

S Mレベル2 一次試験のポイント

2003年春期より JIS Z 2305 に基づいた非破壊試験技術者の資格試験が実施されている。ここでは、この試験のひずみ測定(S M)部門レベル2の一次試験の概要について紹介をする。さらに、これまでに出題されたものを参考にした、主に数値計算を伴う類似問題により解答にあたってのポイントの解説をする。

1. S Mレベル2 一次試験の概要

レベル2の一次試験は、一般試験と専門試験の問題で構成され、いずれも30問で、四者択一の形式である。試験時間は両方を合わせて120分(2時間)であるが、合格基準は各々70%以上である。一般試験の問題はひずみ測定の基礎的な知識に関するもので、ひずみ測定の目的、測定に必要な単位系、ひずみや応力の定義と計算方法、荷重を受けている構造部材の変形、電磁気学の基礎、ひずみ測定関連の規格などについてのものである。

一方、専門試験の問題は現在最も広くひずみ測定に適用されている電気抵抗ひずみ測定法に関するものが主で、この方法の原理、ひずみゲージの構造や特性、測定用の機器、トランスジューサ(ロードセル)、測定の実施に際しての注意などに関するものである。

2. 一般試験の類似問題

問 直径14mmの丸棒試験片の引張試験を実施した。この試験片が27kNの引張荷重を受けているときの応力を次のうちから選び、記号で答えよ。

- (a) 450 MPa (b) 203 MPa
(c) 184 MPa (d) 175 MPa

正答(d)

まず、国際(SI)単位系のことを知っておく必要がある。本単位系では、力または荷重がN(ニュートン)、応力がPa(パスカル： N/m^2)で表示される。また、荷重をP、試験片の断面積をAとすると、応力は次の式で与えられ、各値を代入すれば求められる。

$$\sigma = P/A$$

なお、国際単位系では一般に数値を3桁毎に区切り、G(10^9 ギガ)、M(10^6 メガ)、k(10^3 キロ)、m(10^{-3} ミリ)、 μ (10^{-6} マイクロ)などの接頭語が用いられるので、これを覚えておくことも重要である。

問 縦弾性係数200GPaの構造部材が100MPaの圧縮応力を受けていた。この場合のひずみはいくらになっているか。次のうちから選び、記号で答えよ。

- (a) -500×10^{-6} (b) 400×10^{-6}
(c) 200×10^{-6} (d) -100×10^{-6}

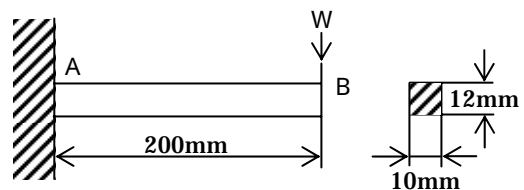
正答(a)

一般に構造物は使用部材が弾性限度内の荷重を受けるとして設計されている。このような場合は、垂直応力は垂直ひずみ ε に比例し、縦弾性係数をEとすると次のような関係になっている。

$$\sigma = E\varepsilon$$

したがって、 $\varepsilon = \sigma/E$ に与えられた数値を代入すればひずみが求められるが、この問では圧縮ひずみになるので、負の値で表示されることに注意をする。

問 図に示す寸法の片持りの自由端Bに $W = 80$ Nの荷重が加えられている。幅がb、高さがhの長方形断面のはりでは断面係数Zが $bh^2/6$ で与えられる。このはりの固定端Aの上面に生じる曲げ応力をつぎのうちから選び、記号で答えよ。



- (a) 17 MPa (b) 34 MPa
(c) 67 MPa (d) 84 MPa

正答(c)

このようなはりが曲げモーメントMを受けている場合の表面に生じる曲げ応力は次の式で与えられる。

$$\sigma = \pm M/Z$$

また、このときのはり固定端Aにおける曲げモーメントは、はりの長さをLとすると、 $M = WL$ になる。したがって、荷重および図で与えられている各数値からMおよびZの値を求めれば応力の値が得られるが、このような場合の曲げ応力は、はり上面で引張(+),下面で圧縮(-)になる。

なお、はりの曲げに関する問題とともに軸などの丸棒がねじりを受けたときのねじりモーメントとせん断応力の関係についての問題もよく出題される。丸棒のねじりについては参考書「ひずみ測定」に詳しく述べられているので、これを勉強しておくことも重要である。

