

2017年度

(公社) 日本材料学会 技能検定試験

技能種別：疲労試験



2017年9月22日(金)

13:30-15:00

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。**

(疲労試験・試験機の種別, 疲労試験片)

【問1】試験片の寸法効果や切欠き効果に関する以下の記述の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 応力勾配が要因となる寸法効果は、回転曲げ疲労試験など、とくに曲げ応力が発生する負荷様式で顕著となる。
- (2) 回転曲げ疲労試験では、試験片の直径が大きくなるほどその疲労限度は低下する。
- (3) 小さな部材に比べて大きな部材の疲労強度が低下するのは、弱い部分を含む確率が高いため、つまり、危険体積が大きいためである。
- (4) 試験片の最弱部の強度は、試験片の表面粗さや表面残留応力には依存するが、内部の介在物や内部の微小欠陥には依存しない。
- (5) 切欠きを有する試験片の疲労限度と、平滑試験片の疲労限度との比を切欠き係数というが、一般に、この切欠き係数は応力集中係数よりも小さい値をとる。

(疲労試験・試験機の種別, 疲労試験片)

【問2】疲労試験機に関する以下の記述の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 任意の応力波形や任意の応力比を用いた疲労試験に適しているのは軸力制御疲労試験機である。
- (2) 軸力制御疲労試験機では、平滑試験片を用いると、標点距離の区間内では試験片軸方向に垂直な断面内で一様な応力を負荷することができる。
- (3) 軸力制御疲労試験機を用いて、応力比  $R=0$  の疲労試験をする場合、平均応力  $\sigma_m$  は応力振幅  $\sigma_a$  と等しくなる。
- (4) 軸力制御疲労試験における繰返し速度は、ASTM では  $10^2 \sim 10^2 \text{ Hz}$  と定められており、試験片の温度上昇については特に気にする必要は無い。
- (5) 回転曲げ疲労試験機における繰返し速度は、原則として毎分 1000~5000 回 (16.7~83.3Hz) とされており、ISO では上限が毎分 9000 回 (150Hz) となっている。

(疲労試験・試験機の種別, 疲労試験片)

【問3】疲労試験片の標準寸法に関する以下の記述の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 丸棒の1号試験片(記号 1-10)の寸法を、平行部直径 10mm, 平行部長さ 25mm, フィレット部半径 30mm, チャック部直径 15mm として設計製作した。
- (2) 丸棒の2号試験片(記号 2-6)の寸法を、最小断面部直径 6mm, フィレット部半径 30mm, チャック部直径 12mm として設計製作した。
- (3) 平板の1号試験片(記号 1-15)の寸法を、最小断面部幅 15mm, フィレット部半径 30mm, 板厚 2mm として設計製作した。
- (4) 丸棒の1号試験片(記号 1-6)の寸法を、平行部直径 6mm, 平行部長さ 10mm, フィレット部半径 20mm, チャック部直径 8mm として設計製作した。
- (5) 丸棒の2号試験片(記号 2-12)の寸法を、最小断面部直径 12mm, フィレット部半径 70mm, チャック部直径 15mm として設計製作した。

(疲労試験・試験機の種別, 疲労試験片)

【問4】引張強さ 500MPa, 降伏応力 400MPa の材料の平滑試験片における疲労限度は 250MPa であった. この材料で切欠き係数 1.2 を有する部材を作製し, 安全な使用条件を修正グッドマン線で推定したとき, 安全な使用条件を以下から選択せよ.

- (1) 平均応力 0MPa, 応力振幅 240MPa
- (2) 平均応力 100MPa, 応力振幅 180MPa
- (3) 平均応力 200MPa, 応力振幅 120MPa
- (4) 平均応力 300MPa, 応力振幅 100MPa
- (5) 平均応力 400MPa, 応力振幅 30MPa

(疲労試験規格)

【問5】回転曲げ疲労試験において, 取り付けられた試験片を緩やかに回したとき, 軸振れが所定の大きさ以下に収まるように取り付けなければならない. JIS 規格では何 mm 以下に抑えるように規定されているか. 適切なものを一つ選び, その番号を示せ.

