出國報告（出國類別：進修）

參加鐵道列車紀錄裝置解讀在職訓練
出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會
姓名職務：助理研究員／顏怡庭
副調查官／王子韋
派赴國家／地區：英國德比
出國期間：民國 113 年 12 月 7 日至 12 月 14 日
報告日期：民國 114 年 3 月 14 日

本頁空白

公務出國報告提要　　系統識別號**********

出國報告名稱：參加鐵道列車紀錄裝置解讀在職訓練出國報告

頁數：33 頁　　含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會
聯絡人：郭芷桉
電話：（02）7727-6228

出國人員姓名：顏怡庭
服務機關：國家運輸安全調查委員會
單位：運輸工程組
職稱：助理研究員
電話：（02）7727-6219

出國人員姓名：王子韋
服務機關：國家運輸安全調查委員會
單位：運輸工程組
職稱：副調查官
電話：（02）7727-6327

出國類別：□1 考察■2 進修□3 研究□4 實習□5 視察□6 訪問□7 開會□8 談判□9 其他
出國期間：民國 113 年 12 月 7 日至 12 月 14 日
出國地區：英國
報告日期：民國 114 年 3 月 14 日

分類號/目

關鍵詞：鐵道列車紀錄裝置、運輸安全

內容摘要：

國家運輸安全調查委員會於 2019 年 8 月自飛航安全調查委員會改制後，調查範圍擴充至水路、鐵道、公路事故，即積極建置鐵道相關調查能量。其中，鐵道列車紀錄裝置資料解讀能力猶為重中之重，解讀後紀錄器資料可應用於事故重建。英國鐵道事故調查局（Rail Accident Investigation Branch, RAIB）為國際鐵道事故調查單位中具備領導地位者，經本會聯繫後同意提供相關訓練課程。課程內容包含：RAIB 及英國鐵道事故調查概述、RAIB 實驗室參訪、鐵道列車紀錄裝置介紹、英國及歐盟有關鐵道事件紀錄器 OTDR 相關法規規範、以紀錄參數數據為依據建構回放動畫、使用 RAIB 實際事故案之原始資料進行 OTDR 解讀軟體實作、CCTV 影像紀錄比對、重大調查案例分享等，本會亦針對實驗室近期發展及調查案例進行技術報告，最後一天則前往英國諾丁漢輕軌機廠，實地觀摩 OTDR 數據下載及解讀、營運單位內部事件調查程序及營運安全分析作業等流程。

本會鐵道列車紀錄裝置解讀率已達 100%，然仍缺乏實際事故案例解讀經驗，透過本次訓練，本會同仁可熟悉 OTDR 解讀軟體之操作，並獲得與國外調查單位交流技術經驗之機會，包含數據確認、整理、分析及呈現之技巧，進一步精進鐵道事故調查技術能量。

目次

一、 前言 1

二、 課程簡介 3

三、 RAIB 英國鐵道事故調查局訓練 5

四、 受訓心得及建議事項 31

本頁空白

一、 前言

鐵道事件紀錄器（On-Train Data Recorder，簡稱 OTDR[1]）為鐵道業界相應於飛航紀錄器（Flight Recorders）或船舶航行資料紀錄器（Voyage Data Recorder, VDR）等用以保存事故資料之紀錄器。依據本會 113 年度鐵道列車紀錄裝置普查結果，我國列車目前有 8 種已安裝事件紀錄器，以高鐵、捷運及輕軌電聯車為主，而其他列車雖未安裝事件紀錄器，仍可自各種列車運行資料紀錄裝置上讀取各式零組件所感測之數據及操作運行指令等相關數據，這些鐵道列車紀錄裝置上的資料，是還原事故經過及肇因的重要證據，正確並迅速的完成紀錄器解讀，為事故調查過程的重中之重。本會自民國 108 年改制後，調查範圍從航空擴及至水路、公路及鐵道等多模組運輸事故，並積極建置各模組事故調查所需之模擬分析能量。除參考過往飛安會時期建置經驗，參考其他成熟的鐵道事故調查單位之作法也能有效提升本會技術能量。

英國為現代鐵路及地鐵系統的發源國，鐵道產業發展歷史悠久，英國政府鐵道事故調查局（Rail Accident Investigation Branch, RAIB）成立於 2005 年，亦為國際上少數專門專注於鐵道事故調查之機關。英國鐵道路線及車種多元，亦與台灣之情形相似。2023 年，RAIB 派員於事故調查員紀錄器會議（Accident Investigator Recorder, AIR）會議中展現鐵道事件紀錄器 OTDR 解讀、事故重建回放動畫模擬、鐵道事故調查實務經驗等能量，本會與會人員交流後深感值得前往取經，深入向其學習，遂於會議之後積極聯繫，RAIB 亦同意提供相關訓練課程。

本次訓練主題以鐵道事件紀錄器之解讀為主，本會近來雖已建置多款 OTDR 解讀能量，但尚無實際應用於調查之案例，透過本次訓練，本會同仁可熟悉解讀軟體之操作，並與國外調查單位交流技術經驗，包含數據確認、整理、分析及呈現之技巧，進一步精進鐵道事故調查技術能量。

