

PT (PD) レベル 2 実技試験のポイント

これまで、本欄において JIS Z 2305 による資格試験の概要についてシリーズで解説してきている。PT2 の実技試験については、52 巻 10 月号、56 巻 8 月号及び 58 巻 3 月号の三回にわたって解説してきているが、2015 年秋期試験から JIS Z 2305 : 2013 に準拠した試験に変更された。そこで、今回、PT2(PD2)実技試験の変更点と、それに関する注意点について解説する。

1. 二次試験の概要

試験の変更概要は、試験体の数が 2 体から 3 体変わったことと実技試験において“報告の義務のあるきず”が規定され、これが検出できなかった場合は、不連続部の検出及び報告の項目（配点 55%）が 0 点になることである。試験体は、これまでの、溶剤除去性染色浸透探傷試験用試験体と水洗性蛍光浸透探傷試験用試験体の他に、後乳化性蛍光浸透探傷試験（水ベース乳化剤）用試験体（曲管：φ30 の扇形，中心角 90°，R=45）が加わった。

表 1 に試験項目と試験時間を示す。PT2（浸透探傷試験レベル 2）は溶剤除去性染色浸透探傷試験，水洗性蛍光浸透探傷試験，後乳化性蛍光浸透探傷試験及びレベル 1 に対する NDT 指示書の作成の 4 項目を、PD2（溶剤除去性浸透探傷検査レベル 2）は溶剤除去性染色浸透探傷試験とレベル 1 に対する NDT 指示書の作成の二つの項目を行う。

表 1. 試験項目と時間

試験項目	時間
a. 溶剤除去性染色浸透探傷試験	30 分
b. 水洗性蛍光浸透探傷試験	30 分
c. 後乳化性蛍光浸透探傷試験	30 分
d. レベル 1 に対する NDT 指示書の作成	30 分

2. 実技試験（後乳化性蛍光浸透探傷試験）

溶剤除去性染色浸透探傷試験及び水洗性蛍光浸透探傷試験については、これまでの試験内容と変わらないので、以前の解説を参照されたい。

ここでは、後乳化性蛍光浸透探傷試験の概要について説明する。

後乳化性蛍光浸透探傷試験（水ベース）の一般的な手順は、前処理，浸透処理，予備洗浄，乳化処理，洗浄処理，乾燥処理，現像処理，観察，後処理の工程である。一般的には経験が少ない探傷方法なので講習会を受ける

なり、『浸透探傷試験実技参考書』等によく勉強しておくことが必要である。

試験に当たっては、試験実施手順書に記載されている試験条件等をよく理解して試験を行うことが必要である。まず、試験機材の確認を行う。試験に使用する探傷剤としては、後乳化性蛍光浸透液、乳化剤（水ベース）、乾式現像剤がある。器材としては水洗ノズル，乾燥器，ブラックライト，照明灯などがある。

試験体は、前処理済みのものが与えられるので、そのまま浸透処理を行えばよい。浸透方法は試験実施手順書に与えられているが、はけ塗り法の場合は、塗り残しがないか、ブラックライトの下で確認する。

予備洗浄は、スプレーノズルの水圧を利用し機械的に試験体表面の余剰浸透液の大部分を落とすことが必要である。そのため、水圧にもよるが、スプレーノズルはできるだけ試験体表面に近づけたほうがよい。

表面の余剰浸透液に変化が見られなくなるまで又は水滴に蛍光色がなくなるまでが、予備洗浄終了の目安となる。このとき、手についた浸透液もできるだけ落とすようにする。また、洗剤を使用して手を洗うとよい。

乳化処理は、浸漬法で行う。試験体表面に残った極薄い浸透液の塗膜を乳化すればよく、そのため、乳化剤は薄めて適用される。乳化剤濃度及び乳化時間が指示されているので、それに従って処理を行う。試験体を乳化剤中に浸漬したとき、試験体を乳化剤の中に浸漬したままであると試験体表面に接触した部分の乳化剤の乳化能力は劣化してくる。そのため、乳化剤中で試験体を緩やかにゆすることが必要である。ゆする程度としては、乳化剤が薄められているので、ある程度強くゆすっても指定された乳化時間内であれば過乳化になる心配はないので、液面が揺れる程度にゆすったほうがよい。手についた浸透液も同時に乳化することと、小型部品の場合は手で支えている箇所は乳化されないので、試験体を持ち替えるなど全体が乳化されるようにすることが必要である。

