

UT レベル 3 手順書作成問題のポイント

UT レベル 3 の二次試験では、①UT3 に必要な基礎知識に関する問題、②超音波探傷試験の適用、コード、規格に関する問題、及び ③超音波探傷試験の手順書の作成の問題がある。手順書作成の問題については 2012 年 7 月号でかなり細かに解説したが、十分理解されているとは言い難い。今回はこの手順書作成問題にスポットを当てて解説する。

1. NDT 手順書作成の基本

- (1) NDT 手順書は、依頼主に対して具体的に探傷を実施する要領を記載して提出するのが基本であるので、使用する装置や事前準備、探傷要領、探傷結果の処置、記録、判定の要領が具体的に記載されていなければならない。

例えば探傷装置であれば、使用する装置が限定できるように A スコープパルス反射形超音波探傷器でかつ具体的な装置形式、あるいはメーカー名及び装置名が記載されなければならない。

超音波探触子についても、同様である。

- (2) 探傷要領については、文章から具体的な作業要領が想定できるように記載されなければならない。

例えば斜角探傷のエコー高さ区分線の作成では、「STB-A2、φ4×4mm 標準さずの、0.5S の最大エコー高さが 80%~100%の間になるよう調整し、この点を表示器上に記録する。この点でのゲイン値を記録し、同様に 1.0 スキップ及び 1.5 スキップの点を求めてエコー高さ区分線を作成する。この線を基準線として、H 線とする。これより 6dB 低い線を M 線、更に 6dB 低い線を L 線とする。」などのように具体的かつ簡潔に記載する。

また、測定範囲は、板厚や屈折角、探傷方法に沿った値を具体的に示す。「1 スキップ以上、1.5 スキップ未満」のような曖昧な表現にならないよう注意してほしい。

- (3) 仕様書で提示された品名、適用規格、材質、寸法に適応した手順書が求められる。

実際の工場や探傷現場では、過去に探傷を実施した試験体と同様な試験体や、工場で作成する材質や寸法に対応できるように標準化された手順書がある場合が多いので、過去の例を引用して手順書を作成する例は多々ある。しかしながら、他人が作成した

手順書の内容を吟味しないでそのまま引用したり、規格、材質あるいは寸法が異なるものについて確認もしないで引用するなどは、技術者とは言えない。

過去に作成されている手順書が正しいものと考えて与えられた課題に対して適切か否かをよく吟味しないで手順書を作成すると、要点が誤ったまま作成された手順書となったり、全く誤った手順書を作成することとなる。

本試験においても同様に、他人が作成した手順書は参考にしても、必ず自らよく吟味して与えられた課題に対して適切なオリジナリティを持った手順書を作成しなければならない。

- (4) NDT 手順書の記載要領として、例えば探傷器の性能の記載で「不感帯：10mm 以下」のように用語のみを記述するのではなく、測定要領も示した上で、「超音波探傷器と垂直探触子の組合せによる不感帯は、5MHz の垂直探触子では 10mm 以下であること。」のように、文章として主語、述語の関係が明確に分かるような記載要領が必要である。項目によっては箇条書きにしたり、表にまとめるなどの方法もある。
- (5) また、NDT 手順書は探傷を行うための具体的な要領を記載するものであるから、例えば「JIS Z 3060 による。」とか「・・・のうちから適切なものを選ぶ。」のように実施者が選ばなければならないような記載は、手順書として不適切である。
- (6) NDT 手順書は、具体的な探傷要領を依頼主に提示するとともに、社内ではこれをもとに現場で遅滞なく作業ができるよう NDT 指示書を作成する根拠となる。NDT 指示書を適切に作成するためにも正しく、明確になった手順書を作成することが重要である。

2. NDT 手順書作成問題の概要

- (1) UT レベル 3 の NDT 手順書作成問題のポイントについては、過去に本誌 2012 年 7 月号に掲載されており、また、JSNDI のホームページにも掲載されているので、再度読み直して頂きたい。
- (2) 試験対象物及び対象規格は表 1 のとおりである。
- (3) NDT 手順書の記述要領は、各試験対象物の適用される規格などにより異なるが、記述項目は共通である。試験では記載項目が指定されている。記述不要と記載されている部分の項目は採点対象とならないので記述は不要である。

