

臺北市府捷運工程局 簽稿會核單

案 情 摘 要	檢陳「臺中烏日文心北屯線機電系統工程CJ900標電聯車轉向架疲勞強度測試」海外檢測出國報告，謹請鑒核。		
主 辦 單 位	臺北市府捷運工程局機電系統工程處	總收文號	10560195700
受 會 單 位	會 核 意 見 及 簽 章	收 時 會 間	會 時 畢 間
品保處	詳審核表意見。 課員陳幼芳 1050323/1400 幫工0323/1400 廖 0323/1430		
機設處	正工程司吳銘章 1050323/1615 副處長蕭永豐 0323/1850		

裝

訂

線

臺北市政府捷運工程局機電系統工程處 簽稿會核單

案 情 摘 要	檢陳「臺中烏日文心北屯線機電系統工程CJ900標電聯車轉向架疲勞強度測試」海外檢測出國報告，謹請鑒核。				
主 辦 單 位	中運量工務所	總收文號	10560195700		
受 會 單 位	會 核 意 見 及 簽 章	收 時	會 間	會 時	畢 間
物管科	聘用 助理規劃師 孫昀昀 105/0321/1443 正工程師兼 物管科科长 鄒奇麟 0521/1500				

簽 於 臺北市府捷運工程局機電系統工程處 105 年 3 月 18 日

主旨：檢陳「臺中烏日文心北屯線機電系統工程CJ900標電聯車轉向架疲勞強度測試」海外檢測出國報告，謹請鑒核。

說明：

一、本「臺中烏日文心北屯線機電系統工程CJ900標電聯車轉向架疲勞強度測試」海外檢測作業，已依計畫於105年1月20日起至2月2日止，由本局機電系統設計處正工程司吳銘章及本處中運量工務所副工程司張清亮赴日本執行測試完成，測試結果順利通過。

二、現依「臺北市府及所屬各機關公務出國或赴大陸地區報告處理注意事項」及本局品質管理系統程序書QSOP-R9008「因公出國案件管理作業程序」等規定，陳報本次海外檢測出國報告，並檢陳「公務出國報告審核表」、「公務出國報告建議事項採行情形追蹤表」及「公務出國報告提要」，詳如附（相關照片已先依規定上傳至本局數位影像管理系統）。

擬辦：擬奉核後，依說明二相關規定辦理後續出國報告書印製及分送等事宜。

敬陳局長

會辦單位：機工處物管科、品保處、機設處

承辦單位(電話:25700002轉392)

審核

決行

副工程司張清亮

105/03/18/4830

副工程司李正忠

0321/1620

副總工程司林 枏

0322/1410

臺北市府捷運工程局機電系統工程處副處長 李善銘

臺北市府捷運工程局機電系統工程處副處長 許宗賢

臺北市府捷運工程局機電系統工程處副處長 劉秋樑

止工務所副工程司蘇瑞文

0324/1800

臺北市府捷運工程局副局長 邢華濤

0324/1820

臺北市府捷運工程局副局長 陳耀維

0324/1820

臺北市府捷運工程局副局長 周禮良

臺北市府捷運工程局機電系統工程處



GLAA10560195700

臺北市府捷運工程局公務出國報告審核表

出國報告名稱：「臺中烏日文心北屯線機電系統工程CJ900標電聯車轉向架疲勞強度測試」海外
檢測出國報告

出國人姓名(2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
張清亮	副工程司	臺北市府捷運工程局機電系統工程處

出國期間：105年01月20日至105年2月2日 報告繳交日期：105年3月18日

出國計畫主辦機關審核項目	☒ 1.依限繳交出國報告 ☒ 2.符原定出國計畫： ☒ 全部符合 ☐ 部分符合 ☒ 3.達預期目標： ☒ 全部達成 ☐ 部分達成 ☒ 4.內容記載屬實 ☒ 5.格式完整 具備： ☒ 封面 ☒ 目次 ☒ 摘要 ☒ 計畫緣起 ☒ 出國目標 ☒ 過程 ☒ 心得及建議 ☒ 6.引用資料皆註明出處，無抄襲相關資料 ☒ 7.使用之相片皆附有文字說明 ☒ 8.建議事項為本機關採行比例達60%以上 ☒ 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： ☐ 辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。 ☐ 於本機關業務會報提出報告 ☒ 其他 <u>傳閱機關內相關單位同仁</u> ☒ 10.已完成「臺北市府公務出國報告管理資訊網」系統作業 (上傳電子全文檔、建議事項採行情形追蹤表及主辦機關點收作業)
--------------	---

計畫主辦機關核章欄

業務單位	總工程司	機關首長
副工程司張清亮 105/02/18 副工程司李正忠 0318/12011 副總工程司林 枏 0321/1620	臺北市政府捷運工程局機電系統工程處工程司齊善銘 臺北市政府捷運工程局機電系統工程處副處長許宗賢 0322/1410 臺北市政府捷運工程局機電系統工程處副處長秋樑 0322/1515 臺北市政府捷運工程局機電系統工程處副處長邢蕓濤 0324/1625	臺北市政府捷運工程局局長周禮良 0324/1830

層轉	☐ 同意主辦機關審核意見 ☐ 全部 ☐ 部分。
機關	☐ 已完成「臺北市府公務出國報告管理資訊網」系統層轉機關點收作業。
審核	☐ 退回補正，原因：_____。
項目	☐ 其他處理意見：

說明：

1. 計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核項目」欄。
2. 多個機關一同出國者，由主辦機關填列及核章。
3. 請出國計畫主辦機關逐一自行檢核每項工作，每項皆須完成。

臺北市捷運工程局公務出國報告建議事項採行情形追蹤表

報 告 名 稱	「臺中烏日文心北屯線機電系統工程CJ900標電聯車轉向架疲勞強度測試」海外檢測出國報告		
出 國 期 間	105年1月20日至105年2月2日		
出 國 人 員	臺北市捷運工程局機電系統設計處\正工程司\吳銘章 臺北市捷運工程局機電系統工程處\副工程司\張清亮		
建 議 事 項	採 行 情 形	辦 理 機 關	採 行 等 級
1.受限於檢測時間，僅完成部份液滲檢測。廠商應儘速完成所有液滲檢測後，併同疲勞負載數據及所有非破壞檢測結果提送本局審核。	要求廠商儘速將轉向架疲勞負載測試數據與所有非破壞性檢測結果提送本局審核，以確認轉向架及承樑之設計符合契約需求。	捷運工程局機電系統工程處	C
2.本次係針對首件轉向轉向架框架與承樑進行檢測，後續量產之產品，仍有待本局駐廠監造人員持續進行檢測，以確保轉向架品質。	有關後續量產之轉向架框架與承樑焊接品質，將列入本局駐廠監造人員之重點檢測項目。	捷運工程局機電系統工程處	C

業務單位核章：

副工程司張清亮

副工程司李正忠

副總工程司林 栢

副總工程司林 栢

臺北市捷運工程局機電系統工程處總工程司

臺北市捷運工程局機電系統工程處副工程司

臺北市捷運工程局機電系統工程處副工程司

臺北市捷運工程局機電系統工程處副工程司

總工程司核章：

總工程司郭華濤

機關首長核章：

捷運工程局長 周禮良

0324/1830

建議事項採行情形追蹤表填表說明：

- 採行等級說明：
 - A—不可採行/無參考性。 B—建議事項具創新性，將採行。
 - C—已有類似政策，但可參考。 D—屬中央權責，函請中央機關參考。
- 多個機關一同出國者，由主辦機關核章。
- 各主辦機關撰寫公務出國或赴大陸地區報告書時，應同時將報告之建議事項送請相關單位採行，完成本表後，連同報告書等資料送本府備查，並同步將彙整完成之追蹤表上傳至資訊網。

