

UT レベル 3 二次 C₂ (適用) 試験のポイント

UT レベル 3 の適用(C₂)試験問題は、過去に機関誌 Vol.53, No.8(2004), Vol.57, No.9(2008)及び Vol.59, No.12(2010)で紹介した。今回解説する問題と共に過去の記事も参考にしたい。

レベル 3 の適用の出題範囲は、『各種成品及び溶接構造物の超音波探傷試験』の参考書も対象となるのでこれもよく学習するよう努めて欲しい。

問 1 次の文は、各種製品に適用される超音波自動探傷方法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) 鉄道レールの自動探傷では一般に、接触媒質にマシン油を用いて、垂直探触子による直接接触法が適用される。
- (b) 厚鋼板(板厚 6~60mm)の自動探傷は、パルス反射法の一振動子探触子で行われることが多く、二振動子探触子は適用されていない。
- (c) 条鋼や丸棒鋼などの超音波自動探傷システムでは、探触子の固定方式や回転方式、鋼片の直進搬送や回転方式の組合せで構成されることが多い。
- (d) 道路橋示方書によると、板厚 40mm を超える橋梁溶接部の超音波自動探傷には、タンデム探傷法が規定されている。

正答 (c)

鉄道レールの自動探傷はレール上を走行しながらギャップ法による垂直探傷が行われ、接触媒質は水を用いて行うのが一般的である。厚鋼板の探傷によく用いられる JIS G 0801 は、板厚 6~13mm では二振動子垂直探触子の使用を規定しており、13mm を超え 60mm までは二振動子垂直探触子と一振動子垂直探触子のいずれの探触子でも使用できるように規定されている。自動探傷では多くの場合が不感帯の小さい二振動子垂直探触子が用いられる。製鉄所での条鋼や丸棒鋼の超音波探傷は主に垂直探傷が行われるが、断面全体に超音波が網羅するように探触子群を外径に合わせて固定した場合は試験体を回転させながら前進させ、また、試験体が直進する場合は探触子群を回転させて探傷するのが一般的である。道路橋示方書では板厚が 40mm を超える溶接継手の検査には超音波自動探傷を適用することを規定している。

問 2 次の文は、TOFD 法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) TOFD 法は、縦波と横波の伝搬時間差からきず高さを求める方法である。
- (b) TOFD 法は、縦波と横波の伝搬時間差からきず指示長さを求める方法である。
- (c) TOFD 法は、縦波斜角探触子を用いてきずの上端部及び下端部からの回折波の伝搬時間差からきず高さを求める方法である。
- (d) TOFD 法は、コンポジットの広帯域型探触子を用い、一探触子法によって行われる。

正答 (c)

TOFD 法は Time of Flight Diffraction を略したもので、二探触子を用いて超音波ビームの広がり大きい縦波を一方から送信し、他方で受信し、表面を伝搬するラテラル波、きず部からの回折波、底面で反射した底面反射波などを利用してこれらの伝搬時間差からきずの高さを測定するものである。

問 3 次の文は、薄板の超音波探傷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) 薄板の超音波探傷に使用されている板波は、種々のモードがあるが、同一の周波数であれば、板厚が異なっても伝搬速度は同じである。
- (b) 薄板の超音波探傷に使用されている板波は、同一の周波数であっても、モードが異なっていれば伝搬速度も異なっている。
- (c) 薄板の超音波探傷に使用されているタイヤ探触子は、タイヤの部分がゴム製であり、板と密着して使用することと、接触媒質の後処理が困難なため、接触媒質を使用しないで探傷するのが一般的である。
- (d) 薄板の超音波探傷に使用されている板波は、板の表面に薄く広がった油膜でも、高いエコーが得られる。

正答 (b)

板波には S モード(対称)と A モード(非対称)があり、それぞれ S₀, S₁, S₂・・・, A₀, A₁, A₂・・・のように多くのモードが存在する。これらは板厚と周波数を乗じたもの