表 1 試験対象物及び対応規格

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

- (4) NDT 手順書の項目としては、①適用範囲、②準拠図書、③協議事項、④探傷技術者、⑤被検査材、⑥使用機材、⑦探傷方法、⑧きずの検出及び測定、⑨結果の評価、⑩合否判定、⑪探傷結果の記録であるが、これらのうちいくつかの項目については記述不要となっている。これらのうち重要なのが⑦の探傷方法で、更に細分化されて記述が求められている。
- (5) 小項目の中で特に指定された項目については、細かく記述することを求められており、レベル 1 又はレベル 2 技術者がこの手順書に従って探傷できる程度に丁寧に記述することが求められる。その他の項目については、簡潔、かつ明瞭に記述するのがよい。
- (6) NDT 手順書の試験時間は 60 分である。この時間内で題意を読み取り、問題で要求された内容について記述する必要がある。また答案用紙の記述スペースも限られている。このため不要な記述は避け、必要なポイントを簡潔に記述することが必要である。
- 事前にテーマを選び、時間を測定しながら NDT 手順書を作成する練習を積み重ねておくことが合格の門を開くことになる。
- (7) 受験時には仕様書をよく読み、規定されている板厚や溶接方法、鋼材の熱加工制御圧延の有無、音響異方性の考慮などをよく確認したうえでその仕様に適切な探触子の適用と、走査方法でなければならない。詳細な仕様についてはその都度変わる可能性があるため設問の内容をよく確認する必要がある。事前に練習してきた内容と異なる点をよく整理して修正することが必要である。

3. 各試験体に対するポイント

(1) 圧力容器用鋼板

- ① 走査範囲と走査区分は、鋼板が適用されるレベルによって適切に選ぶ。一方向に走査する場合は、圧延方向に走査するか、圧延方向と直角方向に走査するか明確にする。

- ② 鋼板上を 100mm ピッチあるいは 200mm ピッチで走査する場合に、その走査線をどのように確保して行うのか具体的な実施要領を簡潔に記載する。
- ③ 添付されている表を引用する場合、課題で指示されている内容に従って記載する必要がある。表を引用しないよう指示されている場合は「表〇〇による。」のような記述はしないで面倒でもレベル 2 技術者などが分かりやすいよう具体的に記載することが必要である。

(2) 圧力容器溶接部、建築鉄骨溶接部

- ① 板厚によって探触子、標準試験片、対比試験片、測定範囲、走査範囲、探傷面について適正な値を選択する。
- ② エコー高さ区分線の作成は、具体的に実際の手順に従って記述する。また、区分線の線名、領域の名称、及び感度を変更した場合の手順を明記する。
- ③ 感度補正についても使用する対比試験片、あるいは感度補正量の測定方法、補正の方法について具体的な実施要領を明記する。
- ④ 探傷面、探傷方向、探傷方法（直射法、1 回反射法など）を記述する。

(3) 鍛鋼品

- ① 試験体の大きさによって探触子の選定を行う。
- ② エコー高さ区分線の作成は、実際に行う手順を具体的に記述する。
- ③ 探触子の性能に必要な項目（例えば Q 値）も具体的な測定手順を記述する。
- ④ 減衰測定は、測定する位置や箇所数を具体的に記述する。

以上 UT レベル 3 の NDT 手順書作成問題のポイントについて紹介した。依頼主に探傷要領を説明したり、実際の現場で探傷要領を指導するために、NDT 手順書を作成することはレベル 3 技術者の重要な役目である。規格や基準に則って、かつ分かりやすい手順書を作成することが必要である。NDT 手順書作成試験は、時間も限られているので、予め時間を設定して演習を行うことが必要であるが、課題は、いつも同じではないので、与えられた課題をよく理解して記述することが大切である。

平成 27 年秋期からは JIS Z 2305: 2013 年版により試験が行われる。レベル 3 の手順書作成問題においても要求内容が従来と比べ多少変更される可能性がある。解答に当たっては設問をよく確認して取りかかってほしい。

