

2010年度

(社)日本材料学会 技能検定試験

技能種別：疲労試験



2010年9月24日(金)

15:00-16:45

日本材料学会 3階 会議室

**1級受検者は全問解答し、2級受検者は
問1～問16のみを解答すること。**

【問1】下記文中の空欄(a)～(d)に当てはまる最も適切なものを，(1)～(5)の中から選択し，解答せよ．

巨視的に大きな塑性変形が生じるような高負荷力での応力制御疲労試験では，完全両振りのもとで疲労試験を実施しても (a) が生じて，正確な疲労寿命特性を評価できない．このような場合には，ひずみ制御疲労試験を行う．ひずみ制御疲労試験では，平滑試験片を用いる場合には (b) を，砂時計型試験片を用いる場合には (c) を計測し，制御する．またひずみ制御疲労試験は，通常 (d) 試験で行われる．

- (1) (a) 圧縮塑性変形 (b) 径方向変位 (c) 軸方向変位 (d) 完全両振り
- (2) (a) 繰返しラチェット変形 (b) 軸方向変位 (c) 径方向変位 (d) 完全両振り
- (3) (a) 引張塑性変形 (b) 径方向変位 (c) 径方向変位 (d) 完全片振り
- (4) (a) 引張塑性変形 (b) 径方向変位 (c) 軸方向変位 (d) 完全両振り
- (5) (a) 繰返しラチェット変形 (b) 軸方向変位 (c) 径方向変位 (d) 完全片振り

【問2】疲労試験機全般に係わる通則において試験機に対して要求されている項目がある．下記のうち，誤った内容が記載されているものを，(1)～(5)の中から選択し，解答せよ．

- (1) 試験片に所要の力をできるだけ速やかに負荷できるもの
- (2) 安定した負荷力を加えられること
- (3) 停電その他の支障により試験機が一旦停止し，その後当該の支障が解消されたとき，自動的に再起動する機構を有していること
- (4) 試験片が破断するまでの繰返し数を求められるような装置を備えていること
- (5) 最大負荷力のもとで十分長時間の使用に耐えること

【問3】疲労限度に関する下記の記述の中で正しいものを選択せよ．

- (1) 応力集中係数 K_t の円周切欠きを有する丸棒試験片の疲労限度は，同じ性状で切欠きがない丸棒試験片の疲労限度より低下し，その低下の割合は $1/K_t$ となる．
- (2) ショットピーニングを施した試験片は圧縮残留応力の付与によって疲労限度が上昇すると期待されるので，試験片表面の粗さは気にしなくてもよい．
- (3) 圧縮の残留応力は疲労限度を上昇させるので，機械加工された試験片の標点部は残留応力を除去して疲労試験に供しなければならない．
- (4) 環状 V 型切欠きを有する丸棒試験片の回転曲げ疲労試験における疲労限度を求めると切欠き係数 K_t の値が算出できるので，軸荷重疲労試験における疲労限度もこの切欠き係数 K_t の値を用いて容易に推定することができる．
- (5) 引張の平均応力が作用する場合の疲労限度線図にゾーデルベルク線を描くとき，降伏応力が明確に現れない試験片材質であるときは，降伏応力の代わりに 0.2% 耐力の値を用いるとよい．

【問4】疲労試験片に関する下記の記述の中で、間違っているものを選択せよ。

- (1) 平板試験片の表面仕上げは原則として 320 番より細かい研磨布紙を使用しなければならないが、必要がなければ仕上げをしなくてもよい。
- (2) 丸棒の 1 号試験片の断面標準寸法が 12mm であるとき、分解能 50 μm のノギスを使用して試験片の断面寸法を測定してもよい。
- (3) 環状 V みぞ付き丸棒試験片の寸法は、最小径 d に対して最大径 D は 1.25 倍が JIS で推奨されている。
- (4) 丸棒の 1 号試験片の平行部が一様な応力を受ける場合には、試験片の断面直径は数カ所で測定した直径の最小値を採用すれば、同一断面の互いに直交する 2 方向について測定した算術平均を採用しなくてもよい。
- (5) 仕上げ加工後の試験片を素手で取り扱った場合は、錆びないように防錆油を塗布しておくことが望ましい。

