

## UT レベル 1 実技試験の注意点

### “レベル 1 二次試験における斜角探傷の走査範囲”

斜角探傷試験の課題は溶接ビード余盛部を削除した仮想溶接試験体によって実施される。JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」で規定する探傷範囲は、直射法及び一回反射法の範囲である。したがって、探傷条件としては直射法又は一回反射法のいずれか、あるいは両方が指定されるので、指定された方法で探傷しなければならない。このため、受験者はいずれの探傷方法にも対応できるよう、訓練しておくことをお勧めする。

## UT レベル 1 一次一般試験問題のポイント

UT レベル 1 一次試験の一般問題は、探傷技術者に必要な超音波探傷の基礎問題、超音波探傷装置と試験片に関する問題を含めて 40 問程度出題される。

UT レベル 1 一般試験問題のポイントは、機関誌「非破壊検査」の 2005 年 2 月号、2006 年 4 月号、及び 2009 年 4 月号の本欄で紹介した。今回は、最近の試験で比較的正答率の低かった問題の類題について解説を行う。以前の分と併せて今後の参考としていただきたい。

**問 1** 次の文は、超音波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) 横波とは、媒質モデルを構成する粒子の振動方向と波の進行方向とが平行な波のことである。
- (b) 縦波が横波にモード変換するときは、振動形式が変わるだけで音速は変わらない。
- (c) 媒質中を伝搬する縦波の音速は、周波数によって変化する。
- (d) できるだけ小さなきずまで検出するためには、波長の短い超音波を用いる。

**正答** (d)

縦波は媒質モデルを構成する粒子の振動方向が波の振動方向と平行な波で、横波は粒子の振動と波の進行方向とが垂直な波である。媒質中を伝搬する波の音速は、波長の様式によって変化する。なお、同一媒質中を伝搬する波の音速は周波数による変化はない。小さなきずの検出能は、周波数が高く波長が小さくなるほど向上する。

**問 2** 次の文は、超音波探傷用標準試験片 STB-N1 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) STB-N1 の厚さは 25 mm である。
- (b) STB-N1 の寸法は厚さ 20 mm, 幅が 80 mm である。
- (c) STB-N1 には  $\phi 5.6$  mm のドリル横穴が加工されている。
- (d) STB-N1 の標準穴は  $\phi 1.0$  mm から 5.6 mm までの 6 種類が 1 セットである。

**正答** (a)

過去の NDT フラッシュを見ると、毎回 STB-N1 に関する問題が紹介されている。

試験片サイズは 100 mm×100 mm, 厚さ 25 mm で探傷面から 15 mm の深さに  $\phi 5.6$  mm の平底穴があることを覚えておかねばならない。

**問 3** 次の文は、斜角探触子の性能の表示及び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) 斜角探触子の公称屈折角は、探傷開始前に測定しなければならない。
- (b) 斜角探触子の入射点は、使用しているうちに変化するものである。
- (c) 斜角探触子の入射点は、製造時の入射点から変化することはない。
- (d) 斜角探触子には、STB 屈折角が表示されている。

**正答** (b)

斜角探触子に刻まれている角度は公称屈折角を示す。探傷に先立ち、STB-A1 又は STB-A3 形系標準試験片を用いて STB 屈折角を用いる。使用中の摩擦や温度変化により入射点や屈折角が変化する。JIS Z 3060 では、探傷作業中、4 時間以内の確認が規定されている。

**問 4** 次の文は、表示器付き超音波厚さ計が製造された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) デジタル表示と基本表示のモニター図形の双方から、超音波厚さ計の故障をチェックする。
- (b) デジタル表示とモニター図形のどちらかが故障しても、他の一方で厚さ測定を続行できる。
- (c) モニター図形の観察で、厚さ測定の支障となる妨害エコーの有無を確認することができる。
- (d) モニター図形の観察で、測定面と裏面の凹凸を正

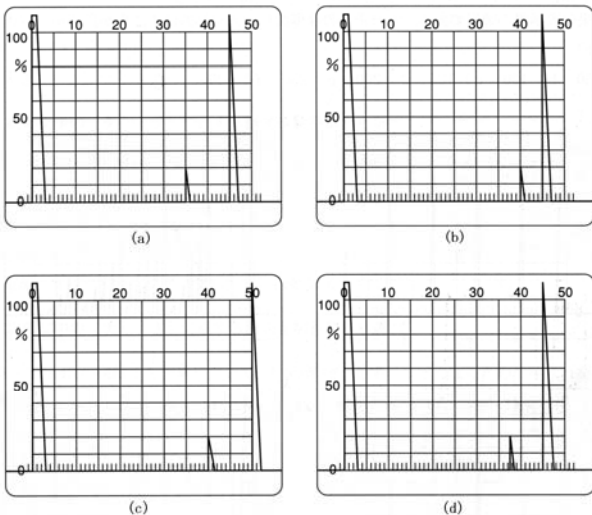
確に知ることができる。

正答 (c)

