

**PT・PDレベル2 一般試験のポイント**

PT・PDレベル2の新規一次一般試験問題については、これまで相対的に正答率の低い問題及び基本的に理解してほしい問題と類似の例題を選んで何回か本欄で解説を行ってきた。

今回は、これまでの解説でもよく理解されていない問題も見受けられるのでそれらを含めた例題について解説する。

**問1** 間隔1mmで二枚のガラス平板を平行にして浸透液の中に立てた場合に、二枚の平行ガラス板間を上昇する浸透液の高さについて、最も近いものを一つ選び記号で答えよ。ここで、浸透液の接触角は $0^\circ$ 、浸透液の密度は $0.9\text{g/cm}^3$  ( $0.9 \times 10^3\text{kg/m}^3$ )、浸透液の表面張力は $30\text{dyn/cm}$  ( $30\text{mN/m}$ )、重力加速度は $980\text{cm/s}^2$  ( $9.8\text{m/s}^2$ )とする。

- (a) 1.5mm (b) 3.5mm (c) 7.0mm (d) 10.0mm

**正答 (c)**

この問題は毛細管現象による浸透液の上昇高さに関する問題である。これまで何回か解説しているが、単位系について理解されていないようである。

浸透液の上昇する高さは、次式で表される。

$$h = 2\Gamma \cos\theta / (d\rho g) \quad (1)$$

ここで、 $\Gamma$ : 表面張力、 $\theta$ : 接触角、 $d$ : 平板の間隔、 $\rho$ : 密度、 $g$ : 重力加速度、である。

解答に当たって、注意しなければいけないのは、単位系を合わせることである。問題にはCGS単位系の値を最初に書いてあり、括弧書きでMKS単位系を書いてある。接触角はCGS、MKSどちらも同じ値である。

(1) 式に数値を代入すると、CGS単位系の場合  

$$h = 2 \times 30 \times 1 / (0.1 \times 0.9 \times 980) = 0.68\text{cm} \approx 7\text{mm}$$
 MKS単位系の場合  

$$h = 2 \times 30 \times 10^{-3} \times 1 / (1 \times 10^{-3} \times 0.9 \times 10^3 \times 9.8) = 6.8 \times 10^{-3} \text{m} \approx 7\text{mm}$$

したがって、(c)が正答となる。

**問2** 次の文は、浸透探傷試験方法の選択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) 小物の量産部品を多量に検査するには、水洗性蛍光浸透探傷試験・速乾式現像法が適している。  
 (b) 多量のステンレス製ボルトの検査には、水洗性蛍

光浸透探傷試験・乾式現像法が適している。

- (c) 微細な応力腐食割れのある部品の検査には、高感度水洗性蛍光浸透液を用いた無現像法が適している。  
 (d) 大形部品の部分探傷には、溶剤除去性染色浸透探傷試験・湿式現像法が適している。

**正答 (b)**

小物の量産部品について、速乾式現像法を適用する場合、試験体について一個ずつ適用する必要があり、作業効率が悪くなる。一般的には試験体をカゴ等に纏めて湿式現像法あるいは乾式現像法が用いられる。したがって、(a)は誤っている。

ボルトのように、形状が複雑な試験体の探傷には、水洗性浸透探傷試験（或いは水ベース後乳化探傷試験）が適している。また、現像法としてはねじ底にまで現像剤が行きとどくためには乾式現像法が適している。湿式現像法の場合はねじ底に現像剤のたまりができ、検出精度が悪くなる。したがって、(b)は正しい。

微細なきずの検出には高感度浸透液の適用は正しいが、無現像法は検出感度が劣るため普通は用いられない。したがって、(c)は誤っている。

湿式現像法を、部分的に適用することは難しくあまり用いられない。大形部品の部分探傷に最も適している現像法は、速乾式現像法である。したがって、(d)も誤っている。

**問3** 次の文は、正しい試験条件で浸透探傷試験を実施した場合の指示模様の知覚の難易性について述べたものである。正しいものの組合せを一つ選び記号で答えよ。ただし、目の状態は同一状態にあるものとする。

- ①一般に染色浸透液を用いた場合より蛍光浸透液を用いた場合の方が指示模様は知覚しやすい。  
 ②染色浸透液を用いて得られる指示模様の知覚の難易度は、バックグラウンドの色とのコントラストと照明の明るさに影響される。  
 ③蛍光浸透液を用いて得られる指示模様の知覚の難易度は、浸透液の種類には関係なく、紫外線照射灯の強度によって決まる。  
 ④蛍光浸透液が紫外線の照射を受けて発する光の強度は周辺の暗さに影響される。  
 (a) ①と② (b) ①と③  
 (c) ②と③ (d) ②と④

