

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

封閉泡沫材料之受壓力學行為 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型

計畫編號：NSC 99-2218-E-009-027-

執行期間：99年10月01日至100年07月31日

執行單位：國立交通大學機械工程學系（所）

計畫主持人：鄭文雅

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：顏裕璋

碩士班研究生-兼任助理人員：黃國峯；

博士班研究生-兼任助理人員：高玉荃

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 100年10月25日

摘要

本研究主要想探討封閉泡沫材料受壓之力學行為。封閉泡沫材料由於微觀結構十分特殊，其力學及其他物理特性亦十分特殊。由於這些獨特的力學及物理特性，此等材料在諸多工程領域上十分實用。然而，設計及最佳化利用這類材料的相關知識，卻仍未臻完善。本文試圖以實驗的方式，來探討相關的問題參數對封閉泡沫材料力為行為之影響。觀察發現，泡沫材料之表面孔洞大小分布、微結構之幾何外觀及相對密度，隨試樣取出位置不同而有明顯差異。在受壓力學行為方面，三個機械參數 (E^* 、 σ_I 、 $\bar{\sigma}_p$) 以及受壓應力—位移關係圖皆因相對密度與受壓方向的不同而有所不同。

關鍵字：封閉泡沫材料，微結構，受壓力學行為

Abstract

This study is concerned with the mechanical behavior of closed-cell cellular materials. In particular the mechanical properties of closed-cell foams under compressive loading are of interest. The closed-cell foams exhibit extraordinary mechanical and physical characteristics which make them attractive candidates in various engineering applications. The knowledge regarding the design and use of this class of materials, nevertheless, is beyond fully understood. The present study aims to investigate the effect of various problem parameters on the mechanical properties of closed-cell foams by means of experimental works. It is found that the relative density and microstructure of specimens originated from different regions of the foam block are different. In the compressive response, the stress-displacement diagrams and the three mechanical constants (E^* , σ_I , $\bar{\sigma}_P$) depend on both the loading directions as well as local relative densities.

Keywords: Closed-cell foams, microstructure, compressive behavior

一、前言

細胞狀材料 (cellular materials) 大致可分為天然的 (natural) 與人造的 (artificial) 兩種。天然細胞狀材料如木頭、珊瑚、骨頭、海綿等等。常見的人造細胞狀材料則包含二維的蜂巢狀材料 (honeycombs) 以及三維的泡沫材料 (foams)。蜂巢狀材料是由六邊形或圓形的細胞 (cells) 所組成的二維結構。泡沫材料則是由許多可填滿空間 (space-filling) 的多面體所構成的三維結構—其中一類 (open-cell foams) 的面是開放的，各細胞之間互向連通；另一類 (closed-cell foams) 的面會有薄膜包圍住，此時細胞與相臨細胞們是被分隔開的 [1]。

細胞狀材料具有獨特的物理及力學性質。在相同體積下，與用以製造之基礎材料比較，其重量可以十分輕 (重量可為 2% 以下)。此一特性使其廣泛地被採用為三夾板的芯材，藉以大幅減輕結構體的重量。此外封閉式泡沫材料具有良好的吸音效果，適合在建築上作為吸收或減輕噪音的用途；同時因其具有較低的熱傳導係數，亦廣泛地被運用於隔熱、保溫等用途。

圖一為封閉式泡沫材料受壓應力 (σ =力量/未變形面積) 一位移 (δ/H) 關係圖，典型的細胞狀材料都會有類似之受壓力學行為。此種應力一位移力學行為關係圖大致可分成三個階段。第一階段：實驗剛開始反應會有一段趨近於線彈性的區域，而由於材料非線性及結構之幾何非線性，結構勁度逐漸下降，應力增加值隨之遞減，最終到達一個局部應力極大值。第二階段：在局部應力極大值之後，材料中會出現局部變形集中 (deformation localization)，此時應力值大致維持不變，此一應力一般稱之為平台應力 (plateau stress)。第三階段：隨著實驗之進行，最後結構完全被壓密 (densification)，材料與材料之間互相碰觸，造成應力快速上升。綜觀整個實驗流程，由於應力平台占整個反應的比例相當大，其吸能效果良好，因此細胞狀材料常利用在緩衝與吸能設計上。

二、研究目的

如今細胞狀材料的運用越來越廣泛，但人們對於此種材料的力學特性認知仍未臻完善，遑論最佳化設計其機械性質於工程應用上。再者，目前有關於封閉式泡沫材料的研究多數忽略諸如幾何非等向性、微結構與相對密度 (定義為泡沫材料的密度與基礎材料密度的比值) 之空間變異性等重要的變數。本研究將以大量有系統的仔細觀察輔以實驗量測，希望對封閉泡沫材料的力學行為有更進一步的認識。並將其微觀結構及其力學性質間之關聯性建立起來，以期做為未來設計以及使用細胞狀材料的參考。

三、文獻探討

本研究所採用的封閉式泡沫材料為日本神鋼鋼線工業公司 (Shinko Wire

Company) 所製造，其註冊商標為 ALPORAS[®]，製造的基礎材料為鋁，製造方法為 batch casting process [2] 。

Sugimura 等人對三種不同的商品化封閉泡沫材料進行了實驗研究，從而探討了泡沫材料的型態、變形及破裂形式 [3]。McCullough 等人發現泡沫材料的微結構為非等向且非均質的 [4]。Paul 及 Ramamurty 探討了應變率對封閉泡沫材料力學行為之影響，其研究結果顯示出隨著應變率之增加，泡沫材料之塑性強度及吸收能量也增加，此一效應於在高密度泡沫材料尤為明顯 [5]。除以上述研究，其他泡沫材料力學行為相關之實驗與理論數值研究亦陸續進行，顯示此一課題正逐步受到重視 [6-8, 10] 。

