

JIS Z 2305 によるレベル3の基礎試験及び再認証試験の概要

1 概要

レベル3の資格試験は、新規試験と再認証試験とに大別される。前者は新規に資格を取得しようとする場合に受験し、後者は資格証明書の所持者が、第2の有効期間終了時に継続して資格を保有する場合に、更に NDIS 0601 の3種資格者が通常移行試験を受けて JIS Z 2305 のレベル3に移行し、継続して資格を保有する場合に、また、早期移行により NDIS 0601 から JIS Z 2305 資格に移行済みの方が、その資格の有効期間完了時に受験することになる。

試験概要を表1に示す。試験実施時期の面では、一次試験と二次試験とに大別される。レベル3の一次試験は、基礎試験が行われ、再認証試験も一次試験実施時期に合わせて実施される。通常移行の場合は、移行試験も再認証試験受験時に受験することになる。本稿では、一次試験として行われる基礎試験とそれに実施時期を合わせて行われる再認証試験の概要を述べる。

表1 レベル3試験内容

分類	一次	二次
新規	基礎試験	主要な方法の試験
資格者：第2の有効期間終了時 早期移行者：資格有効期限完了時	再認証試験	
NDIS 0601 から JIS Z 2305 に通常移行する場合	再認証試験	
	移行試験*1	

注 *1：3種を複数保有している場合は第1回目の移行試験のみ

2 基礎試験

2.1 基礎試験は、RT、UT、MT、PT、ET、SMの6NDT方法に共通の筆記試験である。

2.2 基礎試験の試験時間は、最大150分である。

2.3 基礎試験の内容、出題数、出題形式及び試験時間は、表2の通りである。

2.4 選択問題の選択方法

受験申請時に6NDT方法中の4NDT方法の試験問題を、以下の要領で選択する。

- (1) 受験したNDT方法がRT又はUTの場合には、受験申請したNDT方法と、それ以外のいずれか3NDT方法とを合わせて、4NDT方法を選択する。
- (2) 受験したNDT方法がRT又はUT以外の場合には、受験したNDT方法とRT又はUTのいずれかを必ず選択し(両方選択も可)、これらとその他のNDT方法とを合計して4NDT方法を選択する。

表2 レベル3の基礎試験の内容、出題数、出題形式及び時間

基礎試験の内容	出題数	出題形式	最大試験時間
材料科学及び製品・製造技術に関する問題	25問	四者択一(筆記)	合計150分
認証システムに関する問題	10問	四者択一(筆記)	
レベル2の4NDT方法に関する問題(6NDT方法より選択)	各NDT方法につき15問(合計60問)	四者択一(筆記)	

2.5 基礎試験の合格基準

基礎試験で70%以上の得点を得た者は一次試験合格となり、二次試験を受験することができる。

2.6 基礎試験の有効期間

基礎試験の合格者には、合格証明書が発行される。その有効期間は、5年間である。

2.7 材料科学及び製品・製造技術に関する問題に対する参考書

非破壊試験技術者のための金属材料概論(1998年版)
非破壊試験技術者のための金属材料入門(1998年版)
非破壊試験概論(1993)・同問題集
JIS Z 2300 非破壊試験用語 などがある。

2.8 認証システムに関する問題に対する参考書

JIS Z 2305(2001年版)
なお、基礎試験では、認証システムに関する書籍の持込みは不可となっている。

3 再認証試験

3.1 認証システムに関する問題とNDT方法の適用に関する問題が出題される。出題数、出題形式及び試験時間は、表3の通りである。

表3 再認証試験の出題数、出題形式及び試験時間

NDT方法	出題数	出題形式	試験時間
各NDT方法	認証システムに関する問題 5問 NDT方法に関する問題 20問	四者択一(筆記)	60分

3.2 合格基準

認証システムとNDT方法の適用に関する問題を合わせて採点し、80%以上得点すれば合格である。

3.3 認証システムに関する参考書

JIS Z 2305(2001年版)
なお、再認証試験では、認証システムに関する書籍の持込みは不可となっている。

S M 2 二次試験の概要とポイント

従来から行われていた NDIS 0601 による非破壊試験技術者の技量認定試験が 2003 年春期より JIS Z 2305 に基づいた資格試験に移行された。ここでは、特に移行後のひずみ測定 (S M) 部門レベル 2 の資格試験における二次試験の要点について紹介をする。

