

### PTレベル3 二次C<sub>2</sub> (適用) 試験のポイント

JIS Z 2305 による資格試験について、今回は、PTレベル3の二次試験C<sub>2</sub> (規格、仕様を含む関連する工業分野におけるPTの適用) について、正答率の低い問題に類似した問題例のポイントを解説する。PTレベル3のC<sub>2</sub>問題については、これまでに、本欄のVol.53、10月号にC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>について、また、Vol.57、11月号にC<sub>2</sub>について解説を掲載している。これらと合わせて参考にしてほしい。

問1 「要求事項が満足されているかいないかを決定する手順、方法を示し、製品、材料、製造方法がそれぞれに満足しなければならない一連の要求事項に関する詳細な細目について述べた文書」は次のどれか。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 手順書 (Procedure)
- (b) 指示書 (Instruction)
- (c) 仕様書 (Specification)
- (d) 規格 (Standard)

正答 (c) (浸透探傷試験II 12.2項 参照)

この問題は、用語の定義に関することであり、工業分野によって多少ニュアンスの違いがある。特に手順書と指示書については議論の多いところであるが、JIS Z 2305に手順書と指示書について明確に定義されているのでそれをよく覚えてほしい。

「手順、方法を示し」にとらわれ、手順書と考えた人が多いようである。「製品、材料、製造方法が満足しなければならない要求事項について述べた文書」とは、品質の要求事項であり、すなわち仕様書に相当する。

(d)の規格とは、製品の標準又は基準等を定めたものであり、ここでは除外して考えてよいであろう。

問2 アルミニウム製部品の表面処理としてサンドブラスト処理を行った製品がある。この製品を浸透探傷試験するため、試験準備としてエッチングを行なった。この時のエッチングの深さとして最も適切なものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 数 $\mu\text{m}$
- (b) 10~20 $\mu\text{m}$
- (c) 40~50 $\mu\text{m}$
- (d) 100~120 $\mu\text{m}$

正答 (c) (浸透探傷試験III 2.3.2項 参照)

サンドブラスト処理を行ったアルミニウム製部品の前処理としてのエッチング量は製品の用途、また、検出きずの種類によっても異なってくるが、一般的には数十 $\mu\text{m}$ とされている。あまり大きなエッチング量は寸法精度に影響を与えるためよくない。浸透探傷試験IIIの参考書にも一例として、アルミ焼き割れ試験片をサンドブラスト処理し、種々の深さでエッチング処理を行ったものの探傷結果を示しているが、表面を、40~50 $\mu\text{m}$ エッチングすれば、サンドブラスト前と同じ指示模様が得られている。したがって、(c)が正答となる。

問3 次の文は、可視光線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) 可視光線の波長域は、およそ400~700nmである。
- (b) 可視光線は、その波長の短い方から、紫、藍、青、緑、黄、橙、赤、の順である。
- (c) 明所視における比視感度の最高感度はおおよそ510nmで、暗所視における比視感度の最高感度はおおよそ555nmである。
- (d) 蛍光浸透液から発光される波長域は、一般に500~550nmである。

正答 (c) (浸透探傷試験II 3.2項 参照)

蛍光浸透探傷試験で用いられる紫外線の波長域は315~400nmであり、可視光の波長域は400~700nmである。また、可視光は虹の色でも分かるように、波長の短い方から、紫、藍、青、緑、黄、橙、赤、の順となっている。したがって、(a)、(b)は正しい。

(c)は明所視と暗所視における目の感度に対する問題である。薄暗くなると、赤い色から見えづらくなることを考えると、視感度曲線は波長の短い方へずれることが分かる。したがって、(c)は暗所視510nm、明所視555nmが最高感度になるため逆である。このことから誤りであることが分かる。レベル3としては、この数字は覚えておくとよい。

蛍光浸透液から発光される黄緑色の波長域は、500~550nmであり、(d)は正しい。

問4 次の文は、対比試験片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) タイプ1対比試験片(めっき割れ対比試験片)は、浸透液の感度レベルの決定にも使用される。

- (b) タイプ 1 対比試験片(めっき割れ対比試験片)は、めっき厚さが 10 $\mu$ m, 20 $\mu$ m, 30 $\mu$ m, 40 $\mu$ m, 50 $\mu$ m の 5 種類が使用される。
- (c) タイプ 2 対比試験片(星状きず対比試験片)は、浸透液の洗浄能力測定や工程管理としてのシステム性能試験に使用される。
- (d) タイプ 3 対比試験片(アルミ焼き割れ対比試験片)は、探傷剤の性能比較や性能点検に使用される。

