

出國報告(出國類別：其他)

中科院振興傳統產業計畫(2/2)
高性能煞車元件開發與模組整合子項
國外公差報告

服務機關：國防部軍備局中山科學研究院第一研究所

姓名職稱：洪梓彬 聘用技監

派赴國家：加拿大、美國

報告日期：97/10/22

出國時間：97/09/14-97/09/21

報 告 資 料 頁

1.報告編號： CSIPW-97F-F0001	2.出國類別： 其他(開會)	3.完成日期： 97/10/22	4.總頁數： 132
5.報告名稱：中科院振興傳統產業計畫(2/2)高性能煞車元件開發與模 組整合子項國外公差報告			
6.核准 文號	人令文號 部令文號	國人管理字第 0970011139 號 (97/09/02) 國備科產字第 0970010248 號 (97/08/27)	
7.經 費		新台幣： 127,539 元	
8.出(返)國日期		97/09/14 至 97/09/21	
9.公 差 地 點		加拿大/哈利法克斯 美國/羅德島/普羅維登斯	
10.公 差 機 構		加拿大求生系統訓練公司(Survival Systems Training Limits) 美國達梭系統模擬公司(Dassault Systemes Simulia)	
11.附 記		歸屬計畫： 中科院振興傳統產業計畫	

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：中科院振興傳統產業計畫(2/2)高性能煞車元件開發與模組整合子項
國外公差報告

頁數 42 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：中科院一所/洪梓彬/503178

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：洪梓彬/中科院一所/聘用技監/503178

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他 開會

出國期間：97/09/14-97/09/21 出國地區：加拿大、美國

報告日期：97.10.22

分類號/目

關鍵詞：摩擦、煞車元件、噪音、水中求生訓練

內容摘要：(二百至三百字)

本院航研所為執行經濟部「中科院振興傳統產業科專計畫」高性能煞車元件開發與模組整合子項計畫國外技術發展及應用資料蒐集工作，派員參訪加拿大求生系統訓練公司(Survival Systems Training Limits)，蒐集水中棄艙求生訓練裝備之安全煞車系統設計資訊，以瞭解親水性環境摩擦元件特性和制動裝置之設計、維修及保養實務經驗，作為後續產業技術發展方向規劃之參考；另一方面參加美國達梭系統模擬公司(Dassault Systemes Simulia)剎車技術研討會議，進行應用分析程式解決煞車振動異音和熱傳導問題案例研討，以了解其採用的模擬分析模式，協助業界建立相關分析能量，導入摩材元件開發設計應用，以提昇產品性能與價值；並藉機了解先進煞車系統設計及摩擦材料元件發展與應用趨勢，擴大技術應用領域，以順利執行科專計畫和推動後續建案工作。

目 次

壹、目的	5
貳、過程	5
參、心得	10
肆、建議事項	41
附件	42
一：SSTL 公司簡介	
二：飛機水面迫降求生教官訓練課程	
三：水中棄艙求生訓練模擬器 Model 40 規格	
四：Abaqus Unified FEA 程式簡介	
五：Simulia 公司 Abaqus 摩擦阻尼相關論文	

報告名稱：中科院振興傳統產業計畫(2/2)高性能煞車元件開發 與模組整合子項國外公差報告

壹、目的

本院為配合政府振興傳統產業之政策，執行經濟部「中科院振興傳統產業科專計畫」高性能煞車元件開發與模組整合子項計畫，協助國內業界開發高性能碳系與金屬基摩擦煞車元件之新技術，藉此由勞力密集的低價位產品轉型到精密的耐高溫低異音之高單價產品，促進提昇世界市場佔有率。

為協助業界了解摩擦煞車元件技術發展趨勢和蒐集煞車元件異音控制及熱傳分析等技術資料，本次國外公差主要任務如下：

- 一、 參訪加拿大求生系統訓練(Survival Systems Training Limits)(SSTL)公司，蒐集水中棄艙求生訓練裝備之安全煞車系統設計資訊，以瞭解親水性環境摩擦元件特性和制動裝置之設計、維修及保養實務經驗，作為後續產業技術發展方向規劃之參考。
- 二、 參加美國達梭系統模擬(Dassault Systemes Simulia)公司剎車技術研討會議，進行應用非線性有限元素分析程式解決煞車振動異音和熱傳導問題案例研討，本次研討目的在了解所採用的分析程式功能和模擬分析模型，未來可協助業界建立相關分析能量，導入摩材元件開發設計應用，提昇產品性能與價值。並藉研討過程了解先進煞車系統設計及摩擦材料元件發展與應用趨勢，擴大技術應用領域，以順利執行科專計畫和推動後續建案工作。

貳、過程

- 一、 此次國外公差行程如后：

日期	星期	行程		公差地點	工作項目
		出發	抵達		
97.09.14	日	桃園中正機場	溫哥華	加拿大 哈里法克斯	9月14日 23:55 由中正機場搭機赴加拿大，當地時間 19:25 抵達加拿大溫哥華國際機場，22:30 轉機飛往多倫多。
97.09.15	一	多倫多	哈里法克斯	加拿大 哈里法克斯	9月15日 06:05 抵達多倫多機場，07:00 轉往哈里法克斯，當地時間 10:00 抵達哈里法克斯國際機場。 下午 13:30 與 Survival Systems Training Limits (SSTL)公司技術研討，議題如下： 一、水中棄艙求生訓練模擬器設計。 二、METS Model 40 座艙滾轉速率制動控制。
97.09.16	二	哈里法克斯	哈里法克斯	加拿大 哈里法克斯	與 SSTL 公司技術研討，議題如下： 一、座艙模擬器吊掛系統制動及緊急舉昇安全煞車設計。 二、親水性環境摩擦元件特性。 三、結構和摩擦元件破損分析及測試。
97.09.17	三	哈里法克斯	波士頓	美國 波士頓	與 SSTL 公司技術研討，議題如下： 一、波浪產生器 二、水中棄艙求生訓練安全機制 三、維修及保養實務經驗交流 下午 16:35 搭機赴美國波士頓
97.09.18	四	波士頓	普羅維登斯	美國 普羅維登斯	上午 09:30 抵達普羅維登斯，參與 Dassault Systemes Simulia 公司技術研討會，議題如下： 一、煞車異音與振動分析。 二、煞車系統熱傳導分析。

日期	星期	行程		公差地點	工作項目
		出發	抵達		
97.09.19	五	普羅維登斯	波士頓	美國 普羅維登斯 夜宿波士頓	與 Dassault Systemes Simulia 公司技術研討，議題如下： 一、煞車防滑設計與分析。 二、摩擦材料資料庫之建立。 三、煞車異音及振動抑制實務經驗。
97.09.20	六	波士頓	機上	回程	上午 08:15 搭機自波士頓經舊金山轉機回台北。
97.09.21	日	機上	桃園中正機場	台北	回程。

二、 參訪求生系統訓練 Survival Systems Training Limits (SSTL)公司

依計畫既定行程於 97.09.15 下午 13 點 30 分抵達 SSTL 公司。SSTL 公司執行長 John Swain 及董事長 Peter Gibbs 給予熱烈的歡迎，會晤中本人說明此行目的希望了解 SSTL 公司主要產品設計理念和親水性環境剎車裝備使用實務經驗，並獲 SSTL 公司執行長 John Swain 同意，於會後安排與技術工程人員研討有關制動系統剎車裝置相關議題。

在 SSTL 公司董事長 Peter Gibbs 帶領下，參觀各部門、訓練場地及裝備設施。當時其訓練廠房正進行加拿大海軍人員(10 人)進行直升機落海水中棄艙逃生訓練，訓練情境包括：海浪、強風、暴雨、閃電、救援直升機燈光照射、旋翼氣流和各種音效等環境模擬，讓受訓人員有身歷實境的感受。

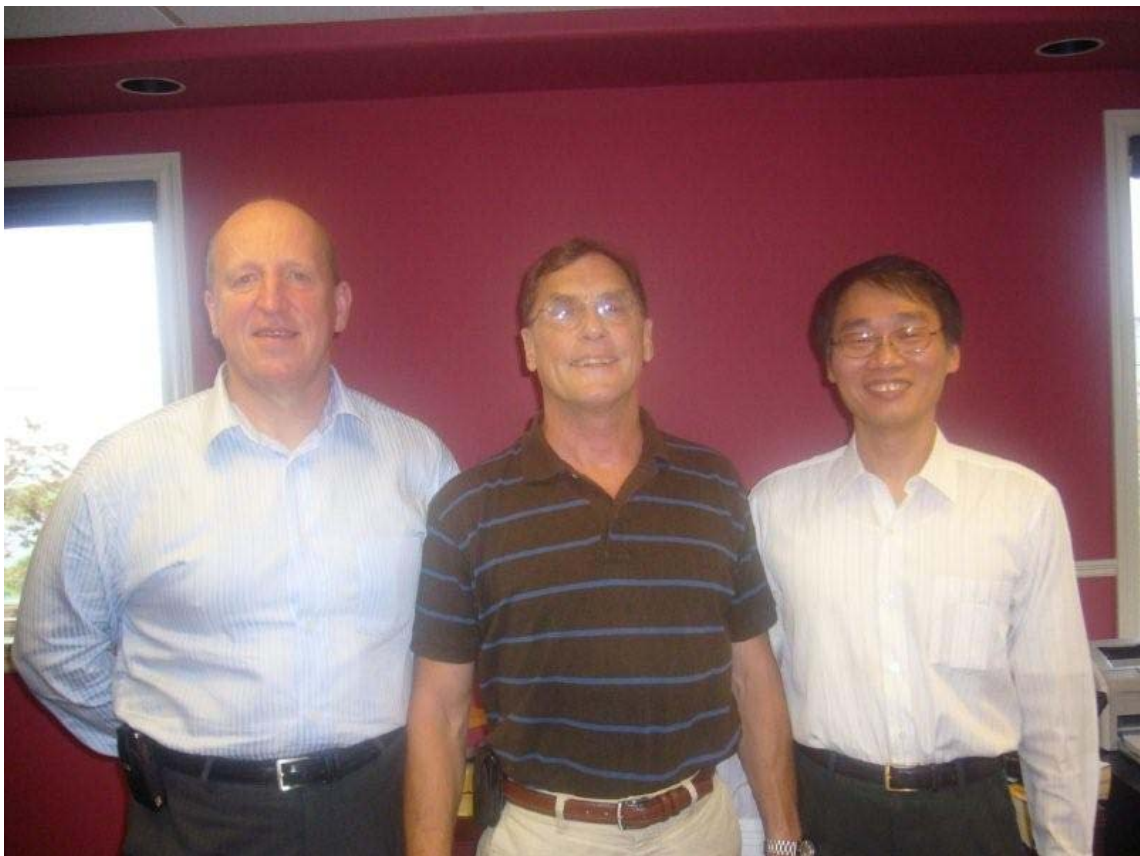
根據 Peter Gibbs 先生表示：由於石油價格連日飆漲，各大石油公司加緊海底油田和天然氣鑽探，而加拿大法規要求搭乘直升機到近海工作平台作業的人員必須接受落海水中求生訓練，且每 3 年要接受回訓；因此去年 SSTL 公司人員訓練業務共計 4200 人次。目前該公司正在評估於加拿大西岸設立訓練中心之效益，以滿足其客戶日益增多的人員訓練需求。另外在其母公司(Survival Systems Limits)製造部門廠區，工作人員

正在對二組模組化水中棄艙訓練模擬器進行包裝，準備運交其客戶。

參訪 SSTL 公司水中棄艙訓練廠房設施過程中，發現其場地配合訓練需求空間並不大，但是整理得非常整潔，所有的裝備和器材均有適當的置物架安置。SSTL 公司董事長 Peter Gibbs 說明：因為求生訓練首重安全，在訓練時不斷的強調逃生空間、動線、求生和急救器材安放位置等，所以訓練場所更要合乎標準。所有 SSTL 公司的員工也具備良好的習慣，並每日鍛練身體，維持強健的體能，才能擔任求生訓練任務。這種身體力行的觀念值得同仁學習。

