

嬰兒車之汽車椅轉接器誤用分析

明門工程團隊

明門實業股份有限公司

摘要

嬰兒車之汽車椅轉接器的功能，是將手提式幼童汽車椅固定於嬰兒車，並且作為支撐嬰兒與汽車椅重量的重要結構，本文針對汽車椅設計嬰兒車之專用轉接器，在設計階段以商用有限元素套裝軟體ABAQUS進行產品誤用分析，提前於開模前確認設計可行性，開模後且與實驗進行比對，結果符合預期，並讓新產品提前上市。

關鍵字：嬰兒車、汽車椅、轉接器

一、前言

明門實業股份有限公司(以下簡稱為明門公司)成立於1983年，專注於嬰兒車、嬰兒床、汽車安全椅、高腳椅等嬰幼兒用產品之全球市場需求與產品設計改良。除了擁有絕佳的研發、製造、測試及管理能力之外，為降低開發成本與設計週期並確保產品的安全性，明門公司於2008年正式導入商用有限元素套裝軟體ABAQUS(以下簡稱為ABAQUS)。

嬰兒車備有適用於歐洲銷量甚大的MAXI-COSI與CYBEX等品牌的手提式汽車椅的專用轉接器，此轉接器的功能將汽車椅固定於嬰兒車，並且作為支撐嬰兒與汽車椅重量的重要結構。為了確保轉接器結構的安全性，根據法規要求必須進行各種性能測試，而本文則是在設計階段，以ABAQUS進行轉接器的誤用分析，做為設計改進的參考。

二、誤用情境說明

當汽車椅卡合在嬰兒車的轉接器時，較大年紀的兒童可能會基於好奇或探視，而施力在汽車椅上。最嚴苛的誤用情境則是施力在汽車椅前緣(如圖1)，此時根據支點、施力點以及嬰兒車手把的相對位置，會對轉接器產生最大的施力及扭轉力矩。根據設計需求，希望汽車椅前緣能夠承受45 lbf(約200 N)的負載而無安全餘慮。

三、分析模型說明

轉接器組件是由卡合片、插銷及支撐臂等零件組成，使用時扣合於嬰兒車手把管件上，由於分析的重點在於轉接器結構，因此僅取部份的汽車椅本體結構、部份的嬰兒車手把管件與轉接器組件，並取一半的對稱模型，以前處理軟體Hypermesh對3D-CAD模型建立S4R與C3D10M網格(圖2)。材料性質及對應零件列於表一。

四、分析程序與邊界條件

由於卡合片、插銷、支撐臂及管件之間的接觸關係相當複雜，以ABAQUS/standard作靜態求解並不容易收斂；並且在模型中同時含有汽車椅與假人的質量點與旋轉位移，若以ABAQUS/explicit求解則需要極長的時間步長才能滿足準靜態求解法則，因此在工程應用上會將整個模型拆解為靜態模型及準靜態模型，分別設定等效的位移邊界條件進行求解，再由分析結果作綜合研判。

靜態分析模型(圖3)中，根據6個月大的CAMI/CARBI假人之各部位尺寸與重量，以及汽車椅之尺寸與重量設定集中質量點，各質量點分別以beam connector與汽車椅鎖扣相接。為避開求解收斂問題，模型省略了卡、下卡合片、插鎖與管件模型。在第1分析步中施加重力荷載，使模型處於自重平衡狀態，在第2分析步中，在汽車椅前緣位置之參考點施加強制位移，並將支撐臂原與卡合片的接觸部位耦合至參考點，予以完全拘束以提取反力；2個分析步中設定stabilization機制以避免求解發散。

準靜態分析模型(圖4)中，則省略了

靜態分析模型中的汽車椅本體、鎖扣以及質量點，以滿足模型動能與模型位能比小於 5% 的準靜態求解法則，改由支撐臂扣鎖位置施加強制位移，並將管件上下端耦合至參考點，予以完全拘束以提取反力。

