

## 金属疲労損傷評価への SPring-8 の利用の現状と課題

### Current Status and Future Challenges of SPring-8 Utilization for the Assessment of Fatigue Damage in Metals

金属疲労損傷評価研究会

Metal Fatigue Damage Assessment Research Group

中井善一, 神戸大学

Yoshikazu Nakai, Kobe University

#### 1. 金属疲労研究における未解決問題とその解決に必要な放射光の利用方法

金属材料の疲労現象が発見されて以来一世紀半以上が経過し、これまでに多くの研究が行われてきたが、今なお疲労を主因とした破壊事故が後を絶たない。その原因は、設計者、製造者、使用者の疲労現象に対する認識不足や不注意によることもあるが、疲労寿命が種々の因子の影響を受け、あまりにも複雑な現象であるために、実用機器の疲労寿命を十分な精度で予測することが困難な場合が多いことにも起因している。その解決のためには、疲労破壊のメカニズムを解明し、それに基づいて疲労損傷評価法を開発することが必要不可欠である。特に、新たな製品が開発された場合、経験に基づく設計や保守管理のみでは十分に安全性を確保できない場合があり、疲労破壊のメカニズムと詳細な力学的解析をリンクさせて疲労寿命および疲労損傷評価を行うことが必要となる。

金属疲労研究は、金属顕微鏡、電子顕微鏡、原子間力顕微鏡の開発などのように、新たな観察手法が開発されるごとに飛躍的に進歩してきたと言っても過言ではない。しかしながら、今日用いられている観察法の大部分は、そのほとんどが材料の表面を観察するものであり、得られる情報は限られたものであった。疲労過程中的材料の内部構造の変化を観察することができれば、疲労研究は大きく前進するものと考えられる。これまでも透過型電子顕微鏡のように内部の観察ができる方法があったが、その対象は薄膜に限られていた。また、通常の X 線を用いた CT 法や超音波探傷法などを用いると、バルク材料の内部を観察することは可能であるが、分解能が十分でなく、微細な組織やき裂を観察することは困難であった。バルク材料の内部を  $\mu\text{m}$  程度の分解能で観察することが可能な高輝度放射光を利用したイメージング技術を開発すれば、金属疲労研究のブレークスルーがもたらされる。

金属疲労損傷評価研究会では、上記のことを目指して、共同研究を実施してきた。これまでに、鉄鋼材料、チタン合金、アルミニウム合金の内部組織の観察と、複雑な形状の疲労き裂や腐食ピットの観察に成功している。ただし、現在の観察方法では、観察し得る試料の横断面の最大寸法に限界があり、鉄鋼材料の場合 1mm 程度以下、アルミニウム合金でも 5mm 程度以下である。また、試料寸法が大きくなれば、分解能が低下するという不都合がある。現在の設備でも、高輝度放射光は多くの疲労現象の解明に強力な武器となっているが、将来、研究を更に発展させるためには、前記の問題を解決する必要がある。

## 2. 金属疲労研究への放射光の利用研究を促進するに効果的な設備と研究組織・制度

現在、金属疲労の研究で SPring-8 において最も必要としているものは、実用的に最重要の材料である鉄鋼の観察において、横断面の最大寸法が 3mm 程度以上の試料の観察を行うことのできる設備である。放射光のエネルギーを現在の 35keV よりも高めることができれば、透過し得る試料の寸法は更に大きくできるはずであるが、CCD カメラの損傷を防止するため、使用できる放射光のエネルギーには限界があり、エネルギーを低く設定せざるを得ないのが現状である。このことを解決する方法の一つとして、透過光をダイレクトに CCD カメラで捕らえるのではなく、異材界面で屈折した透過光のみを CCD カメラで観察する方法が他の機関で開発されている。このような方法が SPring-8 の観察装置でも利用できるようなになれば、より多くの研究成果を挙げることができるであろう。なお、問題を根本的に解決するためには、より高性能な CCD カメラの開発が不可欠である。あわせて、大きな試料の微小領域の高分解能観察を行い得る装置を開発する必要がある。CT イメージングには、試料全体が CCD カメラの視野に入る必要があるため、試料寸法が大きくなれば分解能は低下する。この問題は、高画素数の CCD カメラを開発すれば解決するが、観察に不要な情報のために膨大なデータを取り込み、膨大な計算時間を要することになる。必要部分のデータのみから必要なイメージングを行い得るアルゴリズムの開発が期待される。

最後に、現在、SPring-8 の利用拡大にとってマイナスの要因となっていると考えられることに、課題申請およびその審査方法が考えられる。たとえば、科研費等で、SPring-8 を利用した課題の申請を考えた場合、例えその課題が採択されても SPring-8 を利用できる保障がないため、SPring-8 を主たる課題とした申請をすることをためらわざるを得ない。このことが、従来、SPring-8 を利用していない分野で、新たな利用者が増えにくい原因になっているように思われる。この問題を解決するためには、科研費等の申請段階で SPring-8 に申し出、許可を得れば、科研費等が採択されれば、必ず、SPring-8 を利用できることを保障するシステムが必要であると考えられる。また、SPring-8 における審査においても、研究の学問的価値の審査と、SPring-8 の装置でそれを実現することが可能かという審査は分離すべきであろう。学問的価値の審査を、専門外の審査員が正当に評価できる可能性は低い。また、申請課題の学問的価値の審査を、放射光に関する専門家が審査する必要もない。日本学術振興会と連携し、科研費の専門分野の審査員に審査を依頼することも検討すべきではないだろうか。