

P T レベル 2 一次一般試験問題のポイント

JIS Z 2305による資格試験について、昨年の本欄では過去の出題に類似した例題を選び、PT-2及びPD-2における新規一次試験の一般問題と専門問題の概要とポイントを紹介した。

今月号では、PT-2新規一次試験の一般問題の中から、受験者の理解不足と思われる問題、思い違いや単純なミスを犯しやすい問題の類題を選んで注意点・ポイントなどを解説する。一般問題は四者択一により正しいもの、誤っているものを選び形式で、30～40問が出題される。合否は正答が70%以上で合格となる。

例題

問1 半径0.5mmの毛細管（ガラス製）を浸透液の中に垂直に立てたとき液面は20mm上昇した。この浸透液の中に間隔1mmで2枚のガラス板を平行にして液面に垂直に立てた場合、液面の高さはいくらになるか。正しいものを選び。

- (a) 5mm (b) 10mm (c) 20mm (d) 40mm

図1のように管の半径を r 、液体の方面張力を σ 、液面上昇した高さを h 、管内面での液体の接触角を θ とすれば、管内面で液体と接する点でそれぞれの表面張力、界面張力の差により液体が上部に引き上げられる力は、

$$F = 2 \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos \theta$$

また、この力により引き上げられている液体の質量は、元の液面から上昇した液柱の質量に等しくなり、次式で表される。

$$\text{液柱の質量} = \rho \cdot r^2 h$$

ここで、 ρ : 液体の密度

したがって、液柱に働く重力 $F_g = \rho \cdot r^2 h \cdot g$

ここで、 g : 重力加速度

液体が静止した場合にはこの両者が釣り合っているため、 F と F_g が等しく、次式の関係が成り立つ。

$$2 \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos \theta = \rho \cdot r^2 h \cdot g$$

これより、浸透液が毛細管を上昇するときの高さ h は、次式で表される。

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot r \cdot g}$$

同様に、2平板間の場合は図2に示すように平板の長さを L 、隙間の大きさを d とすると、液体が上部に引き上げられる力は、 $F = 2 L \cdot \sigma \cdot \cos \theta$

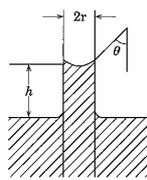


図1 毛細管の毛管現象

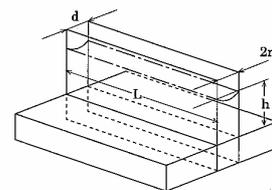


図2 平板間の毛管現象

また、この力により引き上げられている液体の質量は、 $L d h$ となり、上昇液体に働く重力は

$$F_g = L d h \cdot g$$

と表され、次式の関係が成り立つ。

$$2 L \cdot \sigma \cdot \cos \theta = L d h \cdot g$$

これより、浸透液が2枚の平行板を上昇するときの液体の高さ h は、次式で表される。

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot d \cdot g}$$

したがって、毛細管の半径 r と2平板間の隙間 d が同じ場合にそれぞれ液体の上昇する高さ h は同じになる。

問題は2平板の隙間が、毛細管の半径の2倍であるから、液面は半分の高さになる。ゆえに正答は(b)の10mmとなる。

問2 次の文は、油脂類の汚れについて述べたものである。高粘度を有する油脂類の除去方法として用いた場合に、効果の期待できないものはどれか。

- (a) 有機溶剤を使った蒸気洗浄
- (b) 有機溶剤を使った超音波洗浄
- (c) 界面活性剤を混入した水蒸気洗浄
- (d) 洗浄液による洗浄

油脂類の汚れのうち、低粘性の汚れの場合は、洗浄液とか有機溶剤による洗浄で十分脱脂が可能であり、また試験体が小物の場合は超音波発振器を備えた洗浄装置に有機溶剤とか、家庭用洗剤を水に溶かして油脂類の洗浄を行うことができる。しかし、高粘性の汚れの場合は有機溶剤では簡単に脱脂できない。グリース系の汚れの場合は、よく使われる方法として有機溶剤を使った蒸気洗浄とか、界面活性剤を溶解した水による吹き付け洗浄（水蒸気洗浄）、有機溶剤を使った超音波振動による洗浄ならびにエッチングなどがあり、これらで脱脂することが多い。したがって、(d)の洗浄液による洗浄では、高粘度を有する油脂類の除去方法としては効果が期待できない。

