

(財) 電力中央研究所 正会員 満木 義郎, 五味 義雄

1. まえがき

本試験は、ボトル状の軸対称薄肉容器(以下容器と呼ぶ)が頭部を下にして落下し、剛体に衝突する際の動的圧縮荷重のもとでの挙動を検討する目的に行っているものである。

試験に用いた容器は、図-1に示すもので、全長 約1.3m、胴部の直径 約430mm、首部の直径 約140mm、板厚 約5mm、材質 ステンレス鋼(SUS 304又はSUS 309相当品)である。容器内には、比重 約2.7の固体が充填されており、容器の総重量は充填物を含んで約500kgである。

実験は、容器を最大高さ9mより落下させる落下衝撃実験とこれと補足するために実施した容器首部モデルの静的圧縮荷重実験により構成されている。また、実験と並行して“衝撃解析用汎用コードPISCES”および“非線形構造解析用汎用コードMARC”による解析も実施した。

本試験の結果から、対象とした容器の落下衝撃によって生じる変形は、落下高さが増加するとスナッフスルー座屈によるものと類似のものであり、この変形挙動は静的圧縮荷重によっても生じることが判明した。また、解析結果とよく一致することもわかった。

2. 動的圧縮荷重実験(落下衝撃実験)

実験は、容器を倒立姿勢(頭部を下にする)で所定の高さまでクレーン車により吊り上げて、切断装置を遠隔操作することにより落下試験台(長さ 5.7m×幅 3.0m×深さ 2.5m;重量約130トンのコンクリートブロックの上面に長さ 3.0m×幅 2.8m×厚さ 9cmの鋼板を敷設したもの)の上に落下させる方法により行った。落下高さは、9m、5.1mおよび1.2mの3種とした。

衝突時の衝撃挙動は、容器表面に取り付けたピエゾ型加速度計およびひずみゲージにより測定した。また、16mmフィルムによる高速度カメラ撮映(500コマ/秒)にも行った。

衝突によって生じる変形は、落下高さ1.2mでは頭部においてのみであり、その量はわずかである。一方、落下高さが5.1mおよび9.0mでは、その変形は図-2に示すようにノズル部が胴部にめり込み、コニカルシェルの部が落下台と接触するスナッフスルー座屈を呈する。

衝突時に、容器が落下試験台と接触している時間は、落下高さが高くなるに従って短くなり、落下高さ9mでは約12mSecである。また、衝突時にノズル部が胴部にめり込みコニカルシェルの部が落下試験台に接触するまでの時間もほぼ同様の割合があり9m落下では5mSecである。

衝突時のひずみ量については、衝突部の近傍では数%をこえる部分はあるが、衝突部からは離れた本体胴部では数100~1000 μ m程度である。また、加速度のピーク値は、落下高さが増加するにつれて増し、9m落下では430g程度である。この容器の自重は約500kgであるので、約2200Nの荷重が容器に作用したと想定できる。

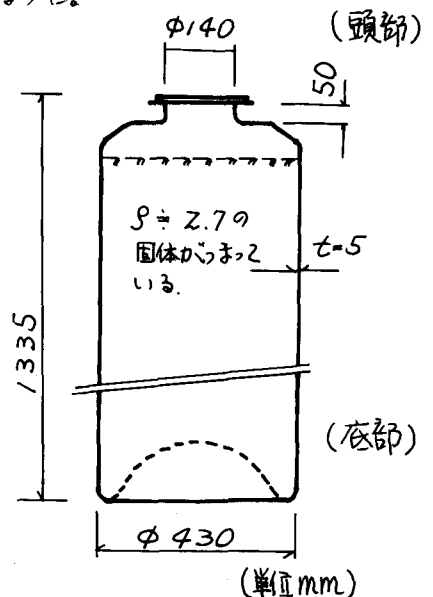


図-1 ボトル状薄肉容器

3. 静的圧縮荷試験

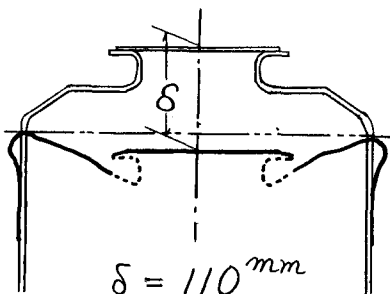
実験は、容器頭部の圧縮荷重のもとでの変形挙動を明らかにすることを目的として、容器胴部の上端近くを切断し、その部分に載荷のために補強板を溶接したものを試験体として用いて行った。圧縮荷重は、容量 5000 のアムスラー型試験機を用いて実施し、圧縮時には、容器の外周のひずみ量、載荷板肉の変位速度による全長の収縮量、蓋部の変形量、容器肩部の半径方向の変形量(図-3の点A、点B、点C)の各々を測定した。

