

実構造物に作用する荷重をみると複雑であり、一般には引張・圧縮や曲げ、せん断などの応力が重畳した状態にあると思われる。そのため、疲労寿命は実物かつ実際の応力状態で試験をして求めることが理想であるが、時間や費用が多大にかかることから、すべてを対象にその実施は非現実的である。このことから、対象とする製品を構成・要素別に切り分け、主要な単一の応力成分に着目して単純な応力状態のもとで試験を実施し、疲労寿命を推定することが多い。一方、評価装置となる疲労試験機は負荷様式で大別され、引張圧縮、ねじり、平面曲げ、回転曲げと各疲労試験機が普及したこの状況から、疲労試験の目的に応じた使い分けが必要となる。本稿では、弾性変形内での破壊が支配的となる高サイクル疲労を前提として、各負荷様式の疲労試験装置とその試験技術について紹介する。

B-1 疲労試験機の選定

疲労試験の目的によって、どの負荷様式の試験機を選定するかは変わる。引張圧縮疲労試験機は、平滑試験片に軸方向の荷重を加え、標点区間の垂直な断面内に応力勾配のない様な応力分布を再現して評価することで、その材料がもつ純粋な疲労特性をしらべるために利用されることが多い。それに對し、機体の自重がラジアル荷重として作用する車輪の回転軸材は回転曲げ疲労試験機、外力としてトルクが支配的なシャフト材はねじり疲労試験機、薄板で曲げ荷重を受ける部材は平面曲げ疲労試験機をもちいるといったように、実機の搭載状況と作用する負荷様式が近い状態で疲労寿命の測定や耐久確認をおこなう点を重視する場合は、これらの疲労試験機をもちいるとの考え方が主流とみられる。

B-2 疲労試験の要素

疲労試験を成立させ、測定精度の高い試験結果を取得するための要素として、規格・標準、計画、試験機、試験片、治具、妥当性評価の六つがあると筆者は考えており、いずれも要求される技術および品質レベルがある。一つでも不十分だと、目的に応じた試験データがえられない。もしくは疲労寿命のばらつきに意図しない要因が加わるリスクが高まる。ここでは後述する試験機以外の五つの要素について述べる。

2.1 規格・標準

疲労試験に関する規格としては、JIS Z 2273「金属材料の疲れ試験方法通則(1978)※2021年に廃止」、JIS Z 2274「金属材料

の回転曲げ疲れ試験方法(1978)」、JIS Z 2275「金属平板の平面曲げ疲れ試験方法(1978)」、ASTM E466「Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials (2021)」などがある。試験の適用範囲に応じてガイドラインや標準的試験法が規格化されている。当社のJIS Q 17025:2018 (ISO/IEC 17025:2017)にもとづく疲労試験メニューとしては、高サイクル疲労試験と低サイクル疲労試験があり、日本適合性認定協会の試験所認定を取得している。

疲労試験データは本質的なばらつきを有するものであり、疲労寿命ならびに時間強度の分布特性を決定するパラメータの推定精度は標本寸法に依存する。実用的に破壊確率曲線を描く統計的な整理および評価手法が、日本機械学会¹⁾や日本材料学会²⁾などから提案されており、これらを活用することが多い。

2.2 計画

製品の品質保証の設計者を取り巻く状況下においては、設計判断の期日から与えられる疲労試験片製作および疲労試験のリードタイムには限りがある。このようななかでも、疲労限度推定に必要な試験データを効率的に取得するには、評価する材料の機械的性質と疲労試験の応力レベルや応力比、試験温度などから



技術本部
機械・構造センター
機械技術部

もりわき ひでゆき
森脇 秀幸



技術本部
機械・構造センター
機械技術部

あなん まさひろ
阿南 匡範



技術本部
材料ソリューションセンター
技術部

うえの しゅうへい
上野 秀平



技術本部
材料ソリューションセンター
試験部

いちなり のりひろ
市成 昇寛

50%破壊確率曲線を事前に推定し、投入可能な試験片の数量と対する応力水準および試験順を計画しておくことが重要である。

2.3 試験片

試験片を幾何学的側面からみた場合の疲労特性の影響因子として、試験片形状が相似であれば、寸法が大きいほど疲労強度が低下する寸法効果を念頭に、試験片形状を設計する。また、実構造物の切欠き部に着目した疲労設計となれば、試験片評価部に所定の応力集中係数となる部位を施工し、切欠き効果を評価することも有効となる。

