

UTレベル3 二次C₁ (基礎) 試験のポイント

UTレベル3新規二次試験のC₁(UTレベル3の基礎知識に関する問題:4者択一)問題解答数は30~40題程である。試験時間はC₂の20~25題と合わせて120分で行われる。

今回は、最近出題されたC₁試験のものと類似した問題をJSNDI発行の「超音波探傷試験問題集2002」及び「超音波探傷試験Ⅲ」の参考書に基づいて解き方のポイントを解説する。

問1 次の文は、超音波の近距離音場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) 近距離音場では、エコー高さは探触子の直下(中心軸上)で最大になるとは限らない。このため、実際の探傷で小さいきずが1個の場合でも2個あると判断を誤ることもあるので注意を要する。しかし、きずの存在は確認できる。
- (b) 試験周波数が同一であれば、近距離音場限界距離の短い探触子の方が、板厚の厚い試験体の探傷に適している。
- (c) 垂直探傷の場合、近距離音場にある一つの小さいきずを探傷すると、きずの深さ位置を誤る可能性がある。
- (d) 近距離音場、遠距離音場にかかわらず、超音波は距離の自乗に反比例して弱くなるため、距離が遠くなるに従って同じ大きさのきずでも、きずエコー高さは小さくなる。

正答 (a)

近距離音場限界距離内での音圧分布は、小さいきずからのエコーが音軸上で必ずしも最大エコーを示すとは限らない。近距離音場限界距離の理論式 $x_0 = D^2/4\lambda$ や超音波の伝搬特性から(b)(c)(d)の記述は誤りである。

問2 次の文は、きずの寸法測定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) 端部エコー高さは、きずの先端の形状・寸法に依存している。
- (b) 端部エコー法は、きずの長さの測定法として主に用いられる。
- (c) 端部エコー法によって、きずの高さを測定する場合、一般にきず位置が集束範囲に含まれる集束斜角探触子を使用すると通常の探触子に比べ測定精度が高い。

(d) 面状の内部きずの先端で散乱された超音波を利用して、きずの寸法を測定することができる。

正答 (b)

端部エコー法は、割れなどの面状きずの先端に入射した超音波が、きずの端部から回折波(散乱波)として得られるエコーによりきず位置を測定する方法である。きずの上端部及び下端部エコーの位置からきず高さを測定する方法で、主として集束探触子や広帯域探触子が使用される。

問3 次の文は、斜角探触子5Z10×10A70を用い、黒皮付き圧延鋼材の溶接部を探傷する場合の接触媒質と伝達損失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) 接触媒質にマシン油を用い、STB-A2で感度調整を行い、そのままの調度で上記の溶接部を探傷すると、4dBから8dB程度の探傷感度低下があると予想できる。
- (b) グリセリンを同量の水で薄めても、音響インピーダンスは変化しないので伝達損失はグリセリンと同じである。
- (c) 表面状態が異なっても、一定の感度補正を行えば、どのような接触媒質を用いて探傷しても、きずエコー高さは一定である。
- (d) STB-A2で感度調整を行う場合、グリセリンを用いると、マシン油を用いる場合に比べてゲインつまみの値は6dB程度異なる。

正答 (a)

STB-A2の表面粗さは10 μ m以下に仕上げられているが、圧延材の表面は状況の悪いものでは70 μ m程度になる。このような場合、伝達損失量の差は8dB程度低くなる。グリセリンを水で薄めると音響インピーダンスが低下し、伝達損失は大きくなる。STB-A2のように表面状態が良好な場合は、膜厚が薄く一定となり、接触媒質による伝達損失の差が小さくなる。

問4 次の文は、垂直探傷における超音波探触子と探傷器の組合せについて述べたものである。適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 距離分解能を必要とする探傷試験では、広帯域探触子と超音波探傷器の広帯域受信器の組合せが良い。

- (b) 減衰が大きい試験体の探傷試験では、狭帯域探触子と超音波探傷器の広帯域受信器の組合せが良い。
- (c) DGS 線図から等価きず直径を求める探傷試験では、広帯域探触子と超音波探傷器の広帯域受信器の組合せが良い。
- (d) DGS 線図から等価きず直径を求める探傷試験では、特に探触子や超音波探傷器の周波数特性に注意する必要はない。

正答 (a)

広帯域探触子は波数が少なく、短いパルスであるため、高分解能で広い周波数帯域を有している。このような場合、受信装置も広帯域の性能が必要とされる。DGS 線図を用いて等価きず直径を求める方法は連続波の理論に基づいており、4 波程度以上の狭帯域探触子を用いて測定すると実寸法との対応がよい。

