

風で飛翔する球による衝撃力の測定

日本大学 フェロー ○野村卓史, 日本大学 正会員 長谷部寛
日本大学 (研究当時) 飯泉拓也, 木東将太, 小川ルイ子, 宮崎棕子

1. はじめに

風による飛来物は強風災害の被害範囲を拡大させる。筆者らは、多様な形態を有する飛来物の飛翔挙動と衝撃力を評価する目的で、飛来物の周辺気流が飛翔挙動に与える影響を構造流体相関解析として扱う数値流体解析法の開発を進めている^{1),2)}。その数値解析の参照データを獲得することを目的の一つとする風洞実験を試みたので報告する。

2. 風洞実験の概要

図1に示すように、幅30cm、高さ60cmの亚克力板製風路の床面をくり抜き、そこに幅10cm、長さ20cm、厚さ1cmのアルミ板をはめ込んだ。アルミ板には図2に示すように4隅に圧電型ロードセル(容量45N)を取り付けて、これらによってアルミ板を支持する。試験体の球はアルミ板の上流5cmの位置の空中、高さ40cmで支持し、気流を吹かせた状態で支持をはずして飛翔させ、落下した球がアルミ板に当たったときの衝撃力を圧電型ロードセルで測定する。また、高速度カメラ(10000 fps)による撮影も行った。

球体模型は、発泡スチロール製(直径35mm、質量0.8g)1個およびPLA樹脂製(外径25mm、質量3.2g)2個を用意した。PLA樹脂製の球は3Dプリンタ(MUTOH ML-48)で加工し、図3に示すように重心が中央にある模型と偏心している模型の2つを作成した。

3. 予備実験

球体による衝撃力をアルミ板経由で間接的に測定するので、衝撃力を評価するための基礎的関係を予備実験により求めた。予備実験はいずれも発泡スチロール球で実施した。

まず、単体の圧電型ロードセルに球を落下させた計測と、同じ高さからアルミ板の中央に落下させた計測とを行い、図4(a)に示す結果を得た。単体ロードセルに落下させたときの衝撃力は運動量と力積に関する初等力学理論から評価される値におよそ一致している。図4(b)に示すように2つの実験値の間にほぼ直線的な関係がある、という結果を得た。

次に図2に示す①～⑦の位置に球を落下させ、Ch1+Ch2の出力信号とCh3+Ch4の出力信号の時間差を調べた。その結果、図5に示す直線的関係が得られた。この関係を、球が板の中心以外に落下したときの位置を推定するために用いる。

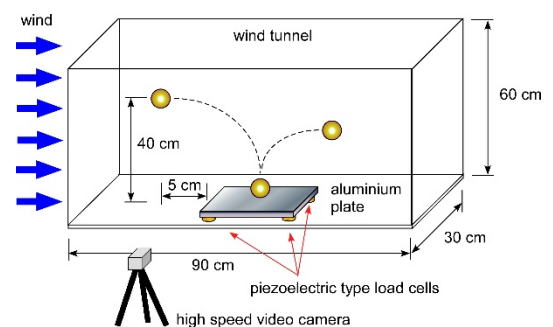


図1 風洞実験の概要

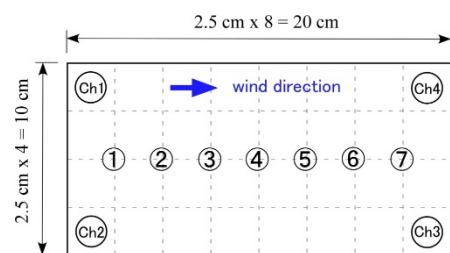


図2 アルミ板に取り付けた4つの圧電型ロードセルの位置 [Ch1～Ch4] (①～⑦は予備実験で球を落下させた位置)

