

## UT レベル 3 二次 C<sub>3</sub> (手順書) 試験のポイント

UT レベル 3 の手順書作成については、過去(機関誌第 54 巻 6 号(2005)及び第 59 巻 2 号(2010))に解説を行っており、それらも参考にして戴きたい。今回はレベル 3 の二次試験全体を考慮しながら解説する。

### 1. UT レベル 3 の二次試験

UT レベル 3 の二次試験の内容は (一社) 日本非破壊検査協会 (JSNDI) が発行している「JIS Z 2305:2001 による資格試験実施案内」に詳細が記載されているが、表 1 に示す C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> の試験があり、かつ、レベル 2 を有していない受験者はレベル 2 の実技試験も受験しなければならない。

表 1 レベル 3 の二次試験内容

分類	二次試験内容	試験時間	問題数	合格基準
レベル 3 二次試験	C <sub>1</sub> : UT3 の基礎知識	合わせて 120 分	30 問以上	70%
	C <sub>2</sub> : UT の適用、コード、規格に関する知識		20 問以上	70%
	C <sub>3</sub> : UT 方法の手順書作成	60 分	1 問	70%
	UT2 の実技 (UT2 非保有者。ただし、指示書問題免除。)	15 分	垂直	80%
	40 分	斜角		

これらの試験は総合で 70% 以上の得点で合格するのではなく、一つでも 70%、あるいは 80% の合格基準をクリア出来ないと不合格となってしまう。したがって、どの試験一つをとってもおろそかにはできない。せっかく C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> で合格点をとっていても手順書の得点が 70% 以上でなければ不合格となってしまう。手順書問題ということで受験者が軽く考えているとは思われないが、十分準備して受験する必要がある。

### 2. NDT 手順書作成問題について

UT 部門の NDT 手順書の作成問題は、試験対象物を下記の 4 点の中から受験者が選択して作成を行うものであり、大まかな項目については予め示されている。

- 圧力容器用鋼板
- 圧力容器溶接部
- 鍛鋼品
- 建築鉄骨溶接部

NDT 手順書は、基本的には客先が提示する対象物の超音波探傷試験仕様書に基づいて、受注者側が具体的に対

象材、使用試験装置、試験方法、検査技術者などの実施手順について記述し、顧客の承認を得るべきものである。したがって、記載要領についても、例えば、「試験片: STB-A1, STB-A2」とのみ記載するようではとても手順書とは言えない。やはり、標準試験片であれば「標準試験片: 探傷装置の調整には STB-A1、探傷感度の調整には STB-A2 を用いる。」などのように記載すべきである。他の項目についても同様な考え方が必要である。

また、NDT 手順書は本来一つの文書として独立したものであるから、表題、適用範囲、適用規格、検査技術者、使用機材、試験方法、試験結果の記録、評価方法、合否判定などについて分類して記載すべきである。

NDT 手順書作成は 60 分の試験時間内に試験対象物を選択し、問題で要求された項目、内容について記述する必要があり、答案用紙の記述スペースも限られている。このため、簡潔にまとめ短時間で記述する必要がある。

### 3. 一般的な項目の記述要領

前述したように NDT 手順書作成の試験対象物は鋼板、圧力容器溶接部、鍛鋼品、鉄骨溶接部の 4 種類があるが、これらに対応する規格は表 2 に示すものである。

表 2 試験対象物の対応規格

No.	試験対象物	主規格	補足規格
1	圧力容器用鋼板	JIS G 0801	JIS Z 2344
2	圧力容器溶接部	JIS Z 3060	JIS Z 2345
3	鍛鋼品	JIS G 0587	JIS Z 2352
4	建築鉄骨溶接部	建築学会規準	同上及び JIS Z 3060

したがって、NDT 手順書の試験を受験するにあたり、どの試験対象物を選択するかを明確にした上で、対象となる規格についてよく熟知し、先に述べた各手順について何を記述することが必要か予習を行っておくことが必要である。また、実際に該当の被検査材を探傷するにあたり、作業の手順、製造、検査の各工程についても理解しておく必要がある。

