

PT レベル 3 一次 パート C 試験のポイント

である。

PT レベル 3 パート C の, 正答率の低い最近の問題の類題について解説する。

問 1 次の文は, 浸透探傷試験の原理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) 浸透探傷試験は, 固体と気体の間に生じる表面の現象だけを利用した探傷法である。
- (b) 浸透探傷試験は, 浸透液と除去剤あるいは浸透液と現像剤といった液体同士の界面での化学反応を利用した探傷法である。
- (c) 水洗性浸透探傷試験は, 浸透液の毛管現象と, 洗浄水によって浸透液が起こす乳化現象を利用した探傷法である。
- (d) 後乳化性浸透探傷試験は, 浸透液の浸透現象と, 乳化剤が乳化処理の際に起こす乳化現象を利用した探傷法である。

正答 (c)

「乳化」と「浸透液の乳化処理」の相違について正確に理解しておいてほしい。乳化とは, 「油と水のように互いに混じり合わない液体の一方が, 小さな粒子になって他方の液体の中に分散していく」現象のことを指し, 「浸透液の乳化処理」は, 「後乳化性浸透液に水洗性を付与するため, 浸透処理後に乳化剤を適用する処理」と定義されている。乳化は, 乳化剤を適用した段階ではまだ始まっておらず, 水洗が始まったところで開始する。したがって, 正答は (c) で, (d) は誤りである。浸透探傷試験は固体と気体のみならず液体との界面現象も含むため

(a) は誤りである。また, 浸透材料間において化学反応は起こらないため (b) も誤りである。

問 2 次の文は, 蛍光浸透探傷検査に用いる LED ブラックライト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) 照射される紫外線の波長域は 315~400 nm である。
- (b) 照射される紫外線放射照度は試験面で最低でも $2000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ あるとよい。
- (c) 所定の波長の紫外線を得るために水銀ランプとフィルタを利用している。
- (d) 長期間利用していると次第に紫外線放射照度が低下してくるが, これはランプが劣化してくるため

正答 (a)

蛍光浸透探傷検査では光源の種類によらず, 波長域は 315~400nm, 放射照度は試験面で最低 $10 \text{W}/\text{m}^2$ の紫外線が必要となる。したがって正答は (a) で, (b) は誤りである。最近多用されている LED 式のブラックライトには水銀灯は用いられておらず, 経年劣化による放射照度の低下はほとんどなく, (c) (d) は誤りである。

問 3 次の文は, 対比試験片の使用目的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) きずの検出能力を保証するため。
- (b) 試験体の乳化時間を決定するため。
- (c) 最適な探傷条件, 探傷操作を決定するため。
- (d) 浸透液と現像剤の組合せの違いによるきず指示模様の色調, にじみ等を比較するため。

正答 (d)

浸透検査で用いられる対比試験片は, 他の検査手法とは異なり, 最適な探傷条件の設定やきずの検出性を保証するものではない。当該対比試験片は, 探傷剤の性能を比較するため及び連続して使用している探傷剤の性能が劣化していないことを点検するために用いられる。したがって, (a) ~ (c) は誤りで, (d) が正しい。

問 4 次の文は, 各種浸透探傷試験の特徴を述べたものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 方法 A (水洗性) は他の方法に比べ, 浅くて幅のあるきずに対して検出感度の高い方法である。
- (b) 方法 D (後乳化, 水ベース乳化剤) は水分の混入による性能の低下が大きい。
- (c) 方法 D (後乳化, 水ベース乳化剤) は表面粗さの粗い試験体の探傷に適用できる。
- (d) 方法 C (有機溶剤) は Ra25 をこえる表面粗さの粗い試験体の探傷には適していない。

正答 (d)

方法 A (水洗性) はほかの方法に比べ, きずの中の浸透液が洗い流されやすいため (a) は誤りである。方法 D (後乳化, 水ベース乳化剤) で用いる浸透液は油ベースであり, 水分が混入しても容易に分離するため, 影響を受けることはない。また, 粗い表面では乳化剤適用時

