

RT レベル 2 実技試験のポイント

2015 年秋期から、JIS Z 2305:2013 に準拠した資格試験が実施されている。先に、Vol.56, No.2(2007) 及び Vol.57, No.4(2008)において RT レベル 2 の実技試験の概要とポイントについて解説を加えたが、今号では改正された JIS Z 2305 に従った RT レベル 2 実技試験の内容について、その概要と主な改正点、注意点を解説する。

RT レベル 2 の二次試験では、透過写真撮影において、従来のアルミニウム管試験体に加えてアルミニウム合金鋳物試験体が追加され、各作業の点検（チェックシートに記入）も試験項目に加えられた。また、撮影したアルミニウム管試験体及び鋼溶接継手と鋳鋼品の透過写真各 1 枚のきずの分類を行うと同時に、鋼溶接継手 12 枚、鋳鋼品 12 枚の透過写真のきずの像の解釈を行うことが追加された。その結果、観察・分類時間は 90 分となり、合計の試験時間は、従来の 130 分から 165 分となった。

1. RT レベル 2 の二次試験の概要

RT レベル 2 の二次試験は、NDT 指示書の作成とアルミニウム管試験体の透過写真撮影、アルミニウム合金鋳物試験体の透過写真撮影及び写真処理、得られた透過写真について必要条件の確認及び試験結果の観察記録ときずの像の分類である。きずの像の分類については、自分で撮影したアルミニウム管試験体の透過写真 1 枚を JIS Z 3105 によって行う。さらに、配布された透過写真 2

表 1 試験項目と時間

試験項目		時間
1) レベル 1 への NDT 指示書の作成		30 分
2) 実技試験 〈撮影〉 〈観察〉	(1) アルミニウム管試験体の撮影 (2) アルミニウム合金鋳物試験体の撮影 (3) 写真処理	45 分
	(4) 試験結果の観察記録 (5) きずの像の分類 a) JIS Z 3105 1 枚 b) JIS Z 3104 1 枚 c) JIS G 0581 1 枚 (6) きずの像の解釈 a) JIS Z 3104 12 枚 b) JIS G 0581 12 枚	90 分

枚について、鋼溶接継手については JIS Z 3104 を、鋳鋼品については JIS G 0581 を用いてきずの像の分類を行う。さらに配布された鋼溶接継手 12 枚、鋳鋼品 12 枚の透過写真の解釈を行う。試験時間の配分は表 1 に示すとおりである。

2. NDT 指示書の作成

試験体として、例えば、鋼溶接継手で母材の厚さが 20.0mm、余盛の高さ 2.0mm が与えられ、それを JIS Z 3104:1995 を適用して X 線透過写真撮影を行う場合に、レベル 1 技術者に与える指示書を作成する問題である。この際、JIS Z 3104 の規格が配布される。

装置及び機材、撮影配置、露出条件、写真処理、透過写真の必要条件の各項目について記入する。また、規格票と問題に添付されている露出線図及び X 線フィルムの特性曲線を用いて、露出条件を決定する。規格の内容及び露出条件の求め方が分かっている問題ないと思われるが、必要な数値が規格のどの表を見ればよいかを、把握しておくことが重要である。

3. 実技試験

実技試験（撮影）には、

- ・「NDT 指示書」（管試験体、鋳物用、各 1 枚）
- ・アルミニウム管試験体、アルミニウム合金鋳物試験体
- ・管試験体、鋳物撮影に必要な「露出線図、フィルム特性曲線」
- ・記録票
- ・ノギス、アルミニウム板セット
- ・バックフィルム 2 枚

が用意されている。バックフィルムは、管試験体と鋳物用の 2 枚あり、それぞれの表面には受験者各自の指定された「フィルム記号」が記入されている。

3.1 アルミニウム管試験体の撮影

変更なしのため省略（過去の記事を参照）

3.2 アルミニウム合金鋳物試験体の撮影

JIS Z 2305:2013 では、試験項目に新たにアルミニウム鋳物試験体の撮影が加えられた。これは、複雑な厚みを持った鋳物の透過写真を撮影する試験である。

記録用紙の中ほどにある「鋳物試験体撮影記録票」に指示書に記載されている内容を記入して確認する。指示書に記載されている試験体の寸法のうちで、指定する試験部（A 部）の厚さは空欄となっている