#### (1) 表題

表題は対象とする試験対象物の探傷を行うに適切で簡潔なものを付ける。

#### (2) 適用範囲

試験の適用範囲を具体的に簡潔に記述する。

例:「本 NDT 手順書は圧力容器用鋼板(厚さ: ○○mm)の超音波垂直探傷試験に適用する。」など

#### (3) 準拠図書

準拠する仕様書、JIS、その他規準など関連する図書の記号、名称を記載する。JIS については必ず制定年度を記載すべきである。

#### (4) 検査技術者

検査技術者は、JIS Z 2305 で認証された技術者であり、できれば該当の試験対象物に対する知識、経験のあることが望ましい。

#### (5) 被検査材

被検査材は対象となる試験体によって若干異なるが、対象となる材質、板厚、寸法、数量について記述し、溶接部であれば継手形状、溶接方法などを記入する。

#### (6) 使用機材

超音波探傷器は具体的に記載する。例えば「A スコープ形デジタル超音波探傷器 UT-○○ (○□電子製) を用いる。」「超音波探傷器は JIS Z 2352 に規定する定期点検を行ったものとする。」などのように記述する。探触子についても具体的な記号で示し、必要によってはその選択理由などを記す。適用する規格によって探傷器や探触子などの性能を規定しているため、これらを満足することを明記しておく必要がある。このほか標準試験片や対比試験片についても使用の目的と対象となる試験片を具体的に記載する。

### 4. 各被検査材毎の記述の注意

探傷時期、探傷感度の調整方法、探傷方法、検出されたきずの評価要領などは、試験対象物によって記載内容が異なるのでそれぞれの適用規格に沿って必要事項を記述する。

#### (1) 圧力容器用鋼板

JIS G 0801 は 2008 年改定版より探傷箇所を指定する走査区分が改正され S 形、A 形、B 形でさらに圧延方向、直角方向のいずれか、又は両方を行うか規定している。このためいずれの方向又は両方を行うのか明記する必要がある。また、線上を探傷する場合、具体的にどのように行うのか分かるようにしておく。このほか、探触子は直接接触法で行うのか局部水浸法を用いるのか、また、探触子の走査速度も明記しておく。

#### (2) 圧力容器溶接部

探触子を選択する場合、板厚によって屈折角 70 度では 1 スキップの距離が大きくなりすぎる場合、直射のみを使用し、45 度や 60 度などと併用することが必要である。また、球面状の形状で一回反射が探傷しにくい場合も同様に 2 種類の屈折角を併用することが必要である。

また、測定範囲は使用する屈折角ごとに最大のビーム路程を考慮して設定する。

探傷の時期については、溶接部の遅れ割れに注意が必要な溶接部については少なくとも溶接完了後 24 時間以降に探傷することが必要である。

エコー高さ区分線の作成や、探傷感度の調整は JIS Z 3060 に基づいた方法を具体的に簡潔に記載すればよい。試験体によっては感度補正が必要な場合もあるので、具体的な実施方法を述べる。このほか、探触子の走査要領や走査速度など探傷結果に影響を及ぼす項目については簡潔に記載すべきである。

#### (3) 鍛鋼品

鍛鋼品の適用規格は JIS G 0587 であり、この規格では探傷感度の調整に底面エコー方式と試験片方式のいずれかを適用するようになっている。このためいずれの方式を適用するのか明記する必要がある。これに伴って用いる試験片なども異なるため底面エコー方式を採用する場合は、感度調整用の試験片は使用しない旨を明記しておく。また、きず寸法の測定に DGS 線図を用いるが、使用する探触子の周波数特性を規定しているため Q 値も明記しておく。このほか感度補正要領についても明記する。

#### (4) 建築鉄骨溶接部

適用されている規格は建築学会規準「鋼構造建築溶接部の超音波検査規準・同解説」であり、この規準にそった探触子、屈折角の選択が必要である。また、使用鋼材によっては音響異方性の有無を考慮する必要があるため、この測定についても言及しておく。感度調整には STB-A2 を用いるか、ARB を用いるかで使用する試験片も異なり、また、エコー高さ区分線の作成要領も異なるため、いずれかを選択した上で混同しないよう記述することが必要である。特に板厚によって使用する屈折角と測定範囲を適切に選択し、場合によっては 2 種類の探触子、測定範囲を併用する、あるいは両面から探傷するなどの手順が必要である。

### 5. NDT 手順書作成の訓練

前述したように、NDT 手順書作成の試験時間は 60 分間でこの時間内で被検査材を選択し、仕様書を理解し NDT 手順書を作成する必要がある。考えながら作成していたのでは十分な内容を記述するのは困難である。試験に臨むにあたり、予め被検査材を選択し、想定される課題を絞って NDT 手順書作成の訓練を重ね、経験者の添削を受けるなど用意周到に準備することをお薦めする。

## MTレベル3 二次C<sub>3</sub>(手順書)問題のポイント

### 1. はじめに

JIS Z 2305:2001 非破壊試験 - 技術者の資格及び認証 - に基づくC<sub>3</sub>試験では、NDT手順書の作成が課せられる。この規格では、手順書を「ある製品に対して、試験箇所、試験方法、またいかなる順序でNDT方法を適用すべきかを整然と段階的に記述した文書」と定義している。その他、NDTレベル3に認証された技術者は、認証されているNDT方法において、どのような操作についても指示することができる。これには次のことを含む。