**正答 (a)**

指示模様の知覚については、染色浸透探傷試験は色相のコントラストの差を、蛍光浸透探傷試験の場合は明るさのコントラストの差を識別することにより、判断する。コントラストの差を識別できる、限界の値を閾値といっており、この閾値は色相の場合よりも明るさの場合の方がはるかに低い値となっている。そのため、明るさで指示模様を識別する蛍光浸透探傷試験の方が指示模様は知覚しやすい。したがって、①は正しい。

指示模様の色とバックグラウンドの色とのコントラストが大きい方が指示模様が識別しやすい。また、色相の識別は、目の機能として、周囲の明るさが明るい方が知覚しやすい。したがって、②も正しい。

蛍光浸透液の感度はその発する輝度の違いにより、五段階に分けられている (JIS Z 2343-2)。紫外線強度が同じであっても、浸透液の違いによって指示模様から発せられる蛍光輝度は異なり指示模様の知覚は異なる。したがって、③は誤っている。

蛍光浸透液が紫外線の照射を受けて発する蛍光の強度は浸透液の種類と紫外線の強度が同じであれば変わらない。周囲の明るさが変わると、浸透液から発する蛍光の知覚度は変わるが (閾値が変わるため)、蛍光の強度そのものは変わらない。したがって、④も誤っている。

①と②が正しいので、正答は (a) となる。

**問4 次の文は、ぬれ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) ぬれるということは、「気/固」界面を「気/液」界面に置き換える現象である。
- (b) ぬれ性は、液体の表面張力に影響される。
- (c) 接触角 $\theta$ が小さいほどぬれが起こりやすい。
- (d) ぬれの程度は、液体の種類、固体の種類、固体表面の状態などにより異なる。

**正答 (a)**

ぬれるということは、個体の表面に液体が付着し、固体表面を広がって、液体と固体の界面 (「液/固」界面) ができることである。ぬれる前の固体の表面は空気層 (気体) であるから「気/固」界面になっている。

すなわち、ぬれるということは、「気/固」界面を「液/固」界面に置き換える現象である。したがって、(a) は誤っている。

ぬれは液体と固体の界面現象であるため、その程度は

液体の性質と固体の性質及びその界面状態に影響される。液体の性質としては、液体の表面張力、接触角が大きな因子となっている。したがって、(b)、(d) は正しい。

接触角 $\theta$ が $90^\circ$  以下の場合をぬれるといっており、この値が小さいほどぬれやすくなる。したがって、(c) も正しい。

**問5 次の文は、浸透処理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) 浸透処理には、探傷方法あるいは対象物によって、浸漬、吹きつけ、はけ塗り等の方法が用いられるが、いずれも排液を行う必要がある。
- (b) 後乳化性浸透探傷試験 (油ベース乳化剤) の浸透処理では、余剰浸透液の厚さをできる限り均一にすることが必要である。
- (c) 浸透時間は、浸透液の種類、試験体の材質、試験体と浸透液の温度、予想されるきずの種類と大きさで決める。
- (d) 同一の対象物に対して、浸透処理を浸漬法で行う場合と吹きつけ法で行う場合では、浸透時間は同じである。

**正答 (a)**

浸透液の適用方法には、浸漬、吹きつけ (スプレー)、はけ塗り、注ぎかけ及び静電塗布等の方法がある。排液を行うか行わないかは、浸透処理後の洗浄処理方法によって決まってくる。水洗性及び後乳化性 (油ベース) 探傷方法の場合は、排液が必要になるが、溶剤除去性探傷方法の場合は、最初に余剰浸透液をウエスで拭き取るため排液は必要ない。したがって、(a) は誤っている。

後乳化性浸透探傷試験 (油ベース乳化剤) では、乳化処理を適切に行うために、排液を行い、余剰浸透液の厚さをできる限り均一にすることが必要である。したがって、(b) は正しい。