をパラメータとして、探傷する板厚によって適正なモードを使用して探傷を行う。また、板波の音速の群速度（板面に沿った伝搬速度）はこのパラメータによって異なるため、時間軸の調整は、板幅のエッジがゲートの手前になるよう設定して探傷を行う。探傷時に接触媒質は必要であるが、薄く広がった油膜からのエコーはほとんど現れない。

問4 次の文は、製管工場で小径厚肉管の管軸方向のきずを斜角探傷する方法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) 高さ寸法の大きい振動子を使用した斜角探触子を用いて、その探触子のくさび表面の曲率部を鋼管の外径に合わせる。
- (b) 高さ寸法の小さい振動子を使用した斜角探触子を用いて、線接触させて探傷する。
- (c) 線集束形の探触子を用いて水浸法で探傷する。
- (d) 振動子寸法の大きい探触子を用いて水浸法で探傷する。

正答 (c)

シームレス鋼管などの小径厚肉管の探傷は振動子寸法が大きいと超音波が鋼管のR面に入射するとき、超音波ビームが広がってしまい探傷部位を特定するのが困難である。このため、集束探触子を用いてビームの拡散を抑え、鋼管を水中で回転させて探傷を行う。

問5 次の文は、長手継手溶接鋼管の超音波探傷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) UOE 鋼管の溶接部に発生するきずには、割れ、溶込み不良、ブローホール、スラグ巻込みがある。
- (b) 鋼管溶接部を探傷する場合、外面から入射させた超音波の屈折角 θ に比べて、内面への入射角 θ_i は、曲率の関係で、大きな角度に増加する。しかし、その増加した角度 θ_i は t/D （管厚対外径比）と無関係で、屈折角 θ で決まる一定の角度となる。
- (c) 鋼管溶接部を斜角探傷する場合、外面から入射させた超音波の屈折角 θ に比べて、内面への入射角 θ_i は t/D （管厚対外径比）によって異なり、 t/D が大きいほど角度 θ_i が大きくなる。

- (d) UOE 鋼管の斜角探傷における探傷感度は、同径、同肉厚の鋼管から採取した対比試験片に加工された角溝、V溝又は貫通ドリルホールからのエコー高さを基準にして調整し、検出レベルを定めて行うのが一般的である。

正答 (b)

UOE 鋼管の製造は、両端開先加工した鋼板をプレスでU形そして次にO形に成形し、突合せ部分をサブマージアーク溶接して行う。溶接部の内部きずとしては、サブマージアーク溶接で発生するブローホールやスラグ巻込み、溶込み不良や割れがある。鋼管の長手溶接部の探傷を行う場合、外面側での屈折角に比べて t/D の大きいほど内面への入射角は大きくなる。UOE 鋼管溶接部の超音波探傷はJIS G 0584あるいはAPI 5Lにより探傷を行う場合が多いが、これらの規格は溶接部に加工したドリルホールやVあるいはNノッチの対比試験片により探傷感度の調整を行うことが規定されている。

問6 次の文は、コンクリート材料の超音波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) コンクリート材料に対する超音波探傷試験は、主として内部空洞の大きさを推定する目的で適用される。
- (b) コンクリート材料に対する超音波探傷試験は、減衰が激しいために周波数は一般的に1MHz程度の垂直探触子が用いられる。
- (c) コンクリート材料の割れ深さ測定には、TOFD法の原理と同様に、二探触子間の伝搬時間差から幾何学的に求める。
- (d) コンクリート材料は、セメント、骨材などの配合比が同じであれば、音速や減衰の程度はほぼ一定である。

正答 (c)

コンクリートの超音波探傷は主にき裂の発見とその深さの測定である。き裂の深さ測定は、50~200kHzの低周波超音波の送受二探触子を用いて、き裂のある部分とならない部分の伝搬時間差から推定する方法などが用いられる。コンクリートの音速は材料の配合程度が同じでも均一になるとは限らない。

MT レベル 3 二次 C₂ (適用) 試験のポイント

NDT フラッシュでは、2010 年に JIS Z 2320-1~3:2007 の発行及びこれを受けて改訂された『磁粉探傷試験 I ~ III』の内容に基づき MT レベル 3 の C₂ 試験のポイントを解説した。

