

ETレベル1 一次一般試験問題のポイント

JIS Z 2305 非破壊試験技術者，ETレベル1の新規一次試験については渦流探傷試験 の記述範囲内から出題されるものとしているが，試験の結果を見てみると受験者の理解不足や誤解によると思われる，正答率の低い問題が見受けられる。今回は一般問題の中で以前の試験結果より相対的に正答率の低い問題と類似の例題を選んで解説する。一般問題は渦流探傷試験の原理，各探傷方法の特徴や操作手順等の問題が出題される。問題は正しいもの又は誤っているものを四者択一で選ぶ形式であり40問以上が出題される。70%以上の正答で合格となる。

問1 周波数が 50Hz のとき角周波数 [rad/sec] はおよそいくらかとなるか。次の中から正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

- (a) 3.14 (b) 6.328 (c) 15.8 (d) 314
 正答 (d)

図1に正弦波交流の波形を示すが時間とともに電圧の大きさと向きが変わる。

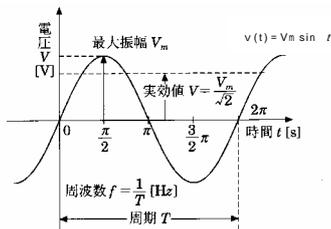


図1. 正弦波交流電圧

この波形を式で示し，電圧を $v(t)$ とすると

$$v(t) = V_m \cdot \sin t \dots\dots\dots (1)$$

と表される。 $v(t)$ は正弦関数に従って周期的に大きさとその方向が変化している。

式(1)の中の t を「角周波数」といい周期Tあるいは周波数 f を用いて以下の式で表される。

$$t = (2\pi f) \cdot T = 2\pi \cdot f [rad/sec] \dots\dots (2)$$

ここに f は試験周波数であり数値を代入して計算すると $2 \times 3.14 \times 50$ から 314 となる。

問2 次の文はコイルのインダクタンス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) コイル周囲の透磁率と，コイルの巻数の2乗に反比例する。
 (b) コイル周囲の透磁率に比例し，コイルの巻数の2乗に反

比例する。

- (c) コイル周囲の透磁率に反比例し，コイル巻数の2乗に比例する。
 (d) コイル周囲の透磁率およびコイル巻数の2乗に比例する。

正答 (d)

ここでいうコイルのインダクタンスとは自己インダクタンスのことである。

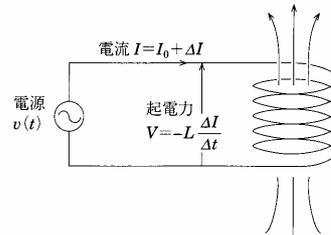


図2 自己誘導現象

図2に示すようにコイルに電流を流すと磁束が発生するがこのとき t 時間内に I だけ変化すると磁束も Φ だけ変化する。ここで磁束 Φ がすべてコイルと鎖交するわけではないのでコイル形状に依存する係数 k を L としてコイル両端の起電力 V を求めると

$$V = -k \cdot N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (3)$$

ここで真空の透磁率を μ_0 ，コイルの巻数を N とすると，磁束 $\Phi = \mu_0 \cdot N \cdot I$ と表せる。これを式(3)に代入して整理すると

$$V = -\mu_0 \cdot 2N^2 \cdot I \cdot \frac{dI}{dt} \dots\dots\dots (4)$$

ここで L をインダクタンスといい，単位は H である。

$$L = \mu_0 \cdot 2N^2 \cdot I \dots\dots\dots (5)$$

となる。インダクタンス L は コイル周囲の透磁率およびコイル巻数の2乗に比例する事がわかる。以下に実習で使用する渦流探傷器に使用するコイル形状に近いものを同一形状で巻数のみ変化させた場合のインダクタンスを表にしたので参考にされたい。

巻数	コイル幅	直径	L (μH)
50	5	10	26
100	5	10	104
200	5	10	415

これより巻数の2乗に比例してインダクタンスが変化している事が理解できる。

問3 図の正規化インピーダンス平面の0点において 試験周波数が高くなったときの、正規化インピーダンスの変化の方向は次のうちどれか。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) A
- (b) B
- (c) C
- (d) D