(c) は浸透時間を決めるための必要因子が述べられているので、正しい。

同一対象物であれば、浸透液の適用方法が異なっても、試験体表面が浸透液で完全にぬれていれば、浸透時間は変わらない。したがって、(d) も正しい。

以上、本解説を基に、『浸透探傷試験 I 及び II』、『実技参考書』、『問題集』等の内容をよく勉強してほしい。

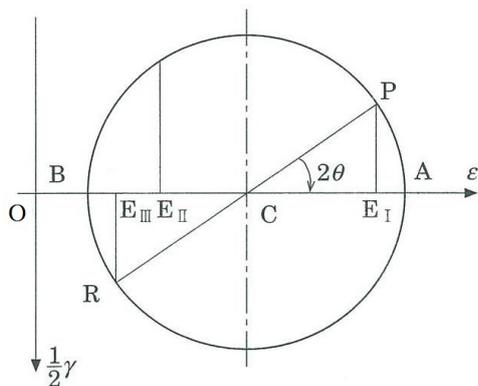
**SMレベル2 試験問題のポイント**

すでに NDT フラッシュで紹介してきたが、ひずみ測定 (SM) レベル2 非破壊試験技術者資格試験は一次の筆記試験と、この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構成されている。ここでは、SM レベル2 の試験全般についての解説をするが、とくに二次試験の実技とともに課せられている指示書作成試験についてはこれまであまり本欄で紹介されていなかった。また、この試験は今後多少変更される可能性もあるので、この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ある。次に示す問1は一般試験、問2は専門試験の類似問題の例である。

問1 下の図は任意方向に接着された直角ロゼットゲージで測定した3方向のひずみ  $\varepsilon_I, \varepsilon_{II}, \varepsilon_{III}$  と横軸を垂直ひずみ  $\varepsilon$ 、縦軸をせん断ひずみ  $\gamma$  としたモールのひずみ円である。Oは座標系の原点、A、Bはこの円と横軸の交点である。この図に関する次の記述で、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



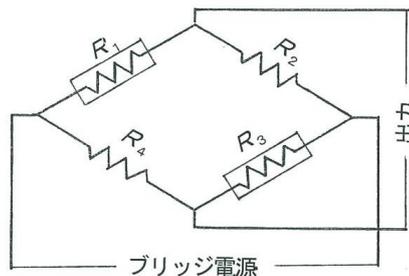
- (a) 図のACとBCが主ひずみである。
- (b) 図のPCとRCが主ひずみである。
- (c) 図のABとOCが主ひずみである。
- (d) 図のOAとOBが主ひずみである。

**正答 (d)**

主方向が不明の場合には、ロゼットゲージにより3方向のひずみを測定し、これから主ひずみを求めなければならない。これには、計算式を使用しても求められるが、

本問のように、モールのひずみ円から図的に求めることもできる。このモール円の描き方の詳細については、『ひずみ測定II』を参照してもらいたい。これは垂直ひずみ  $\varepsilon$  を横軸、せん断ひずみ  $\gamma$  を縦軸にし、この交点 (原点) を O とした座標系に、測定された3方向のひずみ  $\varepsilon_I, \varepsilon_{II}, \varepsilon_{III}$  の値を  $OE_I, OE_{II}, OE_{III}$  として決定される円である。この円と横軸との交点を A 及び B とすると、OA と OB の長さが主ひずみを示す図になる。したがって、ここでは (d) が正答になる。

問2 帯板引張試験片の表・裏面の同一位置長手方向に接着された2枚のひずみゲージを下の図の抵抗  $R_1$  と  $R_3$  にし、 $R_2$  と  $R_4$  を固定抵抗にした対辺2アクティブゲージ法でひずみの測定をした。この場合の出力電圧  $e$  と1アクティブゲージ法の出力電圧  $e_1$  の関係はどうか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



- (a)  $e=e_1$
- (b)  $e=2e_1$
- (c)  $e=1/e_1$
- (d)  $e=e_1/2$

**正答 (b)**

表・裏面に接着されたゲージ率  $K$  の2枚のひずみゲージが  $\varepsilon_1$  及び  $\varepsilon_2$  のひずみを受けている場合に、ブリッジ電源の電圧を  $E$  とすると、対辺2アクティブゲージ法のブリッジ回路の出力電圧  $e$  は次式で与えられる。

$$e = 1/4 \cdot K \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \cdot E$$