【問5】低サイクル疲労試験のデータ整理は、ひずみ範囲と破断寿命の関係を求めることで行われ、ひずみ範囲としては全ひずみ範囲や塑性ひずみ範囲が用いられている。一般の金属材料は低サイクル疲労試験中に繰返し加工硬化あるいは繰返し加工軟化挙動を示すため、全ひずみ制御下においても塑性ひずみ範囲が繰返しとともに変化することが知られている。疲労寿命を塑性ひずみ範囲で整理する場合には、どの時点での塑性ひずみ範囲を用いることが推奨されているか、下から選べ。

- (1) 最終破断直前の塑性ひずみ範囲
- (2) 試験開始直後の塑性ひずみ範囲
- (3) 破断寿命の半分の繰返し数において計測された塑性ひずみ範囲
- (4) 試験開始後 100 サイクル後に計測された塑性ひずみ範囲
- (5) 破断寿命の 1/4 の繰返し数において計測された塑性ひずみ範囲

【問6】同一形状の合金鋼試験片 5 本を用い、同一応力振幅 $\sigma_a = 550\text{MPa}$ にて疲労試験を行った。その結果、表に示す破断繰返し数を得た。試験片番号 No.1~No.5 の各試験片の破断確率を、平均ランク法を用いて計算した結果で、正しいものは以下のいずれか。番号を示せ。

試験応力振幅： $\sigma_a = 550\text{MPa}$

試験片番号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
破断繰返し数 $N_f (\times 10^5)$	1.5	2.8	5.0	3.9	4.5
破断確率 F	$F(\text{No.1})$	$F(\text{No.2})$	$F(\text{No.3})$	$F(\text{No.4})$	$F(\text{No.5})$

- | | $F(\text{No.1})$ | $F(\text{No.2})$ | $F(\text{No.3})$ | $F(\text{No.4})$ | $F(\text{No.5})$ |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| (1) | 0.17 | 0.33 | 0.83 | 0.5 | 0.67 |
| (2) | 0.1 | 0.3 | 1.0 | 0.5 | 0.7 |
| (3) | 0.15 | 0.35 | 0.85 | 0.65 | 0.55 |
| (4) | 0.2 | 0.4 | 1.0 | 0.6 | 0.8 |
| (5) | 0.13 | 0.31 | 0.87 | 0.5 | 0.69 |

【問7】疲労破面の様相に関する以下の記述の中で、間違っているのはいずれか。番号で答えよ。

- (1) 金属材料の疲労き裂は切欠き部の表面に発生することが多く、疲労破面を肉眼で観察すると起点部付近では比較的平坦であり、き裂進展とともに凹凸が顕著になる傾向がある。
- (2) 金属材料の疲労破面を肉眼で観察したとき、疲労き裂の進展段階で負荷応力や試験環境が変化することに起因して、き裂前縁の痕跡が幾段も残る結果、貝殻状模様またはビーチマークと呼ばれる特徴的な模様を呈することが多い。
- (3) 表面で複数のき裂が発生した場合、各き裂は同一平面上にないので、き裂進展過程でこれらが連結・合体するとき段差が発生するが、き裂進展とともに段差は小さくなり、やがてこの段差は消えて単一のき裂面となる。
- (4) SEM 観察で疲労破面上にストライエーションが観察された場合、この条痕は応力の上昇過程と下降過程でき裂が順次進展したことを意味し、ストライエーション間隔の2倍が負荷1サイクル中のき裂進展量になる。
- (5) 疲労破面上のストライエーションは常に観察できる訳ではなく、一般に延性を備えた金属材料では現れやすく、脆性材料については不明瞭になる傾向がある。

