

2014年度

(公社) 日本材料学会 技能検定試験

技能種別：疲労試験



2014年9月26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】疲労試験片の寸法効果や切欠き効果に関する下記の記述の中で、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、試験片内部の介在物や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。

【問2】疲労試験片に関する下記の記述の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 機械加工を終えた試験片は、放置により錆が発生しても研磨布紙で仕上げて試験に供すればよいので、錆びたり傷がついたりするような保管でも問題はない。
- (2) 片持ちはりとして負荷する平板試験片の寸法は、必ずしも JIS Z2275 に規定されている寸法を遵守しなくてもよい。
- (3) JIS Z2274 1号試験片の平行部直径は、3箇所においてその直交する2方向の寸法を測定して算術平均し、最小値を示す位置の直径を採用する。
- (4) 丸棒試験片を研削加工する場合には、試験片が加熱されることのないようにしなければならない。
- (5) JIS Z2275 2号試験片の両板面は、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、必要があれば仕上げをしなくてもよい。

【問3】代表的な疲労試験機である軸力制御疲労試験機に関する下記の記述の中で、不適切なものを1つ選び、その番号を示せ。

- (1) ロードセルからの出力を制御装置にフィードバックして、所定の負荷力が試験片に加えられるように制御することができる。
- (2) 平滑試験片を用いると、評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) 試験片の軸と試験機の負荷軸とが一致するように細心の注意を払わなければならない。
- (4) 電気油圧サーボ制御式の試験機では、平均応力  $\sigma_m = 0$  の正弦波応力の繰返し負荷しかできない。
- (5) 汎用疲労試験機における繰返し速度は、ISO では、5~300Hz と指定されている。

【問4】砂時計型試験片のように平行部のない疲労試験片を用いてひずみ制御疲労試験を実施する場合には、径方向変位を計測・制御して行う。最小断面部の直径  $d = 10\text{mm}$  の試験片で軸方向応力範囲  $\Delta\sigma = 824\text{MPa}$  負荷したとき径方向の変化幅  $\Delta\delta$  が  $0.005\text{mm}$  であった。径方向ひずみ範囲  $\Delta\varepsilon_d$  と軸ひずみ範囲  $\Delta\varepsilon$  を求めよ。ただし、縦弾性係数  $E = 206\text{GPa}$ 、弾性変形におけるポアソン比  $\nu_e = 0.3$  とする。

- (1)  $\Delta\varepsilon_d = 2.5 \times 10^{-3}$ ,  $\Delta\varepsilon = 6.0 \times 10^{-3}$
- (2)  $\Delta\varepsilon_d = 2.5 \times 10^{-4}$ ,  $\Delta\varepsilon = 3.0 \times 10^{-4}$
- (3)  $\Delta\varepsilon_d = 5.0 \times 10^{-4}$ ,  $\Delta\varepsilon = 6.0 \times 10^{-4}$
- (4)  $\Delta\varepsilon_d = 2.5 \times 10^{-4}$ ,  $\Delta\varepsilon = 6.0 \times 10^{-4}$
- (5)  $\Delta\varepsilon_d = 5.0 \times 10^{-4}$ ,  $\Delta\varepsilon = 3.0 \times 10^{-4}$

【問5】 $S-N$  曲線回帰法に関する、以下の文中の空欄 (ア), (イ), (ウ), (エ), (オ) に入る最も適当な言葉の組合せを(1)~(5)の中から選択し、その番号を示せ。

回帰の前提条件として、ステアケース法やプロビット法などの手段で [ア] が求められる場合は、この値を固定して破断データのみを用い、回帰曲線のパラメータを推定する。また、材料学会標準では、[イ] 以上の繰返し数における未破断打切りデータが1点以上存在する場合は、ステアケース法のような手法で [ア] を求めていなくても、その値を推定する手法が提案されている。

すなわち、破断データ応力 [ウ] とこれより低応力の打切りデータ [エ] の平均値を [ア] とする。ただし、この手法で求めた [ア] に対し、破断データ応力 [ウ] とこれより低応力の打切りデータ [エ] の応力階差が  $\pm$  [オ]  $\times$  [ア] を超える場合には、これを [ア] とすることは出来ない。