臺北市政府捷運工程局因公出國人員報告書審核表

105 年 3 月 18 日

報 告 書 名 稱	報 告 人				
	單 位	職 稱	姓 名		
「臺中烏日文心北屯線機電系統工程 CJ900 標電聯車轉向架疲勞強度測試」海外檢測出國報告	機設處 機工處	正 工 程 司 副 工 程 司	吳銘章 張清亮		
出 國 地 點 : 日本	出 國 期 間	105 年 1 月 20 日至 105 年 2 月 2 日			
行政程序審核意見： 一、本報告本處依「臺北市政府及所屬各機關公務出國或赴大陸地區報告處理注意事項」就報告書之格式、字體、繳交報告期限等行政程序進行審核辦理。 ☒ 通過 二、本案如奉核可請將臺北市政府所屬各機關因公出國人員報告書 10 本、簽陳影本及報告書電子檔送品保處俾便辦理報府等相關事宜。 ☐ 不通過 三、報告書上傳本局品質管理系統。 審核單位簽章： 課員陳幼芳 0323/1420 幫工程司王慶					
技術審核意見： 本次海外檢測，受限檢測時間，尚未完成液滲探傷檢查，惟報告中已要求廠商儘速完成轉向架該項測試，並連同其他三項檢測數據送品保處，通過後方可判定本檢測之合格。請列案持續追蹤。 ☒ 通過 ☐ 不通過 審核單位簽章： 副處長蕭永豐 0323/1850 副總工程司兼代總電系統設計處蘇瑞文 0323/1920 臺北市政府捷運工程局代辦處邢華濤					
審核結果： ☒ 通過 ☐ 請依 ☐ 技術審核意見 ☐ 程序審核意見修正後再陳。					

- 說明：1、行政程序審核意見由品保處依「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」、「臺北市政府及所屬各機關公務出國或赴大陸地區報告處理注意事項」及「報告書是否上傳至本局品質管理系統」進行程序審查。
- 2、技術審核意見由總工程司室或報告內容相關單位就「報告內容」及「報告書照片內容」進行審核。
- 3、請總工程司（技術）／主任秘書（行政）核定本局審核結果，並將結果填於臺北市政府捷運工程局因公出國人員報告書審核表相關欄位。

出國報告名稱：「臺中烏日文心北屯線機電系統工程 CJ900 標電聯車轉向架疲勞強度測試」海外檢測出國報告	
含附件： ☒ 是 ☐ 否	
出國計畫主辦機關：臺北市政府捷運工程局機電系統工程處 聯絡人：張清亮 電話：(02)25700002 轉 371	
出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話： 吳銘章 / 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處 / 正工程司/ (02)2521-5550 轉 8302 張清亮 / 臺北市政府捷運工程局機電系統工程處 / 副工程司/ (02)2570-0002 轉 371	
出國類別：其他 ☐ 1 出席國際會議 ☐ 2 表演 ☐ 3 比賽 ☐ 4 競技 ☐ 5 洽展 ☒ 6 海外檢測	
出國期間： 105 年 1 月 20 日至 105 年 2 月 2 日 報告日期： 105 年 3 月 18 日	出國地區： 日本
關鍵詞：非破壞檢驗方式、磁粉探傷檢測、液滲檢測、超音波檢測與放射線檢測	
內容摘要：(300 至 500 字) 本項檢測作業屬臺中都會區捷運系統工程烏日文心北屯線之機電系統工程 CJ900/CJ907 標專案工程，本工程專案於 100 年 4 月 1 日簽訂合約，同年 4 月 21 日開工，得標廠商為川崎重工業株式會社/法商阿爾斯通運輸股份有限公司/中鼎工程股份有限公司(KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES,LTD. / Alstom Transport S.A. / CTCI CORPORATION - KAC)共同承攬商。工程範圍包括車輛、行車監控、供電、通訊及機廠設備等五大子系統的設計、界面、製造、廠測、交運、安裝、現場測試、整合測試與人員訓練等各項工作。 本次電聯車轉向架疲勞強度測試海外檢測係依據契約規定，並由廠商提出電聯車轉向架框架結構疲勞強度測試程序書，經本局核准後予以進行電聯車轉向架疲勞強度測試。本項測試目的係驗證轉向架框架與承樑在動態負載條件下，具有適當疲勞強度。另轉向架框架與承樑應承受 200 萬次週期之模擬實際營運狀態的綜合負載，以驗證轉向架框架與承樑之疲勞強度符合 PTS 第 16004 章第 2.1.24, 1.2 D 節規定。	

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

出國報告（出國類別：其他）

臺中烏日文心北屯線
機電系統工程 CJ900 標
電聯車轉向架疲勞強度測試
海外檢測出國報告

服務機關：臺北市政府捷運工程局機電系統設計處
臺北市政府捷運工程局機電系統工程處

姓名職稱：正工程司 吳銘章
副工程司 張清亮

派赴國家：日本

出國期間：105 年 1 月 20 日至 105 年 2 月 2 日

報告日期：105 年 3 月 24 日

目 次

壹、計畫緣起.....	4
貳、測試目的.....	6
參、行程紀要.....	8
肆、檢測人員及任務分配	9
伍、電聯車之轉向架框架與承樑構造說明	10
陸、檢測項目及測試紀錄(結果)心得.....	13
柒、心得.....	26
捌、建議.....	28
附錄一、測試及檢驗過程之相片紀實	29
附錄二、測試紀錄.....	53
附錄 A、起始會議及總結會議紀錄	
附錄 B、測試儀器校正證明	

壹、計畫緣起

臺中烏日文心北屯線機電系統工程 CJ900 標工程於 100 年 3 月 9 日決標並於 100 年 4 月 1 日簽訂契約，同年 4 月 21 日開工，得標廠商為「川崎重工株式會社/法商阿爾斯通運輸股份有限公司/中鼎工程股份有限公司(以下簡稱 KAC 公司)」共同承攬，工程範圍包括：車輛、號誌、通訊、供電及機廠設備之設計、製造、安裝、測試與訓練等各項作業，其中車輛部份計生產 18 列電聯車(每列車由 2 節車廂所組成，全車隊總計 36 節車廂)。本項檢測依臺中烏日文心北屯線機電系統工程 CJ900 標 PTS 2.1.24.1.2.D「轉向架框架結構疲勞強度測試」規定辦理。

本次海外檢測計畫係依臺北市政府 104 年 11 月 18 日有關「有關本局代辦之臺中捷運綠線 CJ900 標機電系統工程 104 年度因公派員出國計畫部分項目擬展延至 105 年度執行及局部修正檢測地點」簽案核示及臺中烏日文心北屯線機電系統工程廠商 KAC 公司 104 年 12 月 14 日「電聯車標子系統合格測試之轉向架框架結構疲勞強度測試國外檢測時程」來函辦理，並於 104 年 12 月 30 日經本局局長核定，由機電系統設計處及機電系統工程處各派 1 員赴日本兵庫縣神戶區川崎重工兵庫工廠執行本項測試，自 105 年 1 月 20 日啟程至 105 年 2 月 2 日完成檢測返國。

本次海外檢測係本府於 102 年 12 月 18 日府人考字第 10232391700 號函已核覆在案，並於 104 年 11 月簽請展延至 105 年度執行亦已奉核，另依廠商

KAC 公司 104 年 12 月 14 日之邀請函辦理，並於 104 年 12 月 30 日簽奉本局核定，由本局機電系統設計處與機電系統工程處各選派 1 員於 105 年 1 月 20 日起至 105 年 2 月 2 日止，赴日本執行電聯車轉向架疲勞強度測試工作，並完成任務返國。

貳、測試目的

本次電聯車轉向架框架結構疲勞強度測試目的，係驗證廠商於設計階段所提供之框架與承樑之結構強度，在動態負荷下是否擁有足夠的疲勞強度，亦即轉向架進行模擬實際營運情況之綜合負載週期 200 萬次後，檢查框架與承樑焊道無產生任何裂縫等瑕疵，以證明轉向架框架與承樑具備足夠之疲勞強度。