試験片加工においては、材料の機械的性質、物理的性質、化学的性質を念頭に、加工に供する素材の状態と試験片形状や製作数量を照らし、切削、研削、研磨、放電などの各加工方法を選択、または組み合わせる。疲労寿命は評価部の表面性状が大きく影響するため、最終仕上げでは通常、試験片平行部の加工痕および表層の残留応力を低減し、粗さを規定値に取るように研磨仕上げが必要となる。

2.4 治具

試験片を治具に締結する際、試験片が試験機軸に対して偏芯している設置になると、それにより生じる過剰な曲げが付与され、疲労破壊の影響因子である平均応力が変わってしまう。そのため、試験機と治具間のクリアランスなどを調整し、試験片の両面に発生するひずみ量のバランスから負荷様式の妥当性を判断する。再現

性の高い試験片取付けには、試験片および治具のサイズや環境装置の兼ね合いで決まるクロスヘッド高さとそので生まれる作業空間において、ハンドリングが行き届くことを考慮した治具の配置が必要となる。試験条件として負荷力が引張と圧縮との間で反転する場合には、負荷力の時間的変化が円滑となるようにバックラッシュをキャンセルできる機構が必要となる。疲労試験中は試験片だけでなく、治具自体にも相応の負荷応力が作用する。試験片へ付与する負荷力の安定性確保のためには、治具の各部位で仮想断面を想定し、たとえば高温環境下の評価であれば治具材質の機械的性質を考慮した上で、作用する負荷力から生じる応力が、弾性変形領域かつ繰返しの使用に対して許容範囲内であることを前提に設計する必要がある。

2.5 妥当性評価

試験開始時には負荷力波形の健全性および二次的に出力されるストロークやひずみ挙動の妥当性も評価し、特異な現象がみとめられれば、その詳細について記録するとともに、試験継続有無の判断も必要となる。試験データ数が多くなるにつれ、偶発的に傾向から顕著に外れたデータがえられることもある。その場合、疲労破面をマクロおよびミクロで観察し、疲労き裂の起点や疲労き裂伝ば経路のチェックに加え、試験時の負荷力の変動やストロークやひずみの傾向、温度を付与している場合はその変動や測定位置など、一連の試験作業を含めて特異な点はなかったかチェックし、注意して取り扱うことが重要である。


B-3 引張圧縮疲労試験機をもちいた評価

当社では、引張圧縮疲労試験機をもちいた評価として、金属から高分子材料まで幅広い材料の評価実績があるが、近年評価需要が高まっている自動車向けの代表的な事例を二つ挙げる。一つはアルミ鋳物材である。同材のリサイクル率の向上にともなう不純物の疲労特性や耐食性の影響などについて、材料の試作から試験、機械学習をとり入れた特性予測まで、一連の評価技術の高度化に取り組んでいる。

もう一つは、駆動用モーターの鉄心材料として使用される無方向性電磁鋼板である。疲労特性をみると、同材から実装状態である回転子への成形にはプレスによる打ち抜きが多くとり入れられ、それによる残留応力や表面粗さが疲労寿命に影響することは知られている³⁾。同材は疲労特性のほかにも磁束密度、鉄損、熱伝導、強度などについて評価されており、当社でもそれぞれ対応している。

このような評価で使用している荷重容量10 kNの電気油圧サーボ疲労試験機の外観および仕様を写真1に示す。以下に試験機の動作を概説する。電気油圧サーボ弁による脈動油圧によって、軸方向へ可動するアクチュエータを振動させて試験片に動荷重を与えることができる。制御パラメータの振幅、周波数、繰返し数など、さらには引張もしくは圧縮保持、矩形といった波形を任意に設定できる。荷重波形および振幅が試験中に保持されていることを保証するには、試験機に具備されるロードセルをはじめとする負荷検出シス

