

2023年度

(公社) 日本材料学会 技能検定試験

技能種別：疲労試験



2023年11月2日(木)

13:00-14:30

日本材料学会 3階 会議室

(注意)

**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】 疲労限度や疲労強度に及ぼす試験片の状態等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) 高周波焼入れやショットピーニングなどの表面硬化処理を行うと，疲労限度が向上する。
- (2) 試験片に圧縮残留応力を生じさせる表面仕上げ加工や処理は疲労強度の向上につながるため，その応力値は大きければ大きいほど望ましい。
- (3) 試験片の表面粗さは微視的には切欠きとして作用して疲労強度が低下することもあるため，試験片を機械加工した場合にはその表面を研磨することが望ましい。
- (4) 最小断面積が同じであれば，切欠き試験片の疲労限度は，切欠きがない試験片の疲労限度よりも低下する。
- (5) 試験片形状が幾何学的に相似のとき，寸法が大きい試験片ほど疲労強度は低くなる。

【問 2】 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) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (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 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 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，フレット部半径 20mm，チャック部直径 8mm 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，最小断面幅 15mm，切欠き半径 30mm，板厚 2mm として設計製作した。
- (4) 丸棒の 2 号試験片 (記号 2-6) の寸法を，最小断面直径 6mm，切欠き半径 30mm，チャック部直径 12mm 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，最小断面直径 12mm，切欠き半径 70mm，チャック部直径 15mm として設計製作した。

【問4】疲労試験機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)の中から選択し、その番号を示せ。

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、である。

で $R=0$ の完全片振り試験を行うには、平均応力 σ_m を応力振幅 σ_a の倍に設定する。また、こので応力比 $R=-1$ の試験を行うには、平均応力 σ_m を応力振幅 σ_a の倍に設定する。

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

(疲労試験規格)

【問5】回転曲げ疲労試験において、取り付け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) 0.005mm (2) 0.01mm (3) 0.05mm (4) 0.1mm (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に従い、かつ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、時間強度分布はとなり、かつは一定となる。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 曲線の方向の平行移動で評価できる。そのようなばらつきをについて、破壊確率 P を関数として表した S-N 曲線をという。

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

(疲労の基礎 (専門用語・破面観察))

【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 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) 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 と対応することが知られている。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (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。

【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) 金属材料の疲労特性の評価に当たり、縦軸に応力振幅 σ_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 σ_{max} などを縦軸にとってもよい。
- (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 σ_{max} とし、最小応力を σ_{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 σ_{w0} を切欠き材の疲労限度 σ_{wk} で除した値で表される。
- (4) 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。
- (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降伏応力 σ_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。

(試験機維持・管理, 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の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 荷重検定の要否を判断するため、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 箇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校正した。
- (5) 試験静的荷重検定を 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。

【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の中で、不適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (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。

【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。

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

(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) 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。

【問 1 3】試験職場の安全な運営に当たって実行すべき点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) 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。

(材料力学の基礎, 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) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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 $\text{N} \cdot \text{m}$ 、 Nm あるいは mN であらわす。
- (5) 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、 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ 、 m/s^2 あるいは $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ と記述する。 m/s/s とはしない。

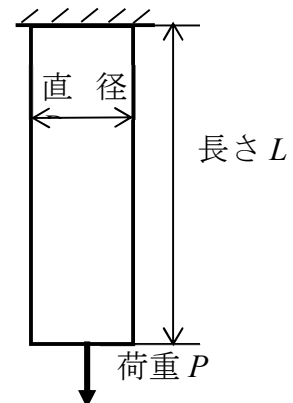
【問 1 5】図に示すように、上端が固定された直径 D 、長さ L 、ヤング率 E の丸棒の下端に荷重 P を加えた。丸棒の変形が比例限度内であるとき、次の 3 条件での丸棒の伸びを大きい順に示している答えとして、適切なものを一つ選び、その番号を示せ。

条件 A : $D=10 \text{ mm}$, $L=200 \text{ mm}$, $E=200 \text{ GPa}$, $P=10 \text{ kN}$

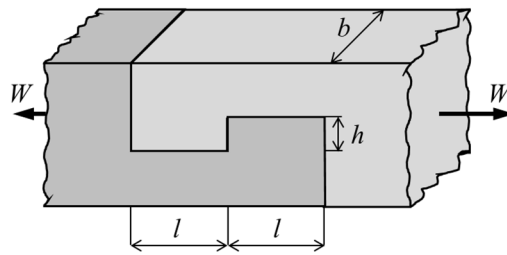
条件 B : $D=6 \text{ mm}$, $L=500 \text{ mm}$, $E=100 \text{ GPa}$, $P=4 \text{ kN}$

