

捷運三鶯線電聯車 車間走道跨接電纜 配置查驗工作

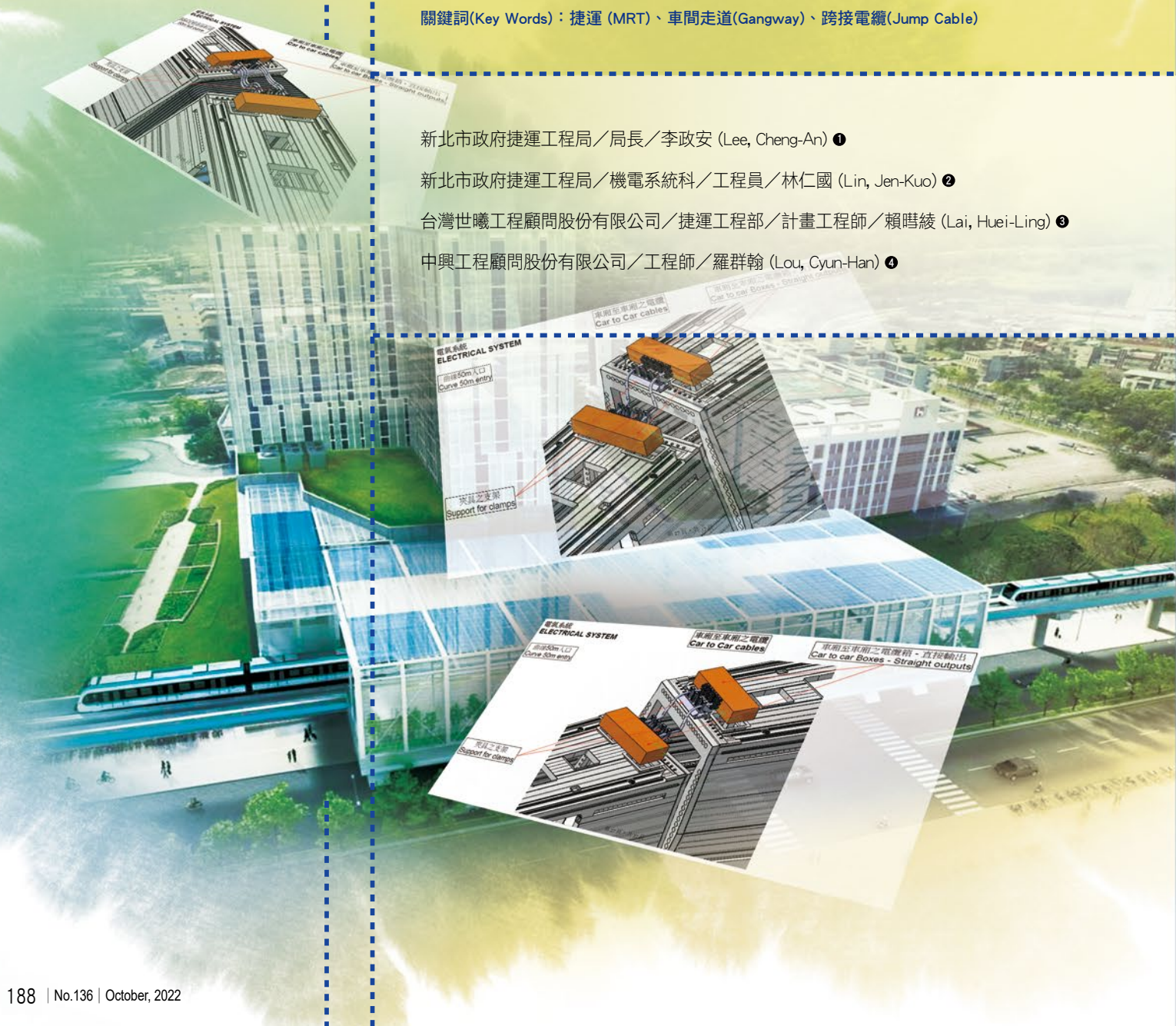
關鍵詞(Key Words)：捷運(MRT)、車間走道(Gangway)、跨接電纜(Jump Cable)

新北市政府捷運工程局／局長／李政安 (Lee, Cheng-An) ❶

新北市政府捷運工程局／機電系統科／工程員／林仁國 (Lin, Jen-Kuo) ❷

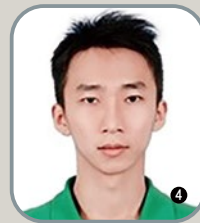
台灣世曦工程顧問股份有限公司／捷運工程部／計畫工程師／賴曙綾 (Lai, Hwei-Ling) ❸

中興工程顧問股份有限公司／工程師／羅群翰 (Lou, Cyun-Han) ❹



摘要

本文以環狀線車間跨接電纜破損案例為鑑，反饋三鶯線捷運工程電聯車細部設計成果，全面檢核車間電纜設計佈設方式、固定及保護裝置與接頭之防水等級，並確保設計規格滿足需求。更進一步考量後續量產安裝工作，精進監造查驗工作，量化其查驗標準，確保安裝品質無虞。



Design review and inspection of Metro Sanying Line rolling stock gangway jump cable

Abstract

The jump cable between two car in the Taipei Circle Line was damaged during operation, this paper take this as a warning and a full scale investigation of Metro San-Ying Line detail design including cable specification, installation, protection and IP level of connector to ensure the design meets original and application requirements. Furthermore, take the mass production into account to improve the supervision and quantify the inspection criteria during installation work to ensure quality of the cable installation.