參觀後，隨即依既定議題與 SSTL 公司工程人員進行技術研討。

本人與 SSTL 公司執行長 John Swain 及董事長 Peter Gibbs 合影照片如下



Peter Gibbs

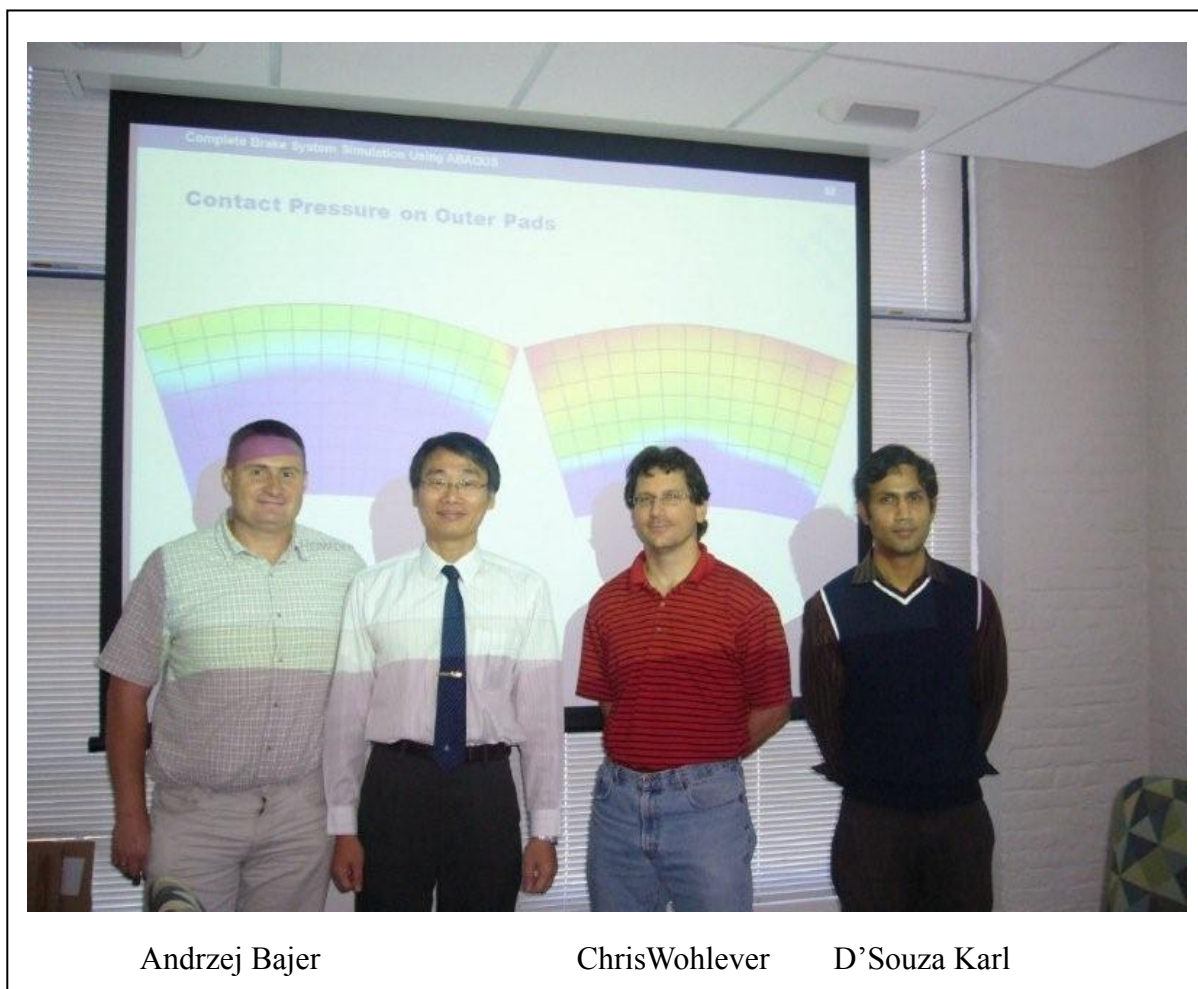
John Swain

三、 參訪達梭系統模擬 Dassault Systemes Simulia(Simulia)公司

依行程於 97.09.18 上午 10 點抵達 Simulia 公司，首先拜會 Simulia 公司產品經理 Karl D'Souza 先生，俟 D'Souza 先生介紹公司現況和主要產品-Abaqus 分析程式功能後，參加由資深程式開發工程師 Andrzej Bajer 博士主持的技術研討會，內容包括煞車異音分析基礎理論和分析程式計算結果，並作相關議題討論。

技術研討過程中，針對 Abaqust 程式介面整合功能，由程式發展經理 Chris Wohlever 先生安排相關人員參與討論。

本人與 Simulia 公司工程部門經理 D'Souza Karl 及程式設計部門人員合影照片如后。



參、心得

一、與 SSTL 公司研討內容和心得如下：

1. SSTL 公司現況

SSTL 公司之前身為 Survival Systems Limited (SSL)公司於 1982 年成立，專事海上求生救援訓練和水中棄艙訓練模擬器開發生產；其中負責訓練之部門於 1999 年因業務需要成立 SSTL 公司，以滿足加拿大東海岸近海安全海防嚴格訓練之需求。而 SSL 公司則負責水中棄艙訓練模擬器之製造生產。

目前 SSTL 公司的正式編制員工有 26 名，主要業務為水中求生訓練、開發訓練課程和教材、以及配合發展模組化水中棄艙訓練模擬器與相關設備。核心業務包括近海求生救援訓練、工業安全救援求生、軍事飛行人員求生訓練、船艦緊急求生救援訓練等，以符合加拿大工作人員工作要求標準。其模組化水中棄艙訓練模擬器與相關設備，以及求生訓練課程為多國水中求生訓練中心所採用。國外軍方客戶包括：德國、澳洲、美國、荷蘭、日本、韓國、印尼、...等。SSTL 公司簡介和飛機水面迫降求生教官訓練課程詳如附件一、二。

2. 水中棄艙求生訓練模擬器 Modular Egress Training Simulator (METS™)設計

(1). 水中棄艙求生訓練模擬器設計需求

水中棄艙求生訓練目的在於當飛機(直升機)發生故障迫降到水面或沉入水中時，讓空勤人員熟悉正確的逃生程序，以爭取最大的求生機會。因為飛機迫降到水面時，沉入水中的速度非常快；此時，機載人員能迅速且安全的脫離飛機機艙最為重要。特別是當座艙在空中旋轉撞擊水面沉入水中之剎那，所有的乘員必須保持鎮定，避免空間迷向或暈水，進而能神智清晰採取正確的逃生程序，才能在最短的時間內脫離座艙求生。

飛機座艙在設計時，艙門和窗戶都已考量失事時所需之緊急開啓機構，但仍需要人員正確的操作方可開啓。又如艙內座椅的位置和大小，會影響逃生的動線；在夜間或因失火而煙霧瀰漫時，則需要座艙內逃生路線警示燈指引方向。上述需

求項目在座艙模擬器內都要真實的反映，訓練時才能讓人員感受到空間、操作和環境上各種限制因素，逐一克服和適應。

SSTL 可配合客戶特定的機型，開發水中棄艙求生訓練模擬器。以阿帕契直升機為例，此座艙模擬器就是根據美軍需求，依照其座艙、門窗、座椅和內裝實際尺寸規格研製完成，如下二圖所示。



圖 1 阿帕契直升機



圖 2 阿帕契直升機水中棄艙模擬器

(2). 水中棄艙求生訓練模擬器模組化設計需求考量

SSTL 公司所提供之水中棄艙求生訓練模擬器大小不一、種類繁多，以模擬各種不同機型和承載各次不等數量之乘客。其模擬器採用模組化設計且標準化，有利於機體製造和組裝，例如艙門和窗戶的安裝門板、座椅和地板搭接結構和艙體吊環等，基本形狀和尺寸都相同，可以批量製造。另外艙體尺寸較大者(i.e. Model 40)，更可以用基本艙體構型搭配數種不同型式之緊急逃生門、機內隔艙、駕駛艙及乘員艙座椅等艙內元件，完整的模擬各種形式之機艙及艙內配置。其中 MAET Model 40 模擬器規格詳如附件三。

SSTL 公司已開發之水中棄艙求生訓練模擬器如下圖：



圖 3 SSTL 公司水中棄艙求生訓練模擬器

(3). 水中棄艙求生訓練模擬器機型模組更換所需時間

各型艙內元件及艙壁，均以通用易更換構型(reconfigurable)方式進行設計，減少各機型安裝時間，使模擬艙訓前之準備(包含拆換緊急逃生門、機內設施等換裝時間)可在 4 名人力作業下，於 60 分鐘內完成。

3. 座艙俯仰角度、滾轉速率制動控制

(1). 水中棄艙求生訓練模擬器設計俯仰、滾轉角度限制

因應飛機水上迫降、墜落等可能發生之各種入水姿態，水中棄艙求生訓練模擬迫降入水前機體翻轉(俯仰、滾轉)之情形。艙體俯仰之控制可達到 $\pm 30^\circ$ 。

(2). 水中棄艙求生訓練模擬器滾轉角度和速率制動控制

艙體滾轉之控制可達到旋轉角度為 $0\sim 180^\circ$ ，基本上是以配重的方式讓艙體(含乘員)重心偏離吊掛中心垂線，艙體懸空時，由艙體吊環夾定位置和吊掛中之剎車維持平衡，藉由重力達到所要求之艙體俯仰角度。於艙體垂降過程中釋放剎車，重力造成艙體滾轉，並以垂降高度控制入水時艙體滾轉速率。

為模擬真實艙體滾轉的求生環境，入水後艙體轉動控制方式改以浮力控制，較貼近於真實水中情形。透過艙體四周之浮力調整裝置，設定艙體入水後滾轉方式以及艙體最終停止滾動位置與角度，達到訓練之目的。

除了應用配重方式外，可利用馬達及鋼纜控制艙體於空中時俯仰和滾轉前之角度；再利用旋轉環機構以及浮力裝置等，分別於入水前與入水後控制滾動角度。旋轉環機構由摩擦輪、控制馬達、皮帶、滾輪支架、旋轉環等元件構成，旋轉環與艙體骨架連接，並以螺栓固定。當艙體於入水前，以機構上方之控制馬達帶動皮帶來轉動摩擦輪，藉以帶動旋轉環轉動，來達到艙體轉動之目的。此種方法可自由控制艙體轉動的角度，並透過馬達煞車及氣壓式煞車的方式，固定艙體旋轉角度。如下圖所示。