臺中捷運綠線電聯車依行駛線形採用具承樑之轉向架，轉向架框架與承樑之結構強度設計採用 JIS E4207 為標準，使用材料為 JIS G3114 SMA490BW、JIS G3445 STKM13A、JIS G5102 SCW450 等鋼材，以焊接方式組立而成。依契約特別技術規範 PTS 2.1.24.1.2.D 規定，轉向架應進行模擬實際營運情況之綜合負載週期 200 萬次，以證明在動態負荷下擁有足夠的疲勞強度。當進行轉向架動態負荷測試時，各個方向的負載以下列方式組合重複進行 200 萬週期，以驗證其設計強度：

A.垂直負荷： $AW2'*(1\pm40\%)$ ；

B.側向負荷： $AW2'*(1\pm25\%)$ ；

C.縱向負荷： $AW2'*(1\pm20\%)$ ；

D. (推進系統與摩擦煞車最大出力) $*(1\pm100\%)$ 。

$AW2'=AW2$ 載重減去轉向架空氣彈簧以下之質量

本項測試使用與轉向架結構靜態強度測試同一組轉向架，並於靜態強度測試通過後繼續進行轉向架疲勞強度測試。完成此項測試後，將對框架與承樑焊

道分別進行液滲探傷(PT)、磁粉探傷(MT)、超音波探傷(UT)與放射線(RT)等四項非破壞性檢測，以確認轉向架無任何疲勞裂縫產生。

本測試依據本局核定之「轉向架框架結構疲勞強度測試程序書」、「檢驗程序—測試轉向架框架與測試承樑之液滲檢測」、「檢驗程序—測試轉向架框架與測試承樑之磁粉探傷檢查」、「檢驗程序—測試轉向架框架與測試承樑之超音波檢查」與「檢驗程序—測試轉向架框架與測試承樑之放射線檢查」等設計文件執行。

參、行程紀要

日 期	行 程 紀 要
105 年 1 月 20 日 (星期三)	由臺北出發前往日本
105 年 1 月 21 日 (星期四) }	測試前簡報及召開啟始討論會議 檢查測試設施、測試儀器及準備工作
105 年 1 月 22 日 (星期五)	轉向架框架結構疲勞強度測試
105 年 1 月 23 日 (星期六) }	例假日
105 年 1 月 24 日 (星期日)	
105 年 1 月 25 日 (星期一) }	轉向架磁粉探傷測試 轉向架放射線測試
105 年 1 月 29 日 (星期五)	轉向架超音波測試 轉向架液滲測試
105 年 1 月 30 日 (星期六) }	例假日
105 年 1 月 31 日 (星期日)	
105 年 2 月 1 日 (星期一)	討論測試後之測試數據 召開測試後驗證總結討論會議
105 年 2 月 2 日 (星期二)	搭機返抵臺北

肆、檢測人員及任務分配

一、吳銘章：本局機電系統設計處正工程司，負責臺中都會區捷運系統工程烏日

文心北屯線機電系統工程標 CJ900/CJ907 標電聯車子系統細部設

計文件審查及測試監督。

二、張清亮：本局機電系統工程處副工程司，負責臺中都會區捷運系統工程烏日

文心北屯線機電系統工程標 CJ900/CJ907 標電聯車子系統相關業

務、細部設計文件審查及本次檢測測試協調與查核作業。

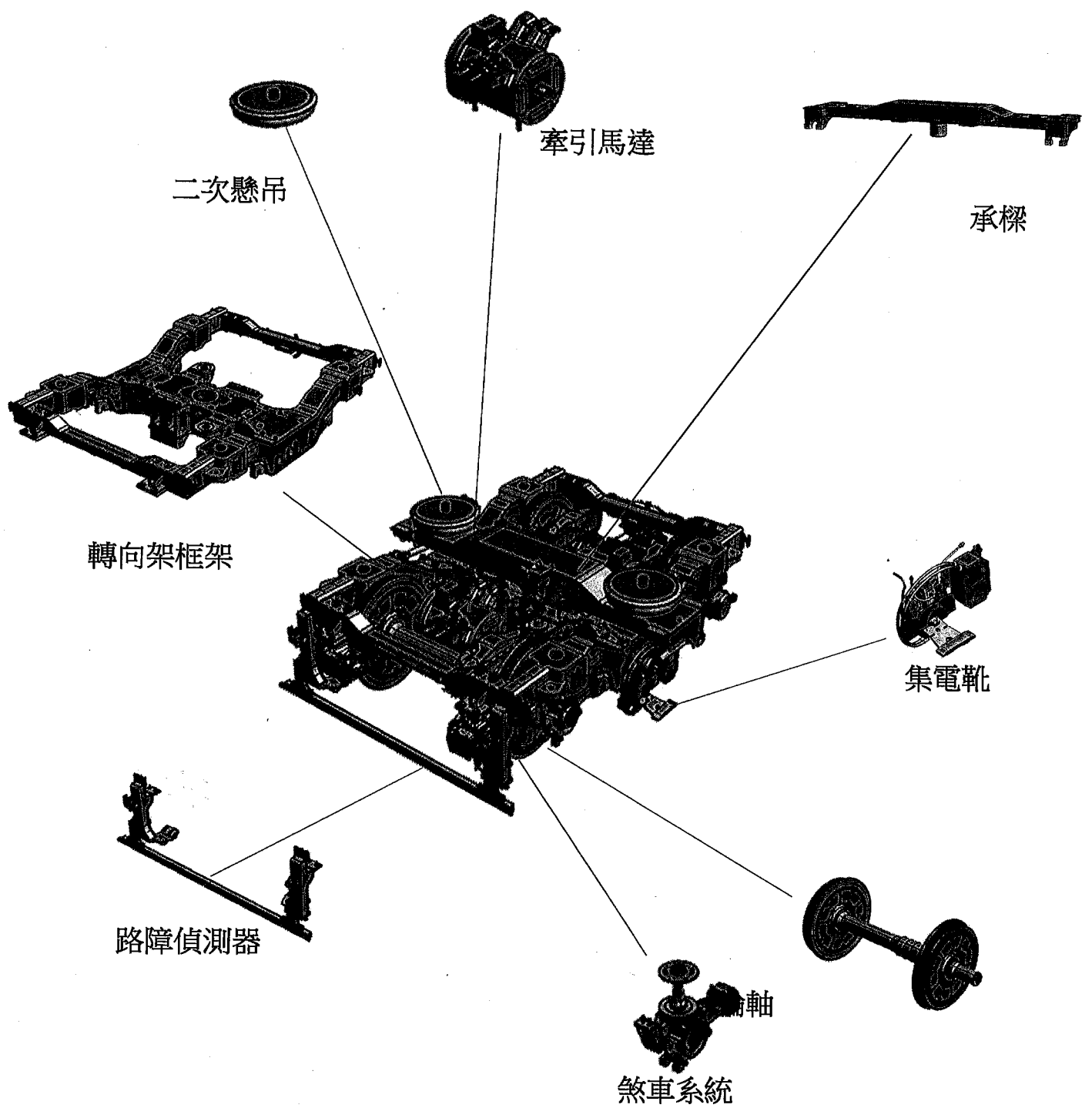
伍、電聯車之轉向架框架與承樑構造說明

臺中烏日文心北屯線機電系統工程 CJ900 標電聯車轉向架，係由日商川崎重工株式會社(KHI)負責製造，轉向架(No.1 端之動力轉向架)總成包含二組車輪及車軸總成、軸箱總成、主懸吊總成、轉向架框總成、有承樑次懸吊總成、馬達齒輪單元安裝、碟煞單元安裝、集電器安裝、管路與電纜安裝、煞車碟溫度偵測感測器與轉向架旋轉角度量測感測器安裝、指標天線安裝、障礙物偵測裝置與輪緣潤滑器。(詳請參見圖一)