- (1) 0.01mm
- (2) 0.05mm
- (3) 0.1mm
- (4) 0.5mm
- (5) 1mm

(S-N 曲線回帰法)

【問6】S-N 曲線回帰法に関する以下の文章中の空欄(a)~(e)に入る最も適切な言葉の組合せを(1)~(5)から一つ選び, その番号を示せ.

日本材料学会における S-N 曲線回帰手法では, 疲労試験の時間強度分布はいずれの寿命域においても (a) に従い, かつ (b) が一定であることを利用している. S-N 曲線の縦軸を対数目盛とすれば, 時間強度分布は (c) となり, かつ (b) は一定となる. すなわち, ばらつきを伴う疲労強度データは, 回帰曲線周りにばらつくが, そのばらつきは回帰 S-N 曲線の (d) 方向の平行移動で評価できる. そのようなばらつきについて, 破壊確率  $P$  を関数として表した S-N 曲線を (e) という.

- (1) (a) 正規分布, (b) 分散, (c) 対数正規分布, (d) 縦軸, (e) P-S-N 曲線
- (2) (a) ワイブル分布, (b) 平均, (c) 正規分布, (d) 横軸, (e) 修正 S-N 曲線
- (3) (a) 正規分布, (b) 分散, (c) ワイブル分布, (d) 横軸, (e) 修正 S-N 曲線
- (4) (a) ワイブル分布, (b) 分散, (c) 正規分布, (d) 縦軸, (e) P 曲線
- (5) (a) 正規分布, (b) 平均, (c) 対数正規分布, (d) 横軸, (e) P-S-N 曲線

(疲労の基礎 (SEM 観察))

【問7】金属材料の疲労破面の観察結果に関する以下の記述の中で, 適切なものを一つ選び, その番号を示せ.

- (1) 金属材料の疲労破面を SEM (走査型電子顕微鏡) を用いて高倍率で観察すると, 波により砂浜に形成される模様とよく似たビーチマークと呼ばれる特徴的な模様

が見られる。

- (2) 金属材料の疲労破壊は、き裂発生およびき裂進展の 2 つの過程を経て生じるが、静的な引張り破面でもストライエーション模様が観察されることが多い。
- (3) ストライエーション模様は、一般に、アルミニウム合金や銅合金よりも鉄鋼材料の方が明瞭に形成されることがわかっている。
- (4) ストライエーション模様は、疲労き裂の進展方向と直交するように形成され、ストライエーション間隔は、疲労き裂進展速度  $da/dN$  とよく対応することが広く知られている。
- (5) 金属材料の疲労破面を肉眼で観察すると、応力繰返しごとのき裂前縁の痕跡に対応するストライエーションと呼ばれる特徴的な模様が見られる。

(疲労の基礎 (専門用語))

【問 8】 金属疲労に関する以下の記述の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 疲労限度線図を作図する場合、種々の応力比  $R$  を固定して材料の疲労限度  $\sigma_w$  を実験的に求め、これらを滑らかに結ぶ方法が普及しているが、種々の平均応力  $\sigma_m$  における疲労限度  $\sigma_w$  を求め、これらを滑らかに結ぶ方法をとってもよい。
- (2) 疲労限度線図における修正グッドマン線とは、縦軸上の両振り疲労限度を示す点と横軸上の引張強さ  $\sigma_B$  を結んだ直線を意味するものであり、耐久設計の上で広く利用されている。
- (3) 疲労試験における応力振幅とは繰返し負荷応力の変動幅のことであり、最大応力を  $\sigma_{max}$  とし、最小応力を  $\sigma_{min}$  とするとき、応力振幅は  $\sigma_a = \sigma_{max} - \sigma_{min}$  で与えられる。
- (4) 切欠き材の疲労強度に関する切欠き係数とは、平滑材の疲労限度  $\sigma_{w0}$  を切欠き材の疲労限度  $\sigma_{wk}$  で除した値で表される。
- (5) 同じ材料で種々の直径の平滑試験片を準備して回転曲げ疲労試験を実施すると、一般に直径が大きくなると疲労限度は低下する傾向が知られており、これを疲労強度に関する寸法効果とよぶ。