[1] 此裝置有多種名稱，本報告以英國所使用之 OTDR 為主要用語，其他名稱見後續章節說明。

本頁空白

二、 課程簡介

本訓練由 RAIB 在其位於英國德比市之分部辦公室辦理，訓練期間自 113 年 12 月 9 日至 11 日共 3 天，本會工程組 2 員參加。行程表如下：

第 1 日課程：RAIB 及英國鐵道事故調查概述、鐵道列車紀錄裝置之介紹、英國及歐盟 OTDR 相關法規規範、以紀錄參數數據為依據建構回放動畫、RAIB 實驗室參訪、重大調查案例分享等，本會亦針對實驗室近期發展及調查案例進行技術報告。

第 2 日課程：使用 RAIB 實際事故案之原始資料進行 OTDR 解讀軟體實作、CCTV 影像紀錄比對、本會案例探討等。

第 3 日課程：前往英國諾丁漢輕軌機廠，實地觀摩 OTDR 數據下載及解讀、營運單位內部事件調查程序及營運安全分析作業等流程。

Tuesday 10 December	
10:00	Welcome, health and safety briefing, building facilities
10:15	RAIB presentation - Introduction to RAIB
11:15	Tour of the RAIB office
12:00	Lunch
13:00	RAIB presentation - Introduction to OTDRs, including UK mainline standards and requirements
15:00	RAIB presentation – Using OTDR data to help create animations
15:30	TTSB presentation – TTSB lab developments and investigation cases
16:30	End of day
Wednesday 11 December	
09:00	Working with OTDR files
09:30	EVA2 / EVA+ software and case studies
12:00	Lunch
13:00	SAM 4.2 / SAM5 software and case studies
15:00	Other OTDR software we use regularly – QUADS, Analyser 3
16:00	End of day
Thursday 12 December	
09:15	Meet at office and travel to depot
10:00	Depot visit – Nottingham Tram, Wilkinson Street depot - Walk around a tram - Demonstration of an OTDR download from a tram - Discussion on ADS3 software
14:00	Return to office, any other questions or discussions End of visit

圖 2.1 本次訓練課程簡介

三、 RAIB 英國鐵道事故調查局訓練

1、第 1 日課程

本日課程主要分為兩部分，上午課程主要著重於 RAIB 的介紹及調查能量，下午課程則著重於 OTDR 介紹、相關規範及應用於數據呈現的方式，本會亦於本日進行本會簡介及案例分享。

1-1、RAIB 及英國鐵道事故調查概述

英國鐵道事故調查局（Railway Accident Investigation Branch, RAIB）為一隸屬於英國交通部底下的獨立調查機構，成立於西元 2005 年，創立緣由為 1999 年於英國倫敦發生的一起列車對撞嚴重事故，該事故造成 31 人死亡，400 多人受傷。事故後，英國政府參考英國海事事故調查局（MAIB）及英國飛航事故調查局（AAIB）之架構成立 RAIB，負責進行鐵道運輸事故的獨立調查，另外也成立鐵路安全和標準委員會（Rail Safety and Standards Board, RSSB）負責制定英國鐵道相關規範。

RAIB 共轄有兩個分部（Operation Center），由位於德比市（Derby）的辦公室負責調查英國北邊的鐵道運輸事故、而位於法倫堡（Farnborough）的辦公室負責調查英國南邊的鐵道運輸事故。另外，因為英國及法國間有英法海底隧道相連，故 RAIB 亦需與法國陸上交通事故調查單位（Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre, BEA-TT）合作。

RAIB 編制上由 Chief Inspector 綜理局務，直接負責向英國運輸國務大臣（Secretary of State for Transportation）回報鐵道運輸安全調查相關事宜。Chief Inspector 下，再分為行政支援部門及事故調查業務部門，Deputy Chief Inspector 負責協助管理調查業務，共有四個事故調查組，輪替執行鐵道事故調查工作。每組皆有一名相當於本會主任調查官職務（investigator-in-charge, IIC）之 Principle Inspector 擔任組長，以及固定的四至五名來自鐵道

相關領域背景的調查員，而非如本會主任調查官及調查團隊乃依每次調查性質進行任務編組而有所變動。另一方面，如同本會編制運輸工程組，發展調查能量以協助提供各調查模組技術支援，在四個調查組之外，另獨立設置電子資訊技術人員（Electronic Data Specialist），目前編制 2 人，專門負責支援四個調查組取得電子或數位跡證、處理訊號或資訊分析等工作內容，包含 OTDR 解讀、CCTV 及 TCMS 等資料的分析及運用，並視事故情況需要及調查期程許可亦協助進行事故過程視覺化呈現。行政支援部門則提供包含處理財務、合約、出版物及設備管理維護等方面的事務，RAIB 組織架構如圖 3.1。