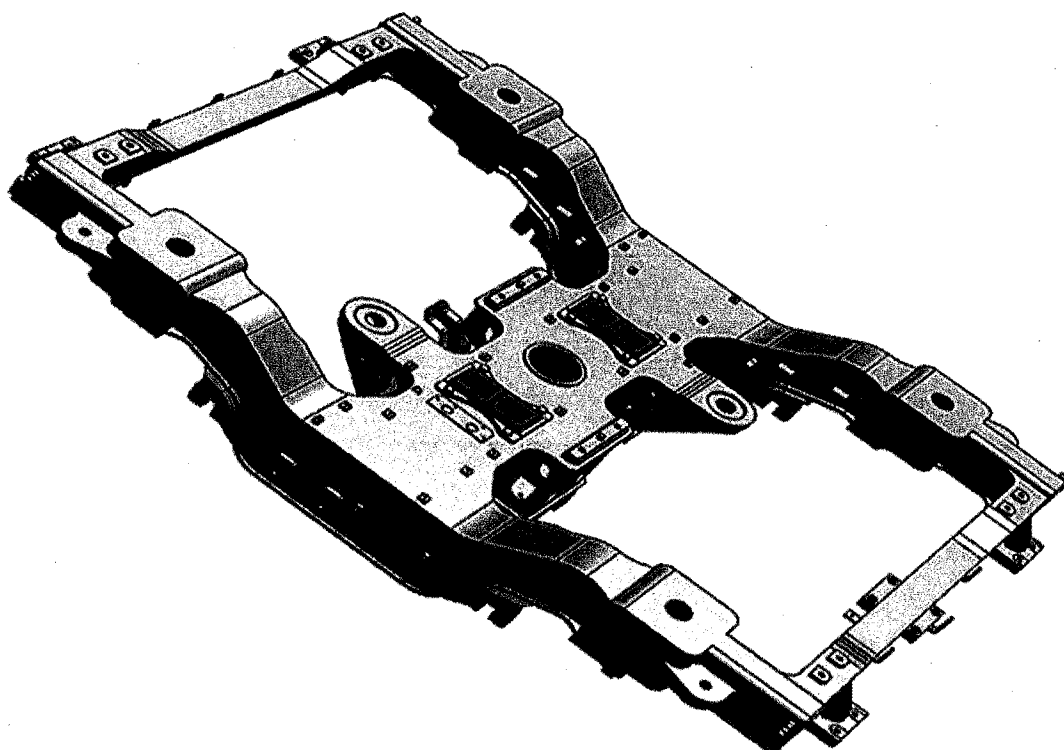
本次檢測係為電聯車之轉向架框架與承樑，轉向架框包含二個側框、橫樑、二個端樑、牽引馬達支架、齒輪箱、煞車單元、集電器、側軸承與中心銷。

轉向架框採用 JIS G 3114 SMA490BW 之耐候鋼結構鋼板焊接設計。此外，每個轉向架的轉向架框可互換使用。(詳請參見圖二)

次懸吊為有承樑式。承樑上安裝二個空氣彈簧、橫向阻尼器、橫向橡膠止擋及中心銷。二個水平閥安裝在車體底架上，以連結桿與承樑相連。承樑內側一部分做為空氣彈簧輔助容積。二個承樑錨座桿連接車體與承樑。承樑及中心銷由轉向架框上的二個側軸承板支撐。承樑亦以 JIS G 3114 製成，與轉向架框相同。(詳請參見圖三)



圖一：轉向架及承樑設備立體圖



圖二：轉向架框架立體圖



圖三：承樑設備立體圖

陸、檢測項目及測試紀錄(結果)

一、測試項目：轉向架框架結構疲勞強度測試

二、測試地點：日本川崎重工兵庫工廠

三、測試期間：105 年 01 月 20 日至 105 年 02 月 02 日

四、測試樣品：受測物為安裝於台中電聯車專案之轉向架框架與承樑（編號：W240）。

五、測試設備及量測儀器：

(一)、測試機臺：測試用之轉向架框架及承樑，安裝於模擬輪軸與實際之軸箱中，其上安裝之設備包含橫向止擋、徑向臂、主懸吊彈簧及側軸承，但不包含空氣彈簧、輪軸組、煞車卡鉗、集電器、相關管路、相關電纜、障礙物偵測裝置及橫向減震器，並由四支剛性支架固定於測試基座上。

(二)、測試設備與儀器：

1.液壓供給系統：此設備產生液壓壓力，推動致動器施加負荷於框架上。

2.液壓致動器：將負荷直接施加在轉向架框架的每個負荷支架上，這些負荷包含垂直負荷、橫向負荷、縱向負荷、煞車負荷、馬達負荷及齒輪箱負荷。

3.荷重元：此設備安裝於致動器與框架間，以監測致動器施加負荷之

狀況。

4.應變計：用於量測轉向架框架及承樑上量測點之應變。

5.位移計：用於監測負荷點之位移。

6.數據記錄儀器相關設備：交換盒、資料紀錄器及電腦，用於紀錄量測數據。

7.電腦控制室：用於荷重元輸出訊號，以控制致動器之負荷。

8.當施加負荷時，由液壓泵產生液壓，液壓傳至液壓致動器，各致動器之作用力施加於轉向架框架及承樑上；安裝於致動器及反作用力點之荷重元，將致動器實際輸出力回傳至控制室，以調控致動器之施力；應變計及位移計安裝於轉向架及承樑上，用以量測施加力所產生之應變及位移狀況；致動器之作用力、應變計之應變及位移計之位移之輸出數據均透過交換盒傳輸至資料紀錄器。

(三)、應變計與位移計之位置：

1.黏貼於轉向架框架上之應變計為 3 軸應變計型式，可用以量測框架受力後之應變，並經由應力-應變轉換公式而得到量測應力。在轉向架框架上，總計黏貼 133 個應變計，用以量測應變，而應變計之位置則取決於轉向架框架應力分析之結果，主要選擇局部高應力區域做為量測點，基於此原則而選擇(A)合併負荷(推進及煞車負載)下之有限元素分析結果，選取前 30 高應力區之部份元素(安全

係數小於 1.96)，計採用 28 個應變計(框架 18 個、承樑 10 個)。(B)

疲勞負荷下之有限元素分析結果，選取安全係數小於 1.5 的元素，

計採用 53 個應變計(框架 34 個、承樑 19 個)。(C)單一負荷下之有

限元素分析結果，選取其高應力區，計採用 52 個應變計(框架 30

個、承樑 22 個)。(D)另外亦選取已被選取的高應力元素點之對稱

位置，以用於監測負荷是否正確地施加或傳遞，共計使用 11 個應

變計。

2.為量測負荷點及主彈簧附近在承受單一負荷及合併負荷之位移，於

轉向架框上設置 16 個位移計，用於監測受力點附近之位移及分析

轉向架框架之位移。

(四)、液滲檢測 (Penetrant Testing)檢測媒介物：

1.清潔劑 Cleaner Super Check UR-ST(450 cc,噴劑)或同等之媒介物。

2.滲透劑 Penetrant Super Check UP-ST(1 liter,罐裝)或同等之媒介物。

3.顯影劑 Developer Super Check UD-ST(450 cc,噴劑)或同等之媒介

物。

(五)、磁粉探傷 (Magnetic Particle Inspection)檢查儀器：

1.便携式極間磁粉探傷儀(磁軛)

2.磁粉及懸浮液(磁懸液)

3.UV-A 光源(黑光燈)

4.標準試驗塊

5.暗室

(六)、超音波檢測 (Ultrasonic Inspection)檢查儀器：

1.超音波探傷裝置

2.斜角探頭、直角探頭

3.標準試驗塊(STB)、對比試驗塊(RB)

4.耦合劑

5.直尺

(七)、放射線檢測 (Radiographic Inspection)檢查儀器：

1.放射線探傷檢查裝置 (X 光線發生器或 γ 光線源)

