

2015年度

(公社) 日本材料学会 技能検定試験

技能種別：疲労試験



2015年9月25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。**

【問1】疲労試験機に関する下記文章中の空欄(a)～(e)に入る最も適当な言葉の組合せを(1)～(5)の中から選択せよ。

任意の応力比や任意の応力波形での疲労試験に適しているのは (a) である。(a) で  $R=0$  の完全片振り試験を行うには、平均応力 $\sigma_m$ を応力振幅 $\sigma_a$ の (b) 倍に設定する。また、この (a) で応力比  $R=-1$  の試験を行うには、平均応力 $\sigma_m$ を応力振幅 $\sigma_a$ の (c) 倍に設定する。

疲労試験機には、試験開始から試験片が破断あるいは破損するまでの (d) を求められる装置を備えることが要求される。さらに、停電等で試験機が一旦停止した後には、自動的に再起動 (e) 機構を有していることも要求される。

- (1) (a) 軸力制御疲労試験, (b) 0, (c) 1, (d) 経過時間, (e) しない
- (2) (a) 軸力制御疲労試験, (b) 1, (c) 0, (d) 繰返し数, (e) しない
- (3) (a) 軸力制御疲労試験, (b) 1, (c) 1, (d) 繰返し数, (e) する
- (4) (a) 回転曲げ疲労試験, (b) 0, (c) 1, (d) 経過時間, (e) しない
- (5) (a) 回転曲げ疲労試験, (b) 1, (c) 0, (d) 繰返し数, (e) する

【問2】疲労試験片に関する下記の記述の中で、不適切なものを選択せよ。

- (1) 平板の2号試験片(記号2-15)の幅を分解能  $50\mu\text{m}$  のノギスを用いて、3箇所を測定し、その算術平均を試験片の幅とした。
- (2) 平板の1号試験片の両板面の仕上げ加工は、必要に応じて施さなくてもよい。
- (3) 平板の1号試験片の両側面の縁部には、半径  $0.1\text{mm}$  程度の丸みをつけなければならない。
- (4) 最小断面部を有する丸棒の2号試験片(記号2-6)の最小断面部直径を分解能  $20\mu\text{m}$  のノギスを用いて、互いに直交する2方向について測定した。その算術平均を最小断面部の直径としてもよい。
- (5) 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。

【問3】応力制御疲労試験の手順は、試験片の取り付け、負荷応力の設定、試験の開始と終了に大別できる。下記の記述の中で、不適切なものを選択せよ。

- (1) 試験片の取り付けに際しては、偏心を避け、かつ試験中に緩まないよう強固にする必要がある。
- (2)  $S-N$  曲線を求めるために複数の応力段階で試験を行う場合は、応力によらず相隣る二つの応力の比が  $1.05\sim 1.5$  となるように、等間隔の応力段階を設定すればよい。
- (3) 試験を開始するときは、衝撃なく、かつ速やかに所定の負荷力が加わるようにする。また、一連の試験は同一の繰返し速度で行うことが望ましい。
- (4) 試験は原則として、同一試験片について開始から終了まで休止することなく行う。試験を途中で休止した場合は、休止までの繰返し数および休止時間を記録する。
- (5) 特に指定された場合を除き、繰返し数  $10^7$  回まで試験して破断しなかった場合には、試験を打ち切ることができる。

【問4】軸力制御疲労試験、ならびにひずみ（変位）制御疲労試験においては、試験片の軸合わせに留意して試験片を取付けることが重要である。軸合せの確認は、試行用の試験片を用いて、その最小断面部の表面に周方向で等間隔になるように設定した4箇所、軸方向に一致させて貼付したひずみゲージの出力に基づいて行う。計測された最大曲げひずみは、疲労試験で設定したひずみ範囲の最小値の何%以下であればよいか。下記の中で、正しいものを選択せよ。