【問8】以下の記述の中で、内容が正しくないものはいずれか。番号で答えよ。

- (1) 繰返し応力について、応力振幅とは最大応力と最小応力の差を意味する。
- (2) 応力比 $R = -1$ は、平均応力がゼロで引張り圧縮両振りの繰返し荷重を意味する。
- (3) 疲労限度線図とは、材料の疲労限度と平均応力の関係を図示したものである。
- (4) 応力集中係数とは、切欠き底の最大応力と公称応力との比で与えられる。
- (5) 疲労限度線図において、修正グッドマン線はゾーデルベルク線より危険側の設計基準を与える。

【問9】荷重検定を受けた疲労試験機について、荷重検定の有効期間について適当なものを1つ選び、その番号を示せ。

- (1) 1ヶ月
- (2) 6ヶ月
- (3) 13ヶ月
- (4) 24ヶ月
- (5) 36ヶ月

【問 1 0】軸力制御疲労試験機の荷重検定の説明について、不適切なものを(1)～(5)の中から1つ選んで番号を示せ。

- (1) 軸力の測定においては、ループテスターなどの力計を用いる。力計はJISなどの規定を満たしているなら自作しても良い。
- (2) ループテスターは、曲げの影響が出ないため、力計の取付けに際しての調芯に留意する必要がなく、便利である。
- (3) 軸力は、試験機の容量に合わせて軸力を変えた複数の測定を行い、全ての荷重範囲において試験機の力指示計と力計の指示値との誤差が等級で規定された範囲内にあるかを確認する。
- (4) 疲労試験機においては、静的な荷重はもちろんのこと、動的な荷重においても試験時の軸力の精度を確認することが望ましい。動的荷重検定の精度については現行のJISでは規定がないが、試験機のマニュアルやISOを参考に決定すると良い。
- (5) 疲労試験機は導入時や移設時のみでなく、年1回程度、定期的に荷重検定をするのが望ましい。

【問 1 1】試験装置の日常点検および安全装置については注意すべき点がいくつか挙げられる。以下の文で適切でない記述はどれか。

- (1) 運転前に電源がOFFになっていることを確認し、点検表による確認と記録をする。
- (2) 点検表は、点検項目を示すとともに点検結果を記録するようにする。
- (3) 非常停止装置のボタンは、赤色で目立つ位置に設置する。
- (4) 試験装置の運転中は適時、異音、異臭、振動、温度異常の有無を点検する。
- (5) 安全装置をむやみに作動させると故障する恐れがあるため極力点検しない。

【問 1 2】手袋の使用に関して適切でないと考えられる記述はどれか。

- (1) 手袋は作業に応じて適切なものを使い分ける。
- (2) 手袋の主な種類として、軍手、革手袋、耐熱手袋がある。
- (3) ハンマー作業で使えるのは革手袋のみである。
- (4) 高温・高熱物取扱い作業では、耐熱手袋を使用する。
- (5) 耐熱手袋は低温作業にも使用するが、極低温用を使用することが推奨されている。