2.X 光膠片

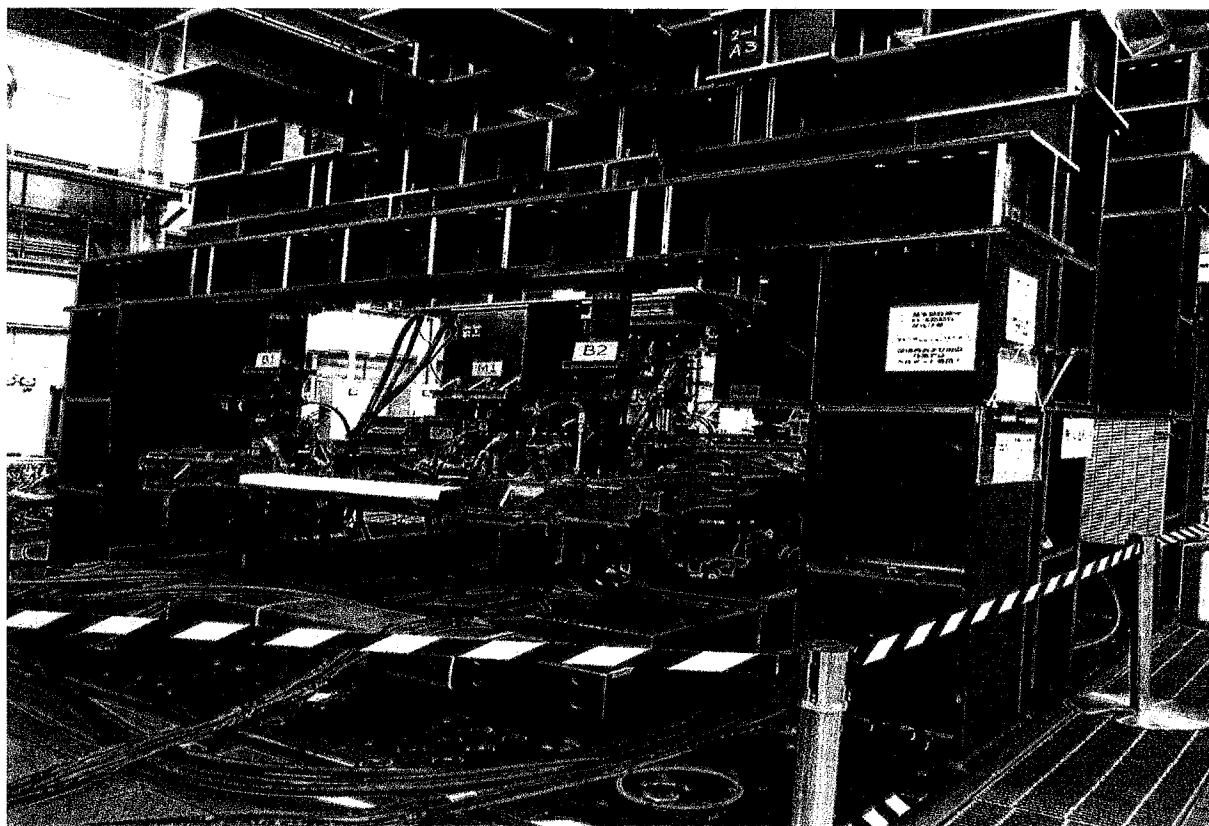
3.透度計

4.底片標記

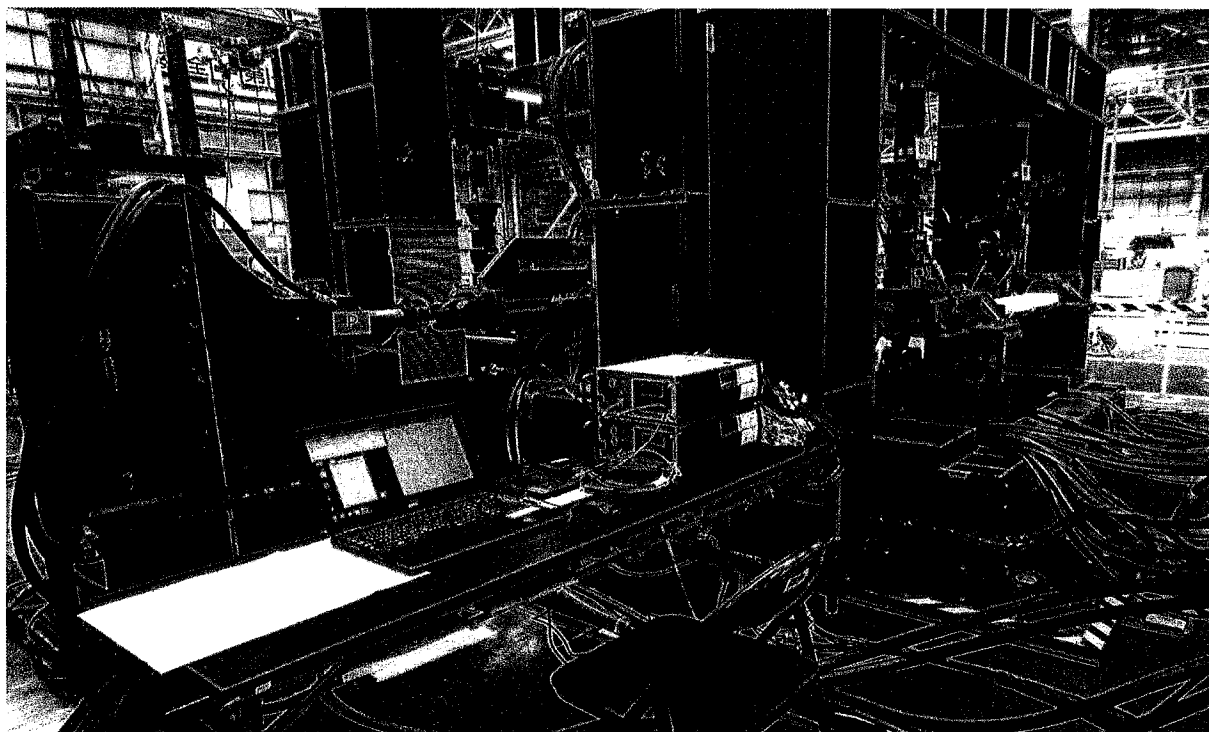
5.觀察用屏幕

6.濃度計

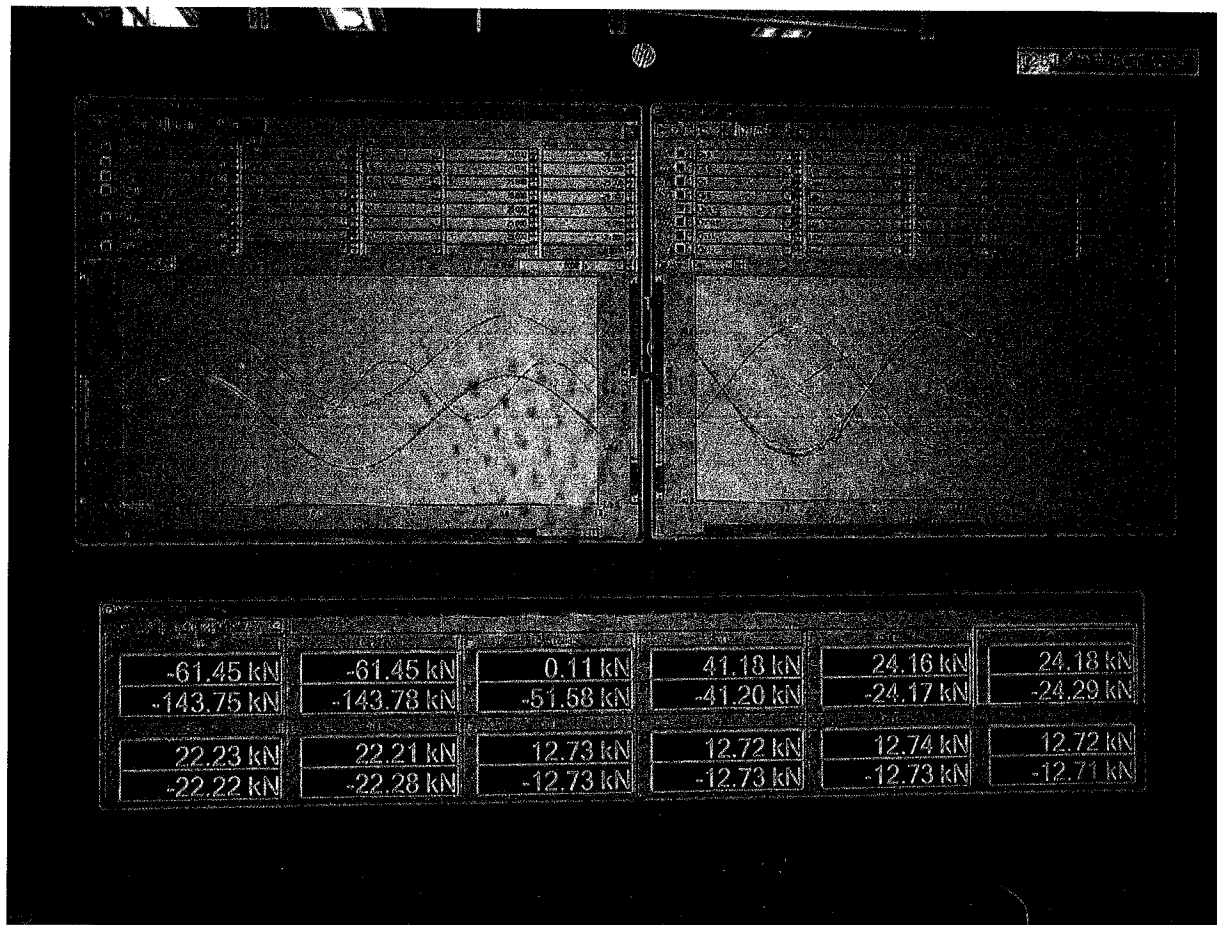
7.瑕疵影像分類計