洗浄処理については、試験体に付いた乳化剤及び浸透液を十分に落とすことである。過洗浄になる心配はほとんどないので十分時間をかけて丁寧に洗浄することが必要である。洗浄の後、試験体をブラックライトに近づけ試験体表面に浸透液のバックグラウンドを確認する。浸透液のバックグラウンドが認められた場合は、再度乳化処理及び洗浄処理を行う。バックグラウンドが認められなくなるまで、乳化，洗浄処理を繰り返す。ただし、乳化処理に費やした合計の時間が乳化時間となるため、こ

の時間が指定された乳化時間の最大値を超えないように注意することが必要である。

乾燥処理は、熱風循環式乾燥器が用いられる。乾燥時間は試験体の大きさによって異なるが、小型で薄肉の試験体であれば数分で乾燥するので、試験体があまり熱くならないよう注意が必要である。

現像処理では乾式現像を浸漬法で行う。受験者それぞれに、現像剤の入った容器が指定されるので、容器を間違わないようにする必要がある。乾式現像剤は微粉末であるので、試験体の出し入れは、現像剤が飛散しないようにすることと、特に現像剤から取り出すときは指示模様が落ちないように静かに取り出し、試験体に軽く振動を与えるなどして、余分な現像剤を落とすようにする。

観察では、ブラックライトの下で浸透指示模様の確認を行う。紫外線は試験面にできるだけ垂直に当たる様にする。また、照明灯を点灯し、打ちきず等による疑似模様で無いことを確認する。

記録では試験体の展開図が与えられているので、そこに指示模様をスケッチする。指示模様の位置と大きさをできるだけ正確に記録する。寸法は特に記入する指示はないが実施手順書をよく確認してほしい。また、手順書には合格基準が示されているので、それに則って探傷結果の合否判定を行う。

3. 指示書の作成

レベル1に対する指示書の作成は、与えられた手順書を基に指示書を作成するものである。JIS Z 2305 : 2013の付属書D表D.1に試験項目が与えられており、それらについて出題される。

これまで、溶剤除去性染色浸透探傷試験及び水洗性蛍光浸透探傷試験の両方の手順書が与えられ、それぞれの中から、2~3項目ずつ出題され、計5~6項目についての指示書を作成していた。改正JIS対応の認証試験になってからは、溶剤除去性染色浸透探傷試験、水洗性蛍光浸透探傷試験又は後乳化性蛍光浸透探傷試験の手順書のいずれか一つが出題される。

大切なことは、手順書と指示書の違いをはっきりさせることである。両方に共通する点も多くあるが、たとえば、手順書の観察環境の項目として、“必要な明るさの下で観察を行うこと”という指示があった場合、同じことを指示書に書いても、指示書としては不十分である。“染色浸透探傷試験では500Lx以上の明るさ、蛍光浸透探傷試験では20Lx以下の明るさの下で行う。”というよ

うに、具体的な指示が必要である。以下、付属書D表D.1の試験項目に従って、浸透探傷試験で対応する内容について説明する。

1)適用範囲

ここでは、作成する指示書がどのようなものかを記述することが必要である。つまり、どのような試験体について、どのような探傷試験を実施するのかを示さなければならない。適用範囲と試験範囲はよく混同されるが、適用範囲は、指示書として何に適用するかであり、試験範囲は試験体の探傷する箇所のことである。

2)試験技術者

試験技術者については、具体的に資格を示す。たとえば、JIS Z 2305に規定されているPTレベル1がある。

3)探傷剤及び器材

探傷剤としては浸透液、現像剤、洗浄剤、除去剤、乳化剤等があるが、浸透液、現像剤、乳化剤についてはそれぞれの種類まで記述する。

探傷方法によって、特別な装置を必要としないものもあるが、その探傷方法に対して最小限必要な装置・器具を記入する。

4)探傷手順

探傷手順について、溶剤除去性染色浸透探傷試験と水洗性蛍光浸透探傷試験についてはこれまでの解説で述べた注意点を参考にしてほしい。

後乳化性蛍光浸透探傷試験の探傷手順は、水洗性蛍光浸透探傷試験とほとんど同じ工程で行われるが、予備洗浄と乳化処理が加わる。これらについては、2.実技試験の項で説明してあるので、その注意点をまとめてほしい。ただ、前処理方法や浸透処理方法が具体的に示されていない場合は、自分で適切と思う具体的な方法を考える必要がある。

5)報告

指定された報告書があれば、それに従って報告する。指定されていない場合は、少なくとも、試験条件、探傷結果は報告する必要がある。

以上、これまでの三回の解説と合わせ、『浸透探傷試験実技参考書』等をよく勉強してほしい。また、手順の内容等が変更になることもあるので試験に当たっては手順書の内容をよく確認して試験に臨んでほしい。