① NDT設備と職員について全責任を持つ。

② NDT技法及びNDT手順を確立して認可する。

などの記述があり、レベル3技術者には、これに伴う資格と責任が生じる。したがって、C<sub>3</sub>試験に出題される手順書は、これに適う内容の記述が求められている。そこでMT-3のC<sub>3</sub>試験のポイントとして、手順書の項目において、とくに試験装置・器材、試験方法、磁化の確認方法について、配慮しなければならないことを解説する。

### 2. 手順書について

手順書はメモとは異なり、必要な項目と内容を探傷作業に合わせて、順序立てて記載する必要がある。受験者の中には、磁粉模様の観察の項目中に磁粉の適用方法を含めて記述するなど、項目を誤って記述している者がある。参考資料として、磁粉探傷試験Ⅲ 6章 手順書の作成、又は磁粉探傷試験Ⅱ 8章 仕様書、手順書及び指示書に示された手順書のフォーマットを学習するとよい。

### 3. 「試験装置・器材」について

レベル3は「使用する試験設備と職員について全責任を持つ」とあり、「試験装置及び器材」については、それぞれの企業が有する非破壊試験に関する“試験器材管理基準”によって点検し、それに合格しているものを使用することが大切である。

一般に、試験体を与えられたとき、どの部門の非破壊試験でも試験装置の大きさ（能力）を考える。例えば、溶接部の探傷で極間法を適用する場合、多くの受験者が、使用する携帯形交流極間式磁化器についてその仕様に関する知識が少ないように思われる。工程確認方式では、「探傷有効範囲は両磁極の中心を結ぶ線を中心線とし、磁極間内法を直径とする円の内側とする。」とあり、それには磁化器がもつ全磁束が関係してくる。磁粉探傷試験

Ⅱp86 (6) 全磁束の測定を参考に、測定を体験して欲しい。受験に臨むにあたり、少なくとも自身が使用している極間式磁化器について、磁極間内法、全磁束、探傷有効範囲などについて十分に把握しておく必要がある。

その他、パイプなどの溶接部の試験では磁極と試験面の接触を考えてユニバーサルヨークなどの補助具も必要となる。さらに、大きな試験体に対してきずの見落としをなくし確実な探傷試験を行うためには、どんな磁化方法でも探傷姿勢の基本は下向きである。したがって、常に試験面が上向きに近くなるよう、検査液の流れが緩やかになるように、可能であれば試験体を動かす必要がある。この際、検査員の安全を考慮し、試験体は試験時に動かないように架台で固定するとか、転がり易い試験体はストッパーで固定する等の安全対策が必要である。このように探傷に直接関係しない探傷補助具も必要となる。

### 4. 「試験方法」について

JIS Z 2320-1では、検査性能の確認方式には、標準試験片確認方式と工程確認方式の二種類があり、いずれにするかは試験方法の初めに明示しなければならない。

#### ① 磁化

試験体の探傷に必要な磁界の強さは、工程確認方式では、8.3.1 一般的な事項の中で「試験体表面近傍の最小の磁束密度は、実効値で1Tとする。この磁束密度は、高い透磁率を持つ低合金鋼及び低炭素鋼に、試験体表面に平行な磁界として実効値で2000A/mの磁界の強さを与えた場合に達成可能な推奨値である。」とあり、一方、標準試験片確認方式では、9.5.3 磁化の中の表8-1探傷に必要な磁界の強さがあり、これから試験体に応じて必要な磁界の強さを選べばよい。

対象となる試験体は、その形状やきずの方向によっては極間式磁化器が適用しにくいものがあり、定置式磁化装置を用いて探傷しなければならないものもある。この際、磁化方法と磁束の方向及び検出できるきずの方向について間違いがないように、また、必要かつ十分な磁束密度が試験体に得られるように磁化しなければならない。

軸通電法、電流貫通法、コイル法及びプロッド法における磁化電流値は、標準試験片確認方式、工程確認方式のいずれの場合も、付属書A（参考）に記載されている計算式を用いればよい。ただし、標準試験片確認方式は波高値を、工程確認方式は実効値を用いている。例えば交流の場合は、波高値は実効値の $\sqrt{2}$ 倍と電流値が大きく異なるため、手順書の中で、標準試験片確認方式では

