

## Space Frame 車架之疲勞耐久分析

李聲响<sup>1</sup>, 謝寶賢<sup>1</sup>, 林育正<sup>2</sup>

1. 金屬工業研究發展中心 車輛結構與系統組

2. 瑞其科技有限公司

### 摘要

Space Frame 車架為順應當今市場及環境污染狀況與規範而發展之技術，可減輕車體重量同時又保持剛性，但不管車架輕量化後各性能改善多少，車體之疲勞耐久性能仍然是產品好壞的重要指標。本文以 Abaqus 進行 Space Frame 車架的一般路面行駛時之入力分析，再以 fe-safe 進行此入力時之疲勞分析，以取得車架在一般路面行駛時之疲勞破壞狀況。最後並依此分析結果改良車架結構，增加車架之疲勞耐久性能。

**關鍵字：**Space Frame 車架、疲勞、耐久、壽命

### 一、緒論

隨著當今環保意識高漲與能源價格飆升，消費者在選購新車已將耗油(能源)量視為一重要參數，愈省油(能源)的車愈受市場歡迎。以此潮流，各大汽車製造商致力研製低油耗、低排放的環保汽車，其中關鍵的影響因素即是車體輕量化。德國 Audi 車廠在 1993 年推出 Audi Space Frame 概念高剛性鋁合金車身結構，次年(1994 年)更發表了全球第一款搭載 ASF 概念高剛性車身結構的量產車 A8，第 1 代 Audi A8 的誕生是當時車壇重要的大事，因這款全球第一輛採用 ASF 概念高剛性車身結構打造出鋁合金車體的量產車，不但車身較當時同級對手輕 100~150 公斤，且剛性提升 60%、油耗大幅降低，成為當時大型豪華房車的標竿。Space Frame 結構達成了輕量化及剛性的目標，但是否也具備疲勞耐久強度，維持產品安全性？本文即就此車體結構以 CAE 電腦分析初步驗證。

本文應用的 Space Frame 車體結構為金屬工業研究發展中心於 2015 年獨立研發之 L7 電動微型車，車身、底盤、動力及零組件...等，都為與國內車廠與零組件廠商合作完成。

### 二、結構分析

首先以 Abaqus 進行應力分析，建構 Space Frame 車架之有限元素模型，如圖 1，分別給予模型材料機械性質、密度值及浦松比...等設定參數，再觀察一般駕駛時之結構之入力狀況，以普通狀況下，車體結構之入

力位置一般為避震器鎖點處，故在此前後共四個避震器鎖點施以四個 z 方向不同的位移-時間曲線，如圖 2，藉此得到行駛時之應力分析結果，如圖 3。

獲得應力分析結果後，接著以 fe-safe 進行疲勞分析，分別給予材料參數後，以 Principal Strain Morrow 演算法計算出結構疲勞壽命，如圖 4。由分析結果可知，在電池盒的邊緣因結構厚度較薄，且材質為鋁合金，故強度較弱，壽命較短。

而在外觀造型不可變更及維持輕量化目標的限制下，針對結構較弱之區域進行補強。以相同之限制條件，對補強後的結構重新分析，分析結果如圖 5 及 6，可由應力結果觀察知補強後之車體最大應力降低 59%，結構疲勞壽命增加 392%。

### 三、結論

本文進行了 Space Frame 車架應力分析及疲勞分析，以 CAE 模擬方式來輔助設計產品結構，可在實際測試前先瞭解產品各部位的設計是否符合結構強度標準及疲勞壽命標準。大幅節省了研發時的生產成本及時程。

本次分析之入力為假設值，僅供疲勞分析流程之參考，後續將以實車進行資料擷取，並運用車輛組實驗室之油壓缸進行實車耐久測試，以取得近似之入力值，增加分析結果之參考價值。

### 四、圖片(如下頁)

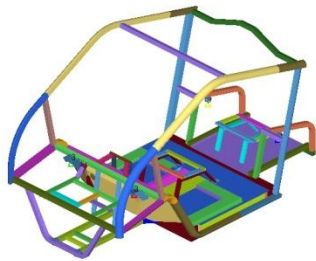


圖 1 Space Frame 車架有限元素模型

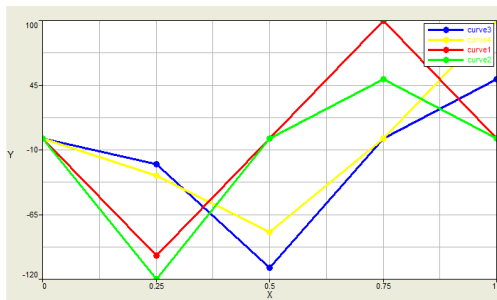


圖 2 位移-時間曲線

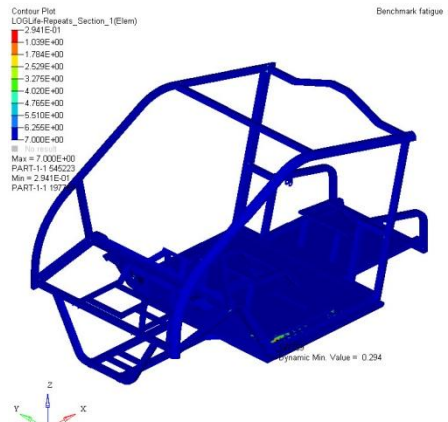


圖 4 Space Frame 車架疲勞分析結果

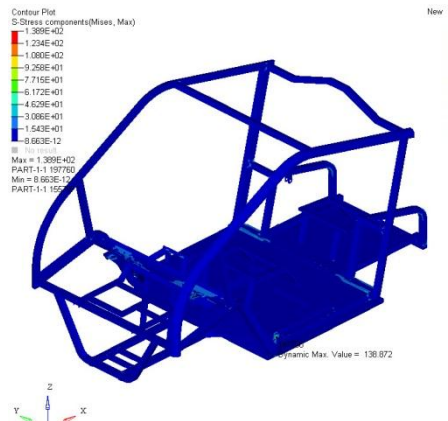


圖 5 結構補強後應力結果

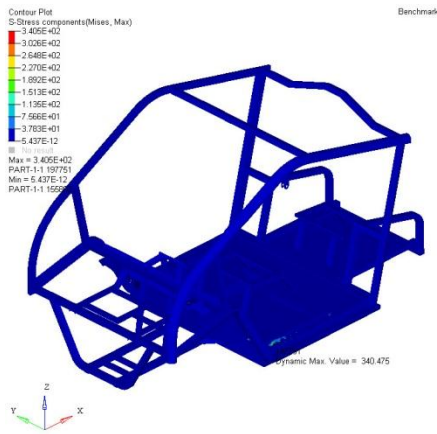


圖 3 Space Frame 車架應力結果

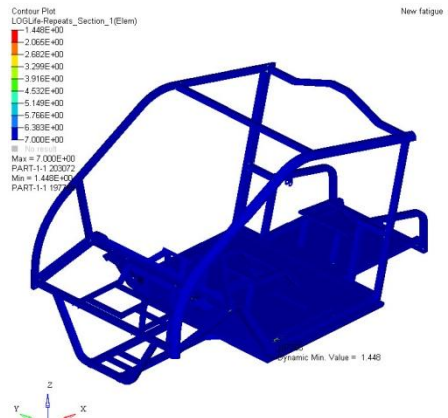


圖 6 結構補強後疲勞分析結果