２０２６年度

（公社）日本材料学会 技能検定試験

技能種別：疲労試験



２０２６年１０月３０日（金）
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】

疲労試験機に関する以下の記述の中で，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

(1) 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．

(2) 回転曲げ疲労試験機では，常に応力比 $R=-1$ となる．

(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 $\sigma_m=0$ となる．

(4) 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．

(5) 回転曲げ疲労試験機では，丸棒試験片に一定の曲げモーメントを負荷した状態で試験片を回転させる．

【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 1 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傾向にある．

(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) 平滑試験片の疲労限度を，切欠きを有する試験片の疲労限度で除した値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】

引張強さ 500 MPa，降伏応力 400 MPa の材料の平滑試験片における疲労限度は 250 MPa であった．この材料で切欠き係数 1.1 を有する部材を作製し，安全な使用条件を汎用的な疲労限度線図で推定したとき，安全な使用条件を以下から選択せよ．

(1) 平均応力 0 MPa,　応力振幅 240 MPa

(2) 平均応力 100 MPa，応力振幅 185 MPa

(3) 平均応力 200 MPa，応力振幅 120 MPa

(4) 平均応力 300 MPa，応力振幅 70 MPa

(5) 平均応力 400 MPa，応力振幅 30 MPa

【問４】

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 1 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 10 mm，平行部長さ 25 mm，フィレット部半径 30 mm，チャック部直径 15 mm 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 6 mm，切欠き半径 30 mm，チャック部直径 12 mm 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 15 mm，切欠き半径 30 mm，板厚 2 mm 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 6 mm，平行部長さ 10 mm，フィレット部半径 20 mm，チャック部直径 8 mm 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 12 mm，切欠き半径 70 mm，チャック部直径 15 mm として設計製作した．

（疲労試験規格）

【問５】

疲労試験方法に関する以下の記述について，適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

(1) 軸方向疲労試験を繰返し速度 250 Hz で実施したところ試験片の発熱が確認され，温度は 50 ℃となったが，試験を継続し破断データとして採用した．

(2) 軸方向疲労試験において軸合わせを周方向に等間隔に貼り付けた 4 枚のひずみゲージの出力に基づいて行った．計測された最大曲げひずみは，疲労試験で設定するひずみ範囲の最小値の 4 %であったので，そのまま疲労試験を実施した．

(3) 繰返し数 10^7 回においても疲労試験片が破断しなかったので，負荷荷重を 5 %増加して疲労試験を実施したところ破断した．このデータを含めて *S-N* 曲線を作成した．

(4) JIS 規格の試験片を用いて行う回転曲げ疲労試験において軸振れを測定したところ 0.06 mm であった．この状態で疲労試験を実施してデータを取得した．

（*S-N* 曲線回帰法）

【問６】

S-N 曲線回帰法に関する以下の記述の中で，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

(1) 材料によって「疲労限度型 *S-N* 曲線」と「連続低下型 *S-N* 曲線」に分類して *S-N* 曲線を回帰する．

(2) 日本材料学会標準の *S-N* 曲線回帰では，片対数座標と両対数座標の両者を採用している．

(3) 「連続低下型 *S-N* 曲線」は，明確な疲労限度が現れないような材料の回帰に用いる．

(4) 日本材料学会標準の「連続低下型 *S-N* 曲線」では，ストロマイヤーの式を基本とした回帰モデルを採用している．

(5) 「疲労限度型 *S-N* 曲線」で回帰する場合，折れ点を繰返し数 10^7 回に設定しなければならない．

（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，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ.

(1) 金属材料の疲労破面を 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ことが多い.

(2) 金属材料の疲労破面において，き裂進展の初期段階よりもき裂進展後期の方が，ストライエーション模様が明瞭に形成される傾向がある.

(3) ストライエーション模様は，疲労破面上に疲労き裂進展方向と直交するように形成される筋状模様であり，ストライエーション間隔は，疲労き裂進展速度 $\mathrm{d}a/\mathrm{d}N$ とよく対応している.