S T レベル 1 一般試験のポイント

JIS Z 2305 が改正され、従来のひずみ測定 (SM) 試験がひずみゲージ試験 (ST) に変更されたが、レベル 1 試験技術者の一次試験に関しては、名称のみで内容は従来の SM と同じである。この一次試験は一般試験と専門試験で構成され、『ひずみ測定 I』に整合した問題が出題される。しかし、この参考書の一般試験に関係した章は簡略されていて、棒のねじり変形やはりの曲げ変形などは図が掲載されているにもかかわらず、この説明がないような箇所もある。このため、今回はこのような例の一般試験の類似問題を取り上げ、解答にあたって、上述の参考書には記載されていない部分の補足説明を加えた解説をする。

問 1 直径 12mm の円形断面の試験片が荷重 W を受けたときの応力が 80MPa であった。直径 24mm の円形断面の試験片が同じ大きさの荷重を受けたときの応力を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 80MPa (b) 60MPa
- (c) 40MPa (d) 20MPa

正答 (d)

この場合の試験片断面積を A とすると、応力 σ は次の式で与えられる。

$$\sigma = W / A \tag{1}$$

したがって、直径 12mm の場合の荷重 W は、

$$W = \sigma \times A = 80 \times 6^2 \times \pi = 2880 \times \pi \text{ N}$$

になる。

一方、直径 24mm の場合も同じ荷重 W を受けているので、このときの応力 σ は式 (1) より、

$$\sigma = 2880 \times \pi / 12^2 \times \pi = 20 \text{ N/mm}^2 = 20 \text{ MPa}$$

になり、(d) が正答になる。

この間のように、同じ大きさの力を受けても部材の大きさが異なると強さも違ってしまふ。このため、強さを比較するためには単位面積当たりにかかる力 (荷重) とする応力で表示する必要がある。

また、式 (1) で得られる応力の値は断面に応力が一様に分布する場合に限られる。複雑な構造部材はもとより、例えば下の図 1 のような引張荷重 W を受けた半円切欠をもつ帯板のような部材でも、切欠底 A-A の断面では応力分布が一様になっていない。このような場合には式 (1) で応力を求めることができず、光弾性実験法な

どにより直接応力分布を求めるか、あるいはひずみゲージで個々の点のひずみを測定して、各点の応力を求めなければならない。

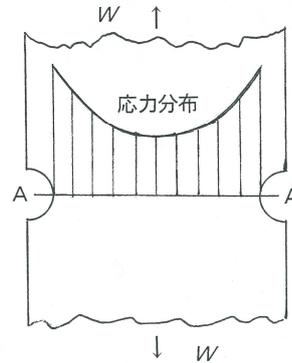


図 1 引張荷重を受けた切欠を持つ帯板の応力分布

問 2 棒が引張荷重を受け、長さ L の部分が ΔL だけ伸びた。このときのひずみを ϵ とする。この棒の長さが $2L$ の部分で同じ荷重を受けたときのひずみを次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 4ϵ (b) 2ϵ (c) ϵ (d) $\epsilon/2$

正答 (c)

長さ L の部分が ΔL 伸びたときのひずみ ϵ は次の式のようにになる。

$$\epsilon = \Delta L / L \tag{2}$$

一方、この棒の $2L$ の部分が同じ荷重を受けたときの伸びは 2 倍、すなわち $2\Delta L$ になる。したがって、このときのひずみは

$$2\Delta L / 2L = \Delta L / L = \epsilon$$

になり、(c) が正答になる。

式 (2) で与えられるひずみ ϵ は棒の単位長さ当たりの伸び (変位) に換算された値である。長さが違う場合の伸びはその長さに対応した値になり、同じ荷重を受けた場合のひずみは長さに関係なく同じ値になる。

問 3 縦弾性係数が 190GPa のステンレス鋼部材の主方向にひずみゲージを接着し、 520×10^{-6} のひずみが測定された。この主方向の応力を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 98.8MPa (b) 85.0MPa
- (c) 49.4MPa (d) 36.5MPa

正答 (a)