JIS Z 2355「超音波パルス反射法による厚さ測定法」に規定する厚さ計には、測定値をデジタル値で表示するはん用超音波厚さ計と特定機能厚さ計がある。後者の一つである表示器付き超音波厚さ計は、はん用超音波厚さ計に基本表示のAスコープモニターを付加したものである。特徴として、はん用超音波厚さ計と同じ方法で厚さ測定ができると共に、材料内部のきずや腐食部、異常厚さの表示の判定に使用することができる。

超音波探傷レベル1の一次試験では、超音波厚さ測定に関する問題が出題されているようである。

問5 次の図は、測定範囲を200mmとし、5C20Nを用いてSTB-G V15-4を20%に調整したときの探傷図形を表している。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



正答 (d)

この問題は、STB-G V15-4の全長及び探傷面からきずまでの距離を理解していないと解けない問題である。また、Aスコープ表示器の横軸の距離を読み取る能力が試されている。この問題に限らず、超音波探傷試験に使用されるSTBの形状、寸法、標準きずのサイズや位置を整理しておくことが重要である。

問6 次の文は、超音波探触子について述べたものである。文中の[1]、[2]に適する語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

5C20Nの探触子は、振動子材料が[1]で、鋼中縦波の波長 $\lambda$ は約[2]mmである。ただし、鋼中の縦

波音速は5900m/sとする。

[解答群]

[1] (a) ポリマー (b) ジルコンチタン酸鉛  
(c) チタン酸バリウム (d) 圧電磁器

[2] (a) 0.12 (b) 0.96 (c) 1.18 (d) 2.95

正答 [1] (d) , [2] (c)

JIS Z 2350「超音波探触子の性能測定方法」の規定では、振動子材料の表示方法として、ジルコンチタン酸鉛系磁器は先頭の公称周波数の次に“Z”の記号を付し、Z以外の圧電磁器は“C”を表示するとしている。

波長( $\lambda$ ) = (音速( $c$ ) / 周波数( $f$ )) で求められる。

問7 次の文中の[3]～[8]に適するものを解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

斜角探傷の測定範囲を200mmに調整したい。STB-A1の[3]の部分を使用し、1回目のエコーに[4]を合わせ、2回目のエコーに[5]を合わせる。両者のビーム路程が、各々[6]mmと[7]mmの間になるよう調整する。その差は[8]mmである。

[解答群]

[3] (a) R100 (b)  $\phi$ 1.5 (c)  $\phi$ 50 (d) コーナー

[4] (a) ゲート1 (b) ゲート2

(c) ゲート1と2 (d) ゲート1とゲート2の間

[5] (a) ゲート1 (b) ゲート2

(c) ゲート1と2 (d) ゲート1とゲート2の間

[6] (a) 50 (b) 100 (c) 150 (d) 200

[7] (a) 50 (b) 100 (c) 150 (d) 200

[8] (a) 50 (b) 100 (c) 150 (d) 200

正答 [3] (a) , [4] (a) , [5] (b) ,

[6] (b) , [7] (d) , [8] (b)

斜角探傷試験で測定範囲の調整にはSTB-A1のスリット付近に探触子を置き、前後走査から入射点を求める。デジタル探傷器では、この位置でR100からの1回目のエコーにゲート1を、2回目の繰返しエコーにゲート2に掛けて、各々のエコーのビーム路程差が100mmとなるように音速を調整する。両者のビーム路程差が100mmとなったところで、パルス位置調整キー(JSNDI仕様の探傷器では“ゼロ点調整”つまみ)を用いて1回目のエコーがビーム路程100mmになるよう調整する。この操作で探触子の入射点位置は表示器のゼロ点となる。

問1と問3に誤植がありました。問1の正答(誤)(b)→(正)(a),問3の正答(誤)(a)→(正)(c)です。お詫びして訂正致します。(2011年9月)

## E T レベル 2 一次専門試験問題のポイント

非破壊試験技術者レベル2一次の専門試験は、渦電流探傷試験に関連した専門知識を問うための問題が出題される。一部の問題で正答率の低いものが見受けられる。ここでは最近の試験問題に類似した例題によりポイントを解説する。