3. 専門試験の類似問題

問 次の記述は広く使用されている銅・ニッケルはくひずみゲ-ジの特性と注意事項についてのものである。この記述で正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) ゲ-ジ率は 0.1 程度、常温で測定可能なひずみ量は約 10% で、ゲ-ジに流す電流は 100 mA 以下にしたほうがよい。
- (b) ゲ-ジ率は 0.5 程度、常温で測定可能なひずみ量は約 0.1% で、ゲ-ジに流す電流は 50 mA 以下にしたほうがよい。
- (c) ゲ-ジ率は 1 程度、常温で測定可能なひずみ量は約 20% で、ゲ-ジに流す電流は 1 mA 以下にしたほうがよい。
- (d) ゲ-ジ率は 2 程度、常温で測定可能なひずみ量は 2~3 % で、ゲ-ジに流す電流は 10 mA 以下にしたほうがよい。

正答 (d)

銅・ニッケルはくひずみゲ-ジについては参考書「ひずみ測定」あるいは「ひずみ測定」に詳しく述べられているので参照してもらうが、特にこのひずみゲ-ジは構造物などのひずみ測定に広く使用されているものなので、ゲ-ジ率、測定範囲などの特性や使用するときの注意事項などは知っておく必要がある。

問 ゲ-ジ抵抗 350 Ω、ゲ-ジ率 2.10 のひずみゲ-ジを用い、3線結線法により 1400×10^{-6} の静ひずみが測定された。この測定では静ひずみ測定器の設定ゲ-ジ率が 2.00 になっていて、100m のリ-ド線を使用した。このリ-ド線は 10m 当たりの往復の抵抗が 1.19 Ωのものであった。ここで測定されたひずみの真の値を次ぎのうちから選び、記号で答えよ。

- (a) 1265×10^{-6} (b) 1356×10^{-6}
- (c) 1400×10^{-6} (d) 1424×10^{-6}

正答 (b)

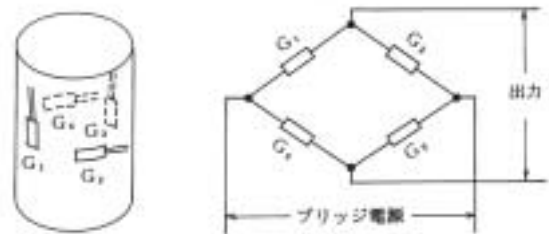
測定器の設定ゲ-ジ率 K_m 、使用したひずみゲ-ジのゲ-ジ率 K_g とすると、これが異なっているときの修正係数は K_m/K_g で示される。さらに、長いリ-ド線を使用しているので、このリ-ド線の抵抗による修正が必要になるが、ゲ-ジ抵抗 R 、1本のリ-ド線の抵抗 r とすると2線結線法では往復の抵抗が関係してくるので修正係数が $(1+2r/R)$ になる。しかし、この場合は3線結線法を適用しているので、測定されたひずみ ε_m から真のひず

み ε を求めるのには次の式を用いる。

$$\varepsilon = \left(1 + \frac{r}{R}\right) \frac{K_m}{K_g} \varepsilon_m$$

したがって、これに与えられた各値を代入すれば真のひずみが求められるが、3線結線法では1本のリ-ド線の抵抗しか関係しないことに注意をする。

問 縦弾性係数が 204GPa、ポアソン比が 0.3 の材料で直径 12mm の円筒にゲ-ジ率 2.00 の4枚のひずみゲ-ジ G_1, G_2, G_3, G_4 を図のように接着し、4アクチブゲ-ジ法の結線によるロ-ドセルを作った。このロ-ドセルが 19.6kN の引張荷重を受けたときの出力を次のうちから選び、記号で答えよ。



- (a) 0.433 mV/V (b) 0.575 mV/V
- (c) 1.10 mV/V (d) 5.75 mV/V

正答 (c)

縦弾性係数 E 、ポアソン比 ν 、断面面積 A の円筒によるロ-ドセルが長手方向の荷重 P を受けたとき、この方向のひずみ ε は $P/(AE)$ になる。また、ゲ-ジを図のように接着したひずみゲ-ジによる4アクチブゲ-ジ法の等価ひずみ ε_e は次の式で示される。

$$\varepsilon_e = 2(1+\nu)\varepsilon$$

さらに、このときの出力は出力電圧 e とブリッジ電源電圧 e_0 の比 e/e_0 として表され、ひずみゲ-ジのゲ-ジ率を K とすると次の式で与えられる。

$$\frac{e}{e_0} = \frac{1}{4} K \varepsilon_e$$

したがって、ここで与えられている値を各式に代入すればこの場合の出力が求められる。

一次試験の数値計算を伴う問題では、ここでの類似問題と同様なものであってもその都度数値は変えられている。このため、解答にあたってはまず参考書に示された数式を理解し、これを適切に使用して桁などを間違えなく計算できるよう心掛けておくことが重要である。