**正答 (b)** (浸透探傷試験Ⅱ6.2.2 項, Ⅲ6 章 参照)

対比試験片については、うる覚えの人が多くである。タイプ 1 対比試験片は、浸透液の感度レベルの決定にも使用されるが、ここで浸透液の感度レベルが蛍光浸透液は 5 段階、染色浸透液は 2 段階に分けられていること、さらに、染色浸透液の感度レベルの決定にはタイプ 1 試験片の中でも、めっき厚さが 30 $\mu$ m と 50 $\mu$ m のものに限定されていることを覚えておく必要がある。

また、タイプ 1 試験片は、めっき厚さが 10 $\mu$ m, 20 $\mu$ m, 30 $\mu$ m, 50 $\mu$ m の 4 種類である。したがって (a) は正しく、(b) は誤っている。

タイプ 2 とタイプ 3 の試験片についてもその特徴と使用方法を覚えておく必要がある。(c)、(d) は正しい。

**問 5 次の文は、ある試験体を初めて浸透探傷試験をする場合に、浸透時間、現像時間などの試験条件を設定する方法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) 客先仕様書等で指定されている場合は、その条件を試験条件とする。
- (b) 事前にタイプ 3 対比試験片を探傷し、そのきずが明瞭に検出されるような条件を試験条件とする。
- (c) 製造条件等が類似の試験体について、過去に探傷した条件を参考に試験条件を設定する。
- (d) 検出したいきずを有する試験体がある場合は、事前にこれを探傷し明瞭に検出される条件を試験条件とする。

**正答 (b)** (浸透探傷試験Ⅲ6 章, 7 章 参照)

(a) の客先仕様書で指定されている場合は、それに従うことが原則であり、その条件について客先と十分検討することが必要である。このため (a) は正しい。

タイプ 3 対比試験片はアルミ焼き割れ試験片であり、試験片できずが検出されたからといって、試験対象とな

る製品とは、材質も表面状態もきずの種類もまったく異なるため、試験片のきずが明瞭に検出される条件を試験条件とすることは、間違いである。したがって、(b) が正答となる。類似の試験体について、過去に探傷した実績のある条件を参考として、試験条件を設定することも適切な方法である。(c) は正しい。試験条件の設定については、検出したいきずを有する試験体がある場合は、それが検出される条件を試験条件とすることが最もよい方法であり、(d) も正しい。

対比試験片の目的は、探傷剤の性能確認や工程の手順確認に使用されることをよく覚えてほしい。

**問 6 次の文は、水ベース乳化剤を使用した後乳化性浸透探傷試験の特徴を述べたものである。誤っているものを一つ選び記号で答えよ。**

- (a) 一般に乳化剤濃度は 35%以下に水で希釈して用いられるので、浸透液の混入による劣化の影響は少ない。
- (b) 乳化剤濃度を変えることにより、適正乳化時間を長くしたり、短くしたり調節できる。
- (c) 乳化時間は、油ベース乳化剤を適用する場合に比べ厳密でなくてよい。すなわち、適性乳化時間の許容範囲が広い。
- (d) 予備水洗により大部分の余剰浸透液を除去するので、その時発生する廃液は油水分離でき廃液処理が容易となる。

**正答 (a)** (浸透探傷試験Ⅲ7.2.3 項 参照)

水ベース乳化剤は水で希釈して使用するが、その濃度はメーカーの推奨値を使用するとされている。また、水で薄められるため浸透液の混入による劣化の影響は大きくなる。したがって、(a) は誤っている。

水ベース乳化剤の特徴の一つとして、乳化剤の濃度を変えることにより、適正乳化時間を長くしたり、短くしたり調節することができ、適性乳化時間の許容範囲が広いことがある。したがって、(b)、(c) は正しい。

また、後乳化性浸透の基本成分は油性の溶剤であるため、予備水洗で生じた廃液は容易に水と分離できる。(d) も正しい。

以上、これまでに出题された問題の類似の問題を参考に解説してきたが、これからレベル 3 の資格を取得しようとする方は、本解説を参考にして参考書、問題集等の内容をよく学習して欲しい。

### SMレベル3 二次C<sub>2</sub>（適用）試験のポイント

ひずみ測定（SM）技術者レベル3の二次C<sub>2</sub>試験は電気抵抗ひずみ測定法の高温、低温、高圧力などの環境下における実構造物の強度評価への適用、あるいは荷重変換器などのセンサへの適用に関する問題が出題される。また、最近参考書「ひずみ測定Ⅲ」の見直しが行われ、この改訂版が出版された。このような観点から、ここでは新しい参考書に整合したC<sub>2</sub>試験の類似問題により、解答に当たってのポイントを解説する。