- (1) 1%, (2) 3%, (3) 5%, (4) 10%, (5) 20%

【問5】*S-N* 曲線回帰法に関する下記文章中の空欄(a)~(e)に入る最も適当な言葉の組合せを(1)~(5)の中から選択せよ。

金属材料の*S-N* 曲線は明確に疲労限度を定義できるような (a) を示す場合と、漸次低下する場合とがある。日本材料学会標準では前者を (b)、後者を (c) と分類分けをしている。また、明確な折れ曲がりを示す (b) では、(d) や (e) などの回帰モデルが提案されている。なお、(d) と (e) の片対数折れ線モデルは以下の通りである。

$$\text{(d)} : \begin{cases} \sigma = -A \log_{10} N + B & (N < N_w) \\ \sigma = E & (N > N_w) \end{cases}$$

$$\text{(e)} : (\sigma - E)(\sigma + A \log_{10} N - B) = C$$

$A, B, C, E, N_w$  は定数

- (1) (a) 折れ曲がり, (b) 疲労限度型 *S-N* 曲線, (c) 連続低下型 *S-N* 曲線, (d) 折れ線回帰モデル, (e) 曲線回帰モデル
- (2) (a) 折れ曲がり, (b) 連続低下型 *S-N* 曲線, (c) 疲労限度型 *S-N* 曲線, (d) 曲線回帰モデル, (e) 折れ線回帰モデル
- (3) (a) 連続低下点, (b) 連続低下型 *S-N* 曲線, (c) 疲労限度型 *S-N* 曲線, (d) 折れ線回帰モデル, (e) 曲線回帰モデル
- (4) (a) 連続低下点, (b) 疲労限度型 *S-N* 曲線, (c) 連続低下型 *S-N* 曲線, (d) 曲線回帰モデル, (e) 折れ線回帰モデル
- (5) (a) 回帰点, (b) 疲労限度型 *S-N* 曲線, (c) 連続低下型 *S-N* 曲線, (d) 折れ線回帰モデル, (e) 曲線回帰モデル

【問6】降伏応力  $\sigma_y=250\text{MPa}$ , 引張強さ  $\sigma_B=400\text{MPa}$  の材料を用いて、両振りの引張圧縮疲労試験を行ったときの疲労限度は  $\sigma_{w0}=200\text{MPa}$  であった。この材料に  $50\text{MPa}$  の平均応力を作用させて引張圧縮疲労試験を行う場合、その疲労限度をゾーデルベルク線で推定するとどれくらいになるか。以下から選択せよ。

- (1)  $150\text{MPa}$ , (2)  $155\text{MPa}$ , (3)  $160\text{MPa}$ , (4)  $165\text{MPa}$ , (5)  $170\text{MPa}$

【問7】金属疲労に関する下記の記述の中で、不適切なものを選択せよ。

- (1) 同じ材料で種々の直径の平滑試験片を準備して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。
- (2) 疲労試験における応力振幅は繰返し負荷応力の変動幅の1/2で表されるので、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 $\sigma_a=(\sigma_{\max}-\sigma_{\min})/2$ で与えられる。
- (3) 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。
- (4) 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降伏応力 $\sigma_y$ を結んだ直線を意味するものであり、耐久設計の上で最も安全側の設計基準として広く利用されている。
- (5) 金属材料の疲労特性の評価に当たり、縦軸に応力振幅 $\sigma_a$ をとり、横軸に破断寿命 $N_f$ をとったS-N曲線を描くのが一般的であるが、評価の趣旨によっては最大応力 $\sigma_{\max}$ などを縦軸にとってもよい。

【問8】金属材料の疲労破面の観察結果に関する下記の記述の中で、正しいものを選択せよ。

- (1) 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。
- (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、最終破断部付近でも繰返し効果のために、静的な引張り破面で一般に観察されるディンプル状の破面パターンは全く観察されない。
- (3) 負荷レベルが高い場合は、試験片表面の1ヶ所でき裂が発生・進展して疲労破断に至るが、負荷レベルが低くなると表面上のいくつかの場所で疲労き裂が発生し、これらが合体して疲労破壊が発生する傾向がある。
- (4) ストライエーション模様は、一般にき裂発生起点の付近で明瞭に観察されるが、き裂進展とともにき裂進展速度が高くなるので、き裂の進展に伴って不明瞭になる傾向がみられる。
- (5) 金属材料の疲労破面にはストライエーション模様が形成されることが多いが、この模様をSEMで観察すると、波により砂浜に形成される模様とよく似ているので、これをビーチマークとも呼ぶことがある。

【問 9】疲労試験機の荷重検定，較正に関する下記の記述の中で，不適切なものを選択せよ．

- (1) JIS 規格では，疲労試験機は試験片に所要の荷重をできるだけ速やかに加えることができることが要求されている．
- (2) JIS 規格では，疲労試験機は安定した荷重を加えることができることが要求されている．
- (3) 軸加振型の疲労試験機の静荷重の検定を，JIS の一軸試験機の検証に使用する力計の校正方法に則って実施した．
- (4) JIS 規格では，疲労試験機の動的荷重検定に関して，具体的な規定がない．
- (5) 疲労試験機の動的荷重検定に関して，その手法が規格で厳密に定められているため，それに従う必要がある．

