

出國報告(出國類別：其他)

傾斜式電聯車(普悠瑪號)16 輛購案 監造檢驗及監督(第 1 梯次)

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

職稱姓名：工務員 鄭添文
技術助理 蔡宜青

派赴國家：日本

出國期間：104 年 8 月 25 日至 9 月 18 日

報告日期：104 年 12 月 18 日

摘要

本局於 2006 年起陸續採購太魯閣號 6 組(48 輛)及普悠瑪號 17 組(136 輛)，業已全數交車投入營運行列，惟近年來因應東西部旅運量激增需求，今再辦理後續增購 2 組普悠瑪自強號列車，強化整體營運車隊。日本車輛針對普悠瑪自強號電聯車運轉兩年多來，對乘坐舒適度提出更進階的兩項優化對策，分別為優化列車的橫向震動及垂直震動，其中橫向震動的優化主要是採用日本新幹線上相同技術的半主動式油壓減震器，而垂直震動的優化是加裝一次懸吊油壓減震器來降低震動，藉此提升舒適度。本小組為第一批次至日本監造人員，為確實達到此兩項之優化目標，於監造期間對監造品質除全程監造及了解外，並就車輛相關製造上需修正事項，於監造辦公室內與其設計及品管人員進行品管與技術研討，以期列車完成並測試後，可確切獲得所需之品質與性能。

增購的 2 組普悠瑪自強號，預定 2015 年 12 月 25 日陸續交車投入營運。新購列車將視旅運需求，投入東部幹線(含跨線)及西部幹線行駛，新購車輛投入營運後，將能增加現有傾斜式自強號列車運能。

目 次

壹、	目的	04
貳、	監造週報表	05
參、	監造(檢驗)過程	09
一、	車體製造組裝	09
二、	轉向架框製造組裝	17
三、	車輛施工時程進度	20
肆、	心得與建議	21
一、	心得	21
二、	建議	25
伍、	專題報告(乘坐舒適度優化對策)	27
一、	改善列車的橫向震動	27
二、	改善列車的垂直震動	35

壹、 目的

本批 2 人次係本(104)年度第 1 批次，奉派至車輛設計製造之日本車輛製造(株)豐川製作、增速風泵裝置製造之三菱重工三原製造所、列車防護無線電製造之三菱電機伊丹製造所、空氣彈簧製造之東洋橡膠明石事業所、傾斜控制裝置設計製造之 Interface 廣島事業所等 5 廠家，辦理各項檢測及監造，於 104 年 8 月 25 日起程，至 104 年 9 月 18 日返國，為期 25 天，圓滿達成任務。

此行目的為執行檢驗、測試、製造、組裝過程之品質監造工作，確保本購車案各組電聯車上之車輛設計，系統、設備零件及材料測試均符合本購車案之規範，管控施工進度，希望能如期交車及試車後立即加入運輸營運，提升服務品質。並可藉此機會學習當地鐵路機廠相關維修管理等先進技術，提升日後維修保養之技術、降低故障率及確保行車安全。

貳、 監造週報表
第一週

工程名稱：104年傾斜式電聯車(普悠瑪號)16輛購案出國監造		
期間：自104年08月25日至104年09月18日止		
日期	星期	辦理事項
8月25日	二	由桃園國際機場搭乘中華航空班機→日本中部國際空港→神宮前站→豐川市→入住 Comfort HOTEL
8月26日	三	1、日本車輛公司說明車輛製造進度。 2、說明檢查工程。 3、安全教育。 4、豐川工廠普悠瑪號生產線巡查。
8月27日	四	1、TED2035車架目視檢查及尺寸測量檢查。
8月28日	五	1、TED2035車架開孔檢查。 2、各車頂製造檢查。
8月29日	六	例假
8月30日	日	例假
備註：		

監造人員 鄭添文
蔡宜青

第二週

工程名稱：104 年傾斜式電聯車(普悠瑪號)16 輛購案出國監造		
期間：自 104 年 08 月 25 日 至 104 年 09 月 18 日止		
日期	星期	辦 理 事 項
8 月 31 日	一	1、TEMA2069 車架目視檢查及尺寸測量檢查。 2、TEMA2069 車體側板製造檢查。 3、TED2035 車架地板鋪設隔熱材檢查。
9 月 01 日	二	1、TEP2035 車架目視檢查及尺寸測量檢查。 2、TED2035 及 TEMA2069 車體側板製造檢查。
9 月 02 日	三	1、移動日：豐川-名古屋-三原 2、入住三原國際飯店
9 月 03 日	四	1、增幅器零件製造檢查(三菱重工)
9 月 04 日	五	1、傾斜制御裝置測試檢查(Interface)
9 月 05 日	六	移動日：廣島-名古屋-豐川
9 月 06 日	日	例假
備註：		

監造人員 鄭添文
蔡宜青

第三週

工程名稱：104年傾斜式電聯車(普悠瑪號)16輛購案出國監造		
期間：自104年08月25日至104年09月18日止		
日期	星期	辦理事項
9月07日	一	1、TEMB2070 端板牆製造、修正檢查。 2、TED2035 車體結合檢查。 3、TEP2037 車頂製造檢查。 4、TED2037 車頂製造檢查。 5、TEP2036 車體側板製造檢查。
9月08日	二	1、TEMA2069& TEP2035 車體結合檢查。 2、TED2037 車架製造、修正檢查。
9月09日	三	移動日 豐川-名古屋-兵庫
9月10日	四	空氣彈簧成品製造檢查(東洋橡膠)
9月11日	五	防護無線成品製造檢查(三菱電機)
9月12日	六	移動日 大阪-名古屋-豐川
9月12日	日	例假
備註：		

監造人員 鄭添文
蔡宜青

第四週

工程名稱：104 年傾斜式電聯車(普悠瑪號)16 輛購案出國監造		
期間：自 104 年 08 月 25 日 至 104 年 09 月 18 日止		
日期	星期	辦 理 事 項
9 月 14 日	一	1、TED2035 車體外牆基本塗裝檢查。 2、TEMA2069 車體超音波檢驗檢查。 3、TEP2035 車體結合修正檢查。 4、TEMB2070 車體目視檢查及尺寸測量檢查。 5、TED2036 車體結合製造檢查。 6、TEMB2072 車體結合製造檢查。 7、TEP2036 車體結合製造檢查。 8、TEMA2071 車體結合製造檢查。 9、TED2037 車體結合製造檢查。 10、TEMA2073 車體結合製造檢查。
9 月 15 日	二	1、TEP2035 車體超音波檢驗檢查。 2、TEMB2070 車體超音波檢驗檢查。 3、TED2035 車體屋頂鋪斷熱材檢查。 4、TEMA2073 車體結合製造檢查。 5、TEP2037 車體結合製造檢查。 6、TEP2038 車體側板製造、車架目視檢查及尺寸測量檢查。 7、TEMA2075 車體側板製造、車架製造及修正檢查。
9 月 16 日	三	1、TED2036 車體超音波檢驗檢查。 2、TEMB2074 車體結合製造檢查。 3、TED2038 車體結合製造檢查。 4、TEMA2071 車體結合製造檢查。 5、TEMB2072 車體目視檢查及尺寸測量檢查。 6、TEP2037 車體結合製造、修正檢查。 7、轉向架框製造檢查。
9 月 17 日	四	1、TEMB2072 車體超音波檢驗檢查。 2、TEP2036 車體目視檢查及尺寸測量檢查。 3、TEMA2071 車體目視檢查及尺寸測量檢查。 4、TED2037 車體結合製造、修正檢查。 5、TEMA2073 車體結合製造、修正檢查。 6、TEP2037 車體結合製造、修正檢查。 7、TEMB2074 車體結合製造檢查。 8、TED2038 車體結合製造檢查。 9、TEMB2076 車體結合製造檢查。 10、TEP2035 轉向架框製造檢查。
9 月 18 日	五	返國 豐川市→中部國際空港→桃園國際機場
備註：		

監造人員 鄭添文
蔡宜青

參、 監造(檢驗)過程

本次監造(檢驗)傾斜式電聯車(普悠瑪號)為第 18、19 編組，編組示意圖如圖 3-1 所示：

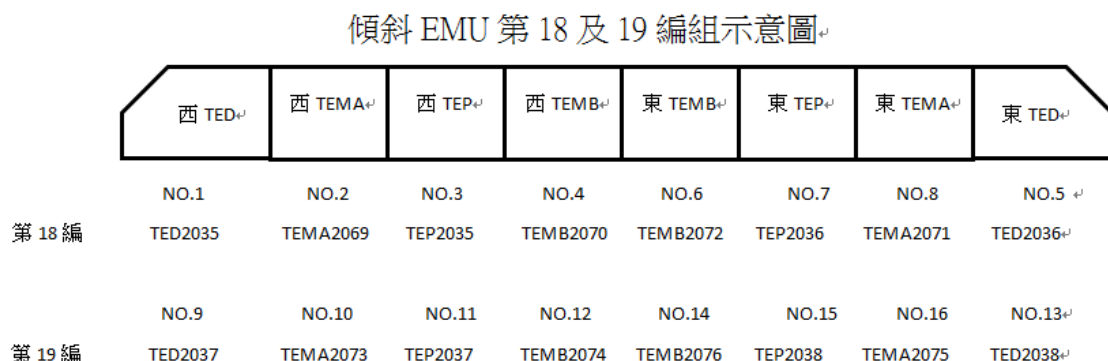


圖 3-1 編組示意圖及生產順序

此次監造的內容為車體及轉向架框的製造，以下介紹車體及轉向架框的製造流程概要。

一、 車體製造組裝

車體主要可以分為四的部分，分別為車架、側牆、端牆及車頂，各別組焊好後再進行車體的結合組焊。

車體構造是採用依據 JIS H 4000 及 JIS H 4100 所規定之耐蝕性鋁合金(A5083P、A7N01P、A6N01S、A7N01S)所構成。採用鋁合金的目的，是為減輕車體質量，並提高材料的可回收性。車架地板、側牆、車頂結構，是以大型中空擠型材所構成之雙面中空構造(圖 3-2)。所謂雙面中空構造，是將斷面為桁架構造之鋁合金擠型材，以焊接結合後組成的構造。