- (1) (ア) 疲労限度, (イ)  $N = 5 \times 10^6$ , (ウ) 最小値, (エ) 最大値, (オ) 0.05
- (2) (ア) 時間寿命, (イ)  $N = 5 \times 10^6$ , (ウ) 最大値, (エ) 最小値, (オ) 0.05
- (3) (ア) 破断寿命, (イ)  $N = 5 \times 10^6$ , (ウ) 最小値, (エ) 最大値, (オ) 0.07
- (4) (ア) 疲労限度, (イ)  $N = 1 \times 10^7$ , (ウ) 最小値, (エ) 最小値, (オ) 0.07
- (5) (ア) 破断寿命, (イ)  $N = 1 \times 10^7$ , (ウ) 最大値, (エ) 最大値, (オ) 0.07

【問6】金属材料の疲労破面観察結果に関する下記の記述の中で、正しいものを1つ選び、その番号を示せ。

- (1) 金属材料の疲労破面を肉眼で観察すると、一般にき裂発生起点の付近では破面の凹凸が顕著となり、き裂進展の後期になるほど破面は滑らかになる傾向がみられる。
- (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、最終破断部付近の破面をSEMで観察すると、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が観察されることが多い。
- (3) ストライエーション模様は、結晶組織の影響を強く受けるため、き裂発生に関与した結晶粒内で特に明瞭に観察される傾向がある。
- (4) 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、負荷レベルが低い場合は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ことになる。
- (5) ストライエーションの間隔から対応箇所におけるき裂進展速度を測定することができるが、き裂発生箇所から当該場所までのき裂の長ささえわかれば、一般にその時点での負荷応力振幅も推定することができる。

【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1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) 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。
- (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、応力範囲はその二分の一である。
- (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) 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。

【問 8】 疲労試験機の荷重検定，較正に関する下記の記述の中で，正しいものを 1 つ選び，その番号を示せ。

- (1) 疲労試験機の荷重検定については，JIS 規格に疲労試験機の静的荷重・動的荷重検定方法が定められているので，それに沿って行えば良い。
- (2) 疲労試験機の荷重検定を荷重検定棒にて行う場合，負荷時のひずみが大きくなりすぎないように検定棒の断面積を注意して決める。検定棒の形状は，ISO 規格の軸荷重疲労試験機の動的荷重検定方法を参考にすると良い。
- (3) 高サイクル疲労試験機の動的荷重検定は，回転曲げ疲労試験機も軸荷重疲労試験機と同じ精度と方法で実施する必要がある。
- (4) 動的荷重検定では，試験機仕様から想定される全ての周波数と荷重容量の組合せを網羅して実施しなければならない。
- (5) 荷重検定は，試験機の部品交換，修理，再調整したときだけに行なえば良い。

【問 9】 安全規範に関する下記の記述の中で，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ。

- (1) 作業員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) 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。
- (5) 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。

【問 10】 手袋の使用に関する下記の記述の中で，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ。

- (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できるが，極低温用の使用を推奨する。

【問 1 1】平均応力の影響について検討する。引張強さ 800MPa，降伏応力 600MPa の材料の  $R = -1$  における疲労限度は 480MPa であった。この材料で切欠き係数  $\beta = 1.2$  を有する形状の部品を作製し，安全に使用できる応力範囲を疲労限度線図で推定した。安全な範囲にある使用条件を以下から 1 つ選び，その番号を示せ。

- (1) 最大応力 605MPa，最小応力 395MPa
- (2) 最大応力 605MPa，最小応力 195MPa
- (3) 最大応力 530MPa，最小応力 70MPa
- (4) 最大応力 505MPa，最小応力 -105MPa
- (5) 最大応力 455MPa，最小応力 -255MPa

【問 1 2】疲労試験装置の保守点検に関する，以下の文中の空欄 (ア)，(イ)，(ウ)，(エ)，(オ) に入る最も適当な言葉の組合せを(1)～(5)の中から選択し，その番号を示せ。

試験装置は，安全かつ  良く運用するために正しい保守をおこなうことが重要である。保守が不適切であったり保守を怠ったりすると，装置の安全性や  が低下し事故につながる危険性もある。

電気油圧サーボ疲労試験装置の油圧源の保守点検方法を次に示す。油圧源では，，ポンプ，フィルター，チェーンカップリング，，サクシヨンスターナについて保守点検をおこなう。保守点検で作動油および部品を交換する際，圧力が残っていると作動油が吹き出し  をおよぼす恐れがある。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。

