

## MT 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た。今月の NDT フラッシュでは、MT レベル 2 の実技試験の内容についてその概要と受験者に注意して欲しいポイントを解説する。

JIS Z 2305:2013 に従った資格試験の MT レベル 2 の二次試験は、三つの試験体による実技試験（1. 極間法による①溶接試験体の磁気探傷試験、2. 定置式磁気探傷装置による②機械部品及び③ボルトの磁気探傷試験）と、レベル 1 技術者に対する NDT 指示書の作成 の四つの試験で行われる。試験時間は表 1 に示すとおりであり、従来と同様に計 110 分である。二次試験は、四つの試験のそれぞれの得点が 70% 以上のとき合格となる。

表 1. 試験項目と時間

試験項目	時間
1. 極間法による磁気探傷試験 ①湾曲板（溶接）	40 分
2. 定置式磁気探傷装置による磁気探傷試験 ②機械部品（段付き円筒） ③六角頭ボルト	40 分
3. レベル 1 技術者に対する NDT 指示書の作成	30 分

なお、極間法のみを対象とした限定資格である MY2 では、表 1 の 1. 及び 3. が実技試験として課せられる。

また、これまでの試験と同様に、二次試験の当日には試験開始前に控室に 1. 及び 2. の 実技試験用 NDT 手順書が掲示されている。これには試験体の概略寸法や基本的な探傷条件、記録方法が記載されているので、事前にこれをよく読んで、試験内容の課題を十分に理解しておくと共に、課題に沿った試験条件をある程度検討しておくとうい。以下に、試験体別に概要と注意事項を示す。

### 1. 極間法による磁気探傷試験

#### ①湾曲板（溶接）

この試験の試験体は従来と同様の湾曲した溶接試験板で、構造物溶接部の保守検査を想定している。控室に掲示されたものと同じ手順書が渡されるのでこれに従って、溶接部の全ての方向のきずを対象として、黒色磁粉による検査液（湿式検出媒体）を使用して極間法による磁気探傷試験を実施し、その試験条件を解答用紙に、探傷結果

を記録用紙に記載する。

探傷は、従来と同様な注意を払って実施するとよいが、磁粉の適用は連続法であるので、特に検査液の適用の仕方と通電時間には十分に注意してほしい。

この試験に関する詳細は、56 巻 7 号 NDT フラッシュ「MT-2 実技試験のポイント」を参照して頂きたい。

### 2. 定置式磁気探傷装置による磁気探傷試験

この試験では、同じ時間の枠の中で 2 種類の試験体を探傷し解答する。試験条件に関する解答用紙は②と③で共通に使用するため、探傷結果の記録用紙各 1 枚と併せて計 3 枚になる。

#### ②機械部品（段付き円筒）

この試験は、従来と同様の形状の機械部品の製造時検査又は保守検査を想定している。極間法の場合と同様に、控室に掲示されたものと同じ手順書に従い、蛍光磁粉を用いた検査液を使用して、定置式磁気探傷装置により磁気探傷試験を実施し、設定した試験条件を解答用紙に、探傷結果を記録用紙に記載する。

試験体は従来と同様の形状であるため、探傷上の注意事項については前掲の解説記事を参照するとよい。

なお、この試験体では、手順書で供用時にかかる応力方向又は探傷時の磁化方法などが指定される場合がある。この場合には指定された内容に従って探傷試験を実施する。特に指定のない場合には、磁化方法は電流貫通法及び/又はコイル法から決定しなければならない。

試験条件の設定には、磁化方法の決定と磁化電流の種類、電流値等の磁化条件の決定も含まれる。探傷に必要な磁界の強さが指定されるので、電流値はレベル 2 の参考書・実技参考書で学習した計算式又は与えられた実験式を使用して算出する。したがって、試験体に最適な磁化方法・磁化条件及び磁化電流値の計算に関して、事前にある程度検討しておくとうい。なお、磁粉の適用時期は連続法が指定されている。また「1. 極間法による磁気探傷試験」と同様に、試験及び装置の準備や点検も試験内容に含まれており、この試験に使用される装置、器具の仕様や点検、管理についての確認及び知識についても問われる。

#### ③六角頭ボルト

新たに追加された試験体で、供用中の保守検査を想定しており、磁化方法はコイル法が指定されている。また試験体の材質、形状及び対象となるきずを考慮し、磁粉の適用時期は残留法が指定されている。

