

## 嬰兒車前輪避震塊受力分析

明門工程團隊

明門實業股份有限公司

### 摘要

嬰兒車的懸吊設計直接影響到產品壽命及使用者推動手感，本文使用一種高彈性塑膠製成的避震塊設計取代傳統彈簧阻尼器設計以減輕車體重量。透過有限元素分析套裝軟體 ABAQUS 模擬前輪在不平路面上推動時，避震組受力之應力應變狀態，以找出最佳之避震塊設計參數，有效節省開發成本並縮短開發時間。

**關鍵字：**避震塊、嬰兒車、有限元素法

### ABSTRACT

Suspension makes smooth, controlled and safe ride for stroller. In this article, an untraditional shock absorber design by using a hyperelastic plastic was used to conduct to absorb road shock and weight reducing instead spring suspension. The FEM commercial software, ABAQUS, was using for simulating when the stroller through bumps, the stress distribution on front wheel with this new design. Which results would be used to find out the best shock absorber design.

**Keywords:** suspension, stroller, finite element method

### 一、前言

明門實業股份有限公司(以下簡稱明門公司)專注於嬰兒車、嬰兒床、汽車安全椅、高腳椅等嬰幼兒產品之全球市場需求與產品設計研發改良。而嬰兒車做為明門公司主要的大宗產品，對於使用者推行時的手感、嬰幼兒乘坐的舒適性及安全性更是格外的重視。

嬰兒車的懸吊系統直接影響到上述的問題，良好的避震效果不單單可以提供嬰幼兒舒適的乘坐感受，對於產品壽命也有直接的相關性；當嬰兒車行駛於不平坦路面時，車架會受到來自地面的反覆性負載，造成疲勞損傷。一個好的懸吊設計可以有效減少行駛時車架受到的反作用力大小，使車架不致因疲勞損傷造成失效甚至斷裂，進而影響到乘坐的嬰幼兒安全。

傳統的懸吊系統多以彈簧及阻尼器搭配的方式來提供減震效果，此種方式需要安裝多種零配件於車輪組上，結構複雜且成本較高。除了成本之外，重量也是設計上的重點，近年來方便攜帶成為消費者

選購推車的考量之一，為了盡可能減輕車架收合後的重量，一種不同以往的輕量化避震器概念因此而生。

### 二、高彈性塑膠材料

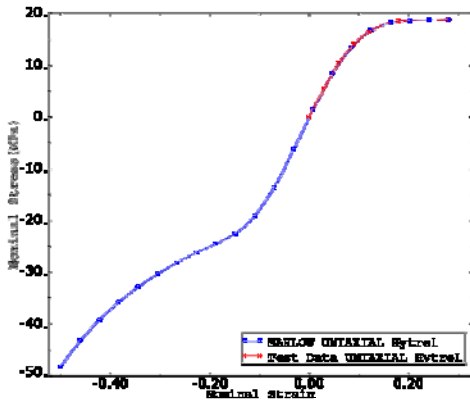
為達到減重的目的，一種由杜邦公司生產的高彈性熱塑性塑膠 Hytrel<sup>®</sup>被使用作為此種新設計的材料。此材料具有高彈性、高拉伸應變、高疲勞耐久性...等優點，且具熱塑性塑膠容易加工及回收之優點，恰可符合設計的需求。

由於 Hytrel 材料有較明顯的非線性彈性(nonlinear elastic)行為(如圖一)，傳統的金屬線彈性-塑性行為無法準確的描述該材料的本構行為。因此本文將使用 ABAQUS 內建的超彈性(Hyperelastic)加上塑性本構模型來定義此材料。

在 ABAQUS 中，超彈性材料的本構模型依材料本身的可壓縮性分為兩種，一種是接近不可壓縮的似橡膠材料(rubberlike)，另一種為可壓縮的彈性體材料(elastomeric)，後者通常用於材料內

部有許多微小孔隙如保麗龍這類的材料。其他常見的塑膠材料行為較接近前者，本文使用前者做為 Hytrel 的材料性質。

在 ABAQUS 中，似橡膠態的超彈性材料使用潛在應變能 (strain energy potential) 函數來描述其本構行為，軟體內建數種不同的潛在應變能函數，如 Arruda-Boyce、Marlow、Mooney-Rivlin、Neo-Hookean、Ogden、polynomial、reduced polynomial、Yeoh 及 Van der Waals，針對輸入不同的試驗資料以選擇相應適合的函數。一般來說，如果具多種不同方向的試驗資料(至少需有單軸及雙軸試驗)時，Ogden 及 Van der Waals 方程式較能準確的與實驗資料擬合；若資料數量有限，必須透過程式校正的話，則可以選擇 Arruda-Boyce、reduced polynomial、Yeoh 及 Van der Waals 方程式；假如僅有一組實驗資料(通常為單軸試驗)，ABAQUS 建議使用者選擇 Marlow 方程式進行分析。在本文中，由於僅有單軸拉伸試驗資料，因此我們將選擇 Marlow 方程式做為潛在應變能函數，圖一顯示 ABAQUS 用 Marlow 函數計算得到的應力應變曲線。



