

千葉工業大学 学生員 坂本 達弥

千葉工業大学 正会員 足立 一郎

1. はじめに

近年、原子力発電所や化学プラント等の主要構造物内での衝撃、飛来物等の衝突による破壊現象が安全性確保の面から注目されつつある。しかし、飛散物の衝突等による衝撃荷重を受ける構造物は、静荷重を受ける場合とは全く異なり、材料のヤング係数、変位やひずみ、また質量や密度、速度などの要因によって異なった挙動を示すため、すべての要素を考慮した評価式は未だ確立されていない。そこで本研究では、特に飛散物の衝突による被害に着目し、その衝突時破壊力と衝撃破壊の主要因を実験的に調査し明らかにすることを目的とした。

2. 実験の概要

(1) 実験装置

本研究は、飛翔体をコンクリートブロックに水平に衝突させるための水平打撃試験機を作製し、飛翔体は張力を与えたゴムによってガイドレールに沿って飛ばした。実験装置の概略を図-1に示す。また、ガイドレールに1メートル間隔で取り付け付けた光センサー式速度計で、平均飛行速度を測定し、飛翔体の先端に埋め込んだ加速度計により経過時間毎の衝撃時加速度応答波形を測定した。

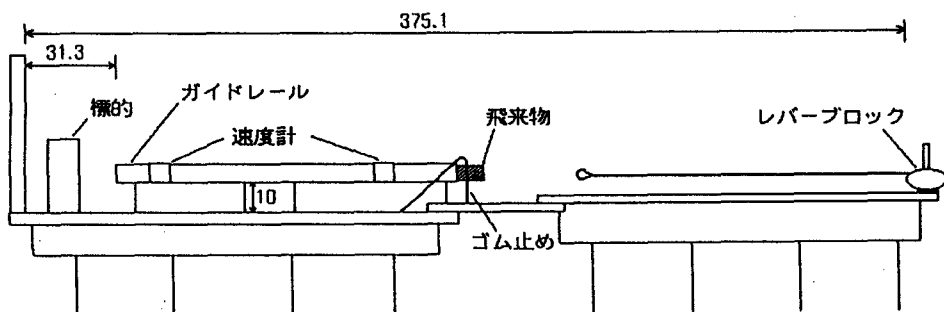


図-1 実験装置 単位 [cm]

(2) 飛翔体及び標的

飛翔体は200[g]の杉の角材（断面 34×34 [mm]）を使用し、先端形状ごとに球型、平面型（ 8cm^2 、 4cm^2 ）の3種類を用意した。標的には、軽量コンクリートブロック（ $190 \times 390 \times 100$ [mm]）を使用した。尚、飛翔体の先端には図-2に示す通り加速度計を埋め込んで固定し、木片の正目方向が標的に垂直に当たるようにした。

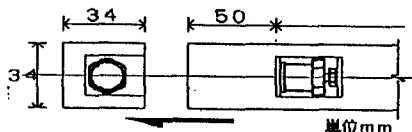


図-2 加速度計埋め込み位置

3. 実験結果及び考察

本実験では木片をコンクリートブロックに衝突させ、その時の加速度応答と飛行速度を計測するとともに破壊形態を観察した。尚、本実験では裏面剥離現象を破壊と定義した。

また、衝撃加速度応答波形の一例を図-3に示す。破壊が生じた場合はこのように複数の波形が確認されたが、破壊なしの場合にはひとつしか確認されなかった。

(1) 飛行速度～力積 ΔS の関係

ここで、加速度応答波形の最初の波形にのみ注目し波形の時間積分 ΔS を求め、実測の平均飛行速度との関係性を求めた(図-4)。この図は先端面積 8cm^2 についてのデータであるが、実験を通じて ΔS は飛行速度を一定にすると、先端形状によらないことが確認された。さらにコンクリートブロックの破壊点(裏面剥離)を境にして、力積 ΔS はある一定値に収束した。これは加速度応答の最初の波形のみが破壊を引き起こす主要因であり、かつ力積が破壊に大きく影響していることを示している。