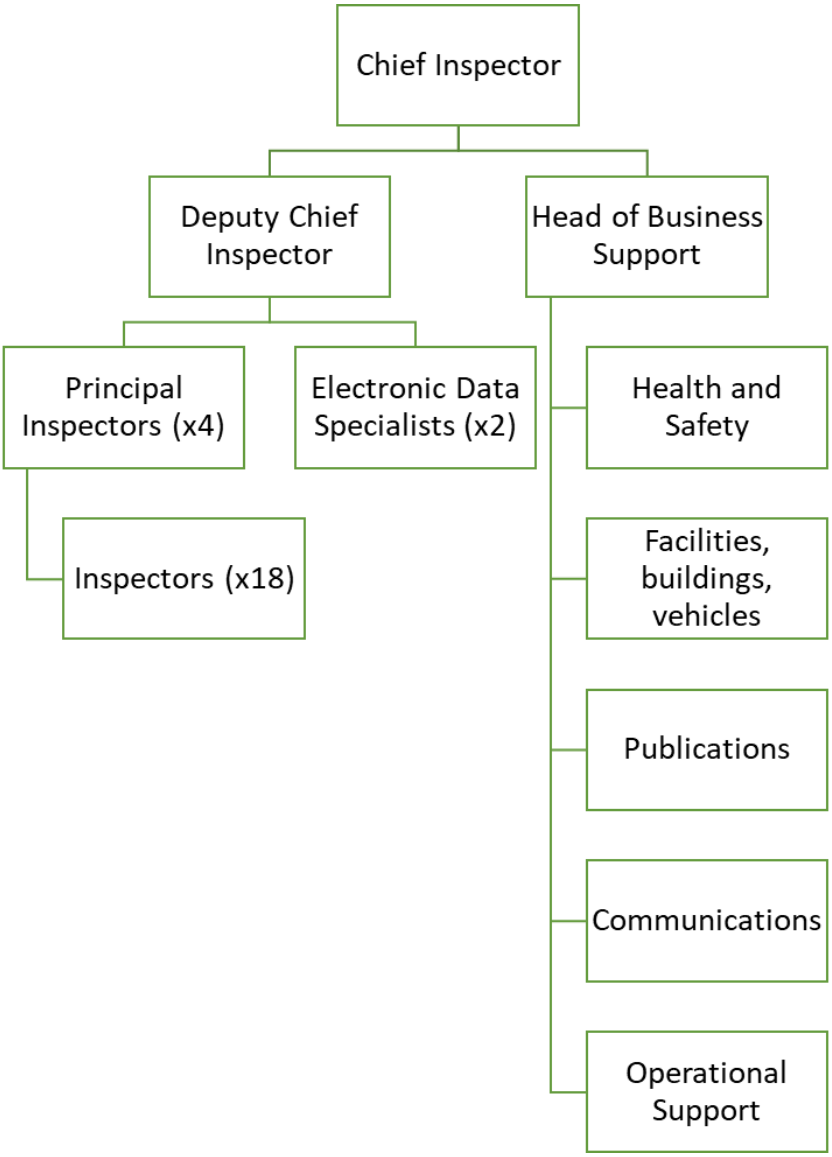

圖 3.1 RAIB 組織架構圖

RAIB 的調查範圍涵蓋英國境內所有與鐵路相關的事故與虛驚（near-miss）事件，以鐵道系統分類來說，包含：英國及北愛爾蘭的主線鐵路、英法海底隧道鐵路、倫敦及其他地區的地鐵系統、輕軌等等，其中亦包含蒸汽火車行駛的觀光路線等遺產鐵路（Heritage Railway），可作為我國糖鐵、林鐵的參照。而營運路線超過 1 公里的纜車事故亦屬 RAIB 的調查範圍，在我國，纜車事故並未納入重大運輸事故之調查範圍。以事故類型來說，RAIB 法定必須啟動調查之事故範圍中，包含造成或可能造成以下後果的鐵道正線衝撞、正線出軌：(1) 1 人以上死亡、(2) 5 人以上嚴重傷害、(3) 對車輛、設施或環境造成嚴重破壞。本會鐵道事故調查範圍[2]則是只要有正線衝撞、出軌、火災之情形即需調查，只有在平交道或列車與道路交通事故時才考量人員傷亡情形。然而英國與我國都是在事故調查單位認定具潛在風險有調查必要時，皆可啟動調查。

而與本會較不同的地方在於，當調查案成立後，本會會邀集事故案相關單位，包含監理機關、營運單位及設備廠商等成立調查小組，形成由本會主導，其他單位參與的參與式調查模式，而 RAIB 雖亦會邀集各單位成立調查小組，但調查小組織成員並未包含運具營運商，營運商僅負責提供相關資料及協助進行運具相關測試。

如同本會不以究責為目的進行事故調查，而是為了預防不幸事故再次發生，英國 RAIB 也是以一樣的精神，發掘肇因及自事故學習到的安全啟示（Safety Learnings），獨立於其他司法、行政或監理機構之外進行平行調查，最終提出調查報告及改善建議。RAIB 發布的調查結果以及相關報告或公告有數種形式，分別說明如下：

- 《初步報告（Preliminary Evidence Review, PER）》：完成事故現場作業，約事故發生後之 1 至 2 週內會發布，並於每週週會上由全體 RAIB 人員共同商討此案後續應採取的調查規模。
- 《安全摘要（Safety Digest）》：若事故屬於重複發生，先前已有發出

[2] 依據 114 年修正後公告之「重大運輸事故之範圍」

相關改善建議、事故源於未遵守相關規定之個別行為、或是改善建議僅適用局部範圍，則以安全摘要的形式發布報告，作為安全改善建議的再次提醒。

- 《調查報告（Investigation Report）》：完整的調查報告，包含事實資料、調查過程及所取得之證物、分析結論及改善建議（Safety Recommendations）。事故發生至調查報告發布約需 9 至 12 個月，但仍須視事故規模而定，英國政府並未有調查結果發布時程相關規定，但 RAIB 通常會設定自我目標，每年發布一定件數的調查報告。
- 《緊急安全通報（Urgent Safety Advice）》：當某一事故揭示出重大安全風險，且需要立即通知鐵路業界採取行動時發出，類似本會的調查期間運輸安全通告。
- 除上述正式報告，另外可能不定期發布《產業回顧（Industrial Review）》，就個案或局部風險進行探討。而若意外事件並沒有帶來重大安全啟示，而是來自個人未遵守規定的行為，則發出《致監理機關函（Letter to Governor）》說明 RAIB 的調查處置。

