The Japan Society of Mechanical Engineers

623

落下衝撃を受ける液体製品用容器内の液量と液体挙動の関係

Relationship between Liquid Volume and Liquid Movement in Containers for Liquid Products Subjected to Impact Due to Dropping

○篠田祐馬（日本工大(院)）　正　梅崎栄作（日本工大）　正　二瀬克規（大成ラミック）

Yuuma SHINODA, Graduate student, Nippon Institute of Technology, 4-1 Gakuendai, Miyashiro, Saitama
Eisaku UMEZAKI, Nippon Institute of Technology, 4-1 Gakuendai, Miyashiro, Saitama
Katsunori FUTASE, Taisei Lamick Co. Ltd., 873-1 Shimo-ohsaki, Shiraoka, Saitama

Key Words : Experimental mechanics, Visualization, Liquid volume, Liquid movement, Container, Liquid-packing bag, Liquid product, Impact, Dropping, High-speed Camera

1．緒　言

液体製品用容器として利用されている，プラスチック容器や紙容器は，それぞれ問題点を抱えている．プラスチック容器の場合，プラスチックのゴミの増大問題やプラスチックの焼却による大気汚染，ダイオキシン発生問題などを引き起こすことから，プラスチックの使用量を出来るだけ低減することが望まれている．紙容器の場合，リサイクルの際に紙とプラスチックフィルムの分離にコストがかかるため，一度利用されると，再利用されないまま，廃棄物となることが多い．資源の有効活用の面からも，紙の再利用が望まれている．

そこで，これらの問題を解決する容器として，著者らは，紙箱とプラスチックフィルム製の液体包装袋を組み合わせた新しい容器を開発した．この容器は，紙箱に再生紙を使用でき，液体包装袋は，プラスチック成形容器に比べて，プラスチック使用量が約 1／8 である．しかも，液体包装袋は紙容器から簡単に取り外せるように工夫されているため，プラスチックと紙を分別処理ができる．

これまでに，著者らは，静水圧実験や落下衝撃実験を実施し[1)-5)]，新しい容器は，従来の紙容器（ミルクカートン紙製）に比べて，膨らみ量が少なく，落下衝撃に対しても強いことを確認した．さらに，新しい容器が耐落下衝撃性に優れている理由を把握するために，液体包装袋が落下衝撃を受ける容器内の液体挙動や衝撃圧に与える影響を調べた[6),7)]．

本研究では，液体製品用に開発した新しい容器が落下衝撃を受けた場合に，容器内の液体挙動に液量がどのような影響を及ぼすかを，従来の紙容器の場合と比較して調べた．

2．実験方法

2．1　試料

Fig.1 に示すプラスチックフィルム袋と Fig.2 に示す容器(外箱)を用いて，Fig.3 に示す試料を作製した．プラスチックフィルム袋には厚さ 55μm の積層フィルムを使用し，内包する液体には，水を用い，水の挙動を可視化するために，水中にポリエチレン樹脂製粒子(直径約 3mm，比重約 0.918)を混合させた．なお，液体とポリエチレン樹脂製粒子の比重をほぼ同じにするために水にエタノールを混合した．容器には，厚さ 0.5mm のポリカーボネイト板をテープで固定し，容器を製作した．この容器に液体を内包したプラスチックフィルム袋を入れたものを試料とした．また，比較のため Fig.4 に示す容器に直接液体を入れたものを用いた．内包する液体の量はそれぞれ 0.3Ｌと 0.5Ｌと 1Ｌの三種類を用いた．

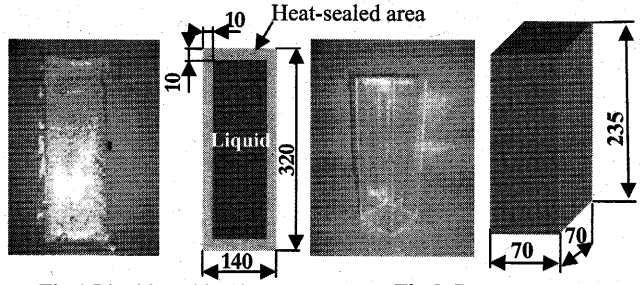
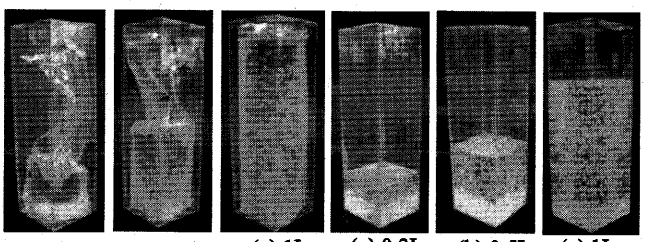