条件 C : $D=8 \text{ mm}$, $L=300 \text{ mm}$, $E=150 \text{ GPa}$, $P=5 \text{ kN}$

- (1) 条件 A > 条件 B > 条件 C
- (2) 条件 B > 条件 A > 条件 C
- (3) 条件 A > 条件 B > 条件 C
- (4) 条件 B > 条件 C > 条件 A
- (5) 条件 C > 条件 B > 条件 A



【問 1 6】 2 本の木製角柱が図のような組合せで結合されている。引張荷重 $W=50 \text{ kN}$ に耐えられるように接合部の寸法を定めたい。ただし、木材の圧縮およびせん断に対する許容応力をそれぞれ $\sigma_{\text{all}}=5 \text{ MPa}$, $\tau_{\text{all}}=0.8 \text{ MPa}$ とし、断面の横幅を $b=0.25 \text{ m}$ とする。 h と l の組み合わせとして、適切なものを一つ選び、その番号を示せ。



- (1) $h=0.04 \text{ m}$, $l=0.25 \text{ m}$
- (2) $h=0.04 \text{ m}$, $l=0.125 \text{ m}$
- (3) $h=0.25 \text{ m}$, $l=0.4 \text{ m}$
- (4) $h=0.25 \text{ m}$, $l=1.25 \text{ dm}$
- (5) $h=0.4 \text{ m}$, $l=2.5 \text{ m}$

***** (2 級受検者はここまで / 1 級受検者は問 2 4 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。

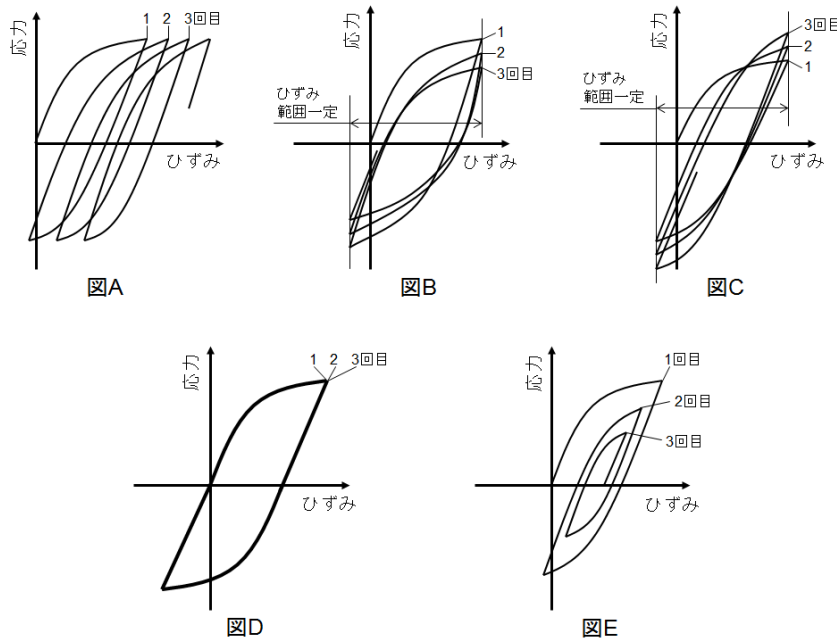
- (1) (a) 10^3 回, (b) 平均応力, (c) 応力振幅, (d) 時間, (e) 伸び
- (2) (a) 10^3 回, (b) 応力振幅, (c) 平均応力, (d) 繰返し数, (e) 硬さ
- (3) (a) 10^5 回, (b) 平均応力, (c) 応力振幅, (d) 時間, (e) 伸び
- (4) (a) 10^5 回, (b) 応力振幅, (c) 平均応力, (d) 繰返し数, (e) 硬さ
- (5) (a) 10^7 回, (b) 平均応力, (c) 応力振幅, (d) 時間, (e) 硬さ

