

UMレベル1 一次専門試験問題のポイント

UM レベル1 一次試験の問題については、非破壊検査 54 巻 3 号, 55 巻 5 号, 56 巻 2 号, 58 巻 5 号, 58 巻 8 号, 60 巻 10 号の本欄で、主に難度の高い問題の類似例を選んで解説してきた。しかし、その後の問題の正答率は、期待したほどには上がっていない。今回は、最近の類似問題例について詳しく解説する。

問1 はん用超音波厚さ計に二振動子垂直探触子を組み合わせ、元厚が 2.0 mm の裏面が腐食した鋼板の厚さを測定したところ、表示値が 3.8 mm になり元厚よりも大きくなった。正しい理由として、可能性の高いものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 第1回底面エコー B_1 が検出レベル以下で、第2回底面エコー B_2 が検出された。
- (b) 材料の劣化により、鋼板の音速がかなり遅くなった。
- (c) 裏面にさびが付着して、板とさびを合計した厚さが表示された。
- (d) 接触媒質の粘性が高すぎて、正しい測定が行われなかった。

正答 (a)

二振動子垂直探触子により、腐食や内部きずのない薄い板からのエコーを検出すると、たとえば図1のような多重エコーが得られる。最初のエコーが第1回底面エコーで、その後第2回底面エコー、第3回底面エコーとおおよそ等間隔に多重エコーが続く。エコー高さは、最初は低く数回目にもっとも高くなる。横軸上の 10mm 前後の距離で底面エコーが最大になるのは、厚さ測定用の二振動子垂直探触子の特徴である。図2に示すように平滑な鋼板の表面と裏面は鏡のように超音波を反射するので、平行光線の透過から類推できるように B_1 に比べて B_3 のほうが受信される超音波が強くなる場合がある。その結果、図3のように裏面の腐食などによりエコーが減衰すると、第1回底面エコー B_1 が検出されず、第2回底面エコー B_2 が検出されてしまうことがある。裏面の状態によっては、エコーの高さが低くなるだけでなく、波形も変形するため、エコーの見逃しや検出の遅れが発生して、測定値は厚いほうにずれる。そのため、(a)の可能性は高い。

鋼などの金属材料の音速にはほとんど経年変化がない

ため、(b)の可能性はない。また、裏面にさびが付着しても、鋼とさびの境界面で超音波はほとんど反射し、通過する超音波のエネルギーは小さいと考えられるため、

(c)の可能性も低い。(d)については、接触媒質の音速は鋼の数分の1なので、その厚さが 1mm に近いと鋼との境界面からのエコーが検出されて、3.8mm の表示値が得られる可能性はある。しかし、この数値は接触媒質層の通常の厚さからはかなり離れている。

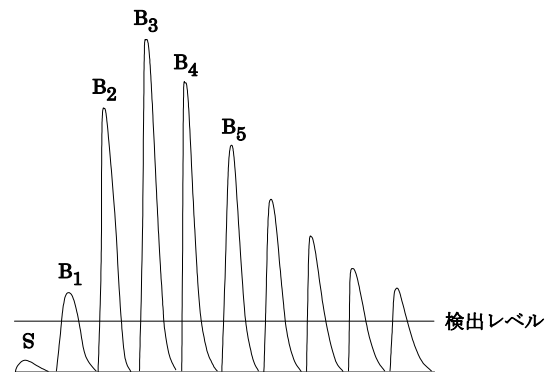


図1 二振動子垂直探触子による薄い鋼板からのエコーの例 (S: 表面エコー, B: 底面エコー)

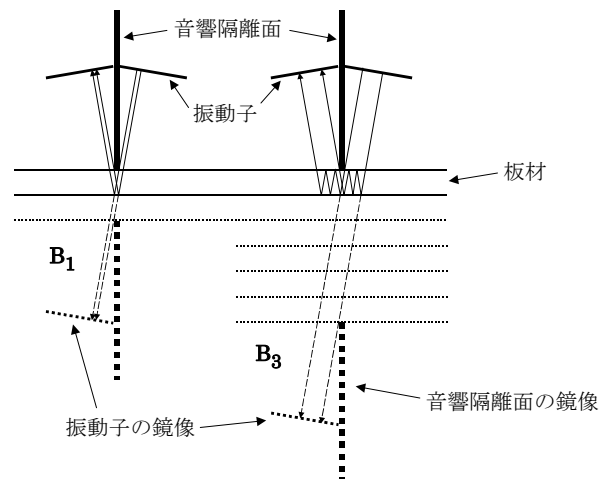


図2 平滑な鋼板での超音波伝搬のイメージ

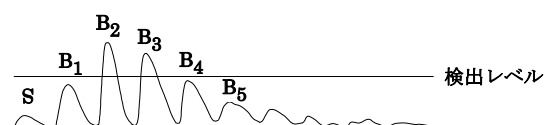


図3 腐食により裏面に凹凸ができたときの底面エコーの例 (説明のためのイメージ図)