コイル法の場合、反磁界の発生が避けられないため、磁鉄棒などの使用により寸法比(L/D)をできるだけ大きくし、反磁界が小さくなるようにして磁化する。

連続法の場合には、通電中に検査液を静かにゆっくり適用して、検査液の流れが止まるまで通電することが肝要である。また残留法の場合には、通電後に検査液を試験面全体に静かにゆっくり適用する必要がある。

観察は適切な観察環境を考慮し、試験面に適切な紫外線強度が得られるようにブラックライトの位置を調整して、きず磁粉模様を見逃さないようにしなければならない。磁粉模様が検出されたら、試験面の表面状態をよく観察するとともに、再試験を実施するなどして確認し疑似模様を記載しないように注意する。そのため、試験面は常に洗浄水でこまめに洗浄してきれいしておくことも、疑似模様の判別には大切である。特にボルトの残留法の場合には、試験体の形状のために磁粉が試験面に付着し疑似模様が発生しやすいので、これを抑えるためには洗浄水バケツ内での「ゆすぎ操作」が有効である。

②③共に、解答用紙への探傷結果の記録方法については、1.と同様に前掲の解説記事を参照して頂きたい。

なお、定置式磁気探傷装置の説明書が控室に掲示されている。確実かつ安全に操作できるように、よく読んで十分に理解しておくことと良い。できれば事前に装置を用いた磁化方法について、実技参考書を参考に講習会や実務で探傷技術を十分に習得しておくことが望ましい。

### 3. レベル1に対する NDT 指示書の作成

実技試験の一つに、レベル1技術者に対する NDT 指示書の作成がある。MT2 では極間法又は定置式磁気探傷装置による手順書、また MY2 では極間法による手順書の内容に従い、JIS Z 2305:2013 の附属書 D、表 D.1 (実技試験における評価点・配分) に準拠した項目により、レベル1技術者に対する NDT 指示書の作成が要求される。また実技試験において配布される NDT 手順書は指示書を記述するための参考問題でもある。したがって、問題をよく読んで JIS Z 2305:2013 に示されたレベル1技術者の役割を十分に理解して解答する必要がある。

NDT 指示書は、基本的な形式に則り、更に探傷技術、手順及び探傷の際に注意すべきことを含めて文書化し、これを読めばレベル1技術者が正確な探傷が実施できるような内容にしなければならない。すなわち、探傷試験に必要な SWIH が分かるように記述する必要がある。参考書及び問題集などに NDT 指示書の要点及び例が記載

されているので、参考にされたい (JIS Z 2305:2013 においては NDT 指示書の作成には実技試験全体の 15% が配点されている)。

なお、表 D.1 には次の項目が示されているが、MT レベル2における具体的な内容と考え方について紹介する。

#### a) まえがき (適用範囲等)

この指示書が、どのような試験体のどのような試験に適用されるのかを記載する。

#### b) 技術者

どのような資格の有資格者が試験を実施できるかを記載する。

#### c) 調整を含む試験機器

試験に使用する装置がどのようなものか、仕様も含めて記載する。また検出媒体について記載する。

#### d) 製品 (対象とする範囲及び NDT の目的)

対象とする試験体・試験部位は何かを記載する。必要に応じて試験の時期・目的について記載する。

#### e) NDT の準備を含む NDT 条件

前処理、磁化条件等を含む試験条件について記載する。

#### f) NDT の適用に関する詳細な指示事項

磁粉の適用など試験条件に関する注意事項等について記載する。

#### g) NDT 結果の記録及び分類

探傷試験結果の記録やきずの識別・分類の方法、これに伴う試験体の分別の方法等について記載する。

#### h) NDT 結果の報告

報告する内容や方法について記載する。また留意事項があれば記載する。

前述の 1. 及び 2. の実技試験時間は各々 40 分あり、レベル2技術者に必要な磁気探傷試験の知識と技術を習得し、与えられた実技試験用 NDT 手順書や解答用紙の設問をよく読んで理解すれば、試験体数は増えているが慌てなくとも十分時間内に対応できる。また指示書作成問題に関しても、レベル2技術者に必要な磁気探傷試験の知識と技術があれば与えられた手順書の内容を理解でき、十分時間内に解答用紙の項目に対応した解答ができる。

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

**S T レベル 2 試験問題のポイント**

日本工業規格 JIS Z 2305 の改正により、ひずみ測定試験 (SM) の名称がひずみゲージ試験 (ST) に変更された。一次試験に関しては名称のみで、一般試験、専門試験ともこれまでの SM レベル 2 と内容の変更はほとんどないが、問題数が従来の 30 問から 30 問以上になった。