1-2、RAIB 德比辦公室及實驗室參訪

本次訓練於 RAIB 德比辦公室辦理，該分部辦公室常駐 2 個調查組及 1 位電子資訊技術人員。作業區域除調查員辦公空間外，亦包含數間會議室、訪談室（分為一般訪談室及佈置較為溫馨軟性的倖存者及罹難家屬訪談室，如圖 3.2）、調查裝備整備間、證物處理室及證物存放區等空間。其中證物處理室中設置有：電子訊號資料下載或備份時所需之設備（如供電器、三用電表、電腦設備等）、可巨觀拍攝證物之攝影棚、可檢視及拍攝證物細節之內視鏡、軌距儀及其他量測設備、拆解工具、無人機、3D 列印機、防火保險箱等，如圖 3.3，並備有急救箱及緊急洗眼器。證物存放區則是事故相關證物存放的區域，每個證物皆會編號後繫上標籤，登錄於與檢調單位同步的系統中，並置放於受管控或可上鎖之區域，確保證物鍊之完整性，避

免移轉過程間證物遺失或被掉包，亦有助於提高事故調查單位與檢調系統間證物的移轉及溝通的效率，如圖 3.4。

圖 3.2 倖存者及罹難家屬訪談室

圖 3.3 證物處理室

圖 3.4 證物存放區

RAIB 配置兩台調查公務車，一台主要充當為行動辦公室，提供調查人員在現場之辦公空間、洗手間、休息室、供電等功能，另一台為裝備車，現場所需要的工具、標線、三角錐、軌距儀等皆已備齊並由專人隨時維護及保持充電狀態，以便在第一時間即可趕赴現場。（圖 3.5）

圖 3.5 RAIB 調查車

1-3、OTDR 介紹及相關法規

名詞解釋

鐵道業界用以保存事故資料之紀錄器設備，在不同的國家或區域存在不同的稱呼，尚未有一致定見，本會一律採用「鐵道事件紀錄器」稱之，英文原文為 Event Recorder，簡稱 ER。這個名詞也是北美地區最常見的稱呼用語，RAIB 亦認同可能是最能精確描述該設備功能的用詞——該設備研發最初目的為當列車運行中有「事件」發生時（亦即列車運行過程中若發生訊號改變、出現錯誤訊息或事件訊息代碼等情況下）即進行紀錄，這是該設備最基礎的功能，後續才開始出現能隨時間連續性、以更高頻率記錄各項參數的事件紀錄器。在英國，該設備則普遍稱之為 On-Train Data Recorder，簡稱 OTDR（前稱 On-Train Monitoring Recorder, OTMR），因本訓練於英國辦理，故本報告中隨講師稱之為 OTDR。該設備在歐盟國家可能與 Juridical Recording Unit（暫譯為司法紀錄單元，簡稱 JRU）互相取代，這以前是歐洲鐵路互通技術規範（Technical Specifications for Interoperability, TSI）中規定的必要設備，如今仍可見於部分配備歐洲列車控制系統（European Train Control System, ETCS）的列車上，原為提供司法調查所用。Onboard Driving Data Recording System（暫譯為列車運行資料紀錄系統, ODDRS）則為 IEC[3] (BS EN) 62625-1:2013《Electronic Railway Equipment-On Board Driving Data Recording System Part 1: System Specification》（電子鐵道設備-車載資料紀錄系統-系統規格）標準所使用的名詞。此外，亦可見 Data Recorder、Incident Recorder、Black Box、Juridical Recorder 等用詞，皆是稱呼類似功能之設備。

OTDR 相關法規

IEC (BS EN) 62625-1:2013 為首個針對 OTDR 的國際標準，用以進行事故調查及列車駕駛行為的監控，其中對於 OTDR 之相關指引，包含需記錄的資料、資料的解析度及資料格式等，該標準相關規格已納入歐盟法規

[3] 國際電子技術理事會 International Electrotechnical Commission

《Locomotives and passenger rolling stock (LOC & PAS) TSI/NTSN Clause 4.2.9.6. 'Recording device'》，而英國在脫離歐盟後對於 OTDR 之規範主要為 RIS-2472，由 RSSB 制定，其內文多引用 IEC (BS EN) 62625-1:2013，同時根據英國相關法規及需求內國法化，包含增加必要紀錄參數的數量。

<u>OTDR 硬體系統架構</u>

OTDR 一般安裝於駕駛艙附近的電子設備櫃或機車內部的儀器櫃，具體位置視車型設計而定，亦可能有車頭車尾前後兩套互為備援，並可透過駕駛員主控面板（Driver's Interface Unit, DIU）操作或檢視資訊。主機通過不同的訊號通道與列車的控制與監測系統相連，根據車型設計可能為有線連結或無線網路連結，亦或是二者同步，並具備重要編碼元件（Coding Plug），可依據需求對輸入的資料進行資料規則的限制或調整，以下分別介紹課程重點：

- 訊號通道（Signal Channels）：

  1. 訊號通常來自與啟用中（位於車頭端）OTDR 同車廂的設備，例如 ATW[4]、TPWS[5]等設備以及該節車廂轉向架的感測器等等，以便紀錄駕駛艙周遭第一線的狀態，但亦可能同時遠端監控其他車廂的設備訊號；車尾若有另一套 OTDR，也會監控列車訊號，並備援紀錄中的車頭端 OTDR。OTDR 裝置會透過光隔離（opto-isolate）或接地等機制來避免訊號通道間互相干擾造成雜訊。