(4) 金属材料の疲労破面を SEM 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.

(5) 負荷荷重が大きい場合には，疲労破面にラチェットマークと呼ばれる段差が見られることがある.

【問８】

金属疲労に関する以下の記述について，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ.

(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) 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.

(3) 応力振幅 σ_a とは，繰返し応力の変動範囲のことであり，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 $\sigma_a = (\sigma_{max} - \sigma_{min})$で与えられる.

(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引張強さ σ_B を結んだ直線を意味するものである.

(5) 疲労試験における応力比は $R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ で定義され，完全両振り負荷の場合の応力比は $R = -1$ であり，片振り引張りの場合は $R = 0$ である.

（試験機維持・管理，荷重検定）

【問９】

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) 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．

(2) 校正中の周囲温度は 19～21℃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 kN，最小値は 100.5 kN，真の力は 100.0 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１０】

疲労試験機の荷重検定および校正に関する以下の記述について，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

(1) 回転曲げ疲労試験機などを除いた軸荷重疲労試験機では，JIS B 7721 などに準拠して力計測系の校正が必要である．

(2) 疲労試験機の動的荷重検定方法は，JIS 規格では規定されていない．

(3) 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．

(4) 使用中の試験精度保証のための荷重検定は，試験機の部品交換，修理，再調整を行ったときに行えばよい．

(5) 疲労試験機の静的荷重の検定を 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１１】
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と制御装置の点検に関する以下の記述について，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ.

(1) 電動機はグリース補給が必要なものがある．詳細は電動機の銘板を確認すること.

(2) 制御装置のコネクタや端子盤は，長い時間のうちに接触部に付着したほこり等により, 絶縁不良や接触不良をおこすことがある. 点検を 1 年に 1 度程度実施すること.

(3) 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.

(4) 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．作動油は 3 年間使用したら新油と交換すること.

(5) 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.

（安全規範）
【問１２】
試験作業を安全に行うため，服装および保護具は重要である．以下の記述の中で，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ.

(1) 切屑が飛散する作業を行うため，ゴーグルタイプの保護眼鏡を使用した.

(2) 安全帽が変形していたが，着用できるので使用した.

(3) 靴は保護板が入っている安全靴を使用する．また, 摩耗・破損がないか点検する.

(4) 機械に巻き込まれることを防ぐため，作業前に袖口のボタンを確認した.

(5) 手袋をはめて作業していたが，ハンマーを扱うため手袋を外した.

【問１３】
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．以下の記述の中で，不適切なものを１つ選び，その番号を示せ．

(1) 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１４】
直径 26 mm，長さ 370 mm の丸棒が 30 kN の引張荷重を受けて 2.2 mm 伸びた．この丸棒に生じている応力 σ と縦弾性係数 E として正しい組み合わせを(1)〜(5)の中から選択せよ．

(1) σ=14.1 MPa, E=2.38 GPa

(2) σ=14.1 MPa, E=84.1 GPa

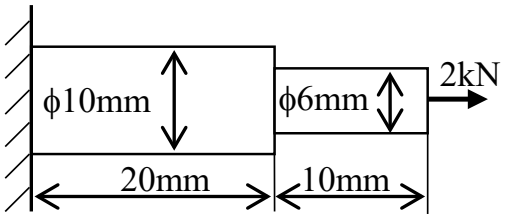
(3) σ=14.1 MPa, E=9.50 GPa

(4) σ=56.5 MPa, E=9.50 GPa

(5) σ=56.5 MPa, E=84.1 GPa

【問１５】

図に示すように直径 10 mm，長さ 20 mm の丸棒と，直径 6 mm，長さ 10 mm の丸棒が連結されており，左端が固定され，右端に 2 kN の荷重が加えられている．丸棒の材料の縦弾性係数（ヤング率）は 200 GPa であり，丸棒の変形が弾性限度内であるとき，この丸棒に生じる正しい伸び δ を(1)～(5)の中から選択せよ．