- (1) (ア)コスト (イ)操作性 (ウ)作動油 (エ)電動機 (オ)人体に危害
- (2) (ア)コスト (イ)操作性 (ウ)作動油 (エ)電動機 (オ)装置に損傷
- (3) (ア)精度 (イ)操作性 (ウ)冷却水 (エ)端子盤 (オ)装置に損傷
- (4) (ア)精度 (イ)信頼性 (ウ)冷却水 (エ)端子盤 (オ)人体に危害
- (5) (ア)精度 (イ)信頼性 (ウ)作動油 (エ)電動機 (オ)人体に危害

【問 1 3】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 1 つ選び，その番号を示せ。

- (1) 前回の校正から 13 か月経過したため校正を実施。前回校正から 12 か月が経過しているこの 1 か月間の測定データも無効ではない。
- (2) 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  $\pm 0.5\%$  以下でなければならない。
- (3) 校正中の周囲温度は  $30\sim 33^{\circ}\text{C}$  と安定していたので校正の基準を満たしている。
- (4) 校正・検証報告書には，一般検査中に発見されたすべての異常を記載する必要がある。
- (5) 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% の 5 段階での測定を 3 回実施した。

【問 1 4】直径 60mm，長さ 300mm の断面一様な丸棒がある．これに 240kN の引張荷重を加えたところ，0.12mm の伸びが生じた．棒に生ずる応力 $\sigma$ と材料の縦弾性係数  $E$  の組み合わせとして正しいものを(1)～(5)の中から選択し，番号を示せ．

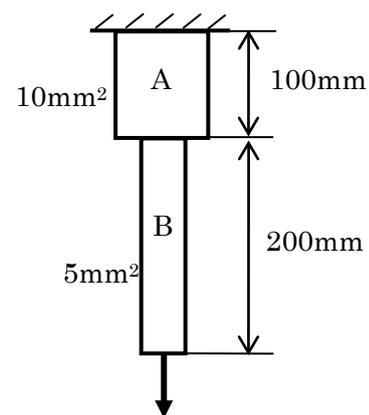
- (1)  $\sigma = 21\text{MPa}$ ,  $E = 71\text{GPa}$
- (2)  $\sigma = 21\text{MPa}$ ,  $E = 106\text{GPa}$
- (3)  $\sigma = 85\text{MPa}$ ,  $E = 106\text{GPa}$
- (4)  $\sigma = 85\text{MPa}$ ,  $E = 212\text{GPa}$
- (5)  $\sigma = 850\text{MPa}$ ,  $E = 212\text{GPa}$

【問 1 5】厚さ 3mm の軟鋼板に直径 20mm の穴をパンチによって打ち貫くために必要な荷重  $P$  と，その際パンチに生じる圧縮応力 $\sigma$ の組み合わせとして正しいものを(1)～(5)の中から選択し，番号を示せ．ただし，材料は $\tau=370\text{MPa}$  のせん断応力で破断するものとする．

- (1)  $P = 70\text{kN}$ ,  $\sigma = -194\text{MPa}$
- (2)  $P = 70\text{kN}$ ,  $\sigma = -222\text{MPa}$
- (3)  $P = 70\text{kN}$ ,  $\sigma = -259\text{MPa}$
- (4)  $P = 116\text{kN}$ ,  $\sigma = -222\text{MPa}$
- (5)  $P = 116\text{kN}$ ,  $\sigma = -259\text{MPa}$

【問 1 6】図に示すように，上端が固定された断面積  $10\text{mm}^2$ ，長さ 100mm の丸棒 A と断面積  $5\text{mm}^2$ ，長さ 200mm の丸棒 B が剛接された構造体の下端に 1kN の荷重を加えた．丸棒 A，B の縦弾性係数は  $200\text{GPa}$  である．丸棒の変形が比例限度内であるとき，全体の伸び $\delta$ と丸棒 B に発生するひずみ  $\varepsilon_B$  の組合せで正しいものを(1)～(5)の中から選択し，番号を示せ．