  2. 因 OTDR 以紀錄「事件」為目標，「有事件」意指「有發生變化」，因此會設定一個閥值，當類比訊號的變化超過系統設定檔的數值才會紀錄下來，這個因素再加上紀錄器的取樣頻率不高

[4] 自動警示器系統（Automatic Train Warning），主要用於以視覺或聲音提醒列車駕駛員注意信號狀態，避免錯誤進入限制區域。ATW 主要應用於英國鐵路系統，但在其他國家較少見。

[5] 列車防護警告系統（Train Protection & Warning System）能在駕駛未能適時減速時，自動觸發煞車，以防止列車闖紅燈或超速進入危險區域。TPWS 是英國廣泛使用的列車防護系統，適用於大多數傳統鐵路，但不同於其他國家常見的 ATP 或 ETCS。

（一般為間隔 20 至 100 毫秒之間，或是當「事件」發生後才傳送到 OTDR 留下時間戳記），會造成訊號稍微失真（如圖 3.6），是解讀時需要留意的重點。車輪車速、駕駛所見速度、制動管/制動缸壓力、PWM（牽引/制動指令）、溫度等參數多以類比方式記錄。

3. 數位訊號則是以「0」、「1」表示「ON/OFF」狀態，例如：是否隔離或作動情形、是否偵測到某種狀態等等，多數的參數都是以數位方式記錄的。

4. 來自其他設備的告警訊息或事件紀錄，也是屬於事件紀錄器的紀錄範圍，可能以文字或訊息代碼等方式記錄。

5. 依據 IEC (BS EN) 62625-1:2013 標準，應記錄之訊號通道（參數）包含：時間、車速、位置（GPS 位置或里程數）、與駕駛行為有關之操作（牽引把手位置、駕駛對列車告警訊息之回應、制軔相關資訊如制軔管壓力或自動煞車裝置作動情形等）。

- 編碼元件：

1. 編碼元件是一個實體插頭式的元件，裡面記錄了各別列車的資訊以及相關設定，包含列車及車廂編碼、列車型號、里程數、輪軸、計軸器每轉脈衝數（Speed probe pulses per revolution）等，有些編碼元件甚至具有驗證功能，確認列車和 OTDR 之間的匹配正確，並能防止未經授權的修改或操作。因此該元件直接跟隨列車，當移除或更換 OTDR 時，不會拆解此元件。

2. 上述提到的類比訊號閥值設定、車輪輪軸、主機參數等等設定檔資訊是能正確解讀紀錄資料的關鍵，在下載 OTDR 資料時務必確認是否與編碼元件中的資訊一致，甚至可能需要由編碼元件中取得設定檔，有些 OTDR 在下載資料時必須先插上編碼元件。RAIB 亦分享其經驗，當解讀結果不如預期時，可以再次確

認是否已取得正確的 config 檔或插上編碼元件後再次下載，可能會得到重大的突破。

- 資料紀錄單元：

1. 在 OTDR 資料紀錄方面，除可透過網路線等通用協定與其連線進行即時監控外，相關數據依據 IEC (BS EN) 62625-1:2013 之規範應保存於通用資料儲存裝置，同時亦須將資料備份至具備抗毀損能力的資料保存裝置（外殼需塗以國際慣例之橘色），並分別具備至少 8 天及 24 小時的資料儲存容量，也可能儲存備份在 USB、SD 卡供快速下載。

2. 為使資料紀錄器在事故發生後，仍可保存完整資料，亦有相關規範對紀錄儲存裝置的抗毀損能力進行規範，如：IEC (BS EN) 62625-1:2013 及 IEEE 1482.1-2013，需能抵抗火燒、撞擊、擠壓、液體浸泡、靜水壓力等嚴苛條件，並能防止竄改覆寫、為非揮發性記憶體（可保存至少兩年）。

3. 資料紀錄單元如果允許覆寫，則依循「先進先出（First in, First out, FIFO）」儲存規則，若為此類型之記憶模組，下載後首要找到事件發生範圍的資料檔案。若為不可覆寫舊資料的記憶模組，營運業者則必須定期下載和清除數據資料，且 IEC 62625 有規範在記憶體使用達 80%容量時必須有告警訊息。