(荷重検定)

【問 9】 休止していた油圧サーボ式軸荷重疲労試験機を再び使用するにあたって荷重検定をしたい。荷重検定に関する以下の記述から、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 荷重検定の可否を判断するため、休止前の疲労試験機の使用状況と休止期間を確認した。
- (2) 休止期間は 4 か月と比較的短かったが、前回の荷重検定から 15 か月が経過していたことから、荷重検定を実施するのが望ましいと判断した。
- (3) 休止前よりも試験荷重が大きく、新品のロードセルを購入して交換することにしたので荷重検定は省略できた。
- (4) 手持ちの荷重検定器では容量を超えてしまうため、自作した荷重検定器を万能試験機で荷重較正した。
- (5) 試験機の静的荷重検定を JIS B 7721 「引張試験機・圧縮試験機-力計測系の校正方法及び検証方法」に則って実施した。

(荷重検定)

【問 1 0】 疲労試験機の動的荷重検定は規定されていないため、静的荷重検定が行われる。引張試験装置の JIS による検証方法における力測定系の校正に関する以下の記述から、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 校正作業中の周囲温度は 30℃～32℃の範囲に収まっていたので、校正の前提基準を満たしている。
- (2) 力計で測定した結果、最大値は 100.8kN、最小値は 100.5kN、真の力は 100.0kN であった場合、相対繰返し誤差は 0.3%である。
- (3) 前回の校正から 13 か月経過したため校正を実施した。前回校正から 1 年が経過しているこの 1 か月間の測定データは無効である。
- (4) 試験装置の力指示計と力計を対応付けた測定を試験機容量の 20%、40%、60%、80%、100%で実施した。
- (5) 力計としておもりを使用する場合は、おもりによって生じる相対誤差が±0.1%以下でなければならない。

(試験機維持・管理)

【問 1 1】 制御装置の保守点検方法に関する以下の文章中の空欄(a)～(e)に入る最も適当な言葉の組合せを(1)～(5)から一つ選び、その番号を示せ。

の接続部であるピンやソケットの金属部分をアルコールで清掃する。また、ケーブルとコネクタの接続部分を点検し、断線した個所あるいは、断線しそうな個所があれば接続しなおす。もチェックし、腐食していればその部分を軽く研ぎアルコールで清掃する。は切り換え動作を数回繰返す。はつまみを左右に回し切る動作を数往復おこなう。ただし、適正に調整し設定されているは操作しないこと。

- (1) (a)端子盤, (b)コネクタ, (c)スイッチ類, (d)可変抵抗器, (e)調整用可変抵抗器
- (2) (a)端子盤, (b)コネクタ, (c)可変抵抗器, (d)スイッチ類, (e)調整用可変抵抗器
- (3) (a)コネクタ, (b)端子盤, (c)スイッチ類, (d)可変抵抗器, (e)調整用可変抵抗器
- (4) (a)コネクタ, (b)端子盤, (c)調整用可変抵抗器, (d)スイッチ類, (e)可変抵抗器
- (5) (a)コネクタ, (b)端子盤, (c)スイッチ類, (d)調整用可変抵抗器, (e)可変抵抗器

(安全規範)

【問 1 2】 疲労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あげられる。以下の記述の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (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) 試験装置運転中にむやみに近づくと危険であるので、点検をおこなう必要はない。
- (4) 非常停止装置のボタンは、赤色で目立つ位置に設置する。
- (5) 安全装置は確実に作動することを運転前に必ず確認する。

(安全規範)

【問 1 3】安全規範に関する以下の記述の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 作業や周囲の人間の安全確保が基本的に最も重要である。
- (2) 機械作業を安全に行うための三大戒めは、「整備万全」、「操作確認」および「巻込まれ注意」である。
- (3) 試験装置の管理責任者を特定し、登録するとともに、装置に名前等を添付する。
- (4) 試験装置は、使用できる職員を特定するより、誰でも使用できるようにすると効率的である。
- (5) チームで試験する場合は、試験体制や分担内容をよく確認する。