ひずみゲージで測定されたひずみから応力を求める場

合には、材料の特性を知っておく必要がある。下の図2はステンレス鋼の引張試験で得られる応力・ひずみ線図である。

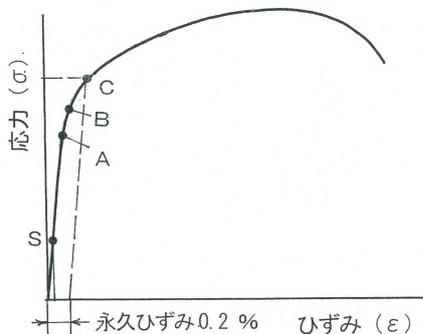


図2 ステンレス鋼の応力・ひずみ線図

図の点 A は比例限度、点 B は弾性限度、点 C は耐力を示している。また、ここで測定されているひずみに相当する値をこの線上に示すと点 S になる。点 S の応力は点 A の比例限度よりも低く、応力はひずみに比例していて、この線図の直線で示された範囲になる。このような範囲では応力を σ 、ひずみを ε とすると、次の式の関係になる。ここで、 E は縦弾性係数と称される材料固有の比例定数である。

$$\sigma = E \times \varepsilon \quad (3)$$

したがって、この式に各値を代入すると、

$$\sigma = 190 \times 10^9 \times 520 \times 10^{-6} = 98.8 \times 10^6 \text{ Pa} = 98.8 \text{ MPa}$$

になり、(a) が正答になる。

なお、応力が高くなり上の図の AB の範囲になると、弾性限度であるので、応力が零になったときのひずみも零になる。しかし、この関係が曲線になり、応力はひずみに比例していないので、式(3)は適用できない。さらに、応力が耐力で示された点 C より大きくなると応力を零にしても部材には 0.2% 以上のひずみが残る、変形したままになってしまう。このため、一般の構造物は負荷される応力が式(3)で求められる範囲、すなわち上の図の点 A 以下の範囲内なるように設計されている。

問4 車軸が回転によりねじり変形をした。このときの車軸表面に生じるひずみを次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 引張ひずみ (b) せん断ひずみ
- (c) 曲げひずみ (d) 圧縮ひずみ

正答 (b)

車軸のような長さ L 、半径 r の円形断面の棒がねじりを受けたときの変形を図3に示してある。

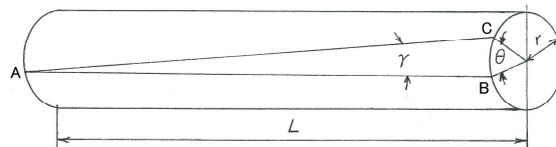


図3 ねじり変形をした円形断面の棒

この図で棒表面の変形前の軸方向の直線 AB が変形後 AC になったときの、AB と AC のなす角を γ 、端面の円の中心と B 及び C を結ぶ線のなす角を θ とする。車軸がねじりを受けたような場合はこの角 θ が小さいと仮定されるので、棒の長さも直径の変化もなく、変形後の断面は円形を保っている。このようなときには、

$$\gamma = (r \times \theta) / L \quad (4)$$

になり、角 γ は単位長さ当たりのねじり変形に相当したせん断ひずみになる。すなわち、ここで生じているのはせん断ひずみなので、(b) が正答になる。

問5 図4のような長さ L の片持りは自由端に W なる垂直方向の荷重を受けて曲げられている。この片持りの曲げモーメント M に関する正しい記述を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

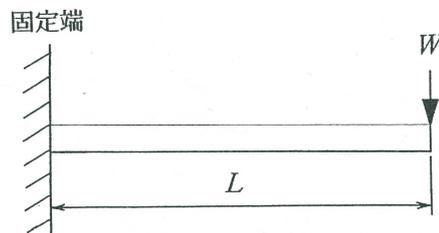


図4 自由端に垂直荷重を受けた片持り

- (a) はりの自由端で $M = W \times L$ になる。
- (b) はりに沿って $M = W \times L$ で一定になる。
- (c) はりの中央で $M = W / L$ になる。
- (d) はりの固定端で $M = W \times L$ になる。

正答 (d)

自由端に荷重を受けた片持りの曲げモーメント M は、自由端から固定端にかけて直線的に増加し、自由端からの距離を x とすると、次の式で示される。

$$M = W \times x \quad (5)$$

自由端は $x = 0$ であるので、 $M = 0$ になる。一方、固定端は $x = L$ であるので、 $M = W \times L$ になる。したがって、(d) が正答になる。

【64巻9号掲載記事に関する訂正】先月掲載した「非破壊試験技術者資格登録件数(2015年4月1日現在)」記事において表1及び文中の資格登録総件数に誤りがありました。協会HPの「NDTフラッシュコーナー」内Vol.64, No.09に訂正記事を掲載しております。お詫びして訂正致します。