

# 模擬碰撞技術-『台車』大哥大

財團法人車輛研究測試中心 許永明

## 一、前言

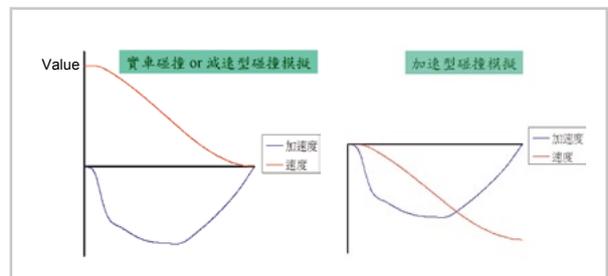
為提升車輛結構與防護裝備的安全性能，採用實車碰撞測試進行驗證實為最直接與有效之測試分析方法，但因車用零件種類繁多，若開發階段動輒使用碰撞測試進行產品驗證，則耗費龐大。因而發展出台車模擬碰撞技術，透過實車碰撞測試技術之簡化，不考慮因碰撞所產生的結構破壞效應，而僅針對碰撞所產生之慣性加速度進行模擬。此技術大量地使用於如汽車座椅、安全帶、空氣囊、及兒童安全座椅等進行驗證測試。除此之外，隨著車輛工藝朝向多元化與人性化發展，車用電子產品，如筆記型電腦、手機及PDA等數位產品，甚至DVD等影音視聽設備也經常使用模擬碰撞設備進行性能驗證。本文主要即針對可應用範圍相當廣泛的台車模擬碰撞技術及原理作一概略介紹與說明。

## 二、台車模擬碰撞技術基本原理介紹與應用

台車模擬碰撞技術主要可分為減速型與加速型兩種模擬方法—由圖1可以看出此兩種測試方法主要差異在作用方向與實車碰撞之分別。至於實車碰撞與模擬碰撞加速度與速度方向之比較，則如圖2所示。



▲ 圖1. 模擬碰撞系統之分類



▲ 圖2. 實車與模擬碰撞系統之加速度與速度方向比較

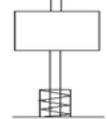
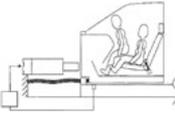
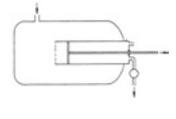
減速型系統之加速度及速度方向與實車碰撞方向相同，其運作原理主要先將測試台車加速至定速，再透過減速裝置作動使台車減速產出目標波形。常見的減速型設備若以驅動方式不同作區分，則可分為：重錘(Dropping mass)、彈性繩(Bungee cords)、以及氣壓式(Pneumatic)等，其構造與外觀上的差異如表1所示，其主要差別在速度控制的難易度有所不同。若以台車減速裝置之波形控制方



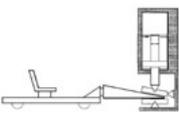
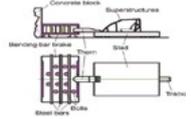
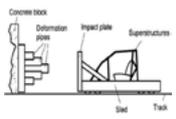
# 專 題 報 導

式分類，則可分為液壓式(hydraulic)、彎桿(bending bar)、以及其他各式減速管(crush tube)等，表2為其構造及外觀之分類。液壓式乃以伺服液壓控制台車減速過程之加速度；彎桿則是靠金屬管因台車撞擊擠壓變形吸收能量來控制加速度；至於減速管則是利用管狀材料因台車撞擊而破裂變形，其吸收能量以達到加速度波形控制之目的。

▼ 表1. 不同減速型系統之比較(一)

	重錘(Dropping mass)	彈性繩(Bungee cords)	氣壓式(Pneumatic)
系統			
外觀			

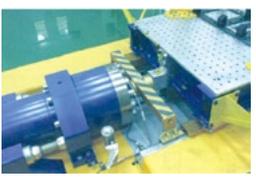
▼ 表2. 不同減速型系統之比較(二)