3

專題報導

壹、前言

台北市環狀線第一階段路線包含多處小轉彎半徑，於台北捷運公司檢修時，曾在車廂間跨接電纜位置發現其中一條電纜線卡在纜線支架底板，而且發現電纜線浪管破損及電纜線接頭內插座退縮問題，拆開接頭檢查已有電線與接頭端子分開現象。由於電纜受損導致匯流排訊號斷訊，電聯車控制系統無法與車載設備建立溝通，進而出現多重故障警訊，包含了推進故障、車載控制設備故障、脫軌偵測等。

由於三鶯線線形條件亦包含諸多小轉彎半徑，易造成車廂間跨接電纜偏擺波幅較大，且電聯車均由相同車輛廠商設計，實有反思設計成果有無精進空間，故就設計、安裝、測試與營運等多重面向進行檢討，全面檢視三鶯線車間走道車頂電纜配置，並彙整監造針對電纜安裝之查驗工作說明，以確保符合三鶯線需求，並避免發生類似事件。本文目的即是分享上述檢核結果精進查驗作為。

貳、捷運電纜配置相關鐵路標準及設計準則

一、電聯車車間電纜概述及三鶯線契約規範

電聯車車間跨接電纜配置於車廂與車廂間，聯結車廂間之高壓、中壓及低壓電，傳遞車廂間之電力供應及控制訊號，發生緊急狀況時亦可作為車廂間供電系統互相備援之通道。另因跨接電纜配置於車外，環境條件相對較為嚴苛，故電纜皆使用可撓性並具有防塵防水能力。

設計上需考量關鍵重點包含電纜長度及移動性分析、電纜固定及保護裝置與防水等級，分項說明如下：

(一) 電纜長度及移動性分析：車間跨接電纜設計，應能應付在專案各種最不利條件下，順利行駛於正線與機廠內，需綜合考量電聯車尺寸與路線條件決定跨接電纜所需長度，且佈設方式需考量不會造成電纜彼此磨擦。

(二) 電纜固定及保護裝置：車間電纜於列車行駛時受列車轉彎及振動影響，並可能造成拉扯及磨擦，電纜應有適當固定及保護裝置。

(三) 防水等級：車外之電纜接頭處在暴露環境下，應考量環境影響，需具有防水能力。

捷運三鶯線電聯車電纜設計規範，除前開重點，另考量該路線電聯車需求，參考交通部「捷運軌道車輛技術標準規範—高運量鋼軌車輛規劃基準」及國內各捷運系統電聯車規範條文與精神，如臺北捷運、機場捷運等。節錄捷運三鶯線規範，針對電纜設計功能需求如下：

(一) 為避免纜線損傷(如光纖及電線電纜管線)，造成訊號衰減，施工拉線轉折、轉彎角度等工法，需提送業主核准。

(二) 電線(纜)裝配應以適當固定裝置縛緊。電線(纜)佈設若有磨擦破損之虞，應加裝保護裝置。

(三) 所有車外之電線(纜)接頭處(含車與車間以及車頂與車底間等)均應以防水裝置保護，其應達 IEC 60529 規定之防水等級至少 IP 56 以上。

二、國際標準/區域標準/CNS

電纜佈設相關設計標準：

EN 50343 Railway applications - Rolling stock - Rules for installation of cabling 律定電

纜材料應經型式測試驗證並應依據使用環境及功能選擇適當地尺寸及安裝工法。根據該標準8.1章節，電聯車電線完成安裝後，應依據EN 50215章節8.2.2.2及8.2.2.3進行測試，以驗證轉向架和車間軟管及電纜的適當長度，該測試可於測試台上進行靜態測試，也可以於動態測試期間進行。

EN 50215 Railway application - Rolling stock - Test methods for rolling stock after completion and before entry into service 律定電聯車於營運前應執行之測試方法。

IEC 61133 Railway applications - Rolling stock - Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service 律定電聯車於營運前應執行之測試方法。