(一)車架組裝流程

1. 車架的端樑、中樑、枕樑及連結器安裝座是先組裝成框架後，再焊接到地板下面。
2. 車架地板及側樑組焊：由大型熔接機自動焊接。自動焊接完後會自動清除焊渣。
3. 吊具組裝：安裝與現有千斤頂相容之千斤頂墊。
4. 修正作業：先對車架底板作部分取直修正調整。

5. 開孔作業：用於轉向架吊架及安裝轉向架緩衝器支架固定座等。
6. 車架目視檢查及尺寸測量：依「車架檢查程序書」TEMU-TP-R021 規定檢查，檢查項目為「尺寸測量」及「焊接檢查」。於車架焊接補修及調整作業後，並於鋪設床板前實施，將車架置放檢測平臺上。
 - A. 依序測量車架全長、全長左右差距、寬幅、對角線差距、枕樑間距離、枕樑至前後端樑的差距、側樑之彎曲、端樑至連結器安裝面長度及左右差距。使用符合 ISO 規定之捲尺及直尺。
 - B. 焊接檢查含目視檢查、滲透探傷試驗及超音波探試驗。檢查車架與錨桿座、上下安全止檔座、水平橡膠止檔座或水平避震器座間接合、枕樑與中樑間接合、枕樑上下板與枕樑或與空氣彈簧座之間接合、枕樑組立與側樑及中樑及補強間接合。
7. 鋪設床板。
8. 車架下方塗裝底漆。
9. 鋪設隔熱材後準備車體組裝。

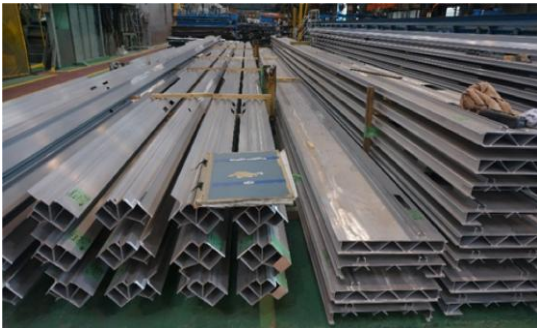


圖 3-2 大型中空擠型材



圖 3-3 車架框架組焊



圖 3-4 車架地板及側樑組焊



圖 3-5 吊具焊接



圖 3-6 修正作業



圖 3-7 開孔作業



圖 3-8 車架尺寸測量



圖 3-9 車架滲透探傷試驗



圖 3-10 鋪設床板完成



圖 3-11 鋪設隔熱材

(二)側牆組裝流程

側牆構造，是考慮到受到負荷下也能抑制開口部變形的設計。構成側牆最上方的擠型材也一併做出雨水排水槽的形狀，亦即具有貫通車體全長的排水槽，故可防止雨水從車側流下，滴落月台。

1. 骨架組合。
2. 外板組合：在側牆治具上將側牆固定。
3. 外板自動焊接。
4. 主要組合作業：焊接側柱及門框。

5. 修正作業：使用砂輪機磨平焊道，並辦理尺寸測量及目視檢查，落實品質管理中製造商的一級品管。



圖 3-12 側牆上端排水槽

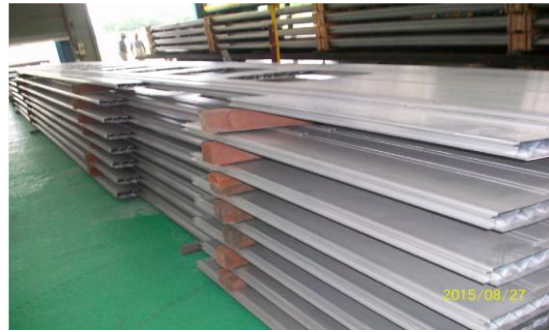


圖 3-13 骨架組合



圖 3-14 外板組合



圖 3-15 自動焊接



圖 3-16 焊接側柱



圖 3-17 焊接門框



圖 3-18 修正作業

(三)端牆組裝流程

端牆構體是以鋁合金擠型之 2 支角柱，和 2 支風檔支柱，和拱形桁以及 JIS A5083P 材質之端牆外板所構成，以適當的焊接方式與車架末端及車頂結構結合。車端部設有防止車輛衝撞時爬上的防爬器。

普悠瑪號的端牆是由下游廠商製作再送至日車工廠做後續的零件組裝。車體組裝好後，在角柱與車頂及車架接合處作滲透探傷試驗。



圖 3-19 端牆



圖 3-20 端牆(車頭)

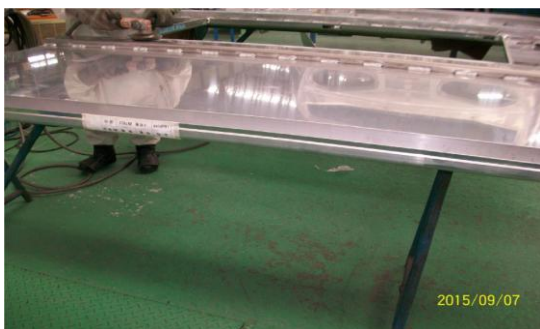


圖 3-21 端牆修正

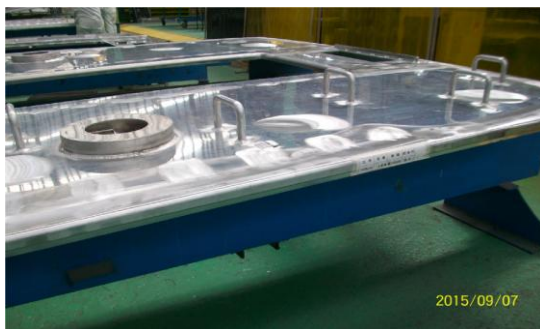


圖 3-22 端牆零件組裝

(四)車頂組裝流程

車頂構造是與側牆及車架相同，採雙面中空鋁合金擠型結構。在集電弓裝置之部位為水平之雙面中空鋁合金擠型結構，與其餘部分車頂結構以間接方式焊接組合。車頂全體構造足以承受 100 公斤作業人員，行走於任何一處而不致產生明顯可視變形及發出變形回彈聲響，具備適當的強度與剛性。在空調用的進出風口所設之風板與防水膠條外框之一部份，以及端牆上方設有之拱型桁，為橫向之結構件，使車頂形成一個具適當的強度與剛性之整體性結構。因採用中空鋁合金擠型之雙面構造，

側牆最上方以及車頂結構側面是採貫通車體全長的連續焊接構造，故具有車頂側樑之功能。

1. 車頂各部零件組合：空調進風口風板、VCB 護板、手把等。
2. 主要組合作業：將中空鋁合金擠型材於車頂治具上組合固定。
3. 外板組裝：人工暫時焊接將車頂板固定。
4. 焊接：由大型熔接機自動焊接。
5. 零件組裝：焊接零件，如：空調進風口風板、手把、固定座等。



圖 3-23 檢查車頂有無變形
及發出變形回彈聲響



圖 3-24 將板材固定於治具上



圖 3-25 將車頂板暫時焊接



圖 3-26 自動焊接



圖 3-27 零件組裝

(五)車體組裝流程

1. 車體結合：將車架置放於四組千斤頂上，調整好車架水平後，依序將兩側側牆安裝在車架上，並裝上側牆治具固定住，先行人工暫時部分焊接，再將兩端端牆安裝在車架上，同時在車內、外裝上治具來固定住車體四面，最後再將車頂安裝固定。
2. 焊接結合：將車體各結合處內外焊接結合。
3. 取直修正：用治具檢查端牆板是否平整，使用火焰加熱校正。
4. 零件組裝：將室內隔間牆骨架、廁所隔間骨架、育嬰室隔間骨架、機械室隔間骨架、防爬器安裝座等，焊接安裝。
5. 完成修正：檢查各焊接處及零件是否安裝妥當。
6. 車體結構檢查：依「車體結構檢查程序書」TEMU-TP-R022 規定檢查，檢查項目為「尺寸測量」及「焊接檢查」。進行各項尺寸測量及計算，檢查車體結構全體。
 - A. 依序測量車體內部全寬、全高及對角線尺寸差異，上下車台門、通道門及司機員室入口之全寬及對角線差異，車頂邊樑直線度，拱度等。使用符合 ISO 規定之捲尺、直尺、伸縮尺，對角寸法測定用伸縮尺及拱度測定用連通管水平儀等。
 - B. 焊接檢查含目視檢查、滲透探傷試驗及超音波探試驗。檢查車架、側牆、端牆、車頂間之主要強度接合部分及補強等，車架與機器托架間的接合部。