容器の変形挙動は、図-3に示すように載荷初期には弾性的な挙動を示すが、荷重が2〜3tをこえると首部が徐々に容器胴部にめり込んでゆく。この間の荷重・変形量比はほぼ一定である。次に、荷重が約27t(変形量約70mm)になると首部は完全に胴部にめり込みコニカルシェル部が載荷板に接触する。接触は、最初は図-2(b)の点D付近で生じるが、荷重の増加とともに点E方向に移動する。この間容器首部には、Mで示す(図-2(b))回転力が作用しているものと考えられ、これにより頭部荷重が作用している蓋部は載荷板からははれるいわゆるスナップスルー的な変形を示す。このことは、図-3の点AおよびBの変形量45t(変形量80mm)付近から急激な挙動を示すことから推定できる。

4. あとがき

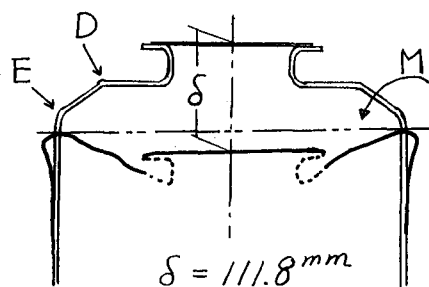
試験の対象として容器の載荷後の残留変形は、推定される荷重量は若干異なるが量および形状とも、動載荷静的載荷のいずれもよく似ていることがわかった。このことは、並行して実施した解析によることもほぼ立証された。

以上のことからこの種の容器の落下衝突時の挙動は、落下高さやあり大きくない場合には、大変形ともなる場合でも静的試験により代替できると考える。



$\delta = 110 \text{ mm}$

(a) 動的載荷



$\delta = 111.8 \text{ mm}$

(b) 静的載荷

図-2 試験後の残留変形

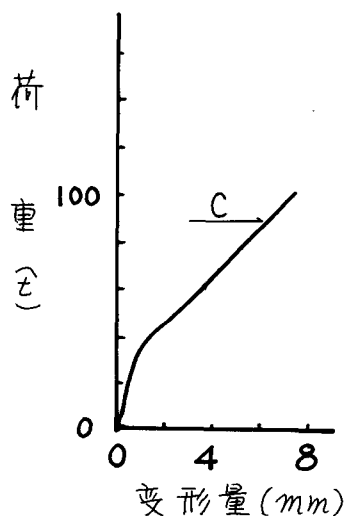
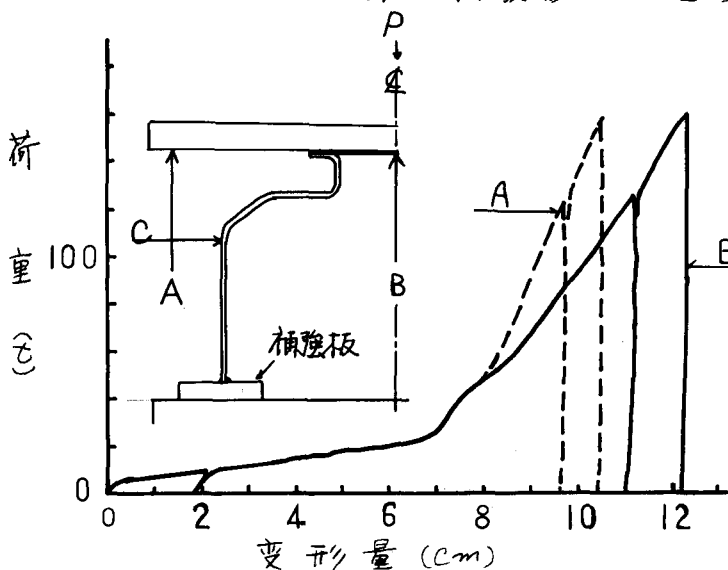


図-3 静的載荷試験における荷重-変形曲線