然而，目前大部分研究動輒將泡沫材料之相對密度視為單一常數 [6-8]，並忽略此材料非等向的可能性，這些作法並一定合理。本研究將對可能之問題參數逐一探討，以了解此等參數對泡沫材料力學行為之影響。

四、研究方法

本次研究採用之 ALPORAS[®] 封閉式泡沫鋁，其原始母材 (foam block) 尺寸為 $600 \times 600 \times 150 \text{ mm}^3$ ，整體之平均相對密度約為 8.9%。在製造過程中內部結構可能會受重力影響，在整體材料上有特別標註重力方向，推測可能為製造時模具擺放位置之重力方向。

首先觀察與標示重力方向平行之表面，可以發現其孔洞分佈情況並不均勻。整體材料各區域之表面局部放大外觀如圖二所示。由圖可見，整體材料上半部的孔洞較大而鬆散，而下半部的孔洞則顯得較小且密實。此外觀上的差異可能暗示此等材料之相對密度會有空間變異性（即不同位置的材料相對密度可能不同）。為釐清此一臆測，在此先選擇三個區域來進行材料切割，以進行後續研究。

為了保持切面平整以及減少微結構的破壞，本研究採用線切割機 (EDM, electro-discharge machine) 來進行材料切割。切割之位置如圖三 (a) 所示，首先於頂部（代號 TOP）、中間（代號 MID）、底部（代號 BOT）分別切出 50 mm 高（圖上垂直方向）、200 mm 長（圖上水平方向）的長方體材料（注意此長方體的寬為原始母材面外方向尺寸 150 mm）。接著將此長方體其切割成約 $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$ 的立方體試樣 (specimen)。如此每區域可分為 12 個立方體，其編號如圖三 (b) 所示。為行文方便，在此並定義試樣的三個參考方向，平行於原廠所標示之 G 方向訂為方向 1，方向 2、3 則與方向 1 兩兩互相垂直，如圖三 (b) 所示。

為了得到完整的微結構幾何參數，將每個試樣表面拍照，每個試樣可得到六張表面照片。接著在表面相片上分別以水平及垂直方向以 2 mm 為間距繪製測試線，每個表面總共各有 25 條的水平及垂直測試線，如圖四所示。另量測其表面孔洞切面之寬高比 (aspect ratio)，以釐清此泡沫材料是否存在幾何非等向性

(geometric anisotropy)。對每一表面，利用表面測試線，計算出水平（方向 2）與垂直（方向 3）測試線單位長度所橫越之孔洞數量 N_{C2} 及 N_{C3} 。寬高比定義為：

$$(2) \quad K_{23} = L_2 / L_3$$

其中 $L_2 = 1.5 / N_{C2}$ 、 $L_3 = 1.5 / N_{C3}$ ，為水平（方向 2）與垂直（方向 3）之平均孔洞切面直徑 [9]。其他表面孔洞之寬高比亦可由以上定義所求得。

封閉式泡沫材料之受壓力學行為，亦為此研究主要探討主題之一。實驗中為了解封閉式泡沫材料在製造過程中所造成的幾何非等向性是否會造成力學行為的表現差異，因此考慮以不同方向施以壓力作用。由稍早定義之參考方向作為其受壓方向，分別為沿方向 1（代號 D_1 ）、2（代號 D_2 ）及方向 3（代號 D_3 ），如圖五所示。本實驗採用 MTS 810 材料試驗機，採位移控制，其實驗之位移速率皆採用 $\dot{\delta} / H = 7.5 \times 10^{-4} s^{-1}$ (H = 試樣之高度)。

五、結果與討論

5.1 相對密度

相對密度 $\bar{\rho}$ 為泡沫材料重要的參數之一，其定義如下：

$$(1) \quad \bar{\rho} = \frac{\rho^*}{\rho_s}$$

其中 ρ^* 及 ρ_s 分別為泡沫材料與基礎材料的密度。相對密度的統計結果整理於表一。如表所示，不同位置所量得的平均相對密度的確存在頗大的空間變異性 (TOP : 8.44%，MID : 8.57%，BOT : 11.67%)，文獻中動輒將泡沫材料之相對密度視為單一常數，此一做法顯然是不合理的 [6-8]。

5.2 微觀結構觀察

藉由觀察不同區域立方體試樣的切面，比較其微觀結構的差異。BOT 區域之孔洞大小相對其他兩個區域，其切面孔洞為最小，且切面之孔洞形狀較接近橢圓形，如圖四 (a) 所示；TOP 區域孔洞比起其他兩個區域較大，且可以觀察到表面上有溝狀的結構，如圖四 (b) 上箭號所標示處，可能是在製造過程中兩側氣泡壓力較大，擠壓到中間的氣泡後凝固而成。

由前章節所定義之寬高比，BOT 區域之量測結果整理於表二。由表中資料可發現 K_{12} 、 K_{13} 的數均大於 1，顯示方向 1 的平均孔洞直徑比方向 2 及方向 3 大；另 K_{12} 及 K_{13} 數值很接近，且 K_{23} 值趨近於 1，顯示方向 2、3 的孔洞切面直徑相近。

5.3 受壓力學行為

由本實驗之受壓應力（力量/未變形面積）一位移 (δ / H) 關係圖可得到四

個機械性質參數值，分別為泡沫材料軸向彈性係數 E^* 、局部極大應力值 σ_l 、應力平台平均應力值（或稱平台應力） $\bar{\sigma}_p$ 以及應力平台長度 $\Delta\epsilon_p$ 。其中 $\Delta\epsilon_p$ 定義為圖中從 σ_l 至 $1.4\sigma_l$ 區間的長度； $\bar{\sigma}_p$ 為此平台之應力平均值 [10]。