圖 3-28 車體組裝前車架定位



圖 3-29 組裝側板 1



圖 3-30 組裝側板 2



圖 3-31 組裝端牆 1



圖 3-32 組裝端牆 2



圖 3-33 安裝治具



圖 3-34 組裝車頂



圖 3-35 車體接合處焊接



圖 3-36 加熱取直修正作業



圖 3-37 室內隔間骨架組裝



圖 3-38 檢查前確認



圖 3-39 側板與車架焊接處滲透
探傷試驗



圖 3-40 車頂焊道目視檢查



圖 3-41 側板超音波探傷試驗

二、 轉向架框製造組裝

轉向架框的組成主要分為側樑及橫樑兩部分，分別組裝後再結合組焊。轉向架框的設計在主要購件是使用耐候性鋼板（SMA490BW），無枕樑轉向架用的焊接安裝構造，排除應力集中處，在強度上能獲得高度的信賴。側樑主要是由壓力機材與鑄鋼製的彈簧帽所構成。橫樑是使用無縫長筒管，兼具空氣彈簧的補助空氣室（44.5L/空氣彈簧）的機能。

（一）側樑架框組裝流程

內部補強焊接→外部焊接→取直修正→外部裁切→外部零件焊接→鑽孔加工→外部零件焊接→打磨修正。



圖 3-42 內部補強焊接



圖 3-43 外部焊接



圖 3-44 取直修正



圖 3-45 外部裁切



圖 3-46 外部零件焊接



圖 3-47 鑽孔加工



圖 3-48 外部零件焊接，使用
大型迴轉治具



圖 3-49 打磨修正

(二)橫樑架框組裝流程

零件焊接→打磨修正→橫樑焊接→打磨修正→完成橫樑架框。



圖 3-50 焊接軔機裝置托架



圖 3-51 打磨修正



圖 3-52 橫樑架框焊接



圖 3-53 打磨修正



圖 3-54 橫樑框架



圖 3-55 轉向架框組焊 1



圖 3-56 轉向架框組焊 2

側樑及橫樑架框分別組焊完成後，再組焊成轉向架框〈圖 3-53、3-54〉。
 轉向架框組焊完成後，在焊接處打磨、熱校正等應力消除→第一次目視檢查、
 超音波探傷試驗、磁粉探傷試驗→修正→第二次目視檢查、超音波探傷試驗、
 磁粉探傷試驗→合格後再做水密試驗→框架熱處理→最後再進行一次磁粉探
 傷試驗，轉向架框才算初步完成。

三、車輛施工時程進度

編組	車號	鋁合金車體組裝	鋁合金車體檢驗	車體塗裝
第 18 編	TED2035	完成〈104.09.11〉	完成〈104.09.12〉	施工中
	TEMA2069	完成〈104.09.12〉	完成〈104.09.14〉	施工中
	TEP2035	完成〈104.09.14〉	完成〈104.09.15〉	施工中
	TEMB2070	完成〈104.09.14〉	完成〈104.09.15〉	施工中
	TEMB2072	完成〈104.09.15〉	完成〈104.09.16〉	
	TEP2036	完成〈104.09.16〉	檢查中	
	TEMA2071	完成〈104.09.16〉	檢查中	
	TED2036	完成〈104.09.15〉	完成〈104.09.16〉	
第 19 編	TED2037	施工中		
	TEMA2073	施工中		
	TEP2037	施工中		
	TEMB2074	施工中		
	TEMB2076	施工中		
	TEP2038			
	TEMA2075			
	TED2038	施工中		
備註：轉向架框橫樑、側樑施作到 TEMB2070。 截至 2015.9.17 為止，符合預計施工進度。				

肆、心得與建議

一、心得：

一趟日本豐川之行，見識到鐵路車輛的從無到有，有如建造一棟大廈，經由參與的過程累積了不少經驗與收穫。從踏進該公司豐川製作所的第一眼開始，就感覺一切井然有序有條不紊。工廠中每一區域每一條動線，皆標示的一清二楚且人人遵守，作業中每一個操作過程皆有標準規定，工作時間與休息時間清楚明確。在豐川工廠的十幾天監造車體與轉向架框的焊接、組合，一關又一關的製作流程，從中觀察各種細部重點，並利用機會了解，最新的全型車輛製作技術，其中有：新幹線 N700A 車輛、小田急 2000 型車輛、東京地鐵銀座線電車、JR 柴油客車等。整個工廠分工細密，從他們頭盔顏色、頭盔上的色帶、專業工作證明貼紙等，讓人可清楚辨識其身分及是否有操作資格，另外在工廠內每個工區辦公室外牆上都可看到員工的專業證照，也得知證照可為它們提升薪資與職位升遷的機會，所以每位員工都盡力充實本職技能。工廠的裝配動線規劃順暢，每個流程緊密結合，對於工作效率及產能提升有莫大的幫助。

此次監造行程工作例休日，到名古屋 JR 鐵道館、豐田博物館參觀，體驗日本超高速磁浮列車，見識到日本鐵路、汽車的最新技術及發展歷史，對鐵路車輛、汽車等文物保存的用心，深感值得我們借鏡學習。

JR 東海磁浮鐵道館，位於日本愛知縣名古屋市港區的金城埠頭，於 2011 年 3 月 14 日開館。這裡不但展示最新磁浮列車，也展示各式各樣的老火車。一進入館內，在主題展區先亮相的三台展示車：

- (1) C6217 日本國鐵 C62 型蒸汽機車，1949 年製造，是日本國鐵史上最大且最快的旅客用蒸氣機關車。
- (2) 新幹線 955 型電聯車，1995 年製造。
- (3) 超導體磁懸浮列車 MLX01-1，1995 年製造。

目前有室內展示車輛 25 輛，室外展示車輛 4 輛，一部份車輛開放車內展示。除了火車展示外，還有很多體驗區，例如設立了日本目前最大面積的鐵

道模型展示櫥窗、新幹線 N700 電車模擬運轉台、在來線電車模擬運轉台，鐵道相關主題展示等。

有鐵道王國之稱的日本從 1872 年第一條鐵路開通，至 1960 年代面世的新幹線，使日本鐵路的發展水平達到世界前列。除了原屬國營的 JR 之外，日本的民營鐵路也非常興盛，東京、大阪等重要大都市也都有發達的地鐵與通勤鐵路系統。參觀鐵道館之後覺得日本相當重視鐵道文化的保存及傳承，而且展示內容深具歷史性、科技性、教育性及趣味性。

(1)歷史性：

館內展示車輛豐富，從蒸汽火車到新幹線高速電車及磁浮列車一應俱全，更增添了對歷史的記錄，使展覽車輛有秩序的分類與排列，展覽車輛的史蹟展示性大幅提昇。另外對展覽車輛的解說，設計得使大眾都能平易去理解，也提高了教育功能。

當現代鐵道運輸追求高速度與高科技的同時，仍然有心保存鐵道文化的核心價值，而且不只著眼於懷舊，而是紀錄歷史與科技教育，讓鐵道不止是交通工具，更是一種科技的榮耀與傳承。

日本的鐵道技術從一開始的跟外國進口，向外國學技術，傾全國的力量研發，到有能力自製，成為鐵道先進國家的頂尖，更向全世界輸出鐵道運輸的高科技技術，只能由衷讚嘆，透由鐵道館的展示車輛，除了看到象徵世代交替的意義之外，也看到了代表日本引以為傲的工業及科技實力。

(2)科技性：

A. 超導磁懸浮技術展示室：日本研發的超導體磁懸浮列車，利用超導體和冷卻系統提供磁力，與路軌的線圈所形成的磁場產生相斥，使車體懸浮於軌道之上 10 公分處，因而可以超高速運行，並由於兩個磁場的作用力達到平衡、而使高度維持固定。

B. 透由影片介紹及實體展示來介紹現代鐵路技術的演化歷史，及如何達到安全，高速，舒適的機制。

C.新幹線模擬器，以 N700 駕駛室實體模型，讓參觀者體驗在東海道新幹線東京至名古屋路段的運轉。

D.在來線模擬器，以日本國鐵 211 系電車及 JR 東海 311 系電車駕駛室實體模型，讓參觀者體驗在來線虛構路線的運轉。

E.車掌模擬器，以 JR 東海 311 系電車實體模型，讓參觀者體驗車掌開關車門以及車內廣播。

F.地震感應系統體驗，當按下按鈕表示地震發生，行駛中的列車會感應到地震周波後自動停駛。

(3)教育性及趣味性：

A.提供學習的教材，從小學生到大人都可以透由教材學習鐵道車輛的歷史文化，車輛構造，車站周遭地理環境，各地方的風土民情。甚至可以知道每一種車別的電力消耗，也可以了解軌道車輛及跟其他交通工具對於環境衝擊的比較。

