

VI-105 無重力実験施設の制動装置に関する実験的研究

三井建設（株） 正会員 田村富雄
三井建設（株） 正会員 篠崎裕生
三井建設（株） 正会員 三澤留津子

1. はじめに

無重力（実際にはMicro Gravityであるので以下MGと略す）環境は、地上の重力下では生じない無対流、無沈降、無浮力などであり、これを利用して物理現象の解明、新素材の開発などの計画がされている。¹⁾ MG環境は宇宙ではスペースシャトル、地上では落下塔、航空機などを利用してつくり出すことが出来る。ここでは落下塔を利用したMG実験施設の制動装置について述べる。

2. 制動装置の概要

落下塔を利用したMG実験施設は試験装置の内蔵されたカプセルを塔の上部で切り離し自由落下させる。その際に一時的にMG状態が生じ、その後に制動装置により着地する。制動装置として一般的に砂や発泡材をクッション材としてピットの中に入れたサンドピット方式が採用されている。²⁾ この方式ではカプセル寸法やカプセルの落下高さにもよるが制動加速度は20～50gに達する。実験内容やカプセルの搭載機器の耐衝撃性などより低加速度での着地が要求されている。ここで、より低加速度での着地を目的に空気制動方式の開発を行った。

3. 空気制動方式の開発実験

空気制動方式として強制対流と空気の圧縮性を利用する方法がある。経済性、メンテナンス等を考えて空気の圧縮性を利用する方法について次のような実験を行った。実験装置の全景を写真-1に示す。

1) シール付きカプセル方式

図-1のように制動部には上部にガイドチューブを設け下部のチューブ内径とカプセルのシール部の外径を同一にし、制動チューブで圧縮された空気はオリフィスで逃す構造とした。また、カプセルがガイドをスムーズに通るようにカプセルにガイドローラーを取付けている。

カプセルの落下高さを12m、重量25kg、外径241mm、長さ500mmとして落下実験を行った。制動時のカプセルの加速度の測定結果を図-2に示す。参考のために同じ落下高さでのサンドピット方式も記した。サンドピット方式での制動加速度は30gに対して本方式では15gと約半分の加速となった。しかし、カプセルがガイド部に衝突した場合にガイドローラーがほとんど用をなさず制動加速度はさらに大きくなった。また、シール材の摩擦も著しかった。この方式は実用的でないかと判断して次の方式へ展開した。

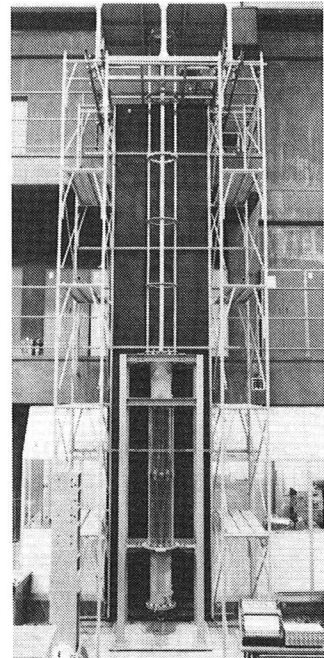


写真-1 空気制動方式実験装置

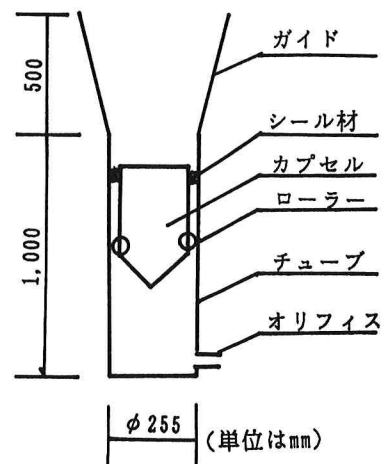


図-1 シール付きカプセル方式

2) 制動ピストン方式

前の方式の欠点を解決するためにシールおよびガイドを無くし、カプセルを制動部の上部に配置したゴム製のピストンで受け止めカプセルとピストンが一体となって制動チューブ内を落下する方式を考案した。ピストンで圧縮された空気は前と同様にオリフィスで逃がす構造とした。図-3にその概要を示す。カプセルの落下高さ10m、重量25kg、外径241mm、長さ670mmでの制動時のカプセルの加速度の測定結果を図-4に示す。