(SI 単位系)

【問 1 4】SI 単位系に関する以下の記述の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 単位記号は直立体で表記し、複数形を用いずピリオドはつけない。量をあらわす全数字と単位の間には 1 字分の空白を置く。
- (2) 組立単位が二つ以上の単位の積で構成される場合には、以下のいずれかの方法で記述する。  
(例) 力のモーメントは  $\text{N} \cdot \text{m}$ 、 $\text{Nm}$  あるいは  $\text{mN}$  であらわす。
- (3) 組立単位が一つの単位を他の単位で除して構成される場合、以下のいずれかの方法で記述する。また、同一の行に斜線を二つ以上重ねてはならない。  
(例) 加速度は、 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ 、 $\text{m/s}^2$  あるいは  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$  と記述する。 $\text{m/s/s}$  とはしない。
- (4) SI 単位の接頭語および 10 の整数乗倍は、数値が実用的な範囲になるよう用途に応じて選択する。具体的には、JIS Z 8203 の付属書に従うことが好ましい。
- (5) SI 以外の単位ではあっても、現在も広く使われており、SI との併用が認められている単位もある。

(材料力学の基礎)

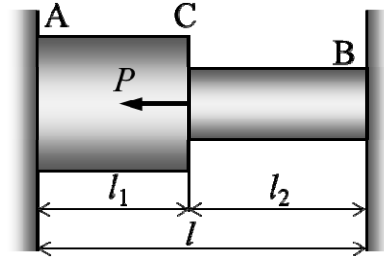
【問 1 5】外径  $d_o=80\text{mm}$ 、内径  $d_i=60\text{mm}$ 、長さ  $l=200\text{mm}$  の金属製のパイプが圧縮荷重によって  $1\text{mm}$  縮んだ。このとき、金属パイプの断面積として正しいものを(1)~(5)から一つ選び、その番号を示せ。ただし、この金属のポアソン比を  $\nu=0.3$  とする。

- (1)  $2.176 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- (2)  $2.193 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- (3)  $2.199 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- (4)  $2.206 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- (5)  $2.223 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

(材料力学の基礎)

【問 1 6】 ヤング率  $E$ 、長さ  $l$  の異断面丸棒  $AB$  が図のように、剛体壁に接着されている。いま、断面  $C$  の位置に図のような荷重  $P$  を負荷したとき、 $AC$  部分、 $CB$  部分にそれぞれ生じる応力  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  として、正しい組み合わせを(1)~(5)から一つ選び、その番号を示せ。ただし、 $AC$  の断面積を  $A_1$ 、 $CB$  の断面積を  $A_2$  とする。

- (1)  $\sigma_1 = \frac{Pl_2}{A_1l_2 + A_2l_1}$ ,  $\sigma_2 = -\frac{Pl_1}{A_1l_2 + A_2l_1}$
- (2)  $\sigma_1 = \frac{Pl_1}{A_1l_2 + A_2l_1}$ ,  $\sigma_2 = -\frac{Pl_2}{A_1l_2 + A_2l_1}$
- (3)  $\sigma_1 = -\frac{Pl_2}{A_1l_2 + A_2l_1}$ ,  $\sigma_2 = \frac{Pl_1}{A_1l_2 + A_2l_1}$
- (4)  $\sigma_1 = -\frac{Pl_1}{A_1l_2 + A_2l_1}$ ,  $\sigma_2 = \frac{Pl_2}{A_1l_2 + A_2l_1}$
- (5)  $\sigma_1 = \frac{Pl_2}{A_1l_2 + A_2l_1}$ ,  $\sigma_2 = \frac{Pl_1}{A_1l_2 + A_2l_1}$



