

UMレベル1 一般試験のポイント

UM レベル 1 の一般試験問題は、超音波の基礎、厚さ測定の一般的な問題が 30 問以上出題される。UM1 の一般問題の解説は、過去に機関誌 Vol.54, No.3(2005), Vol.55, No.5(2006), Vol.58, No.5(2009), Vol.60, No.10(2011) 及び Vol.63, No.1(2014) で行った経緯がある。今回解説の問題と共に過去の記事も参考にして頂きたい。

問 1 次の文は、超音波の性質について述べたものである。誤っているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 金属中では、超音波はよく伝搬する。
- (b) 電気の導電体中では、超音波はよく伝搬する。
- (c) 水中では、周波数の低い超音波も伝搬する。
- (d) 超音波は、真空中でも伝搬する。

正答 (d)

超音波厚さ測定の問題では、超音波に関する基礎的な問題も試験範囲の対象となる。超音波を用いて測定する基礎となるものであるので十分理解しておく必要がある。

超音波は気体、液体、固体のいずれの物質も伝搬するが、真空中では伝搬しない。超音波の周波数によって伝わり易さは異なるが、いずれの周波数でも伝搬する。一般に超音波といった場合、縦波、横波など種々のモードを含んだものとして扱われるが、ここでは最も一般的な縦波を想定して解答すればよい。

問 2 次の文は、超音波の性質について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 横波は液体、固体には伝わるが気体には伝搬しない。
- (b) 横波は気体、液体及び固体のいずれにも伝搬する。
- (c) 縦波は気体、液体及び固体のいずれにも伝搬する。
- (d) 縦波は液体、固体には伝わるが気体には伝搬しない。

正答 (c)

超音波には、代表的なモードとして縦波、横波がある。縦波は波の進む方向に対し粒子が平行な方向に振動する波で、粒子の間隔が伸び縮みしながら変化して伝わってゆくため粗密波とも呼ばれる。横波は波の進む方向に

し粒子が直角な方向に振動する波であり、せん断波とも呼ばれる。液体や気体は横方向に反動する力がないので横波は伝搬しない。固体では縦波も横波も伝搬する。

問 3 次の文は、超音波の音速について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 超音波の音速は、液体中より空気中の方が速い。
- (b) 超音波の音速は、固体中より空気中の方が速い。
- (c) 超音波の音速は、液体中より固体中の方が速い。
- (d) 超音波の音速は、どんな物質中でも一定である。

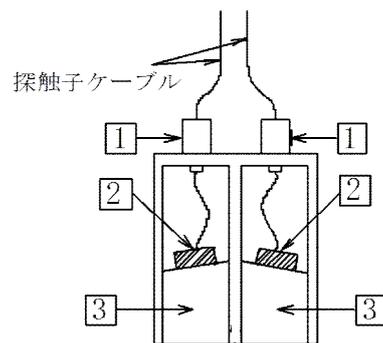
正答 (c)

超音波の音速 C は一般的には

$$C = \sqrt{\frac{\text{弾性係数}}{\text{密度}}}$$

で表される。弾性係数は物質によって異なり、また、縦波、横波などのモードによっても値は変わる。空気中の音速は約 340m/s で水中や固体中での音速は空気中よりも速く、水中で 1,480m/s、鋼中での縦波音速は 5,900m/s、横波音速は 3,230m/s 程度である。このように超音波の音速は、気体中よりも液体中の方が、液体中よりも固体中の方が音速は速い。

問 4 次の図は、超音波厚さ測定で用いられる二振動子垂直探触子の断面略図である。各部の名称を、解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。



- [1] (a) 音響隔離面 (b) 接栓  
(c) くさび (d) 振動子
- [2] (a) 音響隔離面 (b) ダンパ  
(c) くさび (d) 振動子
- [3] (a) 音響隔離面 (b) ダンパ  
(c) くさび (d) 振動子

正答 [1] (b), [2] (d), [3] (c)