今月号では MT レベル 3 の C₂ 問題について、最近の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。なお、C₂ は規格、仕様を含む関連する工業分野における MT の適用に関する専門知識について問われ、四者択一形式である。

問 1 次の文は、工程確認方式によるプロッド法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) 接触を考慮し亜鉛メッキをしたプロッドを用いる。
- (b) 各プロッド電極の周辺から 50mm の範囲を試験範囲から除外する。
- (c) 合否判定に際し、プロッドによる過度の加熱部位は、きずとはみなさない。
- (d) 磁化電流値を求めるための計算式は、プロッド間隔が 200mm 以下の場合に適用する。

正答 (d)

プロッド法において、接触を考慮して鉛接触パッドや亜鉛メッキをしたプロッドを使用する場合があるが、スパークしたときにこれらが母材に溶け込み、脆化割れ発生の起点となる場合等があるため、JIS 規格では亜鉛は禁止、鉛はよく換気された状態でのみ使用できる。スパークによる損傷及び過度の加熱部位は、きずとみなす。試験範囲は、両プロッドの中心を結ぶ線を中心線とする $d \times 0.5d$ (d はプロッド間距離) の長方形の内側であり、各プロッド電極の周辺から 25mm の範囲は試験範囲から除外する。磁化電流値を求めるための計算式は、プロッド間隔が 200mm 以下の場合に適用する。正答は (d) である。

問 2 次の文は、鋳鋼品の磁粉探傷試験における磁化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) 比較的大きな鋳鋼品の磁化方法には、プロッド法を用いるのがよい。
- (b) コイル法の場合、形状が複雑な鋳鋼品に対しては継鉄棒が適切に設置できないため、コイル内に試

験体を挿入する方法よりも試験体の孔などにケーブルを巻く方法を用いる。

- (c) プロッド法の場合、試験面の形状に応じてプロッド間隔は 50~300mm を採用するとよい。
- (d) プロッドの先端には、スパークの発生を抑えるために鉛や銅網製のパッド又はフレキシブルプロッドを用いるのがよい。

正答 (c)

各種素材のきずや探傷に関する問題、特に鍛造品、鋳造品のきずや探傷については、実体験が少ないためか理解不足が目立つ。例題では (a) (b) (d) はいずれも正しく、(c) はプロッド間隔は 70~250mm 程度が適当である (ASME Sec.V では 75~200mm)。また、この例題にはないが、溶接部を含め鍛造品、鋳造品などのきずについても、きずの名称と発生原因を理解しておく、実体験がなくても磁粉模様の現れ方も推定しやすい。『鉄鋼材料の磁粉及び浸透探傷試験による欠陥指示模様の参考写真集』を一読されることをお勧めしたい。

問 3 次の文は、磁粉探傷装置の定期/日常点検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) 磁粉探傷装置の日常点検時には、絶縁抵抗を測定することが望ましい。
- (b) 脈流磁化電流計の精度点検に用いられる標準直流電圧計は波高値で示され、装置の電流計も波高値で示されるので、そのまま比較できる。
- (c) JIS Z 2320-3 では、極間式磁化器の吸引力 (リフティングパワー) 測定による点検が必要である。
- (d) 極間式磁化器の定期点検で、作動状態を点検する場合や励磁電流を測定する場合、閉磁路にするための試験板の寸法は特に規格では決められていない。

正答 (c)

磁化装置の電流計は一般に波高値表示 (標準試験片確認方式)、又は実効値表示 (工程確認方式) であり、標準直流電圧計は平均値で示されるので、いずれの場合も整流波形を考慮した換算が必要である。また、極間式磁化器の吸引力は諸外国の規格では以前から測定が要求されていたが、JIS G 0565 では規定されておらず JIS Z 2320-3 (ISO 9934-3 準拠) になり最低要件として規定された。また、極間式磁化器の点検は一定の条件下の閉磁路で実施しないと、装置に負担を掛けるだけでなく、測定値が