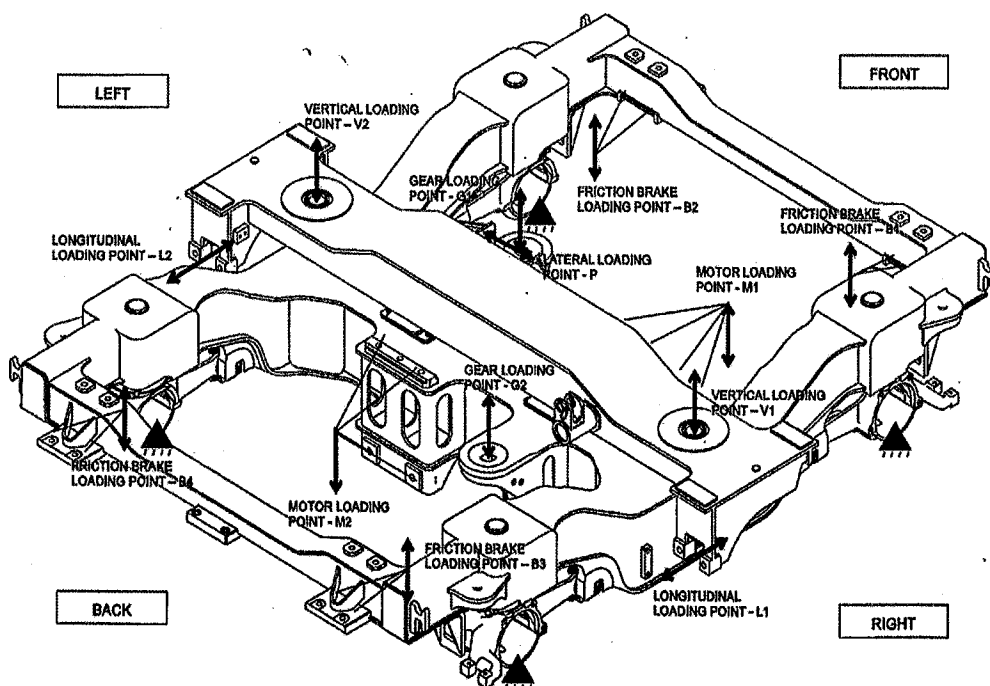
圖一：Bogie Frame Fatigue Test Start Overview



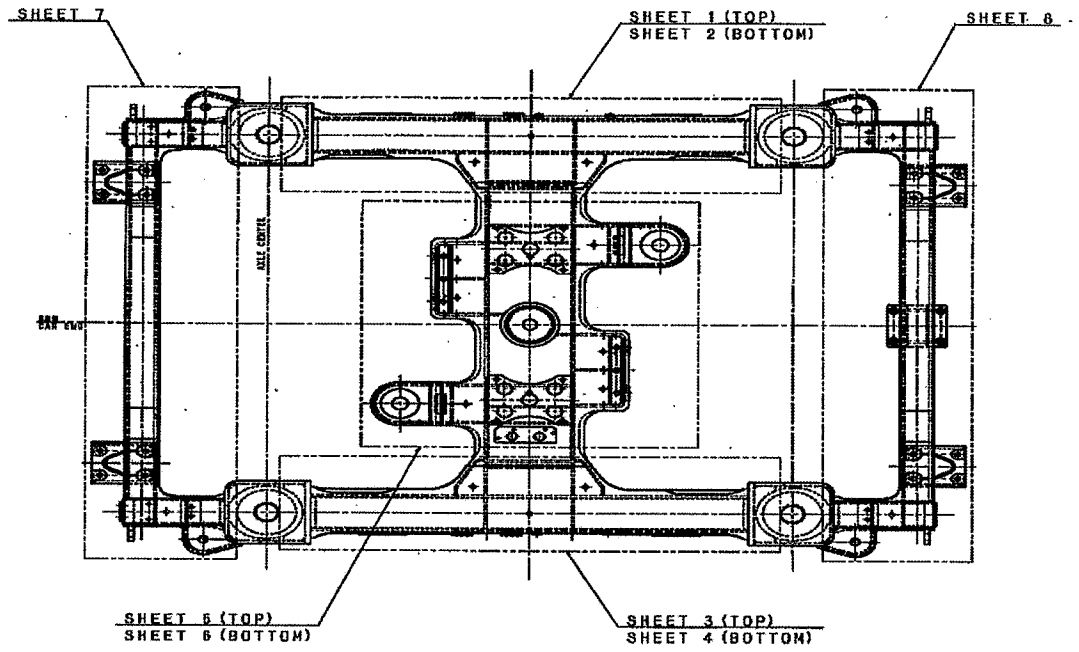
圖二：Bogie Frame Fatigue Test Start Data Logger