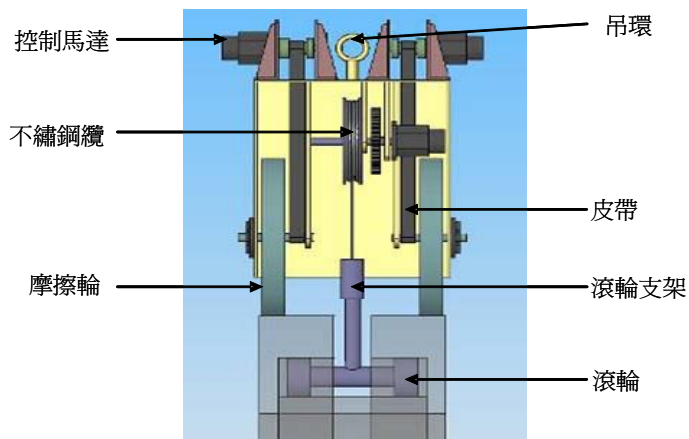


圖 4 摩擦滾輪機構

4. 座艙模擬器吊掛系統和制動設計

(1). 水中棄艙求生訓練模擬器吊掛系統種類和安全考量

SSTL 公司座艙模擬器所使用之吊掛系統有兩種：

A. 橫樑型雙軌式吊車之吊掛系統

橫樑型雙軌式吊車之吊掛系統可前後左右移動，利於將水中棄艙求生訓練模擬器由池邊吊起，移昇到訓練水池上方，再垂降至水中。一般工業用雙軌式吊車如下圖所示。

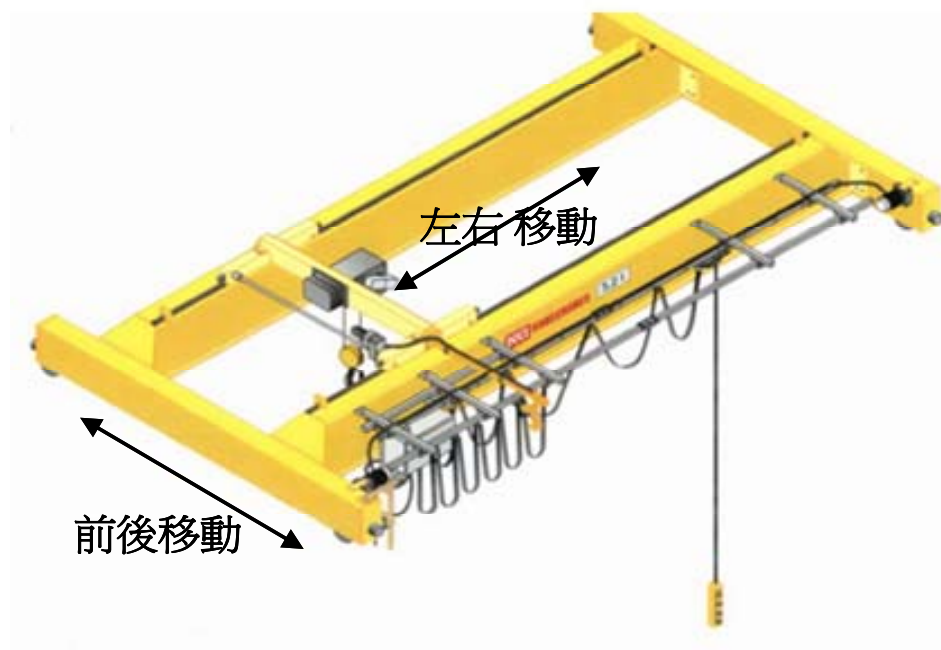


圖 5 雙軌式吊車(Double Girder Crane)

B. 懸臂式吊車之吊掛系統

SSTL 公司所用之懸臂式吊車之吊掛系統係配合水中棄艙求生訓練模擬器和訓練水池之尺寸設計，利用旋轉吊臂方式將水中棄艙求生訓練模擬器由池邊吊起，移昇到訓練水池上方，再垂降至水中。具有雙重動力馬達和機構，鋼索計 4 條，可以確保動力輸出和吊車鋼索結構的安全，如圖 6 所示。



圖 6 SSSL 公司懸臂式吊車(Jib Crane)

(2). 吊掛系統吊環裝置

吊環連接裝置採用兩片式連接器，搭接 4 條鋼索連結機構，此機構既使有單一鋼索斷脫亦不影響吊掛安全性，而且亦能維持吊環水平的功能，如圖 7 所示。

(3). 吊掛系統煞車制動裝置

吊掛系統之煞車制動方式爲了安全起見，一般設置採用機械式煞車(油壓式或氣壓式)和電動式電磁煞車兩種不同形式的煞車。水中棄艙求生訓練模擬器吊掛系統所需煞車功能包括三部分，位置移動之制動控制、垂降和吊起之制動控制以及艙體旋轉釋放和煞車停止。SSSL 公司採用氣壓式煞車和電動式電磁煞車，其控制管路有兩條，以確保吊掛荷重和旋轉控制煞車之安全，如圖 7 所示。

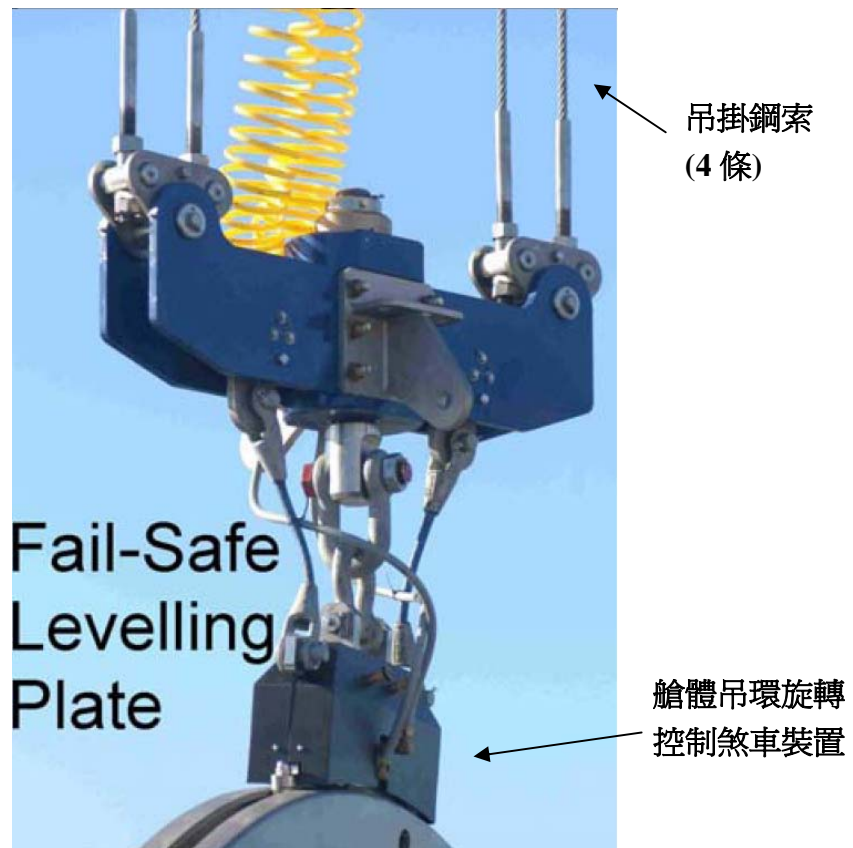


圖 7 懸臂式吊掛系統之吊環裝置

(4). 艙體吊環旋轉控制之操作限制

水中棄艙求生訓練模擬器係利用艙體重心和吊掛點垂線偏異關係，予以控制艙體滾轉角度和速率控制，因此當吊環煞車釋放時，艙體即開始旋轉，採用氣壓式刹車制動較為和緩。將艙體從水中吊出時，因艙體內充滿水，吊掛荷重最大，吊升速度不宜過快。艙體浮出水面時為扶正垂直位置，此時以艙體吊環煞車確認夾定穩當後，再將艙體吊離水面，整體過程所需時間約 10 秒。

(5). 由於艙體吊環表面經常有水分，因此煞車裝置需要較大的摩擦面積以確保煞車效果，根據 SSTL 公司分析報告，截至目前為止，尚未曾發生煞車打滑現象，顯示該公司之煞車片材質符合需求。

(6). 水中棄艙求生訓練模擬器升降高度限制

因爲艙體由空中釋放後撞及水面係模擬飛行器迫降下降速率，其速率不可過快($V_s \leq 4$ 呎/秒)，否則艙內乘員容易受傷，其設計落下高度約 3~5 呎，沉入水中深度約 6~7 呎。爲了安全，吊掛系統裝有可調節升降極限開關裝置，用來控制水中棄艙求生訓練模擬器升降高度的範圍。

5. 懸臂式吊掛系統緊急舉昇裝置

(1). 水中棄艙求生訓練模擬器吊掛系統緊急舉昇裝置設計安全考量

由於水中棄艙求生訓練時，在水下受訓人員僅有數十秒的時間可棄艙脫離，此時如有突發狀況發生，須將座艙模擬器和乘員吊出水面。因此單臂式吊掛系統除上述雙重動力馬達外，還備有充壓氣瓶做爲動力源，可在緊急或停電時帶動絞盤於 10 秒內將座艙安全的從水中吊出水面，如圖 8 所示。



圖 8 吊掛系統緊急舉昇裝置(充壓氣瓶式)

- (2). 由於空氣加壓裝置和儲氣槽為水下求生訓練之固有裝備，因此採用氣壓式煞車和充壓氣瓶裝置十分便利，實用且可節省成本。
- (3). 目前 SSTL 公司配合其水中棄艙求生訓練模擬器吊掛需求，所設計的懸臂式吊車和緊急舉昇裝置最大荷重為 12,000 磅。

6. 材料選用

(1). 水中棄艙求生訓練模擬器材料特性需求

由於水中棄艙求生訓練模擬器重複在水中浸泡使用，模擬器所用材料須具抗鏽蝕性，並須符合軍規高維護度及可靠度之需求，使用壽限不得低於 10 年。其常用材料為不鏽鋼(Stainless Steel Type 304, 18-8 Stainless Steel), 高分子塑化材料 (ABS Plastic, Lexan, Acetyl Plastic, High Density & Ultra High Molecular Polyethylene), 銅合金(Aluminum Bronze, Silicon Bronze), 以及航太級扣件。

其中不鏽鋼和銅合金主要是用來製造艙體吊環、框架和地板等主要結構，金屬件依照材料規範，以環氧底漆表面處理及抗雨蝕面漆塗層以避免腐蝕。高分子塑化材料因材料大都運用在艙體門板和內裝，本身材質穩定性高，基本上沒有腐蝕問題。設計時均已考量上述材料承受負載和耐久性之安全裕度，因此可完全滿足抗鏽蝕需求。

7. 結構和摩擦元件破損分析及測試。

(1). 水中棄艙求生訓練模擬器結構安全係數

水中棄艙求生訓練模擬器在研發設計時，必須考量各種負載條件，除執行結構分析外，並需經過結構測試驗證其強度以滿足設計需求。由於棄艙求生訓練模擬器重量和空間限制條件較一般飛機座艙限制寬鬆，因此設計之訓練模擬器結構安全係數為 3~5，大於一般飛行器結構安全係數 1.5。

- (2). 目前 SSTL 公司水中棄艙求生訓練模擬器已使用十餘年，所發現結構件的損傷只有門板扣件因未依規定上扭力磅數而造成壓痕，但其壓痕不影響結構安全。
- (3). 有關制動裝置中之摩擦輪、氣動式剎車片等摩擦元件，因為操作負荷不大，磨耗

輕微，僅需目視檢查和清潔即可維持正常運作。

- (4). SSTL 公司採購物料時，均要求廠商提供相關材料測試文件以確保物料品質。在研發期間如有測試需求，均以委外的方式執行。

8. 訓練水池

- (1). SSTL 公司廠區有訓練水池兩座(35 呎*50 呎*15 呎/4 呎)，作為基礎水中求生、水中棄艙水中求生及直昇機吊掛.....等求生訓練之用。
- (2). 訓練水池設有波浪特效，故其池岸頂點將與平靜水面約有 3 呎之落差，池邊設有排水溝，以防止湧浪外流到池外。
- (3). 訓練水池水溫約為 78°F，水溫過低人體容易失溫，影響學習效果。
- (4). 水溫靠加熱器維持，但由於該地秋冬平均溫度較低，訓練水池設有覆蓋水面裝置，不使用時以塑膠布覆蓋水面，可防止水氣揮發保持水溫。
- (5). 由於訓練水池內設有平台區(35 呎*15 呎*4 呎)水深僅 4 呎，可供人員集結站立休息以節省體力。
- (6). 訓練水池池內貼置淺藍白瓷磚以模擬海底水色，廠區大都維持混凝土原色以利維護。池邊部分地區鋪設防滑材質(PU)建材，但 SSTL 公司表示因水氣會滲入底部，容易剝離損壞。
- (7). SSTL 公司訓練水池場區如圖 9 所示。