ので、ノギスを用いて最大寸法を測って記入する。

(この値は指定する試験部の厚さであり、穴の部分の厚さではない。) 管電圧、管電流、露出時間等は、測定した厚さの値をもとに鋳物用露出線図及びフィルムの特曲線を用いて各自が算出する。

続いて、バックフィルムの上に、指示書に従って試験体、アルミニウム板を配置し、さらにアルミニウム板の上に透過度計、フィルムマーク等を固定する。アルミニウム板は試験部の指定する試験部と同じ厚さであるが、鋳物試験体のアルミニウム合金はアルミニウム板よりも密度が若干高いことから、これを補正するため、鋳物のアルミニウム合金より厚い(ここでは 3mm のアルミニウム板を追加することになっている)アルミニウム板を用いることになる。X 線の照射においては、フィルムを置く方向に留意して、撮影する。

3.3 写真処理

撮影が終了した後、グループ単位で暗室に入り、写真処理を行う。暗室の照明を消し、セーフティライトの下でバックフィルムの包装を破り、フィルムを取り出し、各自のフィルムハンガーに確実に取り付け。この際、白い挟み紙は、所定の場所に置く。続いて、現象、停止、定着、水洗処理を順次行う。

3.4 試験結果の観察記録

受験者はフィルムの乾燥を待たずに、きずの像の分類を行う試験室に移動する。乾燥したフィルムは、きずの像の分類作業等の途中に本人に届けられる。撮影したアルミニウム管試験体の透過写真については、濃度計とフィルム観察器を用いて、JIS Z 3105:2003 に規定する透過写真の必要条件の確認を行う。試験結果を「撮影記録及び観察記録票」の観察記録の欄に記入する。また、アルミニウム合金鋳物試験体の透過写真については「鋳物試験体の観察記録票」に、指定する試験部の濃度、識別最小線径等を記録する。また、指定する試験部のきずの像をスケッチし、きずの像を解釈する必要もある。

この濃度計を用いた作業では、管試験体撮影の際の階調計の値の算出に注意が必要である。階調計の中央部の濃度(D₂)と階調計の隣接部の濃度(D₁)を測定して、 $(D_1 - D_2) / D_1$ の計算を行う。分母の D₁ を D₂ と間違えて計算している場合も見受けられる。

3.5 きずの像の分類

撮影したアルミニウム管試験体の透過写真につい

ては、きずの像の分類を行い、その結果を分類記録票に記録する。試験部で識別されたきずは、すべてを図中の所定の位置に記入し、分類用のゲージを用いて、それぞれのきず点数を求めて記入する。最もきず点数が大きくなる箇所に試験視野を設定して、きず点数の合計をきず点数の欄に記入する。この際、試験視野の枠の位置も記入する必要がある。また、母材の厚さの 2/3 を超えるきずがあると 4 類に分類されることにも留意する必要がある。

鋼溶接継手については、配布された透過写真 1 枚についてきずの像の分類を行い分類記録票に記入する。記録票には分類の対象とした第 1 種のきず及び第 2 種のきずの位置を図中の所定の位置に記入するように指示されている。

鋳鋼品の透過写真についてのきずの分類結果は、「鋳鋼品試験体分類記録票」に記入する。数えないきずの最大寸法が 1 類の場合と 2 類以下の場合とに分けて規定されているが、一般的には 2 類以下の欄を使用すればよい。

3.6 きずの像の解釈

JIS Z 2305:2013 では、試験項目に新たに 24 枚の鋼溶接継手と鋳鋼品のきずの像の解釈が加えられた。この試験の際、あらたに解釈記録票が答案用紙として配布される。鋼溶接継手の透過写真 12 枚と鋳鋼品の透過写真 12 枚を観察して、記録票にある対象範囲で検出したきずの像のスケッチときずの名称の記入が求められる。ここでは、きずの分類までは求められていないが、多数の透過写真を観察することから時間配分に留意する必要がある。

3.7 各作業の点検

JIS Z 2305:2013 では、各作業の点検も試験項目に加えられた。装置の動作状況、暗室の状況、写真の現像条件など、RT 作業に必要なポイントをチェックするものである。RT では、X 線発生装置を扱うことから、安全作業には特に留意する必要がある。これらの点検作業は、現場での作業手順に準じて行い、答案用紙の末尾にあるチェックシートの各項目を確認のうえで点検を行い、チェックする。

