

303. 車両事故における飛翔物体の運動に関する研究

A Study of the Motion of a Projectile in a Vehicle Accident

○学 加藤 哲也 (新潟大院)
学 清水 啓 (新潟大院)

正 石橋 達弥 (新潟大)

Tetsuya KATOH, Tatsuya ISHIBASHI, Satoshi SHIMIZU:

Faculty of Engineering, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho 8050, Niigata, 950-21 JAPAN

Keywords : Vehicle Accident, Projectile, Trajectory

1. 緒言

車両事故の研究において衝突時の車両付属物の飛翔距離から車両の衝突速度を推定することは、車体の塑性変形に基づく衝突速度の推定だけでなく、他の手法として実際面で重要な問題である。初期の研究ではFig.1(a)に示すように、バウンドと滑りを考慮に入れず物体が着地した点を最終停止位置として放出速度を求めていたが、実際には着地した後にバウンドと滑り運動を行っており、そのためこれら2つの方法で求められた放出速度にはかなりの差が生ずる。後者の方法で物体が水平面から放出された場合のものはSearle¹⁾の論文に説明されているが、実際の衝突事故ではある高さhからの物体の放出が一般的である。

そこで本研究では、Searleの方法に加えて高さhを考慮した式を示し、さらに投擲機を用いて車両衝突時の付属物の飛翔を想定した場合の実験を行い、その結果と理論式による算出値とを比較したので報告する。

で与えられ、これより放出開始点Aより最終停止位置Dまでの総移動距離は $L=L_f+L_R+L_S$ であるから次のようになる。

$$L = \frac{1}{2\mu g} \{V_{0x}(1+\mu \tan \theta)\}^2 + \mu h \quad \dots \textcircled{3}$$

ここで $V_{0x}=V_0 \cos \theta$ 、 $V_{0y}=V_0 \sin \theta$ を考えれば

$$L = \frac{V_0^2}{2\mu g} (\cos \theta + \mu \sin \theta)^2 + \mu h \quad \dots \textcircled{4}$$

となり、よつて物体の最終停止位置より放出速度を求める式は次のようになる。

$$V_0 = \frac{\sqrt{2\mu g(L-\mu h)}}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \quad \dots \textcircled{5}$$

上記の式においては反発係数eは含まれていない。これは、反発係数が大きいときには物体は高く跳ね返るが、それだけ摩擦も大きくなり全体でみると総移動距離は変わらないということを表している。

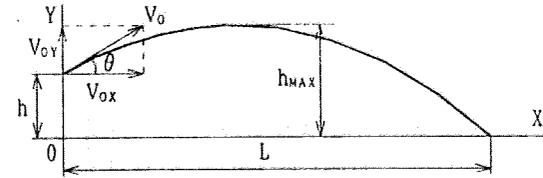
3. 飛翔実験

3.1 実験方法

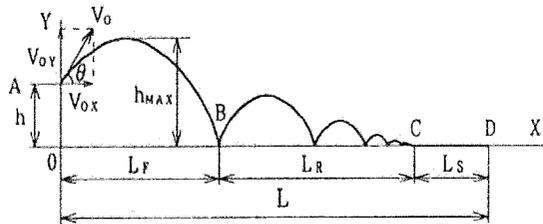
車両衝突時における車両付属物の飛翔を想定するために、放出速度 V_0 および放出角度 θ 、放出高さhを変化させることのできる投擲機を製作した。この投擲機の全体図をFig.2に示す。放出速度は回転軸の端に設置したスリット円盤とフォトセンサーを用いて、出力されたパルス波を角速度に変換し、回転半径をかけて求めた。

放出角度は 0° 及び 30° 、放出速度は15km/h及び25km/h、放出高さは1mとした。放出物としては車両衝突時のガラス片及びプラスチック片の破損による放出を想定して、 $5 \times 10 \times 10$ mmのアルミニウム片と塩ビ(PVC)片を用いた。