參、捷運三鶯線車間走道電纜配置設計檢核

一、三鶯線電聯車暨車間走道跨接電纜配置設計概述

三鶯線電聯車係由株式會社日立製作所 (Hitachi Consortium) 承攬，列車長度約35公尺，由兩節車廂構成，可載運330人，每列車在同側配置有6具滑門，設備主要放置在地板下方及車內專用設備櫃，僅有空調模組(每車廂2組)和煞車電阻裝於車頂，列車最大營運時速為70公里，最大設計時速為80公里。係以無人駕駛中運量捷運通訊式列車控制系統為基礎，能夠雙向全自動行駛，並設有手動駕駛操作台，以供在緊急狀況下手動駕駛。

三鶯線車廂間跨接電纜採集中配置方式，由車間走道上方中央處直接連接，以俯視角度呈現一字形(如圖1、圖2及圖3)，該設計適合通行於小轉彎半徑路線，將跨接電纜集中配置於車輛中間，可有效降低車輛過彎時受制於內外側電纜承受擠壓與拉扯問題。

而環狀線車廂間跨接電纜，係平分為兩組，搭配導引金屬板由左右兩側跨接，以俯視角度呈現橢圓形狀，由於電纜鄰近導引金屬板，可能會因列車振動及轉彎過程緣故，使蛇管振動而卡住造成破損情形(如圖4)。