(1) 3.18 mm

(2) 6.09 μm

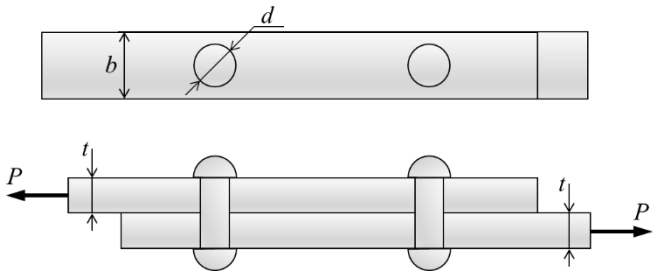
(3) 12.2×10^{-6} m

(4) 2.04×10^{-3} %

(5) 3.18×10^{-6} mm

【問１６】

図のように，板厚 t，幅 b の平板を直径 d の 2 本のリベットで結合する．この板に引張荷重 P を負荷したとき，リベットがせん断破壊を，平板が引張破壊をしないために，リベットの直径 d が満たすべき範囲として正しいものを(1)～(5)の中から選択せよ．ただし，平板の引張強さをσ_b，リベットのせん断強さをτ_bとする．



(1) $\left(\dfrac{4P}{\pi\tau_b}\right)^{1/2} \le d \le b - \dfrac{P}{\sigma_b t}$

(2) $\left(\dfrac{4P}{\pi\tau_b}\right)^{1/2} \le d \le b - \dfrac{2P}{\sigma_b t}$

(3) $\left(\dfrac{2P}{\pi\tau_b}\right)^{1/2} \le d \le b - \dfrac{P}{\sigma_b t}$

(4) $\left(\dfrac{2P}{\pi\tau_b}\right)^{1/2} \le d \le b - \dfrac{2P}{\sigma_b t}$

(5) $\left(\dfrac{2P}{\pi\tau_b}\right)^{1/2} \le d \le b - \dfrac{P}{2\sigma_b t}$

＊＊＊＊＊＊＊（２級受検者はここまで／１級受検者は問２４まで解答）＊＊＊＊＊＊＊＊

【問１７】

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，(1)～(5)の中から選択せよ．

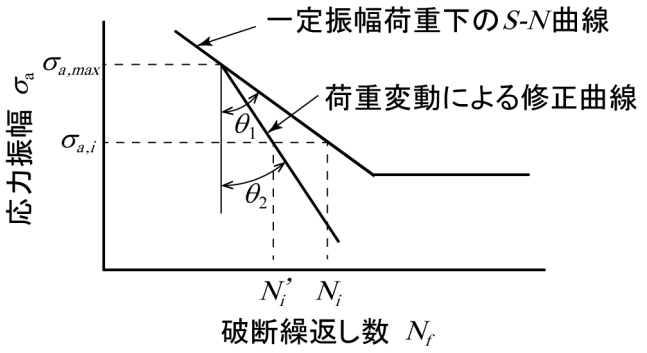
(1) 修正マイナーの方法

(2) コーテン―ドランの方法

(3) ハイバッハの方法

(4) フロイデンタール―ヘラーの方法

(5) マンソン―コフィンの方法



【問１８】

鉄鋼材料（降伏応力 $\sigma_Y = 430$ MPa，引張強さ $\sigma_B = 560$ MPa）の帯板材（幅 160 mm，厚さ 10 mm）の幅中央部に半径 40 mm の円孔がある．この帯板材に応力比 $R = -1$ の引張圧縮の疲労荷重が作用した場合を考える．最大引張応力が作用した場合の円孔縁での応力集中係数 K_t および予測される疲労限度を与える際の応力振幅 σ_a 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．ただし，切欠き係数 K_f と応力集中係数 K_t は等しいものとする．

(1) $K_t = 3.00$，$\sigma_a = 93$ MPa
(2) $K_t = 3.00$，$\sigma_a = 280$ MPa
(3) $K_t = 2.42$，$\sigma_a = 116$ MPa
(4) $K_t = 2.15$，$\sigma_a = 130$ MPa
(5) $K_t = 2.15$，$\sigma_a = 280$ MPa