5.3.1 整體力學行為表現

D_1 方向受壓實驗中，選用 BOT 編號 03、編號 11 以及 TOP 編號 10、編號 12 之試樣來進行比較。此組實驗之受壓應力—位移關係圖如圖七所示。由圖七 (a) 可發現當相對密度越高，其局部最大值 σ_l 會越大，且平台應力也會越大。由圖七 (b) 可發現，當試樣之相對密度越小時，除了 σ_l 會越小以外， σ_l 對應之位移也越小。由此可知在不同區域所取出之試樣，因相對密度不同，整體力學行為表現也隨之有所不同。

5.3.2 相對密度對於機械性質之影響

由實驗所量測出來的機械性質整理於表三。首先比較 BOT_03 及 BOT_11 (相對密度分別為 12.34%、10.61%)，由實驗所得知 E^* 、 σ_l 及 $\bar{\sigma}_p$ 相差各為 52%、39% 及 32%，而 $\Delta\epsilon_p$ 分別為 49% 及 44%。再來比較 TOP_12 與 TOP_10 (相對密度分別為 8.01%、7.64%)，在 E^* 、 σ_l 及 $\bar{\sigma}_p$ 相差各為 0.2%、8.6% 及 4.8%，而 $\Delta\epsilon_p$ 則十分接近 (55% 及 54%)。最後比較 TOP_12 與 BOT_11 兩組由不同區域取出之試樣 (相對密度分別為 8.01%、10.61%)。BOT_11 試樣之 E^* 、 σ_l 及 $\bar{\sigma}_p$ 數值約為 TOP_12 試樣數值的兩倍左右，而兩者之 $\Delta\epsilon_p$ 值則較接近 (分別為 44% 及 55%)。由實驗可推測，相較於 $\Delta\epsilon_p$ ，相對密度對於 E^* 、 σ_l 、 $\bar{\sigma}_p$ 的影響比較大。

5.3.3 施力方向對於力學行為之影響

接著選用相對密度相似之試樣 (BOT_03、BOT_04 及 BOT_02)，分別進行沿 D_1 、 D_2 及 D_3 三個不同方向之壓力實驗，其完整之受壓應力—位移關係圖如圖八所示。由圖可見，以 D_1 受壓的曲線比起 D_2 及 D_3 的曲線高許多， D_2 及 D_3 的曲線則幾乎重合。同時，達到 σ_l 後應力減少的幅度，以 D_1 實驗較為明顯。由此三組實驗所求得之機械性質，整理如表四所列。由表中數據可發現，三組試樣的相對密度相差甚小，但是 E^* 、 σ_l 及 $\bar{\sigma}_p$ 三個數值卻有很大的差異。 D_1 比 D_2 高 46.9%、27.7%、26.2%， D_1 比 D_3 高 45.6%、28.7%、27.6%，而 D_2 和 D_3 兩組數值卻很接近。由以上三組不同方向之實驗，可推測其製造過程中造成的幾何非等向性，可能會造成其機械性質與力學行為的不同。

六、結論

由觀察整體封閉式泡沫材料之切面，可發現孔洞大小之分布並不均勻；微結構之幾何外觀，更有明顯差異。例如 BOT 部分的切面可明顯觀察到接近橢圓形

狀且較小的孔洞，而 TOP 部分的孔洞則較大、形狀比較不規則。試樣之相對密度亦隨著試體取得之位置而有明顯差異。其中以 TOP 部分之相對密度最小，而 BOT 部分之相對密度最大，差異可達近 50%。

在受壓力學行為表現上，目前可歸納出影響較大的因素為相對密度與受壓方向。在相對密度越大時，三個機械參數 (E^* 、 σ_I 、 $\bar{\sigma}_P$) 數值會越大；而在相似的相對密度下施以不同方向受壓， D_1 方向的機械性質大於 D_2 與 D_3 方向，且受壓應力一位移關係圖也略顯不同。

七、未來工作

微結構觀察方面，目前已建立試樣表面孔洞大小、寬高比等之量測與統計方式。未來希望藉上述統計方法進一步得到完整的微結構幾何參數 (geometric parameters)，此等幾何參數並將於稍後作為數值模型建立的依據。在實驗方面，除繼續完成受壓方向對力學行為之影響外，將進一步探討試樣於不同條件（試樣尺寸、試樣相對密度、試樣取得位置等）下之力學反應。