写真1 荷重容量10kNの電気油圧サーボ疲労試験機の外観および仕様



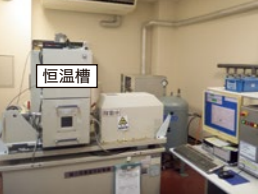

メーカー	島津製作所
型式	EHF-EV010K1-020-0A形
荷重容量	±10kN
試験ストローク	±25mm
クロスヘッド昇降機構※	油圧昇降式(油圧クランプ付)
試験空間※	192 ~ 962mm

※標準仕様時

テムの測定誤差が、許容範囲内で維持されていることが前提となる。また、制御している負荷力の微調整操作に対して健全に反応できる状態が必要となる。そのためには適宜、試験機挙動の健全性を評価し、作動油やフィルタエレメント、シールの交換、サーボ弁のオーバーホールなど、計画的なメンテナンスが必要となる。サーボ弁については、試験に要求される制御条件に対し、マッチする定格流量および周波数特性を有する型式の選定が必要となる。

試験片寸法が結晶粒や析出物などの微視組織単位に近くなると、通常サイズの試験片と機械的特性が異なってくる。代表的な評価事例である実装電子部品などの微小部品の場合、強度信頼性

写真2 微小疲労試験機の外観および仕様

	荷重量 および変位	荷重: ±200 N(動的±170N) 変位: ±20mm 最大速度: ±10mm/s
	制御方式	リニアサーボ方式
	温度	低温(-65°C)~高温(200°C)
	非接触伸び計	分解能: ±0.1 μm
試験内容	ランプ波による低歪速度引張試験 (min. 0.001%/sec) 低サイクル疲労試験 (min. 歪速度 0.001%/sec) 高サイクル疲労試験 (max. 10Hz)	

設計用データ取得は実寸法で評価することが望まれている⁴⁾。評価対象はパワーデバイス向けのはんだ材や銀ベースの焼結材が多い。当社では平行部直径0.5 mm前後の丸棒試験片をもちいた評価が可能な微小疲労試験機(写真2)を保有している。電磁式(リニアモータ)アクチュエータとデジタル制御のサーボシステムから構成され、微小な荷重およびひずみコントロールが可能であり、引張・疲労・クリープ特性評価に対応している。

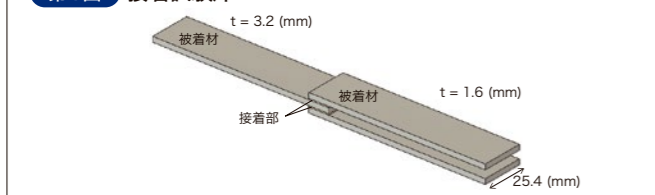
3.1 垂直応力

垂直応力は、軸方向に対して、標点区間の垂直断面内に一様な応力分布となる。その再現には、適切な形状の平滑試験片をもちいる。試験片形状についてはJIS規格やASTM規格に規定されている試験片形状に準ずることができれば理想であるが、実用上では十分な素材サイズが確保できないといった制約下の設計も多い。たとえば、実製品(自動車であればエンジンプロックやシリンダヘッド、過給機、燃料タンクなど)からの切り出しや、経年劣化品の限定部位からの試験片採取など、さまざまなケースがある。そのようななかでも、試験片形状に起因した座屈や標点外の破壊を回避するためには、評価環境に応じた機械的性質を考慮した上で必要最低限の固定部寸法を確保しつつ、試験片のR値に対する平行部幅の大きさの比率によって決まる応力集中係数を念頭におき、適切な板厚や平行部長さを設定する。

3.2 せん断応力

電気油圧サーボ疲労試験機では垂直応力のほか、せん断応力の付与も試験片形状の設定で再現が可能である。ここでは重ね合わせ継手を事例として示す。自動車を例にすると、軽量化を目的とした構造部材のマルチマテリアル化にともない、異材接合部のガルバニック腐食対策として、接着接合の適用検討もすすんでいる。

第1図 接着試験片



一方、エポキシ系接着剤のように、その化学構造に水酸基をとまない、水素結合による接着機構を発現するものの機械的側面をみると、吸湿により被着材との界面の結合力低下による機械強度の低下が懸念される。そのため、高温多湿環境下では、その環境影響と走行時の振動により繰返し外力などが複合的に作用し、不具合が生じる恐れがある。このような状況を踏まえ、自動車の構造部材向け接着接合について、耐候性と疲労特性を関連付けて評価することが一般的になされている⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