なお、このC<sub>2</sub>試験については非破壊検査誌 Vol.58, No.1（2009年）のNDTフラッシュ欄でも一部紹介されているのでそれも参考にしてもらいたい。

**問1** 電気抵抗ひずみ測定法を時間的に変化する現象の測定に適用する場合には、この現象を把握しておく必要がある。次の〔イ〕、〔ロ〕の記述はどのような現象の説明であるか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

〔イ〕非常に速い現象なので、波動として伝ばすることを考慮しなければならない場合

〔ロ〕一次固有振動の周期に対しても十分遅い現象なので、時間的変化を無視できる場合

- (a) 〔イ〕は静的現象、〔ロ〕は衝撃現象
- (b) 〔イ〕は動的現象、〔ロ〕は静的現象
- (c) 〔イ〕は衝撃現象、〔ロ〕は静的現象
- (d) 〔イ〕は静的現象、〔ロ〕は動的現象

**正答（c）**

ひずみ測定では、構造物の固有振動周期程度の時間的変動の場合を動的現象としているが、これよりも速く、波動の伝ばを把握する必要があるような場合は衝撃現象としている。一方、時間的変動が一次固有振動の周期と比較して十分遅い場合は静止していると見なすことができるので、静的現象としている。したがって、〔イ〕は衝撃現象、〔ロ〕は静的現象の説明であるので、(c)が正答になる。

**問2** 電気抵抗ひずみ測定法は蒸気タービン、ガスタービンなどのような高速回転体のひずみ測定にも適用することができるが、これには信号の伝達装置を使用する必要がある。この装置としてひずみゲージからの信号を回転部分に内蔵した送信機により電波に変調し、

受信機で電気信号に変換する方式がある。これに該当する伝達方式を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) テレメータによる信号伝達
- (b) リード線による信号伝達
- (c) スリップリングによる信号伝達
- (d) 回転トランスによる信号伝達

**正答（a）**

ここで述べられている、送信機で電波に変調して静止系に伝送し、受信機で復調して電気信号に変換するのはテレメータによる信号伝達の方式であるので(a)が正答になる。しかしながら、リード線による方式、スリップリングによる方式、回転トランスによる方式のいずれも回転体のひずみを測定するのに使用されている信号伝達方式であり、回転体のひずみ測定に関する問題としてこれらの方式についても出題される。このため、各方式の特徴などについても知っておく必要があるので、参考書などで勉強しておいてもらいたい。

**問3** 温度変化をともし環境下でひずみ測定を実施する場合には、3線結線方式が用いられる。次の3線結線方式の記述で正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 4アクティブゲージ法で3線結線方式を適用すれば、環境の温度変化の影響を完全に消去することができる。
- (b) 3線結線方式の測定現場での取り扱いの利便性を考慮して、3本の色が異なるリード線を使用することが望ましい。
- (c) ブリッジ電圧に交流式の動ひずみ測定器を使用すれば、3線結線方式の効果を最大限に発揮することができる。
- (d) ゲージからのリード線がブリッジ回路で2分されるので、リード線の温度変化による見かけのひずみも相殺され、この変化による影響を極めて小さく抑えられる。

**正答（d）**

1アクティブゲージ2線結線法で測定中に温度変化を受けると、リード線の温度変化による見かけのひずみが生じる。3線結線法は、2分したリード線を隣り合う辺に入れることにより、この温度変化による見かけのひずみを消去する方法であり、(d)の記述が正答になる。また、3線結線法は1アクティブゲージ法に対して適用さ

れる方法で、ブリッジ回路の電源には関係がない。さらに、3線結線法を適用する場合はリード線の被覆を同色にするのが望ましいとされている。したがって(d)以外の記述は間違っている。なお、この3線結線法に関しては、参考書「ひずみ測定Ⅰ」あるいは「ひずみ測定Ⅱ」により詳細に述べられているので、これらの参考書も勉強しておいてもらいたい。