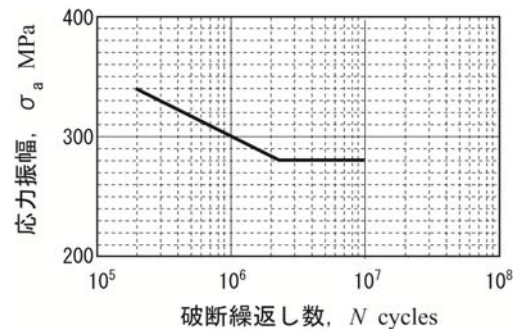
\*\*\*\*\* (2級受検者はここまで / 1級受検者は最後まで解答) \*\*\*\*\*

【問 1 7】材料の疲労強度に関する以下文章中の空欄(a)～(e)に入る最も適当な言葉の組合せを(1)～(5)から一つ選び、その番号を示せ。

疲労破壊において現象を支配する第一因子は負荷の繰返しであり、繰返し数が **(a)** 程度以上となる高サイクル疲労では **(b)** が支配因子であり、**(c)** が二次的影響を及ぼす。疲労では、破断までの **(d)** が重要であり、**(b)** と **(d)** の関係において、炭素鋼などでは  $10^6 \sim 10^7$  で明瞭な折れ点を示し、 $10^7$  回の繰返しに耐えられた **(b)** を疲労限度と呼ぶ。炭素鋼などの鉄鋼材料の疲労限度は、引張強さや **(e)** などと密接に関係があり、経験的な式として比例関係があることが知られている。

- (1) (a)  $10^3$  回, (b) 平均応力, (c) 応力振幅, (d) 時間, (e) 伸び
- (2) (a)  $10^3$  回, (b) 応力振幅, (c) 平均応力, (d) 繰返し数, (e) 硬さ
- (3) (a)  $10^5$  回, (b) 平均応力, (c) 応力振幅, (d) 時間, (e) 伸び
- (4) (a)  $10^5$  回, (b) 応力振幅, (c) 平均応力, (d) 繰返し数, (e) 硬さ
- (5) (a)  $10^7$  回, (b) 平均応力, (c) 応力振幅, (d) 時間, (e) 硬さ

【問 1 8】鉄鋼材料（降伏応力 $\sigma_y=450\text{MPa}$ ，引張強さ $\sigma_B=560\text{MPa}$ ）の回転曲げ疲労試験をした結果、右図のような折れ点を有する  $S-N$  曲線が得られた。そこで、応力比  $R=0.5$  の時の疲労限度 $\sigma_{w1}$ と  $N_f=2.0 \times 10^5$  の時間強度 $\sigma_{w2}$ を修正グッドマン線から推定した場合、適当な値の組合せを(1)～(5)から一つ選び、その番号を示せ。

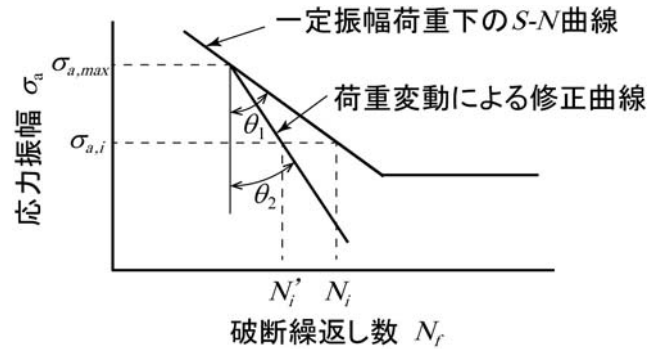


- (1)  $\sigma_{w1}=98\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2}=104\text{MPa}$
- (2)  $\sigma_{w1}=98\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2}=118\text{MPa}$
- (3)  $\sigma_{w1}=112\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2}=118\text{MPa}$
- (4)  $\sigma_{w1}=112\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2}=121\text{MPa}$
- (5)  $\sigma_{w1}=112\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2}=136\text{MPa}$



