における物体の単位時間当たりの温度変化を示したものである。 α は (c) の式で表される温度伝導率 (あるいは熱拡散率) と呼ばれ、物体の温度変化の速さに関係する熱物性であり、(c) が正しい。(a) と (d) は熱伝導の定常状態を表す式 (フーリエの熱伝導の法則) の熱流束について、(b) は対流についてそれぞれ説明したものである。伝熱形態には上述した伝導・対流と、空気中および真空中で生じる電磁波による熱移動である放射がある。これらは赤外線サーモグラフィで計測される温度分布に深く関係する事項なので、十分に理解してほしい。

問 3 赤外線サーモグラフィは長波長形装置と短波長形装置に大別できる。次の文は、一般に短波長形装置が長波長形装置に比べて優位な点を説明したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 太陽光反射の影響が小さいこと
- (b) 室内反射の影響が小さいこと
- (c) 大気の影響が小さいこと
- (d) 測定対象物の色による放射率の違いが小さいこと

正答 (b)

(a)、(c) 及び (d) は長波長形装置の優位性を示しており、正答は (b) となる。また、(b) 以外の短波長形の優位な点として、特殊な測定・用途に用いられる特殊波長帯域測定フィルタ (例: 燃焼ガス透過フィルタ、火炎测温フィルタなど) が、短波長形の装置に限定される点が挙げられる。赤外線の波長は、放射や反射、吸収の程度に大きく関わっており、装置選択や測定の際にはこれらに留意する必要がある。

問4 垂直視野角 20° のレンズを装着した赤外線サーモグラフィがある。以下に示す値は、二次元センサの素子数が水平 640×垂直 480 であった場合の垂直方向の空間分解能を示したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 約 0.41mrad
- (b) 約 0.36mrad
- (c) 約 0.55mrad
- (d) 約 0.73mrad

正答 (d)

空間分解能、最小検知寸法及び視野角の関係を図1に示す。空間分解能は、二次元センサを使用した赤外線サーモグラフィ装置において映像化できる最小視野角を示し、次式の通り、該当する方向（水平 or 垂直）の視野角をその方向のセンサ素子数で除することで求められる。

$$20^\circ \times (2\pi / 360) / 480 = 0.73 \quad (2)$$

また、空間分解能はセンサの素子ピッチをレンズの焦点距離で除することでも得られる。赤外線サーモグラフィの装置系や測定距離などを決定する際には、これらの理解が必要不可欠である。

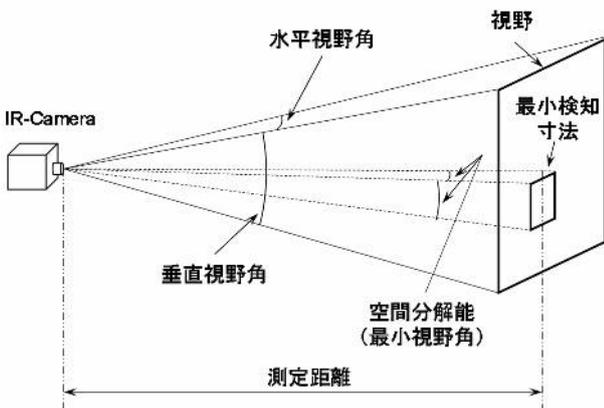


図1 空間分解能、最小検知寸法及び視野角の関係

問5 次は、熱弾性応力測定法で測定できる応力を示したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 熱処理による残留応力
- (b) 機械的な繰返し負荷によって生じる主応力和変動
- (c) ねじりにより生じるせん断応力
- (d) 配管に低温・高温流体が交互に流れることで生じ

る熱応力

正答 (b)

熱弾性応力測定法は、機械的負荷の下での熱弾性効果による温度変化から、物体に作用する応力変化を測定する手法である。したがって、同手法では静的な荷重や残留応力の評価を行うことはできず、また、測定されるのは主応力和の変動分であり、せん断応力は測れない。よって (b) が正しい。

主応力和変動に伴う温度変化は、材料定数である熱弾性係数 k によって与えられ、室温下の鋼材の場合は 1MPa の主応力和変化に対して、約 1mK の温度変化が生じることになる。上述のように、熱弾性効果による温度変化は非常に小さいため、一般には高い温度分解能を有する量子型（冷却型）の赤外線サーモグラフィが使用される。赤外線サーモグラフィを用いた検査・測定技術にはいくつか種類があるが、TT レベル 2 技術者には熱弾性応力測定についても知っておいてほしい。

問6 次は、測定される赤外線強度（温度）が時間的に周期変動する画像のノイズ低減に、特に有効な信号処理及び画像処理を示したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 平滑化処理
- (b) 平均化処理（画像加算平均処理）
- (c) ロックイン処理
- (d) 閾（しきい）値処理

正答 (c)

(a) の平滑化処理は、注目画素を中心として近傍画素の平均値をその画素の代表値として置き換える移動平均化手法であり、(b) の平均化処理は、複数枚撮影した画像を加算して平均化する処理である。また、(d) の閾（しきい）値処理は、ある一定レベルを超える（又は下回る）値を持つ画像領域を排除する（又は抽出する）手法である。(c) のロックイン処理は、繰返しの温度変化を周波数に基づいて信号処理して画像のノイズ改善を行うものであり、正解は (c) となる。ロックイン処理は、問5 で示した熱弾性応力測定 of ノイズ改善方法としてよく用いられている。

本解説及び参考書や問題集を参考に、試験突破を目指していただきたい。