B.在科學教育方面，鐵道館裡陳設許多機械解剖構造模型，甚至不乏真實的電車、集電弓、轉向架、號誌及平交道，可以實地操作。

C.另外有許多的模擬器跟體驗區，除了具有教育性之外，也增加趣味性，讓多少小男孩眼睛為之一亮，立志長大要從事鐵道業，成為現今日本優秀鐵道員與交通科技人才的啓蒙搖籃，因此透由鐵道館作為下一代的教育資源，不僅在日本，在其他先進國家，甚至中國大陸都投入極大資源興建鐵道博物館。2015 年 5 月，JR 東海磁浮鐵道館入館人次已達到 300 萬人次。

台灣高鐵曾經因為規劃處理有關鐵道文化的宣傳，並進行系統化的興建時期鐵道文物保存，於民國 93 年 8 月建立了高鐵探索館，於民國 94 年 1 月成立高鐵行動探索館，是台灣第一座私人企業所出資成立的鐵道展示與博物館，自成立以來，至 95 年 3 月底止，已達到將近 200 萬人次參訪的紀錄。高鐵探索館與高鐵行動探索館，對於台灣鐵道的科技資訊傳播與博物館建置的經驗與歷程，是很重要的里程碑。高鐵探索館與高鐵行動探索館在民國九十

五年因高鐵興建任務完成而宣告終止，這樣的投資並未延續，十分可惜。

反觀台鐵歷史已經一百二十多年，算是具有相當悠久的歷史文化，但是卻缺乏一座真正國家級的鐵道博物館，鐵道文化具備歷史及科學教育的意涵，因此建立國家鐵道博物館來建立系統性的鐵道文物保存制度，可謂當務之急。全球保存鐵道文化的新風潮，從鄰近的日本吹向了台灣，台灣具有許多悠久歷史的鐵道文物資產，例如蒸汽機車與木造車站，在外國人的眼中都是珍寶，民國八十七年 CK101 蒸汽機車復駛環島，全台灣為之瘋狂，也讓台灣的鐵道文化保存觀念，終於獲得了重視。之後，國內吹起了鐵道懷舊與文物的保存之風，但是不應該只著眼於鐵道懷舊商品的開發與熱賣，應該要有一套系統性的文物保存制度，讓台灣鐵道的文物保存下來，像若干蒸汽機車依續復活，古蹟車站、隧道與橋樑保存。台鐵目前擁有歷史悠久且夠資格成為國家級鐵道博物館的地方，個人認為有：彰化扇形車庫及台北機廠。

彰化扇形車庫是目前全台灣唯一保存下來的扇形車庫，建於 1922 年，已於 2000 年 9 月 1 日，成為縣定古蹟，現況保存良好，在類型上有其特殊性，具建築及技術史價值，以其甚具豐富的歷史與鐵道文化價值，堪稱是台灣鐵道文化的至寶，更是台灣交通發展史上，蒸汽火車時代的最佳見證，目前台鐵已經修復 CK101、CK124、DT668 及 CT273 等四輛蒸汽火車，而且可以動態運轉，想像一下能夠在彰化扇形車庫同時看到四部蒸汽機車一起冒煙鳴笛的景象，這絕對是世界級的難得景象，是台灣工業歷史文化保存的一個亮點。期待彰化扇形車庫能夠成為一座活的鐵道博物館，不但提供展示功能及教育功能，也能繼續維持火車維修等任務，把台鐵優良傳統的維修技術及務實的精神內涵傳承下去，相信未來彰化扇形車庫絕對不輸日本的梅小路蒸汽火車博物館。

台北機廠最近全區被提列為國定古蹟，期待可以建構一座完整的國家級台灣鐵道博物館。台北機廠珍貴的不只是硬體設施，員工的智慧與創意更令人讚嘆，有上萬件自製的木模是讓蒸汽火車還能持續前進的重要功臣，也有利用廢棄零件創作的裝置藝術品令人驚艷。對於奉獻一生的台鐵人，台北機

廠具有最值得驕傲的工業技術遺產，台鐵員工有能力自行修復已經報廢的蒸汽機車，因此建構台北機廠的工業技術保存，是維繫此珍貴工業遺產價值的核心理念，所以台北機廠的規劃，必須以全區保留的概念來規劃，利用其工場內的場域，實體火車與鐵道維修技術的展陳，保存其「技術脈絡」，把整個維修過程也當成是展示的一部份，建構一個持續不斷永續經營的「國家級台灣鐵道博物館」。

二、 建議：

(一)彰化扇形車庫及台北機廠要成為鐵道博物館，除了理想之外，更要落實到政策執行面，應該成立跨部會的層級，涵蓋交通部，文化部，教育部及地方政府等單位，成立國家鐵道博物館籌備處，不能把預算、執行、包袱，都加諸台鐵身上。政府應從重大交通建設中提撥部分比例經費，編列給鐵道博物館作為獨立的財源。

(二)路局雖有北投員工訓練中心，因學員來自各相關單位，授課內容是以通才方式授課，應用於實際工作上，仍需自我學習，應再提升機務各單位的教育訓練，因各機務單位所保養之車輛種類不同或業務範圍相異，應由各個工作單位辦理符合員工工作所需之教育訓練，以確實增進符合員工現職之技術或技能，才有學以致用及教學相長之功效。嚴格來說，現在並沒一套完整的訓練體制及教材，雖然每個新進員工剛開始會跟著資深員工學習，但因為每天工作內容不同，有保養、維修，又沒有統一教材，每位員工的學經歷不同，很多的機械結構及元件上的認知，會出現某種程度上的落差，近而造成新進員工的困惑，應該要有固定的師資及教材，才可以提供好的學習環境，使員工更容易及早適應工作。另外也應該訂定考核標準，不同的工作內容皆有其專業，通過考核才可從事該工作項目，沒通過者應加強訓練，要有淘汰機制，讓適合的員工從事適合的工作，如此才可提升保養及維修的品質。

(三)為了確保車輛行車安全及降低故障發生，原廠有建議各種定期保養檢查及零配件的更換，應確實更換及檢查，才是落實定期檢修的目的，如同汽機車定期保養一樣，才可減少不可預期的故障發生，來提升服務品質。現有的

車輛很多都很老舊，零配件不易取得，國外原廠不一定還有生產，國內又沒有替代品，所以常有待料、缺料的情形，建議可以找國內的廠商或學校技術合作一起開發產品，也可以請國家研究單位輔導國內廠商開發技術來解決替代品的問題。

(四)日本的鐵道運輸是全世界最有效率的鐵路系統之一，因此鐵道運輸在日本發展特別迅速，有許多先進的設備值得我們去學習，像是在日本鐵道業行之多年的自動式密著連結器，將空氣與電氣接頭裝設在連結器上，可自動進行空氣與電氣的連結與解聯，在運輸尖峰時兩列車連結運轉，在離峰時再予以解聯可節省時間及人力成本，希望本局在未來購車時能將此設備納入考量。

(五)近年來，台灣盛行輕生活、輕旅遊，到處都有自行車步道，環島自行車公路也已開通，露營風氣漸漸盛行，到處都有露營區，路局在全台各地車站有很多老舊廢棄宿舍，也有許多老舊車輛，

清除廢棄宿舍，將舊車輛改裝成餐廳或民宿，將兩者結合，可以自行營運或委外，可在東部先行試辦，將提供給民眾另類環島的新體驗。

伍、 專題報告：乘座舒適度優化對策

日本車輛針對台鐵普悠瑪號電聯車運轉兩年多來，對乘坐舒適度提出更進階的兩項優化對策，第一項是改善列車的橫向震動，第二項是改善列車的垂直震動，分別敘述如下：

一、 改善列車的橫向震動

鐵路車輛的橫向震動對乘坐舒適度的影響很大，高速行駛時，橫向震動將不可避免地加大，改善軌道設備來抑制震動是根本的解決方法，但需要龐大的費用及人力，藉由增加列車上的設備來改善轉向架的運轉穩定性，抑制轉向架與車體間的震動傳遞，是比較可行的方法，在此，日本車輛提出使用在日本新幹線上相同技術的半主動式油壓減震器來提升舒適度。

(一)優化對策：

1. 將橫向油壓減震器由原先的被動方式更改為半主動方式。
2. 將橫向止擋橡膠由原先的高剛性型更改為中剛性型。

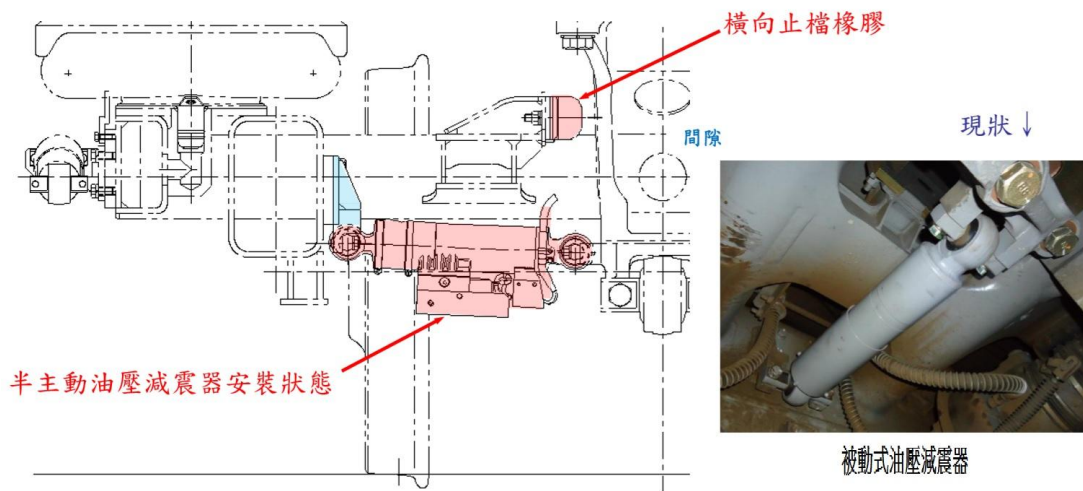


圖 5-1 改善項目安裝位置示意圖



圖 5-2 半主動式油壓減震器上視圖(左)及車上安裝狀態(右)