図は二振動子探触子の断面を示すものである。二振動子探触子は文字通り二つの振動子を有しており、一方が送信用、他方が受信用となる。それぞれの振動子に接栓、探触子ケーブル、くさびが付属する。図中の①は接栓であり、②は振動子、③はくさびである。ここでは出題されていないが、間を分離しているものは音響隔離面となる。

問5 鋼材の音速5,900m/sに調整した超音波厚さ計により、音速2,730m/sの亚克力樹脂を厚さ測定し、表示値26.0mmを得た。この測定物の実際の厚さはいくらか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 12.0mm
- (b) 13.0mm
- (c) 26.0mm
- (d) 56.2mm

正答 (a)

超音波厚さ測定は、測定器の音速設定を測定する物質の音速に調整しておき、その状態で測定を行うことで物質の厚さの値を表示している。実際は測定物の厚さの間を超音波が往復する時間を測定して、調整している音速に乗じて厚さを表示している。したがって、調整している音速と物質の音速が異なれば誤った値となるが、予め測定する物質の音速が判明している場合には、物質の実音速と調整により表示された値の音速との比を乗じることによって実際の厚さを推定することができる。測定する物質内の音速が設定している音速より速い場合は、物質内を往復する時間が短くなるので薄目に表示され、反対に物質内の音速が遅い場合には厚めに表示される。例題の場合調整している鋼材の音速より亚克力樹脂の音速の方が遅いため厚めに表示されている。実際の値  $t$  は、下記のようになる。

$t = 26.0 \times 2,730 / 5,900 = 12.0$  誤って音速の比を反対に乗ずると  $26.0 \times 5,900 / 2,730 = 56.2$  となる。超音波厚さ測定概念をよく理解して誤らないように願いたい。

問6 次の文は、超音波厚さ測定における誤差について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 校正用試験片と同じ厚さの試験体の超音波厚さ測定値と校正用試験片による校正値との差

- (b) 超音波測定による測定値のばらつき
- (c) 超音波による測定値と機械的計測による厚さ寸法との差
- (d) 腐食の著しい部分で発生する測定値のずれ

正答 (c)

『超音波厚さ測定 I』には、誤差は超音波厚さ計による測定値と機械的計測による厚さ寸法との間に生じた差と記述している。

厚さ測定の誤差の測定については JIS Z 2355: 2005「超音波パルス反射法による厚さ測定方法」附属書 1 (規定)「パルス反射式超音波厚さ計の性能測定方法及び表示方法」で定められており RB-E や RB-T の対比試験片などによってマイクロメータで複数回測定した値と超音波厚さ測定で 4 回繰返し測定した値の差を求めて誤差とするよう規定されている。

問7 次の文は、超音波厚さ計用の探触子について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 探触子、5Z10/2NDT の 10/2 は、直径 20mm の振動子を半円形状に二分割したものを表す。
- (b) 探触子、5Z10/2NDT の 10/2 は、直径 5mm の振動子を半円形状に二分割したものを表す。
- (c) 探触子、5Z10/2NDT の 10/2 は、直径 10mm の振動子を半円形状に二分割したものを表す。
- (d) 探触子、5Z10/2NDT の 10/2 は、直径 10mm の振動子を円形状に二分割したものを表す。

正答 (c)

超音波探触子の表示記号は、『超音波厚さ測定 I』3 章 3.3 に表 I-3.1 「探触子の記号」で説明されている。それによると 5Z10/2NDT の 5 は公称周波数：5MHz、Z は振動子材料：ジルコンチタン酸鉛、10/2 は振動子の公称寸法で直径 10mm の振動子を半円状に 2 分割したものの、N は形式で垂直探触子の意味、D は二振動子形、T は厚さ計用となっている。

以上 UM レベル 1 の一般問題について解説を行った。UM レベル 1 の一般試験問題は、超音波の基礎も含め『超音波厚さ測定 I』から幅広く出題されているので『超音波探傷試験問題集』のみならず知識の習得に努めて頂きたい。