放出軌跡は放出方向に対して直角な方向より8mmビデオカメラにより撮影し、1/30秒ごとの位置を観察した。



(a) In Earlier Works



(b) Consideration of Height and Bounding and Sliding

Fig.1 Flight Distance of a projectile

2. 理論式

Fig.1(b)に示すような速度 V_0 角度 θ で高さhより放出された物体を考える。この速度 V_0 の水平成分を $V_{0x}=V_0 \cos \theta$ 、垂直成分を $V_{0y}=V_0 \sin \theta$ とすると、放出開始点Aより最初の着地点Bまでの水平移動距離 L_f は次式で表される。

$$L_f = \frac{V_{0x}}{g} (V_{0y} + \sqrt{V_{0y}^2 + 2gh}) \quad \dots \textcircled{1}$$

ここで物体と路面との摩擦係数を μ 、反発係数をeとすると、最初の着地点Bよりバウンド過程を経て滑り終了(停止)地点Dまでの水平移動距離 L_R+L_S は

$$L_R + L_S = \frac{1}{2\mu g} (V_{0x} - \mu \sqrt{V_{0y}^2 + 2gh})^2 \quad \dots \textcircled{2}$$

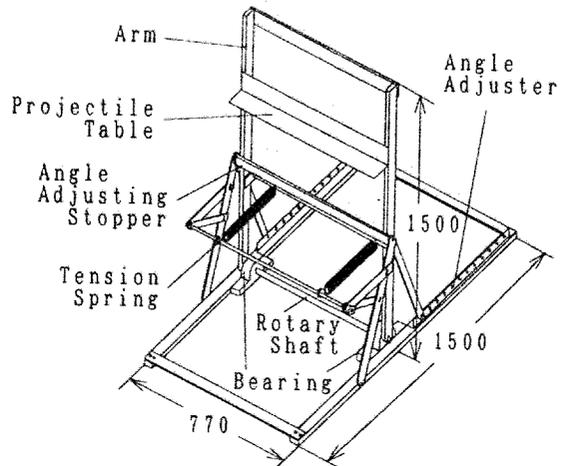


Fig.2 Projectile Machine

3.2 実験結果及び考察

3.2.1 最初の着地点までの運動

実験で得られた最初の着地点までの放出物の軌跡をFig. 3に示す。この過程の運動ではアルミ及び塩ビ(PVC)の軌跡はほぼ一致したため、区別せず1本の曲線で示した。放出物片は放出後徐々に上下方向へ広がっていったため、その広がりを中心の位置を以て軌跡とした。

また、最初の着地点までの距離 L_r の①式による理論値は次のようになる。

0° 15km/h:1.88m 25km/h:3.14m
 30° 15km/h:2.57m 25km/h:5.58m

$\theta=30^\circ$ では理論値とほぼ一致する値を示しているが、 0° では理論値よりかなり大きくなっている。これは、投擲機において放出角度を 0° に設定した場合にも、実際には投擲機の構造と放出の様式から、数度程度の上向きの放出角度があったのではないかと考えられる。

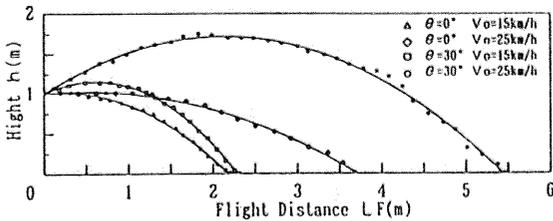
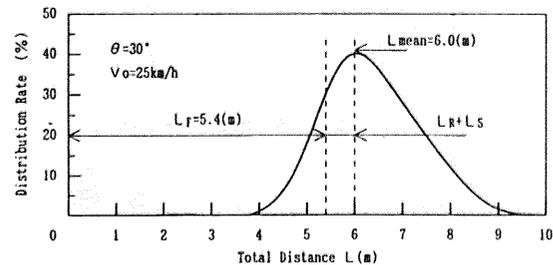


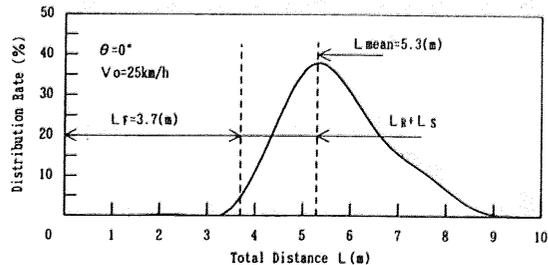
Fig.3 Trajectory and Flight Distance of Projectile on First Landing