圖三：Bogie Frame Fatigue Test Start Monitor

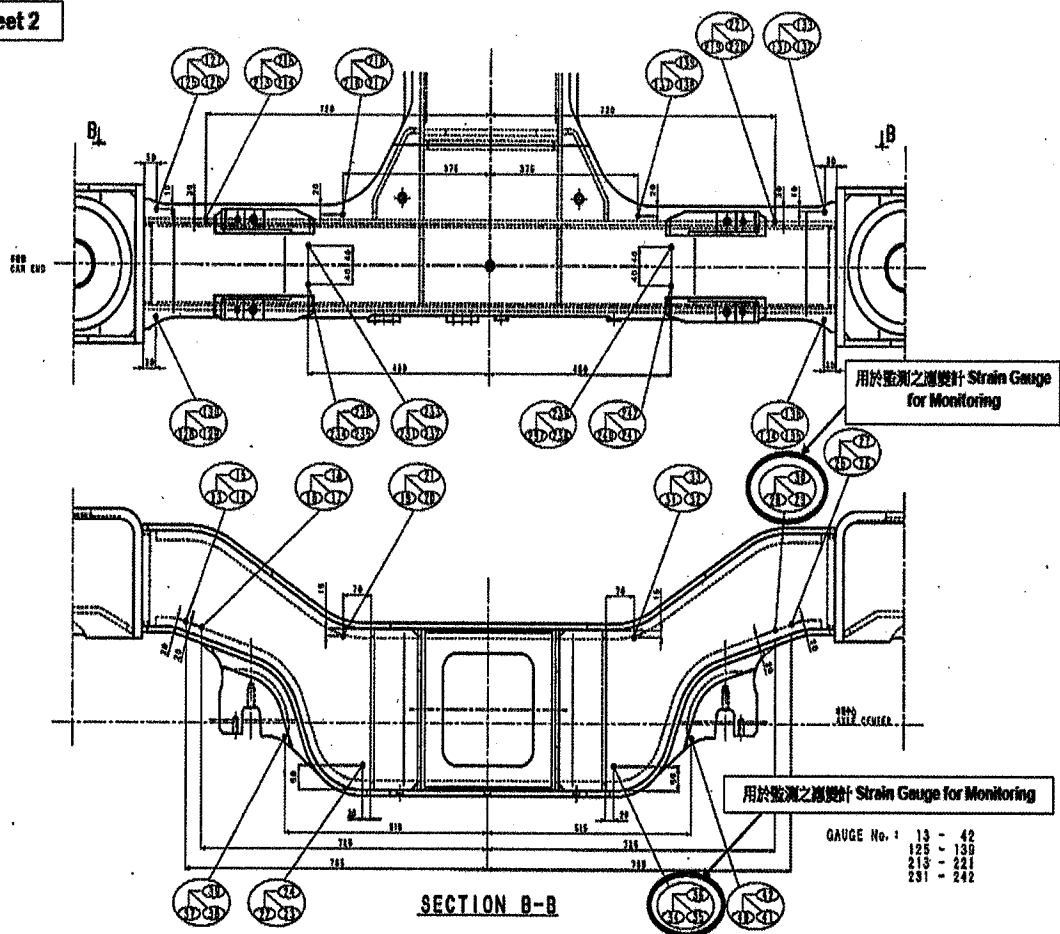


圖四：轉向架框架負載點位置之外觀圖

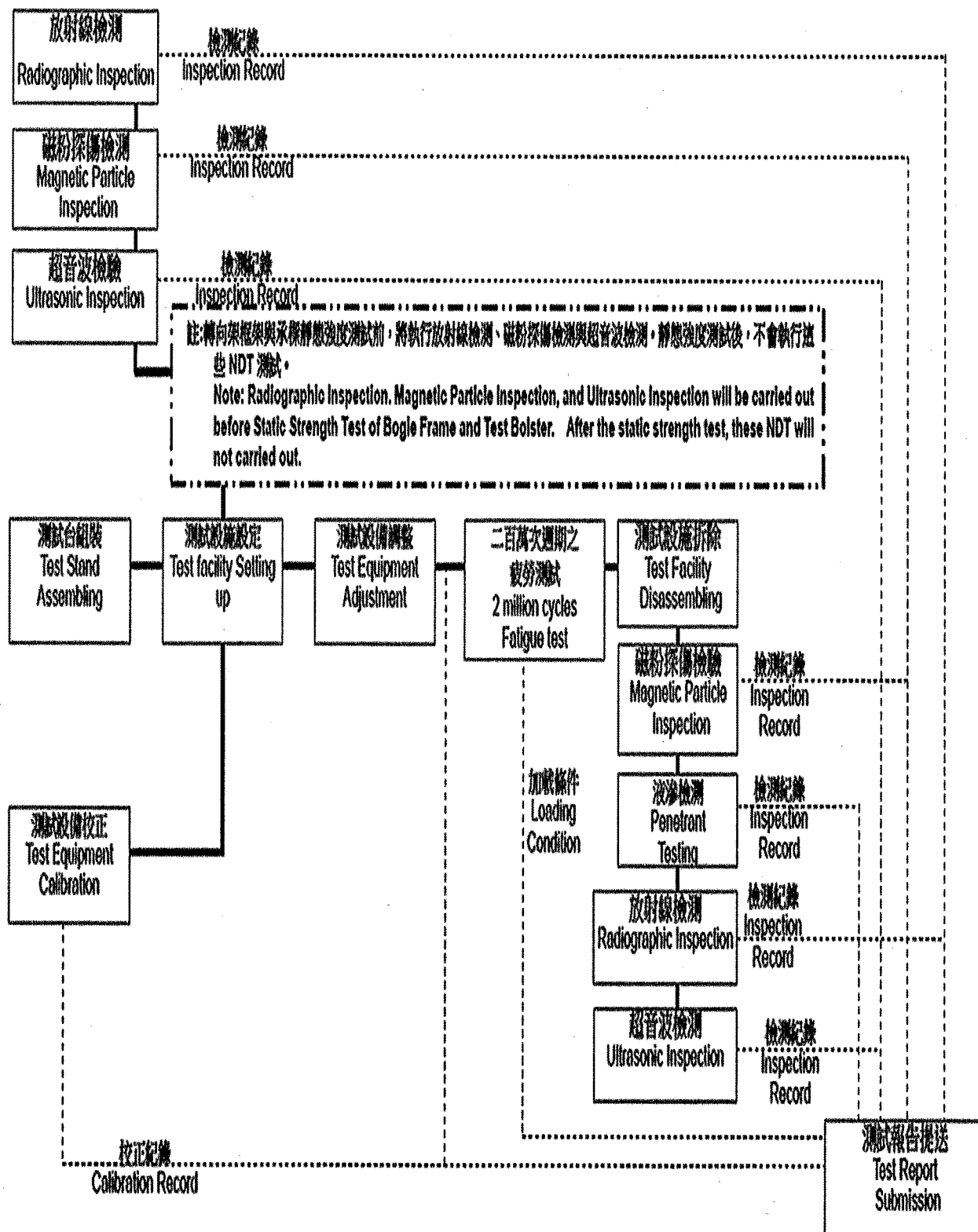


圖五：轉向架框架負載點位置之外觀圖

Sheet 2



圖六：轉向架框架負載點位置之外觀圖



轉向架框架與承樑測試順序

六、檢測過程：

因轉向架框架完成 200 萬次負載測試約需 40 天，受限於經費預算無法全程派員參與，本局人員遂於測試周期快達 200 萬次前赴工廠檢測轉向架在動態負荷受力情形，並於完成 200 萬次負載後，隨即進行非破壞檢驗以檢查框架及承樑焊道是否產生任何裂縫等瑕疵，其測試過程概述如下：

- (一)、參加測試前會議，並參觀工廠場區轉向架車體之製造組裝，介紹實驗室測試設備安裝細節以及討論相關現場測試安排及流程，並檢視設備儀器校正文件(包括荷重元、應變計、數據交換盒之合格期限校驗證明)。
- (二)、KHI 提供測試框架於強度測試前經非破壞性檢測試之報告(包括磁粉探傷檢測及 X 光放射線探傷檢測)，以證明測試框架於測試前沒有裂縫存在。
- (三)、疲勞測試於材料試驗機之測試架上進行，並將各項負荷(包含垂直、橫向、縱向、馬達、齒輪箱、煞車及防側搖機構)藉由油壓缸之反覆作動，將動態負荷施加於轉向架框架上，同時，荷重元之訊號亦會傳回電腦，電腦會檢查傳回電腦之荷重元訊號是否正確，並在測試中資料紀錄器中持續紀錄。
- (四)、測試期間每日以人工檢查測試用轉向架框架及測試設備狀況(致動器，扣件，反力樑等)。另外，亦會藉由信號分析軟體(檢查紀錄資料