圖 9 SSSL 公司訓練水池場區

9. 波浪產生器

(1). 模擬海浪之救生環境需求

因應模擬海浪之救生環境需求，訓練水池須加裝造浪裝置，產生浪頭高度達一公尺，以形成擬真求生訓練環境。

(2). 造浪裝置

一般造浪裝置如造浪球、造浪升降板、造浪牆等或瞬間放水方式產生波浪。若造浪裝置安排位置得當，利用水池尺寸、深度之駐波特性，使釋放之能量得以留在水池內而產生強大之浪頭，可獲得最佳造浪效果。造浪升降板和造浪球裝置如圖 10，圖 11 所示。

造浪升降板以電動馬達帶動連桿機構和造浪板產生波浪；造浪球則以繩索繫定於池底，用馬達帶動球體下沉的方式壓擠水面產生波浪。SSSL 公司係採用造浪球裝置，並於訓練水池池邊和池底部置基樁供造浪球綁樁藉以移動造浪位置。



圖 10 造浪升降板

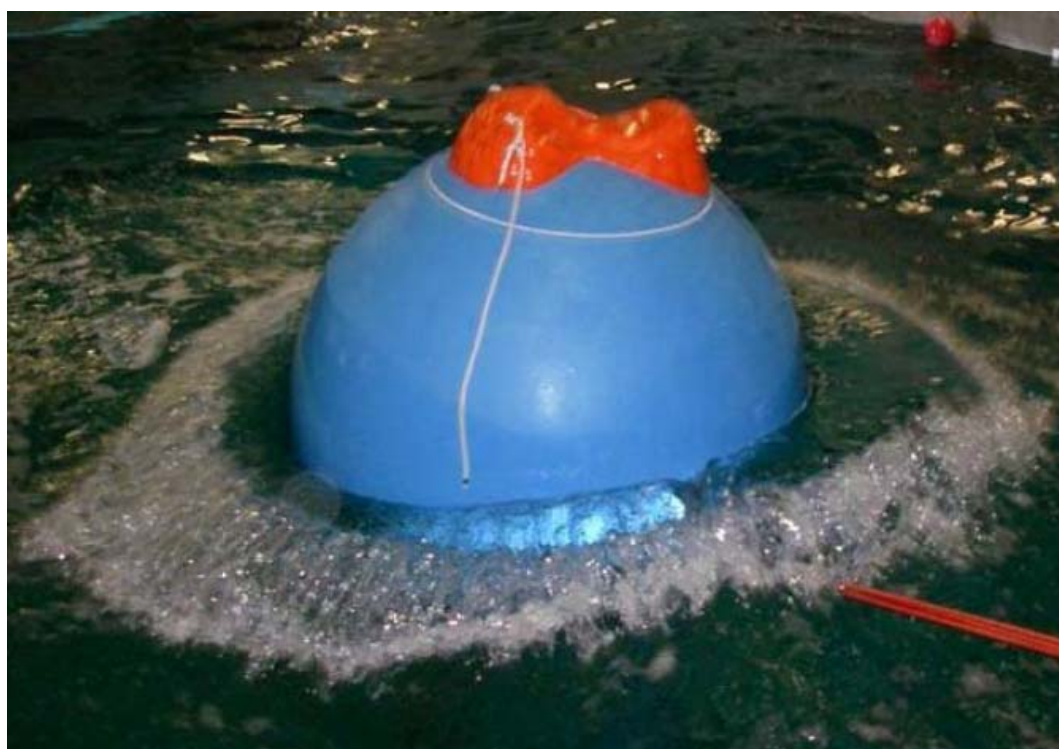


圖 11 造浪球

10. 水中棄艙求生訓練安全機制考量

訓練時針對人員安全機制之設計，包含下列安全措施：

(1). 水中戒護人員及通訊設備

於求生訓練時，訓練水池中須配置 2~3 名戒護人員，利用水中通訊設備與操控台人員聯繫和指示受困學員如何求生。當發生緊急狀況時，立即通知操控台人員停止艙體轉動，並實施緊急搶救工作。

(2). 安全帶備用快速釋放扣環

求生座艙內部之座椅安全帶另設計有可執行快速釋放的備用扣環設計，供水下潛水教官可迅速釋放此安全帶，讓學員安全求生。

(3). 緊急呼吸器

艙體內部於座椅附近明顯位置處，備有緊急呼吸器，可提供學員於受困時暫時呼吸用，除此之外，在艙體內備有氣瓶搭配呼吸管，以防人員長時間受困於水中使用。

(4). 緊急逃生門

除模擬該機型原本具備之求生門外，水中棄艙求生模擬器艙體後方具備鏤空逃生出入口，且艙壁具備可從外面由戒護人員快速開啓之緊急逃生門。

(5). 逃生出口照明裝置

各逃生訓練艙口均具備緊急照明裝置，可使訓練人員肉眼可明顯辨識出口方位。採用弱電供應照明設備，變壓器設置於吊車平台處，將電壓降為 12V，以外表絕緣包覆之電線連接照明設備，該照明設備通過防水標準測試。

(6). 水中監視器

水中於艙內及水池部份均設有水中監視器，教官可於操控台處監控水中訓練之情形，並於緊急時指示學員如何求生。

(7). 緊急控制開關

備有緊急控制開關，於十秒內可將艙體反正並停止艙體轉動，離開水面。當通訊設備、安全帶備用快速釋放扣環、緊急呼吸器、緊急逃生門均失效之情況下，壓下緊急控制開關，將整個艙體吊起至水面之上。

(8). 人員逃離艙體之安全機制

當遇上緊急情況時，人員需盡速脫離艙體時，可利用安全帶快速釋放扣環解開安全帶後，由艙體後方出口離開艙體，或利用可快速拆卸之緊急逃生出口(具備緊急照明)離開。若安全帶故障無法解開時，利用緊急呼吸器呼吸以待戒護人員施救，或利用吊車將艙體吊離水中。

(9). 漏電情況之安全機制

水中照明及攝影機採用低電壓及電流之裝備，避免對人體造成傷害外，水池中架設漏電斷路器，當偵測到漏電之情形發生時自動切斷電源。

11. 維修及保養實務經驗交流

- (1). 系統和裝備在設計之初即考量日後維修如：故障檢測和排除、維修拆裝、更換或故障修理是否容易等維護度需求，以節省大量的維修人力和費用，例如採取零件控制與標準化，以降低零件使用種類，並提高互換性/可靠度/維修度，並可減少備份件數量。
- (2). 由於訓練水池造成廠區內濕度高，裝備及訓練廠房設施均採用抗蝕性材料，以提高裝備於潮濕環境下之材質穩定性；並加設除濕空調設備，以保持廠區通風乾燥，延長電氣裝備壽命。
- (3). SSTL 公司重要裝備均採整合式控制面板和防呆裝置，以利人員操作和故障顯示。透過系統監控，某一機件或機具功能發生故障時，即可自動偵測並立即中止裝備運轉，維護人員和系統裝備安全。
- (4). 工作人員必須依照技令確實執行每日清潔保養、定期檢查和維護。當系統發生故障時，更要正確的執行偵錯與和故障排除，以避免造成危害和額外的損壞。
- (5). 由於吊掛系統和緊急舉昇裝置運轉速度並不快，煞車制動裝置操作正常的情況下，煞車元件不易耗損，目前並無維修問題。

12. 參考資料

SSTL 公司網頁產品說明資料。

四、與美國達梭系統模擬公司(Dassault Systemes Simulia)研討內容和心得如下：

1. Simulia 公司和產品現況簡介

Simulia 公司的前身為 Abaqus 軟體公司，於 2005 年 5 月，Abaqus 軟體公司為法國達梭集團購併，成立 Simulia 公司，共同開發新一代的分析模擬技術平台 SIMULIA，總部位於美國羅德島州普羅維登斯市布朗大學旁，總部 450 多名雇員中有 200 多人具有工程博士學位，100 多人具有碩士學位。在北美、歐洲、亞太地區等建有六個研發中心。

目前 SIMULIA 產品線包括以下三大類：

(1). 統一的有限元素分析技術(Unified FEA)--- Abaqus

Simulia 公司所發展非線性有限元素分析 **Abaqus** 自 1978 年問世以來，在全球工業界中，已被公認是一套解題能力強、分析結果可靠的有限元素分析軟體之一。其解決問題的範圍從相對簡單的線性分析到許多複雜的非線性問題。

Abaqus 包括一個豐富的、可模擬任意幾何形狀的元素庫。並擁有各種類型的材料模型庫，可以模擬典型工程材料的性能，其中包括金屬、橡膠、高分子材料、複合材料、鋼筋混凝土、可壓縮超彈性泡沫材料以及土壤和岩石等地質材料。作為通用的模擬工具，Abaqus 除了能解決大量結構(應力/位移)問題，還可以模擬其他工程領域的許多問題，例如熱傳導、品質擴散、熱電耦合分析、聲學分析、岩土力學分析及壓電材質分析。

Abaqus 主要功能如下

A. Abaqus/Standard(隱式求解器)

Abaqus/Standard 可以模擬大量的物理現象，例如除了應力/位移分析之外還有：熱傳導、質量擴散和聲學現象。不同物理現象間的相互作用，如熱固耦合、熱電耦合、壓電耦合和多種介質的流固耦合、聲固耦合等分析也能夠進行模擬。對於所有非線性分析，Abaqus/Standard 會自動調整收斂準則和時間步長來確保解的精確性。

B. Abaqus/Explicit(顯式求解器)

為模擬廣泛的動力學問題和準靜態問題提供精確、強大和高效的有限元素

求解技術。Abaqus/Explicit 適用於模擬高度非線性動力學和準靜態分析（可以考慮絕熱效應）、完全耦合瞬態溫度—位移分析、聲固耦合分析；還可以進行退火過程模擬，從而適用於多步驟成型模擬。

C. Abaqus 還包含一個全面支援求解器的圖形介面，即人機交互前後處理模組—Abaqus/CAE。Abaqus 對某些特殊問題還提供了專用模組來加以解決。

D. Abaqus for CATIA V5

Abaqus for CATIA V5 產品為使用者提供在 CATIA V5 的使用環境中，直接以 Abaqus 求解器進行非線性有限元素分析的功能。

E. Abaqus/CAE Simulayt 複合材料模組

Abaqus/CAE 複合材料模組提供了驗證通過的纖維模擬能力和先進的建模工具，擴充並增強了在複合材料疊層建模上的能力。此外，直接與 Simulayt 的鋪層流程整合，使得設計端以及製造端可以完美連結。

Abaqus Unified FEA 程式簡介如附件四。

(2). 多物理場分析技術(Multiphysics)

由於電腦運算能力增強，因此 Abaqus 得以模擬二重物理耦合現象，例如結構與熱傳、結構與聲學、壓電等問題求解，並可利用程式界面開放讓計算流體力學程式結合 Abaqus 以分析流體與結構交互作用，以及流體或材料大變型的問題。

(3). 分析模擬週期管理平台(Simulation Lifecycle Management)---SLM

SIMULIA SLM 為產品生命週期管理（PLM）操作產品 ENOVIA 構架下的達梭系統旗下的新產品，其主要功能如下：

A. 各方協同作業

SLM 建構一個中央協同式工作環境，提供多個團隊之間共用、共存設計資料和模擬資料，在這個環境中所有成員能夠瞭解到最新的知識財產權，同時特定專案相關的其他同事的工作進度也將顯示出來。