問4 温度変化をする環境下でのひずみ測定は、被測定材料に適した温度補償ゲージを使用するのが得策である。ゲージ率  $K$ 、線膨張係数  $\alpha_g$ 、抵抗温度係数  $\beta_t$  のひずみゲージで温度が  $\Delta T$  変化したときの抵抗変化率  $\Delta R/R$  は次の式で与えられている。

$$\Delta R/R = \{\beta_t + K(\alpha_m - \alpha_g)\} \Delta T$$

この式で、 $\alpha_m$  は被測定材料の線膨張率である。

$K=2.00$ ,  $\alpha_g=15.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ,  $\beta_t=-1.0 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  の温度補償ゲージは、次のどの被測定材料に適しているか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a)  $\alpha_m$  が  $11 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  の炭素鋼
- (b)  $\alpha_m$  が  $16 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  のステンレス鋼
- (c)  $\alpha_m$  が  $23 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  のアルミニウム合金
- (d)  $\alpha_m$  が  $25 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  のマグネシウム合金

正答 (b)

温度補償ゲージは温度変化に関係なく抵抗変化が零、すなわち  $\Delta R/R = 0$  になるようにしたひずみゲージである。したがって、この間で示されている式より、

$$\beta_t + K(\alpha_m - \alpha_g) = 0$$

の条件を満たしていればよいことになる。これより、

$$\alpha_m = \alpha_g - \beta_t / K$$

$$= 15.5 \times 10^{-6} + 1.0 \times 10^{-6} / 2.00 = 16.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

になり、(b) のステンレス鋼が正答になる。

問5 海洋構造物などの圧力を受ける環境下でのひずみ測定では、圧力効果ひずみが生じる。通常どの程度以下の圧力であれば、この効果が無視できるか。この圧力を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

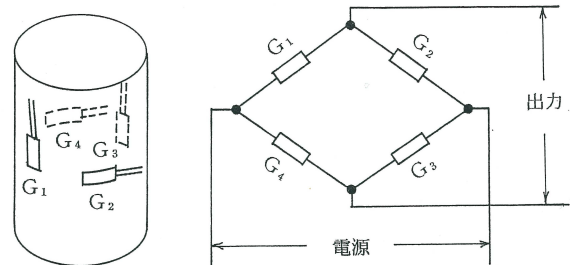
- (a) 200MPa                      (b) 100MPa
- (c) 50MPa                        (d) 20MPa

正答 (d)

一般に、圧力効果ひずみが  $\pm 10 \times 10^{-6}$  以下であれば無視

することができる。これに対しては 20MPa 未満の圧力であるので、(d) が正答になる。これ以上の圧力を受ける場合には圧力効果ひずみの補正が必要になる。これには予め圧力効果ひずみを求めておいたひずみゲージを使用する方法、同一の圧力環境下においたダミーゲージによるアクティブ・ダミー法を適用する方法があるので、この補正方法も知っておいてもらいたい。

問6 縦弾性係数 206GPa、ポアソン比 0.32 の円柱形の特殊鋼に図のようにひずみゲージ  $G_1, G_3$  を縦方向、 $G_2, G_4$  を横方向にはり、4アクティブゲージ法結線の圧縮型荷重変換器の受感部を作製した。この受感部の検定試験で 200MPa の圧縮応力をかけたときの等価ひずみを次のうちから一つ選び、記号で答えよ。



- (a)  $-971 \times 10^{-6}$
- (b)  $-1282 \times 10^{-6}$
- (c)  $-2563 \times 10^{-6}$
- (d)  $-3884 \times 10^{-6}$

正答 (c)

ひずみゲージ  $G_1, G_3$  に生じるひずみを  $\epsilon_1, \epsilon_3$ 、検定試験の圧縮応力を  $\sigma$ 、受感部材料の縦弾性係数を  $E$  とすると、この場合の縦方向のひずみは、

$$\begin{aligned} \epsilon_1 = \epsilon_3 &= -\sigma / E = -200 \times 10^6 / 206 \times 10^9 \\ &= -971 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

また、ひずみゲージ  $G_2, G_4$  に生じる横方向のひずみを  $\epsilon_2, \epsilon_4$ 、受感部材料のポアソン比を  $\nu$  とすると、

$$\epsilon_2 = \epsilon_4 = -\nu \epsilon_1 \text{ である。}$$

一方、圧縮を受けているので、4アクティブゲージ法での等価ひずみ  $\epsilon_0$  は次の式ようになる。

$$\epsilon_0 = -\epsilon_1 + \epsilon_2 - \epsilon_3 + \epsilon_4 = -2(1 + \nu)\epsilon_1$$

したがって、

$$\epsilon_0 = -2 \times (1 + 0.32) \times 971 \times 10^{-6} = -2563 \times 10^{-6}$$

になり、(c) が正答になる。