	液壓式(Hydraulic)	彎桿(Bending bar)	減速管(Crush tube)
系統			
外觀			

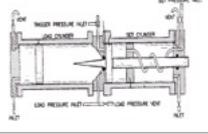
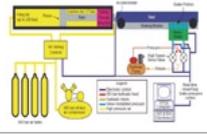
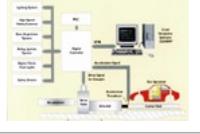
加速型系統之加速度方向與實車碰撞相同而速度方向則為相反，其運作原理則是先將台車固定於一處後，增加台車之勢能達到定值後，便瞬間放開台車後，再使用不同方式作用產生目標波形。若將加速型設備以驅動方式不同作區分，則可分為：氣壓驅動(Pneumatic)與液壓驅動(Hydraulic)兩種方

式，如表3所示。若以波形控制不同，則可區分為流量銷(Pin-orifice)、伺服煞車(Servo-Brake)及伺服液壓(Servo-Hydraulic)等，如表4。流量銷係透過金屬銷之截面積改變進行波形控制；伺服煞車則是以煞車吸收能量產生波形；至於伺服液壓系統則是靠控制液壓壓力變化產生波形。一般來說，加速型設備在複雜加速度波形控制能力上，較減速型設備佳，也更易於應用在產品開發的研究測試，所以ARTC目前台車模擬碰撞設備均是以加速型設備為主。

▼ 表3. 不同加速型系統之比較(一)

	氣壓式(Pneumatic)	液壓式(Hydraulic)
外觀		

▼ 表4. 不同加速型系統之比較(二)

	流量銷(Pin-orifice)	伺服煞車(Servo-brake)	伺服液壓(Servo-Hydraulic)
系統			
外觀			

台車模擬碰撞技術應用範圍可涵蓋各種不同領域：除汽車座椅、安全帶、空氣囊、車用電子產品及兒童安全座椅等之外，還包括民航機機艙座椅測試車殼前傾與側面碰撞等研究領域、以及直昇機座

椅與輪椅測試亦為台車模擬碰撞技術之應用實例之一，如圖3所示。甚至任何需驗證結構強度或動態性能之物品皆可利用台車模擬碰撞技術進行測試，因此可以瞭解到模擬碰撞設備本身相關應用範圍並非侷限於車輛相關產業。

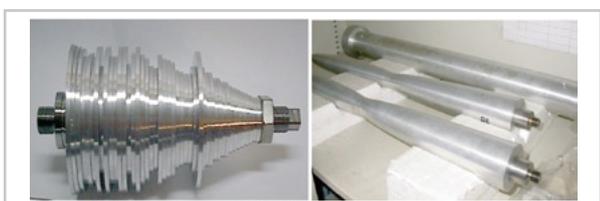


▲ 圖3. 模擬碰撞技術多項應用

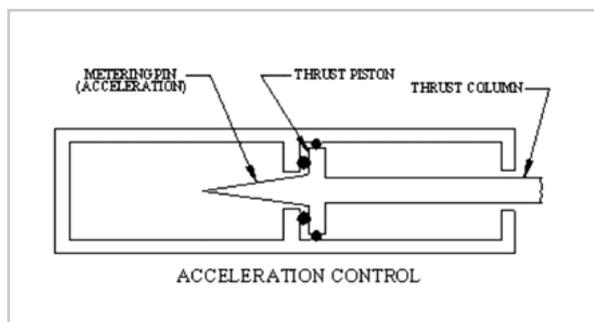
### 三、ARTC之台車模擬碰撞設備能量與檢測流程

#### (一) ARTC之台車模擬碰撞設備能量

ARTC現有之加速型設備有CVC 6-inch HYGE與SESA ServoSled試驗機兩種。其運作原理均利用氣壓缸內空氣壓力所產生之推力，再將台車由靜止狀態加速推出。主要差異之處在於加速過程中產生波形的方式有所不同。CVC 6-inch HYGE加速度波形產生方式係使用波形銷(metering pin)，如圖4所示，利用流量銷之直徑變化控制前、後端汽缸之空氣流量時使推桿之加速度隨之產生變化，得到所需之加速度目標波形，如圖5。但由於本系統所產生之加速度波形固定，較難改變，因此使用範圍主要於條件固定之法規測試。