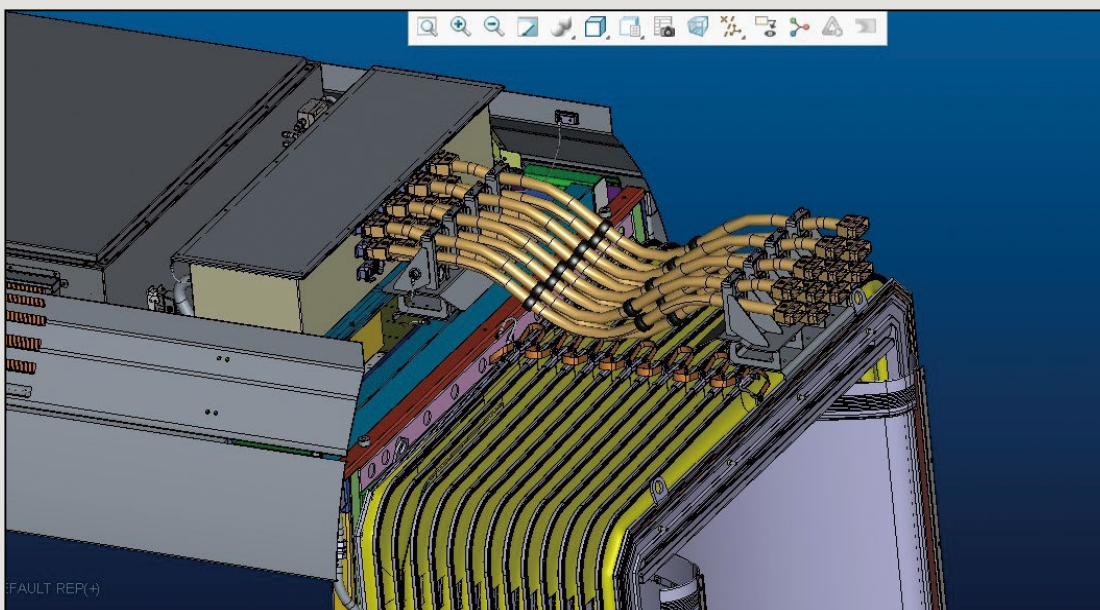


圖1 三鶯線車間跨接電纜配置剖面圖

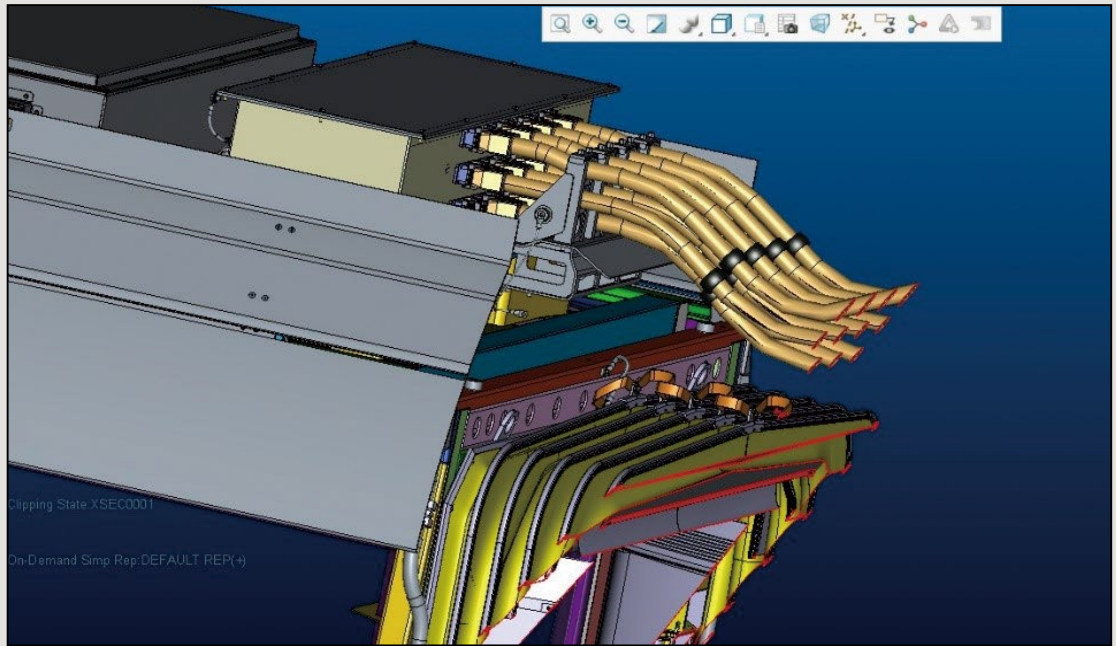


圖2 三鶯線車間跨接電纜中段剖面圖

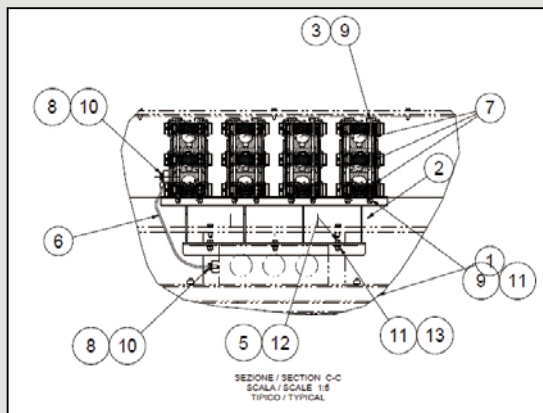


圖3 三鶯線車端接線箱端子點位配置圖

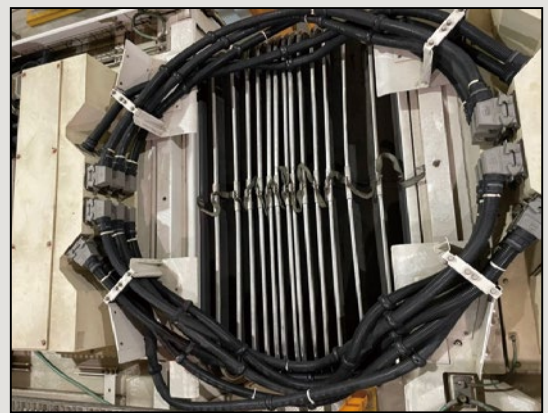


圖4 環狀線車間跨接電纜配置

二、電纜佈設移動性分析

車間跨接電纜線於行駛之動態過程中，當車輛經常行經小轉彎路段時，容易因搖晃、振動、拉扯擠壓或其他各種因素，使電纜與其周遭物件增加接觸機率，因此，避免互相干涉係克服電纜拉扯及浪管受損問題之關鍵課題。

三鶯線線形多有小轉彎半徑，於設計時將此情形納入考量，於車間跨接電纜處均設有支

架限制電纜擺動幅度，並適度考量導板及導角設計，降低電纜及電纜線浪管磨擦破損問題，且因考量車輛行駛於不同路線條件，保留電纜因應過彎及縱曲線變化所產生不同長度需求之彈性，而非僅以端子間最短距離設計電纜長度。

然因電纜具有一定的柔軟度，在無拘束條件控制運動路徑時，具有最高活動自由度，亦即當列車靜止時，電纜因受到重力而自然垂落

(如圖5)；而當車輛移動時，電纜將隨著車輛加減速、振動及重力等不同受力條件隨機擺動。因此，為避免發生電纜干涉與磨損情形，於設計時應特別探討電纜在各種極端位置條件下，有無遭鄰近支架、線槽或構造物勾扯之可能性。