1. S M レベル 2 の二次試験の概要

S M 部門レベル 2 の二次試験はひずみゲ - ジの接着、静と動のひずみ測定を行う実技、及びレベル 1 の技術者に対する作業指示書作成の試験が行われる。表 1 にはこの二次試験の項目と時間配分を示してある。

表 1 二次試験の項目と時間配分

試験項目	時間配分
単軸ゲージ (リード線付き) の接着	10 分
静ひずみの測定	30 分
動ひずみの測定	30 分
解答用紙 (試験報告書) の作成	20 分
作業指示書の作成	30 分
合計	120 分

なお、試験時間の合計は 120 分 (2 時間) になっているが、各項目はそれぞれに与えられた時間内で作業を終了するようにされている。

2. ひずみ測定の実技試験

2.1 試験片

ひずみ測定の実技試験では図 1 のような寸法で厚さが 2 mm の 2 本の軟鋼短冊形試験片 (試験片 1, 試験片 2) が用意されている。

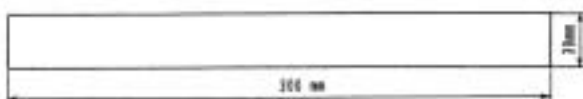


図 1 試験片の形状寸法

試験片 1 は静ひずみ測定試験用のもので、あらかじめ表面にはリ - ド線付きの直角 3 軸型ロゼットゲ - ジが接着されている。一方、試験片 2 は接着並びに動ひずみ測定試験用のもので、受験者各自によりこの試験片の表面にひずみゲ - ジを接着してもらう。

2.2 ひずみゲ - ジの接着

ひずみゲ - ジ接着の試験は試験片 2 の表面に単軸リ - ド線付きのひずみゲ - ジをシアノアクリレ - ト系接着剤で接着する作業である。この接着作業では、接着前の試験片表面の処理や接着の位置決め、あるいは接着後の状態や絶縁抵抗のチェックなどを行ってもらう。したがって、これらの作業に関することを十分心得ておかないと良好な接着ができず、ひずみ測定を実施する際に正確な測定ができなくなる。

2.3 静ひずみの測定

静ひずみ測定の試験は前述の試験片 1 を使用し、この試験片を図 2 に示すような試験装置に固定して片持りにする。



図 2 ひずみ測定の試験装置

本試験では直角 3 軸型ロゼットゲ - ジが接着された試験片のひずみを測定するので、まずこの 3 方向のひずみが測定できるように静ひずみ測定器へ 2 線式結線法による結線をする。次に、図 2 のように試験片の自由端近傍に荷重をかけて曲げ変形を与え、このときに生じる表面のひずみを測定する。また、図 3 にはここで使用する直角 3 軸型ロゼットゲ - ジを示してある。

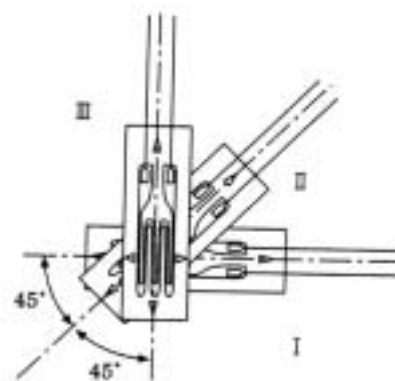


図 3 直角 3 軸型ロゼットゲージ

このロゼットゲ - ジは図 3 のように軸が 45° 方向異なった 3 枚のひずみゲ - ジで構成されているが、ここで扱う試験片には、いずれのゲ - ジも長手 (主) 方向には一致していない状態で接着されている。したがって、主方

向とは異なった3方向のひずみを測定することになる。

また、この静ひずみ測定試験ではデジタル静ひずみ測定器を使用する。しかし、測定器は必ずしも受験者が手慣れた機種のものである保証はなく、試験場で与えられたものを使用しなければならない。このため、不慣れた機種の場合でも取扱い説明書を参照しながらひずみゲ-ジの結線、あるいは測定器の初期調整やプリンタ操作などが手際よくできるよう心掛けておく必要がある。

2.4 動ひずみの測定

動ひずみ測定の試験にはゲ-ジの接着試験で受験者各自が単軸ひずみゲ-ジを接着した試験片2を使用する。本試験では、まず静ひずみ測定の場合と同じ装置に試験片2を固定して片持りにする。つぎに、自由端近傍の任意の位置におもりを取付けた状態で曲げ一次の自由振動を与え、このときに生じる試験片表面の動ひずみに関係した図4のような波形を記録してもらおう。