問3 次の文は、浸透探傷試験で使用される現像方法について述べたものである。正しいものを選び。

- (a) 染色浸透探傷試験では、乾式現像法、湿式現像法、速乾式現像法の何れも使用される。
- (b) 染色浸透探傷試験では、速乾式現像法のみが使用される。
- (c) 蛍光浸透探傷試験で用いられる現像法は、乾式現像法、湿式現像法、速乾式現像法の3つの方法だけである。
- (d) 染色浸透探傷試験では、速乾式現像法と湿式現像法の2つの方法が使用される。

現像処理の問題は、浸透探傷試験における極めて基本的な問題であるがよく理解されていない傾向が見られる。この問題だけでなく、各種現像方法についてそれぞれの特長と問題点をよく整理しておくことが望まれる。

染色浸透探傷試験の場合は、白いバックグラウンドを形成させる必要があるために試験面の色を遮蔽する必要がある。現像塗膜厚さが標準的な厚さよりも厚く塗布した場合は、指示模様が現れなかったり、現れても浸透液が有機溶剤によって溶かされ淡いピンク色ににじんだ指示模様になったり、場合によっては浸透液の広がりがない指示模様になって現れる。したがって、塗膜厚さが厚くなった場合は微細なきずを検出することが困難である。逆に、現像塗膜が標準的な厚さより薄く塗布された場合は、塗膜による白さが得られないため、指示模様と試験面とのコントラストが悪くなってきず指示模様を見落とす危険性が生じる。速乾式現像法と湿式現像法は試験面に白いバックグラウンドが形成されるので染色浸透探傷試験に適用できるが、乾式現像法は白いバックグラウンドが形成されないため、染色浸透探傷試験には適用できない。従って、(a)と(b)は誤っており、(d)が正答となる。(c)の蛍光浸透探傷試験の場合は、この他に無現像法が適用できるため誤っている。

問4 次の文は、水ベース乳化剤を用いた後乳化性浸透探傷試験について述べたものである。誤っているものを選べ。

- (a) 水ベース乳化剤の特徴の一つは、乳化剤を水で希釈して使用する方法である。
- (b) 水ベース乳化剤を用いた後乳化性浸透探傷試験では、乳化処理の直前に予備水洗を行う処理がある。
- (c) 水ベース乳化剤を用いた場合は、乳化剤の濃度にしたがった乳化時間を事前に定める必要がある。
- (d) 水ベース乳化剤による乳化処理は、一回で終了さ

せるようにし、やり直しを行ってはならない。

乳化処理とは、後乳化性浸透探傷試験で使用する浸透液に水洗性を持たせるため、所定の浸透時間を経過した後に、乳化剤を適用する処理工程を言う。

乳化処理を行う時は試験体の表面の余剰浸透液のみに乳化剤が混ざるようにし、きずの中の浸透液には乳化剤が混ざらないようにすれば、後で水で洗浄処理を行っても、試験体の表面の余剰浸透液だけは良く除去されるが、きずの中の浸透液は除去されることがなく、過洗浄が起こりにくい。乳化剤には、油ベース乳化剤と水ベース乳化剤があり、水ベース乳化剤は、濃度の濃い乳化剤を水に薄めて水溶液として適用する。したがって、(a)は正しい。本来水ベース乳化剤は、油ベース乳化剤のように浸透液の油性母液と同質の油で作られていないため、浸透液との相溶性が悪い。これをカバーするために乳化処理の前に水スプレーだけでほとんどの余剰浸透液を強制的に除去する。これを予備洗浄といい、(b)は正しい。試験面に残った浸透液の油膜を濃度の薄い乳化剤を使用して水洗いできるようにする。これは、言いかえれば水ベース乳化剤は、油ベース乳化剤の乳化剤濃度よりも薄いためにきずの中の浸透液の過乳化を防ぐ働きをしている。

乳化処理の方法は、試験面の余剰浸透液が洗浄処理で水洗いができるようになるまでゆるやかに攪拌された乳化剤の中に浸漬して処理するか、又は乳化剤の入った槽に浸漬し試験体をゆるやかにゆすって処理する。一回の乳化処理で乳化不足が生じた場合は再度乳化処理を行うことが出来る。乳化時間は余剰浸透液が洗浄できるまで乳化剤を適用した時間とし、乳化剤を適用した総合計の時間とする。乳化時間は乳化剤の濃度によって変わるのであらかじめ実験をして定めておく必要がある。したがって(c)が正しく、(d)が誤っている。