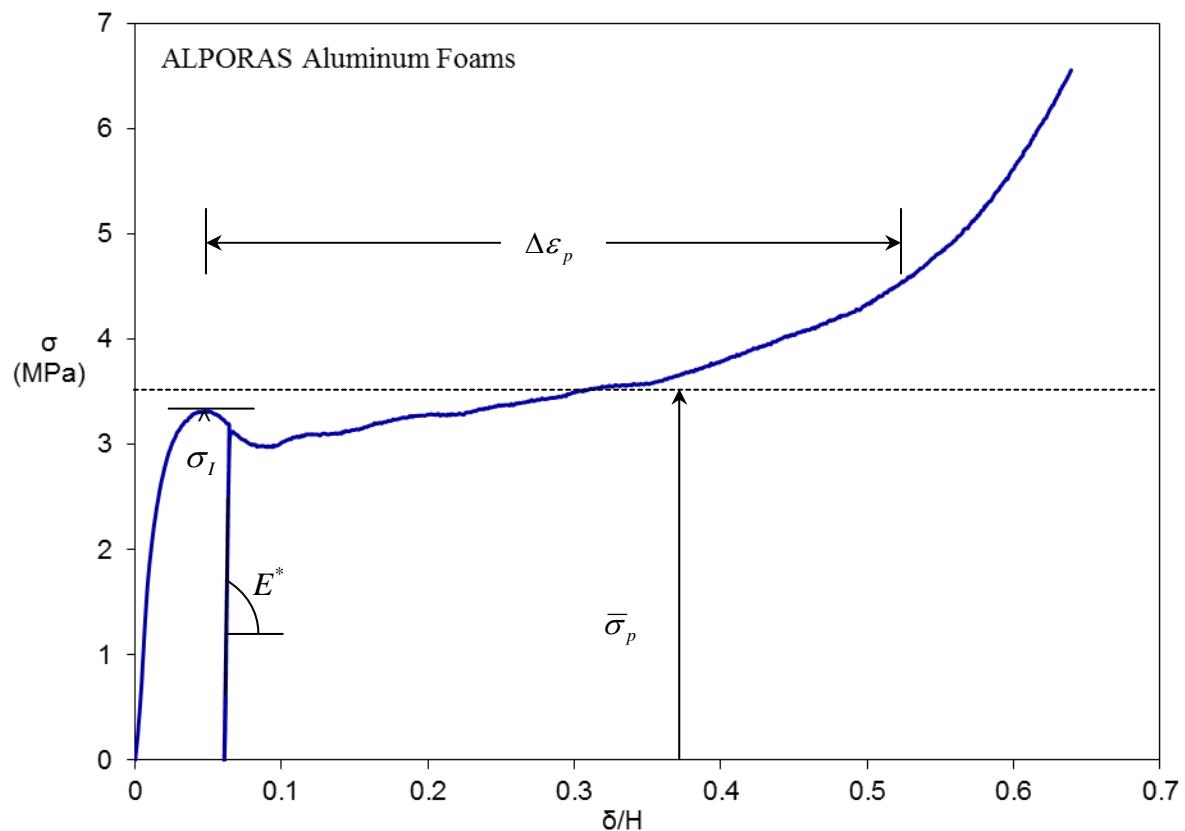
文獻

- [1] Gibson, L.J., Ashby, M.F. (1997). *Cellular solids: structure and properties*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [2] Miyoshi, T., et al. (2000). "ALPORAS Aluminum Foam: Production Process, Properties, and Applications", *Advanced Engineering Materials*, vol. 2, pp. 179-183.
- [3] Sugimura, Y., Meyer, J., He, M.Y., Bart-Smith, H., Grenstedt, J. and Evans, A.G. (1997). On the mechanical performance of closed cell Al alloy foams. *Acta Mater* 45/12, 5245-5259.
- [4] McCullough, K.Y.G., Fleck, N.A. and Ashby, M.F. (1999). Uniaxial stress-strain behaviour of aluminum alloy foams. *Acta Mater*. 47/8, 2323-2330.
- [5] Paul, A. and Ramamurty, U. (2000). Strain rate sensitivity of a closed-cell aluminum foam. *Material Science and Engineering A* 281, 1-7.
- [6] Shen J. et al. (2010). "Compressive behaviour of closed-cell aluminium foams at high strain rates", *Composites: Part B*, vol.41, pp. 678-685.
- [7] Cady C.M., et al. (2009). "Compressive properties of a closed-cell aluminum foam as a function of strain rate and temperature", *Materials Science and Engineering: A*, vol. 525, pp. 1-6.
- [8] Dannemann, K.A. and Lankford Jr., J. (2000). "High strain rate compression of

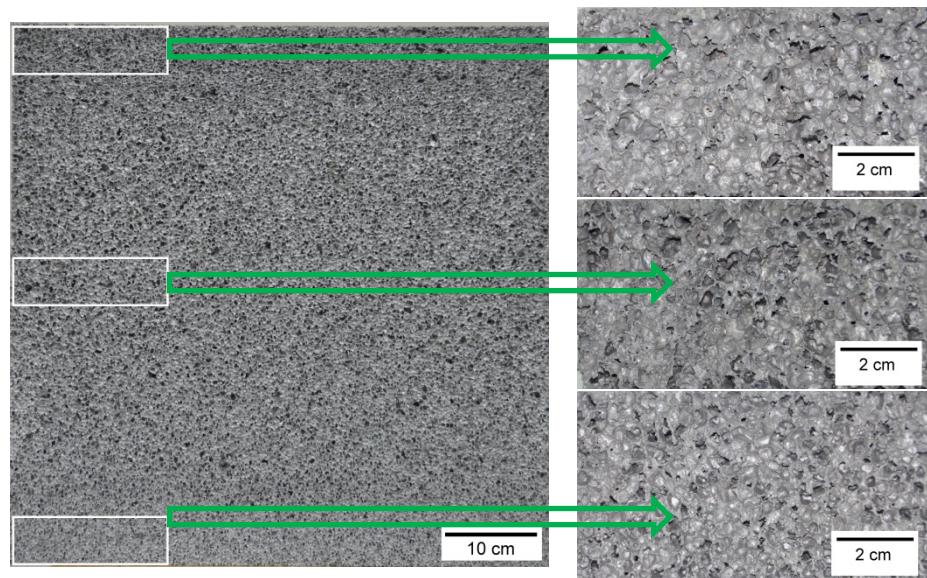
closed-cell aluminium foams", Materials Science and Engineering A, vol.293, pp. 157-164.

[9] DeHoff, R.T. and Rhines, F.N. (1968). Quantitative microscopy. New York: McGraw-Hill.

