

高速衝突における被衝突体速度に及ぼす飛翔体先端形状の影響

EFFECT OF TIP SHAPE OF PROJECTILE ON TARGET VELOCITY AT HIGH VELOCITY IMPACT

大場 渉, 長命 琢磨, 新井 和吉

Oba Wataru, Chomei Takuma, Arai Kazuyoshi

法政大学

1. 諸論

2018 年現在、地球に接近する軌道を持つ小惑星（地球近傍小惑星）は約 18000 個見つかり、その中の約 2000 個が地球に衝突する可能性が高い小惑星、または地球に衝突した際に地球に与える影響が大きい小惑星であり、すなわち潜在的に危険な小惑星とされている[1].

回避方法の一つとして地球に衝突する可能性のある小惑星に対して事前に宇宙機などを衝突させることでその小惑星の軌道を変更させるという回避方法が研究されている[2]. 飛翔体が衝突した際の被衝突物の速度増加に関して、多くの先行研究が行われている.

本研究では、高速衝突における物体の速度変化に関する基礎的研究として、円柱型ポリカーボネート飛翔体と円柱ステンレス鋼被衝突体を用いて、被衝突体速度に及ぼす飛翔体先端形状の影響を検討した.

2. 衝突試験方法

衝突実験に用いた飛翔体は、材質がポリカーボネートで、形状が先端円錐の円柱であり、先端円錐角度は 5 種類に変化させた. 飛翔体の直径および質量はすべての飛翔体で同一とした. 被衝突体は SUS304 製の円柱であり、質量は飛翔体の約 1000 倍とし、その形状を Fig. 1 に示す. 被衝突体

は平行移動のみとするため、Fig. 2 に示すリニアブッシュ（直線案内機構）に設置して衝突実験を行った. 衝突実験は 2 段式軽ガスガン（通称、藤原銃）を用い、衝突角度は垂直とした.

飛翔体の衝突速度と被衝突体の衝突後速度は高速度ビデオカメラを用いて測定した.

3. 衝突実験結果および考察

飛翔体の衝突速度が約 2 km/s 以下では、飛翔体運動量と被衝突体運動量が等しくなる. 一方、飛翔体の衝突速度が約 2 km/s 以上では、飛翔体先端形状によらず、衝突速度の増加に伴い、被衝突体の速度は徐々に増加していた. また、同一衝突速度における飛翔体先端角度が被衝突体速度に及ぼす影響を検討した結果、先端角度の増加に従い被衝突体速度も増加することがわかった.

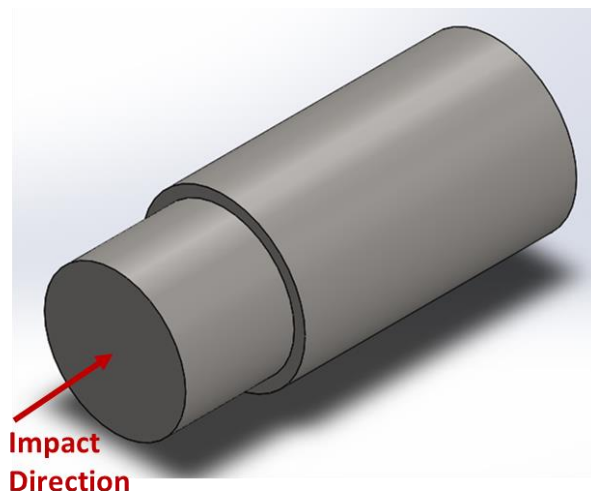


Fig. 1 Target (SUS304).

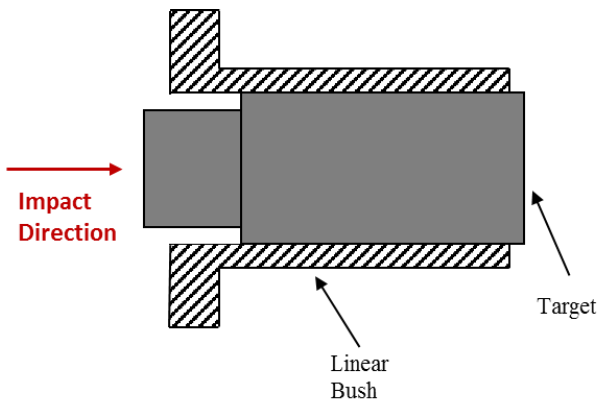


Fig. 2 Cross section of the jig.

次章にて数値解析を用いて被衝突体速度に及ぼす飛翔体質量の影響を検討した。

4. 数値解析

数値解析には衝撃解析ソフトウェア（Autodyn, Ansys Inc.）を使用した。数値解析モデルは衝突現象の対称性から2次元軸対称モデルとした。解析のモデル形状を Fig. 3 に示す。実験と同様の材料を用い、飛翔体（ポリカーボネート）の解析手法には SPH, 状態方程式には Shock, 構成則に Piecewise Johnson-Cook, 破壊則に Plastic strain を用いた。被衝突体（SUS304）の解析手法には Lagrange, 状態方程式には Shock, 構成則に Steinberg Guinan, 破壊則に Plastic strain を用いた。飛翔体は 700-900 メッシュ, 被衝突体は 7000 メッシュで構成した。飛翔体衝突速度は 1400-3200 m/s に変化させた。また、被衝突体速度に対する飛翔体質量の影響を検討するために、飛翔体質量を変化させた数値解析も行った。

まず、実験結果と数値解析結果の比較を行った。衝突実験と同様の解析において、実験結果と数値解析結果は良い一致を示していることがわかった。

次に、飛翔体質量を変化させた数値解析を行った結果、被衝突体速度に及ぼす飛翔体質量の影響がわかった。

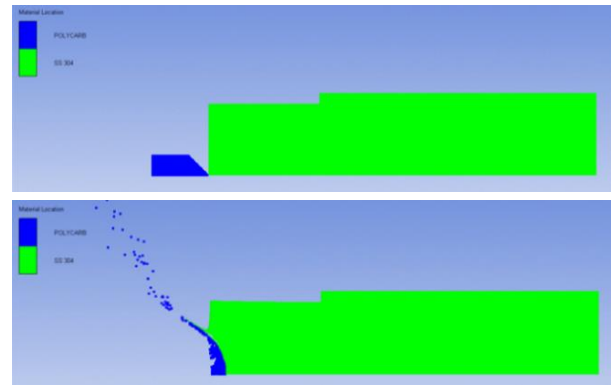


Fig. 3 Simulation model

(Above : Pre impact , Below : Post impact).

以上のことから、衝突速度約 2 km/s 以上の速度領域において、被衝突体速度を、飛翔体衝突速度、飛翔体質量および飛翔体先端角度で定式化の検討を行った結果、実験および数値解析から、べき乗則に基づく式を得ることが出来た。

5. 結論

先端形状の異なる円柱型ポリカーボネート飛翔体と円柱ステンレス鋼被衝突体を用いて高速衝突実験を行った結果、以下のことがわかった。

- ・飛翔体先端形状によらず、衝突速度の増加に伴い、被衝突体の速度は徐々に増加することがわかった。
- ・同一衝突速度の場合、飛翔体先端角度の増加に従い被衝突体速度は増加することがわかった。
- ・実験結果と数値解析結果において良い一致が示され、被衝突体の速度に及ぼす飛翔体衝突速度、飛翔体質量および飛翔体先端角度の影響を定量的に把握することができた。

参考文献

- 1) NASA: Center for NEO Studies, Discovery Statistics, 2019
- 2) 山口皓平：天体の地球衝突回避方法，天文月報 2 月，2017