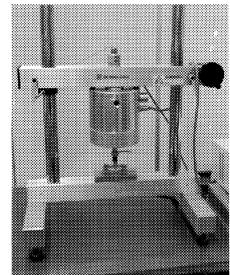


電磁力式微小材料試験機

長谷川 忠

(株)島津製作所 試験計測事業部



3点曲げの例

1. はじめに

近年、複合材料・超伝導材料をはじめとした新素材開発や、マイクロアクチュエータ、マイクロセンサー等のマイクロマシンの実用化、さらに電子業界における小型・高機能化と環境問題として注目されている鉛フリー接合技術開発、バイオ関連など、さまざまな分野において微小材料・微小部品が注目を集めている。

ところで、これらの微小材料の実用化に不可欠な、個々の材料の耐久性や強度特性については、材料の微小さゆえに特別な評価手段がなく、集合体として測定する方法が用いられてきたのが現状である。

そこで今回上記のようなミクロンオーダーの大きさの微小材料の動的から静的まで幅広い強度特性を評価する試験機(商品名、「マイクロサーボ MMT シリーズ」)を開発したので、応用例とともに紹介する。

2. 試験機の概要

試験対象が微小であるため、試験機としては加える力を小さくする必要があり、なおかつ、動的特性や耐久性評価のために、高周波数応答を可能にする負荷方式・高精度制御が必要となる。

従来の油圧負荷などの方式では可動部の慣性や軸受けの摩擦が問題となるため、今回の装置ではこれらの影響が少ない電磁力による微小負荷方式を採用した。また、試験対象に作用する力を測定するのに小型ロードセルを、またアクチュエータ変位を測定するため差動トランス式変位計を採用した。

また制御装置として、従来から電気油圧サーボ式試験機で実績のある、クローズドループ制御方式を使用することにより、微小荷重および微小変位を動的負荷時も高精度で制御・測定することができるよう工夫した。

3. 負荷機構

アクチュエータには、極めて高い周波数応答性を持つ電磁式を採用しており、その原理としては、[図1]¹⁾に示すと

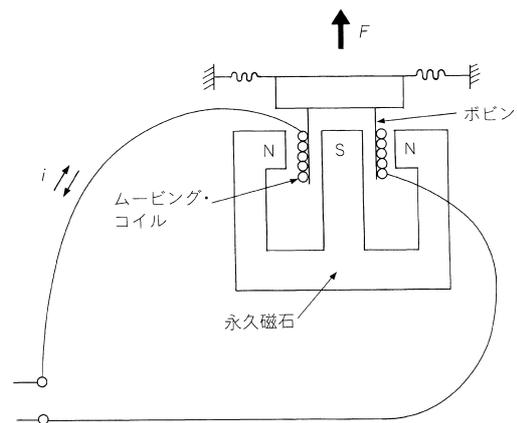


図1 電磁力アクチュエータ原理図

おり、荷重発生部は永久磁石とフォースコイルとから構成され、永久磁石が負荷フレームに固定、内部コイルが上下に移動できる可動形となっている。

可動コイルに電流を流すと、そのコイル電流に比例した電磁力 F が次式の関係で発生する。

$$F = 2\pi r n B I$$

r : コイル半径, n : コイルの巻数,

B : 磁石の磁束密度, I : コイル電流

このコイル電流 I をクローズドループ方式で制御することにより、微小負荷を高精度で試験対象に与えることができる。

クローズドループ制御のコントローラとしては、通常の油圧サーボ制御用のものを使用しているが、電磁アクチュエータを駆動するために、電流増幅器(パワーアンプ)を追加している。

4. 本試験機でのアプリケーション

本装置の応用範囲はきわめて広く、現在実用に供されている代表的なアプリケーションをまとめると、[表1]のとおりである。

4.1 環境(雰囲気)付与装置

微小材料試験機においても、一般の試験機と同様に、実

表1 電磁式微小材料試験機適用対象例

分野	詳細	特筆事項
繊維	炭素繊維・アラミド繊維・ガラス繊維など	JIS R7601 ASTM D3378 準拠
細線	超伝導線・ボンディングワイヤなど 直径 0.2 mm まで対応可能	上部に球面ジョイントを使用して、 偏芯除去への配慮
箔	薄膜・金属膜など	球座圧盤・針状治具使用し、侵入抵抗の計測も可能
紙	紙・不織布など	
小型部品	バネ・継電器部品など	片持ち曲げ試験
電子	デバイス・パッケージ・はんだ接合 リード端子・コネクタ端子など	JIS R7601 準拠曲げ試験
医療	針・生体材料・歯科材料など	
セラミック		
事務用品	ペンなど	
樹脂	粘弾性など	
溶接		溶接部の引張試験
接合	接着など	溶接部の引張試験
部品耐久	キー、ボタン操作	
マイクロマシン		

用環境を再現しての複合的な強度評価を行なうことに対する要求が高まってきており、各種環境付与装置（雰囲気装置）、真空チャンバ等を組み合わせた応用システムを製作している。

たとえば、温度環境には、恒温槽や、炉、低温槽（LN2 など）を使用する。（[図2] に示す写真は、セラミックス系の試験に対応した、1500°Cの電気炉）

また、腐食などの試験に、腐食槽を組み合わせた実例もある。

4.2 観察装置

負荷状態で、試験対象の局所的な観察をその場で行うた

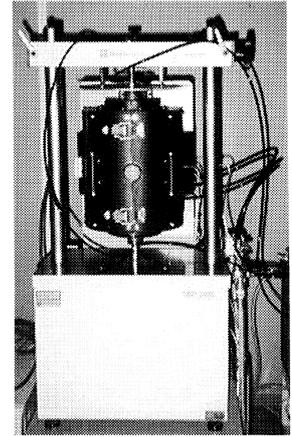


図2 1500°C電気炉

め、顕微鏡（光学式、SEM、AFM など）と組み合わせることも多い。

5. むすび

以上で紹介した微小材料試験は、まだ立ち上がった直後の状況にあるが、いくつかの分野では基礎的な結果報告がなされつつあり^{2),3)}、

さらにデータ処理装置等を複合的に組み合わせるなど、より複雑な評価への展開もなされている。

参考文献

- 1) 橋本順次, エレクトロメカニカル機器, ラジオ技術社 (1976)
- 2) 魚本健人ほか, FRP ロッド用各種繊維の時間依存特性に関する基礎研究, 土木学会第52回年次学術講演会 (1998)
- 3) 寺島啓太, ミクロコンポジットを用いた繊維/樹脂界面微視破壊機構の評価, 京都大学大学院工学研究科・修士論文 (1999)