### PT レベル3 二次パートF 試験のポイント

2015 年秋期より JIS Z 2305:2013 による資格試験が開始された。これまで NDT フラッシュでは、PT レベル3 手順書問題のポイントについて、Vol.54, No.10(2005)、Vol.59, No.5(2010)及び Vol.61, No.9(2012)において、二次 C<sub>3</sub> (手順書) 試験のポイントとして、説明してきた。

これらを理解いただければ、JIS Z 2305:2013 二次 F (手順書) 試験にも十分対応できると思われる。

これまでの要点を整理すると Vol.54, No.10 では、「小形機械部品に対する水洗性浸透探傷試験手順書作成の具体例」として具体的に示された製品について、その特徴に応じた試験方法の選択、探傷条件が詳述されている。

Vol.59, No.5 では、「NDT 手順書記載項目例及びそれぞれの項目ごとに最小限必要と考えられるポイント」として、与えられた検査仕様書に基づき、NDT 手順書記載項目例及びそれぞれの項目ごとに最小限必要と考えられるポイントが示されている。

Vol.61, No.9 では、「各製品に対する試験方法の選択の考え方を中心に手順書作成のポイント」として試験方法の選択の考え方、検出すべききずなどについて詳述されている。

今回は、なぜ技術文書としてこのような手順書の作成が必要になるのかレベル3 技術者として知っておくべき内容について説明を加える。

#### 1. NDT 仕様書について

NDT 仕様書は、その製品 (部品を含む。) を使用するうえで必要な性能を満足するために必要な検査 (性能に影響する有害なきずを存在させない。) を規定した文書である。

#### 2. NDT 手順書について

NDT 手順書の要点は、NDT 仕様書で要求されたきずを存在させない (有害となるきずを検出することで、要求品質を満足する。) ために、試験方法、試験条件などを規定した文書といえる。

#### 3. 有害なきずの検出について

要求品質を満足させるためには、有害なきずを確実に検出する必要がある。JIS Z 2343-1:2001 では、このことを「5.5 有効性」として規定している。検出性は、探傷

剤と装置の種類、仕上げと表面条件、予想されるきずの種類、試験体の温度、浸透時間と現像時間、観察条件、その他によって左右される。

目的となるきずを確実に検出するために検討すべき事項のロジカルな流れを以下に示す。ここで、留意すべきことは浸透探傷試験は標準試験片を使用しないことである。

目的：要求品質の確保

- (1) 検出すべききずの大きさと種類を確認する。  
↓
- (2) 上記に見合う仕上げと表面状態を確認する。  
↓ (検出すべききずに応じて仕上げ程度を変える。)
- (3) 使用可能な設備を選定し、作業環境を整える。  
↓
- (4) 適用する試験方法を選定する。  
↓ (目的のきずを検出でき、かつ、合理的な試験方法とする。)
- (5) 試験手順書を作成する。  
↓ (目的のきずが検出できる合理的な条件などを定める。)
- (6) 試験技術者を選任する。  
↓ (資格、経験を考慮する。)
- (7) 試験を実施する。  
↓ (検査技術者の経験に応じた、指導も必要となる。)
- (8) 試験結果を評価する。  
↓ (指示模様の検出の確認、判定を行う。)

要求品質の確保：目的の達成

ここで再度注意することは、(1)~(8)に示した項目のどの一つでも、設定が不十分な場合には、指示模様が検出できなくなることを意味している。この場合、検査結果は合格であっても目的のきずを検出していない不安が残ることになる。このことは RT, UT, MT など他の非破壊試験方法と根本的に異なる。標準試験片を使用する非破壊試験方法では、試験前及び試験後の標準試験片で試験条件などの妥当性が検証できる。

例えば、試験結果に最も客観性があるのは RT であり、フィルム上で要求される透過度計が確認できるかどうかで、試験条件の妥当性を容易に評価できるからである。これに対して、標準試験片を使用しない PT では、各試験工程の妥当性評価が困難となるのである。

