

UT レベル 1 再認証試験のポイント

2017 年春期の再認証試験よりレベル 1 とレベル 2 では、実技試験が課せられるようになった。資格取得後 10 年を迎え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、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、また、実技試験には板材の垂直探傷が追加されて 3 項目となり、過去の再認証試験とは様変わりしている。

今回 UT レベル 1 の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 1 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 1 の実技試験の内容を表 1 に示す。実技試験は、3 体の試験体の探傷が課せられる。課題は、角材及び板材の垂直探傷、平板溶接部の斜角探傷である。

実技試験は、試験前に配布される冊子に記載されている要領で探傷を行う。

表 1 UT レベル 1 の実技試験内容

No.	課題	概要	時間
1	角材の垂直探傷試験	厚さ 110mm 程度の試験体を探傷し、きず位置及び F/B_F 値を測定する。	15 分
2	板材の垂直探傷試験	厚さ 20~30mm、大きさ 120×120mm 程度の板材の垂直探傷を行う。	15 分
3	平板溶接部の斜角探傷試験	STB-A2 試験片でエコー高さ区分線を作成し、厚さ 18mm 程度、溶接長 150mm 程度の平板仮想溶接部の斜角探傷を行う。	30 分
4	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。	40 分

2. 角材の垂直探傷試験

はじめに探傷器名や探触子の製造番号を確認して記録する。探傷器の音速を垂直探傷用の 5900m/s とし、測定範囲を指定された距離に設定する。その後標準試験片を用いて時間軸 (音速及び 0 (ゼロ) 点) の調整を行う。調整後の音速値及び 0 (ゼロ) 点の値を記録する。探触子を試験片から外したときに送信パルスが 0 点付近にあ

ることを確認する。次に、探傷を行う試験体を確認し試験体番号を記録する。指定された面に接触媒質を塗布し、垂直探触子を当てて底面エコーを確認する。このとき底面エコーのビーム路程が試験体の厚さと一致していることを確認しておく。二つのゲートのうちの一つを底面エコーの部分に設定し、もう一つのゲートをきずが検出されると推定される部分に設定する。探傷器の探傷感度を指定された値にゲイン値を設定し、指定された面をくまなく走査してきずを検出する。きずは複数存在する。きずエコーを検出したら、最大エコー高さが得られる点を求め、その点でのきずの深さ位置をビーム路程から求め、基準点からの X 方向及び Y 方向の探触子位置をスケールで測定し、記録する。更に、 F/B_F を求めるために、エコー高さを例えば 80% にゲイン調整機能を使用して調整し、そのときのゲイン値を記録する。そして、きずエコー高さが最大の状態を維持したままで、底面エコー高さを同じ 80% に調整しそのときのゲイン値を記録する。 F/B_F のデシベル値は 80% に合わせたときのそれぞれのゲイン値を F 及び B_F とすると、 $-(F-B_F)$ で求められる。これをそれぞれのきずで測定して記録する。

F/B_F を求める上で注意すべき点は、 B_F のエコー高さを測定する際、きずエコー高さが最大の状態であることが重要で、少しでも探触子の位置がずれると、きずエコー高さが最大ではなくなり、底面エコー高さが高くなる。また、垂直探傷では接触媒質の厚さによって底面エコー高さは変化するので、エコー高さが安定した状態で測定することが重要である。また、きずエコー高さと、きずエコー高さが最大のときの底面エコー高さを比較したときに、ゲイン値をそのまま引き算すると、きずエコー高さがゲイン値の方が大きいので F/B_F の値がプラスになるが、プラスマイナスをよく考えて解答してほしい。

3. 板材の垂直探傷試験

角材の探傷の後に板材の探傷を行う。時間軸調整はそのままでも良い。板材の探傷感度は NDT 指示書に記載されているのでそれに従い STB-N1 試験片を用いて調整する。探傷面は STB-N1 と同程度に平滑であるので感度補正は指示されていない。