圖一：Hytrel 的 Marlow 應力應變曲線。

### 三、設計變數

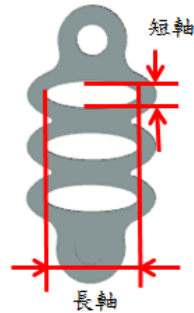
本設計型式如圖二所示，其概念為利用橢圓孔間之形變來達到緩衝的效果。為尋求最佳的設計參數，針對不同長短軸尺寸(圖三)之橢圓孔進行分析，藉以找出最佳之設計。分析尺寸如表一所示。

表一：避震器設計表格。

	方案一	方案二	方案三	方案四
長軸尺寸	11 mm	11 mm	10 mm	10 mm
短軸尺寸	2.9 mm	2.5 mm	2.9 mm	2.5 mm



圖二：避震器型式。



圖三：避震器幾何形狀。

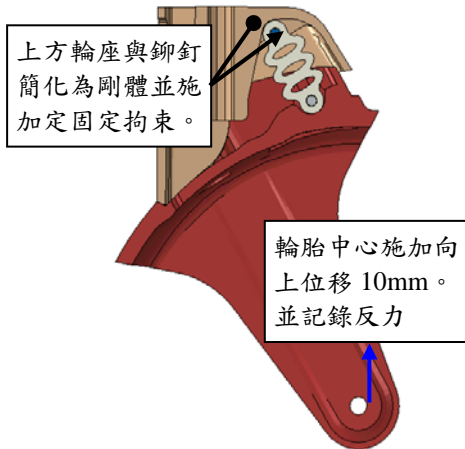
### 四、分析程序及邊界條件

由於全模型的動態分析需耗費大量的建模及計算時間，且本文的目的在於評估此一避震設計是否可以達到所需的減震需求。透過明門公司過去產品的分析數據，得知當單輪的受壓縮行程 10mm 下，避震器可提供約 535N 支撐力時為較佳之設計，因此將以單輪組(圖四)的靜態壓縮位移分析來取代全模型的動態分析以節省分析成本。

除此之外，由於避震器受壓縮過程會發生多處自體接觸的狀況，使模型的接觸行為相當複雜，欲使用 ABAQUS/Standard 做靜態分析求解並不容易收斂，故本文將選擇以 ABAQUS/Explicit 進行擬靜態分析(quasi-static analysis)求解。

邊界條件的部分，我們將避震器上方

鉚釘及鉚接之輪座設定為剛體元素，並設定固定邊界條件。另外將下方輪胎中心與前叉軸心耦合，然後於輪胎中心施加向上位移模擬行駛在不平路面上時避震器受壓之狀況；並記錄輪胎中心的反作用力結果進行比對。



圖四：邊界條件設定。

### 五、分析結果與討論

各方案分析之結果列於表二中。由表二結果顯示，除了方案一無法達到 535N 的標準值外，其他三組方案皆可提供 535N 以上之支撐力量。為進一步評估各方案的優缺點，圖五顯示各方案在完全壓縮時，變形狀況及等效塑性應變等高線圖。

由圖五可見，方案二及方案四之橢圓孔呈現幾乎完全壓扁的狀態，如實際使用時遇上壓縮行程大於 10mm 的狀況，可能會因為避震器行程不夠長而失去避震效果。與方案二及方案四相比，方案三在 10mm 的壓縮下仍保有些微的空隙，顯示其在相同的支撐力水準下保有較大的作動行程。

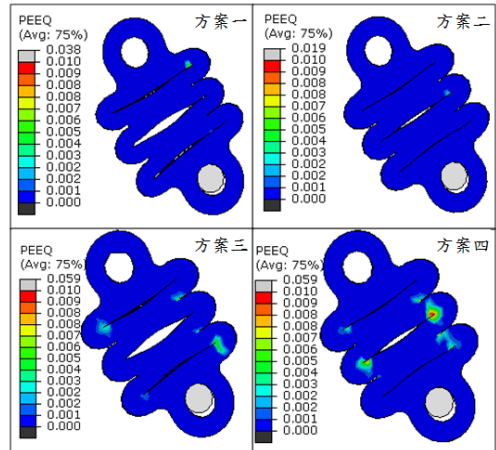
另外，在等效塑性應變的表現上，方案二有較佳的表現，方案四則在長軸邊緣表現出較大的塑性應變值，方案三介面兩者之間。然而三者顯現皆為壓縮塑性應變，且塑性應變值非常小。由於一般材料其壓縮強度較拉伸強度較高，此處的塑性應變對於避震器本身的損傷應屬十分輕

微。

綜合考量下，方案三有不錯的支撐力及強度表現，且有最佳的作動行程，為四個方案中較佳的設計。

表二：分析結果：支撐力。

	方案一	方案二	方案三	方案四
支撐力(N)	445	584	595	683



圖五：不同方案在完全壓縮時的等效塑性應變等高線圖。

### 六、結論與未來展望

本文主在發展一種新型輕量化的避震結構，利用 ABAQUS 分析協助在設計階段找出較佳之避震器設計，省去多次打樣及修模程序，不但有效降低成本，更省去反覆驗證的人力和時間，使產品能夠在更短的時間內開發完成，提升競爭力。

未來除了將此模型推廣至其他設計上，並將考慮導入最佳化設計方法，以更有系統及效率的方式找出最佳設計。