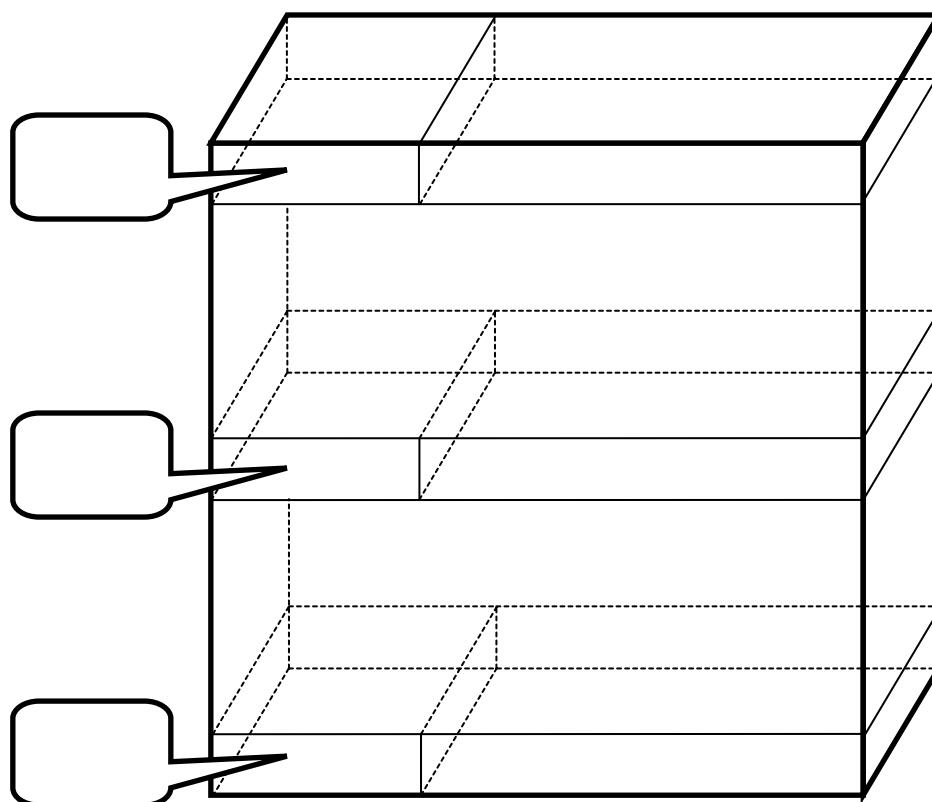
[10] Jang, W.-Y. and Kyriakides, S. (2009). "On the crushing of aluminum open-cell foams: Part I. Experiments", International Journal of Solids and Structures, vol. 46, pp. 617-634.



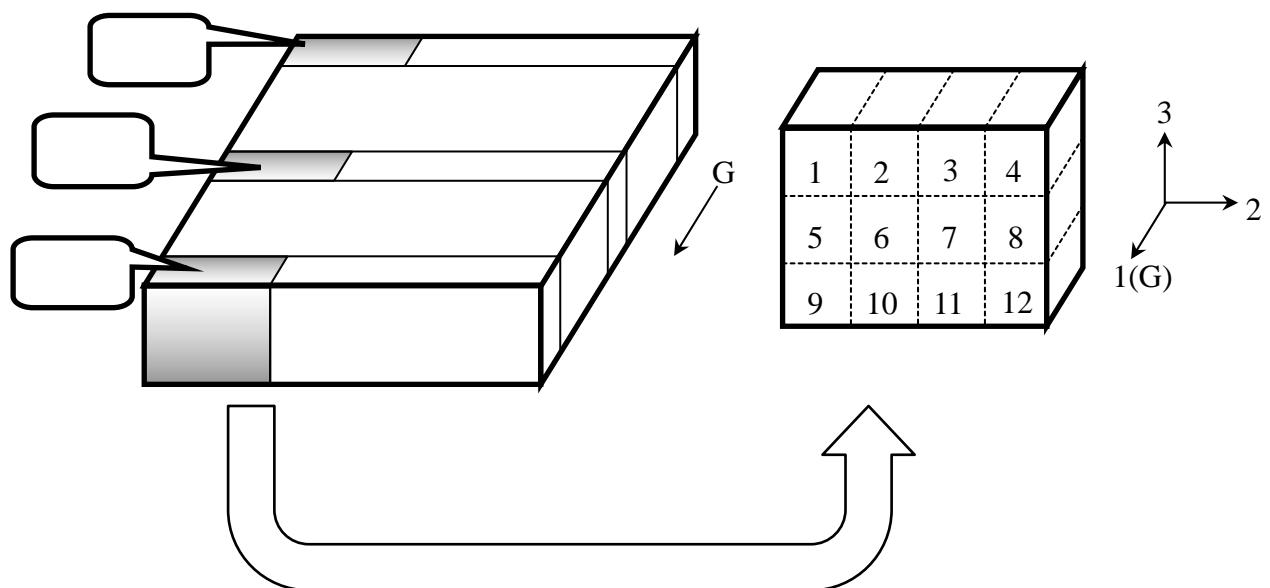
圖一 封閉式泡沫材料之受壓力學行為



圖二 封閉式泡沫材料之表面及表面局部放大

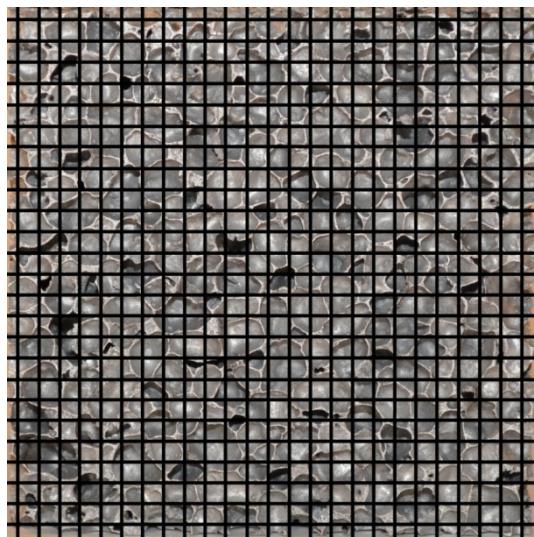


(a)