探傷感度調整後板材の垂直探傷により、きずを検出し、最大エコー高さの部位を特定してきずの深さ位置を探傷器から読み取る。次に探傷面上のきずの位置を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。きずの平面上の位置は、探触子を走査して最大エ

コー高さが得られる点で、基準点の位置からの寸法を測定して記録する。重きずの場合は、きずの広がりがあるためきずの長さの範囲内であればよい。

垂直探傷では、探触子は円形であるため、きずの平面位置を正確に測定するために、基準点から探触子の側面までを測定し、探触子の半径を加える方法を推奨する。

得られた探傷結果からきずの分類を行う。きずの分類は冊子に記載している JIS G 0801 に準じた表によりきずエコー高さが 25% を超え 50% 以下の場合を軽きず (○)、50% を超え 100% 以下の場合を中きず (△)、100% を超えるきずエコーを重きず (×) とする。エコー高さの記録は 100% までは測定したエコー高さの値を記録し 100% を超える場合は (>100%) と記録する。

4. 平板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、STB-A2 のφ4×4mm 平底穴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。

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、平板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-溶接部距離をスケールで測定し、表示器からきずエコー高さの領域、きずの深さ位置を読み取り、更に、きずエコー高さのエコー高さ区分線との差を求めて記録する。その後、きずの指示長さを指定の方法で測定する。探傷は、直射法又は 1 回反射法のうち指定された方法で行い、きずの見逃しが無いよう全体をよく走査しなければならない。

5. データ整理と答案作成

実技試験会場からデータ整理の場所に移動し、探傷結果を整理してマークシート方式の答案用紙を完成する。実技会場で試験体番号など必要な記録を確実にしておかないとデータ整理の会場に移動してからでは後の祭りとなる。探傷結果を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。答案用紙は垂直探傷用と斜角探傷用

に 2 枚あり、データ整理の時間は 40 分間となっている。

6. 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、0 (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、板材の探傷ではきずの分類、平板溶接部の斜角探傷ではきずエコー高さの領域及びエコー高さ区分線からの差を求める必要があり、試験前に配布される冊子をよく確認して、記録する必要がある。

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	0 (ゼロ) 点の値	探傷器の時間軸を調整した時点での、0 (ゼロ) 点の値を記入する。(垂直, 斜角) 小数点以下第 2 位まで記入する。
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、きずの指示長さ、きずエコー高さ、領域の表示記号を記録する。
10	きずの分類	板材探傷では○, △, ×に分類する。斜角探傷ではきずエコー高さの領域とエコー高さ区分線との差を記入する。

7. 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、試験体の探傷結果を合計して 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、試験体毎に 70% 以上の得点が必要となる。合格点が 70% と低くなったように感じるかもしれないが、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。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。

ST レベル 2 再認証（実技）試験のポイント

JIS Z 2305 が変更され、これにより資格証明書の有効期限が発行年月日から 10 年目の非破壊試験技術者に対する再認証試験も変更された。ここでは、ひずみゲージ試験（ST）レベル 2 技術者に対する新しい再認証試験について紹介する。

1. 新しい再認証試験制度

今回の制度では受験申請の機会が 1 回のみになった。再認証対象者には事前に連絡があり、案内が送付されるが、受験申請受付期間に手続きをしないと再認証試験及び再認証再試験の機会を失い、資格証明書が失効することになる。したがって、このような場合は新規試験を受けることになる。なお、新しい制度では受験申請の機会は 1 回になるが、再試験は約半年間に 3 回行われる。また、従来のレベル 2 の技術者に対する再認証試験は、新規一次試験と同じ日に行われる筆記試験であったが、変更後は別の日程で行われ、筆記試験ではなく実技試験になるので、これにも注意してもらいたい。

