

研究の課題名

あつかんサーボを用いた疲労試験機の開発

東北大学 金属材料研究所 助教授

報告者 横山嘉彦

報告日 2006年(平成18年)4月25日

1. 本研究の意義・特色

疲労試験機は非常に高価で大型の装置であるため、十分な資金と研究場所を有する研究者しか持つことが出来ない。若手の研究者が所属する研究室に迷惑をかけることなく、自由に疲労試験が行えることを目標に装置開発している。併せて大型放射光施設や、特殊な環境下でも使用が可能なように、簡便かつ小型の疲労試験機でもあるため、疲労試験中における組織・構造変化のその場観察や、疲労試験環境を変えることによる影響を調べることが可能になる。従来の疲労試験機はサーボバルブを用いて高圧の油圧をかけ続けていたため、油圧発生装置が大がかりで、しかも振動や騒音の問題があり一度設置した疲労試験機を移動して複数の場所で使用するのは事実上不可能であった。このように、新しい知見を得るためには、実験装置作りが研究の重要部分であることを認識していただくとともに、このように優れた小型で高性能の油圧制御装置が日本で開発されているからこそ出来る特色のある研究機器開発でもある。

2. 実施した研究の具体的内容、結果

あつかんサーボを用いて、疲労試験装置の開発を行った。試験装置の外観を図1に示す。開発した疲労試験機は引張引張試験に限定して、サーボバルブを使用していない。サーボバルブを使用しないことで、発生する荷重曲線に乱れが出ることが予測されたが、それほど大きなノイズではなく今のところ負荷応力の3%未満に押さえ込まれている。これもひとえにあつかんサーボの高い加工精度と優れた制御盤開発のたまものである。しかし、良いことづくしではなく、油の総量が限定されるため、高い周波数と大きな荷重振幅ではハンチングを起こす。そのため、微妙なトリガー調整が必要である。本来であれば、指令の荷重波形に対して発生した荷重波形を検出してそのずれを自動的にフ



図1 あつかんサーボを、用いて試作した疲労試験機の外観

ードバックする事で両者をフィティングさせる回路が必要であるが、今回はこの操作を予算上、手動で行う事にした。しかし開発することは十分に可能であることを付け加えておく。それだけの拡張性をあつかんサーボは持ち合わせている。

具体的に、本装置を用いて行った引張引張疲労試験の結果について述べていく。試験片は当方で研究しているガラス合金であり、合金組成は $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ で傾角鋳造法によって作製した鋳造棒を機械加工して図2に示す試験片形状に加工した。この試験片を多数用いて疲労試験を行った結果、得られたS-N線図を図3に示す。



図2 $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ ガラス合金疲労試験片の外観

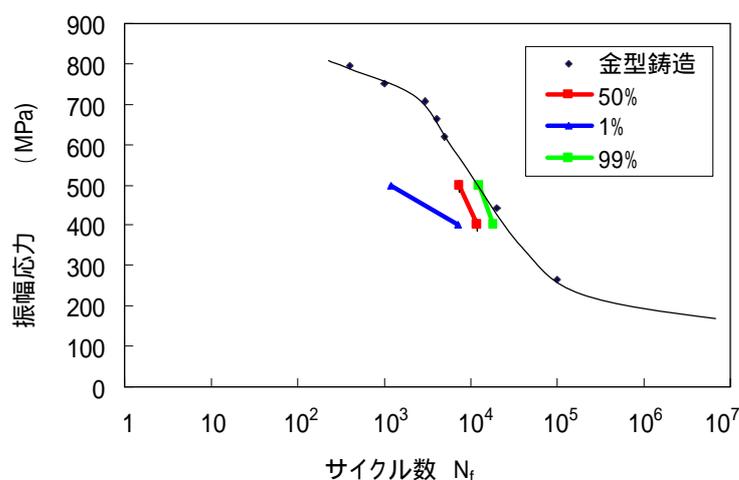


図3 $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ ガラス合金のS-N曲線

疲労試験の条件は周波数 1.3 Hz で応力比 (最小応力/最大応力) が 0.1 の条件で行った。各振幅応力で試験片を 1 本ずつ用いて破断した時のサイクル数を記録して S-N 線図を作製した。本疲労試験機の特筆すべき点は、非常に小さな疲労試験片についても、疲労試験が可能である点にある。これは、試験片保護機能を本疲労試験機が有しているからであり、指定した加重以上の荷重がかからないようにシリンダーを動かす機能である。本試験のように小さな試験片を用いて疲労試験を行う時には必須の機能であるが、今回は太陽鉄工の開発の方々をお願いして、特別に制御器内部を改造していただき、本機能を追加していただくことが出来た。図中に示す 1-99%の線はワイブル確率分布から求めた累積破壊確率に対応する部分 S-N 線図である。本実験の結果と既存の試験機から求めた S-N 曲線の累積破壊確率 99%の線がよく一致するので、本試験の結果は既存の試験機と比較して遜色ない結果が出せる。更には、非常に小型であるために、従来品と比較しても汎用性は高い。