本解説を参考に、JIS Z 2305:2013 に準拠した RT レベル 2 の二次試験を突破されることを切に望むものである。

ST レベル 2 試験問題のポイント

これまでの NDT フラッシュ欄で述べてきたように JIS Z 2305 が改正され、ひずみ測定試験 (SM) がひずみゲージ試験 (ST) に変更された。また、ST レベル 2 の一次試験も従来と同じ一般試験と専門試験で構成されているが、各々の試験問題の数が 30 問から 30 問以上になった。なお、レベル 2 の場合は電気抵抗ひずみ測定法のみであるので、一次試験問題の内容も同じである。ここでは、今後出題されると思われる例題により一次一般試験のポイントの解説をする。

問 1 次に示す事象の測定で、実際にひずみゲージ試験が応用されているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) モータの回転数の測定
- (b) 自動車の燃料タンクの燃料消費量の測定
- (c) ロケットエンジンの推進力の測定
- (d) 水道管を流れる水の量の測定

正答 (c)

ひずみゲージ試験は固体が力を受けた場合の変形を測定する手法である。したがって、(a) のモータのような回転体の力による変形の測定はできるが、直接回転数を測定することは不可能である。また、(b) の自動車の燃料や (d) の水量はいずれも液体の変化量の測定なので、これも不可能である。一方、力による固体の変形をひずみゲージを利用して測定する荷重変換器が作られている。ロケットエンジンの推進力はこの荷重変換器で測定することができ、実際にロケットエンジンの性能試験に用いられている。したがって、(c) が正答である。

問 2 ひずみゲージ試験は広い分野のひずみ測定に利用されている。次のうち静ひずみ測定装置を使用する場合を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 構造部材の疲労試験による強度の推定
- (b) 着雪により送電線が切断したときの測定
- (c) 飛行中の航空機の機体の安全性の評価
- (d) 貯水中のダム壁面にかかる力の監視

正答 (d)

(a) の構造部材の疲労試験は低サイクルでも時間的にはかなり速い現象なので、動ひずみ測定装置を使用しなければならない。(b) の送電線が着雪などで切断した

ときは衝撃のひずみを測定することになるので、この場合も動ひずみ測定装置を使用する必要がある。(c) の飛行中の航空機の場合も繰り返し荷重などの時間的には速い現象を測定することになるので、動ひずみ測定装置が使用される。また、(d) のコンクリート用の貯水中のダム壁面に埋め込まれたひずみゲージで圧力の測定をする場合も水量の増加とともにかかる力は変化するが、遅い現象なので静ひずみ測定装置が使用されている。したがって、この問では (d) が正答になる。

問 3 次の項目でひずみゲージ接着作業中に関係するのはどれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 接着状態の確認と絶縁抵抗の測定
- (b) 有機溶剤の吸引や引火に対する注意
- (c) ワックスによるひずみゲージの防湿処理
- (d) 測定器端子へのリード線接続の確認

正答 (b)

この問の解答群はいずれもひずみゲージ試験の実施に関係する項目である。しかし、(a) 及び (c) はいずれもひずみゲージ接着後に行う項目である。また、(d) はひずみ測定直前に行う項目である。したがって、接着作業中に関係するのは (b) になり、これが正答である。

なお、シアノアクリレート系などの接着剤でひずみゲージを正確に接着するためには被測定物表面を洗浄し、油脂分や水分を除去する必要がある。これにはアセトンなどが用いられているが、非常に揮発性が高い溶剤である。このため、吸引や引火に注意する必要があるので、接着作業を行うに当たって心得ておいてもらいたい。

問 4 両端が支持された幅 b 、高さ h の長方形断面のはりが曲げを受けたときの応力を求めるためには、幅に平行な図心を通る軸回りの断面係数を知る必要がある。 b が 200mm、 h が 240mm のはりの、この断面係数を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $19.2 \times 10^{-4} \text{m}^3$
- (b) $20.8 \times 10^{-4} \text{m}^3$
- (c) $15.3 \times 10^{-3} \text{m}^3$
- (d) $10.4 \times 10^{-3} \text{m}^3$

正答 (a)