問5 次の文中の [1] ~ [6] に適する数値に最も近い数値を解答群の中から一つ選び、記号で答えよ。

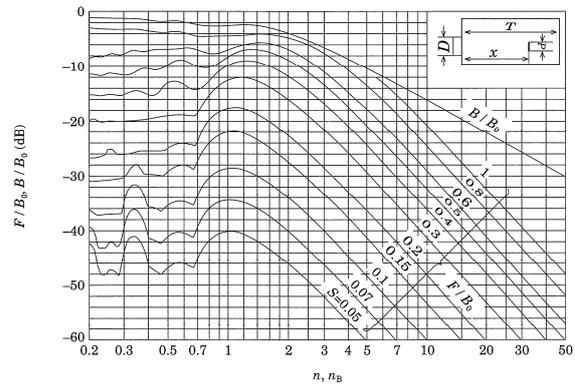
垂直探触子 2Z28N (試験周波数 1.8 MHz) を用い、両面平行な厚さ 100 mm の鍛鋼品 (縦波音速 5920 m/s) を探傷したところ、探傷面から深さ 80 mm の位置にきずエコーを検出した。底面エコー高さ及びきずエコー高さを 80% の高さになるように調整したときのゲイン調整器の値は次のとおりであった。

健全部の B_1 : 30.0dB, 健全部の B_2 : 38.5dB, F : 47.0dB

- (1) 底面までの規準化距離を n_{B1} , きずまでの規準化距離を n_F とすると, $n_{B1} = [1]$, $n_F = [2]$ となる。
- (2) 探傷面での反射損失を 2.0 dB, 底面での反射損失を 0.1 dB とすると, この材料の減衰係数は [3] dB/mm である。減衰補正した F/B_G の値は - [4] dB となる。
- (3) (1)及び(2)の結果から DGS 線図により求められる S (きずの規準化直径) は [5] である。したがって, 検出したきずを円形平面きずと仮定すると, その直径は [6] mm となる。ただし, 探傷面での反射損失及び底面での反射損失は, 減衰係数の計算だけに使用すること。

(解答群)

- [1] (a) 1.38 (b) 1.58 (c) 1.68 (d) 2.48
 [2] (a) 1.04 (b) 1.14 (c) 1.24 (d) 1.34
 [3] (a) 0.001 (b) 0.011 (c) 0.022 (d) 0.024
 [4] (a) 12.4 (b) 13.4 (c) 15.4 (d) 17.4
 [5] (a) 0.15 (b) 0.18 (c) 0.21 (d) 0.24
 [6] (a) 4.2 (b) 5.0 (c) 5.9 (d) 6.7



DGS 線図

- 正答 [1] (c), [2] (d), [3] (b), [4] (d), [5] (b), [6] (b)**

[1] 底面までの距離を近距離音場限界距離 x_0 で規準化すると, $n_{B1} = 1.68$, $n_{B2} = 3.36$ となる。

[2] きずまでの距離を規準化すると $n_F = 1.34$ となる。

[3] 音場の拡散だけ考えたときの B_1/B_2 の理論値を $[B_1/B_2]$ で表すと, DGS 線図の B/B_0 線上で $n_{B1} = 1.68$ と $n_{B2} = 3.36$ の 2 点間の dB 差は, $(-3.0) - (-7.2) = 4.2\text{dB}$ と読み取ることができる。

題意から $(B_1/B_2) = (-30) - (-38.5) = 8.5\text{dB}$ である。

減衰係数 $\alpha = \frac{(B_1/B_2) - [B_1/B_2] - \text{反射損失}}{2T}$ の式より計算すると,

$$\alpha = \frac{8.5 - 4.2 - (2.0 + 0.1)}{2 \times 100} = 0.011 \text{ dB/mm}$$

[4] 減衰補正した $[F/B_G]$ は次式で表される。

$$\begin{aligned} [F/B_G] &= (F/B_0) - 2\alpha(T - x) \\ &= -(47.0 - 30.0) - 2 \times 0.011(100 - 80) \\ &= -17 - 0.44 = -17.44\text{dB} \end{aligned}$$

[5] [1] ~ [4] の結果から DGS 線図によりきずの規準化直径を求める。

$$\begin{aligned} [F/B_0] &= [F/B_G] + [B_0/B_0] \\ &= -17.4 + (-3.0) = -20.4\text{dB} \end{aligned}$$