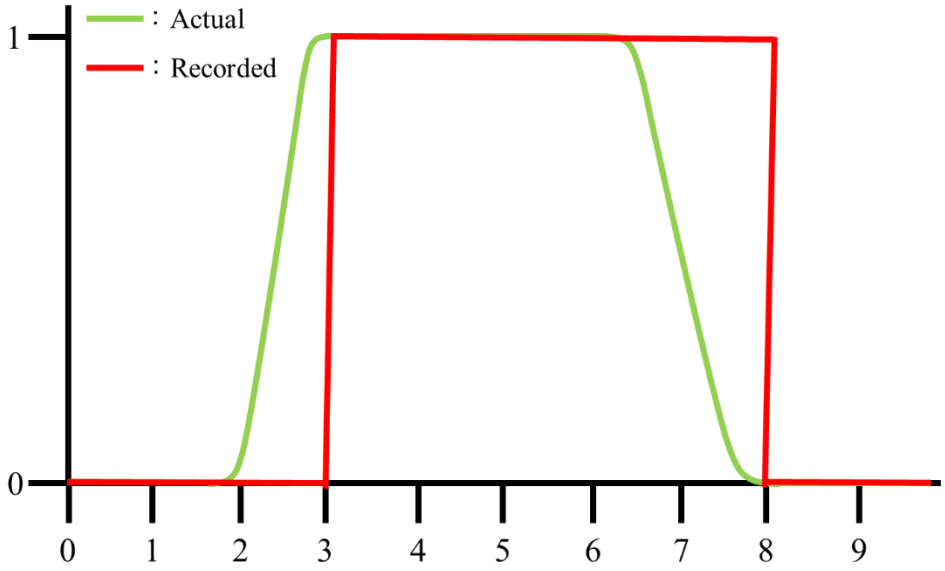

圖 3.6 OTDR 訊號對比圖

<u>OTDR 資料下載</u>

OTDR 資料下載通常分為以下幾個方式：(1)電腦連接 OTDR 主機或駕駛操作介面連接口、(2)自抽取式記憶體讀取、(3)拆解主機記憶體或抗撞毀殘存記憶單元後讀取、(4)遠端連線（尚未普及）。若無法當下立刻執行下載作業，應儘速將列車隔離及斷電，以免事件紀錄資料被覆寫。電腦連接 OTDR 主機或駕駛操作介面連接口是相對快速取得完整資料的方式，但列車需有供電，因此若事故造成車輛電力系統受損，下載方式即可能受限，若抽取式記憶卡中的檔案未涵蓋事故期間，就需要採取例如需將列車運回機廠接電或 OTDR 拆解等作業。有時候這些方案不容易執行或具危險性，尤其是車廂損毀嚴重時，這時候，是否要窮盡一切資源來取得紀錄器資料，是判斷力的考驗，需要掌握比例原則，甚至尋求其他替代方案。

RAIB 對於 OTDR 資料下載，有幾點原則：

1. 調查過程中，不可變動 OTDR 設備中所儲存的原始資料，以免影響後續司法調查。

2. 原始資料只能由「具備勝任能力（competency）者」處理及下載。

3. 必須保留所有跡證紀錄（audit trail），且第三人可以以相同的處置過程重複得到一樣的結果。

4. 主任調查官必須負責確保下載過程符合相關法律規範。

不論是何種紀錄裝置或電子設備，資料下載後，必須製作主檔案（Master Copy），並在光碟等儲存媒介外觀上做明確的標示，記錄所有下載作業相關資訊，再分別複製給所有平行調查的機關或單位。RAIB 拿到自己那份主檔案後，再另外複製出工作檔，主檔案絕對不做任何變更，保存證物鍊的完整，以免證據公正性受到挑戰，所有的分析都必須用工作檔進行。主檔案光碟會存放在防火保險箱中。

下載作業應留意並紀錄以下資訊：

- 下載來源：車型、所在車廂、OTDR 型號/件號、解讀軟體版本等；
- 人員：姓名、單位、職位、其 OTDR 下載相關的訓練或經驗等；
- 時間：下載開始及結束時間、駕駛操作面板所顯示之時間、下載時是否會自動進行時間校正程序等；
- 方式：資料存取方式、使用之設備、原始檔案名稱、格式格式、OTDR 的自我檢測紀錄（fault file）等。

同一個事故可能有多個相關 OTDR，來自相撞的兩列車，或是同一列車安裝多部 OTDR，此時應以取得肇事車頭端駕駛艙的 OTDR 為最優先，其中可能具備跟安全系統相關的資料，而車尾端的 OTDR 則可能額外記錄到事故發生後的資訊。車頭車尾的紀錄資料互相比對可能可以提供寶貴資訊。在此我們也回應 RAIB，本會在調查某事故時，發現車頭 ATP 的車速資料在出軌後與其他事實資料不符，車尾的車速曲線趨勢相符但有時間差，在做完前後車廂 ATP 時間校正後，才取得出軌後的車速變化。

除了事故相關列車，另外也可以考慮取得以下列車之 OTDR 資料：

- 事故前同列車同路線之資料；

- 同路線列車之資料，包含事故前一列及其他列次；
- 其他相似情境的列車之資料，例如：同款車型、同載運量、同樣天氣等；
- 其他相似的事故中，相關列車之資料。

OTDR 資料架構

不同的 OTDR 型號，資料儲存架構亦存在差異，所下載之檔案可能一次包含多個旅程，也可能分為多個小檔案儲存。不同檔案之間，可能駕駛代碼更新即重新開始紀錄新的檔案、可能自上一次資料被下載後開始紀錄新檔、可能自上一次 OTDR 檢修、或可能當檔案達到一定的大小等等，要找到正確跟所調查事件有關的旅程檔案可能就需要花上不少時間，這也是建議由營運業者在調查單位的督導下進行下載操作其中一個原因。下載以後必須先比對所下載之資料時間戳記是否正確，再儘速以解讀軟體確認事故期間的資料是否存在，以爭取萬一下載錯誤的檔案時，可重新取得正確資料的機會。

英國的 OTDR 解讀概況、能量及方式

如上所述，英國鐵道產業歷史悠久，列車款式及對應安裝的 OTDR 型號亦相當多元，RAIB 共 2 名電子資訊技術人員需支援所有鐵道事故中的 OTDR 和相關紀錄裝置之解讀與分析。為爭取時效，電子資訊技術人員在日常工作空檔亦定期蒐集及更新各列車所安裝之 OTDR，與 OTDR 原廠建立聯繫管道，規畫並建置其解讀能量，這與本會透過年度紀錄器普查建立本國鐵道列車相關紀錄器之資料庫，同時以此作為依據，逐步建立解讀能量的概念所見略同。尤其是在調查 2020 年 3 月 26 日的 Signal passed at danger at Loughborough South Junction, Leicestershire[6]事故時，曾發生事故列車紀錄資料流失的慘痛經驗—因為事故地點偏遠，營運單位 4 天後才前往下載，沒想到該列車年代較久遠，適用舊法規[7]，所安裝之 OTDR 僅保留 8