一方、一次試験の合格者に対して実施される実技を主にした二次試験では、この改正にもなって変更された点がある。ここでは ST レベル 2 の試験全般についての解説をするが、一次試験についてはひずみゲージ試験の特徴に関する内容の例題を取り上げ、二次試験については今後多少変更される点についても解説をする。

**一次試験**

一次試験はこれまでも紹介してきたように、一般試験と専門試験があり、いずれも四者択一形式の筆記試験で、次の各問は一次試験の類似問題の例である。

**問 1 次のひずみゲージ試験についての記述で、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。**

- (a) ひずみゲージ試験ではきずのある部材でも変形を測定して、安全性を評価できる
- (b) ひずみゲージ試験は部材のきずを検出して、安全性を評価する方法である。
- (c) ひずみゲージ試験は部材のきずを検出する方法であるが、安全性までは評価できない。
- (d) ひずみゲージ試験は部材の変形測定法なので、きずのある部材の安全性の評価はできない。

**正答 (a)**

ひずみゲージ試験は部材が負荷されたときの局所的な変形 (ひずみ) を測定する方法である。きずの有無に関係なく測定されたひずみから応力が求められ、これにより安全性が評価できるので (a) の記述は正しい。一方、きずを検出する試験ではないので、(b)、(c) の記述は誤っている。また、上述のようにこの試験はきずを有する部材でも適用できるので、(d) の記述も誤っている。したがって、(a) が正答になる。

**問 2 次のひずみゲージ試験の非破壊試験に関わる記述で、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。**

- (a) ひずみを測定して、部材内部のきずの大きさや位

置を推定する。

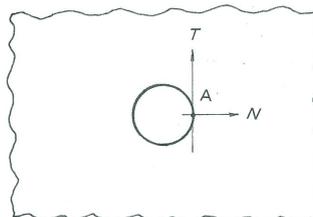
- (b) 負荷によるひずみの測定をするので、きずのある部材には適用できない。
- (c) ひずみを測定して、負荷により発生したきずの検出をする。
- (d) きずの有無に関わらずひずみの測定ができ、強度を評価する。

**正答 (d)**

前の問 1 と類似した内容の間であるが、ひずみゲージ試験は構造部材の負荷により生じたひずみを測定する方法である。しかし、きずの大きさや位置などの定量的な判定をする方法ではないので、(a)、(b) の記述は誤っている。しかし、きずを有する部材でも負荷によるひずみの測定はでき、このような部材の破壊強さの推定も行われている。したがって、(c) ではなく (d) の記述が正答になる。

上述の間 1 及び問 2 はいずれもひずみゲージ試験レベル 2 の一般試験で出題される問題の例である。非破壊試験の目的は構造物あるいはこの部材の安全性を評価することで、放射線、超音波、磁気などを利用した各種の非破壊試験法によるきず検出の主目的も構造物の安全性の評価であると考えられる。一方、ひずみゲージ試験はきずを検出する試験ではないが、負荷されている構造物あるいは部材のひずみを測定し、安全性を非破壊的に評価することが主目的の試験であるので、このことを十分認識しておいてもらいたい。

**問 3 縦弾性係数  $E$ 、ポアソン比  $\nu$  の平面応力状態の板部材に円孔があり、下の図のような孔縁の A 点近傍にロゼットゲージを接着し、これによる測定値から接線方向のひずみ  $\epsilon_T$  と法線方向のひずみ  $\epsilon_N$  を求めた。さらに、このひずみから接線方向応力  $\sigma_T$  と法線方向応力  $\sigma_N$  を計算した場合、次の記述で正しいものを一つ選び、記号で答えよ。**



- (a) ひずみを測定して、部材内部のきずの大きさや位

- (a)  $\sigma_T = \nu E \epsilon_T$ ,  $\sigma_N = E \epsilon_N$  になる。
- (b)  $\sigma_T = \sigma_N = \nu E \epsilon_T$  になる。
- (c)  $\sigma_T = E \epsilon_T$ ,  $\sigma_N = 0$  になる。
- (d)  $\sigma_T = E \epsilon_T$ ,  $\sigma_N = \nu E \epsilon_T$  になる。