之相關頻率及相位)來檢查負荷條件及轉向架架框上之應力之正確性。

(五)、完成 200 萬次動態負荷疲勞強度測試後，將框架從測試架拆下，進行非破壞性檢測，以檢查框架焊道是否產生裂痕。

(六)、非破壞性檢測

非破壞檢測共有四項，液滲檢測 Penetrate testing(簡稱 PT)、磁粉探傷檢測 Magnetic Particle testing (簡稱 MT)、放射線穿透檢測 Radiographic testing (簡稱 RT)及超音波檢測 Ultrasonic Inspection (簡稱 UT)，說明如下：

1.液滲檢測 Penetrate testing(簡稱 PT)。

(1)測試程序：依核定之 IS-A-EMU-CQ-09-0014-A，KHI 測試程序書。

(2)檢測準則：JIS Z 2343-1 非破壞檢測-液滲檢測 PART-1。

(3)檢測區域：焊接之後經研磨較平整部份，適用於焊道表面檢查。

(4)以清潔劑擦拭架框表面油污，將染色螢光劑或染料液滴入有疑慮的金屬裂隙位置，藉液體流動及滲浸性以確實反映出裂紋的情況及龜裂的走向。

(5)當滲透液接觸到被檢物表面時，因具有強的沾濕力，所以迅速

分佈於受檢區，並漸漸滲入間斷內。液滲檢測時，藉毛細管作用，滲透液逐漸沾濕並滲入間斷內，並加以擴大及蔓延，且提供一高對比度之背景，使得每一存在之間斷皆能很容易地被檢測出來。

(6)檢驗結果顯示未有不合格之瑕疵被發現。

2.磁粉探傷檢測 Magnetic Particle testing(簡稱 MT)。

(1)測試程序：依核定之 IS-A-EMU-CQ-09-0014-A，KHI 測試程序書。

(2)檢測準則：JIS Z 2320 非破壞檢測-磁粉探傷。

(3)檢測區域：焊接之後不平整部份。

(4)檢測原理：本檢測適用於可通磁性之金屬材料，當磁力線通過焊縫時若遇到有裂縫或夾渣及汽孔之地方，磁阻力加大，這時將磁粉適當地施用於經過磁化物件有裂縫或夾渣及汽孔之表面磁粉留於原處，可以檢測該物件表面附近的瑕疵。

(5)檢測方法：以電及在框架焊道上，激磁持續 5 秒，然後噴灑磁粉液，此磁粉液通常是磁粒懸浮液，或俗稱磁浴(Magnetic Bath)，以噴灑或塗刷等方式施加於試件表面，輔以螢光燈照射，以觀察是否有瑕疵。之後繼續進行下一個位置檢驗，直到所有焊道均檢驗完畢為止。

(6)檢驗結果顯示未有不合格之瑕疵被發現。

3.超音波檢測 Ultrasonic Inspection(簡稱 UT)。

(1)測試程序：依核定之測試用轉向架框架及測試承樑之超音波探傷檢查檢測程序。

(2)檢測準則：JIS Z 3060 (鋼材焊接接頭之超音波探傷檢查方法)。

(3)檢測目的及方法：超音波檢查用於檢查焊道深部瑕疵，檢查探傷部位表面狀態、接觸面形狀之後，確認探傷條件。依經確認之內容，確定探傷方法(垂直法、斜角法)、探頭之配置。

(4)檢驗結果顯示未有不合格之瑕疵被發現。

4.放射線穿透檢測 Radiographic testing(簡稱 RT)。

(1)測試程序：依核定之 IS-A-EMU-CQ-09-0014-A，KHI 測試程序書。

(2)檢測準則：JIS Z 3104 非破壞檢測-放射線穿透檢測。

(3)檢測原理：焊接內部檢查最確實的方法，射線檢查係利用具穿透能力的射線，穿透試件，再達於底片或螢幕等介質，以生成影像之記錄，然後研判影像以檢測其內部結構及試件品質。

(4)將測試框架移置於密閉房內，且於 X 光照射期間禁止任何人員接近。

(5)將兩片不同感光程度底片固定於焊道區，而在底片下方置入影

像品質顯示器 IQI(Image Quality Indicator)以偵測底片之感光品質。

(6)依據所照射之焊道型態，調整 X 光源至底片之規定距離與位置。

(7)X 光照射完成後，立即將底片沖洗，並由合格執照之技師加以判定。

(8)檢驗結果相片及底片顯示未有不合格之瑕疵被發現。

七、檢測儀器及設備校正紀錄：

檢驗過程之相片紀實請參考附錄一，相關檢視紀錄如附錄二附件 B。

八、測試紀錄：

請參考附錄二。

柒、心得

- 一、本測試屬電聯車子系統合格測試項目之一，主要目的驗證轉向架框架與承樑結構在承受 200 萬次疲勞動態測試後，不得產生任何疲勞破壞。由於疲勞應力造成之破壞往往產生於材料內部，並由內部向材料表面衍生成長，因此初期不易從材料外部目視檢查得知。所以在歷經 200 萬次動態測試後，必需對框架與承樑進行非破壞性檢測，檢查材料內、外部無任何裂縫生成，如此方能確認轉向架結構設計無虞。
- 二、轉向架在進行 200 萬次動態測試時，必需確認施加於框架與承樑的各方向動態負荷符合測試程序之規定，並對所有的檢測設備與元件，如三軸向應變計、荷重計、液壓致動器與數據記錄設備等，檢查其校正紀錄與有效期限。
- 三、當轉向架到達 200 萬次動態負載後，應先以目視方式對框架與承樑進行詳細的目視檢查，觀察材料表面是否有裂痕發生。
- 四、當轉向架框架與承樑由負載測試台拆卸後，即進行「磁粉探傷」、「放射線探傷」、「超音波探傷」與「液滲探傷」等非破壞性檢測。在進行非破壞性檢測前，需逐項檢查每一項測試所使用設備與儀器之校正紀錄與有效期限，並對檢查人員的證照逐一確認，以確保測試結果之正確性。
- 五、本次測試從參與轉向架 200 萬次動態測試到完成 200 萬次週期負荷後的目視檢查，到全程參與「磁粉探傷」、「放射線探傷」、「超音波探傷」與部份之「液滲探傷」結果未發現有任何疲勞裂縫發生，唯受限於檢測時間並無法

全程參與「液滲探傷」檢查，剩於部份焊道將由廠商自行完成，因此尚無法判斷本次測試結果合格。

六、藉由參與臺中捷運綠線電聯車廠商進行的轉向架疲勞負載測試，過程中吸收到不少現場實際測試的寶貴經驗，對於未來電聯車轉向架之設計與測試得到極大助益。

捌、建議

- 一、此次檢測首先目視轉向架達到 200 萬次動態測試，並完成非破壞性檢測「磁粉探傷」、「放射線探傷」與「超音波探傷」檢查，但受限於檢測時間而無法全程參與「液滲探傷」檢查，因此要求廠商儘速完成全部「液滲檢查」，連同 200 萬次動態疲勞測試數據與所有四項非破壞性檢測報告正式提送本局審核，以確認轉向架及承樑之設計可符合契約需求。
- 二、本次係針對首件轉向架框架與承樑產品進行檢測，後續量產之框架與承樑，仍有待本局駐廠監造人員持續進行檢測，以確保轉向架品質。至於轉向架框架與承樑焊接品質，應列入本局駐廠監造人員之檢查重點。
- 三、轉向架疲勞測試所使用之框架與承樑，在完成本次測試後不得裝置於任何車輛使用，除已告知廠商外，本局應將列入監造項目持續追蹤。
- 四、由於轉向架框架結構強度，對於整體行車安全影響甚巨，為確保電聯車品質及行車安全性，對於後續路網採購之電聯車，派遣相關設計人員赴海外轉向架製造工廠參與本項檢測是有其必要性，也更能維護本局之權益。

附錄一、測試及檢驗過程之相片紀實

附錄一、測試及檢驗過程之相片紀實