【問 10】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下記の記述の中で，不適切なものを選択せよ．

- (1) 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 $\pm 0.1\%$ 以下でなければならない．
- (2) 校正中の周囲温度は  $18\sim 22^{\circ}\text{C}$  と安定していたので校正の基準を満たしている．
- (3) 力計で測定した結果，最大値は  $100.8\text{kN}$ ，最小値は  $100.5\text{kN}$ ，真の力は  $100.0\text{kN}$  であった場合，相対繰返し誤差は  $0.8\%$  である．
- (4) 校正の間隔が 12 カ月を超えないことが推奨される．また装置の移設や大きな修理を行った場合も実施する．
- (5) 校正・検証報告書には，力計の形式，等級，校正証明書番号の記載が必要である．

【問 1 1】引張圧縮疲労試験などで用いられる電気油圧サーボ疲労試験装置の油圧源の作動油の点検に関する下記文章中の空欄(a)～(e)に入る最も適当な言葉の組合せを(1)～(5)の中から選択せよ。

油圧装置において、作動油は動力の伝達とともにポンプ、バルブ等の部品を潤滑するという重要な役割を果たしている。このため、作動油の保守点検には十分な配慮が必要であり、運転前および (a) も定期的に (b) による点検をおこない油漏れのないようにする。油漏れにより油圧タンク内の油面が異常に低下すると (c) を起こし、ポンプを損傷したり、油温が上昇したりする。このため常に基準油面近くに油面を維持すること。徐々に油温が上昇してきた場合は、油 (d) 器伝熱管の汚染が考えられる。運転をいったん停止し調査の上、清掃すること。

作動油は (e) 使用したら新油と交換する。古い作動油は完全に抜き取り、油タンク内を洗浄した後、同銘柄の作動油を基準面まで給油する。

- (1) (a)停止後, (b)目視, (c)ローテーション, (d)冷却, (e)3 か月
- (2) (a)停止後, (b)顕微鏡, (c)ローテーション, (d)加熱, (e)3 か月
- (3) (a)運転中, (b)目視, (c)キャビテーション, (d)冷却, (e)3 か月
- (4) (a)運転中, (b)顕微鏡, (c)キャビテーション, (d)加熱, (e)1 年間
- (5) (a)運転中, (b)目視, (c)キャビテーション, (d)冷却, (e)1 年間

【問 1 2】試験職場の安全な運営に当たって実行すべき点がいくつかあげられる。下記の記述の中で、不適切なものを選択せよ。

- (1) 標準作業書を作成し、作業指導票に従った標準作業を行う。
- (2) 試験装置の使用状況を記録する管理台帳を作成し、使用時に必要事項を記入し、保管する。
- (3) 試験装置の定期点検時期と方法を定め、これを実行する。
- (4) 職場の安全を管理する組織（たとえば安全委員会）により、試験装置および周辺の安全巡視、対策を定期的に行う。
- (5) 試験装置の管理責任者は、試験を実施する都度選定する。

【問 1 3】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いくつかあげられる。下記の記述の中で、不適切なものを選択せよ。

- (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。
- (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。

## SI 単位系

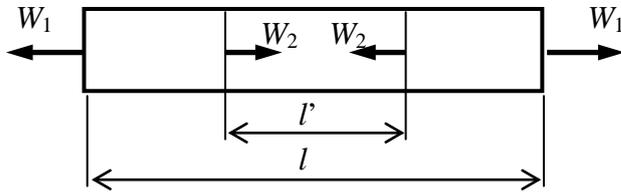
【問 1 4】 SI 単位系に関する下記の記述の中で、不適切なものを選択せよ。

- (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 Z8203 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。

【問 1 5】 長さ 2m, 直径 1cm, 縦弾性係数 (ヤング率)  $E = 206\text{GPa}$  の鉄鋼の棒で、重さ 1t (トン) の自動車を吊り下げるとき、棒のひずみ  $\varepsilon$  と伸び  $l$  の組み合わせとして正しいものを (1)~(5)の中から選択せよ。