問1 次の文は、リモートフィールド渦電流探傷試験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) 磁性体配管を磁気飽和させずに探傷できる。
- (b) 非磁性体配管の保守検査法として開発された試験法である。
- (c) 管内部の励磁コイルから管径の約4倍程度離れた位置に検出コイルを置いて探傷する方法である。
- (d) 励磁コイルには数十～数百 kHz 程度の励磁電流を流す。

正答 ~~(b)~~ → (a)

磁性管の保守検査に内挿コイルによる渦電流探傷法を用いる場合は、試験体の透磁率の不均一さによる磁気ノイズを抑制するために磁気飽和が必要である。薄肉管では電磁石や永久磁石による磁気飽和用の磁化器を内蔵した内挿コイルが用いられるが、厚肉管では十分な磁化力が得られず内挿コイルの適用が出来ない場合がある。これを解決すべく磁気飽和なしで磁性管の検査を目的として開発された試験方法がリモートフィールド法である。リモートフィールド法は図1に示すように励磁コイルから管径の約2倍以上離れた位置に検出素子を置くことで、管壁を通過して再び管内部に通過した電磁気エネルギー(リモートフィールド磁場)を検出することを構造的な特徴としており、きずの内外位置に関わらずきず深さを位相変化として検出できる特徴がある。

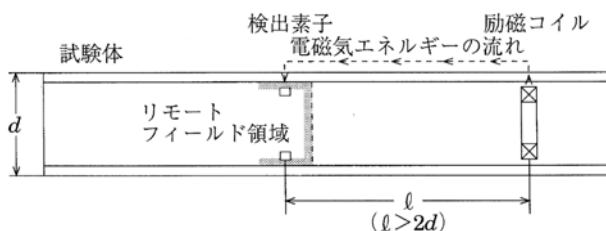


図1 リモートフィールド渦電流試験

しかし、この電磁気エネルギーは距離の減衰が大きいことから、実用的には管径の2倍程度とされる場合が多い。また試験周波数も大切な要素でリモートフィールド磁場を発現させるためには、管壁を十分に通過するには低い周波数が必要であり数十 Hz～数百 Hz が実用的な範囲となる。

問2 JIS G 0568「鋼の貫通コイル法による渦電流探傷試験方法」における試験コイルの表示で”MB-30-36”とあれば30及び36の数値はそれぞれ何を表すか。次のうちから正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) ボビン内径及び検出コイル平均径。
- (b) ボビン内径及び励磁コイル平均径。
- (c) 検出コイル内径及び検出コイル平均径。
- (d) 検出コイル平均径及び励磁コイル平均径。

正答 (a)

試験コイルの表示方法は規格で定義されているので憶えておきたい。最初の記号は試験コイルの形式でありS:自己誘導形, M:相互誘導形である。2番目の記号は試験コイルの方式でB:自己比較方式, A:標準比較方式である。3番目の記号は貫通穴の径(ボビン内径)であり, 4番目は試験コイル巻線の平均直径を表す。相互誘導形では試験コイル巻線とは2次巻線(検出コイル)であるため注意して憶えておきたい。

問3 次の文は、回転プローブの特徴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) 検出感度は高いが探傷速度が遅い。
- (b) 軸方向に長いきずの場合、ある程度きずの長さを求めることができる。
- (c) 回転プローブの特徴として、リフトオフの補正を考えなくてよい。
- (d) 試験体を回転させて行う場合と試験コイルを回転させて探傷を行う場合がある。

正答 ~~(a)~~ → (c)

回転プローブは試験体の周りに上置コイルを走査させて探傷する方法であり、図2に示すようなコイルを回転させる方法と試験体を回転させる方法がある。用いられる上置プローブは小型であるため、作用する渦電流の範囲も小さくきずに対する検出感度が高いのが特徴である。しかし、試験コイルあるいは試験体を高速に回転させる

問1と問3に誤植がありました。問1の正答(誤)(b)→(正)(a),問3の正答(誤)(a)→(正)(c)です。お詫びして訂正致します。(2011年9月)

機構が難しく、試験コイルを回転させる場合でも10,000rpm程度が限界であることから、試験体全面の検査には探傷速度を低下せざるを得ない。一方、比較対象となる貫通コイルは回転機構部もなく、コイル内側の全周検査が可能であることから高速検査が可能であり、線材などでは100m/sを超える速度での探傷が行われている。