2. ST レベル 2 の再認証試験

上で述べたように、レベル 2 の資格者に対する変更後の再認証試験はひずみゲージによる実技の試験で、静ひずみ及び動ひずみ測定の実施に関する試験である。この試験では、ひずみゲージの接着、静ひずみ測定で得られたデータの処理、動ひずみの測定、報告書の作成、NDT 指示書の作成からなる項目の試験が行われる。表 1 は試験項目と各項目の試験時間である。

表 1 試験項目と試験時間

試験項目	試験時間
ひずみゲージの接着	10分
動ひずみの測定	15分
報告書の作成（データの処理）	40分
NDT 指示書の作成	30分
	合計 95分

3. ひずみゲージの接着

被測定物表面にひずみゲージを接着する。使用するひずみゲージは単軸リード線付のものである。このゲージの接着には、現在常温下の測定で一般に使用されているシアノアクリレート系の接着剤を使用する。通常の業務でひずみゲージの接着作業をしている受験者にはとくに

注意する必要はないが、あまり経験がない受験者の場合には、この接着剤で正確な接着をするための被測定物表面の洗浄処理、接着の位置決め、接着剤の扱いなど、作業上注意しなければならない点がある。これらの点については省略するが、参考書『ひずみゲージ試験 I』あるいは『ひずみゲージ試験 II』で詳しく述べられているので、習得しておいてもらいたい。

4. 静ひずみの測定に関する試験

ここでの静ひずみ測定試験は、負荷された構造部材で測定されたひずみのデータ処理、すなわち部材の強度あるいは安全性評価に必要な主応力などをひずみ測定値から求める作業である。一般に負荷されている部材のひずみあるいは応力の主方向は不明である。このため、三軸ロゼットゲージを使用して任意 3 方向のひずみを測定するが、今回の試験では、予め三軸ロゼットゲージにより測定された 3 方向のひずみの値 ϵ_1 、 ϵ_2 、 ϵ_3 から、まず次の各式により最大主ひずみ ϵ_1 、最小主ひずみ ϵ_2 、主方向 θ 、最大せん断ひずみ γ_m を求める。

$$\epsilon_1 = (\epsilon_1 + \epsilon_2) / 2 + \{[(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_1 - \epsilon_3)^2] / 2\}^{1/2} \quad (1)$$

$$\epsilon_2 = (\epsilon_1 + \epsilon_2) / 2 - \{[(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_1 - \epsilon_3)^2] / 2\}^{1/2} \quad (2)$$

$$\tan 2\theta = (\epsilon_1 + \epsilon_3 - 2\epsilon_2) / (\epsilon_1 - \epsilon_3) \quad (3)$$

$$\gamma_m = \epsilon_1 - \epsilon_2 \quad (4)$$

さらに、平面応力状態で、部材は弾性限度以下とし、この部材の縦弾性係数を E 、ポアソン比を ν として主応力 σ_1 、 σ_2 、最大せん断応力 τ_m を次の各式で求めてもらう。

$$\sigma_1 = \{E / (1 - \nu^2)\} (\epsilon_1 + \nu \epsilon_2) \quad (5)$$

$$\sigma_2 = \{E / (1 - \nu^2)\} (\epsilon_2 + \nu \epsilon_1) \quad (6)$$

$$\tau_m = \{E / 2 (1 + \nu)\} \gamma_m \quad (7)$$

ここで使用する各式は正負の符号などを誤って記憶する可能性もある。試験のときに与えられると思われるので、とくに覚えておく必要はないが、上述のような流れにしたがって要求されている値を求めることを知っておいてもらいたい。なお、この静ひずみ試験は主に計算による処理作業なので、試験時間は報告書の作成の項目内に含まれている。