S T レベル 1 試験問題のポイント

JIS Z 2305 の改正により、試験方法の名称がひずみ測定 (SM) レベル 1 試験からひずみゲージ試験 (ST) レベル 1 に変更された。これにともない多少違った点があるので、この点を主にした解説をする。

新規のレベル 1 試験技術者一次試験は一般試験と専門試験で構成されている。いずれの試験も「提示された指示書に従ってひずみゲージ試験が実施できるための知識」に関する筆記試験で問題数は 30 問から 30 問以上になったが、内容は従来の SM と同じである。二次の実技試験もレベル 1 の場合は従来とほぼ同じである。ただし、合格基準が一次試験の一般、専門とともに実技の各部門も最小限 70% の点数が必要となった。

一方、これまでの再認証試験では一次試験と同形式の筆記試験が課せられていた。しかし、改正により「業務を継続して遂行する能力を実証する実技試験に合格しなければならない」となり、再認証試験受験者にも筆記試験ではなく実技試験が課せられるようになる。

このようなことで、ここではレベル 1 の一次試験で出題される形式の問題ではあるが、二次の実技試験に直接必要な知識に関する例題を取り上げて解説をする。

問 1 ひずみゲージ試験を実施するに当たり、指示書に記載されていない項目はどれか。次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) ひずみゲージの原理
- (b) ひずみゲージの構造
- (c) ひずみゲージのゲージ率
- (d) ひずみゲージの測定範囲

正答 (c)

(a) 及び (b) のひずみゲージの原理及び構造はこの試験方法の基礎として心得ておくのに必要な知識ではあるが、ひずみ測定試験の実施に当たってはとくに指示する必要はない項目である。また、試験体の測定すべきひずみの範囲は指示する必要があるが、(d) のひずみゲージの測定範囲はゲージの特性に関するもので、これも指示書に記載すべき項目ではない。しかし、使用するひずみゲージのゲージ率は試験に必要な係数で、とくにゲージ率の異なる場合の校正に使用される値であり、指示書には必ず記載しておくべき項目である。したがって、ここでは (c) が正答になる。

問 2 車両通過時に生じる橋梁の 6 点のひずみを測定するよう指示書に示されていた。この測定試験で準備しなければならない測定器の台数を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 1 台 (b) 2 台 (c) 3 台 (d) 6 台

正答 (d)

静ひずみの場合は時間的な変動を考慮しなくてもよいので、測定器あるいはスイッチボックスの接続端子に各点のひずみゲージの結線をして切り替えれば、多点のひずみを 1 台の測定器で測定することができる。しかし、この間は時間的に変動する動ひずみの測定である。このため、各測定点のひずみゲージによる結線をした動ひずみ測定器が必要になる。ここでは 6 点の測定をするよう指示されているので、6 台の測定器を準備する必要がある、したがって (d) が正答になる。

問 3 鋼部材の主方向のひずみを測定するのに、けがき線に対して 5° 傾いた方向に単軸ひずみゲージを接着してしまった。この状態で 500×10^{-6} のひずみを測定した場合の誤差はどの程度になるか。次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 1% (b) 3% (c) 5% (d) 8%

正答 (a)

この場合の最大と最小の主ひずみを ϵ_1 及び ϵ_2 、部材のポアソン比を ν 、けがき線に対する傾き角を θ とすると、測定されたひずみ ϵ_m は次式で与えられる。

$$\epsilon_m = 1/2 \cdot \{(\epsilon_1 + \epsilon_2) + (\epsilon_1 - \epsilon_2) \cos 2\theta\}$$

また、 $\epsilon_2 = -\nu \epsilon_1$ なので、上の式より

$$\epsilon_1 = 2\epsilon_m / \{(1-\nu) + (1+\nu) \cos 2\theta\}$$

になる。鋼部材では $\nu = 0.3$ である。また、 $\cos 2\theta = \cos 10^\circ = 0.9848$ であるので、 $\epsilon_m = 500 \times 10^{-6}$ の場合は

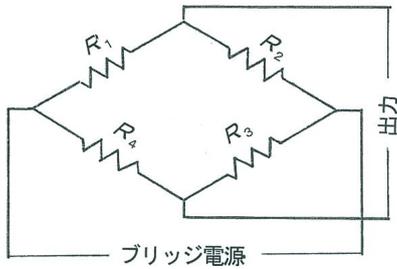
$$\begin{aligned} \epsilon_1 &= 2 \times 500 \times 10^{-6} / \{0.7 + 1.3 \times 0.9848\} \\ &= 505 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