MTレベル1 (MC, ME) 一次試験のポイント

JIS Z 2305 による資格試験について、今月から2回に亘って MT-1 及び限定資格である MY-1, MC-1, ME-1 の新規一次試験の概要とポイントを解説する。各資格の一次試験は、それぞれ一般と専門の二つの筆記試験からなり、試験時間は両者で計 120 分で行われる。一般試験では、MT 及び MY, MC, ME とともにレベル1としての磁粉探傷試験の一般的知識（原理、各磁化方法の特徴や各操作手順の内容等を含む）について、専門試験では各種試験体への適用の実際、器材及びその調整、対象とするきずの種類等について問われ、特に各限定資格の専門試験ではそれぞれの限定された磁化方法の適用についてこれらの内容が問われる。採点は一般・専門各々70%以上が合格点である。今月は MC, ME の専門試験問題に関して、過去の正答率の低い問題に類似した例題のポイントを解説する。また、一般試験問題は各資格とも類似した内容であり、MY の専門試験問題と共に次回で解説する。

専門問題 例題

問1 次の文は、JIS G 0565 に規定された A 形標準試験片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) A 形標準試験片は、人工きずのある側が表面になるように、試験体に貼り付けて使用する。
- (b) A 形標準試験片には、同じ材料を焼き戻したものと圧延のままのものとの2種類の材質がある。
- (c) A 形標準試験片に表示された数値は、明瞭な磁粉模様が現れる磁界の強さを表している。
- (d) 試験体を残留法により探傷する場合は、磁化後に検査液を A 形標準試験片に適用する。

正答 (b)

JIS G 0565 に規定された A 形標準試験片は、人工きずのある面が試験面と良く密着するように適当なテープで貼付けて使用する。また磁粉の適用は必ず連続法で行わなければならない。A 形標準試験片の材質及び板厚と人工きずの深さとの分数比により、明瞭な磁粉模様が現れる限界の磁界の強さは異なる。材質は2種類あり、同じ材質であれば、板厚と人工きずの深さとの分数比が大きいほど、低い磁界の強さで明瞭な磁粉模様が現れる。これらのことについて、実技参考書等を参考にして実際に何種類かの A 形標準試験片を探傷し、その使用方法や性

質の相違等を確認しておくこと、より理解が深まる。

問2 次の文は、小形機械部品を探傷する際における連続法及び残留法と磁化電流の通電時間との関係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) 連続法で湿式蛍光磁粉を用いた場合、通電時間は少なくとも3秒間が必要である。
- (b) 連続法で湿式非蛍光磁粉を用いた場合、通電時間は少なくとも3秒間が必要である。
- (c) 残留法の場合、湿式法であれば通電時間は少なくとも3秒間は必要である。
- (d) 残留法の場合、電流貫通法とコイル法とでは通電時間を変える必要がある。

正答 (a)

連続法では、検査液の流れが止まるのを確認してから通電を停止する必要がある。この時間は蛍光磁粉では最低3秒、非蛍光磁粉では5秒以上が必要である。残留法の場合、通電時間は一般に1秒以下である。また磁化方法が異なっても、特に通電時間を変える必要はない。

問3 次の文は、磁粉探傷試験の対象となる鋳造品及び鍛造品と、それらに発生するきず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) 鋳造品は嵌合部や摺動部を除いて、通常は鋳肌のままで使用される。
- (b) 鋳造品で嵌合部や摺動部等の機械加工面には、内部に発生する砂かみが表面に現れることがある。
- (c) 鍛造品は繰り返し応力が作用する回転体やボルト等の力の伝達部品に多く使用される。
- (d) 鍛造品で検出される非金属介在物は、比較的寸法の大きい一本の線状の磁粉模様として現れる。

正答 (d)

鋳造品とは溶解した金属材料を鋳型に注入し凝固させたもので、普通は鋳肌のままで使用され、機械加工される部分は嵌合部、摺動部、構造溶接部及び合せ面程度である。鋳造品に現れるきずのうち、砂かみは鋳造品の表面または内部に炉や鋳型の耐火砂粒を巻き込んで発生するもので比較的小さいきずである。