5. 動ひずみの測定

動ひずみの測定試験は表面に単軸ひずみゲージが接着された片持はりの一次弾性振動で観察される波形を記録

し、この波形から動ひずみ及び応力、さらに振動の周期及び振動数（周波数）を求めてもらう。図1はこのような振動試験で記録された波形の例である。

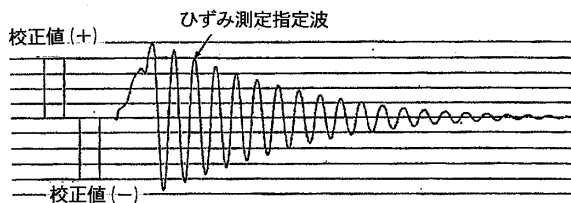


図1 記録された振動波形の例

図1で校正値 ϵ_c の高さを h_c 、ひずみの測定を指定された波形の高さ（片振幅）を h_x とすると、この波形のひずみ ϵ_x は次の式で求められる。

$$\epsilon_x = (h_x / h_c) \times \epsilon_c \quad (8)$$

このため、波形を記録する場合に指定された波形の高さに適した記録器の校正値を設定しないと測定精度が悪くなるので注意する必要がある。

さらに、片持りは弾性振動をしているので、このときの応力 σ_x は、はり材料の縦弾性係数を E とすると次の式で求められる。

$$\sigma_x = E \times \epsilon_x \quad (9)$$

一方、上の波形の横軸は時間を示している。したがって、波の間隔から振動の周期 T がわかり、この逆数、すなわち振動数 f は次の式で求められる。

$$f = 1 / T \quad (10)$$

なお、周期を求める場合には記録器の横軸の倍率も適切な設定をする必要があり、何波かの波の間隔を測定してその平均値で周期を求める方がより精度がよくなるので心得ておくとよい。

6. 報告書の作成

報告書はひずみゲージの接着、静ひずみの測定、動ひずみの測定の各項目で要求されている測定値及び計算値を与えられた解答用紙に記入する形式で作成する。

7. NDT 指示書の作成

レベル2のNDT技術者の業務として、与えられた手順書を基にレベル1の技術者に対するひずみ測定の指示書の作成が課せられている。このため、新しい再認証試験では指示書の作成に関する試験も行われる。表2にはこの指示書の項目を示してある。しかし、この試験の時間は前の表1に示されているように30分であるので、表2のa)からh)までの各項目について、右の例題の

ように与えられた手順書を参考にして、各項目の文書の空欄に入れるべき用語あるいは数値を記載する形式で出題される。

表2 指示書の項目

a) まえがき（適用範囲，参考資料）
b) 技術者
c) 調整を含む使用機器
d) 試験体（製品）
e) S Tの準備と測定条件
f) S Tの適用に関する詳細な指示事項
g) S Tの結果及び記録
h) S Tの結果の報告書

以下に指示書の作成に関する問題の例を示す。

手順書で与えられている課題が「アルミニウム合金の引張試験」であるとし、これに対する表2のa), b), c)の項目の文書が次のようであるとする。

a) まえがき（適用範囲）

「本指示書はアルミニウム合金試験片の引張試験により [1] を求めるのに適用する。」

b) 技術者

「本試験は日本工業規格 [2] で制定されたS Tレベル1以上の有資格者が実施する。」

c) 調整を含む使用機器

「本試験では [3] を使用してひずみを測定する。」

問 上の各項目の文書の空欄 [1] ~ [3] に入れるべき用語を記せ。

正答 [1] 強度特性, [2] JIS Z 2305, [3] 静ひずみ測定器あるいはデータロガー

正答の各用語は課題として与えられている手順書や参考書『ひずみゲージ試験II』などに示されており、これを参考にして解答してもらう。なお、紙面の制約により表2のa) ~ c)の項目に関する文書の例題を取り上げたが、これ以外のd) ~ h)の項目についての文書も与えられ、上のような空欄に入れる用語あるいは数値を記入する形式の間が15問出題される。

ひずみゲージ試験の受験者を対象にした再認証試験の紹介をした。受験者によってはNDT指示書作成の問題例以外に心得ている項目であると思われるが、この点をご容赦願いたい。