B. 模擬資料管理

協助企業決定哪些資料和流程應該正常管理而哪些資料和流程需要留作特別處理。功能包括、可追蹤和審查記錄、便利的書架式結構、控制和持續改進、備份和存檔、合作協同和流程自動化。

C. 整合和流程自動化

當模擬資料得到管理並且應用軟體整合到環境中去之後，公司就可以執行已驗證模擬流程的自動化操作。自動化的工作流程範本提供了一個給個人、團隊、系統傳遞資料的統一方法。

D. 決策支援

SLM 解決方案可以提供管理性能特徵以及將這些特徵與產品、工藝、模擬和工程目標相互聯繫的功能。通過它將工程目標、性能特徵以及支援論據等落實到負責做出關鍵產品或工藝設計決策的個人。

SIMULIA SLM 通過構架連接器與 SIMULIA 達梭、協力廠商或使用者的其它應用軟體協同工作。目前以 Abaqus 執行有限元素分析，CATIA 和 Nastran、HyperMesh、AcuSolve 和 STAR-CD 等的軟體廠商都提供連接器；這樣可以配置不同類型的模擬方案並且在 SIMULIA SLM 的環境中進行處理。

(4). 法國達梭系統公司(Dassault Systemes) 資訊整合目標

法國達梭系統公司(Dassault Systemes)經由購併整合各著名工程和管理應用程式，包括：3D 設計程式 SolidWork、CATIA，工程分析程式 SIMULIA/Abaqus FEA，生產製造程式 DELMIA，產品壽期管理協同作業程式 ENOVIA，實務經驗整合程式 3dvia 等；致力於各程式與系統之間的整合，以提昇產品研發、生產製造、銷售、維修以及客戶服務等階段之作業效率。同時建立單一資料庫作為企業內各部門、協力廠商以及客戶正確的資訊來源，強化全壽期管理協同作業。

(5). Abaqus 程式售後服務

Simulia 公司非常注重客戶使用其產品所遇到的問題和工作經驗，Karl D'Souza 先生說明客戶的意見由產品行銷部門彙整後，會立即交由工程部門研析解決方案，並納入程式改進的項目依優先序列管；如 Abaqus 程式平均每年改版兩次，因此持續簽署產品維護合約，可確保獲得完善的售後技術服務，以及程式最新功能。Simulia 公司並將程式使用相關的分析案例和技術文獻等資料，建置於網站上供客戶查詢參考。

2. 煞車異音和摩擦現象說明

(1). 剎車異音(Brake Squeal)

剎車異音(Brake Squeal)是剎車系統動態不穩定性或稱'共振'所造成的，而振動是由剎車時摩擦所引起的。當共振發生時，如果由摩擦所產生的能量持續進入剎車系統，振幅會繼續增大。剎車系統受到摩擦力的撞擊所產生的振動也可能變成不穩定。因為剎車系統構堅硬，自然頻率很高，在高振幅情況下會釋放人耳可聽到的音波，此即為剎車異音。

(2). 剎車系統接觸(摩擦撞擊)之型態分為三種

B. '附著-滑行'(Stick-slip)

這種現象大都由接觸面靜態與動態摩擦係數不同所引起的。附著與滑行持續的時間長短，以及摩擦力變化的形態因剎車系統而異。而靜態與動態摩擦係數也可能因一些外來因素，如溫度，滑行相對速度等的變化而改變。所產生的異音是低沈的咕嚕聲。水份或濕氣也會造成'貼-滑'現象，因為水份的表面張力必須先克服才能開始滑動，所以在開始滑動時摩擦係數會因為濕度而增加。其他如顆粒，碎片也會造成類似'貼-滑'的現象。

C. 凹凸不平的接觸面

接觸面在放大鏡下是粗糙的。當滑行時兩接觸面凹凸之處會互相碰撞，造成寬頻刺擊。由此引起的振動頻率是由接觸面粗糙程度及材料物理性質來決定，接觸面越平滑振動頻率越高。接觸面粗糙程度決定'接觸勁度 (contact stiffness)'，接觸面越光滑，'接觸勁度'越高，實驗證明接觸面越光滑，基本振動頻率也越高。

D. 接觸面不均勻

造成不均勻的原因可能是接觸表面不吻合，剎車片因振動而變形，或是夾在兩接觸面之間的硬顆粒。上述情形皆可能導至局部性的衝擊力。

上述每種撞擊方式都可能是導至異音的因素之一。

(3). 影響異音的重要參數彙整如下：

A. 振動阻尼係數(vibration damping coefficient) – 這是衡量振動體內在具有的阻力

係數，其所產生阻力與速度成正比。振動阻尼係數對異音的影響非常顯著，雖然一般認為增加剎車片振動阻尼係數會減少異音，但有時會得到不同的結論，因此有必要研究剎車片的振動阻尼係數與堅硬度及彈性係數的交互關係。

- B. 摩擦係數 (μ) – 一般而言， μ 愈高，產生異音的機率也愈大。需要注意的是 μ 可能會因週圍環境而變化，譬如說，清晨溫度低濕度高，有些剎車片的 μ 值會增加而因此產生短暫的異音。
- C. 堅硬度 (stiffness) – 如果剎車片的堅硬度如果恰好是一定的範圍內，則異音發生的可能性會降至最低。堅硬度主要由摩擦材料的彈性係數來決定。
- D. 彈性係數 (Elastic Constant) – 根據分析結果，剎車異音對剎車片彈性係數這因素的很敏感，稍微變更一下彈性係數就可能促成異音的發生與消失。
- E. 摩擦係數如果隨著速度的增加而降低 (negative damping)，則異音發生的可能性會因而提高。
- F. 接觸硬度 (contact stiffness) 與異音頻率有很密切的關係，如能控制接觸硬度在一定範圍內，則異音不會發生。接觸面愈光滑，則接觸硬度愈大，頻率也愈高。當然接觸硬度也會受其他因素影響，如薄膜，老化，碎片，小顆粒，濕氣等。
- G. 接觸壓力分佈不均勻也會影響異音的發生。

3. 煞車振動異音分析

(1). 碟式剎車基本構造

一般汽車碟式剎車主要結構由剎車碟片、卡鉗、活塞、來令片和組合螺栓、螺帽等構成，詳如圖 12；剎車內部構造示意圖如圖 13。

進行剎車系統振動異音分析時，須根據系統細部尺寸規格，建立有限元素分析模型。



碟式剎車組合作件



卡鉗



剎車碟片



剎車來令片



剎車活塞、螺栓等零件

圖 12 汽車碟型剎車組合作件

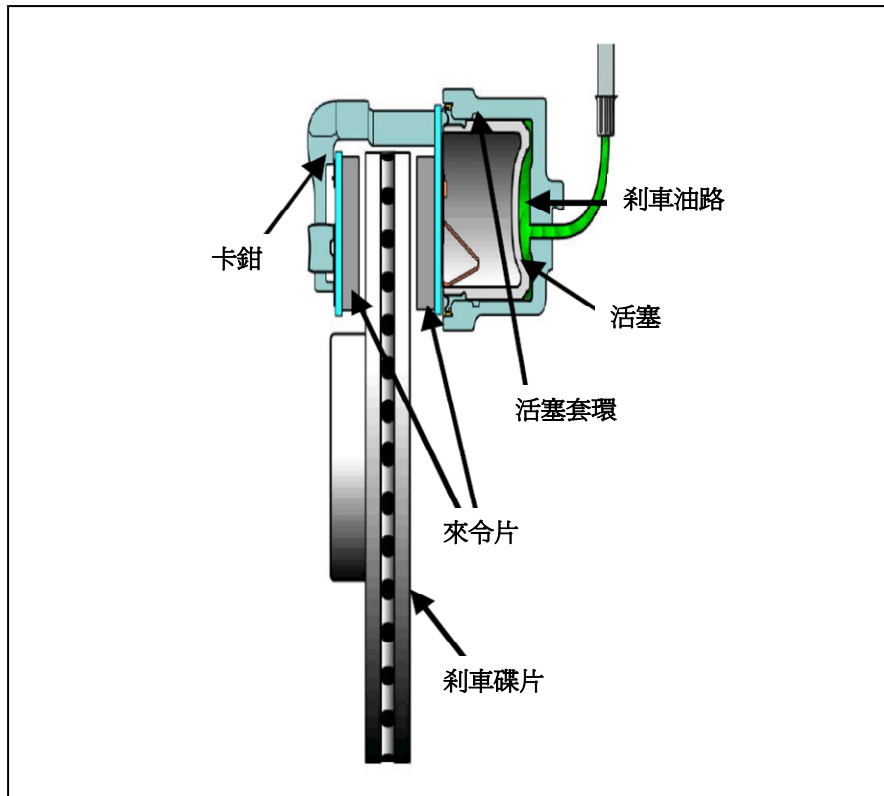
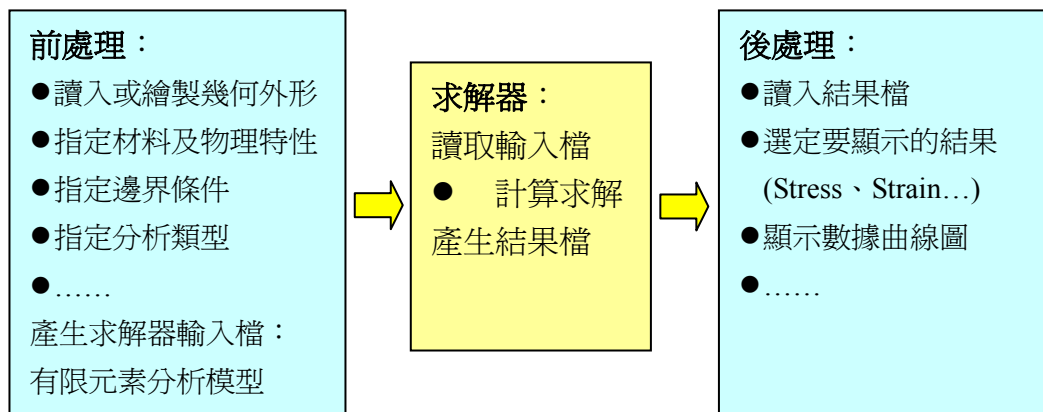


圖 13 碟式剎車內部構造示意圖

(2). 有限元素分析流程



(3). 碟式剎車有限元素分析模型

建立有限元素分析模型，必須由電腦繪圖開始，逐一建立各零件 3D 幾何外形，將各零件加以網格分割(Mesh)後再連接成爲結構組合作，兩個相互連接之零件必須考慮介面結合條件和網格匹配性。當完成煞車系統幾何定義後，還須輸入零件材料特性、邊界定義和負載條件等，以進行分析。碟型剎車組合作

