

高速衝突実験のための射出装置の設計製作

Design and manufacture of launch equipment for high-speed collision experiments

Keywords : 飛翔体衝突, 射出装置, 原子力発電所

23304185, 佐々木啓介, 山形浩史

1. 背景および目的

・9.11テロ(図1)や3.11福島第一原発での事故(図2)などをきっかけに新規基準が新設されたことにより意図的な航空機衝突への対応が求められる。

・当研究室では外来飛翔体から原子炉建屋や人を保護することに焦点を当て、最適な防護方法を探っている。

・昨年度、当研究室は斜め衝突の実験装置(図3)を開発し、DIC法によりひずみ解析を行った。DIC法とは、変形前後の画像を解析することで、ひずみを可視化する手法である。しかし、この手法では速度が実際の飛翔体衝突と比べて不十分であるという課題点が見つかった。また、ひずみ量に理論値と49%もの誤差があった。そこで、本研究では高速衝突実験を行うために飛翔体を射出する装置を設計製作し、正確な解析を行うことを目的とする。



図1 9.11テロ^[1]



図2 福島第一原発事故^[2]



図3 斜め衝突の実験装置

正確な高速衝突実験

射出装置の設計製作

本装置を担当

速度計測システムの開発

共同研究者が担当

2. 射出方法

論文調査によると、現在、飛翔体の射出には大きく分けて圧縮空気で押し出す方法(図4)、火薬の爆発力で押し出す方法(図5)の2種類がある。本研究では、安全上火薬の使用は見送り、空気式の射出装置を採用した。空気の圧縮にはエアコンプレッサを用いる。飛翔体の保持にはサボットを用いる。

また、本研究では表面形状が球状の飛翔体を想定して、鋼球を射出する。

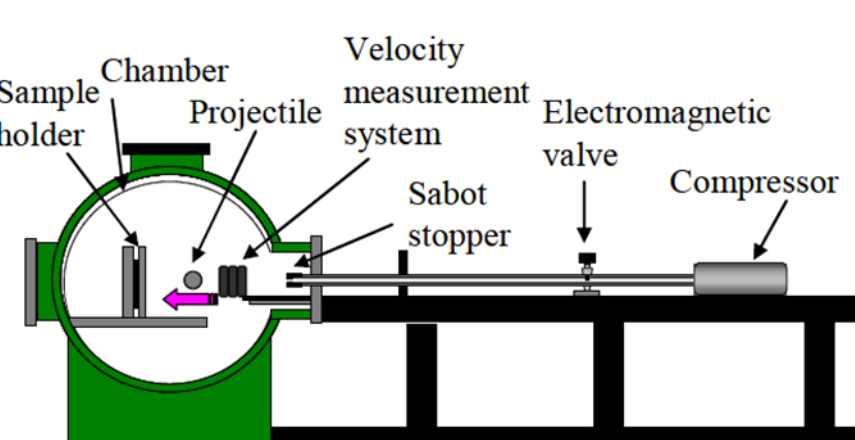


図4 圧縮空気の射出装置^[3]