- (1)  $\varepsilon = 1.5 \times 10^{-5}$ ,  $l = 0.031\text{mm}$
- (2)  $\varepsilon = 6.1 \times 10^{-5}$ ,  $l = 0.122\text{mm}$
- (3)  $\varepsilon = 1.5 \times 10^{-4}$ ,  $l = 0.31\text{mm}$
- (4)  $\varepsilon = 1.5 \times 10^{-4}$ ,  $l = 1.5\text{mm}$
- (5)  $\varepsilon = 6.1 \times 10^{-4}$ ,  $l = 1.22\text{mm}$

【問16】横断面積  $A$ 、長さ  $l$  の細い棒が、図のように4つの断面に矢印の向きの荷重  $W_1$ 、 $W_2$  を受けるときに生じる棒の全伸びを(1)~(5)の中から選択せよ。ただし、材料の縦弾性係数(ヤング率)を  $E$  とする。



- (1)  $(W_1 l - W_2 l') / AE$
- (2)  $(W_1 l + W_2 l') / AE$
- (3)  $(W_1 l' + W_2 l) / AE$
- (4)  $(W_1 l' - W_2 l) / AE$
- (5)  $W_1 l / AE$

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

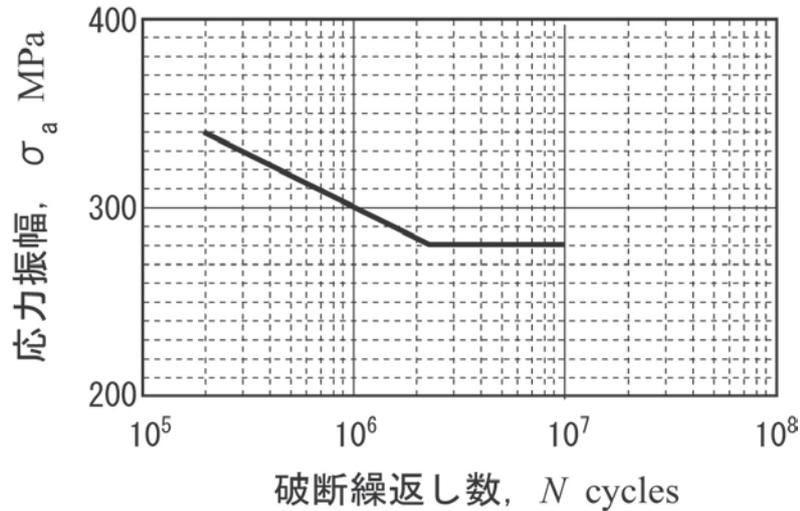
【問 1 7】材料強度学と疲労研究の歴史に関する下記の記述の中で、不適切なものを選択せよ。

- (1) 構造材料の強度を決定するための科学的実験を、初めて行ったのはレオナルド・ダ・ヴィンチであったと考えられている。彼は、その結果を「破断に対する絶対抵抗」の研究としてまとめて後世に伝えた。
- (2) 産業革命が起こったイギリスでは、カーコルディーが試験所をつくり、引張試験における種々の現象を見出した。またこの時期に金属材料の疲労が問題となった。
- (3) 疲労研究の始まりは、ドイツの鉱山技師アルベルトの実施した鉄製鎖の実体試験である。鎖の静的破断力より小さい力でも繰返し作用すれば突然破断することを見出した。
- (4) 疲労に関する系統的な研究を実施したのは、ドイツのヴェーラーである。機関車の車軸の疲労破壊について研究し、今日の疲労研究の基礎を築いた。
- (5) 第二次世界大戦中にアメリカで大量生産された溶接構造船の低温ぜい性破壊現象が多発した。このようなぜい性破壊の原因究明および防止方法を対象とした研究として破壊力学が発達した。