確認設計可符合三鶯線路線之轉彎需求。

雖經檢核，可初步判定設計成果能滿足使用需求，然僅限於書面確認工作，相關模擬情境仍依循人為輸入之假設條件所呈現之成果，尚須透過實體測試驗證，確認不同擺動情境與

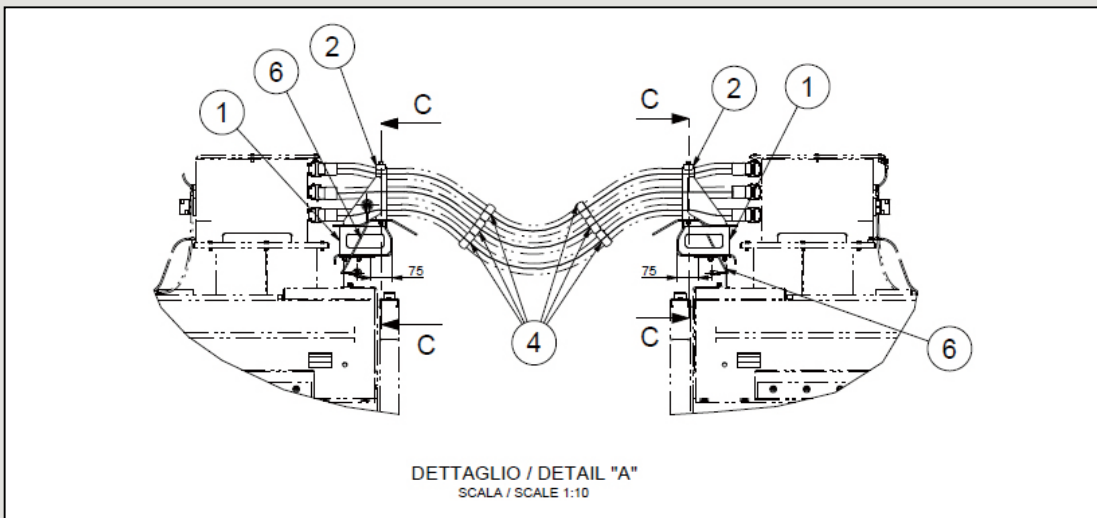


圖5 三鶯線車間跨接電纜側視圖

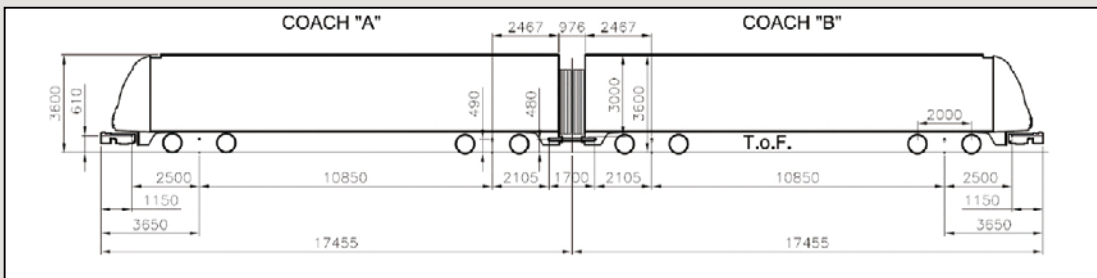


圖6 列車尺寸標示圖面

三鶯線電聯車車間標稱距離為976mm(如圖6)，於機廠線和主線上於50m完整曲線軌道最嚴苛條件下(如圖7)，車體間最大距離為1382mm，電纜接頭最大距離為1639mm，故電纜長度設計為1.7m(如圖8)，符合車間電纜移動性需求，避免電纜長度不足造成拉扯情形。

另依據三鶯線線形條件進行模擬，確認電纜在各種情境之移動性，包含正常位置、100m曲線軌道/逆曲線軌道、50m完整曲線軌道及曲線50m入口(如圖9至圖13)，經以上分析檢核，

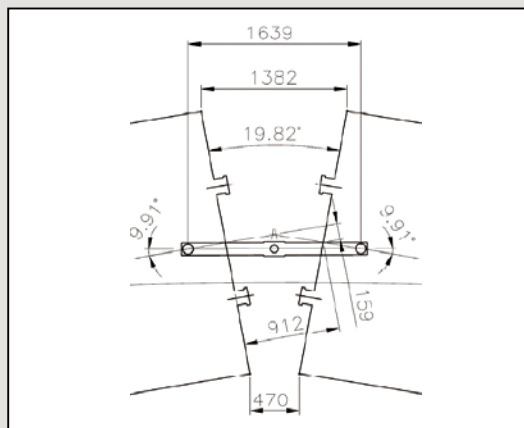


圖7 車廂間偏擺極限尺寸圖

FASCIO Bundle	BT_CA_J006	Lunghezza mt. Length mt.	1,70	Partenza Start	CTP05-A	Arrivo End	CTP05-B
------------------	------------	-----------------------------	------	-------------------	---------	---------------	---------