Fig.1 Liquid-packing bag　　Fig.2 Case



(a) 0.3L　(b) 0.5L　(c) 1L

Fig.3 Specimens consisting of one liquid-packing bag and the case

(a) 0.3L　(b) 0.5L　(c) 1L

Fig.4 Specimens without the liquid-packing bag

2．2　実験装置

実験装置として，容器を設定高さに保持して離すことができる Fig.5 に示す，落下試験装置と，Fig.6 に示す高速度カメラ(FASTCAM- Net Max，(株)フォトロン)，Fig.7 に示す赤外線式通過センサーを用いた．落下地点には，現在の一般家庭の床の条件に近付けるため，木製フローリングを設置した．

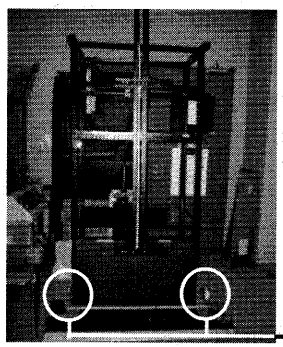


Fig.5 Drop testing equipment

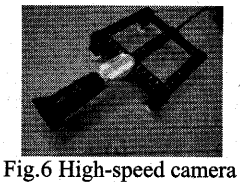


Fig.6 High-speed camera

Fig.7 Infrared sensor

日本機械学会[No.050-5]関東支部第1回埼玉ブロック大会（講演会）講演論文集（'05.11.25，さいたま市）

NII-Electronic Library Service

The Japan Society of Mechanical Engineers

2．3 実験手順

試料の落下高さ h は，1mとし，プラスチックフィルム袋を使用した場合，液体を容器に直接入れた場合の 2 種類の試料をフローリングと底面接触するように落下させ，その様子を高速度カメラにて観察した．撮影条件は，フレームレート 500fps，画素数 512*240 とし，高速度カメラにより落下する試料を撮影した．撮影は，落下線上に設けた赤外線式通過センサーの赤外線を試料が遮断することで開始する設定とした．

3．実験結果

3．1 液体の挙動

3．1．1 プラスチックフィルム袋を使用した場合

0.5Lの液体を内包したプラスチックフィルム袋をもつ試料内の液体の挙動を Fig.8 に示す．

液体の挙動は以下の様に観察できた．（以下の①～⑤は，Fig.8 中の①～⑤に対応する．）

① 試料が底面接触した瞬間．

② プラスチックフィルム袋中の液体は，容器の下部の方へ移動した．下部に存在する液体よりも上部に存在する液体の方が大きく移動した．下部から容器外側に向かって移動し，容器が下の方から膨らみ始めた．

③ 液体はさらに容器外側に向かって移動し，容器の膨らみは最大に達した．

④ 容器外側に移動した液体は，内側に戻りつつ，液体は，上方向に移動した．下部に存在する液体よりも上部に存在する液体の方が大きく移動した．

⑤ 上昇した液体は，蓋に接触しなかった．

0.3Lの場合については，①～⑤は，ほぼ同じであった．1Lの場合では，容器が跳ね上がった時に，プラスチックフィルム袋にはくびれが生じた．⑤の時に，上昇した液体は，容器の蓋に接触した．

3．1．2 液体を容器に直接入れた場合

0.5Lの液体を容器に直接入れた場合の液体の挙動を Fig.9 に示す．

液体の挙動は以下の様に観察できた．（以下の①～⑤は，Fig.9 中の①～⑤に対応する．）

① 容器が底面接触した瞬間．

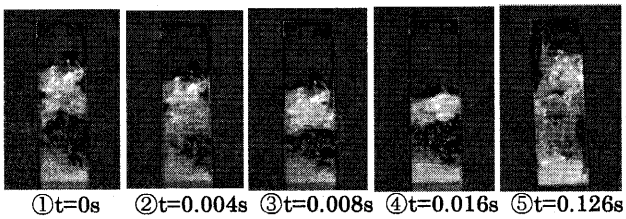
② 容器内の液体は，容器の下部の方へ移動した．下部に存する液体よりも上部に存在する液体の方が大きく移動し，下部から容器外側に向かって移動することにより，容器が下の方から膨らんだ．

③ 外側に移動していた液体は，内側に戻りつつ，液体は，上方向に移動した．下部に存在する液体よりも上部に存在する液体の方が大きく移動し，上部中央から液体が跳ね上がった．この時，容器も跳ね上がった．