【問 1 8】材料の疲労強度に関する下記の記述の中で、不適切なものを選択せよ。

- (1) 鉄鋼材料の疲労限度を上昇させるために、材料表面に硬球を高速で衝突させるショットピーニングを施し、材料の表面粗さに配慮しつつ圧縮残留応力を適度に付与した。
- (2) 低硬度の炭素鋼の疲労限度を上昇させるために、焼入れの熱処理を施すことによって材料表面の硬さを  $300HV$  まで上昇させた。
- (3) 鉄鋼材料の疲労限度を評価するために、平滑材について回転曲げと引張圧縮の疲労試験を行った。断面直径が  $10\text{mm}$  程度の試験片であれば、負荷形式による疲労限度の差はなくなる。
- (4) 応力集中係数が高い切欠きを有する鉄鋼材料に一定振幅で応力を作用させ、き裂を発生させた。そのまま疲労試験を行った場合、負荷応力レベルによっては、き裂の進展が停止する停留き裂となることがある。
- (5) 鉄鋼材料のように  $S-N$  曲線で疲労限度が明瞭にみられる材料であっても、高温環境下などの特殊環境下においては折れ点がなくなり、疲労限度が存在しなくなる場合がある。このような場合には、 $N_f=10^7$  など特定の破断繰返し数に対する時間強度を疲労強度として用いる場合がある。

【問 1 9】鉄鋼材料の疲労試験を行った結果、下図の  $S-N$  曲線が得られた。この材料の試験片に対し、応力振幅  $340\text{MPa}$  で  $1.0 \times 10^5$  回、 $260\text{MPa}$  で  $1.0 \times 10^6$  回作用させた。この後に  $300\text{MPa}$  を繰返し作用させた場合の破断繰返し数をマイナー則と修正マイナー則で予測したい。予測された  $N_{f1}$  (マイナー則) と  $N_{f2}$  (修正マイナー則) の組み合わせとして正しいものを(1)~(5)の中から選択せよ。



- (1)  $N_{f1}=1.0 \times 10^5$  回,  $N_{f2}=1.0 \times 10^5$  回
- (2)  $N_{f1}=3.0 \times 10^5$  回,  $N_{f2}=5.0 \times 10^5$  回
- (3)  $N_{f1}=3.0 \times 10^5$  回,  $N_{f2}=3.0 \times 10^5$  回
- (4)  $N_{f1}=5.0 \times 10^5$  回,  $N_{f2}=3.0 \times 10^5$  回
- (5)  $N_{f1}=5.0 \times 10^5$  回,  $N_{f2}=3.0 \times 10^6$  回

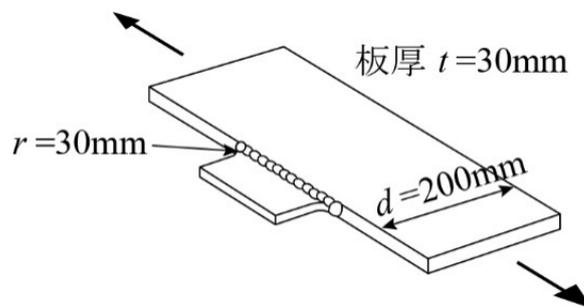
【問 2 0】マンソンの共通勾配法の式 (テキスト p.30 の式(3.10)) を変換して、繰返し応力-ひずみ関係の式 (テキスト p.28 の式(3.5)) を求めた場合、どのような式になるか? 正しいものを(1)~(5)の中から選択せよ。

- (1) 
$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{2E} + \varepsilon_f^{0.6} \left( \frac{\Delta \sigma}{7\sigma_B} \right)^{1/0.2}$$
- (2) 
$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{E} + \varepsilon_f^{0.6} \left( \frac{\Delta \sigma}{3.5\sigma_B} \right)^{1/0.2}$$
- (3) 
$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{E} + \left( \frac{\varepsilon_f^{0.6} \Delta \sigma}{3.5\sigma_B} \right)^{1/0.2}$$
- (4) 
$$\frac{\Delta \varepsilon}{2} = \frac{\Delta \sigma}{2E} + \varepsilon_f^{0.6} \left( \frac{\Delta \sigma}{7\sigma_B} \right)^{0.2}$$
- (5) 
$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{2E} + \frac{\varepsilon_f^{0.6}}{2} \left( \frac{\Delta \sigma}{3.5\sigma_B} \right)^{0.2}$$

【問 2 1】橋梁や船舶など溶接が多用される鋼構造物の設計では、溶接部が疲労破壊しないよう留意することが重要となる。以下の(1)～(5)の記述から、溶接部の高サイクル疲労破壊を防ぐ方法として、不適切なものを選択せよ。