鍛造品とは鋳込んだ鋼塊をプレス、ハンマーなどによって鍛練整形し、熱処理を施して所定の機械的性質を与えるものである。鍛造品は回転体や力の伝達に使用されるので一般には全面機械加工される。鍛造品に現れるきずのうち非金属介在物は、精練時に発生する酸化物や硫化物などの残存により集団で発生する。個々の大きさは

1～2mm程度の微細なもので鍛造により細長く延ばされている。

例題のように、製造時(圧延材、鑄鍛造品、溶接部等)に発生するきずや、保守検査時に対象となるきずの名称や発生原因、特徴等をよく理解しておくことよ。

問4 次は、直径が150mm、長さが250mm、巻数が6巻のコイルを用いて、熱処理された鍛造ボルト(M20)、長さ80mmのもの、10本をコイル法・残留法で磁化する手順について述べたものである。最適なものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) コイルの中央部にボルト3本を束ねて配置し、磁化電流は直流を用いて磁化する。
- (b) コイルの中央部にボルトを1本だけ配置し、磁化電流は衝撃電流を用いて磁化する。
- (c) コイルの中央部にボルト3本を長手方向につなげて配置し、磁化電流は直流を用いて磁化する。
- (d) コイルの中央部にボルト3本を長手方向につなげて配置し、磁化電流は交流を用いて磁化する。

正答 (c)

コイル法では常に反磁界を考慮して探傷作業を進めなければならない。コイル内の試験体のL/Dに着目すると、(c)、(d)が他より反磁界係数が小さいことが分かる。また、残留法を適用することから、直流(または衝撃電流)で磁化する必要がある。(b)も磁化は十分可能であるが、継鉄棒として同じ試験体を使用する(c)の方がより優る。実際の探傷に当たっては、これら以外にも試験体をコイル内のどこに配置するかなど、コイル内の磁界の分布にも留意する必要がある。

以上はMC及び共通する専門問題の例である。MCではこれらに加えて、コイル法における磁界や磁化の特徴、反磁界の影響、探傷の手順なども学習しておいて欲しいポイントである。次にME専門問題の例題を示す。

問5 次の文は、機械部品の探傷における電流貫通法及び軸通電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) 電流貫通法も軸通電法も試験体の直径及び長さにより磁化電流値を調整する。
- (b) 電流貫通法も軸通電法も試験体に直接電流を流す方法である。
- (c) 電流貫通法も軸通電法も鋼管の内壁面の軸方向のきずが検出できる。

(d) 電流貫通法も軸通電法も磁化電流の方向と同じ方向のきずが検出できる。

正答 (d)

電流貫通法も軸通電法も $I = 2rH$ の式により、磁化電流値を算出できる。ここで、 r は試験体の半径であり、電流値は試験体の太さに比例し、長さには関係しないことが分かる。また、軸通電法の場合、鋼管内壁面の磁界の強さは0になる。電流貫通法の場合には試験体に直接電流を流さず、鋼管を貫通させた電流貫通棒に電流を流すため、鋼管内壁面にも磁界が作用し探傷が可能である。両磁化方法とも磁化電流と平行な方向(軸方向)のきずの検出に優れている。

問6 次の文は、鋼溶接部をプロッド法で探傷する場合の磁化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) 両電極を結ぶ線上では、両電極の付近が最も磁界の強さが強い。
- (b) 両電極を結ぶ線上では、両電極の中央が最も磁界の強さが弱い。
- (c) 磁束の方向は、両電極を結ぶ直線と平行である。
- (d) 磁束の方向は、両電極を結ぶ直線の垂直二等分線上では二等分線の方向と平行になる。

正答 (c)

最近プロッド法の経験がない受験者が増えていると思われるが、プロッド法での電極間の電流分布状態が、極間法での磁極間の磁束分布状態とよく似ているので、両者を対比して考えると理解しやすい。両プロッド電極を結ぶ線上では両電極付近が最も磁界の強さが強く、両電極の中央が最も弱い。磁束の方向は両電極を結ぶ直線に対し垂直であり、これはこの直線の垂直二等分線と平行方向である。

以上に解説した例題は、MC、ME及び共通のものを集めた。MT-1を受験する方は、これらに加え極間法における適用の実際や特有の操作手順等についても参考書等で学習して欲しい。また、紙面の都合で割愛せざるを得なかったが、磁粉や検査液に関する問題及び磁化装置に関する問題は比較的正答率が低い傾向にあり、参考書を熟読されることをお勧めする。なお、ここで解説を加えた例題はあくまで類似問題であり、今後このまま出題されることはないものと考えて頂きたい。また、本解説についての問い合わせには応じていないのでご了承願いたい。