の浸透液の膜厚を一定に保つことができず余剰浸透液の除去にむらができるため適用は困難である。これらにより、(b)(c)は誤りである。方法C(有機溶剤)は余剰浸透液をふき取る際、表面が粗いと凹部に浸透液が残留する恐れがあり、適用は適切ではない。したがって(d)が正答である。

問5 次の文は、染色浸透探傷試験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) 乾式現像法で得られた指示模様は、速乾式現像法に比べてコントラストの高い明瞭なきず指示模様を得ることができる。
- (b) 無現像法による指示模様によって、きずの大きさ及び形状を正確に知ることができる。
- (c) 速乾式現像剤を用いて探傷した結果、割れのような指示模様が現れた場合、割れであるか否かを確認するためには、表面の指示模様を除去し、拡大鏡で観察するのがよい。
- (d) 速乾式現像法による指示模様は、現像後すぐに観察して結果の合否判定ができる。

正答 (c)

まず、染色浸透探傷試験に用いることのできる現像法を把握する必要がある。当該手法では、白色のバックグラウンドを形成する必要があるため、バックグラウンドを形成しない無現像法及び乾式現像法は使用できず、(a)及び(b)は誤りである。現像剤を適用した場合、きずの中から浸透液が吸い出され、指示模様を形成する。形成された指示模様は、時間とともに広がってゆくため、実際のきずの形状より拡大する。したがって、どのようなきずかを判断するには、現像剤を除去し、直接表面を観察する必要がある、(c)は正しい。目視容易なレベルにまで指示模様が拡大するには時間がかかるため、現像後すぐに判定してはならず、(d)は誤りである。

問6 次は、浸透探傷試験の操作手順について示したものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) タイプI方法Aフォームc
前処理→浸透処理→洗浄処理→乾燥処理→現像処理→観察→後処理
- (b) タイプII方法C無現像法
前処理→浸透処理→洗浄処理→加熱処理→観察→後処理

- (c) タイプI方法Aフォームd
前処理→浸透処理→洗浄処理→乾燥処理→現像処理→観察→後処理
- (d) タイプI方法Dフォームa
前処理→浸透処理→洗浄処理→乳化処理→現像処理→乾燥処理→観察→後処理

正答 (c)

浸透探傷検査では各種条件に応じて手法を使い分けるが、それぞれの制約条件を識別しておいてほしい。フォームcを用いた場合は現像処理のあとに乾燥処理が必要となるため、(a)は誤りである。タイプIIでは無現像法を用いられることはなく(b)は誤りである。また、方法Cでは余剰浸透液の除去の工程は「洗浄」ではなく「除去」であり、この点にも注意を要する。(c)の手順は適切であり、正答は(c)である。方法Dフォームaでは、乳化処理の前に予備洗浄、後に洗浄を行い、乾燥処理を経たのち現像処理を行うため(d)は誤りである。

問7 次の文のうち、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 一般的に、最も物の形を知覚しやすい色の組合せは、赤と白である。
- (b) 染色浸透探傷試験の浸透液に赤色、現像剤に白色の組合せを用いるのは、判読性の点において、最も識別性がよいためである。
- (c) 浸透探傷試験の観察において、指示模様の背景となる試験体の色又は明るさをバックグラウンドという。
- (d) 染色浸透探傷試験は、指示模様とバックグラウンドとの光の対比を利用したものである。

正答 (c)

物の形を知覚しやすい、すなわち判読性が高い色の組み合わせは黒/黄であり、(a)及び(b)は誤りである。バックグラウンドは指示模様の背景となる試験体の色又は明るさのことであり、(c)は正しい。指示模様とバックグラウンドとの光の対比を利用するのは蛍光浸透探傷試験であり、染色浸透探傷試験では色の対比を利用することから、(d)は誤りである。