【問 1 8】 微小疲労き裂の進展挙動に関する以下の記述の中で、適切なもの一つを選び、その番号を示せ。

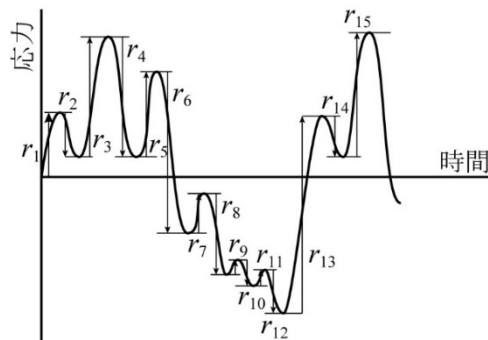
- (1) 実際の機械・構造物の疲労寿命の大半を占めるのは、疲労き裂の発生とそれに続く微小き裂進展である。微小き裂進展速度は、長い疲労き裂の進展評価で使うパリズ則をそのまま利用することで評価でき、余寿命の推測が可能である。
- (2) 実際の機械・構造物の疲労寿命の大半を占めるのは、疲労き裂の発生とそれに続く微小き裂進展である。微小き裂進展の下限界応力は、長い疲労き裂の下限界応力拡大係数範囲 ΔK_{th} から推測できる。
- (3) 実際の機械・構造物の疲労寿命の大半を占めるのは、長い疲労き裂の進展領域であり、疲労き裂発生とそれに続く微小疲労き裂進展が占める割合は小さい。微小き裂進展速度評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

【問 1 9】 繰返し加工硬化材の応力—ひずみ挙動として、適切なもの一つ選び、その番号を示せ。

- (1) 繰返し負荷を受けると平均ひずみが増大して、不可逆的に変形が進行する挙動 (図 A)
- (2) 一定ひずみ範囲が作用していきながら繰返しと共に応力範囲が減少していく挙動 (図 B)
- (3) 一定ひずみ範囲が作用している中で繰返しと共に応力範囲が増大していく挙動 (図 C)
- (4) 負荷の繰返しを受けても応力範囲とひずみ範囲が全く変化しない挙動 (図 D)
- (5) 負荷の繰返しにともない応力範囲とひずみ範囲が共に減少していく挙動 (図 E)



【問 2 0】 ランダム応力による疲労損傷を評価するためには、実働応力波形から疲労強度を支配する特性因子（応力振幅や平均応力など）を抽出し、その頻度分布を求める必要があり、波形計数法と呼ばれている。その一つとして図に示すように波形の隣り合う極小値と極大値の差を応力変化幅として計数する方法があるが、この方法の名前について、適切なもの一つ選び、その番号を示せ。



- (1) ピーク法
- (2) レンジ法
- (3) レンジペア法
- (4) レベルクロッシング法
- (5) レインフロー法

【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、不適切なものの一つを選び、その番号を示せ。

- (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】 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た結果として、適切なものの一つを選び、その番号を示せ。なお、対象とする材料の機械的性質は下表で与えられる。

降伏応力	引張強度	真破断応力	絞り	破断延性	縦弾性係数	横弾性係数
520 MPa	740 MPa	920 MPa	52%	12%	206 GPa	80 GPa

- (1) 0.03% (2) 0.12% (3) 0.33% (4) 0.53% (5) 0.65%

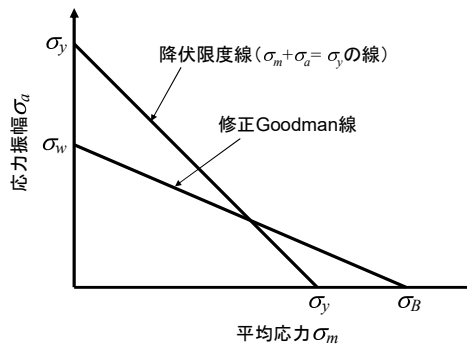
【問 2 3】 ある鉄鋼材料のき裂進展速度 da/dN (m/cycle) と応力拡大係数範囲 ΔK ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) の関係式であるパリス則を求めたところ、以下の関係式が得られた。

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

負荷応力振幅 $\Delta\sigma = 200$ 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組合せとして、適切なものの一つ選び、その番号を示せ。なお、応力拡大係数は $K = \sigma\sqrt{\pi a}$ で与えられるものとする。

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

【問 2 4】 降伏応力 $\sigma_y = 300$ MPa, 引張強さ $\sigma_B = 450$ MPa, 両振り疲労限度 $\sigma_w = 200$ MPa の鉄鋼材がある。図に示すように、この材料の疲労限度線図が、修正 Goodman 線と降伏限度線 ($\sigma_m + \sigma_a = \sigma_y$ の線) の下限包絡線であるとする。応力振幅軸方向にのみ安全率 2 を採用したとき、平均応力 $\sigma_m = 200$ MPa が作用するときの許容応力振幅として、適切なものの一つ選び、その番号を示せ。



- (1) 100MPa (2) 111MPa (3) 50.0MPa (4) 55.6MPa (5) 56.9MPa