ここで、例えば試験片が引張荷重を受けたとすると、2枚のゲージはいずれも引張を受けるので、 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  ともに同符号になる。さらに、曲げの影響がないとすると、 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$  になり、 $(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = 2\varepsilon_1$  になる。したがって、この場合の出力電圧  $e$  は1アクティブゲージ法の場合の出力電圧  $e_1$  の2倍になり、(b) が正答になる。

なお、この問題に適用されている方法は2枚のひずみゲージの平均のひずみによる出力電圧が  $e/2$  になり、引張試験などで試験片の曲げの影響があっても正確なひずみが求められるので、知っておいてもらいたい。

## 二次試験

二次試験では静ひずみ及び動ひずみを測定する実技試験とレベル1の技術者に対する指示書作成の試験が課せられている。実技試験の静ひずみ測定は従来から行われている試験と同様に、直角ロゼットゲージが任意方向に接着された試験片が曲げを受けたときのひずみを測定して、これから主ひずみを求め、さらにこのひずみから主応力を求める試験である。この場合には試験時に与えられた計算式（ここでは省略）を用いて求めるが、モールドのような図的な方法にも対応して、前の問1の例題も参考にしてもらいたい。

動ひずみの測定は、一次の弾性振動を受けた試験片の動ひずみと固有振動（周波）数を求める試験であり、測定の基本操作は従来と同じである。しかし、今後は試験片が鋼材帯板形状の片持りではなく、アルミニウム合金正方形断面の角管のりになる。このため、ひずみゲージの接着操作が多少変わってくる。また、試験片の形状寸法だけでなく弾性係数などの材料特性も変わり、測定結果がこれまでの場合とは違って来るので、注意してもらいたい。

一方、指示書作成試験についてこれまであまり紹介されていないので、ここでは解答法について詳しい解説をする。

表1はこの指示書作成に当たり必要な項目である。

表1 指示書の項目

a)	まえがき（適用範囲，参考資料）
b)	技術者
c)	調整を含む使用機器
d)	試験体（製品）
e)	ひずみ測定の準備と測定条件
f)	ひずみ測定の適用に関する詳細な指示事項
g)	測定結果及び記録
h)	測定結果の報告書

すなわち、指示書は与えられたひずみ測定の課題に対し、表1のa)からh)までの各項目で構成された文書であり、以下にこの各項目に記載する事項を示す。

項目a)のまえがきの適用範囲は「与えられた測定課題」になり、これについての手順書が参考資料になる。

項目b)では試験を実施する技術者のJIS Z 2305で規定されたレベルを示す必要がある。これには上述の規格

で規定された各レベルの技術者の職務を知っておかなければならない。

項目c)には与えられた測定課題に対し、測定点数、静ひずみの測定か動ひずみの測定かなどにより、使用する測定器や記録器を記載する。また、屋外か屋内か、温度変化があるかなどの測定環境条件により、使用するひずみゲージ、接着剤、防湿剤を示しておかなければならない。その他、負荷を要する場合には負荷装置や必要によっては変位測定器や撮影機器なども記載する。

項目d)には試験体が構造物なのか部品であるのか、さらに試験体の形状寸法、材質あるいは弾性係数や引張強さなどの特性を記載する。

項目e)は環境条件あるいは静ひずみか動ひずみかにより異なってくるので、これに対する機器の準備及び適切な測定条件を記載する。

項目f)には測定上の注意事項、あるいは測定結果に対し、ゲージ率の違いによる補正、リード線の抵抗による補正などについて記載する。

項目g)は測定データ、観察記録などの添付資料について示す項目である。

項目h)の報告書には以下のような事項を記載する。

- (1) 試験年月日
- (2) 試験実施場所
- (3) 試験実施技術者の氏名及び資格
- (4) 試験装置及び測定機器
- (5) 試験方法
- (6) 測定結果並びに観察記録結果
- (7) 試験結果の検討

なお、指示書作成試験の試験時間は30分である。この時間内では、与えられたひずみ測定の課題に対して、表1の各項目を完全な形で記載した指示書を作成するのは不可能である。このため、本試験は与えられた課題に対する手順書を参考にして具体的な数値、用語、機器、簡単な記述などを書き加えて、各項目の記載事項を完成させるような解答形式になる。

ひずみ測定を実施するに当たり、指示書は重要な文書である。したがって、この文書がどのような項目で構成され、各項目の事項をどう記載すべきかについて学んでおいてもらいたい。