爲了抑制車體的橫向震動，必須控制不讓軌道影響轉向架的震動傳遞到車體及設法控制車體本身減少震動，在車體與轉向架框架之間加裝橫向銜接組件—橫向油壓減震器。安裝在轉向架與車體之間的被動方式(普通)減震器，當阻尼係數較小時，車體共震頻率的震動較大；當加大阻尼係數時，共震頻率的震動會變小，而高頻震動將變大。這是因爲轉向架與車體間的減震器在抑制了車體共震的同時，也把轉向架的震動傳給了車體。油壓減震器的減震力 F 與活塞的伸縮速度 V 成正比，兩者之間的關係可表示爲 $F = -CV$ ，其中 C 值爲減震器的阻尼特性，半主動式油壓減震器是利用動態控制來改善減震器阻尼特性的一種方式，這種方式不需要額外的動力源來產生減震力。這種方式是改變減震器的阻尼特性，通過動態控制產生適合車體震動狀態的減震力，從而達到列車的減震效果。

(二)半主動式油壓減震器的優點：

- 1、 控制系統發生故障時，恢復成普通減震器特性。
- 2、 不需要油壓和氣壓等動力源，裝置整體構造較小。
- 3、 根據車體震動即時地控制減震力，不會因軌道不平順而使震動增大。
- 4、 所需安裝的附屬設備少，日後維修保養容易。
- 5、 與主動式相比，穩定性較高，安裝成本較低。
- 6、 對現有車輛的改造比較容易執行。
- 7、 日本新幹線已經有實用例子，開發成本低。

(三)半主動式油壓減震器概要說明

當軌道影響使得轉向架大幅往左移動時，如圖 5-3 所示，油壓減震器伸長，此時控制油壓減震器朝伸長方向移動的 C 值減小，就不會將轉向架的震動傳遞給車體。此外，如果車體往左移動的時候，如圖 5-4 所示，油壓減震器縮短，此時控制油壓減震器朝縮短方向移動的 C 值加大，可以有效抑制車體的震動。

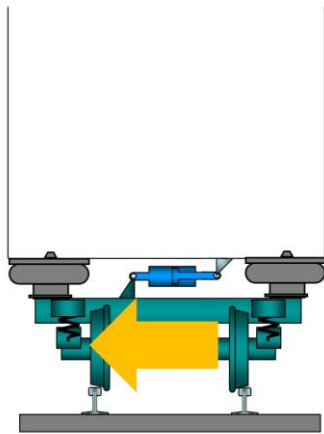


圖 5-3 轉向架往左移動時

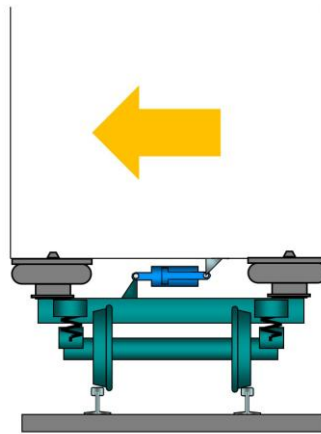


圖 5-4 車體往左移動時

反過來當軌道影響使得轉向架大幅往右移動時，如圖 5-5 所示，油壓減震器縮短，此時控制油壓減震器朝伸長方向移動的 C 值加大，就不會將轉向架的震動傳遞給車體。此外，如果車體往右移動的時候，如圖 5-6 所示，油壓減震器伸長，此時控制油壓減震器朝縮短方向移動的 C 值減小，可以有效抑制車體的震動。

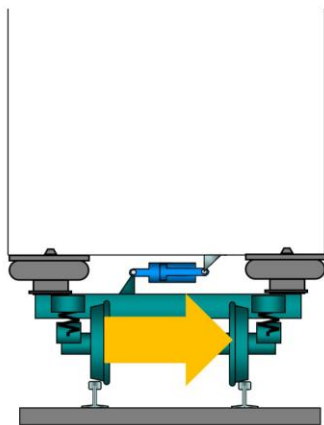


圖 5-5 轉向架往右移動時

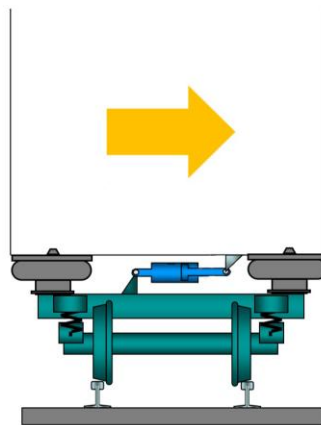
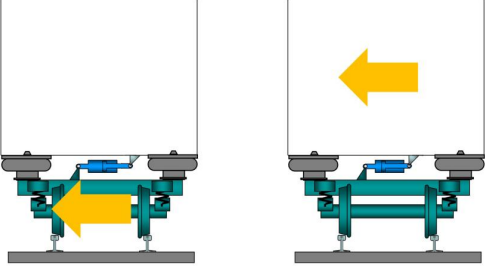
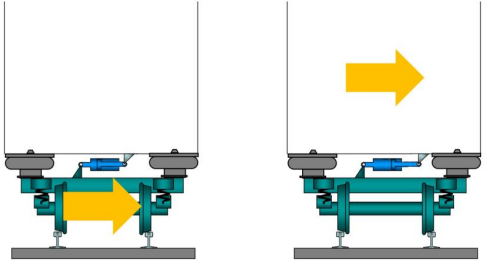


圖 5-6 車體往右移動時

將上述的邏輯整理後歸納如表 5-1 說明，透過安裝在車體的加速度感測器偵測車體的動作，依照上述的邏輯狀況，控制油壓減震器的 C 值加大或減小，可以有效達到抑制車體的橫向震動。