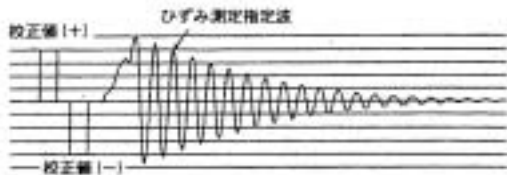


図4 記録された振動波形の例

なお、この試験では自動バランス式動ひずみ測定器及びアナログ(サ-マルドット)レコ-ダを使用する。しかし、この場合も試験場で与えられた測定器並びにレコ-ダを使用するので、取扱い説明書を参照しながら操作が円滑にできるよう心掛けておく必要がある。

3. 試験報告書(解答用紙)の作成

静ひずみ及び動ひずみ測定を実施して得られた資料を基に試験結果として要求されている各値を計算し、これを記入した解答用紙を作成して提出する。

3.1 静ひずみ測定結果による解答用紙の作成

静ひずみ測定の試験では前に述べたように直角3軸型ロゼットゲ-ジによる3方向のひずみの値が得られている。しかし、測定器の設定ゲ-ジ率と異なったゲ-ジ率のひずみゲ-ジを使用するので、まず次の式(1)による補正をして各方向の真のひずみの値を求めなければならない。

$$\epsilon_i = \frac{K_m}{K_g} \epsilon_{im} \quad (1)$$

ここで、 ϵ_i 及び ϵ_{im} は真のひずみの値及び測定さ

れたひずみの値、 K_m 及び K_g は測定器の設定ゲ-ジ率及び使用したひずみゲ-ジのゲ-ジ率である。

次に、この3方向のひずみの値から最大、最小の主ひずみと最大のせん断ひずみを求め、さらにこれに対応した最大、最小の主応力と最大のせん断応力並びに主方向を求めることが要求されている。これらの値はモ-ルの円による図的な方法あるいは計算式による方法で求められるが、詳細については参考書「ひずみ測定」に掲載されている。本試験では計算式による方法で上述の各値を求める。直角3軸型ロゼットゲ-ジにおける最大、最小の主ひずみと最大のせん断ひずみは以下に示す式(2)を用いて算出することができる。

$$\begin{aligned} \epsilon_{max} &= \frac{1}{2} (\epsilon_1 + \epsilon_2 + \sqrt{A}) \\ \epsilon_{min} &= \frac{1}{2} (\epsilon_1 + \epsilon_2 - \sqrt{A}) \\ A &= 2[(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2] \\ \gamma_{max} &= \epsilon_{max} - \epsilon_{min} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 ϵ_{max} 、 ϵ_{min} 、 γ_{max} は主ひずみ及び最大せん断ひずみ、 ϵ_1 、 ϵ_2 、 ϵ_3 は直角3軸型ロゼットゲ-ジで測定された3方向のひずみである。

さらに、最大、最小の主応力と最大のせん断応力並びに主方向は次の式(3)で算出する。

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_{max} + \nu \epsilon_{min}) \\ \sigma_{min} &= \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_{min} + \nu \epsilon_{max}) \\ \tau_{max} &= \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{max} \\ \theta &= \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\epsilon_3 - (\epsilon_1 + \epsilon_2)}{\epsilon_1 - \epsilon_2} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 σ_{max} 、 σ_{min} 、 τ_{max} 及び θ は主応力と最大せん断応力及び主方向である。また、 E 及び ν は試験片材料の縦弾性係数及びポアソン比で、試験に使用される軟鋼材料では 200 GPa 及び 0.3 程度であるが、これらの正確な値は試験時に与えられる。

また、上で示した式は多少複雑である。しかし、試験時にはこれらの式もあらかじめ与えられているので、測定された値を代入すれば要求されている各値が容易に得られるようになっている。

3.2 動ひずみ測定結果による解答用紙の作成

先の図4は動ひずみ測定試験のレコ-ダで記録された波形の例であるが、この図の縦軸はひずみによる出力電圧を、横軸は時間変化を示している。また、これには標

準ひずみの校正値も示してある。そこで、まずひずみを測定するように指定された波の片振幅と校正値との比較により、ここでの動ひずみを求めてもらう。この動ひずみ測定の場合も測定器のゲ - ジ率と異なったゲ - ジ率のひずみゲ - ジが使われている。このため、前の式(1)により真のひずみを算出する必要がある。