圖 8 低壓跳線料件清單內標示電纜長度

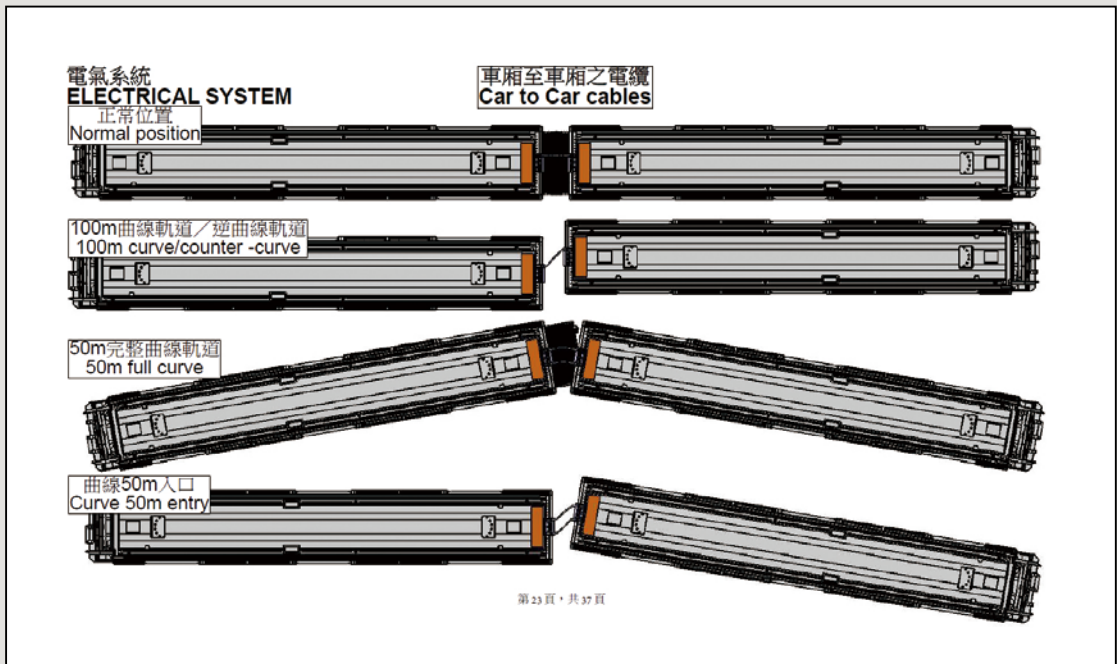


圖9 列車於不同路線條件之電纜活動性模擬

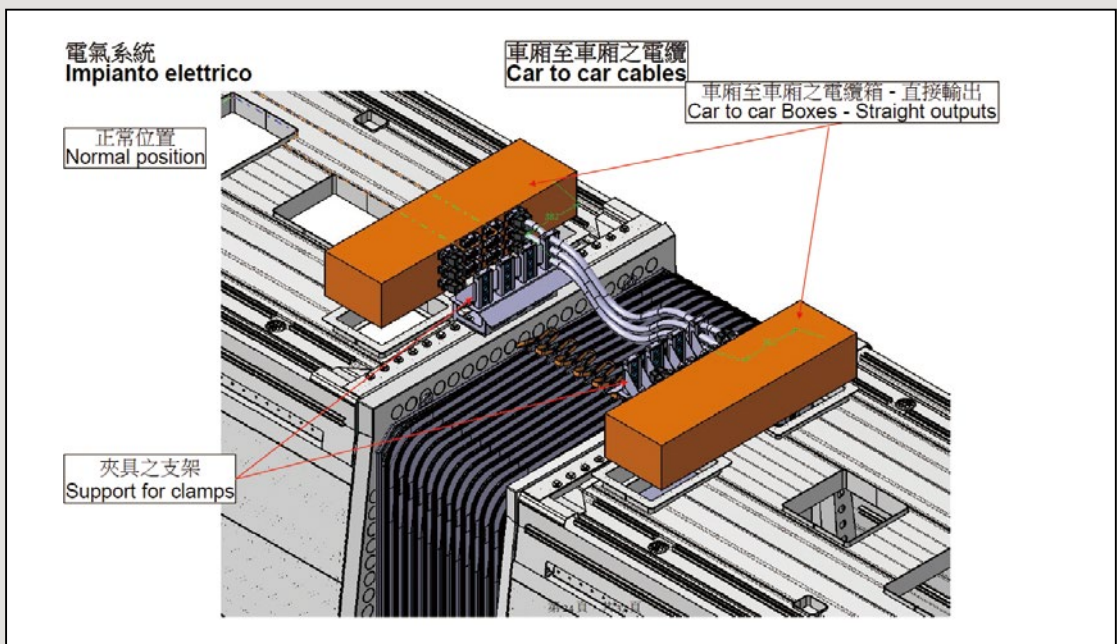


圖10 列車於正常位置之電纜活動性模擬

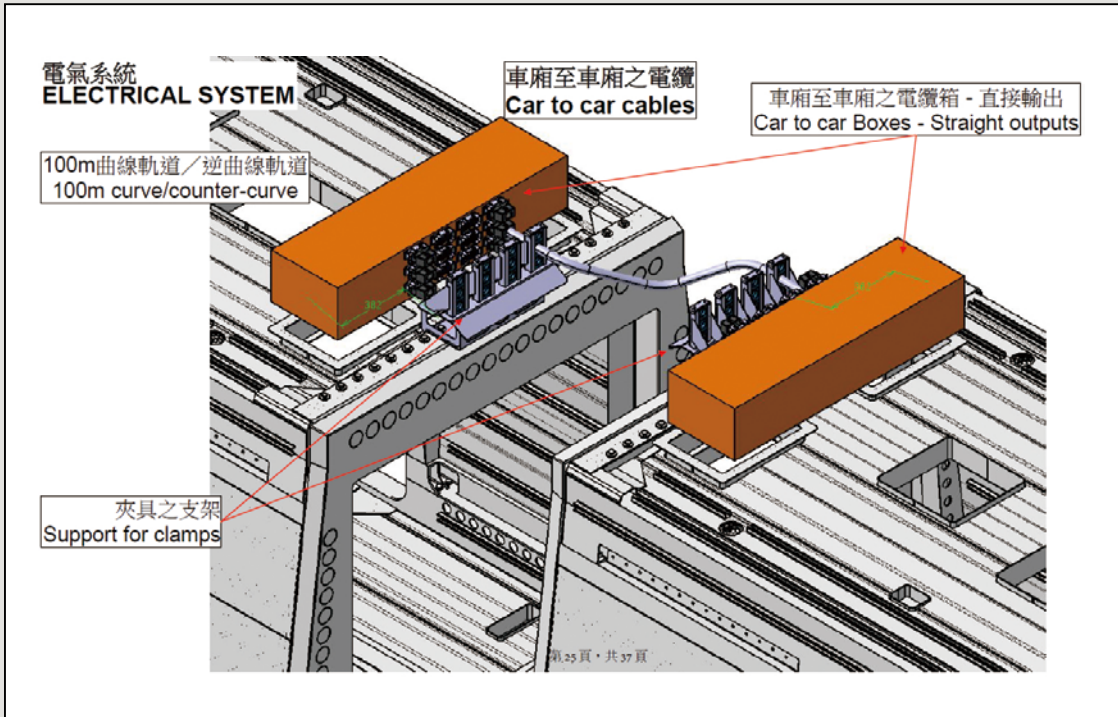


圖11 列車於100m曲線軌道/逆曲線軌道之電纜活動性模擬

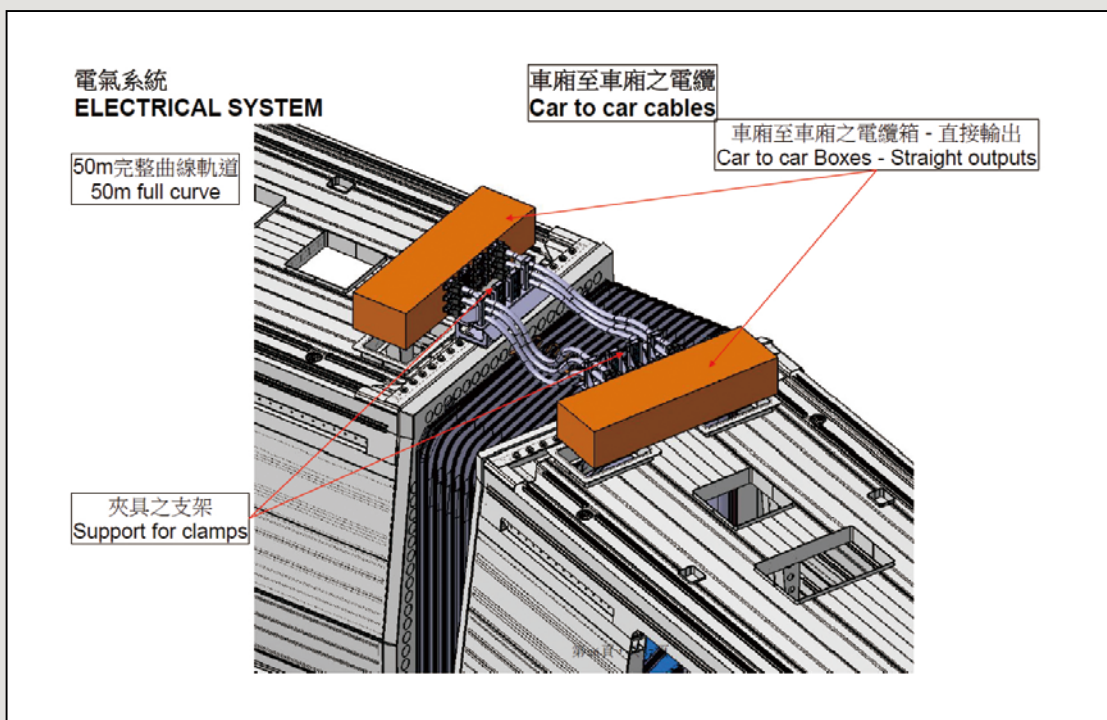


圖12 列車於50m完整曲線軌道之電纜活動性模擬

電氣系統 ELECTRICAL SYSTEM

曲線50m入口
Curve 50m entry

車廂至車廂之電纜
Car to Car cables

車廂至車廂之電纜箱 - 直接輸出
Car to car Boxes - Straight outputs

夾具之支架
Support for clamps

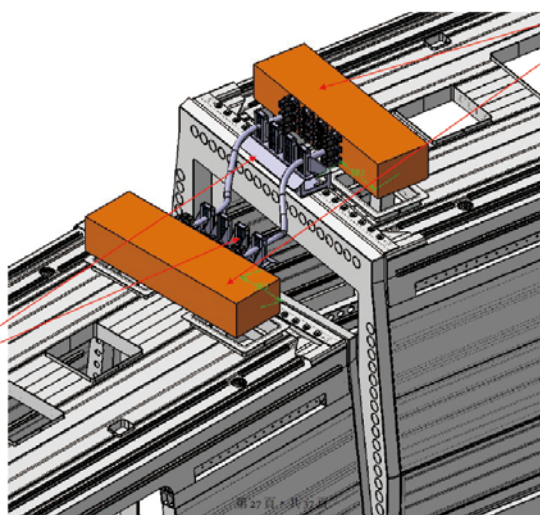


圖13 列車於曲線50m入口之電纜活動性模擬

極端條件，讓設計檢核作業較為全面，故依據 EN50215/IEC 61133規定，實際測試驗證電纜移動性需求。後續測試結果若仍有電纜勾扯或磨損疑慮，將依契約規定要求加裝保護裝置。

三、車外電纜設計其他注意事項