3.2.2 総移動距離

Fig.4に例として $\theta=30^\circ$ 及び 0° 、 $V_0=25\text{km/h}$ のときのアルミ片の総移動距離の分布を示す。放出物として用いたアルミ片では摩擦の箇所によって摩擦係数が $0.4\sim 0.7$ (平均 0.6)と値が変化する。そこで、④式を用いて算出した放出速度と総移動距離の関係を摩擦係数をパラメータとしてFig.5に示した。



(a) $\theta=30^\circ$ $V_0=25\text{km/h}$



(b) $\theta=0^\circ$ $V_0=25\text{km/h}$

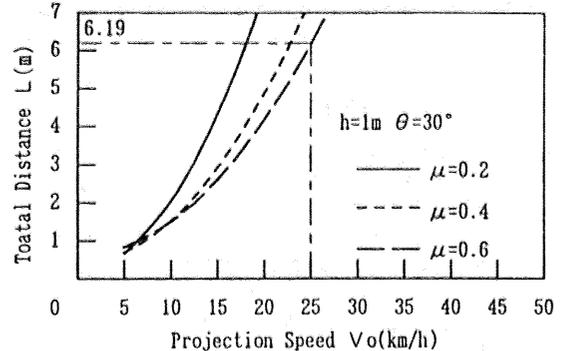
Fig.4 Distribution of Projectile at Total Distance

Fig.3より最初の着地点までの距離 L_r は $\theta=30^\circ$ の場合で5.4mであり、この軌跡に沿って飛んできた破片がFig.4(a)に示す最高分布の点までバウンド及び滑りを行って止まったと仮定すると、Fig.4(a)より総移動距離 L は6mとなる。よって L_R+L_S はおよそ0.6mとなる。ここでアルミ片の平均の摩擦係数は0.6であったので、Fig.5(a)と前述の L_r の理論値よ

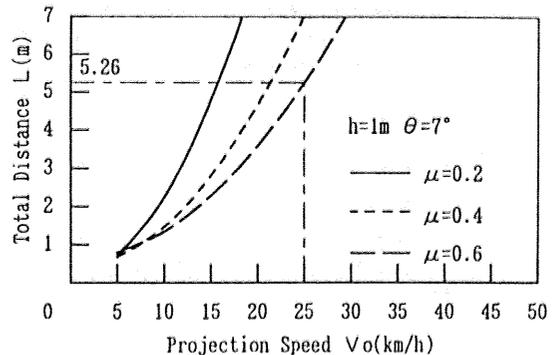
り L_R+L_S の理論値はおよそ0.6mとなり、実験値と理論値はほぼ一致する。

また $\theta=0^\circ$ の場合の L_r の実験値はおよそ3.7mであり、 L_r の理論値は3.14mである。前述したように、投擲機の構造から何度かの放出角度があったものと考え、その角度はおよそ 7° と見積もられる。そこでこの角度を用いて式②より理論値を算出すると $L_R+L_S=1.51\text{m}$ となり実験値とほぼ一致する。

よってある高さから放出された物体がバウンドと滑りを行って停止位置に至ると仮定すると、この理論式により総移動距離が算出されることを示している。



(a) $h=1\text{m}$ $\theta=30^\circ$ Projectile : Aluminium



(b) $h=1\text{m}$ $\theta=7^\circ$ Projectile : Aluminium

Fig.5 Relationship between Projection Speed and Total Distance

4. 結言

車両衝突時に放出される物体の一般的な条件における運動の理論式を検討し、同時に投擲機を用いて理論式との比較実験を行った結果は次のようになる。

- (1)高さ h より放出された物体に関して、バウンドと滑りを考慮した式を示した。また、この式は物体の反発係数には依存しない。
- (2)この式を用いて求めた値と投擲機を用いた実験による値とは、定量的に良い一致を示した。
- (3)したがって⑤式を用いる事により物体の最終停止位置より、物体の衝突時の衝突速度(放出速度) V_0 のかなり確からしい推定値を求める事ができる。
- (4)今後の展望としては

①正確な放出角度が得られるよう投擲機的设计を見直す。

②最初の落下地点より最終停止位置にいたるまでの飛翔物体の分散を説明し得るような理論式の導出を図る。

最後に、本研究に御協力いただいた4年生の松久宏樹君、黒田光昭君に感謝申し上げる。

(参考文献)

- 1)John A.Searle SAE 831622,pp277-285,1983