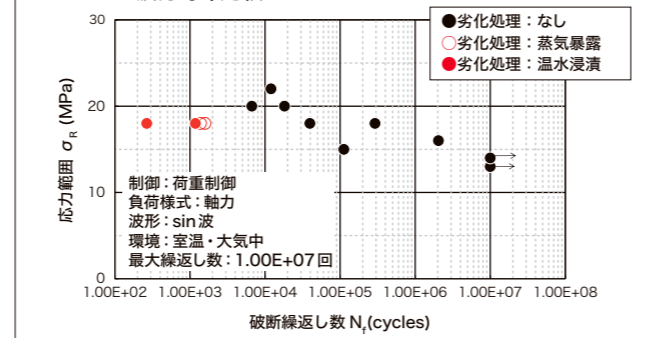
ここでは、接着接合における吸水劣化処理の疲労寿命への影響を確認した事例を示す。試験片は被着体が3枚重ね構造のせん断継手を採用し、せん断面の接合にはエポキシ系接着剤をもちいて接着試験片を試作した(第1図)。試作にあたっては、接着厚さを均一に仕上げることで、および試験片引張方向に対して偏芯がないことが接着剤本来の特性を評価するにあたり重要となる。当社では接着試験片の作製に対し、必要な環境および種々の試験片形状に応じた専用治具を作製して対応できるように取り組んでいる。評価は劣化処理なし、蒸気暴露(80 °C飽和蒸気×96時間)、温水浸漬(80 °C×96時間)の3水準である。疲労試験により取得したS-N線図を第2図に示す。劣化処理なしに比べ、劣化処理ありは大幅に疲労寿命が低下した。

接着接合の強度低下に繋がる劣化誘発要因はここで取りあげた水分のほか、温度や外力の様式、酸素や薬液などさまざまな外的要因と、接着剤自体が有する内的要因も含め多岐に渡る。そのため、接着接合の疲労強度設計にあたっては、適用される製品の実装環境を把握し、これら各因子の影響度を強度試験により数値化するとともに、外観観察、破面観察、材質分析をおこない、劣化メカニズムを推定することが重要である。

3.3 曲げ応力

曲げ応力は、鉛直方向に可動する試験機アクチュエータに対し、治具を介することで再現する方法が基本となる。代表的な曲げ疲労試験のイメージを第3図に示す。3点曲げおよび4点曲げにおける曲げ応力を健全に再現するには、各支点と試験片のあたり方において、適切な荷重分担かつ均一な線接触になるように、治具の配置を調整することが重要である。片持ち曲げの負荷は、T字型の隅肉溶接継手を例にすると、疲労試験時に試験片の位置ずれや母材変形が生じないように、固定側の母材の拘束範囲と十分な保持力を確保できる治具設計が必要となる。

第2図 S-N線図：接着接合における吸水劣化処理による疲労寿命比較



第3図 曲げ疲労試験のイメージ

負荷様式	3点曲げ	4点曲げ	片持ち曲げ
試験イメージ			
Bending Moment Diagram (BMD)			

3.4 要素部品の評価

たとえば機能向上やコストダウンを目的に、製品の形状や材質、表面性状を変更した場合において、完成品をもちいる実機試験は大きな労力を要するケースが多い。そのため、製品の構成要素あるいはある程度のアセンブリ状態で妥当な評価ができれば、評価コストおよびリードタイムの低減が期待できる。これまでの要素部品の試験例を第4図に示す。治具設計については、前項の曲げ応力付与と同様の考え方となり、試験機の軸力方向に対し、評価部断面の向きを治具機構によって位置決めすることで、所望の外力負荷状態を再現する。第4図に示す歯車の曲げを例にすれば、治具によるかみ合いの再現状態を3Dモデル化、有限要素法により歯底周辺の応力解析を実施し、治具機構や剛性の妥当性を確認する。疲労試験時には、評価部近辺のひずみ分布などを測定し、実測検証する。

実製品ではサイズや形状がさまざまなため、評価対象ごとの治具設計・製作となる。その上で、実製品では公称寸法と実寸の差が大きいケースもあるため、供試体の取付け時に治具拘束による過剰な曲げ負荷などがなきよう、個体差も考慮した上で保持