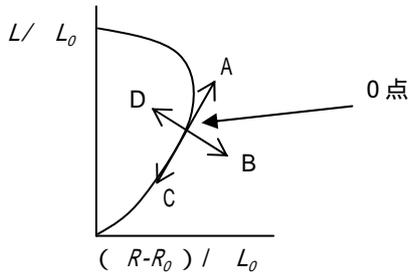


図3 正規化されたインピーダンス平面

正答 (c)

正規化インピーダンスは、コイルそのもののインピーダンスを表すものでなく、コイルのインピーダンス変化をコイル巻き線抵抗の影響や試験周波数の影響を除去したコイルの正規化リアクタンスと正規化抵抗で表したものである。

正規化インピーダンスで曲線が原点に近づくことは充填率が大きくなる事を意味する。試験周波数が高くなると表皮効果により 試験体表面近傍に発生する渦電流は増加し、渦電流による反発磁界も増加する。この反発磁界の作用を受ける試験コイルの磁束は減少し、結果として充填率が大きくなったのと等価に見る事ができる。これよりインピーダンス平面上の動作点はC方向に変化することになる。

問4 温度変化による出力の変動が最も小さいと期待される試験コイルは次のうちどれか正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 標準比較方式自己誘導形コイル
- (b) 自己比較方式自己誘導形コイル
- (c) 単一方式自己誘導形コイル
- (d) 自己比較方式相互誘導形コイル

正答 (d)

渦流探傷に使用されるコイルの形式はいくつかあるが適用条件によってどの形式のコイルを選択するかによってより精度の高い探傷をすることが可能となる。ここで各形式のコイルの特徴を見てみると、まず大きく分けて渦電流を発生させるメカニズムから相互誘導形と自己誘導形に分けられる。相互誘導形と自己誘導形を比較すると励磁コイルと検出コイルが分離できる相互誘導形のほうが環境温度の変化に対して安定な試験の出来る利点があるといわれている。

また、コイル方式の違いで見ると、単一方式 > 標準比較方式 > 自己比較方式の順で環境温度の変化に対する出力変動は少なくなる。したがって相互誘導形で自己比較方式を組み合わせた (d) が最も温度変化に安定な試験コイルである。

問5 ブリッジの役割について、次の中から正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 試験コイルのインピーダンスの変化を検出する。
- (b) 試験コイルのインピーダンスの変化を大きくする。
- (c) 試験コイルのインピーダンスの変化を小さくする。
- (d) 試験コイルのインピーダンスの変化を安定化する。

正答 (a)

渦流探傷は試験体とコイル間の電磁気的な結合の変化を検出するシステムである。ここで注目するのはコイルのインピーダンスは専用の測定器で測定できるが、渦電流探傷では試験体にある程度の大きさの渦電流を発生させなければならないことと、絶対値を測定するのではなく変化を検出することである。一般にインピーダンスを直接検出することは困難でコイルに電流を通じインピーダンスを電圧ないし電流に置き換えて検出する。ここでブリッジを使用するとブリッジ回路の特性からインピーダンスの変化した変化分そのものを検出することができ、かなり大きな電圧で試験コイルを駆動してもその後設置する交流アンプの飽和を防ぐことができる。図4のブリッジ回路で駆動電圧 E_0 および E_1 で表すと下の式 (6) 及び (7) になる。

$$E_0 = E_m \cdot \sin(\omega t + \theta_0) \dots\dots\dots (6)$$

$$E_1 = E_m \cdot \sin(\omega t + \theta_1) \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 $\theta_0 = 0$ 度 $\theta_1 = 180$ 度とすると、 $E_0 + E_1 = 0$ となり、ブリッジの出力は、平衡時には駆動電圧の大きさにかかわらずゼロになることがわかる。