[6] Report 10/2020: Signal passed at danger at Loughborough South Junction
[7] UK GM/RT 2472 issue 1

小時的紀錄，而造成資料流失。RAIB 事後檢討，若能提前蒐集到列車及所安裝的 OTDR 資訊，即可能爭取時間，要求在 8 小時之內下載完成。

然而，在英國，並沒有要求 RAIB 對於所有鐵道列車 OTDR 解讀率需達到 100%，原因如下：(1) OTDR 相關國際標準中，已明訂紀錄檔案必須能轉檔輸出 XML 或 CSV 等通用格式；(2) RAIB 重視每項工作是否由具備「勝任能力」的人來操作，亦即執行此項操作的人是否確實知道自己在做什麼、能夠明確解釋為什麼要這樣做。營運業者及設備廠商對於 OTDR 和所有列車設備系統最為熟悉，最為適合執行下載任務，但 RAIB 一定會派員在現場掌握資料下載狀況，同時作為具備獨立性之證人。不過 RAIB 亦有規劃未來派員至 OTDR 原廠進行教育訓練，以便更完整瞭解下載相關技術。

至於受損航電設備晶片解焊、受損晶片資料救援等能量，由於鐵道運輸事故極少出現 OTDR 毀損情況，RAIB 表示其並未建置相關資料救援能量，若 OTDR 資料無法直接從主機連接口下載而需拆解，因為需要供電及相關設備才能下載其中之資料，拆解後會送交原廠協助，除此之外，RAIB 與英國航空事故調查局及英國海事事故調查局之實驗室皆有密切合作，故可在必要時取得協助。將 OTDR 拆送原廠時，需特別留意 OTDR 不可經過機場安檢，X 光掃描可能影響其中的資料，需另外向海關提出申請特殊通關作業。

本會工程組執掌項目，紀錄器解讀部分與 RAIB 電子資訊技術人員工作職責是相似的，但現場測繪及工程分析 RAIB 則並未獨立出來集中由實驗室執行，而是各調查組中相關專長的成員來執行。RAIB 亦有建立 UAV 能量，除了用於現場測繪，也會用於探測危險現場的風險區域評估。

<u>和 OTDR 相關的發現及改善建議</u>

- Report 10/2020

該事故為一輛列車為避免衝撞另一輛正在駛離拉夫堡火車站

（Loughborough station）的載客列車而於該車站南方 1.2 公里處緊急煞停，其事故肇因為事故列車營運商未準確告知駕駛及調車員該列車之性能及相關資料，導致該列車並未保持該路段的規範速度。

調查後，RAIB 發現該輛列車為較早之車型，所安裝之 OTDR 設備資料保存時長僅須符合過去所規範（GMRT2472），即 8 小時，而非英國現行規範（RIS-2472-RST-Iss-1）的 8 天，導致資料流失。故 RAIB 建議除營運商應準確了解列車上相關設備之性能外，OTDR 之資料下載應盡量於事故後 8 小時內完成。

- Report 02/2023

該事故為一輛列車在行駛於布萊頓線（Brighton line）時，衝撞一位剛離開駕駛室的列車駕駛，導致其身亡。由於該列車並未有相關對外的影像紀錄，故無法取得事故發生當下的相關影像紀錄，藉以釐清事故發生當下，身亡駕駛的行為及現場狀況。因此該案也促使 RAIB 提出有關列車須安裝前向的影像紀錄設備等改善建議，並於 2024 年 3 月完成入法[8]。

<u>其他列車紀錄裝置及數位跡證</u>

現代鐵道列車設備日漸精良，透過運轉設備間各種訊號傳輸與監控，可以達到不同等級的自動化控制。這些系統和設備接收來自列車各處感測元件的訊號，經過運算後給出指令，並監控後續的訊號反饋。這些系統或設備可能具備參數數據紀錄功能，供營運單位後續故障排除或維修之用。此外，營運單位亦可能自行安裝感測元件，以監控其所感興趣之列車狀態。這些紀錄裝置可能包含：列車控制/監視系統（Train Control/Monitoring System, TCMS/TMS）、遠端監控系統（Remote Condition Monitoring, RCM）、號誌系統、制動牽引系統、車輪打滑偵測保護系統、列車傾斜控制系統等。

影音的部分，一般則有無線電通訊紀錄、車廂對內/對外/道旁 CCTV 紀

[8] RIS-2712-RST Iss 1.2 “On-Train Camera Monitoring Systems”, March 2024, Rail Safety and Standards Board

錄。道旁 CCTV 若有拍攝到號誌系統，可以作為進一步時間同步的參考。特別值得一提的是，英國列車除了常見的車廂對內 CCTV 外，會在車廂兩側安裝 CCTV（Body Side CCTV），平常用以確認車門兩側淨空，但當事故發生後，常是重要線索來源。