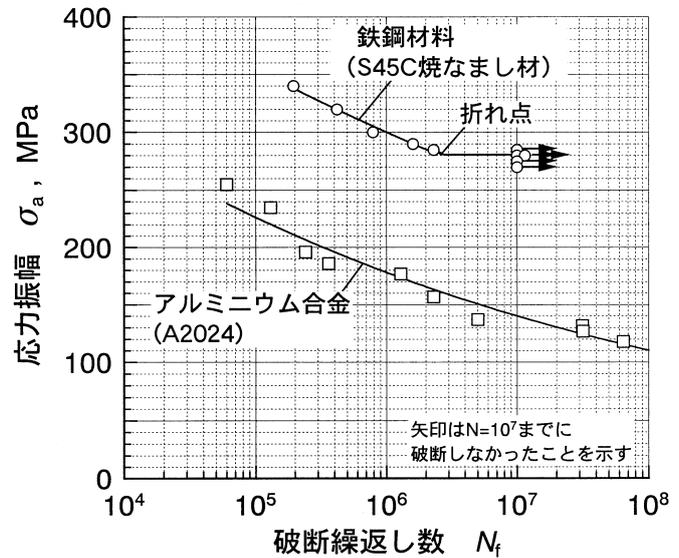
- (1)  $\delta = 0.25\text{mm}$ ,  $\varepsilon_B = 1 \times 10^{-3}$
- (2)  $\delta = 0.5\text{mm}$ ,  $\varepsilon_B = 2.5 \times 10^{-3}$
- (3)  $\delta = 0.25\text{mm}$ ,  $\varepsilon_B = 2.5 \times 10^{-3}$
- (4)  $\delta = 0.05\text{mm}$ ,  $\varepsilon_B = 1 \times 10^{-3}$
- (5)  $\delta = 0.05\text{mm}$ ,  $\varepsilon_B = 2.5 \times 10^{-3}$



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

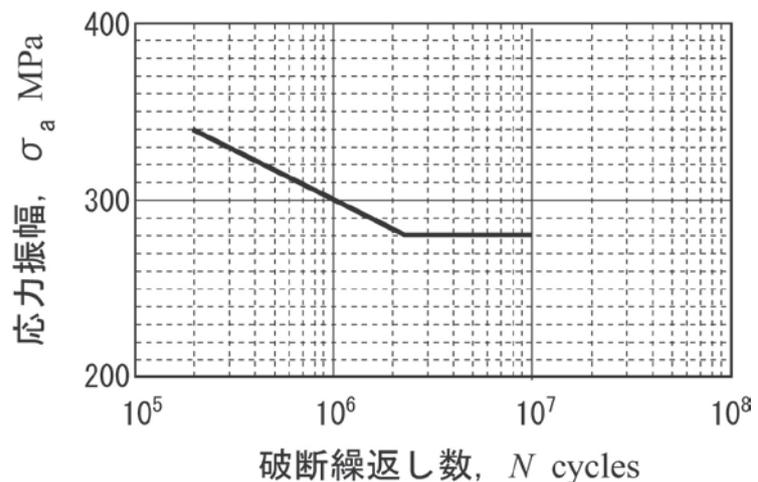
【問 1 7】鉄鋼材料とアルミニウム合金の回転曲げ疲労試験をした結果、図の様な  $S-N$  曲線が得られた。図より、鉄鋼材料の疲労限度  $\sigma_{w1}$  とアルミニウム合金の  $N_f=10^7$  の時間強度  $\sigma_{w2}$  の組み合わせとして最も近いものを 1 つ選び、その番号を記せ。

- (1)  $\sigma_{w1} = 270\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2} = 130\text{MPa}$
- (2)  $\sigma_{w1} = 270\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2} = 140\text{MPa}$
- (3)  $\sigma_{w1} = 280\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2} = 120\text{MPa}$
- (4)  $\sigma_{w1} = 280\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2} = 140\text{MPa}$
- (5)  $\sigma_{w1} = 340\text{MPa}$ ,  $\sigma_{w2} = 280\text{MPa}$