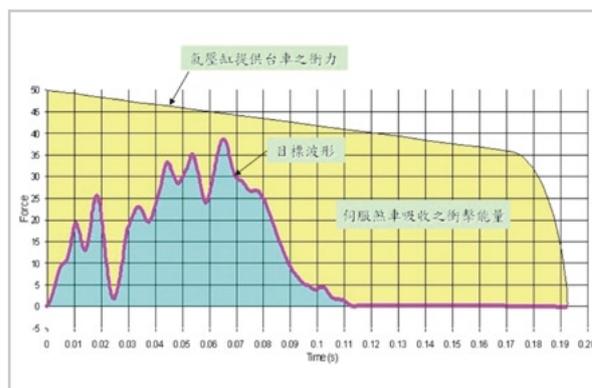


▲ 圖4. 流量銷外觀



▲ 圖5. CVC 6-inch HYGE波形產生原理

而SESA ServoSled則使用伺服液壓煞車系統控制台車加速度波形，藉由伺服煞車吸收氣壓缸所提供台車之推力調整加速度波形，其原理如圖6。黃色與藍色區域為氣壓缸提供台車之總衝擊能量；黃色區域為伺服煞車所吸收；紅線下方之藍色區塊即為目標波形。由於本系統具有推力大，作動行程長，頻率響應高之優點，因此，使用範圍也較為廣泛。而表5即為CVC 6-inch HYGE與SESA ServoSled試驗機此兩種設備規格之差異比較。



▲ 圖6. SESA ServoSled波形產生原理

▼ 表5. ARTC現有台車模擬碰撞設備之比較

	CVC 6-inch HYGE	SESA ServoSled
最大推力	180 kN	1,400 kN
作用行程	2 ft	1,700 mm
最大速度	56 kph (150 kg負載)	85 kph



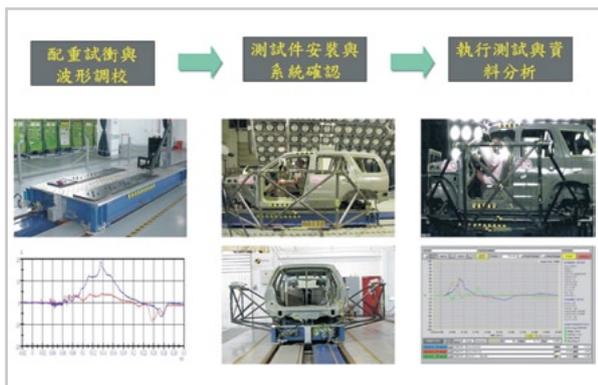
# 專 題 報 導

最大加速度	30 g (150 kg負載)	80 g
最大荷重	450 kg	3,000 kg
最大能量	-	424,000 N-m
最大脈衝	-	8 g/ms
頻率響應	-	250 Hz
台車尺寸	0.76 m (W) × 1.07 m (L)	3.5 m (L) × 1.5 m (W)

## (二) 台車模擬碰撞測試流程

台車模擬碰撞測試流程工作主要可概分為三階段：

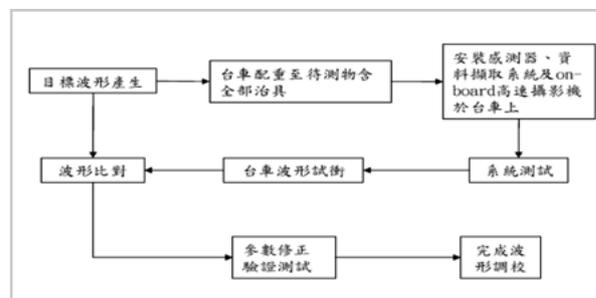
1. 配重試衝與波形調校。
2. 測試件安裝與系統確認。
3. 執行測試與資料分析等。



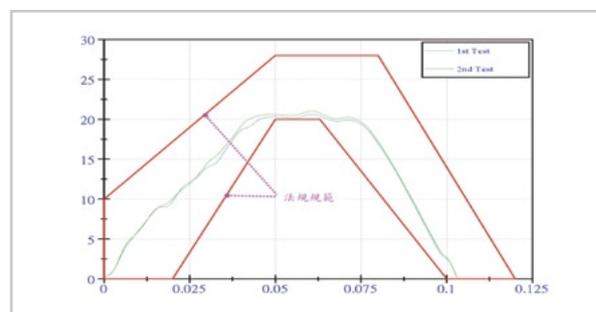
▲ 圖7. 模擬碰撞測試流程

圖7即為此一流程各階段之展開，以下就分別針對各階段工作與相關應用技術作一闡述。

1. 配重試衝與波形調校—在進行動態測試前，先以待測物加上治具之參考重量，以目標波形作為輸入條件進行動態波形調校，其流程如圖8。主要係先以測試件包含治具及儀器之總重，再利用配重塊配至目標重量後進行波形試衝。若以汽車座椅法規(ECE R17)為例，台車加速度波形必須落於法規規範之範圍內，如圖9所示。