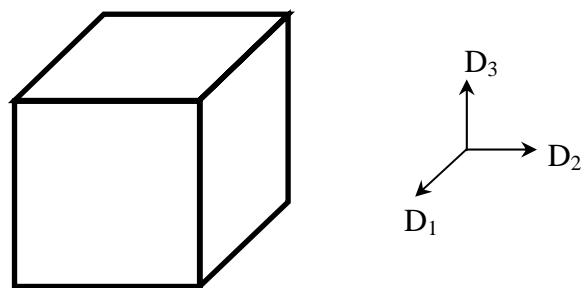


(b)

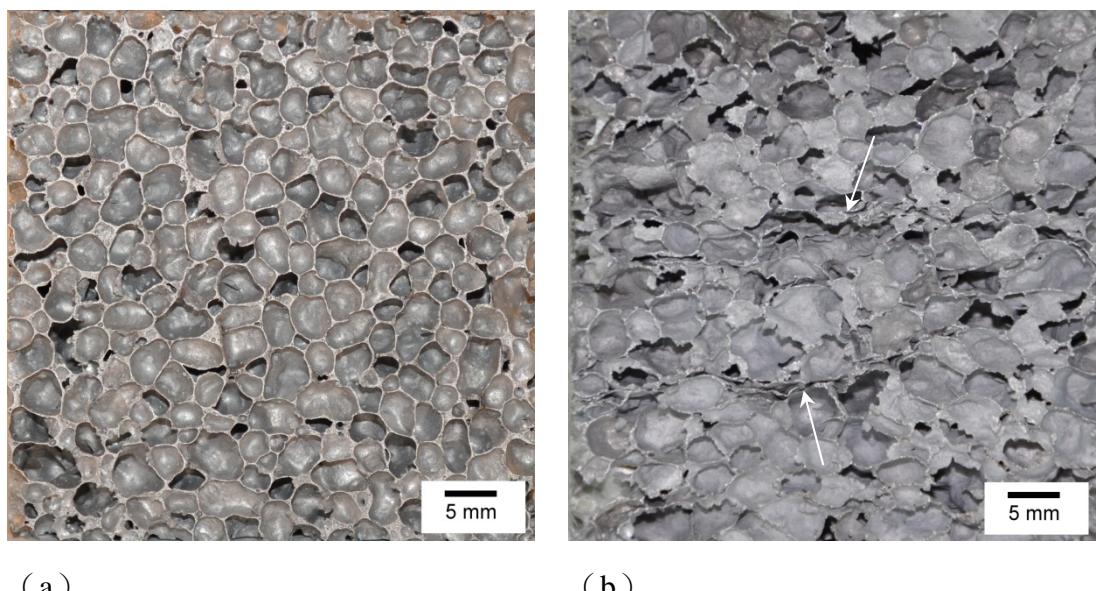
圖三 (a) 切割位置 (b) 取出灰色部分後再加以切割成立方體試樣



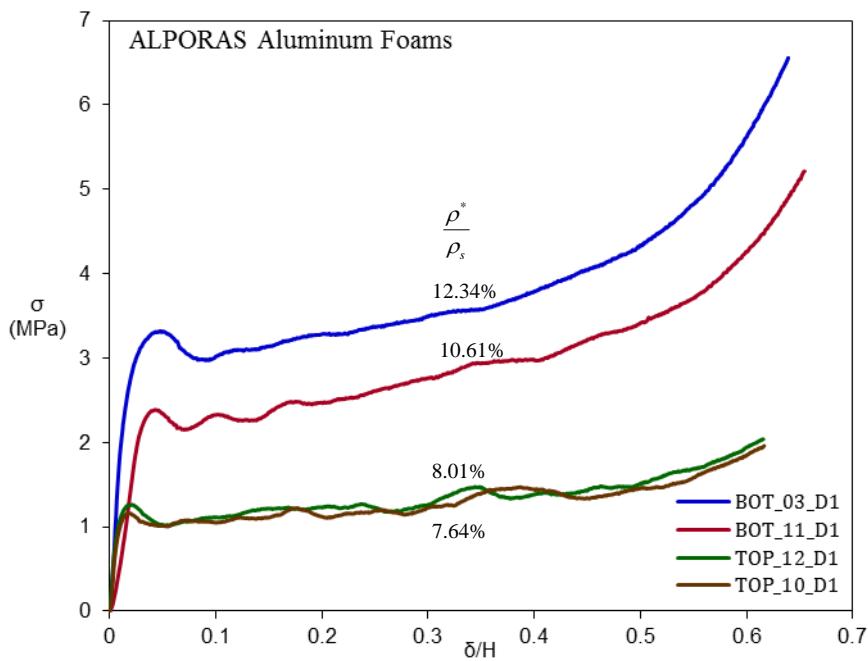
圖四 表面照片上之測試線



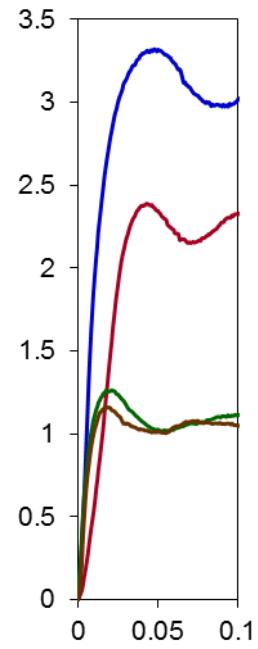
圖五 壓力實驗之受壓方向定義



圖六 (a) BOT 部分之試樣表面 (b) TOP 部分之試樣表面

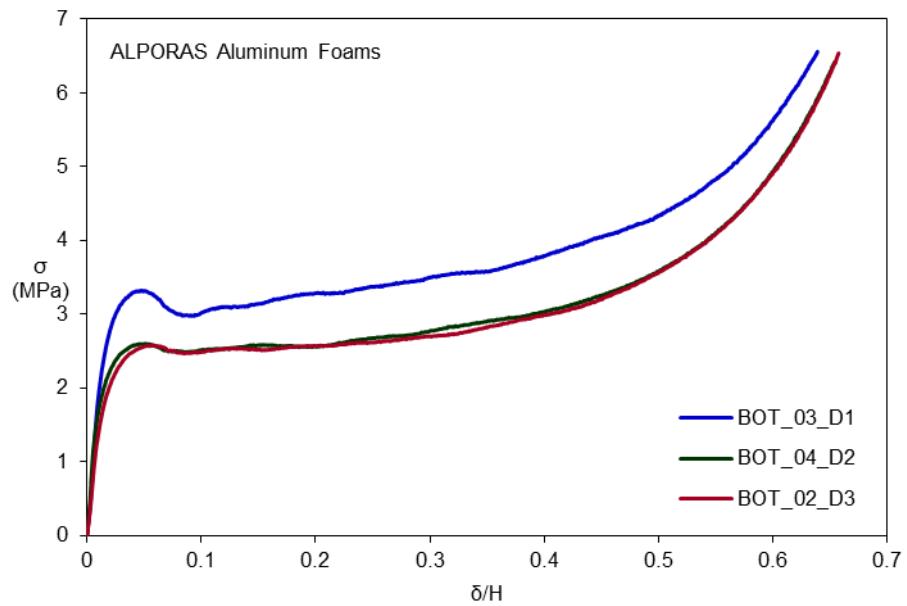


(a)



(b)

圖七 D₁ 方向之受壓應力—位移關係圖 (a) 完整反應曲線 (b) 局部放大圖



圖八 BOT 試樣以不同施力方向之受壓應力—位移關係圖

表一 各區域之平均相對密度及極值

Location	$\frac{\rho^*}{\rho_s}$	$\left. \frac{\rho^*}{\rho_s} \right _{\min-\max}$
TOP	8.44%	7.64%-9.18%
MID	8.57%	7.82%-9.87%
BOT	11.67%	10.61%-12.57%

表二 BOT 區域表面孔洞之寬高比

Normal vector of face	Aspect ratio
1	$K_{23} = 0.9933$
2	$K_{13} = 1.1827$
3	$K_{12} = 1.1972$

表三 相同施力方向下材料之機械性質

	$\frac{\rho^*}{\rho_s}$ (%)	$\frac{E^*}{E}$ (%)	σ_I MPa	$\bar{\sigma}_P$ MPa	$\Delta\varepsilon_P$ (%)
BOT_03_D1	12.34	1.603	3.32	3.56	49
BOT_11_D1	10.61	1.056	2.39	2.69	44
TOP_12_D1	8.01	0.500	1.26	1.32	55
TOP_10_D1	7.64	0.499	1.16	1.26	54