関連規格類や参考書により、検査手順や付帯する制約条件など、探傷の大きな流れを把握しておいてほしい。

ET レベル3 パートD, E 試験のポイント

JIS Z 2305:2013「非破壊試験技術者の資格及び認証」に基づく ET レベル3 のパート D, E 試験は主に参考書である『渦流探傷試験Ⅲ』から出題される。本稿では、最近行われた試験のうち、正答率の低かった問題に類似した例題によりポイントを解説する。

パートDの類題

問1 次の文は、渦電流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) 導体表面に平行な磁界を与えた場合、渦電流の位相は導体表面からの深さ方向に対して指数関数的に遅れる。
- (b) 導体表面に平行な磁界を与えた場合、渦電流の大きさは導体表面から深さ方向に対して直線的に減少する。
- (c) 渦電流の大きさは励磁コイル形状に依存しない。
- (d) 渦電流分布を知るためには近似計算手法(例えば有限要素法)を用いるとよい。

正答 (d)

無限空間の半分を導体が占めているときに導体表面に対して平行方向の磁界を与えたときの導体中の渦電流 J は以下の式で与えられる。

$$J(t, d) = J_0 e^{-d \sqrt{\frac{\omega \mu \sigma}{2}}} e^{j(\omega t - \theta)} \quad (1)$$

ここで

$$\theta = d \sqrt{\frac{\omega \mu \sigma}{2}} \quad (2)$$

ここで、 t は時間、 d は表面からの深さ、 J_0 は表面の電流密度、 ω は角周波数、 μ は透磁率、 σ は導電率、 θ は磁界に対する渦電流の位相差、 j は虚数単位を示す。式(1)は渦電流の大きさ $|J(t, d)|$ は d に対して指数的に減少することを示している。よって (b) は不正解である。式(2)は渦電流の位相が d に対して直線的に変化することを示している。よって (a) は不正解である。一樣渦電流プローブのような検出コイルに対してある程度広い範囲に渦電流を発生させるプローブと比較して、パンケーキコイルを用いるプローブでは渦電流の深さ方向の分布は場所によって異なるため (c) は不正解である。渦電流探傷に用いるプローブの渦電流分布を知るためには、渦電流分布を近似的に求める有限要素法を用いる必要がある。した

がって、正答は (d) となる。

問2 次の文は、 θ プローブ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) 試験面に対して垂直な軸をもつ円形の検出コイルと、平行な軸をもつ矩形型の励磁コイルを組み合わせた構造となっている。
- (b) スリット状のきずの長手方向が検出コイルの軸と平行となった場合、検出電圧は最大となる。
- (c) コイルがきずを通過したときの検出電圧を複素電圧平面(フェーザ図)状に表すと、8字パターンを描く。
- (d) 試験面に垂直方向の軸に対して試験プローブが傾くようなりフトオフ変化においても雑音が発生しにくい。

正答 (c)

θ プローブは図1に示すように試験面に平行に配置した円形の励磁コイルと垂直に配置した矩形の検出コイルで構成される。励磁コイルと検出コイルが逆になっている (a) は不正解である。このプローブはきずの長手方向と検出コイルの軸が直交したときに最も検出電圧が大きくなるため (b) は不正解であり、試験面に対して平行の動くリフトオフに対しては原理上信号が発生しないが、試験面と検出コイルの軸の傾きの影響は受けるため (d) は不正解である。プローブがきずに近づくときと離れるときで位相が逆になる差動プローブのようなきず信号軌跡を持つ。したがって、正答は (c) となる。