波高値、工程確認方式では実効値というように電流値に明示する必要がある。

プロッド法では、磁化電流値の他、探傷有効範囲及び探傷ピッチを明示する必要がある。環状試験体に、携帯形交流極間式磁化器と磁束貫通棒を利用して磁束貫通法を適用する場合、試験体に必要な誘導電流値が得られないことがあるため注意が必要である。環状試験体に生じた誘導電流は、計算で求めることができないため、クランプ式電流計などで実測して確認しなければならない。

その他、工程確認方式には隣接電流法があり、受験者の中にはこの隣接電流法を選択する者がいるが、この方法は反磁界が大きいと、鋼板溶接部のきずの検出は非常に困難であり適用が難しい。

また、標準試験片確認方式では通電時間を設定するが、この通電時間を「通電時間は10秒とする。」と多くの者が記述している。検査液の適用量によっては10秒間で磁粉模様の形成が完了できるとは限らず、磁粉が動いている間は、磁粉模様は完全には形成されていない。検査液の流れによっては小さな磁粉模様が形成されない場合もある。したがって、「通電時間は検査液の流れが止まるまでとする。」と明確にした方がよい。工程確認方式にも、8.4.3 検出媒体の適用の中に、「検出媒体の適用は、磁化が終了する前に完了しなければならない。」とある。

## ② 磁粉の適用

磁粉の適用時期において、標準試験片確認方式では連続法及び残留法があるが、工程確認方式においては連続法のみであるため、特別に連続法と記載する必要はない。標準試験片確認方式を選択した場合、「磁粉の適用は連続法とする。」と記述する者がいるが、手順書としてはこれでは不十分で、「磁粉の適用」については、「磁粉（検査液）はオイラを用いて手動で適用し、磁粉の適用時期は連続法とする。」と明確にした方がよい。工程確認方式では、磁粉分散濃度について明示していないが、JIS Z 2320-2:2007 7.2.13 検出媒体に、「検査液の磁粉含有量(g/L)は供給者又は製造者が提示する。」となっている。その他、要求・推奨された場合の対比試験片を用いた検出媒体の性能試験、及び試験前に実施することが望ましいとされる総合性能試験がある。工程確認方式を選択する場合はこれらについても検討しておく必要がある。

## 5. 磁化の確認方法について

工程確認方式では、8.3.2 磁化の確認の中に「試験体表面の磁束密度が磁粉探傷試験に必要な値になっている

ことを確認する。」とあり、その方法には、

- 最も検出性能がよくない位置に微細な自然きず又は人工きずをもつ試験体を試験する。
- 表面にできるだけ接近して試験体表面に平行な磁界の強さを測定する。
- 通電法の場合は試験体表面に平行な磁界を計算する。
- 確立された原理に基づいた他の方法を使用する。

が示されている。一方、標準試験片確認方式では9.5.3 磁化の中に「磁界の方向及び強さを確認する必要がある場合は、A形標準試験片若しくはC形標準試験片又はテスラメータのような磁気測定器を用いる。」とある。試験体表面に平行な磁界の強さを測定する方法は、JIS Z 2320-3:2007 11.3 磁界測定に詳しく記述してある。

工程確認方式で試験体表面の磁界の強さ2000A/mを確認する場合、軸通電法及びプロッド法については、付属書Aに示された計算式を用いて確認すればよい。

電流貫通法、コイル法及び極間法については、テスラメータを用いて試験体表面に平行な磁界の強さを測定すればよい。この際、磁界の方向及び磁界の分布を考慮して、ホール素子の方向及び試験体に配置するホール素子の位置を明確にする必要がある。標準試験片方式でも同様に、標準試験片の方向及び試験体に配置する標準試験片の位置を明確にする必要がある。

## 6. 終わりに

試験では、JIS Z 2320-1:2007が貸与されるが、試験会場できなり手順書を書くことは、非常に難しい。したがって、受験前にこのJIS規格及び関連規格をよく読み十分に理解しておかなければならない。勉強の方法としては、標準試験片確認方式と工程確認方式の比較表を作り、その違いを明確にしておく必要がある。手順書を書く際には、両方式が混在しないように注意が必要である。受験前に、自身で鋼板溶接部や機械部品を仮定して手順書を書く練習をしておくことも大事である。また、手順書が単なるメモにならないように、必要項目を挙げ、その内容を短い文書で書く練習も必要である。

なお、当協会が開催するMT2及びMT3の講習会は、全磁束、磁界の強さの測定、波高値と実効値の違いなどに関する測定も体験できるなど、内容も更に充実している。測定経験のない者や手順書を書いた経験のない者は、これらの講習会に参加して学習するとよい。

以上、手順書のいくつかの項目について解説した。これらがMT-3受験者の皆さんの参考になれば幸いである。