表四 不同施力方向下材料之機械性質

	$\frac{\rho^*}{\rho_s}$ (%)	$\frac{E^*}{E}$ (%)	σ_I MPa	$\bar{\sigma}_P$ MPa	$\Delta\varepsilon_P$ (%)
BOT_03_D1	12.34	1.603	3.32	3.56	49
BOT_04_D2	12.28	1.091	2.60	2.82	46
BOT_02_D3	12.36	1.101	2.58	2.79	45

國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得報告

日期：100 年 10 月 25 日

計畫編號	NSC 99 — 2218 — E — 009 — 027 —		
計畫名稱	封閉泡沫材料之受壓力學行為		
出國人員姓名	鄭文雅	服務機構及職稱	交通大學機械工程學系 助理教授
會議時間	100 年 5 月 8 日至 100 年 5 月 13 日	會議地點	Austin, USA
會議名稱	(中文) 液態及固態泡沫材料力學 (英文) Mechanics of Liquid and Solid Foams		
發表論文題目	(中文) 隨機泡沫材料之力學與吸能特性 (英文) Mechanical Properties and Energy Absorption of Random Foams		

一、參加會議經過

參加本次會議的目地在於發表論文並與會專長學者切磋交流。該會議是由國際理論及應用力學聯盟（International Union of Theoretical and Applied Mechanics）之年度國際盛會。該項會議之特色為與會者多由聯盟主動邀請，鮮少接受外界投稿報名。因此參與者雖不甚多，卻大半為相關領域較為知名且活躍的學者及專家。由於筆者於就學及博士後研究期間，致力於泡沫材料之研究，並發表數篇頗受矚目之學術論文，因此有榮幸獲得邀請參與盛會，誠為幸事。本次會議於五月八日至五月十三日，假美國德州奧斯汀大學舉行，有來自全球各地數百名教授學者參與。該校恰為筆者取得博士學位之母校，筆者於參與會議之餘，能夠順便走訪昔日師長好友，則屬附帶收穫。