問2 JIS Z 2355 には、表示値が異常であると判断される場合がいくつか記述されている。これにあてはまらないものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 表示値がばらつくとき
- (b) 表示値が得られないとき
- (c) 腐食が進んだ部分で、元厚よりかなり小さい値を表示したとき
- (d) 推定した厚さの 2 倍程度又は 1/2 程度の値を表示したとき

正答 (c)

表面や裏面の腐食が進んだり、パイプの管径が小さい場合などには、表示値がばらついたり得られないことがある。また、問1のように第1回底面エコーが検出レベル以下になり、第2回底面エコーが検出されると、表示値は実際の厚さの約2倍になる。逆の場合として、板厚の中央にラミネーションなどがあると、表示値は実際の厚さの約1/2になる。JIS Z 2355 では、これらの場合を表示値の異常として正常な表示値と区別している。

(c) は実際に起こり得ることなので、異常と断定することはできない。そのため、正答は(c)である。

問3 次の文は、JIS Z 2355 における連続測定法について述べたものである。[1] ~ [4] に適切な語句を、それぞれの解答群から一つ選び、記号で答えよ。

連続測定法は、測定線上を [1] 測定法を用いて、指定された測定間隔で、又は連続的に測定する方法である。結果は、定められた値以下の測定値とその位置を記録するか、又は測定線に沿った厚さ変化を [2] 表示する。なお、測定間隔の指示がない場合はピッチを [3] 以下にする。また、二振動子垂直探触子で測定する場合は音響隔離面の向きを測定線と [4] に保つ。

解答群

- [1]
 - (a) 1回 (b) 2回 (c) 円内多点 (d) 精密
- [2]
 - (a) 平面 (b) 断面 (c) 等高線 (d) 立体
- [3]
 - (a) 5 mm (b) 10 mm (c) 15 mm (d) 20 mm

[4]

- (a) 平行 (b) 45° (c) 30~60° (d) 直角

正答 [1] (a) [2] (b) [3] (a) [4] (d)

連続測定法は、測定線に沿った厚さの変化を詳しく知ることを目的に行われる。そのため、結果も測定線に沿って断面表示される。また、測定間隔の指示がない場合には、5mm 間隔で測定する。

二振動子垂直探触子が使われるときには、音響隔離面の向きを測定線と直角に保ちながら1回測定法を繰り返す。二振動子垂直探触子では、探触子を回転して音響隔離面の向きを変えると、測定物内部での超音波ビームの伝搬経路も移動する。このことが1回測定法と2回測定法を区別する理由にもなっている。はん用超音波厚さ計では二振動子垂直探触子が使われるので、この点を正しく理解しておくことはUMI では欠かせない。

問4 JIS Z 2355 では、外径の小さい管材直管部の厚さ測定には、高分解能一振動子探触子と広帯域厚さ計の組合せを用いることを規定している。このときの外径の範囲はどう定められているか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 外径 5 mm 未満の直管
- (b) 外径 10 mm 未満の直管
- (c) 外径 20 mm 未満の直管
- (d) 外径 50 mm 未満の直管

正答 (b)

管材の厚さ測定法は JIS Z 2355 の附属書4に規定されている。2005年の改正によりこの部分はかなり修正され、外径10mm未満の小径管直管部の厚さ測定についても規定が追加された。高分解能一振動子垂直探触子と広帯域厚さ計の組合せを用いることはその中に規定されているので、(b)が正しい。

JIS Z 2355 の2005年の改正では、「デジタル表示超音波厚さ計」を「はん用超音波厚さ計」と呼ぶように改め、「直径30mm円内多点測定法」は「多点測定法」に修正された。また、校正値の変動の許容値は、厚さが50mm未満の場合については、0.3mmが0.1mmに変更された。厚さ計の定期点検の間隔は、少なくとも6ヶ月ごとから、少なくとも1年ごとに行えばよいことになった。現在頒布されている「超音波厚さ測定 I 2009」は、改正後の JIS Z 2355:2005 に沿った内容に改訂されている。

