

## 多連式軸荷重疲労試験機の開発と基本性能の検証

東京衡機 古澤 達哉 立命館大 酒井 達雄 トヨタ自動車 滝澤 亮平 豊田高専 中島 正貴  
 富山大 塩澤 和章 富山大 小熊 規泰 高松高専 岡田 憲司 電通大 越智 保雄  
 広島大 菅田 淳 鹿児島大 皮籠石紀雄 明石高専 境田 彰芳 熊本大 坂本 英俊

### 1 はじめに

多くの鉄鋼材料の  $S-N$  特性について、常温・大気中という通常の雰囲気下では、繰返し数が  $10^6$  回前後において疲労限度を呈することが知られている。しかし、近年、各種高強度鋼や表面処理鋼において疲労限度が消失したり、一旦見掛けの疲労限度が現れた後、 $10^7$  回以上の長寿命域で  $S-N$  曲線が再び降下する特異な疲労特性が多数報告されている。したがって、機械構造物の安全性確保の観点から、種々の金属材料に対する超長寿命域における正確な疲労特性の解明が強く望まれている。

### 2 開発背景

従来から、通常の高サイクル疲労試験は、50～60Hz 程度の負荷速度で疲労試験を行うことが多いが、50Hz の速度でギガサイクル ( $10^9$  回) まで繰返し負荷を与えるためには 230 日の長期間を要する。そこで、データ取得効率の優れた試験機が必要となるが、超音波などを利用した加速試験では試験片の発熱等の問題を伴う。これを解決するためには、100Hz 程度以下の試験速度で同時に多数の試験片に対する疲労試験が実施できる安価なマルチタイプ疲労試験機の開発が有効である。この観点から、材料強度確率モデル研究会の共同研究の一環として、本報の連名者が協同して当該試験機の開発企画に取組み、この程実用レベルの試験機が完成した。

### 3 開発した試験機

開発した「多連式軸荷重疲労試験機」の外観を図 1 に示す。コンパクトなワンボディタイプで、同時に 4 本の試験片に対する疲労試験が可能である。同程度のサーボ式疲労試験機と比較し、1/20 程度の著しい低価格を実現している。主な仕様は、以下のとおりである。

- 形式：油圧式軸荷重
- 負荷設定対象：荷重
- 試験軸数：4 軸
- 荷重波形：正弦波形
- 周波数：80Hz 固定
- 最大試験荷重：±10kN
- 平均引張荷重：0～+10kN
- ユーティリティ：
  - 3 相 200/220V,
  - 50/60Hz, 8kVA
- 重量：約 500kg
- 外形寸法：875×745×1610



図 1 多連式疲労試験機

### 4 検証試験結果および考察

開発した多連式軸荷重疲労試験機の超長寿命疲労試験機としての妥当性を検証するため、高炭素クロム鋼 SUJ2 について、実際にギガサイクル領域まで疲労試験を実施

して得られた  $S-N$  特性を図 2 に示す。図中の○印は表面起点型破壊を示し、●印は内部起点型破壊を示す。図中の実線は  $10^7$  回を打ち切り時間と仮定した場合の日本材料学会標準【 $S-N$  曲線回帰法】(JSMS-SD-6-04) による  $S-N$  曲線であるが、ギガサイクル域まで実験を行うと  $S-N$  曲線は連続的に低下し、明確な疲労限度が現れない。

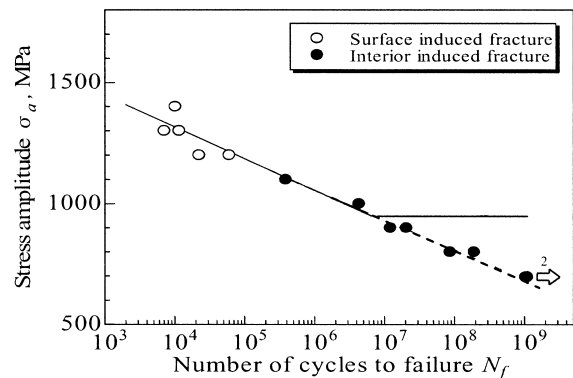


図 2 SUJ2 鋼のギガサイクル疲労特性

図より、 $N < 10^5$  の寿命域ではすべて表面起点型破壊を呈し、 $N > 10^5$  なる長寿命域ではすべて内部起点型破壊を呈している。この事実は、試験片チャック部の偏心や直角度の誤差に起因する曲げ成分は十分に小さいことを意味している。何故なら、もし、このような曲げ成分がある場合は内部より表面の応力が高くなり、疲労破壊は表面起点型となる筈だからである。したがって、本試験の試験片形状・寸法、掴み方法の妥当性が確認されるとともに、負荷フレームの曲げ剛性は十分に高く、ロードセル、試験片、アクチュエータ・ロッドのアライメントも十分に確保されていたことを示唆している。

本疲労試験機は著しく安価でありながら、荷重波形、長期安定性、高剛性、十分なアライメント等、疲労試験機に要求される基本的な性能を備えており、同時に 4 本の試験片に対し、応力振幅と平均応力を独立して個別に設定することができる。このような多連式疲労試験機は正に画期的であり、金属材料のギガサイクル疲労特性を実験的に調べる上で、大きな貢献度が期待される。また、通常の寿命域における疲労試験についても能率的な疲労試験が可能であり、極めて有用である。

なお、本試験機は 2005 年 5 月に特許を取得し、現在、国内外の大学、企業において合計 11 台が稼働中であることを付記する。