- (1) 隅肉溶接部の止端部半径を大きくしたり、フランク角を小さくしたりするように、グラインダーなどで溶接後の仕上げを行い、溶接止端部の応力集中を低減する。
- (2) 溶接部の外観検査を確実に実施し、疲労き裂の起点となりやすい、ブローホールやアンダカットなどの溶接欠陥を残さない。
- (3) 一般構造用圧延鋼材の SS400 では、引張強さしか規定されていないため、溶接熱影響部からの疲労破壊を避けるための溶接後熱処理を必ず行わなければならない。
- (4) 溶接部近傍の引張残留応力を軽減するため、溶接部にショットピーニング処理を施して、表層に圧縮残留応力を付加する。
- (5) 構造物に働く荷重の大きさや向きを考慮して、適切な溶接継手、サイズを選択する。

【問 2 2】下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ち切り限界、(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(1)～(5)の中から選択せよ。



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

【問 2 3】ある鉄鋼材料のき裂進展速度  $da/dN$  (m/cycle) と応力拡大係数範囲  $\Delta K$  ( $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ) の関係式であるパリズ則を求めたところ、以下の関係式が得られた。

$$da/dN=C(\Delta K)^m \quad C=6.0\times 10^{-14}, \quad m=4$$

負荷応力幅  $\Delta\sigma=200$  MPa、き裂長さ  $a=5$  mm の疲労き裂の応力拡大係数範囲とき裂進展速度の正しい組合せを以下の中から選択せよ。応力拡大係数は  $K=\sigma\sqrt{\pi a}$  で与えられるものとする。

- (1)  $\Delta K = 12.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ,  $da/dN=7.5\times 10^{-13}$  m/cycle
- (2)  $\Delta K = 12.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ,  $da/dN=1.5\times 10^{-9}$  m/cycle
- (3)  $\Delta K = 12.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ,  $da/dN=2.4\times 10^{-10}$  m/cycle
- (4)  $\Delta K = 25.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ,  $da/dN=1.5\times 10^{-12}$  m/cycle
- (5)  $\Delta K = 25.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ,  $da/dN=2.4\times 10^{-8}$  m/cycle

【問 2 4】降伏応力  $\sigma_y=300$ MP, 引張り強さ  $\sigma_B=500$ MP, 平滑材の両振り疲労限度  $\sigma_{w0}=250$ MP の材料がある。平滑材を用いた疲労試験条件の中で、疲労破壊しない安全な組合せを修正グッドマン線図を用いて推定する。下記の記述の中で、安全な組合せであり、かつ切欠き材に修正グッドマン線図を適用する場合の経験則に関する記述が正しいものを選択せよ。

- (1) 平均応力  $\sigma_m=100$ MP, 応力振幅  $\sigma_a=200$ MP の正弦波であれば破壊しない。  
切欠き材の修正グッドマン線図は、縦軸に交わる点が平滑材の疲労限度  $\sigma_{w0}$  を切欠き係数  $K_f$  で除した値, 横軸に交わる点が平滑材の引張り強さ  $\sigma_B$  を応力集中係数  $K_t$  で除した値である。
- (2) 平均応力  $\sigma_m=200$ MP, 応力振幅  $\sigma_a=150$ MP の正弦波であれば破壊しない。  
切欠き材の修正グッドマン線図は、縦軸に交わる点が平滑材の疲労限度  $\sigma_{w0}$  を切欠き係数  $K_f$  で除した値, 横軸に交わる点が平滑材の引張り強さ  $\sigma_B$  を応力集中係数  $K_t$  で除した値である。
- (3) 応力振幅  $\sigma_a=100$ MP, 応力比  $R=0.5$  の正弦波であれば破壊しない。  
切欠き材の修正グッドマン線図は、縦軸に交わる点が平滑材の疲労限度  $\sigma_{w0}$  を切欠き係数  $K_f$  で除した値, 横軸に交わる点が平滑材の引張り強さ  $\sigma_B$  値である。
- (4) 応力振幅  $\sigma_a=140$ MP,  $R=0$  の正弦波であれば破壊しない。  
切欠き材の修正グッドマン線図は、縦軸に交わる点が平滑材の疲労限度  $\sigma_{w0}$  を切欠き係数  $K_f$  で除した値, 横軸に交わる点が平滑材の引張り強さ  $\sigma_B$  値である。
- (5) 応力振幅  $\sigma_a=50$ MP,  $R=0.7$  の正弦波であれば破壊しない。  
切欠き材の修正グッドマン線図は、縦軸に交わる点が平滑材の疲労限度  $\sigma_{w0}$  を切欠き係数  $K_f$  で除した値, 横軸に交わる点が平滑材の引張り強さ  $\sigma_B$  値である。