また、波形が複数発生した場合の応答波形の積分値は、破壊の有無に関わらず、飛行速度に比例する結果を得た。

これらのことより、本実験での衝突直前の速度を v_0 、衝突直後の速度を $v_1=0$ と仮定したとき、運動量と力積の関係が成り立った。また、 $v_0 = \int \alpha(t) dt$ を用いると、衝突直前の速度は波形の積分値から求まり、飛行速度とほぼ一致した結果になった。

(2) 先端形状による比較

図-5で先端形状別に、ほぼ同速度における加速度応答波形を比較した。これらの図は、衝突面積が大きくなるにつれて最大衝撃加速度 $G_{\max}$ が増加し、衝撃作用時間 Δt は減少することを示している。これは、衝突面での平均衝撃応力 σ が単位面積当たり一定だとすると、 $\sigma = F_{\max}/A = (m \cdot 9.8 \cdot G_{\max})/A$ より $G_{\max}$ は面積にほぼ比例に増加する。また、衝突面積が大きくなるとコンクリート側から強い反発力を受け、極短時間の内に跳ね返されるため、 Δt が短くなると考えられる。

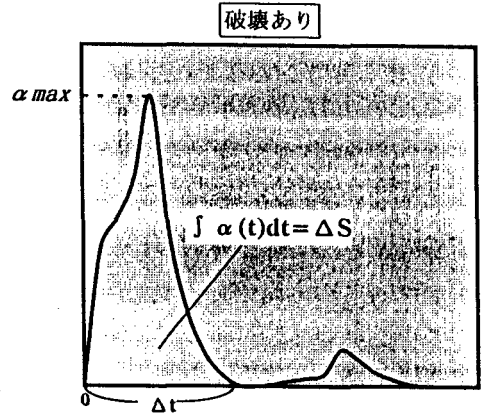


図-3 加速度応答波形

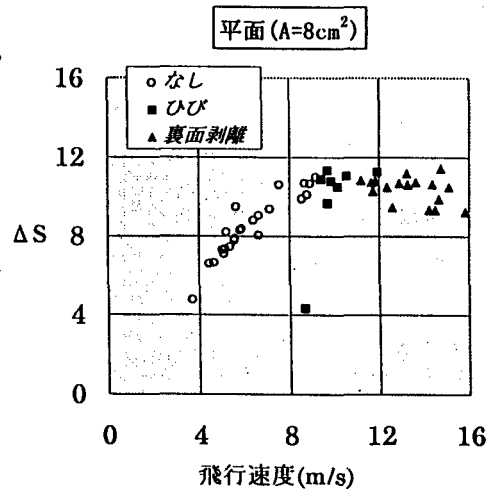


図-4 飛行速度～ ΔS

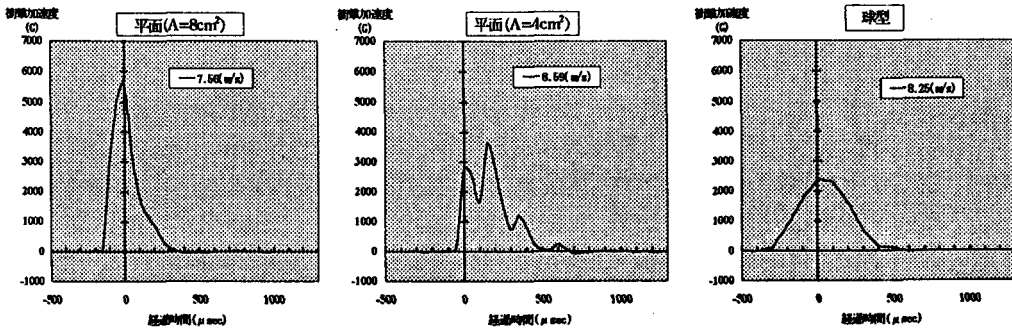


図-5 先端形状別加速度分布

まとめ

本実験の結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 衝撃加速度応答の力積は飛行速度とほぼ等価であるが、破壊点以降は一定値に収まる。
- (2) 加速度応答波形の最初の波形までが破壊現象に影響を与えている。
- (3) 先端形状の違いにより、加速度応答波形の三角形分布形状が異なる。