表 5-1

車體與轉向架的動作	所需要的 阻尼特性 (C 值)	
	伸長方向小 縮短方向大	以加速度計 測量 車體動態 ↓ 改變阻尼 特性
	伸長方向大 縮短方向小	

(四)半主動式油壓減震器的動作原理

半主動式油壓減震器的油壓迴路如圖 5-7 所示，藉由操作其中兩個比例閥來控制油路流量，可以改變油壓減震器的特性(C 值)。

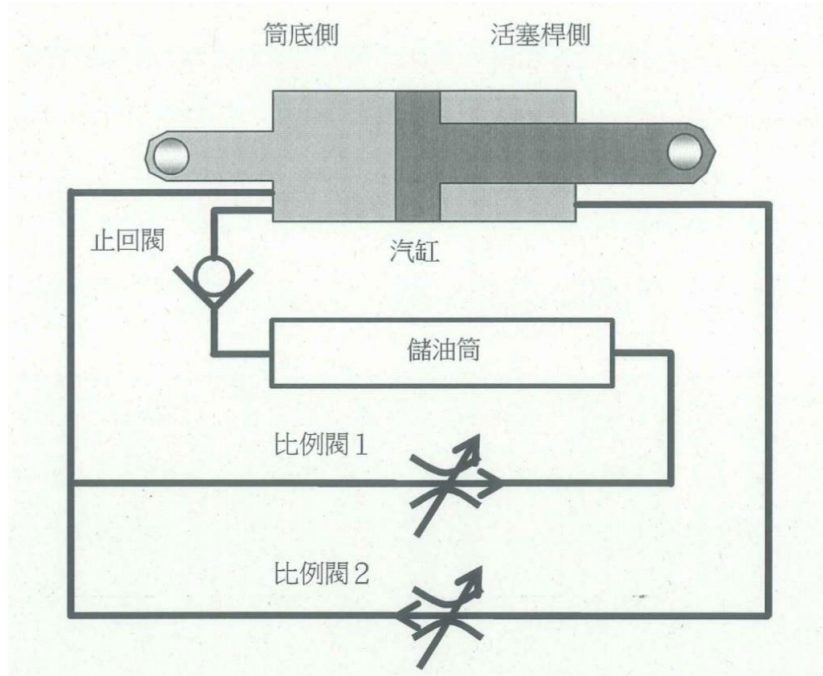
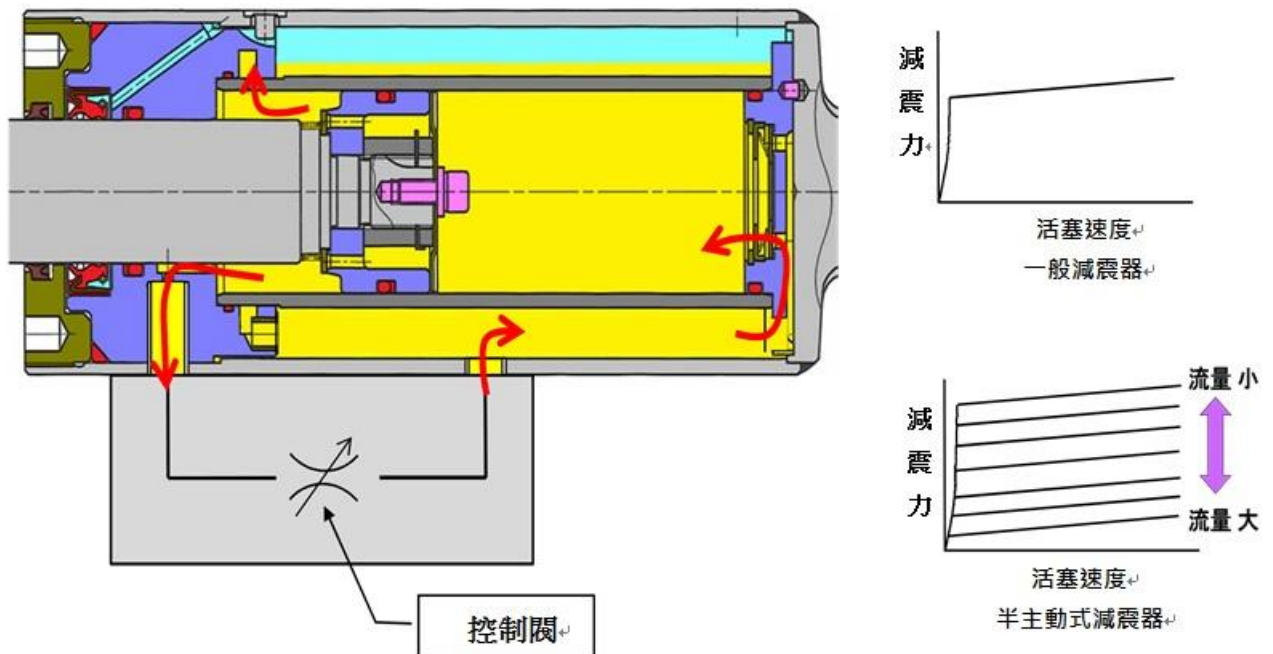


圖 5-7 油壓回路圖



透由安裝在外部的控制閥來控制通過油的流量大小來改變減震力

圖 5-8 為 HITACHI 公司提供半主動式油壓減震器的作動原理示意圖

1. 控制 C 值於伸長方向減小，縮短方向加大

如圖 5-9 所示，控制比例閥 1 限制其流量，而將比例閥 2 全開，可將活塞桿側流往筒底側(伸長方向)的流量變大，使得 C 值變小；如圖 5-10 所示，反向(縮短方向)則因為流量被限制，使得 C 值變大。

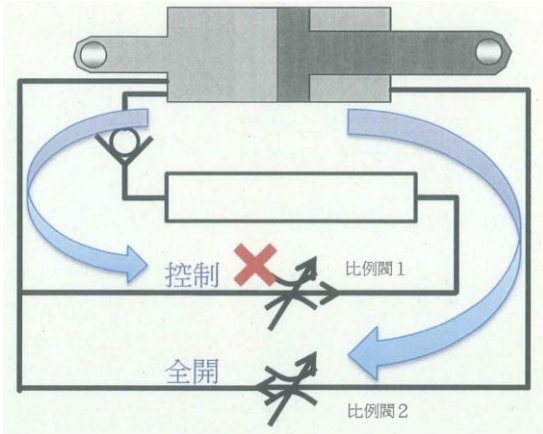


圖 5-9 將伸長方向 C 減小時的比例閥流動情形

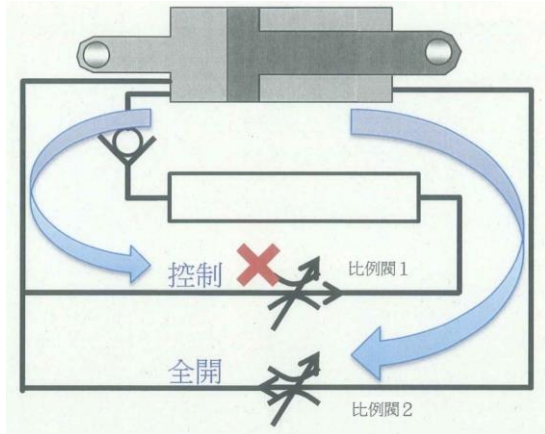


圖 5-10 將縮短方向 C 加大時的比例閥流動情形

2. 控制 C 值於伸長方向加大，縮短方向減小

如圖 5-11 所示，控制比例閥 2 限制其流量，而將比例閥 1 全開，可將筒底側流往活塞桿側 (縮短方向)的流量變大，使得 C 值變小；如圖 5-12 所示，反向(伸長方向)則因為流量被限制，使得 C 值變大。

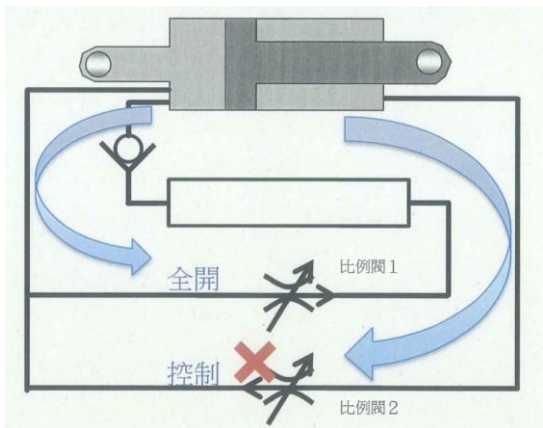


圖 5-11 將縮短方向 C 減少時的比例閥流動情形

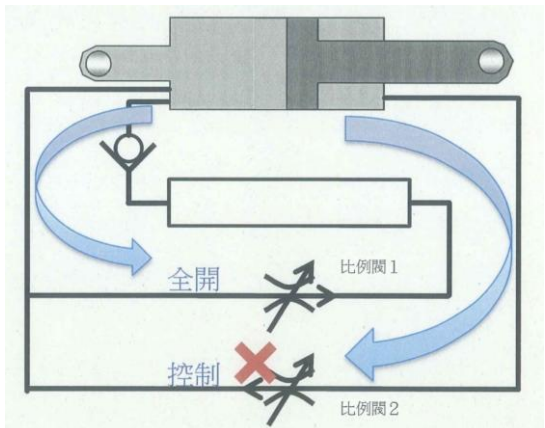


圖 5-12 將伸長方向 C 加大時的比例閥流動情形

(五)控制方式

透過安裝於位在兩組轉向架正上方車體部位的加速度感測器來量測橫向加速度，將此數據傳送到設於車下的控制裝置，由控制裝置計算比例閥的操作量後，再將控制命令送給油壓減震器。此外，加速度感測器所測得的橫向加速度，其中會包括通過曲線時的恆定加速度成分在內，因此控制裝置將同時收到來至於傾斜控制裝置的曲線資訊、傾斜資訊、速度資訊，將此對從加速度感測器所收到的資訊予以修正，以抵銷恆定加速度的影響。

當加速度感測器、控制裝置、或是半主動油壓減震器的半主動相關部分發生故障時，將停止半主動控制，將半主動油壓減震器自動回到一般油壓減震器方式運作(C 值固定狀態)。



圖 5-13 加速度感測器(左)及控制裝置(右)