【問 1 3】引張圧縮疲労試験機などで用いられる電気油圧サーボ疲労試験装置の保守点検方法として不適切だと考えられるものを1つ選んで、番号を示せ。

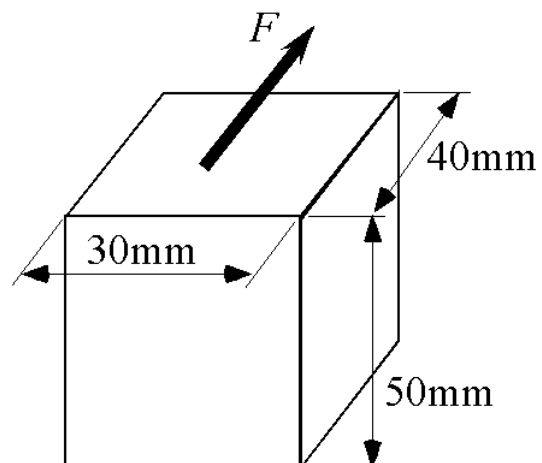
- (1) チェーンカップリングのグリースは、ユーザーが指定する期間毎、または運転時間毎に交換すること。
- (2) 作動油および部品を交換する際、安全に作業をおこなうため、残圧がないことを必ず確認すること。
- (3) 運転前および運転中も定期的に見視による点検をおこない油漏れのないようにし、常に基準油面近くに油面を維持すること。
- (4) 正常運転中とは異なる音がポンプから認められた場合は、ただちに運転を停止し点検すること。
- (5) フィルターのエレメントは、メーカーが指定する期間毎に、あるいはフィルターの差圧スイッチが作動し交換が必要であることが表示されたとき交換すること。

【問 1 4】縦弾性係数の説明で正しいのはどれか。ただし応力は降伏応力以下であるものとする。

- (1) せん断ひずみと垂直ひずみの比
- (2) 垂直応力とせん断応力の比
- (3) 垂直応力と垂直ひずみの比
- (4) 垂直応力とせん断ひずみの比
- (5) せん断応力とせん断ひずみの比

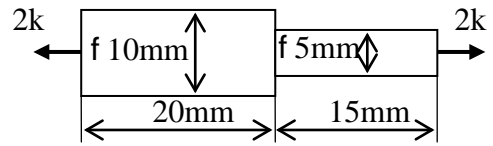
【問 1 5】下面固定の直方体（幅 30mm，長さ 40mm，高さ 50mm）の上面全体に長さ方向にせん断力 $F=240\text{kN}$ が作用している。この材料の横弾性係数を $G=100\text{GPa}$ とするとき、この材料に生じているせん断応力 τ と、これによって生じる上面のずれ（変位） v を求めよ。ただし、降伏応力は十分大きいものとする。

- (1) $\tau=120\text{MPa}$, $v=0.04\text{mm}$
- (2) $\tau=120\text{MPa}$, $v=0.06\text{mm}$
- (3) $\tau=160\text{MPa}$, $v=0.08\text{mm}$
- (4) $\tau=200\text{MPa}$, $v=0.08\text{mm}$
- (5) $\tau=200\text{MPa}$, $v=0.10\text{mm}$



【問 1 6】図に示すように，直径 10mm，長さ 20mm と直径 5mm，長さ 15mm の丸棒が連結されており，2kN の荷重が図のように加えられている．丸棒の材料のヤングは 200GPa であり，丸棒の変形が比例限度内であるとき，この丸棒に生じる伸び を求めよ．

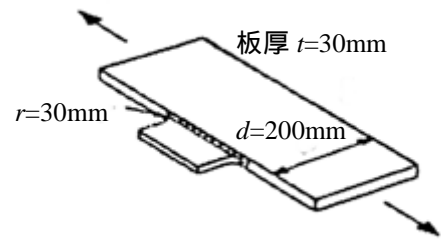
- (1) 10.2mm
- (2) 10.2 μ m
- (3) 20.4×10^{-6} m
- (4) 2.04×10^{-3} %
- (5) 3.175×10^{-6} m



***** (2 級受検者はここまで / 1 級受検者は最後まで解答) *****

【問 1 7】図に示すフィレットを有するガセットを面内で開先溶接した継手について JSSC 疲労設計指針に基づいて(a)強度等級, (b)一定応力範囲が負荷された場合の打切り限界, (c)疲労設計寿命を 10^6 回としたときの許容応力範囲について正しい組合せを以下から選べ.

