

衝突誤差 0 を目指したガス式対向衝突試験装置の開発

○渡邊 直人^{a)}

^{a)} 熊本大学 技術部 自然科学系第一技術室

1. はじめに

高ひずみ速度における材料モデルを推定する手法として「テイラーインパクト試験」がある。テイラーインパクト試験は剛体壁に高速で円柱形状の飛翔体を衝突させて形状変化を測定する手法であるが、飛翔体は剛体壁との間に摩擦を発生させながら変形するため、実験結果は摩擦の影響を考慮しなければならない。

摩擦の影響を無くすためには、『摩擦を発生させない試験方法』が必要となり、その方法として同一飛翔体を同一速度で対向衝突させる対向衝突試験装置を開発した。対向衝突試験装置自体は既に存在している試験装置ではあるが、本開発の特色はその低コスト性と同期手法にある。簡易的な構成で如何に衝突誤差を 0 に近付けたか、その改良の過程を報告する。

2. 初期の装置構成と問題点

図 1 は開発を開始した令和 5 年当時の装置構成である。動力源となるアルミ空気タンク（第一プレス工業製）は 37L のものを使用し、SMC 社製のパルスバルブ（JSXFAE-14R）を組み合わせる。50A の鋼管を基本構成とし、加速管（SUS304 外径φ60 内径φ50 のホーニング管）は片方固定、片方可動としていた。加速管の可動によるずれの吸収には南国フレキ工業のフレキシブルホース NK-3300 を使用した。

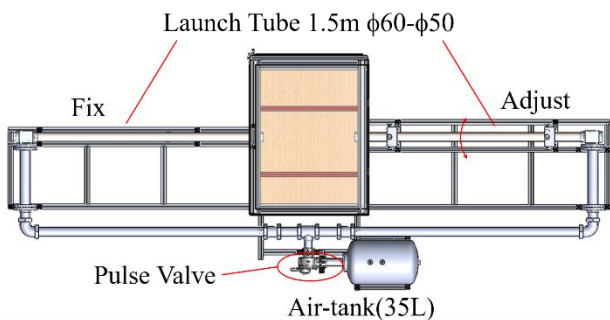


図 1 開発当初の装置構成

実験を進めていく中で、以下の 3 つの問題点を認

識したため、それらを解消するべく、装置の改良を実施することとなる。

1. 飛翔体速度の不足
2. 加速管の内径軸、外径軸の個体差
3. 衝突時の奥行方向の情報不足

飛翔体速度の不足については、従来の単衝突の試験装置に比べて装置が大型化し、飛翔体が射出されるまでの圧力低下が大きくなったことに起因している。図 2 に圧力低下の比較を示す。

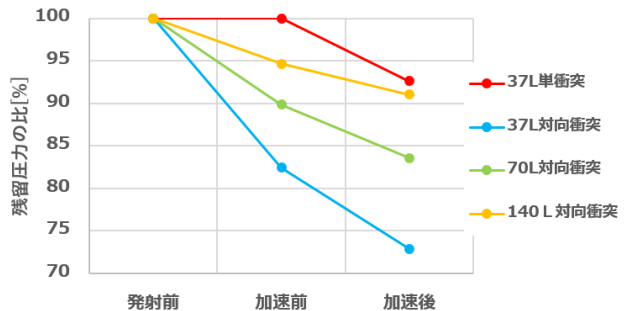


図 2 時系列における残留圧力の比

上図に示す通り、管路長の短い 37L タンク単衝突の構成では飛翔体加速後も 93%程度の圧力が残っているのに対して、37L タンク対向衝突では 73%まで低下している。

加速管の内径軸、外径軸については概略図を図 3 に示す。ホーニング管は精度の高い鋼管ではあるが、管長が長くなることによって内径外径の平行度には限界がある。そのため、複数本を使用した場合、それぞれの個体差が飛翔体の飛翔姿勢に現れることになる。