【問 1 9】 応力振幅や平均応力が頻繁に変動する実働荷重においては、一定振幅荷重下の  $S-N$  曲線を用いた線形累積損傷則では疲労寿命を過大に評価する場合がある。そのため下図に示すように変動荷重に含まれる最大の応力振幅  $\sigma_{a,max}$  の点を基準として、この点から修正係数  $\beta (= \tan\theta_2 / \tan\theta_1)$  を用い、一定振幅荷重下の  $S-N$  曲線より傾きの急な新しい  $S-N$  曲線を求め、これにより各応力レベルに対する破断繰返し数  $N_i'$  を見積り、線形加算により累積損傷値を求める方法が提案されている。その方法は何と呼ばれているか。適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 修正マイナーの方法
- (2) ハイバツハの方法
- (3) フロイデントールーヘラーの方法
- (4) コーテンドランの方法
- (5) マンソンーコフィンの方法



【問 2 0】 疲労強度に及ぼす平均応力の影響を表したものは疲労限度線図と呼ばれ、数種類の関係が提案されている。その一般的な表現式は次式で与えられる。

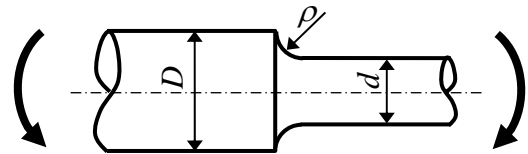
$$\sigma_w = \sigma_{w0} \left\{ 1 - \left( \frac{\sigma_m}{A} \right)^B \right\}$$

ここで、 $\sigma_w$  は平均応力  $\sigma_m (>0)$  が作用している片振り疲労試験での疲労限度、 $\sigma_{w0}$  は両振り疲労試験での疲労限度である。疲労限度線図の一つである修正グッドマン線図の場合に  $A, B$  の正しい組合せを(1)~(5)から一つ選び、その番号を示せ。ただし、 $\sigma_T$  は真破断力、 $\sigma_B$  は引張強度、 $\sigma_y$  は降伏応力である。

- (1)  $A=\sigma_T, B=1$       (2)  $A=\sigma_B, B=1$       (3)  $A=\sigma_y, B=1$
- (4)  $A=\sigma_B, B=2$       (5)  $A=\sigma_y, B=2$

【問 2 1】図に示す段付丸棒 ( $D=50\text{mm}$ ,  $d=30\text{mm}$ )

に  $10^7$  回以上の回転曲げ応力が負荷されている。切欠き係数  $K_f$  を 1.5 以下にしたい場合、段付丸棒の寸法  $\rho$  は少なくとも何 mm 以上必要となるか、適当な値



を(1)~(5)から一つ選び、その番号を示せ。なお、段付丸棒の曲げ切欠き係数  $K_f$  はテキスト「初心者のための疲労設計法」 p.18 表 2.3 から計算することができる。ここで、段付丸棒材の引張強度は  $400\text{MPa}$  ( $40.8\text{kgf/mm}^2$ ) とする。また、JIS で規定されている  $\rho \geq 3d$  は考慮しなくても良いものとする。

- (1) 1.26mm 以上
- (2) 1.88mm 以上
- (3) 2.54mm 以上
- (4) 3.75mm 以上
- (5) 4.83mm 以上

【問 2 2】微小疲労き裂の進展挙動に関する以下の記述の中で、適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 実際の機械・構造物の疲労寿命の大半を占めるのは、長い疲労き裂の進展領域であり、疲労き裂発生とそれに続く微小疲労き裂進展が占める割合は小さい。微小き裂進展速度評価には、長い疲労き裂の進展評価で使うパリズ則をそのまま適用することができない。
- (2) 実際の機械・構造物の疲労寿命の大半を占めるのは、疲労き裂の発生とそれに続く微小き裂進展である。微小き裂進展速度は、長い疲労き裂の進展評価で使うパリズ則をそのまま利用することで評価でき、余寿命の推測が可能である。
- (3) 実際の機械・構造物の疲労寿命の大半を占めるのは、疲労き裂の発生とそれに続く微小き裂進展である。微小き裂進展の下限界応力は、長い疲労き裂の下限界応力拡大係数範囲  $\Delta K_{th}$  から推測できる。
- (4) 実際の機械・構造物の疲労寿命の大半を占めるのは、長い疲労き裂の進展領域であり、疲労き裂発生とそれに続く微小疲労き裂進展が占める割合は小さい。微小き裂進展の下限界応力は、平滑材の疲労限度  $\sigma_w$  から推測できる。
- (5) 実際の機械・構造物の疲労寿命の大半を占めるのは、疲労き裂の発生とそれに続く微小き裂進展である。微小き裂進展速度は、長い疲労き裂の進展評価で使うパリズ則をそのまま適用することができない場合がある。