以上解説した例題は、浸透探傷試験の基礎的な問題が中心でレベル2としては決して難しいものではない。これからPT-2を受験しようとする方は、基本事項の理解を深めるよう、以前の解説も含めて、参考書や問題集をよく勉強して頂きたい。

【54巻11月号掲載のNDTフラッシュ記事の訂正】
「2005年早期移行試験結果」記事の表1でSMレベル2の合格率が100%、レベル3の合格率が0%と掲載していましたが、正しくはレベル2の合格率が0%、レベル3の合格率が100%です。お詫びして訂正致します。

SMレベル3 二次試験手順書問題のポイント

JIS Z 2305 による非破壊試験技術者レベル3の二次試験はC₁、C₂、C₃で構成されている。このうち、ひずみ測定(SM)部門のC₁(基礎知識)及びC₂(適用)の試験については「非破壊検査誌 Vol.53, No.12」の「NDTフラッシュ」の欄で概要を紹介し、類似問題例による解説をした。ここでは、本部門レベル3のC₃の手順書に関する試験の概要を紹介し、過去に出題されたものと類似の例題により解答にあたってのポイントを解説する。

1. SMレベル3 C₃ 試験の概要

SMレベル3のC₃試験はひずみ測定方法の手順書の項目に関する試験で、形式は記述式、試験時間は60分、合格基準は最小限70%の点数を得ることになっている。JIS Z 2305によると、NDTの手順書は「ある製品に対して、試験箇所、試験方法、又はいかなる順序でNDT方法を適用すべきかを整然と段階的に記述した文書」と定義されている。したがって、SM部門のC₃の試験は、与えられた条件で部材あるいは構造物に電気抵抗ひずみ測定法を適用して強度評価をする場合の測定箇所、ひずみゲージや測定機器、ホイストストンブリッジ回路の結線法や測定法、測定結果の整理や報告などの項目と内容を箇条書きの形で簡単に記述する問題である。

2. SMレベル3 C₃ の類似問題

次の問題A、B、Cの中から1問だけ選択し、解答用紙に記入しなさい。

[問題A] 電気抵抗ひずみ測定法で図のような半円切欠のある鋼製帯板が静引張荷重を受けたときのひずみ分布を測定して、応力集中係数を求めたい。この場合の測定作業の手順書に必要な項目を4つ挙げて、その内容を簡単に説明せよ。

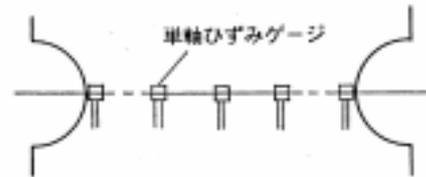
解答例

1. ひずみゲージ

- ゲージ率約2, ゲージ長1mm, 抵抗120の単軸ひずみゲージを使用する。

2. ひずみゲージの接着箇所と手順

- 図に示す位置で引張方向にひずみゲージを接着する。



- 接着にはシアノアクリレート接着剤を使用する。
- 接着後は接着状態及び絶縁抵抗をチェックする。

3. 測定機器, 結線法, 測定手順

- データロガーを使用する。
- 1アクチブゲージ法の結線法を適用する。
- 負荷による各点のひずみを測定すると共に切欠のない断面での公称応力も求める。

4. 測定結果の整理と報告

- 被測定物の寸法及び材料特性を記入する。
- ゲージ率が異なる場合は測定値を補正する。
- ひずみの値を応力に換算する。
- 応力分布を図示する。
- 半円孔縁における応力集中係数を算出する。

解説

このような半円切欠をもつ帯板が引張荷重を受けると切欠の底の部分に応力が集中し、ここでひずみが最大になる。この部分は曲線縁なので、できるだけゲージ長の短いゲージを使用しなければならない。ひずみ分布も示す必要があるため、上図のように単軸ゲージを多数接着してもよいが、応力集中ゲージも市販されているので、これを最大ひずみが測定できる箇所に接着してもよい。ゲージの接着にはシアノアクリレート系接着剤を使用し、一般的な方法で接着作業を行なう。また、多点ひずみ測定であるが、現在のデータロガーはスイッチボックスが内蔵されているので、これを使用する。また、使用しているひずみゲージのゲージ率が測定器のゲージ率と異なっている場合は各ひずみゲージで測定された値を補正して真の値を求める必要がある。この測定は応力集中を調べるのが主目的であるため、測定結果の報告書には応力分布と応力集中係数を求めて示しておかなければならない。