きずが長い場合にはプローブの回転毎に同角度位置に連続してきず信号が得られるため、信号の出現回数からきず長さの同定が可能になり、これを活用したきず種の判別も行われる場合もある。

回転プローブは上置コイルと試験コイルは同じであることから、リフトオフによるきず検出感度の変化は大きく、装置の芯出しは重要な項目である。そのため図3に示すような自動プローブ位置調整機構を有する探傷装置も実用化されている。

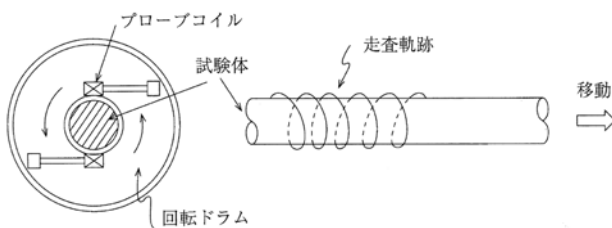


図2 回転プローブコイルによる表面きずの検出

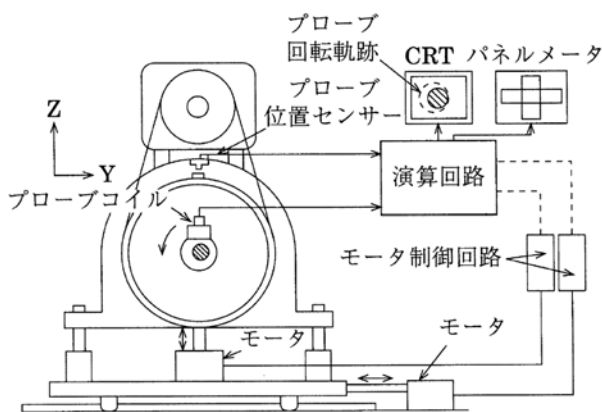


図3 回転プローブでの自動プローブ位置調整装置例

問4 次のうち、JIS Z 2315「渦流探傷装置の総合性能の測定方法」に規定されている対比試験片の人工きずはどれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

(a) 角溝

(b) ドリル穴

(c) Vノッチ

(d) 角溝又はドリル穴

正答 (d)

JIS Z 2315は貫通コイルを用いる装置の総合性能を求める規格であり、検出力としてのS/Nの測定方法及び表示方法を示している。総合性能であることから、対比試験体を用いた試験が行われ、用いる人工きずはJIS G 0568「鋼の貫通コイル法による渦流探傷試験方法」と同じである。したがって、(d)の「角溝又はドリル穴」が正答となる。このような規格に関する問題、関連する規格と併せて憶えておくが必要になる。

渦電流探傷装置の性能測定方法としてはJIS Z 2314「渦流探傷器の性能測定方法」がある。こちらはJIS Z 2315とは異なり、探傷器単体に対して性能測定方法であり、測定項目は周波数角度、位相角直線性、増幅直線性、フィルター特性及び応答測定である。この測定は試験コイルならびに対比試験片は使用しないので、混同しないように気をつけたい。

問5 次の文は、電磁誘導法による膜厚測定時の注意事項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) 試験体の端部で測定する。

(b) 表皮深さに比べて十分薄い試験体とする。

(c) 試験体と試験コイルが密着するようにする。

(d) 測定装置のウォームアップは不要である。

正答 (c)

電磁誘導法への影響因子を極力排除することを考えればよい。すなわち端部効果を抑制するためにできるだけ試験体の中央部で測定し、リフトオフ効果を抑制するために試験コイルと試験体の距離が一定となるように密着させ、表皮深さの影響が出ないように表皮深さより十分に厚い試験体を用いることである。装置のウォームアップは膜厚測定に限らず測定器の使用上での必須事項である。

以上、正答率の低い問題について解説を行った。憶えなければならないことも多いが、その理由はもちろんのこと、背景となる事項も一緒に勉強しておけば憶えやすいだろう。

SMレベル2 一次専門試験問題のポイント

ここでは、SM（ひずみ測定）レベル2の一次専門試験で、とくに数値計算をとまなう問題例を取り上げ、解答に当たってのポイントを解説する。

問1 比抵抗が  $1.7 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 、直径が  $0.6 \text{ mm}$  のリード線用銅線の長さ  $3 \text{ m}$  の電気抵抗を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a)  $36 \times 10^{-4} \Omega$                       (b)  $30 \times 10^{-4} \Omega$   
 (c)  $24 \times 10^{-4} \Omega$                       (d)  $18 \times 10^{-4} \Omega$