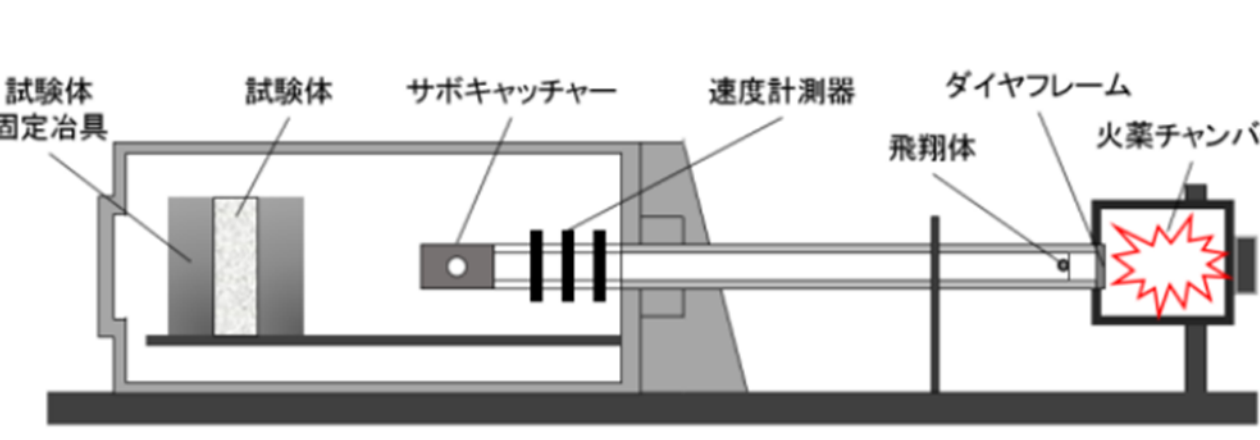


図5 火薬の射出装置^[4]

本研究では、簡易的な射出装置を製作する。エアコンプレッサから圧縮空気を管を通して砲身に送り込み、電磁弁を操作することで空気圧で飛翔体を一気に加速させ、射出させる。現段階でのポンチ図を図6に示す。