#### 4. 手順書作成のための検討事項について

上記3項に述べたように、試験結果に影響を与える要因について検討し、普通文書としての手順書に要求事項を詳しく述べる必要がある。

手順書作成に当たっては、使用する装置の規模及び性能、環境条件、試験員の熟練度、などについても十分にイメージしておく必要がある。周知のとおり、PTは試験条件を定量化することが困難な試験方法であり、試験員の能力に負うところが大きい。現場の状況を十分に把握し、この能力を引き出すこともレベル3の重要な役目となる。

##### (1) PTの各種技法ときず検出

参考としてPTの試験方法ときず検出について目安を以下に示す。

PT 試験方法	検出できる きずの目安	適用条件	備考
後乳化性蛍光 浸透探傷試験	浅くて微細な 割れ	表面は滑らか	熱疲労割れ、 SCC など
溶剤除去性染色 浸透探傷試験	割れ、ブローホ ール、スラグ巻 込みなど	グラインダ仕上 げ程度による	検出できる きずは、表面粗さ で決まる。
水洗性染色 浸透探傷試験	同上	比較的 粗くてよい	溶剤除去に比べ 劣る。

##### (2) 試験の合理性についての検討

次に検討すべき項目としては、試験の合理性である。目的のきずを検出できる（きずを見落とさない範囲で）合理的な試験方法を検討する。例えば、手のひらに10個以上も乗るような小さな部品を試験する場合、1個ずつPTの試験工程ごと前処理から観察まで実施することもできるが、合理的な手順書とは言えない。一方、作業時間短縮を重視し、100個同時に洗浄を実施させると、目的の指示模様を検出することが困難になる。同様に広範囲な試験部においては、合理的な試験範囲の分割と対応方法などを示す必要がある。

##### (3) 試験条件の検討

すでに述べたように、PTは試験条件の定量化（数値管理）が困難であり、技量、経験が重要な役割を果たす。スプレノズルの水圧はノズルの出口圧力で管理できるが、試験体に当たるときの圧力の管理はノズル距離などベテランの勘所である。完璧な手順書を書き下しても、繰り返し再現性のある試験結果を得るには容易でない。速乾式現像剤のスプレも同様で、気温、スプレ缶の圧力、噴

霧状態などにおける微妙な違いを感じ取り、適正な実施とするためには技量、経験が重要な役割を果たしている。これらについては、現場の状況を思い浮かべて、書き下すことも必要となる。

##### (4) 安全対策、環境対策などの検討

その次に、PTには使用する探傷剤、作業場所などに併せて、検査技術者の安全対策、周囲の環境対策が重要になることもある。具体的には、火気厳禁、酸欠防止、廃液処理、防塵マスク、などがあげられる。

これらの対策は、選択する試験方法、使用条件などに応じて適切に実施するよう要求することも重要となる。

#### 5. NDT 手順書記載項目例について

NDT 手順書に記載が必要な項目は以下のとおりである。

これら項目の大半は、仕様書の指示をおうむ返しにすることで足りる。しかし、対象となる試験体の特徴を十分把握し、採用する試験方法、試験条件などを検討していただきたい。

1. 適用範囲
2. 適用規格及び基準
3. 検査員の資格
4. 検査時期
5. 検査範囲
6. 使用機材
7. 試験準備
8. 試験手順（8.1前処理から8.7後処理まで）
9. 再試験
10. 合格基準及び判定
11. 記録・報告

以上、PTレベル3技術者として手順書を作成するにあたり検討すべき事項とこれまでの手順書問題のポイントの要点などについて述べた。要は受験者各位がレベル3技術者として、与えられた試験体に対しどのような手順書を作成すれば、「レベル2技術者が、安全に試験でき、間違いのない試験結果を出せるのか。」を念頭において解答に取り組んでほしい。このことを理解しておく、二次試験の手順書問題に関しては、与えられた試験体の特徴を把握すれば容易にポイントが見えてくると思われる。

本解説と前回までの解説を併せて理解すると共に、参考書、実技参考書、問題集、各種規格等をよく学習されることをお薦めする。