SMレベル1 一次専門試験問題のポイント

SM レベル1 の新規一次専門試験では、電気抵抗ひずみ測定法の実施に当たって必要な知識に関する問題が30問出題される。ここでは、最近の一次専門試験に出題され、まだ紹介されていない問題と同様な類似問題を取り上げ、解答に当たっての解説をする。

問1 ひずみゲージによる測定法は、このゲージ受感部の長さ変化で生じるひずみが下記の変化に関係していることを利用した方法である。次のうちから、この変化に該当するものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 受感部の材料特性変化
- (b) 受感部の電気容量変化
- (c) 受感部の強度変化
- (d) 受感部の電気抵抗変化

正答 (d)

ひずみゲージによるひずみの測定、すなわち電気抵抗ひずみ測定法の原理に関する問である。抵抗体であるひずみゲージ受感部の長さが増加すると、この部分の電気抵抗が増加する。すなわち、受感部の抵抗変化を測定すれば、単位長さ当りの変化であるひずみが求められる。これがひずみゲージによるひずみの測定法である。したがって、ここでは(d)が正答になる。

問2 次の記述はひずみゲージの特性に関するものである。正しい記述を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) ひずみゲージの周波数特性のため、衝撃のような高速の動ひずみになると測定が困難になる。
- (b) プラスチックなどの放熱の悪い材料の測定では、発熱が大きくなるのでゲージ電流を大きくする必要はある。
- (c) ひずみゲージは小型、軽量であるので局所的に高い精度でひずみを測定する方法である。
- (d) ひずみゲージのゲージベースには多少吸湿性があるが、この影響は指示値が不安定になるほど大きくはない。

正答 (c)

電気抵抗ひずみ測定法による衝撃のような高速現象の測定では、ひずみゲージの周波数特性が指示値に多少影響を及ぼすこともある。しかし、このような場合の動ひずみ測定も十分可能である。

ひずみゲージの受感部は抵抗体であるのでプラスチ

ックのような放熱の悪い材料では発熱が問題になる。この熱はジュールの法則により電流の自乗に関係して発生するので、このような場合の測定ではゲージ電流を小さくしなければならない。

ひずみゲージは小型・軽量の抵抗体である。したがって、高精度で局所的なひずみを測定する方法になる。

ひずみゲージのゲージベースには吸湿性のあるものも使われている。この吸湿はゲージベースの絶縁抵抗を変化させてしまい、指示値が不安定になる。このようなことから、この問では(c)が正答になる。

問3 次の記述は鋼材の表面にシアノアクリレート系接着剤でひずみゲージを接着する作業について述べたものである。正しい記述を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 材料表面の黒皮をアセトンなどの有機溶剤を使って取り除く。
- (b) けがき針などでゲージの接着位置に正確にけがき線を入れる。
- (c) 接着剤は多めに引き伸ばすように材料表面に塗布する。
- (d) 瞬間接着剤であるので、ひずみゲージを押して瞬間的に接着させる。

正答 (b)

この問はシアノアクリレート系接着剤で鋼材表面にひずみゲージを接着する場合の作業順序についての記述である。この作業では、まず黒皮などをグラインダで研磨し、さらにサンドペーパーでみがいて表面を平滑にする。有機溶剤はこのような表面を清浄するのに使う。その後この表面の接着位置にけがき針などで正確にけがき線を入れてひずみゲージを接着する。

接着剤は材料表面でなくひずみゲージ裏面に一滴滴下する程度の量で接着をすることができる。また、シアノアクリレート系接着剤は瞬間接着剤と言われているが、ひずみゲージの上から指などで瞬間的ではなく30～60秒間加圧して接着する。このようなことから、この問では(b)が正答になる。

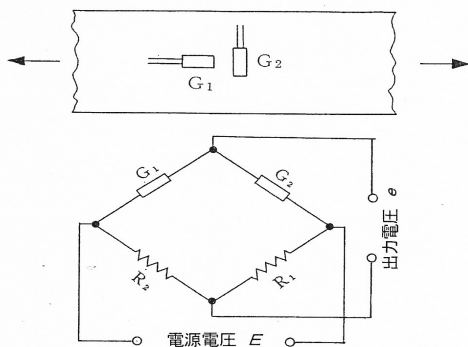
問4 常温の測定で、温度変化による零点移動を極力小さくした自己温度補償ゲージを効果的に使用する方法を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 3線式結線法でブリッジ回路を組む。
- (b) ブリッジの印加電圧を通常の倍にする。
- (c) 加熱硬化型の高温用接着剤で接着する。
- (d) 2心のビニール被覆リード線を使用する。