図 3 内径軸、外径軸の概略図

衝突時の奥行方向の情報不足は、高速度カメラによる撮影が横方向からのみ行われることに起因している。撮影画像の例を図 4 に示す。Y 軸方

向・ピッチ方向のずれは撮影画像によって解析できるが、X軸方向・ヨー方向のずれについては回収した飛翔体の衝突痕からの推測に頼っていた。

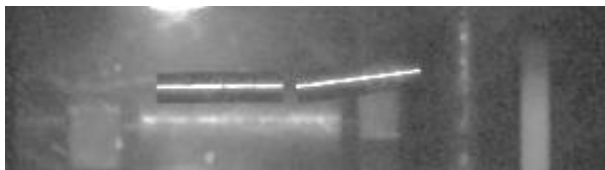


図4 高速度撮影画像の例

3. 装置の改良

装置の改良範囲は広く、様々な視点から能力・精度を向上させる取り組みを行った。

3.1 加速管固定方法の変更

当初の構成では一方の加速管を固定としていたが、加速管の個体差を吸収することが困難であったため、左右2管とも調整式に変更した。

3.2 調整機構の改善

図5に示すように、調整機構は上下左右からアジャスターを締め付ける方式としていたが、実質的に加速管を支えるアジャスターは下方の1つのみであり、固定のための締め付けによって2点支持となり加速管の歪みの原因となっていた。そのため、図6のように調整機構を45度傾けて2つのアジャスターで保持するように変更することでVブロックの要領で保持し、加速管の歪みが発生しないようにした。

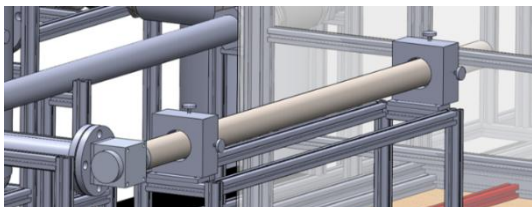


図5 初期の固定方法

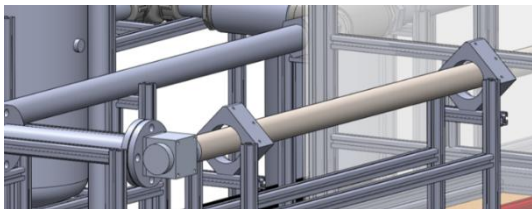


図6 改良した固定方法

3.3 飛翔体速度とエア充填時間の改善

図2に示した通り、管路長の伸びた対向衝突試験装置では、飛翔体速度の向上にはタンク容量の増強が必要不可欠であった。そのため、アルミ製70Lタンク×2の構成とし、それぞれにパルスバルブを設置、

パイロットバルブからの動作エアを分岐することで同期制御を可能とした。変更した装置構成を図7に示す。

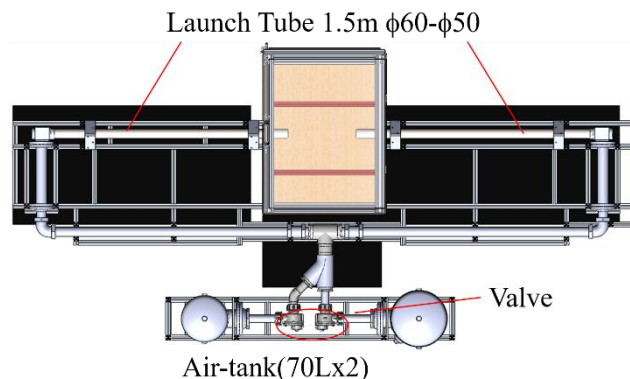


図7 変更後の装置構成

変更当初は0.6MPa以上で動作不良を起こしていたが、パルスバルブの排気量不足を改善するために大口径のプロセスバルブに変更したことで、0.8MPaまで問題なく動作することを確認した。なお、一般的な100V駆動のHIKOKI製エアコンプレッサー1台で140Lタンクを0.8MPaまで充填するのは困難であるため、あらかじめベビコン用エアタンク(230L×2)に0.9MPaまで充填しておくことで充填を可能とした。

3.4 高速度カメラとレーザーの追加

高速度撮影に使用しているPhotron社のPFV4には複数台接続機能が備わっている。今回はこれを使用して、装置上部に組んだ檣にもう一台の高速度カメラを設置、縦方向と横方向を同時に撮影することで3次元的に飛翔体姿勢を解析することを可能にした。また同時に固定式ラインレーザーも設置することで、調整時の基準とし、精密な調整を可能にした。

3.5 安全性の向上

エア充填や発射操作、カメラ操作は壁で区切られた安全な区画で行える体制を整えた。

4. 最後に

本報告書で紹介した手法によって対向衝突試験装置の能力と精度は飛躍的に向上し、φ50の樹脂製サボではほとんど誤差のない衝突を可能とした。しかしながら、φ9のSUS製飛翔体ではサボ分離の影響もあり、誤差0の衝突は未だ実現していない。そのため、今後も改良を続けて誤差0の対向衝突試験装置の完成を目指したい。