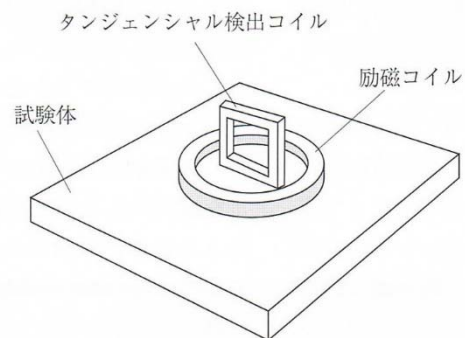


図1 θ プローブの構造

問3 次の文は、非磁性導体と交流電流を流した試験コイルの磁束の変化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) 試験コイルを鎖交する磁束は、導体近傍から試験コイルを離すほど増加する。
- (b) 導体の電気的性質によって試験コイルを鎖交する磁束は異なるが、試験コイルの起電力には影響しない。
- (c) 健全部における試験コイルを鎖交する磁束は、渦電流による磁束が加算されるため、導体遠方にあったときよりも増加する。
- (d) 健全部に比較してきず部では渦電流が流れにくくなり、試験コイルを鎖交する磁束が減少する。

正答 (a)

試験コイルの誘導起電力 e は以下の式で与えられる。

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \quad (3)$$

ここで、 ϕ はコイルを鎖交する磁束、 t は時間を示す。導体の電気的特性によって試験コイルを鎖交する磁束が変化すると試験コイルの起電力に影響を与えるため (b) は不正解である。渦電流による磁束は励磁コイルによる磁束を減衰させる。さらに試験コイルがきず部にあるときより健全部にあるときの方が渦電流は大きい。これによりきずによってコイルを鎖交する磁束は増える。よって (c)、(d) は不正解であり、正答は (a) となる。

パートEの類題

問4 次のプローブは、内挿プローブを用いた渦電流探傷試験で適用される試験プローブ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) 細管の減肉検出用回転プローブ
- (b) 検出コイルを機械的に回転させるボビン型プローブ
- (c) パルス励磁ボビン型プローブ
- (d) 磁性を有する管の探傷に対し永久磁石を組み込んだプローブ

正答 (d)

回転プローブには回転させる機構が必要であり、貫通プローブまたは比較的内径が大きい管の内挿プローブで用いられることが多い。よって (a) は不正解である。ボビン型差動プローブの試験体とコイルを図2に示す。ボビン型プローブを試験体の中心軸で回転させても探傷領域が広がることはない。よって (b) は不正解である。回転型の内挿プローブには図3に示すパンケーキ型コイ

ルを用いることが多い。パルス励磁の励磁時間(数秒)は走査速度(数 m/s)に対して遅いことから、連続して走査することが一般的な内挿プローブへは適用されていないため (c) は不正解である。強磁性体の磁性雑音の軽減のため試験体を磁化する目的に磁石を用いることがある。したがって、正答は (d) となる。

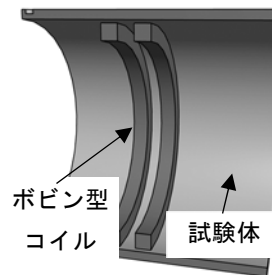


図2 ボビン型コイル

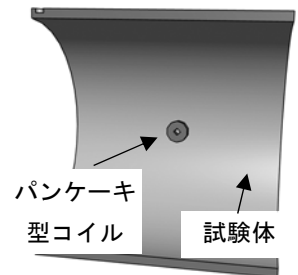


図3 パンケーキ型コイル

問5 次は、JIS G 0583:2021「鋼管の自動渦電流探傷検査方法」に規定されている項目を示したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 探傷器の位相調整
- (b) 送り装置の心出し調整
- (c) 感度の確認
- (d) 端末不感帯距離の確認

正答 (c)

この規格は検査品質を担保するための規格である。位相や心出し調整は SN 比向上に関する内容(過検出低減)であり、端末不感帯は歩留り向上(管端の切り下げ短縮)等の生産性に関する手段等は含んでいないため、(a)、(b)、(d) は不正解である。本規格の章立てを以下に示す。

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語及び定義
4. 一般要求事項
5. 探傷装置
6. 探傷方法
7. 対比試験片及び人工きず
8. 装置の感度調整及び感度の確認
9. 結果の判定
10. 検査報告