有限元素分析模型範例如圖 14。

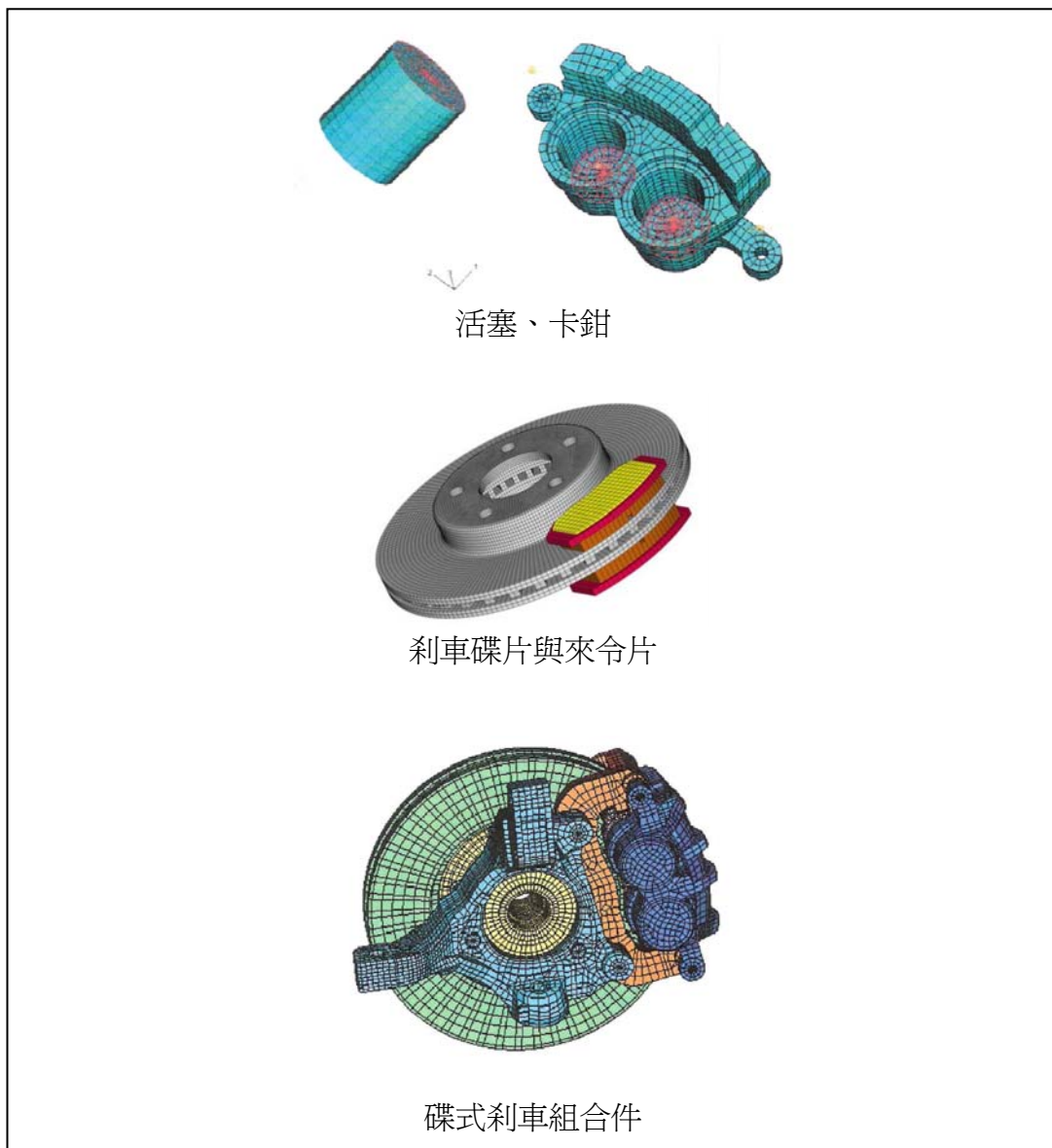


圖 14 碟型剎車組合件有限元素分析模型

(4). 煞車振動異音分析求解基本理論

煞車系統發出異音係由於剎車時，來令片接觸剎車碟片，因摩擦導致該煞車系統動態不穩定之現象，一般求解有兩種方法，其一為暫態法 transient analysis，以疊代方式求解，但需要繁複的運算。許多學者採用複數模態法 complex mode analysis，公式如下

$$(\lambda^2 [M] + \lambda [C] + [K])\{\Phi\} = 0$$

其中[M]為質量矩陣，[C]為阻尼矩陣，[K]為勁度矩陣， λ 為特徵值， $\{\Phi\}$

為特徵向量。

藉由定義剎車片壓力、剎車碟片轉速、以及改變摩擦係數(0~0.4)等參數，以達到穩定狀態(steady-state)的剎車條件，剎車溫度效應則藉由改變摩擦係數來反映；再經由求解得到特徵值，獲得煞車系統的碟片自然頻率和振動模態。同時可獲得接觸面節點速度差量(tangential velocity differential)。

以上述狀態之特徵模態(eigenmodes)進行複數模態分析，可求解得出複數特徵值(Complex eigenvalues)和異音傾向係數(squeal propensity)。經由剎車試驗數據比對，可得知異音傾向係數(squeal propensity)數值愈高者，發生煞車異音的可能性愈大。

如果使用幾何非線性模組分析，可計算預負載(Preload)和摩擦阻尼對特徵值的影響。

(5). 煞車振動異音分析結果

Abaqus 分析程式可根據煞車系統結構幾何外型、組裝預負載、煞車碟片和來令片接觸壓力分佈、與材料、速度、溫度、壓力相關之摩擦係數、摩擦阻尼以及來令片磨耗等參數變化，進行煞車振動異音分析。

Abaqus 振動異音分析程序如下：

Step 1：組裝螺栓預力和彈簧片干涉分析，求取剎車碟片應力分佈和剎車來令片壓力分佈。

Step 2：建立剎車碟片和煞車來令片接觸關係

Step 3：建立穩定的轉動狀態

Step 4：解出實數特徵值和模態

Step 5：解出複數特徵值和模態

Abaqus 分析結果如下：

A. 車輪煞車碟片組裝螺栓預力 2KN，螺栓孔應力分佈如圖 15。

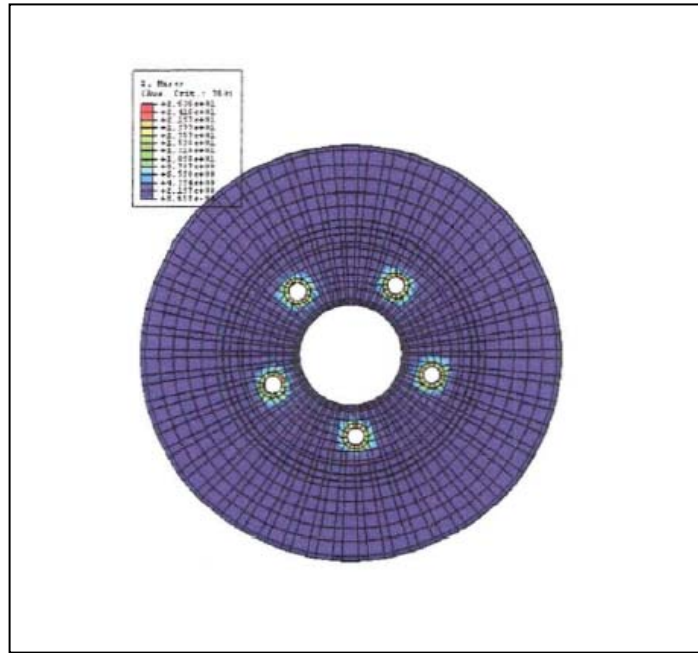


圖 15 車輪煞車碟片組裝螺栓孔應力分佈

B. 於分析 Step 2，靜止時，煞車系統經由卡鉗活塞施加於來令片之壓力分佈如圖 16 和圖 17。紅色部份為高壓力區，外側來令片高壓力區集中在卡鉗外端，內側來令片高應力區則為活塞施力作用區域。

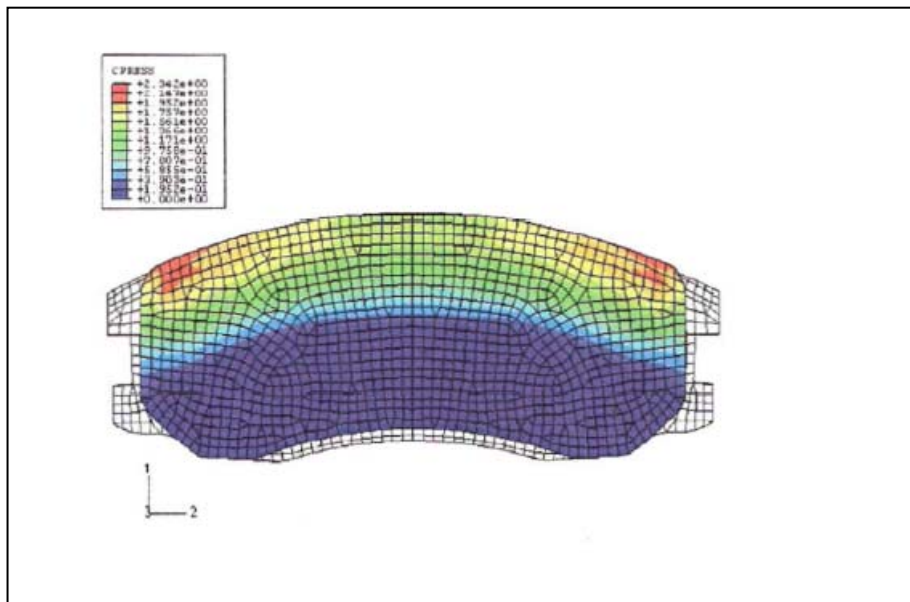


圖 16 Step 2 外側來令片之壓力分佈

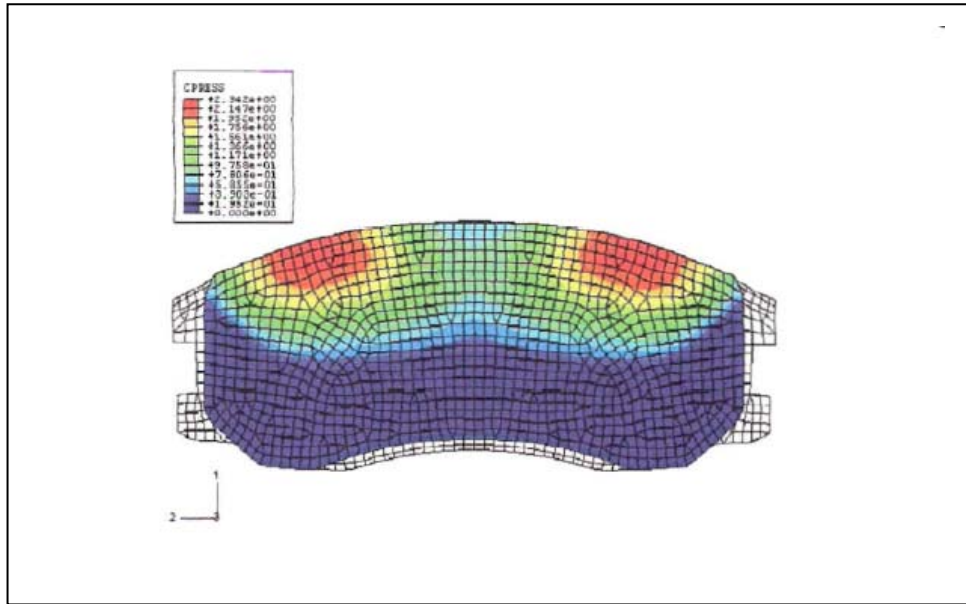


圖 17 Step 2 內側來令片之壓力分佈

- C. 於分析 Step 3，穩定的轉動狀態時，煞車剎車系統經由卡鉗活塞施加於來令片之壓力分佈如圖 18 和圖 19。外側來令片高壓力區位於煞車碟片順時鐘方向轉動與來令片接觸之相交點；內側來令片高壓力區位置沒有改變。