五、分析結果研判

由圖 5 之靜態模型分析結果可得，汽車椅鎖扣在施力於汽車椅前端約 86 N（如粉紅色曲線所示）時產生釋鎖現象，無法達到 200 N 的負載。由圖 6 可得在承受此負載時，雖然支撐臂有部份結構超過材料降伏點，但觀察壓力分布圖可知此塑性區主要承受壓力，由於塑料受壓縮時的楊氏模數與降伏強度均較受拉伸時高，因此一般只會產生輕微壓痕，並不會影響結構的安全性。故建議僅需修改支撐臂的卡鎖結構以避免釋鎖。

由圖 5 可換算當汽車椅前端受力 200 N 時，管件受力約 320 N。而由圖 7 之準靜態分析結果，在不考慮汽車椅本體、鎖扣對轉接器模組結構的影響時，轉接器模組可承受 320 N 的負載。

由於場輸出的限制，故觀察轉換器模組受力 334 N 時的狀態，僅有支撐臂產生塑性應變（圖 8），但由壓力分布圖可知此塑性區主要承受壓力，同樣只會產生輕微壓痕，因此在不考慮汽車椅本體、鎖扣對轉接器模組結構的影響時，此結構設計有足夠的安全性。

六、實驗結果比對

由於分析結果顯示除了支撐臂卡鎖結構之外並無問題，因此決定進行開模，以射出成品作實物驗證。經測試結果約於 100 N 發生釋鎖現象，與分析結果在 86 N 釋鎖誤差約 14 %，在工程應用上屬於合理範圍。誤差原因可能為省略的汽車椅結構、取代汽車椅及假人的質量點位置以及零件的摩擦力所造成。

七、結論與展望

本文在設計階段，搭配 ABAQUS 的兩大分析模組 standard 與 explicit，進行嬰兒車之汽車椅轉接器的誤用分析，成功預測轉接器發生的釋鎖現象，而分析之釋鎖力誤差亦在可接受的範圍，證明本分析模型極具參考性，因此可應用於支撐臂卡鎖結構設變

的後續分析，成功節省模具設變時間與成本，並讓新產品提前上市。

八、表格

材料	楊氏模數	波松比	真實降伏應力	允許塑性應變	應用零件
塑料 PP	769 MPa	0.35	22.7 MPa	0.7123	汽車椅本體
塑料尼龍	3100 MPa	0.35	70.3 MPa	0.4455	支撐臂、卡合片
塑料 POM	2050 MPa	0.35	63 MPa	0.3408	汽車椅鎖扣
6061-T6	68.9 GPa	0.33	277 MPa	0.1066	管件
ANSI 1020	200 GPa	0.23	330 MPa	0.3058	插銷