正答 (d)

金属線の電気抵抗は長さに比例し、断面積に反比例する。すなわち、この銅線の比抵抗を  $\rho$ 、長さを  $L$ 、断面積を  $A$  とすると、電気抵抗  $R$  は次の式で与えられる。

$$R = \rho \cdot L / A$$

直径が  $0.6 \text{ mm}$  の銅線の断面積は、

$$A = (0.6/2)^2 \times 3.14 = 0.283 \text{ mm}^2$$

になるので、 $\rho = 1.7 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{mm}$ 、 $L = 3 \times 10^3 \text{ mm}$  として上の式に代入すると、

$$R = (1.7 \times 10^{-7} \times 3 \times 10^3) / 0.283 = 18 \times 10^{-4} \Omega$$

になり、(d) が正答になる。

問2 抵抗が  $120 \Omega$ 、ゲージ率が  $2.00$  のひずみゲージがひずみを受け、抵抗が  $0.6 \Omega$  変化した。このときのひずみを次のうちから一つ選び、記号で答えよ

- (a)  $1250 \times 10^{-6}$                       (b)  $2500 \times 10^{-6}$   
 (c)  $5000 \times 10^{-6}$                       (d)  $7500 \times 10^{-6}$

正答 (b)

電気抵抗ひずみ測定法はひずみゲージがひずみを受けたときの抵抗変化を利用した方法である。とくに、この場合のひずみは抵抗変化に比例する。すなわち、このひずみゲージの抵抗を  $R$ 、抵抗変化を  $\Delta R$  とすると、ひずみ  $\varepsilon$  は次のように表される。

$$\varepsilon = 1/K \cdot \Delta R / R$$

ここで、 $K$  はゲージ率と言われている定数である。

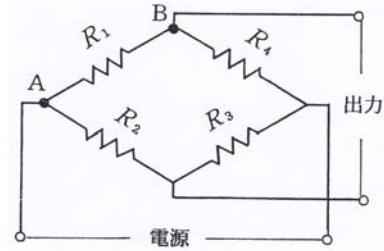
したがって、この式に与えられた値を代入すると、

$$\varepsilon = (1/2.00) \times (0.6/120) = 0.0025 = 2500 \times 10^{-6}$$

になり、(b) が正答になる。

問3 次の図は電気抵抗  $120 \Omega$  のひずみゲージ  $R_1$ 、 $R_2$ 、

$R_3$ 、 $R_4$  で構成されたホイートストンブリッジ回路である。この図の AB 間の電気抵抗を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。



- (a)  $240 \Omega$                               (b)  $120 \Omega$   
 (c)  $90 \Omega$                               (d)  $60 \Omega$

正答 (c)

この回路の AB 間の抵抗は、 $120 \Omega$  の抵抗  $R_1$  と  $120 \Omega$  の抵抗  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  を直列に接続したものをさらに並列に接続した場合の合成抵抗になる。この合成抵抗を  $R$  とすると、

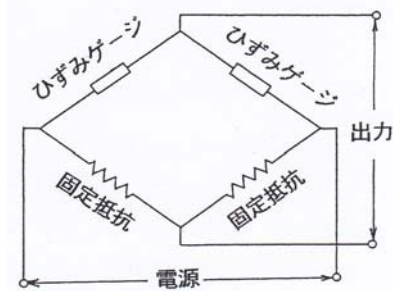
$$1/R = 1/120 + 1/(120 + 120 + 120) = 4/360$$

になる。したがって

$$R = 360/4 = 90 \Omega$$

になり、(c) が正答になる。

問4 下の図のような抵抗  $120 \Omega$  のひずみゲージ2枚と抵抗  $120 \Omega$  の2個の固定抵抗で2ゲージ法のホイートストンブリッジ回路を組んだ。この回路の電源電圧が  $3 \text{ V}$  のとき、1枚のひずみゲージに流れる電流を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。



- (a)  $12.5 \text{ mA}$                               (b)  $24.0 \text{ mA}$   
 (c)  $0.125 \text{ A}$                               (d)  $0.245 \text{ A}$

正答 (a)