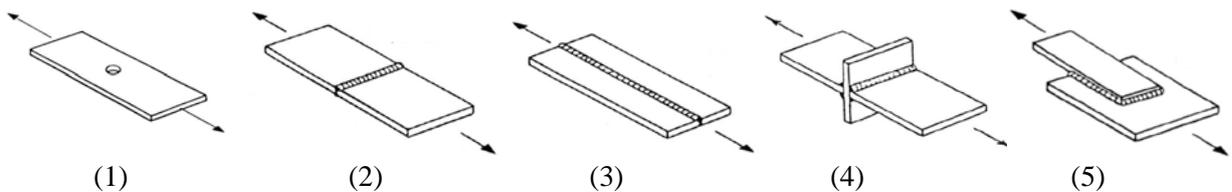
【問 1 8】鉄鋼材料の回転曲げ疲労試験をした結果、図の様な折れ点を有する  $S-N$  曲線が得られた。同図を元に、この材料の応力比  $R = 0.1$  における疲労限度  $\sigma_w$  を推定したい。修正グッドマン線を用いて推定する場合、応力振幅  $\sigma_a$  と平均応力  $\sigma_m$  の組み合わせとして最も近いものを 1 つ選び、その番号を記せ。ただし、鉄鋼材料の降伏応力を  $\sigma_Y = 400\text{MPa}$ 、引張強さを  $\sigma_B = 560\text{MPa}$  とする。

- (1)  $\sigma_a = 174\text{MPa}$ ,  $\sigma_m = 212\text{MPa}$
- (2)  $\sigma_a = 224\text{MPa}$ ,  $\sigma_m = 273\text{MPa}$
- (3)  $\sigma_a = 120\text{MPa}$ ,  $\sigma_m = 146\text{MPa}$
- (4)  $\sigma_a = 100\text{MPa}$ ,  $\sigma_m = 122\text{MPa}$
- (5)  $\sigma_a = 50\text{MPa}$ ,  $\sigma_m = 61\text{MPa}$



【問 1 9】日本鋼構造協会の鋼構造物の疲労設計指針に沿った場合に、以下の継手から疲労強度が最も低いと考えられるものを1つ選び、その番号を記せ。なお、 $\Delta\sigma_f$ は同指針における基本疲労強度である。

- (1) 円孔を有する母材（強度等級 C,  $\Delta\sigma_f=125$ ）
- (2) 止端仕上げした横突合せ溶接継手（強度等級 C,  $\Delta\sigma_f=125$ ）
- (3) 部分溶込み縦方向溶接継手（強度等級 D,  $\Delta\sigma_f=100$ ）
- (4) 荷重伝達型すみ肉溶接継手の止端破壊（強度等級 F,  $\Delta\sigma_f=80$ ）
- (5) 重ね継手（強度等級 H,  $\Delta\sigma_f=40$ ）



【問 2 0】低サイクル疲労に関する下記の記述の中で、正しいものを1つ選び、その番号を示せ。

- (1) 大きな塑性変形を繰り返して、少ない繰返し数で破断する疲労現象を低サイクル疲労（low cycle fatigue）という。破断繰返し数は  $10^5$  回程度以上である。降伏応力以上の応力が繰り返され、塑性ひずみが生じることから塑性疲労とも呼ばれる。
- (2) 低サイクル疲労においては、巨視的な塑性変形を生じるため、応力とひずみの関係はヒステリシスループを描く。ヒステリシスループでは全ひずみ範囲と全ひずみ振幅が定義できるが、ひずみの最大値と最小値の差が全ひずみ振幅である。
- (3) 繰返し応力-ひずみ関係は多数試験片法、振幅変動法、多段振幅変動法の3種類の方法で実験的に求めることができる。多数試験片法と多段振幅変動法は複数の試験片を必要とするが、振幅変動法は1本の試験片で繰返し応力-ひずみ関係を求めることができる。
- (4) 塑性ひずみ範囲と疲労寿命が両対数軸上で直線関係を示すことをコフィン-マンソン則と呼ぶ。コフィンとマンソンによりそれぞれ独立に提唱された。ただし、実際の設計においては、全ひずみ範囲を用いた疲労寿命予測の方が便利な場合もある。
- (5) 全ひずみ範囲を用いた疲労寿命予測法にコフィンとマンソンが協力して提案した共通勾配法がある。共通勾配法では、縦弾性係数  $E$  と引張強さ  $\sigma_B$  のみで疲労寿命を推定することができる。