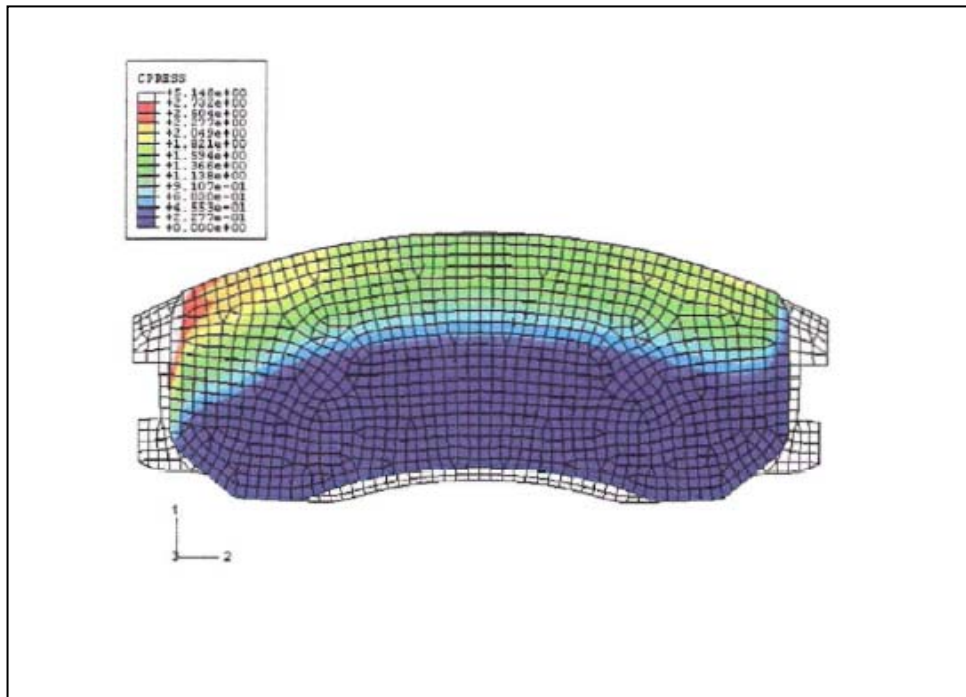


圖 18 Step 3 外側來令片之壓力分佈

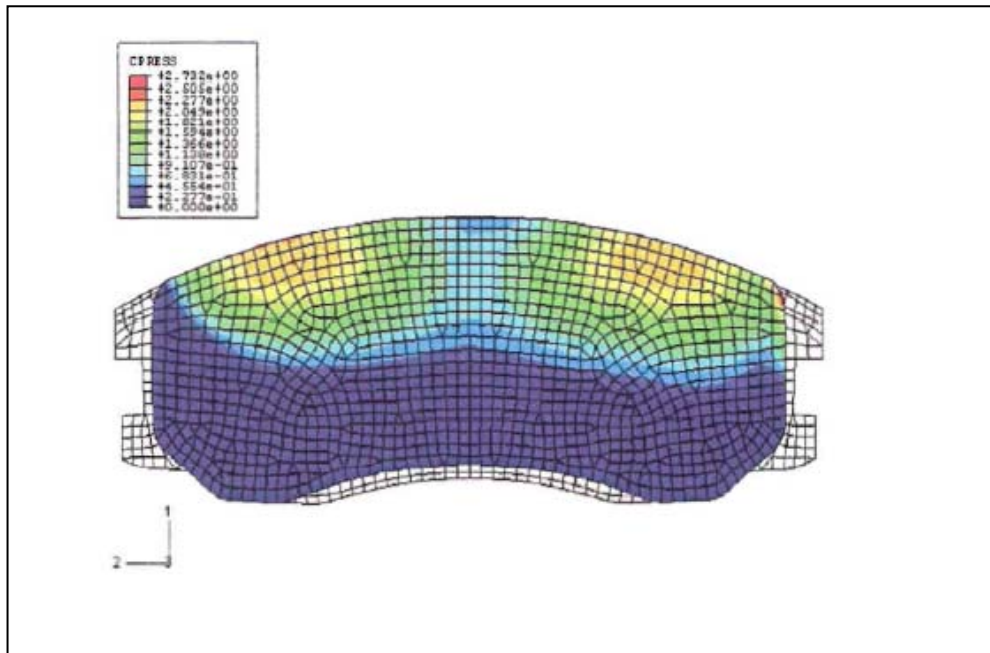


圖 19 Step 3 內側來令片之壓力分佈

- D. 當設定剎車時卡鉗活塞施加壓力為 1.5MPa，摩擦係數為 0.4，經由複數特徵值求解後，其實數(Real parts)預測異音模式如圖 20 所示，並經由試驗證實異音模式會在 2.2~2.4kHz 和 6.6~6.7kHz 區間發生。

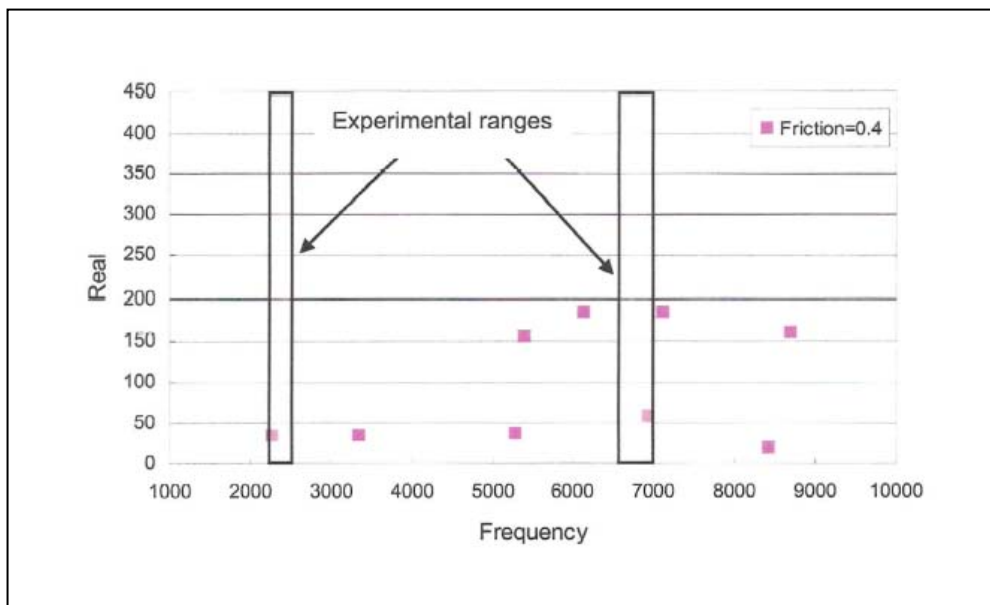


圖 20 預測異音模式於 2.2kHz 和 6.9kHz

- E. 經由試驗驗證異音模式發生於 2.1 kHz，轉速 18 rpm，其煞車碟片振動模態

與分析結果十分類似，如圖 21 所示。

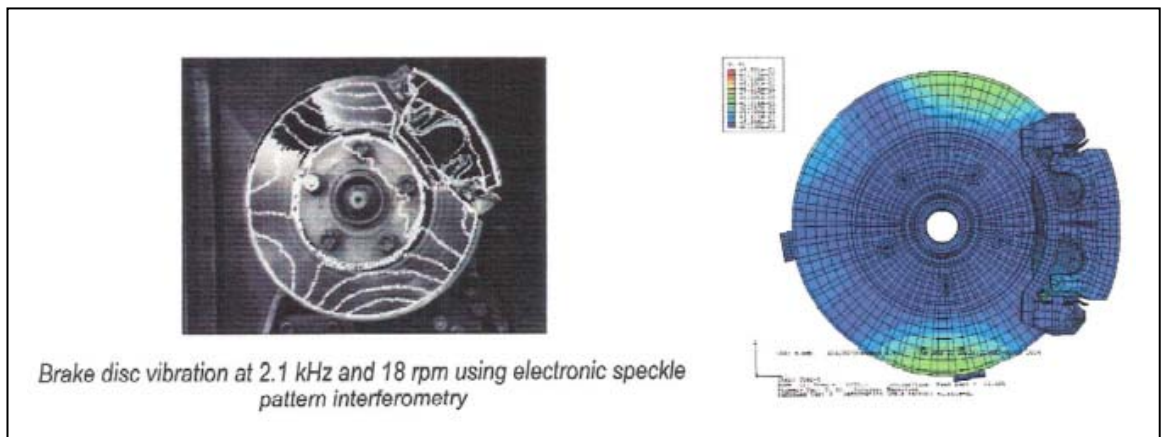


圖 21 煞車碟片於 2.1 kHz，轉速 18 rpm 之振動模態

F. 高頻率異音模式係由碟片徑向運動所決定，經由轉換圓柱座標顯示於 2.2 kHz 和 6.9 kHz 之碟片模態，如圖 22 所示。

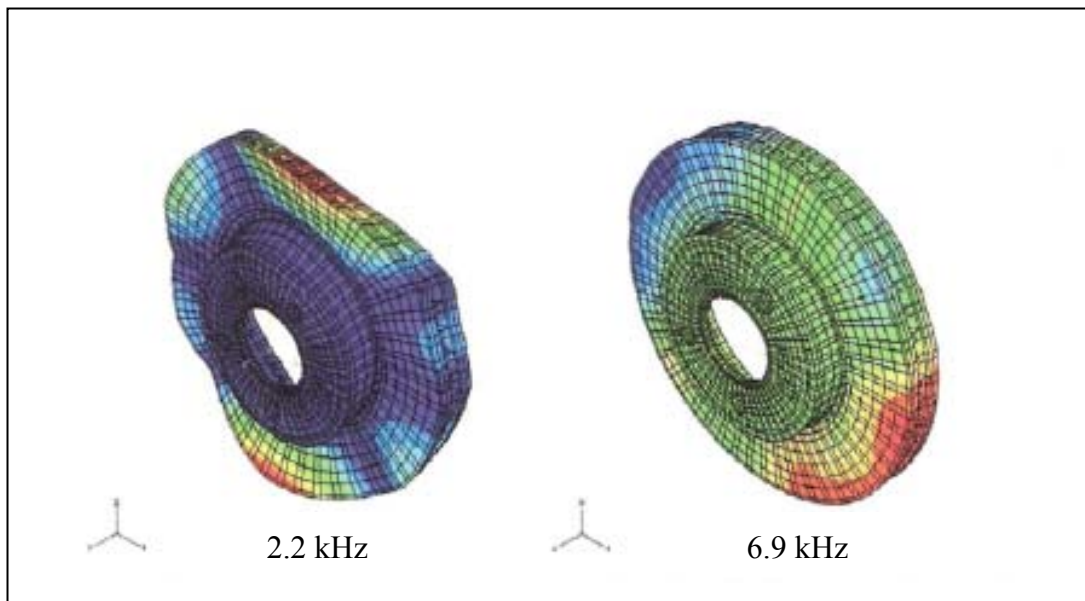


圖 22 高頻異音模式於 2.2 kHz 和 6.9 kHz 之碟片模態

4. 煞車系統熱傳導分析

由於煞車時經由煞車系統碟片和來令片、輪胎與地面的摩擦，將車輛的動能轉換產生為熱能、磨耗、振動及噪音，其中最主要的為熱能。剎車熱能經由車輪碟片和剎車組件傳遞到鄰近組件並發散到大氣中，熱傳導路徑如圖 23。

煞車組件必須儘速散熱，否則將嚴重影響剎車系統效能，造成危險。散熱不良影響煞車系統項目如下：

- A. 來令片老化失效
- B. 加速來令片的磨耗
- C. 造成剎車油沸騰
- D. 剎車組件密封功能降低
- E. 剎車碟片強度降低
- F. 剎車碟片因熱變形或產生裂紋