このホイートストンブリッジ回路は、2枚のひずみゲージを直列に接続した抵抗と2個の固定抵抗を直列に接続した抵抗がさらに並列に接続された回路である。したがって、2枚のひずみゲージが接続された部分の両端の抵抗を  $R$  とすると、

$$R = 120 + 120 = 240 \Omega$$

になる。また、直列に接続されているので、この2枚のひずみゲージに流れる電流は同じである。この電流を  $I$  電源電圧を  $E$  とすると、オームの法則により、

$$I = E / R = 3 / 240 = 0.0125 \text{ A} = 12.5 \text{ mA}$$

になり、(a) が正答になる。

問5 ゲージ率 100 の半導体ひずみゲージにより、1ゲージ法で、電源電圧が 2.5 V のホイートストンブリッジ回路を組み、衝撃ひずみの測定をした。この測定で振幅が 20 mV を示す波形をブラウン管オシロスコープで観察した。この振幅のところのひずみを次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a)  $120 \times 10^{-6}$       (b)  $280 \times 10^{-6}$   
(c)  $320 \times 10^{-6}$       (d)  $450 \times 10^{-6}$

正答 (c)

1ゲージ法のホイートストンブリッジ回路の出力電圧  $e$  とひずみ  $\varepsilon$  の関係は、使用したひずみゲージのゲージ率を  $K$ 、回路の電源電圧  $E$  とすると、

$$e = 1/4 \cdot K \varepsilon E$$

で与えられる。したがって、

$$\varepsilon = 4e / KE = (4 \times 0.02) / (100 \times 2.5) = 320 \times 10^{-6}$$

になり、(c) が正答になる。

問6 ゲージ率が 1.98 のひずみゲージによりゲージ率が 2.00 に設定されたデジタル式静ひずみ測定器でひずみを測定したところ、 $1520 \times 10^{-6}$  の値がプリントアウトされた。このときの正確なひずみを次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a)  $1500 \times 10^{-6}$       (b)  $1505 \times 10^{-6}$   
(c)  $1520 \times 10^{-6}$       (d)  $1535 \times 10^{-6}$

正答 (d)

ひずみ測定器のゲージ率が 2.00 に設定されている場合、一般にはひずみゲージのゲージ率が 2.00 とは多少違っているため、正確なひずみを求めるためには測定器で出力されたひずみの値を補正する必要がある。この補正は、測定器のゲージ率を  $K_m$ 、ひずみゲージのゲージ率を  $K_g$  とすると、正確なひずみ  $\varepsilon$  はプリントアウトされた値に  $K_m / K_g$  なる補正係数をかけて求められる。したがって、ここでは

$$\varepsilon = (2.00 / 1.98) \times 1520 \times 10^{-6} = 1535 \times 10^{-6}$$

になり、(d) が正答になる。

問7 1 m 当たりの抵抗が  $0.024 \Omega$ 、長さが 10 m のリード線を使用し、1ゲージ3線結線法でひずみ測定を実施した。使用したひずみゲージの抵抗は  $120 \Omega$  であった。この測定ではリード線の抵抗に対する補正が必要であるが、この場合の補正係数を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 1.002      (b) 1.006  
(c) 1.012      (d) 1.024

正答 (a)

使用したひずみゲージの抵抗を  $R$ 、リード線の抵抗を  $r$  とすると1ゲージ3線結線法の場合はリード線の抵抗による補正係数が  $(1+r/R)$  で与えられる。ここでは 10 m のリード線を使用しているため、

$$r = 0.024 \times 10 = 0.24 \Omega$$

である。したがって、このときの補正係数は

$$1 + (0.24 / 120) = 1.002$$

になり、(a) が正答になる。

問8 変換器の受感部にゲージ率が 2.00 のひずみゲージを使用した。定格出力が  $8000 \times 10^{-6}$  のとき、変換器のホイートストンブリッジ回路の電源電圧 1 V 当たりの出力電圧を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 3 mV/V      (b) 4 mV/V  
(c) 5 mV/V      (d) 6 mV/V

正答 (b)

ゲージ率が  $K$  のひずみゲージを使用した受感部を持つ変換器のホイートストンブリッジ回路の電源電圧と出力電圧の比  $e/E$ 、と定格出力(等価ひずみ)  $\varepsilon_e$  の関係は次のようになる。

$$e/E = 1/4 \cdot K \varepsilon_e$$

この間では  $E = 1 \text{ V}$  当たりの出力  $e$  であるので、

$$e = 1/4 \times (2.00 \times 8000 \times 10^{-6}) = 0.004 \text{ V/V}$$

すなわち、4 mV/V になり、(b) が正答になる。

ひずみ測定では、計算をとまなう問題が必ず出題され、とくに測定結果から正確な値を求めるような計算は二次の実技試験でも行われている。このため、参考書で示されている計算式を用いて、桁や単位を間違えずに計算できるように心得ておくことが必要である。