(六)乘坐舒適度優化效果

1. 橫向止擋橡膠剛性變更的效果

依據在民國 103 年 5 月 20 日於第 17 組列車所實施的「高剛性/柔剛性」的比較試驗結果來推估使用「中剛性」時的效果。

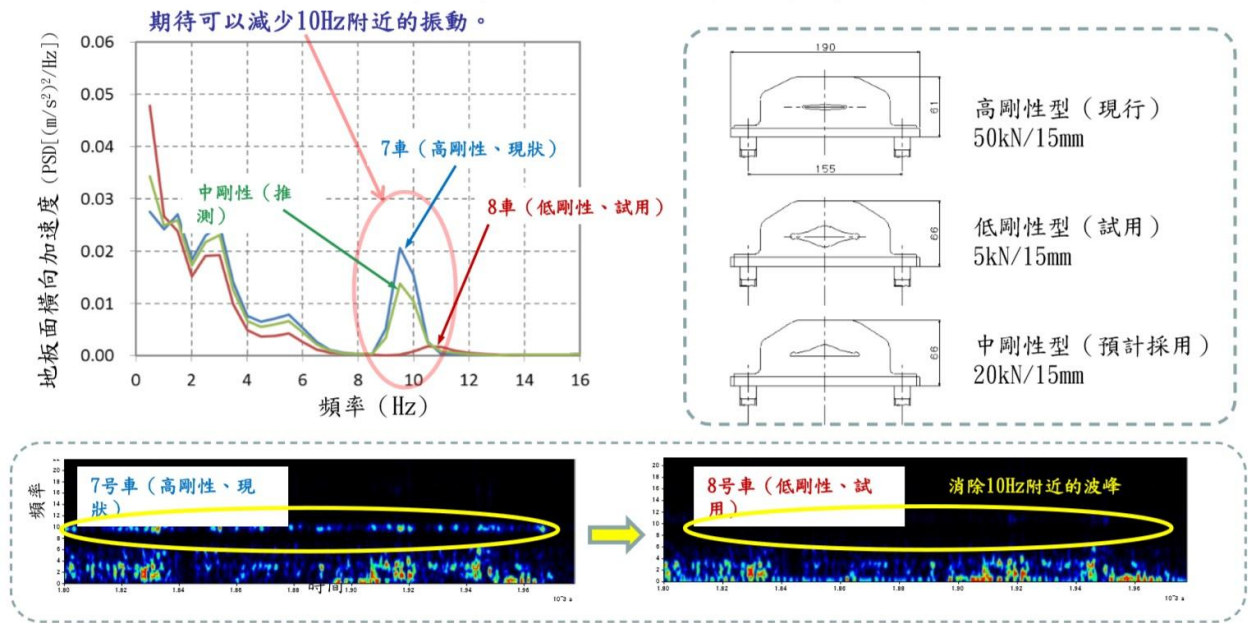


圖 5-14 橫向止檔橡膠剛性變更效果

試驗結果顯示低剛性橡膠對 10Hz 附近有大幅的提升效果，但考慮到與半主動控制組合的搭配性，擬於增購車組採用中剛性型。

2. 半主動油壓減震器的減震效果

在日本國內試車時，分別比較在有半主動控制下與無半主動控制下其車體地板面的橫向加速度之波形，如圖 5-15 所示，其振幅可以看到明顯的減震效果。

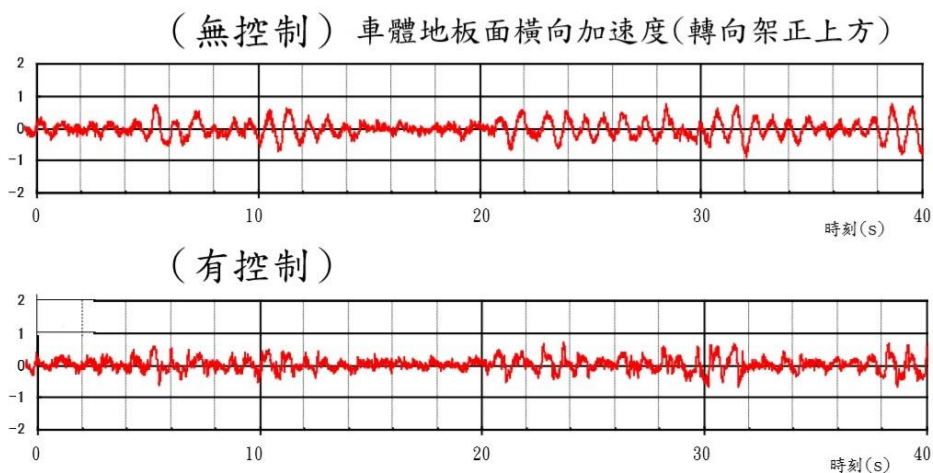


圖 5-15

(七)目前施工進度

根據日車公司說明，目前已經完成控制裝置、加速度感測器、半主動油壓減震器等組件，並已裝上現車。控制軟體已經大致完成，現在進行桌上模擬及各種參數調整等性能驗證中，預計在今後的試運轉中進行軟體的最終微調。

二、改善列車的垂直震動

(一)優化對策：轉向架加裝一次懸吊油壓減震器。

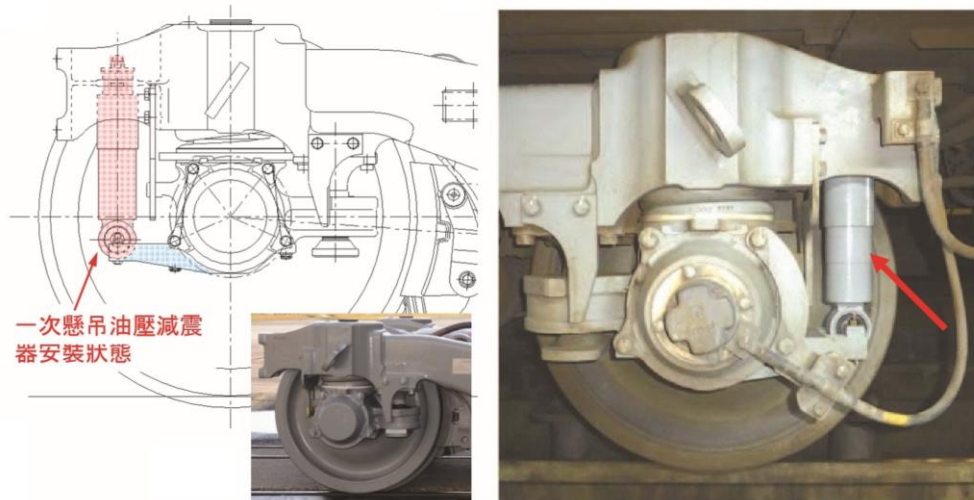


圖 5-16 改造前(左)及改造後(右)

(二)模擬分析

在模擬分析中確認到加裝一次懸吊油壓減震器後，車體中央震動有降低的效果。圖 5-17 為有無一次懸吊油壓減震器下，車體中央部位加速度的模擬比較結果。

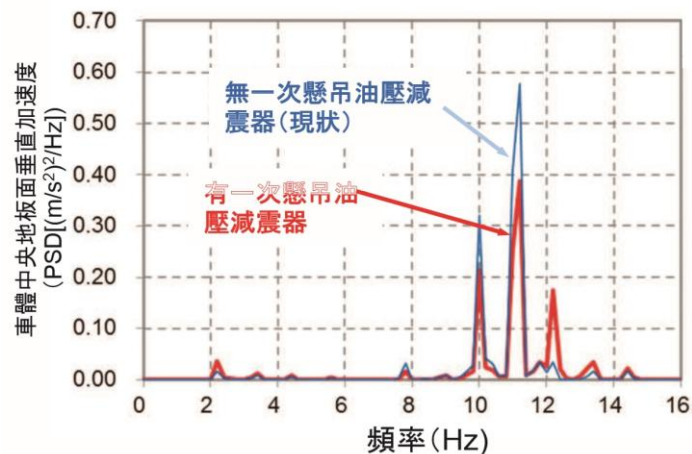


圖 5-17 模擬結果

(三)現車試裝實際測試

於 104 年 8 月在普悠瑪號加裝一次懸吊油壓減震器並實施乘坐舒適
度測定。於一號車後端轉向架上方與車廂中央地板設置加速度計，如圖
5-18 所示，量測垂直、橫向、縱向，3 軸向的加速度。

測試日期：104 年 8 月 3 日~4 日(無加裝)， 8 月 5 日~6 日(有加裝)

測試區間：樹林~花蓮(如圖 5-19 所示)

測試編組：第一編組(TED2001)

測試車廂：第一車

車輛條件：空車

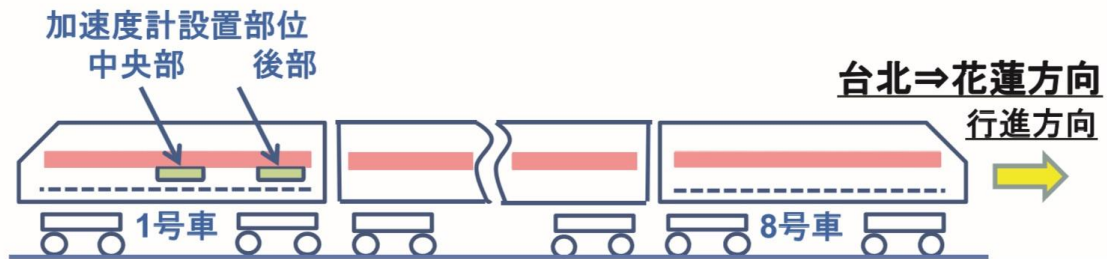


圖 5-18



圖 5-19

圖 5-20 顯示列車於台北—花蓮間，行車速度與車體中央地板面垂直加速度之關係，發現於七堵~八堵間產生激烈的震動，加裝一次懸吊油壓減震器明顯降低車體中央地板面垂直加速度。