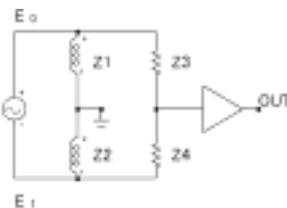


図4 ブリッジ回路

以上これまで出題されてきた問題の傾向を基にETレベル1に関する一般問題を解説してきた。これからレベル1の受験を志す方は 本解説を参考にして参考書、実技参考書、問題集等の内容をよく学習し、一次試験に合格できるよう努力される事を期待するものである。

非破壊試験技術者有資格者数（2006年4月1日現在）

JIS Z 2305 による資格認証が発足して3年が経過し、新認証システムも定着してきたと考えられる。今回2005年秋の試験合格者の2006年4月登録分を含めた有資格者数をまとめた。NDIS 0601 資格の保有者数、JIS Z 2305 資格の保有者数及びその合計数を表1に示す。JIS Z 2305 有資格者数は、新規試験の合格者とNDIS 0601 資格からの移行試験の合格者の両方を含む。また、この7年間の非破壊試験資格保有者数の推移を図1に示す。2003年以降についてはNDIS資格者とJIS資格者とを分けて表示した。全般的に有資格者数は微増の傾向を示しているが、特に2004年から2005年に掛けては4,300名強の増加となっている。有資格者の割合はおおよそレベル1が2割、レベル2が7割、レベル3が1割であり、従来と大きな変化はない。また、JIS Z 2305 による資格者数は全体の約38%であり、ほぼ順調に増加している。

表1 非破壊試験技術者有資格者数

単位:人

NDT方法	略称	NDIS 0601			JIS Z 2305			総合計			
		1種	2種	3種	レベル1	レベル2	レベル3	1種 レベル1	2種 レベル2	3種 レベル3	計
放射線透過試験	RT	255	3,305	1,016	149	2,090	744	404	5,395	1,760	7,559
超音波探傷試験	UT	3,587	5,946	1,611	2,870	5,660	1,201	6,457	11,606	2,812	20,875
超音波厚さ測定	UM	734			925			1,659			1,659
磁粉探傷試験	MT		4,781	191	95	3,472	246	95	8,253	437	8,785
極間法磁粉探傷検査	MY	729	120		424	154		1,153	274		1,427
通電法磁粉探傷検査	ME	151			52			203			203
コイル法磁粉探傷検査	MC	96			60			156			156
浸透探傷試験	PT		8,304	319	335	6,857	328	335	15,161	647	16,143
溶剤除去性浸透探傷検査	PD	2,283	452		1,353	822		3,636	1,274		4,910
水洗性浸透探傷検査	PW	171			44			215			215
渦流探傷試験	ET	82	1,765	215	57	1,289	177	139	3,054	392	3,585
ひずみ測定	SM	160	599	126	123	459	101	283	1,058	227	1,568
合計		8,248	25,272	3,478	6,487	20,803	2,797	14,735	46,075	6,275	67,085