三鶯線車間走道電纜位於車外，對於雨水、砂塵等防護條件須特別注意，電纜接頭皆採用防水等級為IP66，符合契約要求至少IP56之規定。

肆、製造、施工、安裝階段之查驗工作

為有效控管車間走道上電纜安裝及佈線品質，監造單位將透過每日巡檢方式把關電聯車組裝品質，並依據「三鶯線捷運系統計畫監造

顧問委託技術服務案契約書」規定，監造單位所需之抽(檢)驗頻率以統包廠商按規定應送抽(檢)驗項目10%為原則，其中跨接電纜之長度、組裝介面及電氣性質已列為檢核重點。

車輛廠商係採購接頭與電纜完成組裝之跨接電纜成品，於材料到貨後，將先由車輛廠商進行驗貨自主檢查，合格後向監造工程師提送出廠合格證明及原材料材質證明，依據廠商之設計文件，電纜長度應為1.7公尺，監造單位將會抽驗量測電纜長度，以確保符合設計需求。

另依據三鶯線電聯車生產和檢驗流程，於車底盤／車內／車頂配線（高壓、中壓、低壓）施作完成後，檢驗車間走道上電纜安裝及佈線品質。依據安裝圖說，電纜固定架螺栓鎖固扭力值為31Nm，監造單位將於轉向架與車廂連接後，針對車間走道上電纜固定架螺栓鎖固及組裝品質進行抽查。

三鶯線電聯車全部列車需於出廠前完成電路連續性測試，測試項目包含車間跳線之功能測試，以檢驗連接車廂A到車廂B的高壓、中壓及低壓車間跳線電纜皆有導通並正常運作。

結論