【問 2 1】き裂を有する無限平板（図参照）に繰返し応力 $\Delta\sigma=100\text{MPa}$ が作用している。初期き裂長さは $2a_0=10\text{mm}$ である。この無限平板が破断するときの疲労寿命を求めよ。ただし、破断時の最終き裂長さは初期き裂長さより十分大きいとする。ここで、疲労き裂進展特性は式(A)に、き裂を有する無限平板の $K$ 値計算式は式(B)に示すとおりである。なお、計算にて円周率は3.14とする。

$$da/dN = C\Delta K^m = (2.3 \times 10^{-12})\Delta K^{3.1} \quad (\text{A})$$

$$\Delta K = \Delta\sigma\sqrt{\pi a_0} \quad (\text{単位: MPa}\cdot\text{m}^{1/2}) \quad (\text{B})$$

- (1)  $3.49 \times 10^6$  回
- (2)  $1.56 \times 10^6$  回
- (3)  $1.07 \times 10^6$  回
- (4)  $3.49 \times 10^4$  回
- (5)  $2.39 \times 10^4$  回

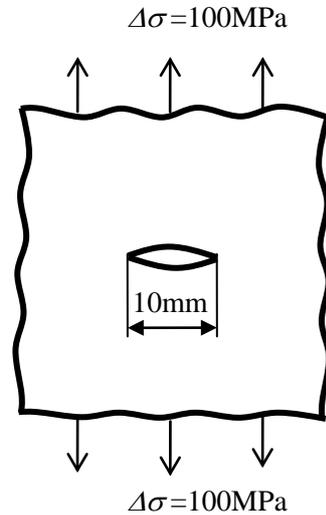


図 き裂を有する無限平板

【問 2 2】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 (Goodman) 線図の場合に A, B の正しい組合せを以下から選べ。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 3】 応力振幅を  $\sigma_a$ ，破断繰返し数を  $N_f$  としたとき， $S-N$  曲線が  $\sigma_a^{11} \cdot N_f = 10^{32}$  で表され，疲労限度が  $\sigma_w = 250$  MPa である材料に表のような 3 段繰返しプログラム応力が負荷されている状態を考える．マイナー則および修正マイナー則を用いて破断ブロック数の正しい値の組合せを以下の中から選択せよ．それぞれによる予測値を  $N_D$ ， $N_{MD}$  とする．

応力振幅 $\sigma_a$ (MPa)	1 ブロック中の繰返し数 $n_i$
350	8
280	300
230	5000

- (1)  $N_D=307$  ブロック， $N_{MD}=205$  ブロック
- (2)  $N_D=205$  ブロック， $N_{MD}=307$  ブロック
- (3)  $N_D=307$  ブロック， $N_{MD}=125$  ブロック
- (4)  $N_D=125$  ブロック， $N_{MD}=307$  ブロック
- (5)  $N_D=205$  ブロック， $N_{MD}=122$  ブロック

【問 2 4】 疲労強度設計に関する下記の記述の中で，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

- (1) 疲労き裂の発生が即時に構造物全体の破壊をもたらすような機器を対象とした疲労設計方法を安全寿命設計という．安全寿命設計には，疲労限度設計と有限疲労寿命設計がある．安全寿命設計は過度に安全性を保證する過大設計になる場合がありうる．
- (2) 機器の破壊に対して，多経路荷重構造や二重構造，バックアップ構造などを設けることにより，致命的な事故を防止する方法をフェイル・セーフ設計という．この設計方法は航空機の設計において発達した概念である．
- (3) 疲労強度設計は，“疲労限度設計”，“疲労き裂発生寿命設計”および“疲労き裂進展寿命設計”の 3 つに大別される．疲労限度設計に必要な基礎データはき裂進展特性 ( $da/dN-\Delta K$  曲線) と下限界応力拡大係数範囲 ( $\Delta K_{th}$ ) である．
- (4) 疲労き裂を導く材料欠陥や加工キズなどの初期欠陥を許容した設計方法を損傷許容設計という．溶接構造物の余寿命評価に採用されている破壊管理制御設計は，損傷許容設計と同様の考え方に基づいている．
- (5) 疲労強度は統計的なバラツキを有することが一般に知られている．また，機器に作用する外力も統計的なバラツキを有する．疲労強度と外力の統計的バラツキの関係から破壊確率が決定され，破壊確率と対応して安全率が決定される．