[問題B] 温度変化のある環境下で内圧を受ける球形タンクの経線方向のひずみを電気抵抗ひずみ測定法で測定したい。なお、測定は安全を考慮してリ - ド線を長くし、離れた所で行なう。この場合の作業の手順書に必要な項目を4つ挙げ、その内容を簡単に説明せよ。

解答例

1. ひずみゲ - ジ
 - ・ゲ - ジ率約2, ゲ - ジ長 5 mm, 抵抗 120 の単軸ひずみゲ - ジを使用する。
2. ひずみゲ - ジの接着箇所と手順
 - ・ひずみゲ - ジはタンクの経線の方向に接着する。
 - ・接着にはシアノアクリレ - ト接着剤を使用する。
 - ・ひずみゲ - ジ接着部分の防湿処理をする。
 - ・接着後には接着状態及び絶縁抵抗をチェックする。
3. ひずみ測定器と結線法
 - ・データロガーを使用する
 - ・1アクチブゲ - ジ3線結線法を適用する。
4. 測定結果の補正
 - ・測定中の温度変化を記録する。
 - ・リ - ド線抵抗による感度の補正をする。
 - ・データロガーでゲ - ジ率の補正をする

解説

ここでは球形タンクの経線方向のひずみ測定であるので、適切なゲ - ジ長の単軸ひずみゲ - ジをこの方向に沿って接着すればよい。しかし、屋外での測定であるので、ゲ - ジ接着後は十分な防湿処理を施す必要があり、測定中に温度が変化する可能性があるため、3線結線法を適用する。また、長いリ - ド線を使用しているため、ひずみの測定値をリ - ド線抵抗による感度の補正をしなければならない。さらに、測定器の設定ゲ - ジ率と使用するひずみゲ - ジのゲ - ジ率が異なっている場合はこの補正も必要である。

[問題C] 鋼製の小型船が航行中に波による繰返し荷重を受けたときの船底中央部における動ひずみを電気抵抗ひずみ測定法で測定したい。この場合の作業の手順書に必要な項目を4つ挙げ、その内容を簡単に説明せよ。

解答例

1. ひずみゲ - ジ
 - ・ゲ - ジ率約2, ゲ - ジ長 5 mm, 抵抗 120 の単軸ひずみゲ - ジを使用する。
2. ひずみゲ - ジの接着箇所と手順
 - ・接着作業がし易いように測定箇所の整理をする。
 - ・ひずみゲ - ジは船底長手方向に接着する。
 - ・接着にはシアノアクリレート接着剤を使用する。
 - ・ひずみゲ - ジ接着部分の防湿処理をする。
 - ・接着後には接着状態及び絶縁抵抗をチェックする。
3. ひずみ測定系と結線法
 - ・ブリッジボックスと動ひずみ測定器を使用する。
 - ・記録器にはサ - マルドットレコ - ダを使用する。
 - ・1アクチブゲ - ジ法の結線法を適用する。
4. 測定結果の整理
 - ・ひずみ波形と校正値から動ひずみを求める。
 - ・ゲ - ジ率が異なる場合は測定値を補正する。
 - ・ひずみ波形の周期を測定して振動数を求める。

解説

この測定の場合も市販されているひずみゲ - ジを使うことができる。ゲ - ジ長は適当な長さのものでよいが、狭い場所での接着作業がし易いようにする。接着剤はシアノアクリレ - ト系のもので差し支えないと思われるので、この接着剤を使用する。航行中の測定であるので、船内にひずみゲ - ジを接着した場合でも水に曝される可能性があり、このため接着後の防湿処理は十分注意して行なわなければならない。ひずみ測定にはブリッジボックスと動ひずみ測定器を使用するが、複数点での測定をする場合には測定点と同数のブリッジボックスと動ひずみ測定器を用意する。また、動ひずみ測定であるが、時間的には比較的遅い現象であるので、記録器はサ - マルドットレコ - ダで十分である。しかし、現場での測定であるので小型で持運びし易いものにする。

ここでは、SMレベル3のC3試験の概要と類似問題により解答例と解答にあたっての解説をした。しかし、今後内容は同じであるが、問題の形式が多少変わる可能性がある。また、各問題に対する解答はここでの解答例と同じにする必要はなく、解説で述べられていることを考慮して手順書に必要な項目を挙げ、これについて簡単に記述されていけばよい。なお、受験者は出題された3問から1問だけ選択して解答すればよいが、複数の問に解答すると失格になるので注意してもらいたい。