正答 (a)

測定材料の熱膨張係数に適合させた自己温度補償ゲージは、温度変化による影響を小さくするひずみゲージであるが、さらに3線式結線法によるブリッジ回路を組むことでリード線の温度変化による影響も小さくすることができる。一方、ブリッジ回路の電圧を変えてもとくに効果はなく、常温近傍での温度変化であるので、ひずみゲージの接着には高温用接着剤を使用する必要もない。また、3線式結線法のブリッジ回路を組むので、2心ではなく3心のリード線を使用しなければならない。したがって、この間では(a)が正答になる。

問5 図のように、矢印の方向に引張荷重を受けるポアソン比0.3の板に、荷重方向に G_1 、これと直角な方向に G_2 のひずみゲージを接着して、2アクティブゲージ法のブリッジ回路を組んだ。この場合の出力電圧 e は、 G_1 のみの1アクティブゲージ法のブリッジ回路の場合の出力電圧 e_1 とどのような関係になるか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



- (a) $e = e_1$ (b) $e = 1.3 e_1$
 (c) $e = 2.0 e_1$ (d) $e = 2.6 e_1$

正答 (b)

使用しているひずみゲージのゲージ率を K 、ブリッジ回路の電源電圧を E 、ひずみゲージ G_1 、 G_2 のひずみを ε_1 、 ε_2 とすると、2アクティブゲージ法のブリッジ回路の出力電圧 e は次の式で与えられている。

$$e = E/4 \cdot K (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$$

さらに、板材料のポアソン比を ν とすると、この場合の直角方向のひずみは $\varepsilon_2 = -\nu \varepsilon_1 = -0.3 \varepsilon_1$ になり、上の式の $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ は $(1+0.3) \varepsilon_1 = 1.3 \varepsilon_1$ になる。

一方、1アクティブゲージ法の場合の出力電圧 e_1 は

$$e_1 = E/4 \cdot K \varepsilon_1$$

で与えられている。したがって、これらの式を比較すると、 $e = 1.3 e_1$ の関係になり、(b)が正答になる。

問6 次の記述はひずみ測定を実施する場合の操作について述べたものである。このうちから動ひずみ測定の操作を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) データロガーに接続されたスイッチボックスにひずみゲージを接続する。
 (b) 測定器に内蔵された記録用プリンタに記録用紙をセットする。
 (c) 測定点数のブリッジボックスを用意してひずみゲージを接続する。
 (d) 初期不平衡値をデータロガーのメモリーに記録しこれをプリントする。

正答 (c)

データロガーとスイッチボックスは主に多点静ひずみ測定に使用される。また、初期不平衡値や測定値を記録し、これをプリントするのもデータロガーによる静ひずみ測定で行う操作である。一方、複数点の動ひずみを測定する場合は、測定点数のブリッジボックスを用意し、各々の端子にひずみゲージを接続する必要がある。したがって、この間では(c)が正答になる。

問7 動ひずみ測定器にはローパスフィルタが組み込まれている。このローパスフィルタの役目について述べている記述を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 動的現象による低周波数成分の信号を除去する。
 (b) 温度変化により生じる零点の移動を除去する。
 (c) 測定値からばらつきの大きい値を除去する。
 (d) 雑音などによる高周波数成分の信号を除去する。

正答 (d)

低周波数信号の成分を除去するのはハイパスフィルタである。一方、動ひずみ測定器に組み込まれたローパスフィルタは雑音などの不要な高周波数信号の成分を除去するフィルタである。また、このフィルタは零点移動や測定値のばらつきを除去するためのものではない。したがって、この間では(d)が正答である。

ここでは、これまでに紹介されていない内容の類似問題を取り上げ、解答に当たっての解説をしたが、すでに非破壊検査第54巻8号(2005)、第56巻4号(2007)、第58巻12号(2009)でもSMレベル1一次専門試験の類似問題を取り上げ、ポイントの解説がされているので、これも参考にしてもらいたい。