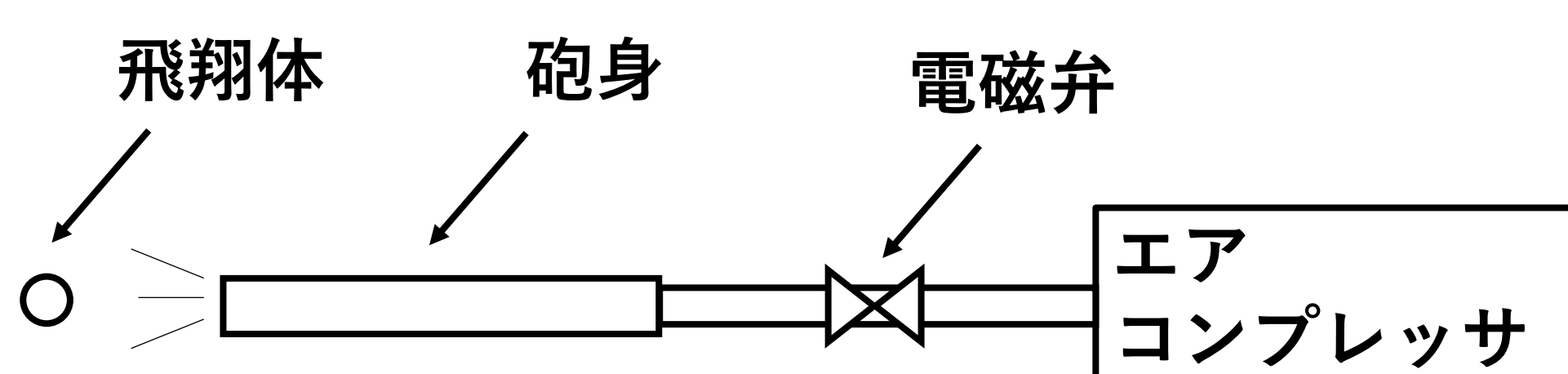


図6 射出装置のポンチ図

3. 装置の詳細

川重テクノロジー株式会社明石営業所の研修にて、射出装置の詳細を知ることができた。

川重テクノロジーは、以下の過程で飛翔体を射出した。

①タンクに溜めた0.7MPaの圧縮空気を送る

②電磁弁が開き、サボットに取り付けられた飛翔体が砲身の中で加速する

③発射直前にサボットが留まり、飛翔体のみが発射される

以上のことを参考に、射出装置を以下3つの条件で設計する。

➤ サボットと飛翔体の分離

発射される直前まで保持する必要がある。これは論文調査で見つけた、口径を徐々に狭めていく方法を考えている(図7)。

➤ 高速で開く電磁弁を選定

高速発射のために以下の条件で選定した(表1)。

表1 選定した電磁弁の諸元

弁体構造	ポペット式
ソレノイド数	シングルソレノイド
操作電源	AC
駆動方式	直動式
方向数	2ポート
位置数	2位置
非通電時の開閉	ノルマルクローズ

上記条件を満たす直動式2ポート電磁弁(マルチレックスバルブ) NC(通電時開)形 AB31/AB41シリーズを採用した(図8)。

➤ 砲身の寸法を算出

コンプレッサから出力される圧縮空気の圧力を p [Pa]、口径を A [m^2]とすると、圧縮空気の力 F [N]は

$$F = Ap \quad (1)$$

これを運動方程式 $F = ma$ に代入して

$$a = \frac{Ap}{m} \quad (2)$$

ここで、 a [m/s^2]は飛翔体の加速度である。両辺に砲身の長さ x [m]をかけ、 $v^2 = 2ax$ として整理すると

$$x = \frac{mv^2}{2Ap} \quad (3)$$

従って、砲身の長さに関する式が導出できた。

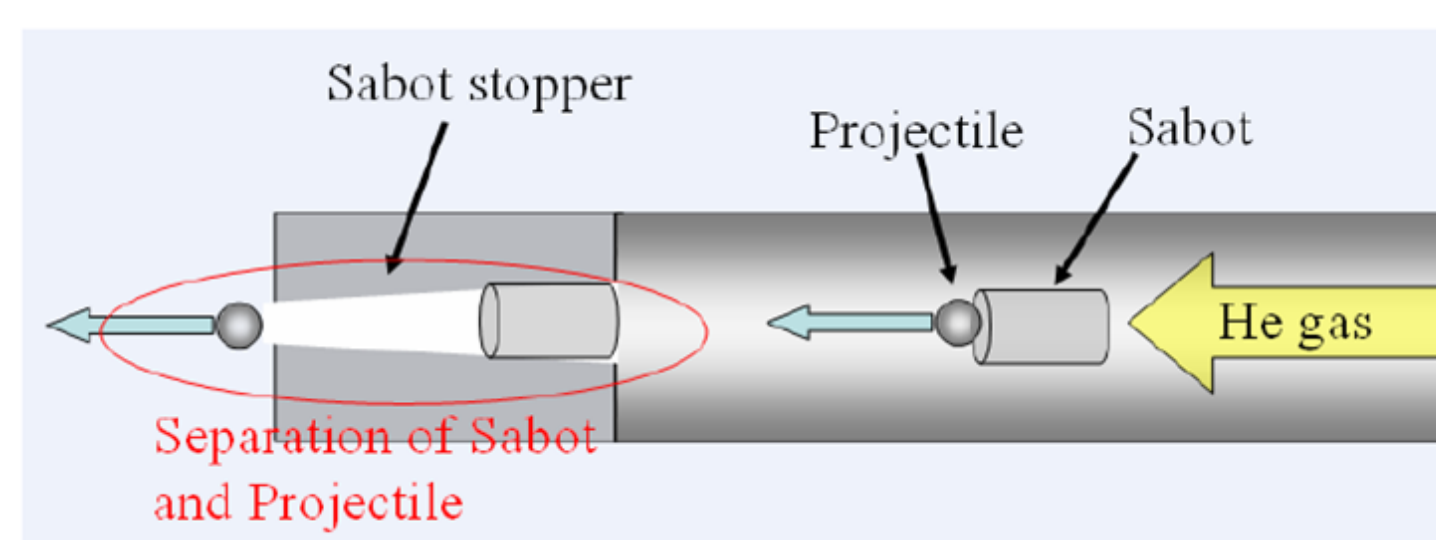


図7 サボットの保持方法の例^[5]



図8 採用した電磁弁^[5]

4. 今後の取り組み

今後は、アイデアを具体的な図面とし、射出装置を製作・改良する。そして、最終的には高速衝突実験を行い、シミュレーションの結果と比較することで妥当性を検証する。

12月 1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月

装置の開発

衝突試験・装置の改良

資料作成

5. 参考文献

- [1]【写真特集】9.11米同時多発テロから10年, <https://www.afpbb.com/articles/-/2823664?pid=7701512>
- [2]福島第1原発、事故直後の写真を新たに公開 2000枚以上, <https://www.afpbb.com/articles/-/2925698?pid=10218630>
- [3]山田昌義, 複合材料の飛翔体衝突に伴う損傷挙動に関する研究, 名古屋大学博士論文, 2011年3月25日
- [4]南正樹・篠原保二・阿藤敏行・金圭庸, 複合材料の飛翔体衝突に伴う損傷挙動に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No2, 2016
- [5]直動式2ポート電磁弁(マルチレックスバルブ) NC(通電時開)形 AB31/AB41シリーズ モノタロウより