【問 2 3】許容応力を降伏応力 ( $\sigma_y=350\text{MPa}$ ) の 20%以下として設計したアルミニウム合金の部材で疲労破壊が生じ、疲労き裂発起点には介在物が、破面にはストライエーションが認められた。ストライエーション間隔は、き裂発起点から 13mm および 30mm の距離で、それぞれ  $10^{-4}\text{mm}$  および  $10^{-3}\text{mm}$  であった。破面解析を行った結果に関する以下の記述の中で、適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

ただし、ストライエーションを観察した位置がき裂長さ  $a$  に対応しており、パリス則、および応力拡大係数範囲は以下の式で与えられるものとする。

$$da/dN = 9.7 \times 10^{-14} \times (\Delta K)^{5.4}$$

$$\Delta K = \Delta \sigma \sqrt{\pi a}$$

- (1) ストライエーション間隔から、それぞれの位置での  $\Delta K$  は約  $13\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  および約  $20\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  と見積もられる。き裂長さから、予想される負荷応力  $\Delta\sigma$  は約  $64\text{MPa}$  および約  $65\text{MPa}$  である。いずれも設計応力に従っており、介在物からの疲労き裂発生と進展が破壊の原因である。
- (2) ストライエーションが認められたことから、疲労破壊であることは判明するが、これだけのデータでは原因を想定することはできない。
- (3) ストライエーション間隔から、それぞれの位置での  $\Delta K$  は約  $17\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  および約  $30\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  と見積もられる。き裂長さから、予想される負荷応力  $\Delta\sigma$  は約  $85\text{MPa}$  および  $98\text{MPa}$  である。いずれも設計応力を上回っており、使用応力が設計とは異なっていたことを示唆している。
- (4) き裂発起点に介在物が認められた以上、欠陥材料であり、ストライエーションに基づく破面解析は行う必要がない。
- (5) ストライエーション間隔から、それぞれの位置での  $\Delta K$  は約  $13\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  および約  $30\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  と見積もられる。き裂長さから、予想される負荷応力  $\Delta\sigma$  は約  $64\text{MPa}$  および  $98\text{MPa}$  である。一方が設計応力を上回っており、使用中に過大な荷重が負荷された可能性がある。

【問 2 4】非仕上げの横突合せ両面溶接継手の疲労強度を JSSC (社団法人日本鋼構造協会) の鋼構造物の疲労設計指針にて調べたところ、強度等級 D、 $\Delta\sigma_f$  は 100、 $m$  は 3 との記載があった。以下の記述の中から不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) JSSC の鋼構造物の疲労設計指針では、母材の引張強さが  $400\text{N}/\text{mm}^2$  の炭素鋼の溶接継手と  $600\text{N}/\text{mm}^2$  の低合金鋼の溶接継手とも、溶接継手の種類が同じであれば強度等級は同じとみなしている。
- (2) その強度等級は継手の種類によって決められている。この横突合せ溶接継手では止端仕上げした場合、強度等級は C に上がる。
- (3)  $\Delta\sigma_f$  が 100 ということは、 $2 \times 10^6$  回の疲労強度が  $100\text{N}/\text{mm}^2$  という意味である。
- (4)  $\Delta\sigma_f$  が 100 ということは、 $S-N$  線図の折れ曲り点は  $2 \times 10^6$  回とみなせるので、疲労限度も  $100\text{N}/\text{mm}^2$  と考えて良い。
- (5)  $m$  が 3 というのは、 $S-N$  線図の傾斜部の傾きが  $-1/3$  という意味である。