$n_F = 1.34$ と $[F/B_0] = -20.4\text{dB}$ を DGS 線図から読み取り, $S = 0.18$ と読む。

$$[6] \text{ きずの直径}(d) = \text{振動子径} \times S = 28 \times 0.18 = 5.0$$

第 1 回目の C_1 試験の解説は, JSNDI 発行の非破壊検査 Vol.57, No.3 に掲載されており, ホームページから PDF ファイルをダウンロードすることもできる。

MT レベル 3 二次 C₁ (基礎) 試験のポイント

JIS Z 2305 による資格試験について、NDT フラッシュではこれまで 2004 年、2008 年に MT レベル 3 の C₁ 試験のポイントを解説してきた。

その後、JIS G 0565-1992 が改訂され、ISO 9934 を取り込んで新たに JIS Z 2320-1:2007 として発行された。これを受けて参考書“磁粉探傷試験 I～III”も改訂された。今月号ではこれらの改訂後の MT レベル 3 の C₁ 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、C₁ は MT に関するレベル 3 の知識について問われ、四者択一形式である。

問 次は、磁束貫通法を用いて、試験体表面に平行な磁界の強さとして 2000A/m を得るのに必要な誘導電流を示したものである。最も近いものを一つ選び、記号で答えよ。ここで試験体は、リング状（試験体の断面は円形で、その断面直径 20mm、リングの外径は 600mm）とする。

- (a) 120A (b) 240A (c) 3600A (d) 7200A

正答 (a)

磁束貫通法は試験体に直接通電することなく、試験体の穴などに通した磁束貫通棒に交流磁束を流すことにより、誘導される誘導電流が作る磁界によって試験体を磁化する方法である。反磁界の影響も少なく、小さな誘導電流でも有効に磁化できるが、磁束貫通棒に流れる磁束の周波数及び漏れ、磁束貫通棒の太さ、試験体の導電率や径の変化等に影響される。これらの条件があるために、誘導電流の大きさは励磁する一次電流の値からは容易に計算できない。この例題では探傷に必要な磁界の強さが得られるのに必要な誘導電流の大きさを問うている。探傷に必要な誘導電流の大きさは次式で表される。

$$I_{\text{ind}}=Hp$$

ただし、 I_{ind} ：磁化に必要な誘導電流 (A)

H：試験体表面に平行な磁界の強さ (A/m)

p：試験体の断面周長さ(m)

ここで、試験体断面直径は d であるから、断面半径を r とすれば、p は

$$p=\pi d (=2\pi r) \quad \text{と書ける。}$$

したがって、

$$I_{\text{ind}}=\pi d H (=2\pi r H)$$

上式に $H=2000(\text{A/m})$, $d=20(\text{mm})=0.02(\text{m})$ を代入する。

$$I=\pi \times 0.02 \times 2000=125.6(\text{A})$$

したがって、正答は(a) である。外径は関係しない。

問 次の文は、サーチコイルによって測定した交流の磁束密度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) 適用周波数に比例する。
(b) コイルの巻数に比例する。
(c) コイルの断面積に比例する。
(d) コイルの誘導起電力に比例する。

正答 (d)

サーチコイルは磁束の測定に使用される。磁粉探傷試験においては、試験体に直接コイルを巻いたり、また鋼板等の試験体では二つの小さい穴を開け、この穴を通して巻線しその部分を通る磁束密度を測定している。

交流磁束では、最大磁束密度 B (T) は、

$$B=e/2\pi fNA \quad \text{で表される。}$$

ここで、f：周波数(Hz)、N：コイル巻数、

A：コイル断面積 (m²)、e：誘導起電力(V)

したがって、磁束密度 B は誘導起電力 e に比例し、周波数 f、コイル巻数 N、コイル断面積 A に反比例する。正答は(d)である。

問 次の文は、JIS Z 2320-1:2007 の工程確認方式における磁化電流値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) 交流は実効値で計測されるため、波高値に換算するにはその値を $\sqrt{2}$ 倍すればよい。
(b) 単相半波整流したものは実効値で計測されるため、波高値に換算するにはその値を π 倍すればよい。
(c) 三相全波整流したものは平均値で計測され、波高値に換算すると $\pi/3$ になるため、その値はほぼおなじになる。
(d) 波高値と実効値の関係を把握した上で、実効値によって磁化状態を管理しなければならない。

正答 (b)