機構を設計する必要がある。また、試験条件が高低温や恒温恒湿環境下の場合、治具の材質について、機械的性質、物理的性質、化学的性質を考慮して選定することが必要となる。

このような実製品の疲労破壊を想定した場合、複雑な形状をしているその性質から、疲労き裂の発生限界と、き裂の伝ば過程の構成比率もさまざまとなる。一方で設計者の視点に立った場合、耐久性からみた製品の機能維持限界をどのように定義するかで、疲労寿命の定義も変わってくる。とくに本項の事例で挙げたような実製品あるいはそれに近いレベルの試験では、バルク試験片を前提とした完全分離の繰返し数取得に留まらず、疲労き裂の発生と進展の全容を把握したいとのニーズは高い。たとえば電気自動車の普及にともない、評価需要が増加している通電部材を例にすると、製品の機能に直結する電気特性をパラメータとし、機能維持限界の観点で耐久・疲労特性の評価をおこなうことが期待されている。疲労試験の破損検知情報を取得し、機能寿命を評価するための画像相関法、Acoustic Emission Technique (AE法)、電位差法といった計測手法の例を第1表に示す。

第4図 要素部品の試験例

評価対象と負荷様式	ボルトのせん断	パイプの平面曲げ	歯車の曲げ
試験イメージ			
評価上で重視する点	実機取付状態の再現	つかみ部の拘束条件最適化	伝達条件の再現

第1表 疲労試験の破損検知にもちいる計測手法の例

パラメータ	主な手法、センサ	特徴	適用対象例
ひずみ	ひずみゲージ(電気抵抗式)	供試体の着目部もしくはその近傍に施工し、主き裂の発生に伴う周辺のひずみ分布変化を捉える。	予めき裂発生箇所を絞り込める接合部や切欠き部を有する供試体
	ひずみゲージ(光ファイバ式)	光の波長変化を利用している原理から電磁誘導の影響を受けない。	通電しながら疲労試験を実施する導体部材(バスバーなど)
電位差	画像相関法	撮影範囲全体に塗布したランダムパターンの変化からひずみに換算。連続収録した画像から、表面き裂の発生位置とタイミングをしらべる。	き裂発生箇所を絞りきれない実部品(複数の応力集中部を有する)
	直流電位差法	供試体の断面全体でき裂の発生および進展特性を評価する。	内部起点のき裂発生が多い鋳物材
弾性波	交流電位差法	周波数が高くなるほど電流が表面へ集中する性質から、表面の微小き裂の初期成長を捉える。	遮熱コーティングされた耐熱合金
	AE法	供試体の破損時に発生する弾性波を検出することから、材料・材質にとらわれず適用可能。センサーを複数設置することで、弾性波の位相差からき裂発生場所の推定が可能。	試験ストロークやひずみゲージで検出できないレベルの微小な破損が断続的に生じる接着継手

B-4 ねじり疲労試験機をもちいた評価

単純丸棒ではねじり負荷を受けると、表層から内部にかけて応力勾配をもったせん断応力が生じる。車体や機械にはクランクシャフトやカムシャフト、ドライブシャフトなど動力を伝達するシャフトが搭載されており、駆動する際にはねじり方向の負荷を多く受ける。それらの塑性変形が生じはじめる降伏条件は、固定条件や部材形状も加味された応力状態で決まるため、ねじり方向の負荷を受ける部材に対し、それを模擬した試験は疲労強度設計において重要となる。シャフト部品は浸炭などの表面硬化処理や、圧縮残留応力を付与することでねじり疲労特性を向上させており、それらの強化手法による疲労強度の向上効果を確認する事例も多い。当社が保有するねじり試験機の仕様を第2表に示す。マイクロねじり試験機の固定はチャック式のため、線材での試験も可能である。静的試験では、材料が破断するトルクやひずみゲージを貼り付けることで、剛性率の取得など材料のねじり特性が評価可能である。一方で、ねじり疲労試験機には、マイクロねじり試験機でみられる試験片の径に合わせて調整できる締結装置はなく、通常35

mm角や50 mm角の溝を設けたフランジ治具にはめ込む形になっており、ある程度の実部品評価にも対応できる汎用性を有する。ただし、供試体と溝のクリアランスが必要以上に大きいと、両振りのねじり疲労試験ではトルク0N・m付近でトルク-角度線図が乱れるなどの不具合が生じるため、供試体と治具のはめあい公差を最適にする治具設計が重要になる。実部品の評価実績を挙げると、クランクシャフトやカムシャフト、ディファレンシャルギアを収納するデフケースなどがある。実部品をもちいて試験することで、き裂発生位置など構造上の弱点部の確認や、ひずみ計測によるCAE解析の検証用データ取得などにも役立つ。