經環狀線案例分析，車廂間跨接電纜勾扯及磨損為本次事件主因，透過細部設計文件，尺寸、規格、2D圖面及軟體模擬分析等送審文件再次檢核，初步確認可避免發生類似事件，嗣後再依據案例回饋，於實際測試驗證時，特別檢核電纜各式擺動情境與極端條件，藉由加裝保護裝置之幾何限制方式強化，可完全避免相關風險。

本份報告除檢討事件肇因改善與精進手段，更針對其他應注意事項，包含端子防水性、電纜電氣性質及安裝品管制度等進行全面性考量，確保三鶯線車間走道車頂電纜配置之設計成果，從技術面及制度面，在設計、施工安裝及測試各階段落實。

參考文獻

1. 交通部頒布(102年11月)捷運軌道車輛技術標準規範—高運量鋼軌車輛規劃基準
2. 新北市政府捷運工程局(105年) 捷運三鶯線業主需求書(二)
3. 新北市政府捷運工程局 三鶯線捷運系統計畫監造顧問委託技術服務案契約書
4. 日立軌道交通號誌系統(股)有限公司/榮工工程股份有限公司/株式會社日立製作所共同承攬SYL-TK01-TS-ERS-0058電聯車-期中-電氣系統說明
5. 日立軌道交通號誌系統(股)有限公司/榮工工程股份有限公司/株式會社日立製作所共同承攬SYL-TK01-TS-ERS-0052_車間走道技術說明
6. 日立軌道交通號誌系統(股)有限公司/榮工工程股份有限公司/株式會社日立製作所共同承攬SYL-TK01-PLN-ERS-0002_車輛系統品質管理計畫
7. 日立軌道交通號誌系統(股)有限公司/榮工工程股份有限公司/株式會社日立製作所共同承攬SYL-TK01-PRO-ERS-0168_電路連續性測試程序