疲労破断した試験片の表面観察結果を図4に示す。明瞭なストライエーション状の模様が観察され、負荷した繰り返し応力に対応して疲労亀裂が進展していることが理解出来る。繰り返し応力がサイン波状に滑らかに変化していたことを示唆している。疲労亀裂は表面

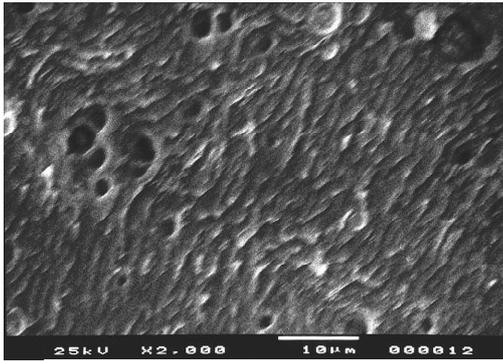


図4 Zr₅₀Cu₄₀Al₁₀ ガラス合金の疲労破面のSEM像

から導入され、ストライエーション状の模様を示して伝播した後、最終破断している。ごく一般的に見られるガラス合金の疲労破面であった。

あつかんサーボの疲労試験機への転用は、技術的には殆ど問題がない。敢えて問題を挙げるとすれば、市販で出ている一流かつ高性能の疲労試験機と比較すると油圧の波形に見られるノイズが若干大きいということが挙げられる。しかし、

一般の疲労試験と比較しても遜色があるほどではない。非常に安価な疲労試験機を提供することが可能という意味では、これらの油圧製品を広く理化学機器への転用が可能ではないかと考えている。本試験機を開発するにあたり、太陽鉄工の中田さんはじめ多くの技術者の方に大変お世話になりました。この場を借りてお礼申し上げます。

3. 本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

兵庫県立大学大学院工学研究科・助教授 山崎徹

東北大学金属材料研究所長・教授 井上明久

4. 研究実施時期

2005年(平成17年)6月1日から 2006年(平成18年)5月31日

5. 本研究に関連して発表した主な論文等

Fatigue-Strength Enhancement of Cast Zr₅₀Cu₄₀Al₁₀ Glassy Alloys

Y. Yokoyama, P. K. Liaw, R. A. Buchanan, and A. Inoue

Materials Transactions, 47, No5 (2006), in press.

6. 内外における関連研究の状況

疲労試験機を自分で開発しようという方は殆ど居ないと思います。まして油圧試験機に於いては不可能と考えるのが普通でしょう。今回の成功はひとえに太陽鉄工さんのご尽力による物であると言えます。疲労試験を作るという観点からでは立命館大学の酒井達夫先生が高サイクル試験用の回転曲げ疲労試験機を作られています。本開発機器とは全く別のタイプの疲労試験機になります。本研究を比較するような研究は無いのではないのでしょうか？実験装置を自分で作るという姿勢が今の研究者にはあまり見られません。たまにそう言う研究者を見るととても幸せな気分になれます。しかし、金属ガラスの疲労という観点からは、多くの

方が研究しています。日本に於いては、神戸大学の中井先生、宇部高専の藤田先生。そして私でしょうか。外国に於いても何人か居ますが、非常に狭い研究分野ですので皆よく知っております。こういった分野に、広くこの試験機を広めるためにも、早い時期に Spring8 で実験をしたいと考えております。

7. 今後の発展に対する希望

あつかんサーボの疲労試験機への応用は非常にうまく行った。私の研究室を訪れる圧倒的の大多数の方が、あつかんサーボを油圧駆動であるとは思っていません。それ故、稼働荷重を聞いて驚かれます。次ぎに油圧ユニットであることを説明して再度驚かれています。今後は、多種多様の疲労試験機に対応した新しい装置についてあつかんサーボを用いて開発していきたいと考えております。一方、あつかんサーボの金属ガラスへのあたりし応用として、熱間加工機を考えております。金属ガラスはその名の通りガラス的な性質があるため、昇温に伴ってガラス転移温度にて軟化します。この現象を利用してガラスの加工（細工）が可能になるわけですが、実は非常に粘性が高い状態でもあります。このなんか減少を利用して金属ガラスを精密成形することが出来る熱間加工機をあつかんサーボを用いて開発していきたいと考えております。