曲げを受けるはりの上下面の応力を求めるのに必要なのは断面の図心を通る横軸回りの断面係数である。本問のような幅 b 、高さ h の長方形断面の場合は、この断面

係数を Z とすると、次式で与えられている。

$$Z = (b \times h^2) / 6$$

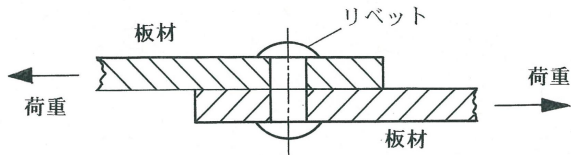
したがって、この式に各値を代入すると、

$$\begin{aligned} Z &= (200 \times 250^2) / 6 \\ &= 19.2 \times 10^5 \text{ mm}^3 = 19.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

になり、(a) が正答になる。なお、様々な形状の断面に対する断面係数については参考書『ひずみ測定Ⅱ』にも掲載されているが、長方形断面は実際によく使用されているので、上で示した式は覚えておいてもらいたい。

問5 下の図のような直径 12mm のリベットで結合された板部材が 1.2 kN の荷重を受けている。この場合の正しい記述を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) リベットに 21.2 MPa の引張応力が生じる。
- (b) リベットに 10.6 MPa のせん断応力が生じる。
- (c) リベットに 21.2 MPa の曲げ応力が生じる。
- (d) リベットに 10.6 MPa の圧縮応力が生じる。



正答 (b)

図のようなリベットで結合された板部材が荷重を受けた場合は、リベットの断面に沿ったせん断応力が生じる。このせん断応力 τ は、荷重を W リベットの断面積を A とすると、下の式で与えられている。

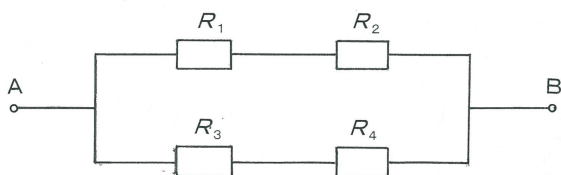
$$\tau = W / A$$

この式に与えられた値を代入すると、

$$\tau = (1.2 \times 10^3) / (6^2 \times 3.14) = 10.6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

すなわち、10.6 MPa になり、(b) が正答になる。

問6 R_1, R_2 が 240Ω, R_3, R_4 が 120Ω で構成された下の図のような電気回路で A B 間の電流が 20 mA であった。この回路の A B 間にかかっていた電圧を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。



- (a) 7.2V
- (b) 4.8V
- (c) 3.2V
- (d) 2.4V

正答 (c)

この回路の合成抵抗を R とすると、この抵抗は次の式で与えられている。

$$1/R = 1/(R_1 + R_2) + 1/(R_3 + R_4)$$

したがって、この式に各抵抗値を代入すると、

$$\begin{aligned} 1/R &= 1/(240 + 240) + 1/(120 + 120) \\ &= 3/480 \end{aligned}$$

すなわち、 $R = 160\Omega$ になる。

さらに、電圧を E 、電流を I とするとオームの法則により、

$$E = I \times R = 0.02 \times 160 = 3.2V$$

になり、(c) が正答になる。

問7 指示書は NDT 実施に際し、従わねばならない正確な [] を詳細に記述した文書である。[] に入れるべき正しい用語を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 仕様
- (b) 結果
- (c) 基準
- (d) 手順

正答 (d)

ST レベル 2 の技術者は、指示書を作成する職務も必要とされている。このために、二次試験ではこの作成に関する試験も行われる。JIS Z 2305:2013 によると指示書とは「確立された規格、コード、仕様書又は NDT 手順書に基づいて、NDT を実施する際に従わなければならない正確な手順を記載した文書」とされている。したがって、手順すなわち (d) が正答になる。なお、指示書の作成については非破壊検査 Vol.64, No.7 (2015) の NDT フラッシュあるいは参考書『ひずみ測定Ⅱ』に詳しく述べられているので参照してもらいたい。

非破壊検査 Vol.65, No.12 (2016) には「NDT フラッシュ掲載記事一覧」として、これまでの本欄の記事に関する Vol. と No. の表が掲載されている。特に、レベル 2 に該当する欄に示された Vol. と No. を基に各非破壊検査誌を見てもらい、過去に掲載された例題とこの解答に当たっての解説の記事も参考にしてもらいたい。