次に、ここで得られたひずみに対応した応力も求めることになっている。これに対しては、片持はりの弾性振動によるひずみを測定していると見なせるので、以下に示す式(4)で算出することができる。

$$\sigma = E \epsilon \quad (4)$$

ここで、 σ は単軸ひずみゲ - ジが接着された方向の応力である。

さらに、レコ - ダで記録された図4のような波形から振動の周期を測定して周波数も求めることになっているが、この場合には次の式(5)を利用する。

$$f = \frac{1}{T} \quad (5)$$

ここで、 f 及び T は振動の周波数及び周期である。

4. 作業指示書の作成

作業指示書はレベル1の技術者に対してひずみ測定作業の指示を与える内容のものである。また、本試験ではひずみ測定に関する課題が数題与えられていて、そのうちから受験者が選択した一課題について解答をする形式になっている。課題によって静ひずみ測定に該当するもの、動ひずみ測定に該当するもの、あるいは温度変化のある場合の測定や屋外で長時間にわたる測定に該当するものなどがあるが、いずれにしても被測定物表面へのひずみゲ - ジ接着作業に関する指示項目が含まれている。この指示項目に対しては、どのようなひずみゲ - ジを使用するのか、被測定物のどこに接着するのか、どのような接着剤を使用するのか、あるいは接着作業や接着後のチェックをどのように実施するのかなどを簡単に記述する。

さらに、ひずみ測定実施にあたっての指示項目で、静ひずみ測定をする課題に対してはどのような結線法を適用するのか、どのような測定器を使用するのか、あるいは測定における注意事項などを簡単に記述する。一方、動ひずみ測定をする課題では使用する測定器や記録器(レコ - ダ)などについての記述する。

参考までに作業指示書の作成に関する例題を示しておく。いま、「球形高圧タンクの内圧による表面の経線方向

と緯線方向のひずみを長いリ - ド線付きの単軸ひずみゲ - ジで測定する場合の指示書を作成せよ」という課題を選択したとする。この場合は屋外における静ひずみの測定で、多少温度変化があり、しかも長いリ - ド線を用いていることも考慮すると、解答例として以下のような記述が考えられる。

(1) 使用するひずみゲ - ジについての指示項目

- ・ ゲ - ジ長 20 mm , 抵抗 120 の 3 線リ - ド線付き単軸ひずみゲ - ジを使用する。
- ・ 使用したひずみゲ - ジのゲ - ジ率を記録しておく。

(2) ひずみゲ - ジの接着についての指示項目

- ・ タンクの中央経線上の指定された 2 箇所にひずみゲ - ジを接着する。
- ・ ひずみゲ - ジは各箇所でタンクの経線方向と緯線方向に 1 枚ずつ接着する。
- ・ 接着にはフェノ - ル系接着剤を使用する。
- ・ 接着後は接着状態並びに絶縁抵抗が 100 M 以上あるかチェックをする。
- ・ マイクロクリスタリンワックスで防湿処理をする。

(3) 測定器と結線法適用の指示項目

- ・ スイッチボックス及びプリンタ内蔵のデジタルひずみ測定器(デ - タロガ -)を使用する。
- ・ 3 線結線法で 4 点のひずみが測定できる結線をする。

(4) 測定実施についての指示項目

- ・ 温度計を用意して環境の温度を測定しておく。
- ・ 長い 3 線リ - ド線を使用するので測定値はつぎの式で補正して真のひずみを求める。

$$\epsilon_1 = \left(1 + \frac{r}{R}\right) \epsilon_{im}$$

ここで、 r 及び R はリ - ド線抵抗値及びひずみゲ - ジの抵抗値である。

しかしながら、これは一例であって、必ずしもこれと同じような記述をする必要はなく、受験者が選択した課題の各項目に対して適切なことを具体的に記述すればよい。

ここでは、SM部門レベル2の二次試験の要点とその対応についての紹介をした。とくに、本試験はSM部門における技術者用の参考書「ひずみ測定」並びに「ひずみ測定」の内容に基づいて実施されている。このため、試験の対策としては、まずこれらの参考書を十分勉強しておくことが重要である。