表一 模型材料參數

九、圖片



圖 1 轉接器組件誤用情境說明圖



圖 2 轉接器組件圖

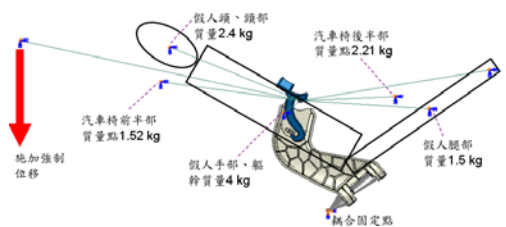


圖 3 靜態分析之邊界條件

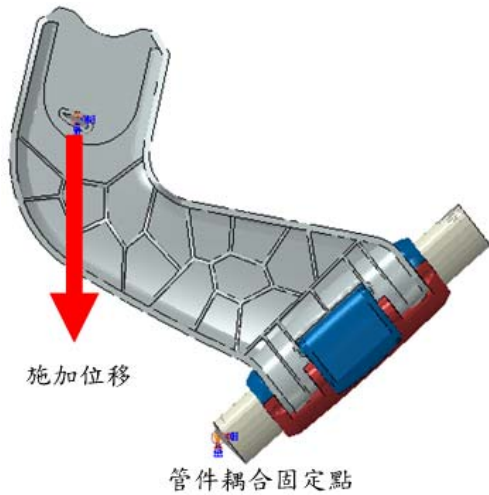


圖 4 準靜態分析之邊界條件

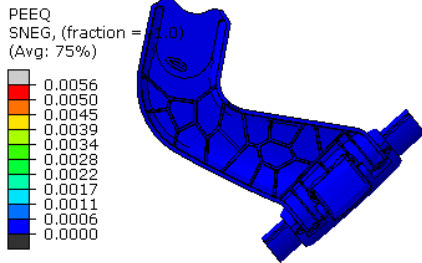
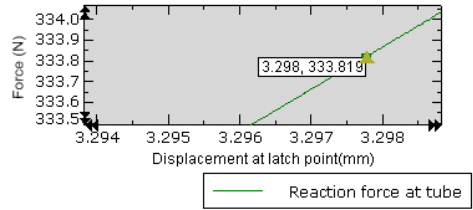


圖 7 準靜態分析結果

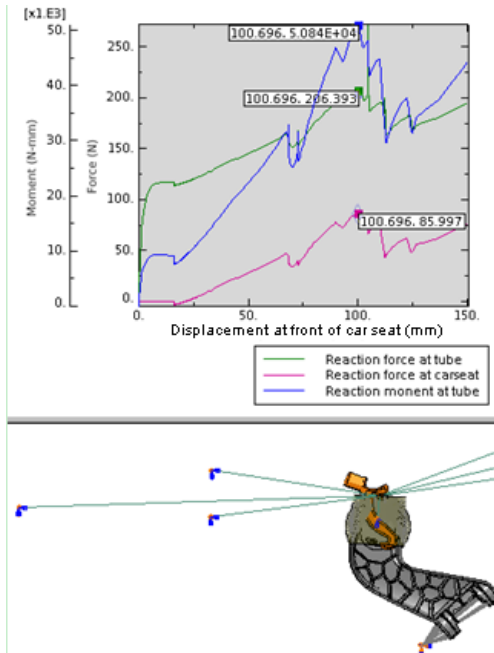


圖 5 靜態分析結果

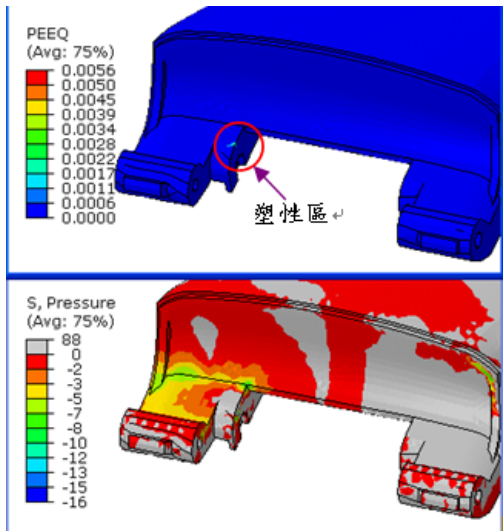


圖 8 準靜態分析結果-支撐臂

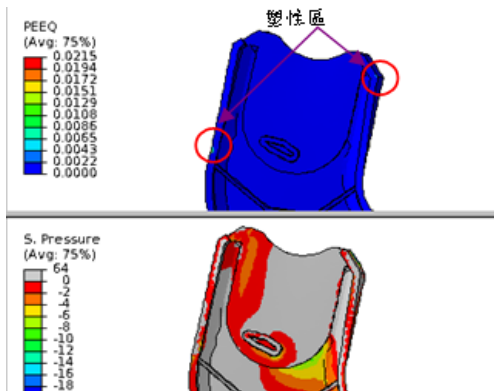


圖 6 靜態分析結果-支撐臂