特殊な試験環境としては、海水を模擬した塩水を試験片平行部に滴下し、腐食環境を模擬したねじり疲労試験、熱風をボックス内で循環させて、約100℃の雰囲気での試験も可能である。

ここで紹介したねじり疲労試験機は、チャック機構上丸棒やパイプ形状の試験体は締結できないため、その評価には協力機関の試験機をもちいて対応している。

第2表 ねじり試験機の仕様

仕様	マイクロねじり試験機	ねじり疲労試験機	
試験機容量	2.5N・m or 250N・m	5000N・m	10000N・m
試験モード	静的試験	静的 or 疲労試験	
固定方法	三方チャック	フランジ治具	
試験角度	上限無し	±45°	
制御	角度制御、トルク制御		
負荷方法	電動	油圧	
外観	 試験状況	 フランジ治具	

B-5 平面曲げ疲労試験機をもちいた評価

平面曲げ疲労試験は、板面に直交する面内に曲げモーメントを繰返し与えることにより、材料や部品の曲げ疲労特性を評価する。評価対象部材としては、車両部品では自動車マフラー、ピストン、シリンダーケース、航空宇宙部品ではタービン翼ならびにその他機

械部品などがあり、さまざまな産業分野において材料や部品の品質評価や設計の改善に活用されている。試験機の動作原理(第5図)は、駆動モーターと連結している偏心軸の回転運動を、コネクティングロッドおよびスイングレバーと呼ばれる伝達機構を通じて、

第3表 平面曲げ疲労試験機の仕様

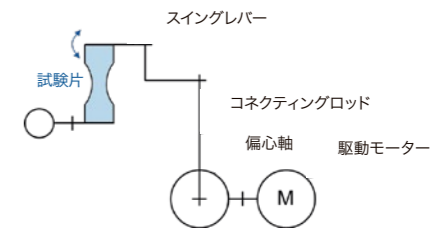
項目	常温機	高温機(最大800℃まで)	
	曲げ角度	曲げ角度	
制御方式	ロードセル	ひずみゲージ式トルク検出器	
試験片板厚 ^{※1}	1～12mm	1～6mm	
繰返し曲げモーメント(両振り)	±15N・m	±80N・m	
曲げモーメント(片振り)	0～+30N・m	0～+160N・m	
繰返し曲げ角度(両振り)	0～±12°	0～±7.5 ^{※2}	
曲げ角度(片振り)	-12°～+24°	0～±7.5 ^{※2}	
周波数	5～25Hz (300～1500cpm)	12.5～約29.2Hz (750～1750cpm)	

※1) 材料特性により決まる ※2) 動作原理は常温機と同じであるが、曲げ角度は応力測定器の調整装置で両振り・片振りに設定する

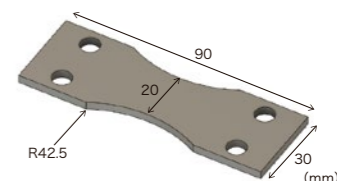


試験片への曲げ負荷に変換する。このような動作原理から、曲げ角度はその偏心量によって設定する。曲げ振幅、曲げ回数、試験速度などのパラメータが制御でき、両振り試験から片振り試験までおこなえる。当社で保有している平面曲げ疲労試験機の仕様を第3表に示す。また、外部データロガーを試験装置に接続することも可能であり、試験片にひずみゲージを貼り付けて、試験中のひずみ計測ができる。試験片は通常、JIS規格に沿った形状(第6図)となっており、応力が集中する箇所が設けられている。このことから、実部材を評価する場合、たとえばばらつきが比較的大きい鋳物材では、事前に把握した鑄巣(欠陥)とその分布を踏まえ、切り出し位置を定めることも有効であろう^{※)}。また、実部材からの切り出しでは、素材サイズ上JIS規格形状を満足できないことがある。その場合は切り出し可能な試験片形状を設計し、それに合わせたつかみ治具を作製することで、小型サイズの試験片による評価も可能である。