異なり判定を誤ることがある。そのため JIS Z 2321, JIS Z 2320-3 とともに試験板の材質、大きさを定めている。

問 4 次の文は、疑似模様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) 磁極指示とは、コイル法などにおいて反磁界によって試験体の端部に磁極を生じ、その磁極に磁粉が吸着されることにより現れる磁粉模様をいう。
- (b) 軸通電法において、電極付近に漏洩磁束を生じ磁粉模様が現れやすい。これは電流による磁界によって生じるので、この磁粉模様を電流指示といい、電極の接触部周辺に現れる。
- (c) 電極指示とは、プロッド法において電極の接触部及び周辺部に生じる磁粉模様をいい、電極の接触部を中心に放射状に現れる。
- (d) すりきず指示とは、磁化された試験体に他の強磁性体又は磁化された試験体が接触してこすられた場合に、接触部に試験体内の残留磁束線がゆがめられて磁極を生じ、やすりでこすられたような短い線状の明りょうな磁粉模様が現れる。直流・軸通電法又は電流貫通法を用いた残留法でよく経験する。

正答 (c)

疑似模様は、磁粉探傷試験の手順・操作が不適切な場合にも現れるが、それ以外に各磁化方法に特有なものがある。極間法では磁極指示があり、プロッド法では電極指示や電流指示が現れる場合があり、磁化ケーブルの周囲では電流指示が、電極周辺では電極指示が現れる。また、すりきず指示とは、試験面に生じた打ちきず・引っかけきずなどのうちで、有害でないもので形成された磁粉模様で、表面粗さ指示の一種ともいえる。(d) は磁気ペン跡の説明である。

問 5 次の文は、検査液や検査の性能点検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) 検査液濃度は、作業前の日常点検で確認する必要がある。この濃度はタイプ 2 対比試験片を使用し、容易に測定することができる。
- (b) 工程確認方式において、総合性能試験を実施する場合に、タイプ 1 対比試験片は使用できるが、A 形標準試験片は使用できない。
- (c) 標準試験片確認方式において、検査液の性能点検では、JIS Z 2320-1:2007 に規定された B 形対比試

験片の上に A 形標準試験片を貼付して探傷し、磁粉模様を観察して調べる方法がある。

- (d) JIS Z 2320-1:2007 において、工程確認方式に従って探傷を実施した場合には、使用期間中試験として JIS Z 2320-2:2007 のタイプ 1 又はタイプ 2 対比試験片を使用するか、もしくは A 形又は C 形標準試験片を使用して、検査液の性能を確認しなければならない。

正答 (c)

検査液濃度は、沈殿管を用いて沈殿体積から検量線により読み取れるが、タイプ 1 及び 2 対比試験片では濃度を測定することはできない。A 形標準試験片及び B 形対比試験片は性能点検、総合性能試験にも使用できる。工程確認方式ではタイプ 1 又は 2 対比試験片を用い、使用期間中試験として作業前及び必要により使用中での性能確認が必要である。使用期間中試験には A 形標準試験片は使用できない。

問 6 次の文は、交流極間法における磁化器と磁化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) 励磁電圧が一定の場合、エアギャップが増加するとともに磁気抵抗が増加することによって、励磁電流は増加する。
- (b) 試験体の表面に作用している磁界の強さは、表面近くのリフトオフの異なる 2 点 (又は 3 点) における空間の磁束密度の表面に平行な成分を測定し、それを試験体表面の値に外挿することによって求めることができる。
- (c) 磁気回路として考えると、励磁電流 $I(A)$ 、磁束 $\Phi(Wb)$ 、コイルの巻数 $N(回)$ 及びインダクタンス $L(H)$ の間には、 $N\Phi=LI$ の関係が成り立つ。
- (d) 磁化器の大きさ (磁極間距離) が変化すると試験体の磁化状態は変化するが、試験体表面の磁束密度の分布にはほとんど差は生じない。

正答 (d)

磁化器の大きさが変化すると試験体の磁化状態は変化し、試験体表面の磁束密度の分布は変化するので、探傷の際には探傷有効範囲の確認が重要である。

多くの受験者は極間法以外の磁化方法、磁化電源装置等の管理は未経験に見えるので、実地体験、講習会などを通じて多くの経験を積み、より理解を深めて欲しい。