したがって正解は (c) である。

E T レベル 3 パート D, E 試験のポイント

JIS Z 2305:2013 「非破壊試験技術者の資格及び認証」に基づく ET レベル 3 のパート D, E 試験は主に参考書である『渦流探傷試験Ⅲ』から出題される。本稿では、最近行われた試験のうち、正答率の低かった問題に類似した例題によりポイントを解説する。

パート D の類題

問 1 次の文は、渦電流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) 導体表面に平行な磁界を与えた場合、渦電流の位相は導体表面からの深さ方向に対して指数関数的に遅れる。
- (b) 導体表面に平行な磁界を与えた場合、渦電流の大きさは導体表面から深さ方向に対して直線的に減少する。
- (c) 渦電流の大きさは励磁コイル形状に依存しない。
- (d) 渦電流分布を知るためには近似計算手法(例えば有限要素法)を用いるとよい。

正答 (d)

無限空間の半分を導体が占めているときに導体表面に対して平行方向の磁界を与えたときの導体中の渦電流 J は以下の式で与えられる。

$$J(t, d) = J_0 e^{-d \sqrt{\frac{\omega \mu \sigma}{2}}} e^{j(\omega t - \theta)} \quad (1)$$

ここで

$$\theta = d \sqrt{\frac{\omega \mu \sigma}{2}} \quad (2)$$

ここで、 t は時間、 d は表面からの深さ、 J_0 は表面の電流密度、 ω は角周波数、 μ は透磁率、 σ は導電率、 θ は磁界に対する渦電流の位相差、 j は虚数単位を示す。式 (1) は渦電流の大きさ $|J(t, d)|$ は d に対して指数的に減少することを示している。よって (b) は不正解である。式 (2) は渦電流の位相が d に対して直線的に変化することを示している。よって (a) は不正解である。一樣渦電流プローブのような検出コイルに対してある程度広い範囲に渦電流を発生させるプローブと比較して、パンケーキコイルを用いるプローブでは渦電流の深さ方向の分布は場所によって異なるため (c) は不正解である。渦電流探傷に用いるプローブの渦電流分布を知るためには、渦電流分布を近似的に求める有限要素法を用いる必要がある。した

がって、正答は (d) となる。

問 2 次の文は、 θ プローブ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) 試験面に対して垂直な軸をもつ円形の検出コイルと、平行な軸をもつ矩形型の励磁コイルを組み合わせた構造となっている。
- (b) スリット状のきずの長手方向が検出コイルの軸と平行となった場合、検出電圧は最大となる。
- (c) コイルがきずを通過したときの検出電圧を複素電圧平面 (フェーザ図) 状に表すと、8 字パターンを描く。
- (d) 試験面に垂直方向の軸に対して試験プローブが傾くようなりフトオフ変化においても雑音が発生しにくい。

正答 (c)

θ プローブは図 1 に示すように試験面に平行に配置した円形の励磁コイルと垂直に配置した矩形の検出コイルで構成される。励磁コイルと検出コイルが逆になっている (a) は不正解である。このプローブはきずの長手方向と検出コイルの軸が直交したときに最も検出電圧が大きくなるため (b) は不正解であり、試験面に対して平行の動くリフトオフに対しては原理上信号が発生しないが、試験面と検出コイルの軸の傾きの影響は受けるため (d) は不正解である。プローブがきずに近づくときと離れるときで位相が逆になる差動プローブのようなきず信号軌跡を持つ。したがって、正答は (c) となる。