【問１９】

無限板中に全長 $2a$ = 40 mm のき裂がある．この無限板に，最大応力 σ_{max} = 100 MPa，最小応力 σ_{min} = 0 MPa の繰返し応力が作用する．この無限板が破断するときのき裂半長 a_f と破断寿命 N_f 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．ただし，疲労き裂進展特性ならびに疲労破壊じん性値 K_{fc} は以下の式(A)～(C)に従うものとし，π は 3.14 とする．

$$\frac{da}{dN} = C\Delta K^m = 1.00 \times 10^{-12}\Delta K^4 \qquad \left(\frac{\mathrm{d}a}{\mathrm{d}N}: \mathrm{m/cycle}\right) \qquad \text{(A)}$$

$$\Delta K = \Delta\sigma\sqrt{\pi a} \qquad (\text{単位: MPa}\sqrt{m}) \qquad \text{(B)}$$

$$K_{fc} = 55\ \text{MPa}\sqrt{m} \qquad \text{(C)}$$

(1) a_f = 0.0963 m, N_f = 2.01×10^4
(2) a_f = 0.0963 m, N_f = 4.02×10^4
(3) a_f = 0.0963 m, N_f = 5.07×10^4
(4) a_f = 0.193 m, N_f = 2.01×10^4
(5) a_f = 0.193 m, N_f = 4.55×10^4

【問２０】

疲労き裂開閉口に関する以下の記述の中で，正しいものを 1 つ選び，その番号を示せ．

(1) エルバーによって提案されたき裂開閉口モデルは，き裂先端後方の残留引張りひずみ場に起因する，塑性誘起き裂閉口である．

(2) 疲労破面の粗さは，き裂開閉口に寄与することはない．

(3) き裂開口点を考慮した ΔK_{eff} を用いても，材料の微視組織が異なれば，da/dN を一義的に評価することはできない．

(4) き裂閉口を実測する間接的な方法はなく，き裂先端を顕微鏡で直接観察するのみである．

(5) K_{max} 支配型となる第 $\mathrm{II_c}$ 段階の疲労き裂進展であっても，応力比の影響は ΔK_{eff} を用いて整理できる．

【問２１】
変動応力下の疲労き裂進展に関する以下の記述の中で，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

(1) 実働応力下の疲労損傷については，まずは実働応力波形から疲労強度を支配する特性因子を抽出するために応力波形を計数する必要がある．

(2) 変動応力下での疲労き裂の開口点は，荷重履歴に依存する．

(3) 変動応力下であっても，き裂開閉口挙動を考慮した ΔK_{eff} を用いれば， $\mathrm{d}a/\mathrm{d}N$ を定量評価することが可能である．

(4) 変動応力下では，条件によっては下限界応力拡大係数範囲 ΔK_{th} 以下の ΔK であっても，き裂進展が生じる場合がある．

(5) 単一過大荷重でき裂先端が鈍化するような厳しい条件下でも，ΔK_{eff} を用いれば， 常に $\mathrm{d}a/\mathrm{d}N$ を定量評価することが可能である．

【問２２】
材料の疲労強度に関する以下の記述について，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

(1) 低・中強度の鉄鋼材料の *S-N* 曲線は，10^7 の繰返し数よりも低い所に現れる折れ点で水平となる．一方アルミ合金などの非鉄金属の *S-N* 曲線は明瞭な折れ点が現れず，10^7 の繰返しを超えても下がり続ける曲線となる場合がある．

(2) 炭素鋼などの鉄鋼材料の疲労限度は，引張強さや硬さなどと密接に関係がある．経験則として比例関係があることが知られているが，引張強さが 1100 MPa，ビッカース硬さが 400 より大きい場合には，材料内の介在物などが原因で疲労限度のばらつきが大きくなり危険側の評価になる可能性がある．