剎車碟片是主要散熱元件，藉由增加剎車碟片內部通風孔道可增加煞車碟片與大氣接觸的散熱面積，並引導氣流提升散熱效果，如圖 24 所示

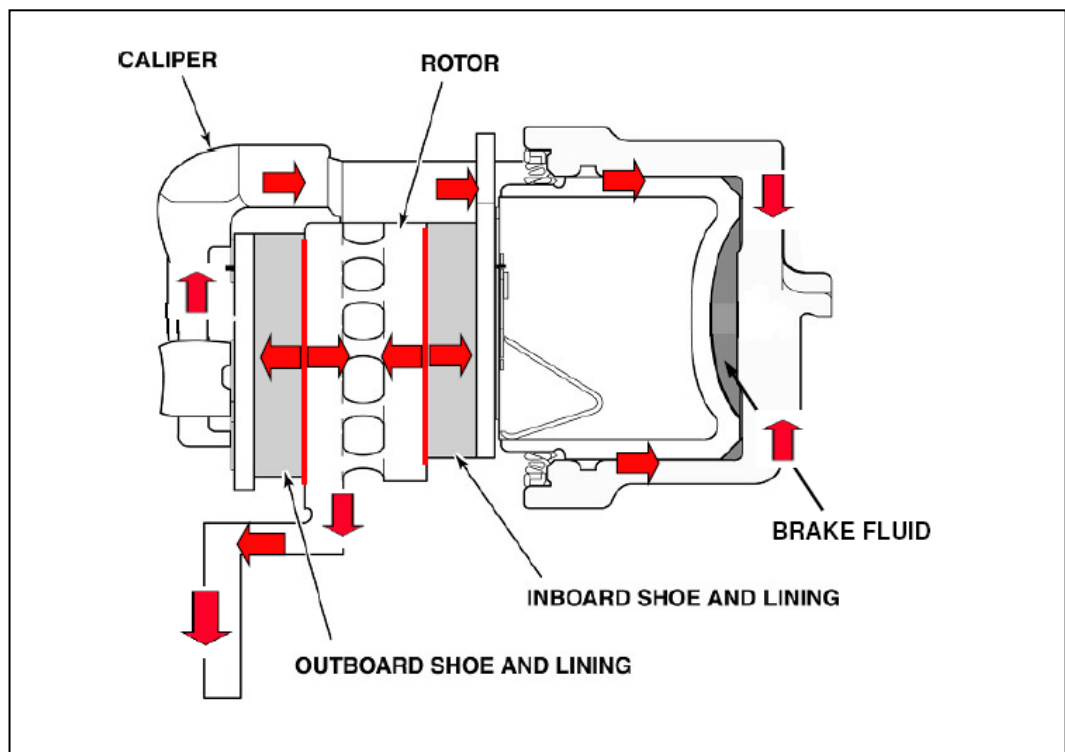


圖 23 碟式剎車熱傳導路徑示意圖

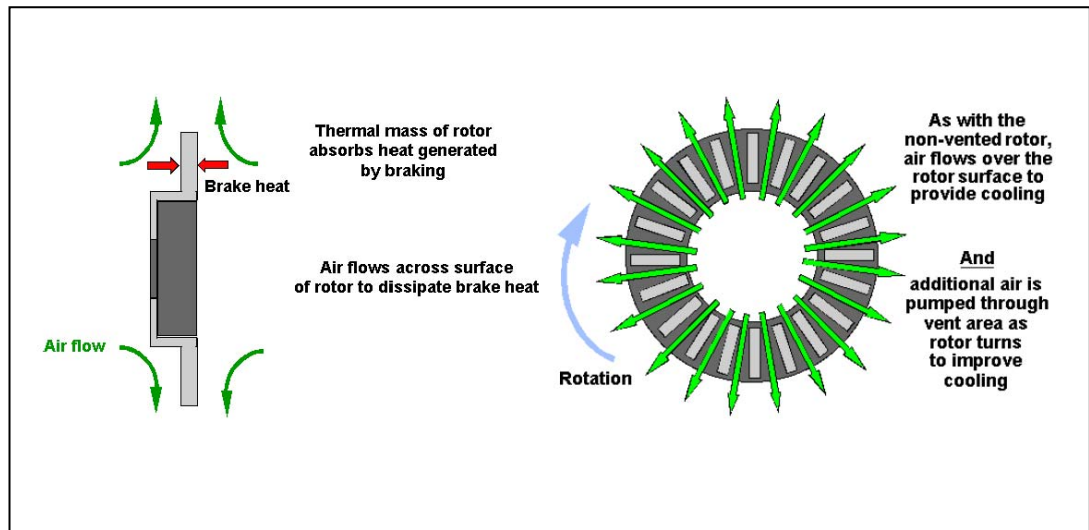


圖 24 具通風孔道之碟式剎車散熱氣流方向

Abaqus 熱傳導分析程序如下：

Step 1：採用 Heat Transfer 元素建立有限元素分析模型

Step 2：輸入各元件熱傳(Thermal)和機械性質

- 隨溫度變動的熱傳導率(conductivity)
- 比熱(Specific heat)
- Inelastic heat fraction
- 密度(Density)
- 彈性係數(Modulus of elasticity)
- 浦松比(Poisson's ratio) = 0.33
- 熱膨脹係數(Coefficient of thermal expansion)
- 隨溫度變動的塑性性質

Step 3：建立熱傳遞(heat transfer)的程序

- 描述說明(Description): Thermal analysis
- 整個分析時間(Total time period)
- 時間增量之最大數量(Max. number of increments allowed)
- 初始增量值(Initial increment size) = 1

- 停止分析步之最小溫度變動率 = 0.5
- 每個增量中所允許之最大溫度變動率= 10

Step 4：加上煞車碟片對流的邊界條件

Step 5：設定初始狀態後，輸入求解

Step 6：解出溫度後，熱傳分析模型可轉換為應力分析模型

Step 7：計算出受力變形資料後，再帶入上述溫度數據重新分析

Step 8：在 ABAQUS/Explicit 中將熱與應力分析偶合在一起，求得最後結果

此部份 Simulia 公司僅說明分析程序，並未提供案例。

5. 煞車防滑設計與分析

當車輛煞車時因輪胎與地面發生滑動而喪失抓地力時，將無法有效控制車輛行動方向，因此有防鎖死剎車系統(ABS Anti-lock Braking System)，其工作原理是，依靠裝在各車輪上的輪速感測器，以及車上的車速傳感器，通過計算機控制。當緊急煞車制動時，一旦發現某個車輪鎖死，計算機立即指令壓力調節器使該車輪制動分泵洩壓，使車輪恢復轉動，為鎖死-放鬆-鎖死-放鬆的循環過程，使車輪處於臨界鎖死的間隙滾動狀態。以人類最大極限只能踩剎車踏板 2~4 次/秒，而 ABS 系統能夠達到 50 次/秒，在車輛高速行駛緊急煞車提供作用，效果顯著。

在模擬分析時，則以煞車油路傳遞的油壓，轉換為活塞壓力循環，作用於剎車系統內部結構和車輪剎車碟片。藉由疊代法可獲得 ABS 剎車過程剎車系統的動態反應。

此部份 Simulia 公司僅說明分析程序，並未提供案例。

6. 摩擦材料資料庫之建立

Abaqus 程式材料資料庫提供了超過 600 種以上的材料模型，能夠為 Abaqus 的各種材料模型創建資料，並提供工具以確定實驗資料正確性。另外還提供了用戶二次開發功能，用戶可以使用 Fortran 和 C++ 語言編寫各種新的材料模型以描述各種新材料的機械性能、熱性能和電性能。例如上述煞車摩擦係數隨著不同的材料、速度、

溫度、壓力而有所變化，使用者經由試驗測試獲得對應數據後，輸入材料資料庫，供分析使用。

7. 煞車異音及振動抑制實務經驗。

剎車異音研究分為三個領域：摩擦撞擊力，剎車系統反應，以及異音的發生。

- (1). 有關摩擦引起的撞擊力之特性，理論較少，大都靠試驗觀察和量測獲得剎車壓力、接觸面積、材料摩擦係數、溫度、摩耗等各種參數變化數值。
- (2). 有關結構體振動，包括自然振動頻率與相關模態，以及共振現象；則以分析程式求解，並輔以試驗量測結果修正有限元素分析模型，以提高分析結果的準確性。
- (3). 有關摩擦力，剎車系統共振現象與異音頻率及音色的互相連間關係，則須經過長時間於煞車系統研發和測試所累積之實務經驗，才能就各型車種之煞車系統，逐一分析各煞車元件在異音問題中所造成的影響，當確認分析模式的正確性後，分析所得結果才可做為改進剎車系統設計及製造的參考。
- (4). 世界各大車廠和剎車系統製造商因為使用 Abaqus 程式，與 Simulia 公司有相當良好的互動關係，並藉由技術服務和合作發表論文，亦累積相當多的剎車異音分析資料可供參考，Simulia 公司並提供摩擦阻尼相關論文如附件五。

8. 本組設計、分析程式運用現況

本組現有設計程式為 SolidWork 和 CATIA，分析程式為 MSC NASTRAN、IDEAS、PATRAN、ANASYS、COSMOS 等，已為本組設計、分析人員長久以來所熟悉運用。

執行分析工作時，建立有限元素分析模型一向是工程人員最花時間的工作，過去由設計者使用 CATIA 程式電腦繪圖開始，逐一建立各零件 3D 幾何外形；再透過介面程式 IDEAS，將資料加以網格分割處理後，轉換為分析程式 MSC NASTRAN 所能接受之格式，才能進行後續的分析工作；分析結果再經過 PASTRAN 處理，以利工程人員研判，分析流程較複雜。

如果用 SolidWork 程式建立 3D 幾何外形，便可用其搭配 COSMOS 分析模組進行分析，但是無法處理多曲面的幾何外形，而 COSMOS 僅有線性靜力分析功能。因

此本組以 SolidWork 搭配 COSMOS 進行簡易型結構設計與分析，以 CATIA 搭配 IDEAS 和 MSC NASTRAN 進行較複雜結構組合件的設計與分析。

過去於航發中心時，曾經引進 Abaqus 程式，利用其非線性模組進行金屬鍛造模流分析，目前本所和漢翔公司均無單位使用 Abaqus 程式進行結構分析工作。有鑒於 SolidWork、CATIA、Abaqus 均屬於達梭系統公司產品，各程式之間整合度高，未來如有需求，可考量引進 Abaqus 程式作為結構分析工具。

9. 參考資料

Simulia 公司網頁產品說明資料。

肆、建議事項

- 一、剎車系統運作時屬於動態行為，並伴隨接觸摩擦、振動、散熱、異音等複雜問題；在未得獲煞車系統研發和測試相關資訊情況下，國內若要自行重新建立，十分不易。本計畫於 96 年度曾舉辦兩次研討會，邀請國外專家和學者主講，以協助推動國內高性能剎車元件技術之發展。目前國內業界已成立「輕量化剎車模組研發聯盟」，建議未來朝技術深耕、建立自主研發能量時，仍應結合學術研究單位，持續邀請國外專家回國指導，並藉由著名的軟體公司提供相關工程技術諮詢服務，以達事半功倍之效。
- 二、本次參訪 SSTL 公司所蒐集的水中棄艙求生訓練模擬器、廠房設施裝備和飛機水面迫降求生教官訓練課程規劃等資訊，以及加拿大對空勤人員水中求生訓練的要求，值得提供國內求生訓練相關單位研究參考。
- 三、本組過去採購軟體程式受限於經費，以買斷方式辦理購案，因此無法持續更新程式功能。此外，配合各程式資料需求，仍需耗費相當多的人力，進行產品研發過程相關資訊的轉換和整合。在各軟體程式公司不斷的開發精進下，上述程式功能持續增加。後續若有專案新增需求，建議重新評估市面上各程式功能，檢討是否採用同一家公司產品，避免資料需要介面轉換，以加速設計和分析作業流程；並藉此建立單一的产品壽期資料庫，以利產品整體後勤支援和售後服務。

附件

附件一： SSTL 公司簡介

附件二： 飛機水面迫降求生教官訓練課程

附件三： 水中棄艙求生訓練模擬器 Model 40 規格

附件四： Abaqus Unified FEA 程式簡介

附件五： Simulia 公司 Abaqus 摩擦阻尼相關論文