二、與會心得

泡沫材料為一新興工程材料，由於特殊之物理極力學性質，在各方面應用之潛力逐漸被發掘，也逐步為各方所重視。其特色為高強度、高勁度而且質輕。以歐美國家為例，此一材料逐漸被應用於汽車、航太工業以及防撞吸能設備乃至於建築結構體上。台灣對此一工程材料之使用較少，相關應用之研究也較少投入。藉由與他國學者互動與交流，的確是增長相關知識與見聞，並且激發靈感的好機會。參與國際研討會，除了藉發表論文的機會增加國際能見度之外，對研究能量之提升，必定也有正面的助益。

三、考察參觀活動(無是項活動者略)

四、建議

本會議為國際力學界的重大會議，但台灣地區的學參與者卻甚少—以今次會議為例，就只有筆者一人參與。這固然與大會邀請與會者的方式與程序有關，台灣學者對此類會議較無興趣，亦為原因之一，這無非是相當可惜的情況。在這國際導向的年代，多參與這類國際盛會無疑是很重要的。如果可以鼓勵國內學者多參與這類會議，對台灣的國際能見度以及國內研究的爆發力，一定大有幫助。

五、攜回資料名稱及內容

大會手冊一份

會議論文光碟一份

六、其他

Dear Dr. Wen-Yea Jang:

We are pleased to inform you that your paper entitled:

"Mechanical Properties and Energy Absorption of Random Foams"

has been accepted for presentation at the IUTAM Symposium: Mechanics of Liquid and Solid Foams

The symposium will be held May 8-13 at the University of Texas at Austin. As is the tradition for IUTAM symposia, all presenters and authors are expected to attend the whole event. A full paper on this work will be due by August 31 for inclusion in the proceeding of the symposium.

Looking forward to welcoming you to Austin in May.

Sincerely,

Stelios Kyriakides and Andrew Kraynik

Symposium Co-Chairs

MECHANICAL PROPERTIES AND ENERGY ABSORPTION OF RANDOM FOAMS

S. Gaitanaros, W.-Y. Jang, A.M. Kraynik and S. Kyriakides,
Research Center for Mechanics of Solids, Structures and Materials
The University of Texas at Austin
Austin, TX 78712
E-mail: skk@mail.utexas.edu

Abstract

The microstructure of open-cell polymeric and metallic foams is a continuous network of nearly straight ligaments that interconnect irregular polyhedra. The foaming process usually involves the nucleation and expansion of gas bubbles in a liquid leading to a solidified random cellular microstructure. The solid is concentrated in the ligaments and at nodes at which usually four ligaments meet. The material distribution along the ligaments of polymeric and metallic foams and the geometric characteristics of the cellular microstructures have been established using micro-computed X-ray tomography. Representative foam blocks were subsequently compressed between rigid platens producing the following behavior. The response starts with a linearly elastic regime, which terminates into a stress maximum. Subsequently localized cell buckling and crushing commence while the stress remains nearly constant. Crushing gradually spreads throughout the block and the stress traces an extended plateau. The stress picks up again when the whole domain has crushed.

In past work it was demonstrated that many of these characteristics could be simulated by idealizing the microstructure with regular Kelvin cells assigned measured ligament geometric properties. The present study examines the effect of randomness of the cellular microstructure on the calculated response. Realistic random soap froth with N^3 cells are generated using the Surface Evolver software. The ligaments are made straight but with non-uniform cross sectional area distributions that mimic the measurements. The ligaments are modeled as shear deformable beams with elasto-plastic material behavior for Al foams and linearly elastic for polymeric foams. The microstructure is discretized with finite elements using LS-DYNA which allows for beam-to-beam contact on the outer surface of the ligaments. With this scheme it was possible to reproduce the measured compressive responses from the initial elastic regime to densification with accuracy. The contact algorithm, friction between, ligaments and generally the discretization play crucial roles in the accuracy of the calculation as well as numerical stability. The calculated results will be compared with corresponding ones generated using idealized Kelvin cell models.

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/10/17

國科會補助計畫	計畫名稱: 封閉泡沫材料之受壓力學行為
	計畫主持人: 鄭文雅
	計畫編號: 99-2218-E-009-027- 學門領域: 結構應力

無研發成果推廣資料

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：鄭文雅		計畫編號：99-2218-E-009-027-				
計畫名稱：封閉泡沫材料之受壓力學行為						
成果項目		量化		單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數(含實際已達成數)			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇
		研究報告/技術報告	0	0	100%	
		研討會論文	0	0	100%	
		專書	0	0	100%	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件
		已獲得件數	0	0	100%	
	技術移轉	件數	0	0	100%	件
		權利金	0	0	100%	千元
	參與計畫人力 (本國籍)	碩士生	0	0	100%	人次
		博士生	0	0	100%	
		博士後研究員	0	0	100%	
		專任助理	0	0	100%	
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇
		研究報告/技術報告	0	0	100%	
		研討會論文	0	0	100%	
		專書	0	0	100%	章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件
		已獲得件數	0	0	100%	
	技術移轉	件數	0	0	100%	件
		權利金	0	0	100%	千元
	參與計畫人力 (外國籍)	碩士生	0	0	100%	人次
		博士生	0	0	100%	
		博士後研究員	0	0	100%	
		專任助理	0	0	100%	

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等,請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
----------------------------------------------------------------------------------------	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處 計畫 加填 項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與（閱聽）人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

■達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文：已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利：已獲得 申請中 無

技轉：已技轉 洽談中 無

其他：(以 100 字為限)

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）(以 500 字為限)