- (1) (a) F 等級, (b) 46MPa, (c) 82 MPa
- (2) (a) F 等級, (b) 46 MPa, (c) 58 MPa
- (3) (a) F 等級, (b) 65MPa, (c) 82 MPa
- (4) (a) E 等級, (b) 80 MPa, (c) 101 MPa
- (5) (a) E 等級, (b) 62 MPa, (c) 101 MPa



【問 1 8】外力(S)が平均値(m_S)250 MPa, 分散(s_S)22 MPa, 使用材料の静的強度(R)が平均値(m_R)400 MPa, 分散(s_R)45 MPaの正規分布にしたがっている. このときの(a)中央値安全率, (b)信頼性指標 b (b), (c)破壊確率の正しい組合せを以下から選べ. 正規分布関数 $F(x)$ は以下で与えられる.

$$F(-3.5)=0.0002, F(-3)=0.0013, F(-2.5)=0.0062$$

- (1) (a) 1.60, (b) 3.5, (c) 0.2%
- (2) (a) 0.63, (b) 3.0, (c) 0.13%
- (3) (a) 1.60, (b) -3.0, (c) 99.67%
- (4) (a) 0.63, (b) 3.5, (c) 0.2%
- (5) (a) 1.60, (b) 3.0, (c) 0.13%

【問 1 9】低サイクル疲労の寿命則のひとつにマンソンの共通勾配法と呼ばれている関係がある. この関係を用いて 10^4 サイクルの疲労寿命を与える全ひずみ範囲を推定しなさい. 対象とする材料の機械的性質は以下で与えられる.

降伏点 520 MPa, 引張強度 740 MPa, 真破断力 920 MPa

絞り 52%, 破断延性 12%, 縦弾性係数 206 GPa, 横弾性係数 80 GPa

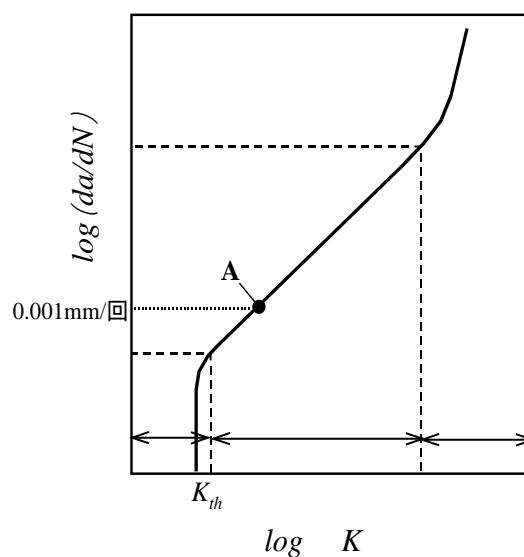
- (1) 0.04%
- (2) 0.69%
- (3) 0.12%
- (4) 0.53%
- (5) 0.63%

【問 2 0】以下の図は疲労におけるき裂進展挙動について、応力拡大係数範囲 K とき裂進展速度 da/dN との関係を両対数グラフ上にプロットしたものである。この図の説明として不適切なものを(1)～(5)の中から1つ選び、番号を示せ。

- (1) き裂進展速度 da/dN は、き裂長さ a の繰返し回数 N に対する勾配のことであり、応力繰返し1サイクルあたりのき裂の進展長さに相当する。
- (2) 応力拡大係数範囲 K は次式で定義される。

$$K = K_{\max} - K_{\min}$$
 ここで、 K_{\max} 、 K_{\min} はそれぞれ最大と最小の応力拡大係数のことである。
- (3) K_{th} は下限界応力拡大係数範囲とよばれる値であり、材料や環境により異なる。
 K が K_{th} より大きいと、繰返し負荷によりき裂が徐々に進展する。
- (4) の領域では疲労き裂が安定して進展する。このときの da/dN と K との関係を Paris 則では次式で表す。

$$da/dN = c(K)^m$$
 ここで、 c 、 m は定数であり、材料や環境ごとに異なる。
- (5) 図中の A 点でき裂長さ a は 10mm、き裂進展速度 da/dN は 0.001mm/回であった。負荷応力を変えずに更に 10000 回の繰返し負荷を与えた場合、き裂長さ a は 10mm 増加し 20mm となる。なお、試験片は CT(Compact Tension) 試験片を用い、10000 回の繰返し負荷では、き裂は の領域に達しないものとする。