電流値の表示方式には波高値、平均値、実効値がある。波高値は電流波形のピーク値(最大値)で電流値を表している。平均値は、電流波形の 1/2 周期(正の範囲)を積分し周期で除したものであり、時間の平均値で表している。実効値は波高値の 2 乗を 1 周期にわたって積分し

その平方根をとったもので、直流と同じ（エネルギー的に等価な）電力を与える交流の値を表している。JIS Z 2320-1:2007において工程確認方式ではISO 9934に従い、電流値や磁界の強さなどは原則として実効値で表示する。試験片確認方式では旧 JIS G 0565-1992 に従い、波高値で表示する。表示の方法は異なるが、磁化に必要な磁界の強さ及び磁束密度の値が異なるわけではない。

磁粉探傷試験では特別な場合を除き、交流の電流波形は概ね正弦波に近いので(a)は正しい（極端に波形がひずむ場合は補正が必要）。また単相半波整流では、波高値は実効値の2倍になる（実効値は平均値の $\pi/2$ 倍）。三相全波整流では平均値は波高値の $3/\pi$ 倍となり、ほぼ同じになる。なお、直流では実効値という表示方法はない。脈流でも、三相全波は実質的に直流と考えてよい。脈流は通常、平均値で表すことが多いが、三相半波、単相全波、単相半波は交流成分が多いため実効値でも表せる（換算係数は JIS Z 2320-1:2007 を参照）。正答は(b)である。

問 次の文は、試験体表面に開口したきずからの漏洩磁束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) 試験体に存在するきずの形状と電流値が同じ場合でも、炭素鋼の炭素量が多くなるときずからの漏洩磁束密度は変化する。
- (b) 磁化電流を増加させると、試験体内部の磁束密度が増加し、漏洩磁束密度も増加する。
- (c) 同一磁束密度(1.0T)の場合、試験体が磁氣的に硬くなると、同一形状のきずによる漏洩磁束密度は小さくなる。
- (d) きずからの漏洩磁束密度は、きず長さが短いと比例的に変化するが、ある長さ以上になると一定になる。

正答 (c)

きずからの漏洩磁束の大きさは、材質の影響を受ける。同一の磁束密度では、試験体が磁氣的に硬くなると、同一形状のきずによる漏洩磁束密度は大きくなる。また磁化電流の種類や整流波形、電流値（磁界の強さ）にも大きく影響を受ける。例えば同一の磁束密度では、交流成分が多いほど表皮効果の影響を受けて、内部のきずでも表面きずでもきず漏洩磁束は小さくなる。きずからの漏洩磁束密度は、きず長さが短い間は比例的に変化するが、ある長さ以上になると一定になる。

問 次の文は、棒状の試験体をコイル法で磁粉探傷試験をする場合に、反磁界の影響を少なくする方策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) 継鉄棒を用い、試験体の L/D を大きくする。
- (b) 磁化電流に直流を用いる。
- (c) L/D が小さい試験体ほどコイルの起磁力を小さくする。
- (d) 残留法で試験を行う。

正答 (a)

コイル法において反磁界の影響を小さくするためには、基本的に L/D を大きくすることを考えなければならない。したがって(a)は正しい。(b)D が実効的に小さくならない。(c)必要な磁界の強さが同じであれば L/D が大きいほど起磁力は小さくてよい。なお実用的には起磁力を大きくすることのできずの検出が可能な場合もあるが、L/D が小さい場合や対象とするきずが小さい場合にはあまり効果がない。(d)工具鋼や焼入れ材のように、試験体の透磁率が低く保磁力が大きい場合には残留法が適用できるが、この場合でも継鉄棒により反磁界の影響を少なくする必要がある。またコイル寸法、コイル内の試験体の位置、継鉄棒の大きさなども磁化や反磁界に影響を与える。

問 次の文は、JIS Z 2320-1:2007 の磁化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) 工程確認方式は、連続法及び残留法に適用可能である。
- (b) 標準試験片確認方式は、連続法及び残留法に適用可能である。
- (c) 工程確認方式は、乾式法及び湿式法に適用可能である。
- (d) 工程確認方式には磁束貫通法及び隣接電流法が含まれる。

正答 (a)

工程確認方式は透磁率の比較的高い材料を対象として考えられているため、残留法には言及していない。したがって(a)は誤りであり、他はすべて正しい。

例題以外にも、磁粉探傷試験の基礎としての JIS 規格について学習不足がやや目立つ。レベル3の資格取得を目指す人は、本解説や以前の例題解説を参考にして参考書、問題集及び JIS 規格等の内容をよく学習して欲しい。