**正答 (c)**

板部材は等方性で縦弾性係数を  $E$  , ポアソン比を  $\nu$  とすると, 平面応力状態であるので, 応力・ひずみの関係は次の式で与えられる。

$$\sigma_T = E / (1 - \nu^2) \cdot (\epsilon_T + \nu \epsilon_N)$$

$$\sigma_N = E / (1 - \nu^2) \cdot (\epsilon_N + \nu \epsilon_T)$$

点 A では接線方向及び法線方向が主方向で直交している。また, 接線方向の  $\epsilon_T$  と法線方向の  $\epsilon_N$  は符号が異なり, 例えば  $\epsilon_T$  が引張ひずみの場合は,  $\epsilon_N$  は圧縮ひずみになる。したがって, ポアソン比は  $\nu = -\epsilon_N / \epsilon_T$  , すなわち  $\epsilon_N = -\nu \epsilon_T$  になる。これを上の式に代入すると

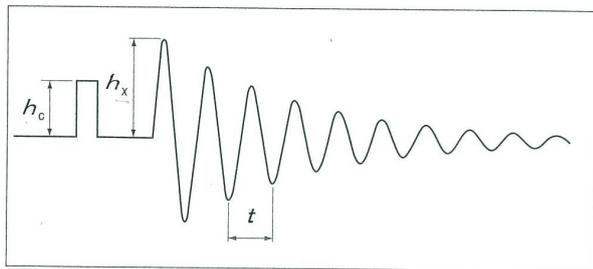
$$\sigma_T = E / (1 - \nu^2) \cdot (\epsilon_T - \nu^2 \epsilon_T) = E \epsilon_T$$

$$\sigma_N = E / (1 - \nu^2) \cdot (-\nu + \nu) \epsilon_T = 0$$

になり, (c) が正答になる。

なお, 孔縁のような自由境界では, ひずみは接線方向, 法線方向の両方向に存在するが, 応力は接線方向のみで法線方向は零になるので注意してもらいたい。

**問 4** 下の図は長さ  $L$  の片持はりの一次の曲げ振動により, 表面に接着されたひずみゲージで記録された波形である。 $h_c$  は感度校正值,  $h_x$  はひずみ振幅,  $t$  は波の幅(周期)を示している。この波形に関する次の記述から正しいものを一つ選び, 記号で答えよ。



- (a)  $L$  が変化しても振動現象は一定なので  $h_x$  も  $t$  も一定である。
- (b)  $L$  が長くなると波の幅  $t$  は大きくなり, 短くなると小さくなる。
- (c)  $L$  が長くなると振幅が大きくなり, このため  $h_x$  が大きくなる。
- (d)  $L$  の長さによって振幅が変化するので,  $h_c$  の値を変える必要がある。

**正答 (b)**

この場合の振動は, はりの長さ  $L$  により周波数  $f$  が変化し, 長くなると低くなり, 短くなると高くなる。また,  $f$  は波の幅  $t$  の逆数, すなわち  $t = 1/f$  の関係から,  $t$  は  $L$  が長くなると大きくなり, 短くなると小さくなる。しかし, この他の  $h_c$  と  $h_x$  は長さ  $L$  の変化に直接関係のない値である。したがって, 正しい記述は (b) のみであり, これが正答になる

問 3 及び問 4 はひずみゲージ試験の測定結果の処理に関する問題の例であるが, 後に示す二次の実技試験でも必要な知識になるので, 心得ておいてもらいたい。

**二次試験**

二次試験では電気抵抗ひずみ測定法, すなわちひずみゲージ試験による静ひずみの測定と動ひずみの測定をする実技試験と指示書作成の試験が行われる。

静ひずみの測定試験では負荷を受ける構造部材表面の任意方向に接着された 3 軸ロゼットゲージで三方向のひずみを測定し, 与えられた関係式(ここでは省略)により主ひずみ, 主方向, 最大せん断ひずみを求めてもらう。さらに, これから主応力及び最大せん断応力を計算する。この場合は平面応力状態であると考えられるので, 応力を求める計算には, 前述問 3 の例題で示された関係式を用いる。したがって, この問 3 は二次試験にも関係しているので参考にしてもらいたい。

動ひずみ測定では, これまでとは異なった角形中空断面棒の試験体表面にひずみゲージを接着してもらう。さらに, この試験体を任意の位置におもりを取付けた片持はりにし, 自由振動させたときに記録された波形から, 動ひずみと周波数を求めてもらう。この場合の波形はおもりの取付け位置やはりの固定端までの長さにより周波数が変化する。したがって, 前述問 4 の例題が関係しているので, この問 4 の解説を参考にしてもらいたい。

この他, 二次試験では指示書作成の試験も行われる。現在の試験では, 与えられた手順書を基にした指示書の各項目を作成させるために, 用語あるいは数値を空欄に記入する形式になっている。なお, この試験については非破壊検査 Vol. 64, No.7 (2015) の NDT フラッシュ欄で解説されているので参考にしてもらいたい。