【問 2 1】降伏応力が 400 MPa、また引張強さが 600 MPa で、完全両振り ($R = -1$) の場合の疲労限度が 300 MPa の鉄鋼材料がある。疲労限度に対する平均応力の影響は修正グッドマン線図により考慮するとして、平均応力値が 240 MPa の場合に使用可能な最大応力振幅を、以下の(1)～(5)の中から選択せよ。

- (1) 400 MPa
- (2) 300 MPa
- (3) 240 MPa
- (4) 180 MPa
- (5) 160 MPa

【問 2 2】ある原子炉を急停止すると，ステンレス鋼製の部材の温度が 600 から 400 まで急激に低下する．この部材は単純な丸棒形状であり，上記の温度変化時に発生するひずみは一様であるとする．また，コフィン - マンソン則が

$$N_f^{1/2} D\epsilon_p = 0.1$$

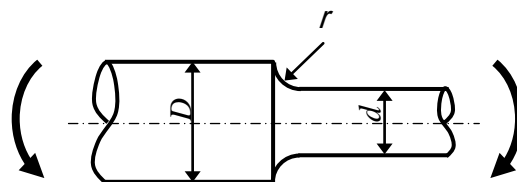
で与えられるとする．原子炉を何回急停止したら上記の部材が低サイクル疲労破壊に至るか推定し，以下の(1)～(5)の中から選択せよ．なお，ステンレス鋼の熱膨張係数を 1.2×10^{-5} $^{-1}$ ，降伏時のひずみを 4×10^{-4} とする．

- (1) 50 回
- (2) 100 回
- (3) 2500 回
- (4) 10000 回
- (5) 壊れない

【問 2 3】引張強さ $s_B = 600\text{MPa}$ ，平滑回転曲げ疲労限度 $s_{w0} = 320\text{MPa}$ の鉄鋼材で製造された段付丸棒 ($D = 50\text{mm}$, $d = 35\text{mm}$, $r = 5\text{mm}$) に，回転曲げの繰返し負荷が 10^7 回以上作用する場合，許容応力振幅は何 MPa となるか．正しいものを下記の(1)～(5)より選択せよ．

ここで，寸法効果による疲労限度の低下率 z_1 は 0.95 とし，表面性状による疲労限度の低下率 z_2 は 0.9 とする．また，作用応力に関する安全率 f_s は 1 とし，疲労限度に関する安全率 f_m は 2 とする．段付丸棒の切欠き係数 K_f はテキスト「初心者のための疲労設計法」の p18 表 2.3 を用いて計算せよ．なお，計算結果の端数は有効数字 3 桁で四捨五入すること．

- (1) 32.7MPa
- (2) 65.4MPa
- (3) 90.0 MPa
- (4) 120MPa
- (5) 150MPa



回転曲げ負荷を受ける段付丸棒
 $D = 50\text{mm}$, $d = 35\text{mm}$, $r = 5\text{mm}$

【問 2 4】引張強さ 800MPa，0.2%耐力 640MPa の低合金鋼の両振り疲労試験（応力比 $R=-1$ ）を行ったところ，疲労限度は 450MPa であった．疲労限度に及ぼす平均応力の影響が修正 Goodman 則に従うと想定して，同じ材料で応力比 $R=0.05$ の疲労限度にて試験を行う場合，平均応力と応力振幅の組合せとして正しいものを 1 つ選び，その番号で示せ．

- (1) 応力振幅 206 MPa，平均応力 434 MPa
- (2) 応力振幅 206 MPa，平均応力 228 MPa
- (3) 応力振幅 253 MPa，平均応力 280 MPa
- (4) 応力振幅 277 MPa，平均応力 307 MPa
- (5) 応力振幅 340 MPa，平均応力 375 MPa