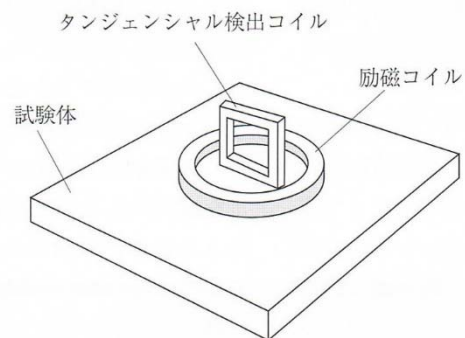


図 1 θ プローブの構造

問 3 次の文は、非磁性導体と交流電流を流した試験コイルの磁束の変化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) 試験コイルを鎖交する磁束は、導体近傍から試験コイルを離すほど増加する。
- (b) 導体の電気的性質によって試験コイルを鎖交する磁束は異なるが、試験コイルの起電力には影響しない。
- (c) 健全部における試験コイルを鎖交する磁束は、渦電流による磁束が加算されるため、導体遠方であったときよりも増加する。
- (d) 健全部に比較してきず部では渦電流が流れにくくなり、試験コイルを鎖交する磁束が減少する。

正答 (a)

試験コイルの誘導起電力 e は以下の式で与えられる。

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \quad (3)$$

ここで、 ϕ はコイルを鎖交する磁束、 t は時間を示す。導体の電気的特性によって試験コイルを鎖交する磁束が変化すると試験コイルの起電力に影響を与えるため (b) は不正解である。渦電流による磁束は励磁コイルによる磁束を減衰させる。さらに試験コイルがきず部にあるときより健全部にあるときの方が渦電流は大きい。これによりきずによってコイルを鎖交する磁束は増える。よって (c)、(d) は不正解であり、正答は (a) となる。

パートEの類題

問4 次のプローブは、内挿プローブを用いた渦電流探傷試験で適用される試験プローブ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) 細管の減肉検出用回転プローブ
- (b) 検出コイルを機械的に回転させるボビン型プローブ
- (c) パルス励磁ボビン型プローブ
- (d) 磁性を有する管の探傷に対し永久磁石を組み込んだプローブ

正答 (d)

回転プローブには回転させる機構が必要であり、貫通プローブまたは比較的内径が大きい管の内挿プローブで用いられることが多い。よって (a) は不正解である。ボビン型差動プローブの試験体とコイルを図2に示す。ボビン型プローブを試験体の中心軸で回転させても探傷領域が広がることはない。よって (b) は不正解である。回転型の内挿プローブには図3に示すパンケーキ型コイ

ルを用いることが多い。パルス励磁の励磁時間(数秒)は走査速度(数 m/s)に対して遅いことから、連続して走査することが一般的な内挿プローブへは適用されていないため (c) は不正解である。強磁性体の磁性雑音の軽減のため試験体を磁化する目的に磁石を用いることがある。したがって、正答は (d) となる。

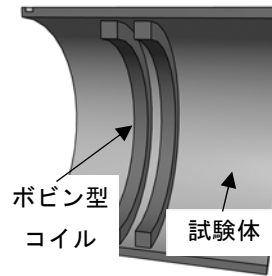


図2 ボビン型コイル

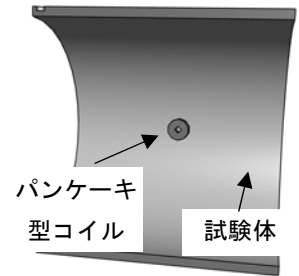


図3 パンケーキ型コイル

問5 次は、JIS G 0583:2021「鋼管の自動渦電流探傷検査方法」に規定されている項目を示したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 探傷器の位相調整
- (b) 送り装置の心出し調整
- (c) 感度の確認
- (d) 端末不感帯距離の確認

正答 (c)

この規格は検査品質を担保するための規格である。位相や心出し調整は SN 比向上に関する内容(過検出低減)であり、端末不感帯は歩留り向上(管端の切り下げ短縮)等の生産性に関する手段等は含んでいないため、(a)、(b)、(d) は不正解である。本規格の章立てを以下に示す。

11. 適用範囲
12. 引用規格
13. 用語及び定義
14. 一般要求事項
15. 探傷装置
16. 探傷方法
17. 対比試験片及び人工きず
18. 装置の感度調整及び感度の確認
19. 結果の判定
20. 検査報告

したがって正解は (c) である。