④ 跳ね上がった液体は蓋に接触し，下部の液体は，再び，容器外側に向かって移動し，容器が膨らんだ．

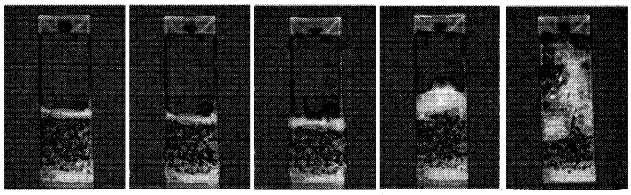
⑤ 蓋に接触した液体は，下方向へ向かい，下部の液体は，再び内側に戻った．

0.3，1Lの場合も，0.5Lとほぼ同じ様な挙動が観察できた．



①t=0s ②t=0.004s ③t=0.008s ④t=0.016s ⑤t=0.126s

Fig.8 Movement of liquid in the new container with the liquid-packing bag



①t=0s ②t=0.002s ③t=0.006s ④t=0.014s ⑤t=0.026s

Fig.9 Movement of liquid in the specimens without the liquid-packing bag

3．2 跳ね返り高さの比較

Fig.10 に最大跳ね返り高さの比較を示す．プラスチックフィルム袋を使用した 0.3Lと 0.5Lの跳ね返り高さは，ほぼ同じで，液体を容器に直接入れた場合よりも低く，1Lの場合では，高くなった．これは，プラスチックフィルム袋を使用した 0.3Lと 0.5Lの場合，プラスチックフィルム袋が蓋に接触しないため，蓋に達する液体がないためだと考えられる．液体を容器に直接入れた場合，どの液量においても，蓋に接触したが，0.3Lについては，0.5Lや 1Lに比べて蓋に達する液量が少ないためと考えられる．

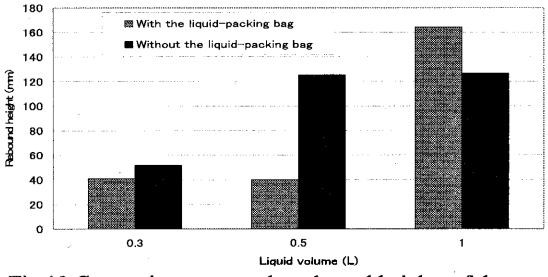


Fig.10 Comparison among the rebound heights of the specimens with and without the liquid-packing bag

4．結 言

液体製品用に開発した新しい容器が落下衝撃を受けた場合に，容器内の液体挙動に液量がどのような影響を及ぼすかを，従来の紙容器場合と比較して調べた．その結果，容器内の液量は，落下衝撃を受ける液体挙動に大きな影響を与えることが分かった．

参考文献

1) 高桑淳之介・梅崎栄作・二瀬克規，高速度カメラによる落下衝撃を受ける紙容器の変形の観察，日本実験力学会講演論文集，No. 3 (2003)，16-19.

2) 高桑淳之介・篠田祐馬・梅崎栄作，二瀬克規，落下衝撃を受ける液体食品用紙容器の変形への抄紙方向の影響，第 35 回応力・ひずみ測定と強度評価のシンポジウム講演論文集 (2004)，53-58.

3) 篠田祐馬・梅崎栄作・二瀬克規，落下衝撃を受ける液体製品用リブ付き紙容器の変形特性，日本非破壊検査協会，NDI 資料 40083 (2004).

4) 篠田祐馬・梅崎栄作・二瀬克規，静水圧および落下衝撃を受ける液体製品用リブ付き紙容器の変形，日本実験力学会講演論文集，No. 4-2 (2004)，294-297.

5) 篠田祐馬・梅崎栄作・二瀬克規，静水圧および落下衝撃を受ける液体製品用紙容器の変形へのリブの影響，日本機械学会ブロック合同講演会―2004 宮代―講演論文集，No. 040-2 (2004)，91-92.

6) 篠田祐馬・梅崎栄作・二瀬克規，高速度カメラによる落下衝撃を受ける液体製品用容器内の液体挙動の観察，日本実験力学会講演論文集，No. 5 (2005)，175-179.

7) 篠田祐馬・梅崎栄作・二瀬克規，落下衝撃を受ける液体製品用容器内の液体挙動と衝撃圧，日本実験力学会講演論文集，No. 5-1 (2005)，17-20.

日本機械学会[No.050-5]関東支部第1回埼玉ブロック大会（講演会）講演論文集（'05.11.25，さいたま市）

NII-Electronic Library Service