第5図 平面曲げ疲労試験機の動作原理



第6図 JIS Z 2275 (1978) 1号試験片



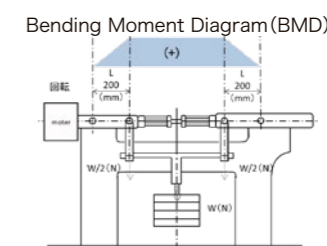
B-6 回転曲げ疲労試験機をもちいた評価

平面曲げ疲労試験機と同じ曲げを付与する試験ではあるが、疲労強度が平面曲げと回転曲げで一致しないケースがあることは知られている^{※)}。両者で評価する材料の特性が同一としても、試験片形状および寸法が異なるため、応力勾配や最弱部を含む確率による危険体積に差が生じる。また、負荷様式の違いと、回転の有無による応力状態の差などが考えられる。そのため、シャフトなど回転しながら曲げが負荷される部材の疲労強度設計もしくは耐久確認には回転曲げ疲労試験機をもちいた評価が有効となる。

試験片形状はダンベル型丸棒を基本とし、平行部直径8 mm程度から、材料強度が満足すれば平行部直径2.5 mm程度まで、小さい試験片も評価可能である。最も重要な点は試験片の振れ量で、振れが大きくと回転中に振動が生じ、正確な試験が成立しない原因となる。JIS規格では、試験片段階で偏心や曲がり0.02 mm以下、試験機取付け時に芯振れが0.05 mm以内と規定されており、満足する必要がある。回転曲げ疲労試験機(第7

図)は、4点曲げ構造により曲げモーメントが負荷され、2点間の曲げモーメントは均一な状態となる。当社では材料特性評価のため、600℃程度までの昇温雰囲気下での試験も可能である。回転は試験機の片側に設けたモーターによって付与し、約3000 rpmの試験速度が達成可能なため、1000万回の到達は2日程度と疲労試験の中では試験期間が短いのが特徴の一つである。

第7図 回転曲げ疲労試験機の模式図



本稿では、高サイクル疲労特性について、単一材料、継手、要素部品をもちいる評価手法を解説した。当社は、今後も疲労特性評価技術の高度化に取り組み、適切な評価手法の提案と信頼性の高い疲労特性データ取得により、お客さまの疲労強度設計および耐久性評価に関する課題解決に貢献していく所存である。

参考文献

- *1) 日本機械学会基準：統計的疲労試験方法(改訂版) JSME S 002(1994)
- *2) 日本材料学会：金属材料疲労信頼性評価標準-S-N曲線回帰法-JSMS-SD-6-08
- *3) 井上健太郎ほか：電磁鋼板のプレス打ち抜き影響を考慮したモータ回転子の疲労寿命予測,自動車技術会論文集,Vol.51(2020)No.3,pp.422-427.
- *4) 横幕俊典：こべるにくす(はんだミニチュア材の強度試験技術), Vol.17(2008)No.33
- *5) 松田聡：接着の疲労,日本接着学会誌,Vol.50(2014)No.5,pp.156-160.
- *6) 氷室雄也ほか：自動車における構造接着技術～車体接着の技術動向と課題,および市場劣化予測技術の開発～,日本接着学会誌,Vol.53(2017)No.8,pp.283-289.
- *7) 阿南匡範：こべるにくす(接着接合部の実環境劣化を考慮した促進評価技術), Vol.28(2020)No.50
- *8) 山田耕二ほか：アルミニウム合金ダイカストの疲労強度に及ぼす鑄造欠陥の影響,日本機械学会論文集(A編),68巻(2002)667号,pp.515-521.
- *9) 中村宏ほか：平面曲げ疲労強度に及ぼす平滑試験片の縁,断面形状の影響および平面曲げと回転曲げの疲労強度の関係について,材料,27巻(1978)299号,pp.721-727.