(3) 平滑材を使って疲労試験を行う場合，回転曲げと引張圧縮による疲労試験の結果を比較すると，回転曲げの疲労試験結果の方が高強度を示す．また回転曲げ疲労試験においては応力勾配により，試験片形状が幾何学的に相似でも寸法の大小によって疲労強度が異なる．しかしながら，引張圧縮の疲労試験では応力勾配が 0 となるため，寸法の影響は小さくなる．

(4) 切欠きが鋭い試験片の疲労試験を行うと，発生したき裂がいったん進展を開始してその後進展を停止する，き裂停留現象がみられる場合がある．その理由は，き裂が無い時の切欠き近傍の応力分布が，切欠きが鋭いほど切欠き底から急激に減少することで応力場の強さが弱くなるためと考えられている．

【問２３】

溶接構造物の疲労に関する以下の記述について，不適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

(1) 溶接部の疲労破壊起点は止端部，未溶着部ルート部，ブローホールおよびアンダーカットなどの溶接欠陥が代表的である．これらの部位から疲労き裂が発生・進展して破壊に至る．

(2) 溶接部の疲労強度に影響する因子は多岐にわたる．しかし，その中で主要なものは，応力集中，残留応力，熱影響による組織や材質変化および溶接欠陥である．

(3) 溶接部の疲労強度を向上させる方法として応力集中を緩和させる方法がある．具体的にはグラインダなどを用いて止端部の形状を平滑に仕上げる方法などが挙げられる．

(4) 溶接部には溶接時における熱の影響により高い残留応力が発生する．これらの残留応力は平均応力として作用するので，疲労強度に影響を与えると考える．

(5) ホットスポット応力とは構造の不連続による応力集中を考慮した溶接止端部の応力である．溶接止端部への応力外挿値であり，溶接止端部の局所的な応力集中を含んでいる．

【問２４】

微小疲労き裂進展に関する以下の文章中の空欄(a)～(e)に入る言葉の組合せとして，適切なものを 1 つ選び，その番号を示せ．

微小き裂進展特性のひとつとして，[(a)]き裂の下限界応力拡大係数範囲ΔK_{th} 以下でも進展を開始する場合がある．微小き裂から大きいき裂への遷移を表現するために，横軸をき裂長さ a，縦軸を下限界応力範囲$\Delta\sigma_{th}$ としたグラフを用いることがある．その場合，き裂長さは固有き裂長さ a_0 で，下限界応力範囲は[(b)]の疲労限度$\Delta\sigma_{w0}$ で正規化されるのが一般的である．このとき，a_0 は次式で与えられる．

[(c)]

$a >> a_0$ であれば，$\Delta\sigma_{th}$ は[(d)]の条件で決定できる．
a が小さくなれば $\Delta\sigma_{th}$ は増大するが，[(e)]が上限となる．

(1) (a)長い，(b) 平滑材，(c) $a_0 = \frac{\Delta K_{th}{}^2}{\pi\Delta\sigma_{w0}{}^2}$，(d) ΔK_{th} 一定，(e) $\Delta\sigma_{w0}$

(2) (a)短い，(b) 平滑材，(c) $a_0 = \frac{\Delta K_{th}}{\pi\Delta\sigma_{w0}}$，(d) ΔK_{th} 一定，(e)切欠き材の疲労限度

(3) (a)長い，(b) 切欠き材，(c) $a_0 = \frac{\Delta K_{th}{}^2}{\pi\Delta\sigma_{w0}\times\Delta\sigma_{th}}$，(d) ΔK_{th} 漸増，(e) $\Delta\sigma_{w0}$

(4) (a)短い，(b) 切欠き材，(c) $a_0 = \frac{\Delta K_{th}}{\pi\Delta\sigma_{w0}}$，(d) ΔK_{th} 漸減，(e) $\Delta\sigma_{w0}$

(5) (a)長い，(b)き裂材，(c)$\sigma_0 = \frac{\Delta K_{th}{}^2}{\pi\Delta\sigma_{w0}{}^2}$，(d)$\Delta K_{th}$ 漸減，(e)切欠き材の疲労限度