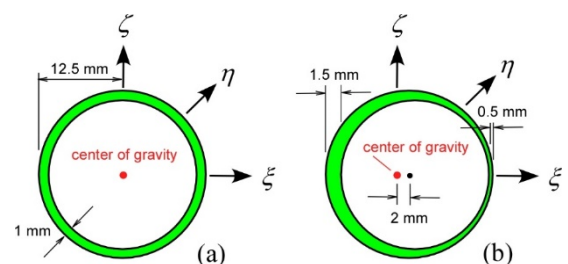


図3 3Dプリンタで作成した2つの球体の断面

キーワード 飛来物, 衝撃力, 飛翔実験, 球, 3Dプリンタ, 圧電型ロードセル

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部土木工学科 TEL 03-3259-0411

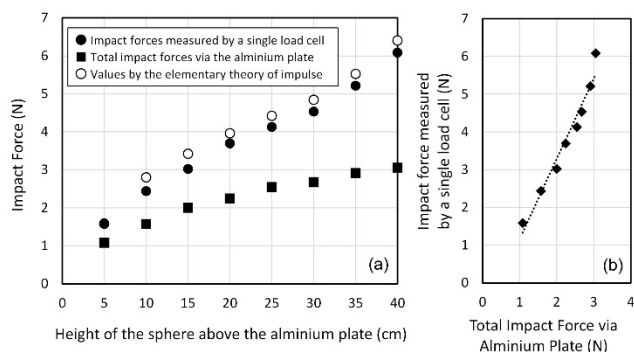


図 4 ロードセル単体とアルミ板中央に球を落下させたときの衝撃力：(a) 落下高さごとの値と初等理論値との比較，(b) 両者の関係

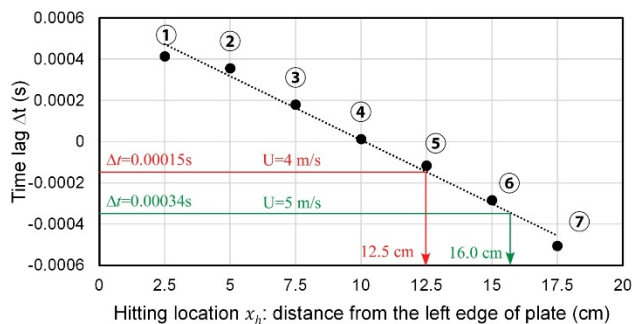


図 5 アルミ板の位置 ①～⑦ (図 2) に落下させたときの出力信号 Ch1+Ch2 と Ch3+Ch3 の時間差 Δt .

発泡スチロール球を図 1 の位置から風速 4 m/s および 5 m/s で飛翔させ、アルミ板に落下したときの出力信号から落下位置を求めたところ、図 5 に示したように、それぞれアルミ板の左端からの距離が 12.5 cm および 16.0 cm である、という推定結果を得た。これは高速度カメラで撮影した画像に示された落下位置と一致していた。なお衝撃力は、風速 4 m/s の場合に 2.33 N、風速 5 m/s の場合に 1.75 N であった。

4. 風による飛翔実験

図 3 に示した中空球を用いて飛翔実験を行った。偏心球の場合は、支持時に重心が中心の真上に来る場合と真下に来る場合の 2 ケースの実験を行った。いずれも風速は 8 m/s とし、それぞれについて 3 回ずつ実験した。

重心が球の中心にある場合、図 6 に示すように球は軌道面内で回転していた。その飛翔軌道は 3 回ともほぼ同一であった。これに対し、重心が偏心している場合、図 7 に示すように、球は軌道面外の回転をした。また、飛翔軌道は安定していなかった。

図 8 に測定された衝撃力をまとめたが、重心が中心にある場合は 3 回の測定値がほぼ同じであった。これに対し、重心が偏心している場合の衝撃力はばらつく傾向にあった。図 7 に示した飛翔軌道のばらつきと対応する結果である。この 3 回の実験結果では、重心を上にした状態から飛翔させた場合の方が、重心を下にした状態から飛翔させた場合よりも衝撃力が大きい傾向があった。

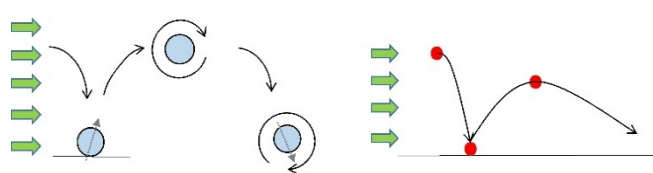


図 6 重心が中心にある球の回転パターンと軌道イメージ

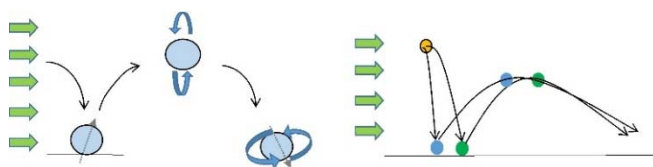


図 7 偏心球の回転パターンと軌道イメージ

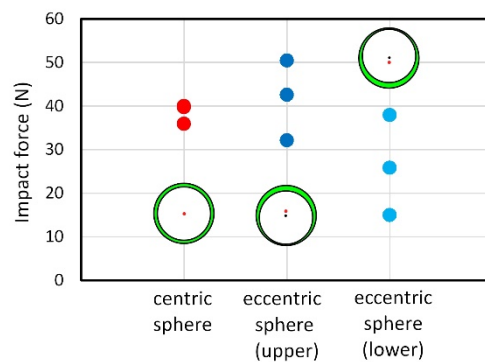


図 8 3 回の飛翔実験における衝撃力

謝辞 本研究は科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）課題番号 15K14024 の補助のもとに実施した。

参考文献

- 1) 野村, 本橋: 空気中を落下する球の数値流体解析, 第 23 回風工学シンポジウム論文集, pp.481-486, 2014.
- 2) 野村, 渡邊, 酒井: 空気中を落下した球による衝撃力に関する数値流体解析, 第 24 回風工学シンポジウム論文集, pp.271-276, 2016.