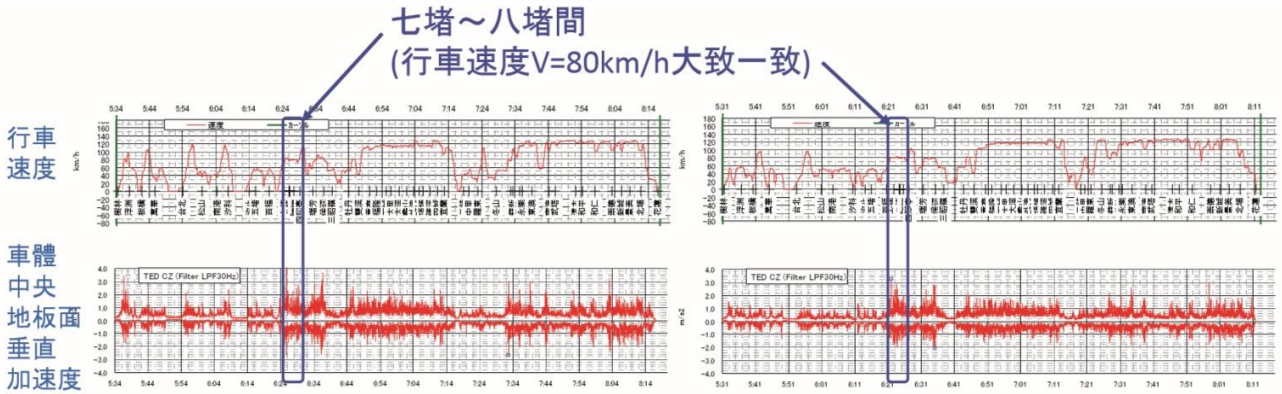


圖 5-20

(四)實驗結果

圖 5-21 顯示列車運行於七堵與八堵之間發生垂直加速度出現波峰的路段 A~F，針對有無加裝一次懸吊油壓減震器做比較，實驗結果確認加裝一次懸吊油壓減震器約有 30~40%的震動抑制效果。

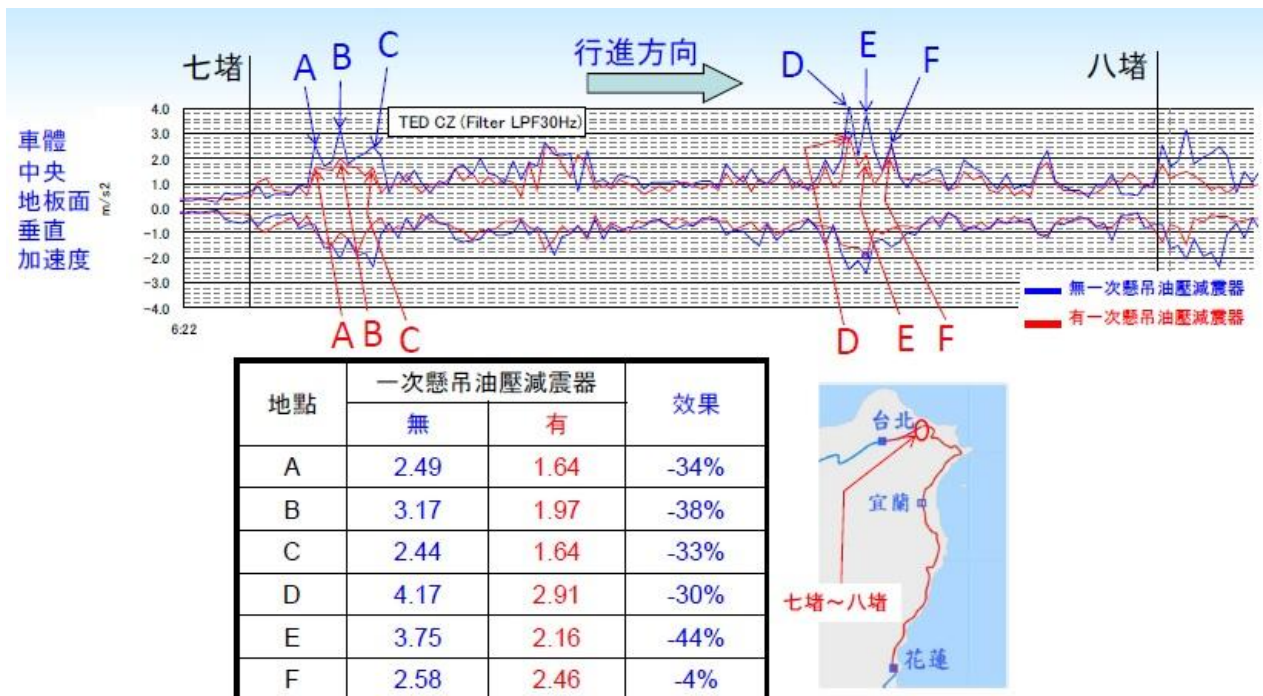


圖 5-21

圖 5-22 顯示改善了 10Hz 附近的車體中央地板面垂直加速度，模擬與實際測試結果分析比較，兩者之間結果一致。

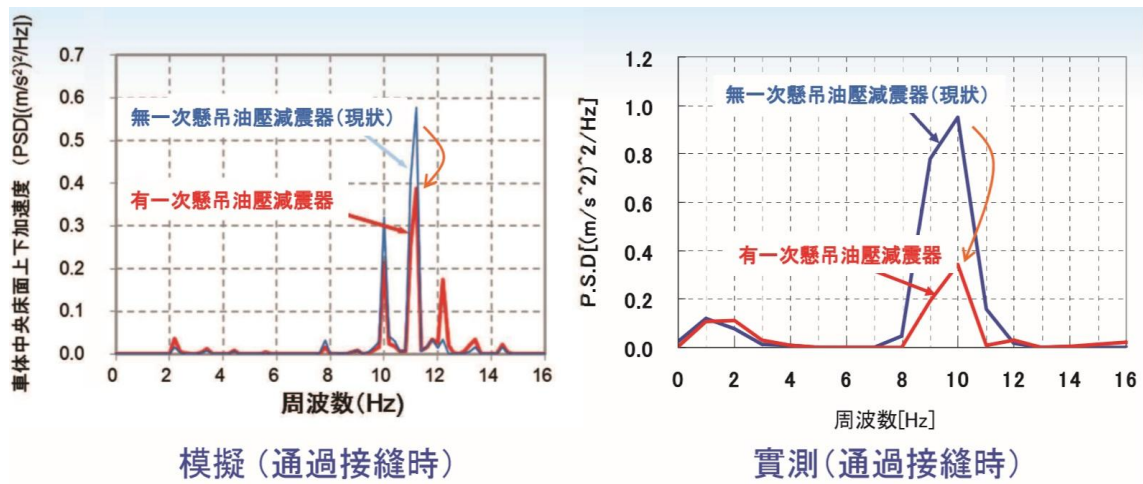


圖 5-22

(五) 結論

1. 車體中央地板垂直方向加速度約降低 30%。
2. 模擬分析結果(通過軌道接縫時)與實測值的傾向大致吻合。
3. 減緩了上下震動感。

(六) 優化現況

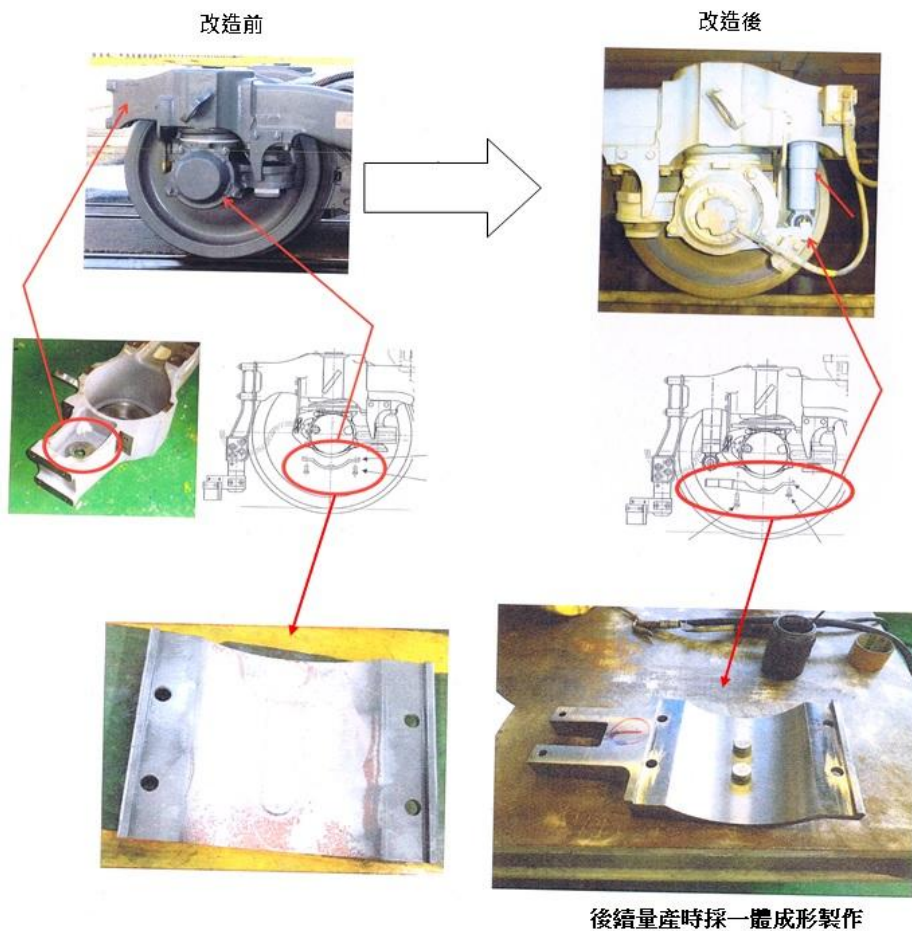


圖 5-23