この結果より、オリフィスの開孔率を制動チューブ断面積の5%とした場合に制動加速度は4.8gとなった。計算結果との差はピストンからの漏れ量の測定ができなかったためと考えられる。本方式は大型の落下等の場合にはピストン材料の摩耗、耐熱性、回収方法などに問題があるが小規模の落下装置には十分採用できる方式と考えられる。

3) 制動ピストンを用いない方式

最近、制動ピストンを用いないでそのままカプセルを制動チューブ内に落下させて、カプセルとチューブ間の適度のすき間および可変オリフィスの採用などにより任意の制動加速度で制御できることがわかった。これはチューブ内のカプセル輸送の研究の成果で、³⁾ 実用的な解析手法が確立され、実験的にも裏つけられている。この方式によれば大規模な落下塔にも摩耗箇所がなく採用できると考えられる。

4. おわりに

本実験の結果、無重力実験施設の制動装置として空気制動方式は目的に応じて使い分けるこのにより十分に実用的であることがわかった。今後の無重力実験施設の計画に参考になれば幸いである。最後に本実験に協力して致いた三井造船(株)鉄構土木事業部小野純二主任、熊本大学大庭英樹助教授に感謝します。

参考文献

- 1) 西永頌:「無重力環境の利用」応用物理, VOL. 55, NO. 4, 1986年
- 2) Jack A. Salzman "Microgravity Research Facilities at the NASA Lewis Research center, 宇宙環境利用国際シンポジウム IN SPACE '87, 1987年10月
- 3) 大庭英樹 他:「空気力カプセルの走行特性に関する研究」日本鉱業会誌, 102 [1182] 1986年

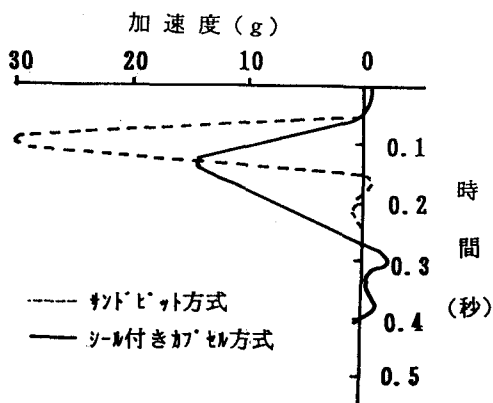


図-2 制動時の加速度(1)

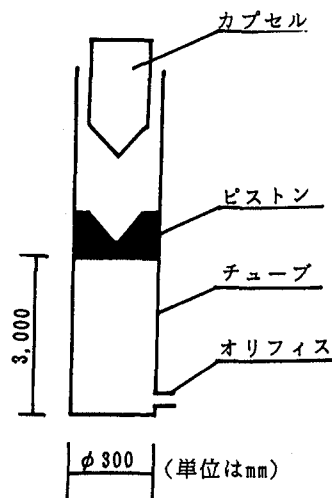


図-3 制動ピストン方式

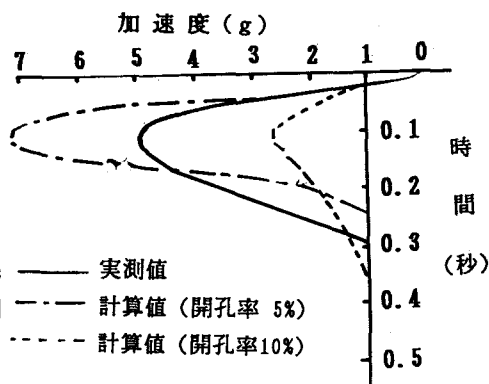


図-4 制動時の加速度(2)