になる。したがって、誤差は $5/505 = 0.0099$ 、すなわち約 1% になり (a) が正答になる。

本例題はこのままの形で ST レベル 1 の一次試験に出題されることはないと思われるが、ひずみゲージの接着作業では多少けがき線からずれて接着してしまう可能性がある。そのような場合でもこの程度のずれ(傾き)であれば誤差はあまり大きくならないが、やはり正確なひずみの測定をするに当たっては、正確な接着作業をする

ことが重要であることは心得ておいてもらいたい。

問4 下の図は R_1, R_2, R_3, R_4 の抵抗で構成されたホイートストンブリッジ回路である。次のこの回路を構成するひずみゲージの接続の記述から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



- (a) R_1 のみにひずみゲージを接続する方法は出力電圧を大きくする場合に適用される。
- (b) R_1 をアクティブゲージ、 R_2 をダミーゲージにした接続は温度変化のある場合に適用される。
- (c) R_1, R_3 に同じ大きさの引張ひずみになる2枚のひずみゲージを接続すると出力電圧が零になる。
- (d) 4枚のアクティブゲージを R_1, R_2, R_3, R_4 になる接続をすると出力電圧が $1/4$ になる。

正答 (b)

(a) のホイートストンブリッジ回路の R_1 のところにひずみゲージを接続した1アクティブゲージ法はひずみゲージ試験の基本的な方法であるが、出力電圧を大きくしたい場合に適用する方法ではない。(c) のゲージ率が K で同じ大きさの引張ひずみ ϵ になるひずみゲージを R_1 と R_3 に接続した対辺2アクティブゲージ法の場合は電源電圧を E とすると、出力電圧 e が次のようになる。

$$e = E/4 \cdot K (\epsilon + \epsilon) = E/2K\epsilon$$

したがって、 e は零にはならない。(d) の4枚のアクティブゲージのゲージ率 K 、ひずみを $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ とすると、この場合の出力電圧は、

$$e = E/4 \cdot K (\epsilon_1 - \epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_4)$$

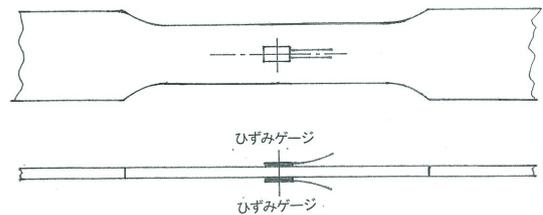
となり、各ひずみ量により変化し、 e の値は1ゲージ法の場合の出力電圧の $1/4$ にはならない。一方 (b) の場合はアクティブゲージのひずみを ϵ_1 、温度変化のみに関係したダミーゲージのひずみを ϵ_2 とすると、出力電圧 e は、

$$e = E/4 \cdot K (\epsilon_1 - \epsilon_2)$$

になる。しかし、 ϵ_2 は温度変化で生じたひずみにな

で、これを差し引いた出力電圧になる。すなわち、この接続は温度変化のある場合に適用される接続法で (b) は正しい記述になり、これが正答になる。

問5 図のような表面及び裏面の中央に単軸ひずみゲージが接着された帯板試験体の引張試験をした。この表面及び裏面のひずみゲージにより2アクティブゲージ法のブリッジ回路を組んだ場合の出力電圧はどうか。次の記述から正しいものを一つ選び、記号で答えよ



- (a) 出力電圧は1アクティブゲージ法の場合の2倍になる。
- (b) 出力電圧は接続法に関係しないので1アクティブゲージ法の場合と同じである。
- (c) 出力電圧は1アクティブゲージ法の場合の $1/2$ になる。
- (d) 2アクティブゲージ法にすると表・裏面のひずみが同じなので零になる。

正答 (d)

使用したひずみゲージのゲージ率を K 、ブリッジ回路の電源電圧を E 、表・裏面のひずみゲージのひずみを ϵ_1, ϵ_2 とすると、2アクティブゲージ法の出力電圧 e は前の問と同様に

$$e = E/4 \cdot K (\epsilon_1 - \epsilon_2)$$

になる。図のようにひずみゲージが接着された試験体が曲げを受けた場合には $\epsilon_1 = -\epsilon_2$ になるので出力電圧は2倍になる。しかし、ここでは引張試験の場合なので表・裏面のひずみは同じ、すなわち $\epsilon_1 = \epsilon_2$ になる。このため、 $e=0$ になり、(d) が正答になる。

問4、問5はいずれもホイートストンブリッジ回路を構成するひずみゲージの接続に関する例題である。この接続次第で温度補償や出力電圧を大きくすることができるが、間違えると測定ができなくなる。このように、ゲージの接続はひずみゲージ試験の実施に当たり重要であるので注意してもらいたい。