- : 該当資格者なし

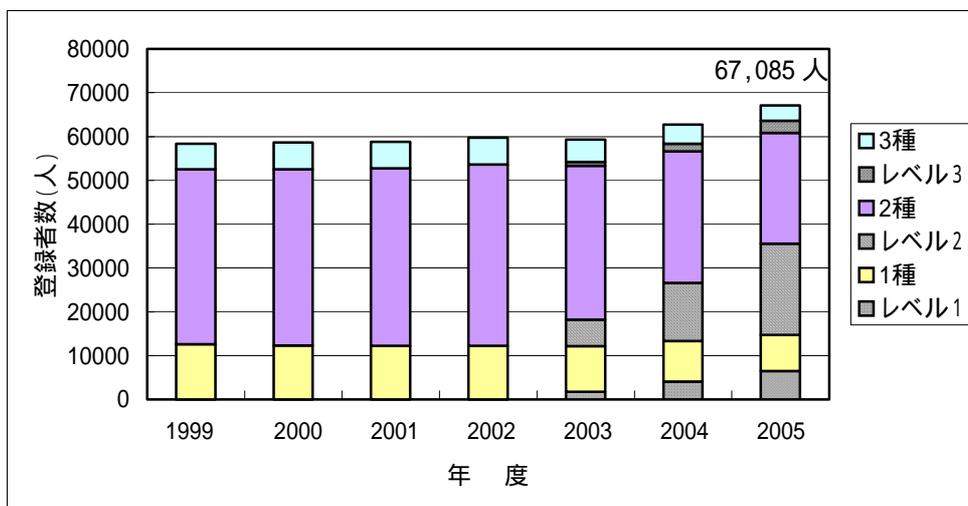


図1 非破壊試験有資格者数の推移

レベル2 資格通常移行状況

2003年春期より JIS Z 2305 による非破壊試験資格認証試験が開始された。それまで行っていた NDIS 0601 による認定の資格を有していた資格者は、通常移行試験を受験して JIS Z 2305 の資格に移行を行ってきた。

9月号の本誌でレベル3の通常移行状況について報告した。今回同様にレベル2の移行状況について、通常移行対象者がどの程度移行を行っているか、それぞれの移行試験のチャンス、4回の受験での移行状況について報告する。

2003年春期試験から2005年秋期試験までに6回の通常移行が実施されており、その間に4回の通常移行の受験機会を完了している有効期限の資格を対象とした。

(例：有効期限2005年3月31日の場合、2004年春期、2004年秋期、2005年春期、2005年秋期の4回の受験機会を完了している。)

なお、当初から JIS Z 2305 資格を取得し、再認証試験の4回の受験機会を完了している資格は、存在しないため今回の調査対象からは外した。

また、4回目の受験機会に受験申請をしなかった者についても再認証の意志なしと見なし通常移行率の対象から外した。

図1に2004年3月末有効期限の技術者の、通常移行試験の結果を示している。図1は1回目の試験で半数弱の人が合格し、移行している。引き続き2回目、3回目と受験され徐々に割合は少なくなっているが、4回目の試験までにほとんどの人が合格し移行しているのが分かる。図2に2004年9月末有効期限の技術者、図3に2005年3月末有効期限の技術者の移行試験状況を示す。それぞれ多少の違いはあるが、2回目までの試験で75%の人が移行を済ませ、4回の通常移行で対象者の95%超えの人が JIS Z 2305 資格への移行を済ませていることが分かる。

日常の業務を遂行しながら、資格試験を受験し、資格を継続してゆくのは並たいていの努力では補えないが、これらの試験を乗り越えて、その時期における技術を理解することによって、この資格は更に有効な資格として社会に認められるものとなると考えられる。

NDIS 0601 の2種資格者の人は、このように4回の受験機会の結果で見れば、95%を超える人が移行し、資格を継続している。

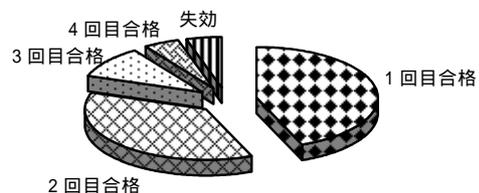


図1 レベル2 資格への通常移行率
(有効期限：2004年3月31日)

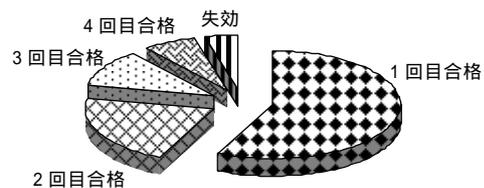


図2 レベル2 資格への通常移行率
(有効期限：2004年9月30日)

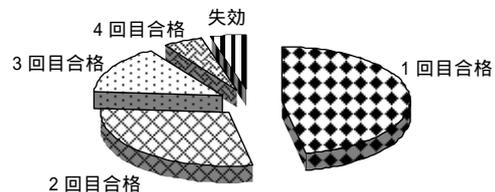


図3 レベル2 資格への通常移行率
(有効期限：2005年3月31日)