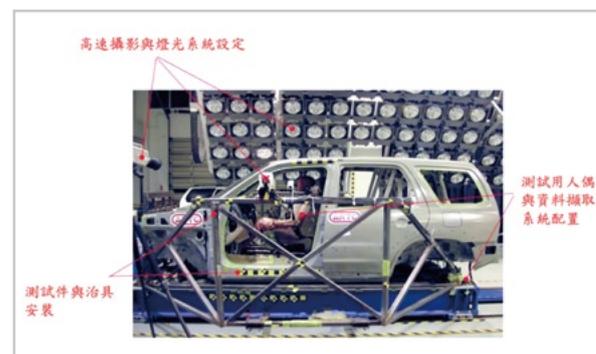


▲ 圖8. 動態衝擊波形調校流程



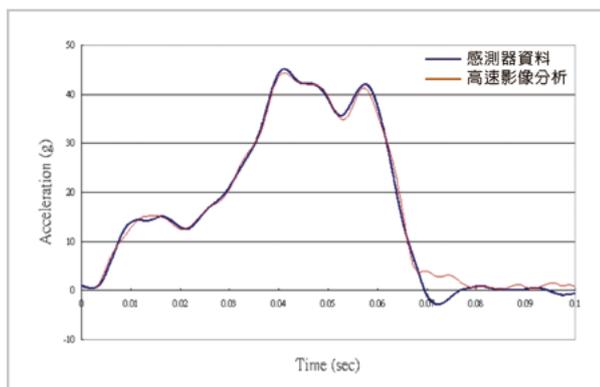
▲ 圖9. ECE R17加速度波形規範

2. 測試件安裝與系統確認—當完成目標波形試衝後，即可進行測試件安裝與設定。以車殼模擬碰撞為例，主要安裝項目概分為：測試件與治具安裝、高速攝影與燈光系統設定，以及測試用人偶與資料擷取系統配置。依據不同測試需求進行調整配置，如圖10即為一典型車殼模擬碰撞測試，透過各種不同設備以擷取所需之測試資料。



▲ 圖10. 測試件安裝與系統確認

3. 執行測試與資料分析－測試後資料分析部份，則可大致分為三類－高速影像、測試照片及測試資料(包含人偶感測器、車體感測器、設備感測器等)；其中包含高速影像分析以及測試資料後處理等技術，再利用相關數據資料輔助，進行測試件問題點分析與對策。為搭配不同測試，目前碰撞實驗室有備各式不同之感測器，如加速規、荷重元、位移計等，並可搭配其他量測儀器及分析工具輔助模擬碰撞之進行，圖11即為使用高速影像分析與感測器資料進行波形比對之範例。



▲ 圖11. 高速影像分析與感測器資料比對

#### 四、結語

台車模擬碰撞技術在被動安全之領域中，廣泛應用於各種零組件性能驗證，如熟知的安全帶、座椅、兒童保護裝置及空氣囊等，是各項零組件開發之先期研究非常重要的一項驗證技術。其利用充分的零組件性能資訊，降低整車或整套系統之開發驗證成本，亦降低重新設計之風險。這項技術也是ARTC近年來相當重視的發展項目，透過不斷提升模擬碰撞研測能量與技術，協助業者進行單品測試，同時也可提供完整乘員保護系統之開發或整合，以及模擬實車碰撞之整車車殼測試等高規格需求。除此之外，更可進一步結合中心CAE分析能力，針對設計與分析需求進行不同碰撞條件的模擬，一次達成降低廠商研發成本與減少時程之目的。

尤其，近年來國際各大車廠及汽車零組件廠，針對車內可提供舒適及便利性所發展出的影音娛樂系統及導航系統等、或是以環保為主題發展出電動車所使用之先進電池模組等，讓此類車用產品之動態性能具有重要的指標意義。若能藉由本文所提及之台車模擬碰撞技術導入產品偵錯改良核心，並搭配台灣深耕之厚實電子產業基礎，以及結合產、官、學的研發力量，相信一定更能爭取市場先機。