除了列車上的資料，RAIB 也會參考其他來源，例如業餘愛好者所提供的開源影像素材（Open Source Enthusiast, OSE）、資料庫網站等。英國有資料庫公司[9]專門蒐集車前影像紀錄器的畫面，訂閱者可以在線上隨時回看任何一列車的駕駛畫面，RAIB 可以利用此網站在抵達現場前預先了解環境概況，也可以由歷史畫面紀錄搜尋可能肇因，或是否早已存在重複出現的危險因子。

1-4、OTDR 紀錄資料與資訊視覺化

RAIB 於 2023 年 AIR 會議中，發表了電子資訊技術人員與調查員合作的事故還原動畫影片[10]，清楚的呈現了事件序及車輛出軌動態，使大眾更易於明瞭事故肇因，因此本課程特別安排請製作該動畫之調查員講解動畫視覺呈現的處理方式。

該動畫係先使用 Sketch Up 軟體建立列車外觀模型，搭配 Cinema4D 軟體模擬車輛動態。列車仍在正常運行時的動畫，先參考了 OTDR 的解讀成果，讓列車速度及位置可以符合紀錄器中所記載之資訊，列車撞擊土石流後則因紀錄器停止運作，必須參考各車廂的最終位置來推測出軌過程中各節車廂的運動狀態。這是一個不斷滾動調整的過程，例如在初始製作的動畫模擬版本中，可以看出有與其他事實資料不符合的現象，例如某個車廂出軌以後滑行的距離在動畫上看起來不自然，就需要回頭去檢視是否有需要補充取得的數據，重新計算符合該數據的物體運動方式，再重新調整動畫模擬畫面。另一方面，也有可能因為動畫畫面看起來合理，反而從而發現紀錄資料數據有需要校正之處。因此，透過初步的數據動態呈現，可使

[9] https://onebigcircle.co.uk/aivr/
[10] https://www.youtube.com/watch?v=6iP0PJMu_8s

調查員更好的去了解事故發生當下之情況，而根據這些資訊可以透過添加額外的數據使數據的動態呈現更加接近真實，故數據呈現及事故肇因分析在事故調查中是相輔相成的。

動畫模擬製作亦有其他需考量事宜，講師提醒，若該事故有罹難者出現，所公開的事故動態呈現須注意不可過於寫實，避免對罹難者親友造成負面影響，同時講師也提到事故動態呈現並非每起事故案皆必須完成，且事故動態呈現需花費大量工時及資源，故在製作前須先評估所需的人力、物力、時間成本及完成後的效益。RAIB 並未正式編制動畫模擬人員，因該講師剛好具備相關專長，而得以應用於事故調查上，但此案例之成功，顯示事故回放模擬動畫相關能量之建置，可為調查成果達到加分的效益。

1-5、介紹本會及案例研討

本日最後，本會亦簡介本會組織概況、本會目前鐵道紀錄裝置之能量建立以及相關案例進行分享，其中亦就本會透過年度普查所建立的鐵道列車紀錄裝置資料庫進行討論。

2、第二日課程—軟體操作

接續前一日課程對 OTDR 的知識性說明，本日主要課程內容為 OTDR 解讀軟體之實際操作與應用，並針對實際事故資料可能需要特別留意的重點進行解說。上下午分別以不同的實際事故案例之資料，使用不同廠牌之 OTDR 解讀軟體進行實做演練。

上午主要操作的軟體為 Eva2 及 Eva+，為瑞士廠商 Hasler Rail 所製造事件紀錄器 TELOC 搭配之解讀軟體，我國桃園捷運 Kawasaki 列車及高雄輕軌 Urbos 電聯車皆安裝此廠牌之事件紀錄器。而本次訓練所使用之案例為一起列車超速的案例，一輛列車由英國紐卡斯爾（Newcastle）開往倫敦國王十字站（London King’s Cross）時，在經過彼得伯勒站（Peterborough

station）時，已遠超該路段速限的速度通過該地區的三個道岔，列車因此發生側向傾斜，導致列車內行李掉落及乘客受傷，調查後發現該列車於通過道岔時，已接近列車翻覆的狀態，且部分列車車輪可能已與軌道分離。

下午主要操作的為 OTDR 製造商軟體為 SAM4 及 SAM5，為法國廠商 Faively 所製造事件紀錄器 TOM 搭配之解讀軟體，而本次訓練採用的資料並非事故案相關資料，而為大眾捷運系統平日營運的數據。此外也介紹了其他英國列車常見的 OTDR 解讀軟體，如 Quads、Analyser 等。

綜而言之，大部分 OTDR 解讀軟體在操作細節上雖有差異，但主要功能及使用概念大同小異，皆具備資料匯出功能，可將事故前後或其他感興趣的時間區段擷取並輸出成通用資料格式（如.csv、.txt），以便進行後續分析，軟體亦具備資料繪圖功能，可繪製所需時間區段的資料曲線。惟大部分解讀軟體僅具備資料輸出，並未具備曲線圖輸出功能，故在數據呈現時，除直接透過螢幕擷取的方式取得解讀軟體所繪製的曲線圖，採用其他繪圖軟體進行繪製也是呈現方法之一，但須注意數據的時間參數是否符合該繪圖軟體的格式限制，以避免出現格式轉換上的誤差，因此若螢幕截圖的解析度足夠且符合事故調查的需求，建議直接採用螢幕截圖的方式較為方便且準確。

<u>OTDR 設定檔</u>

前述提到編碼元件中會存有列車基本資訊、類比訊號閥值、輪徑長度等，這些都是 OTDR 設定檔中的重要資訊，設定檔亦會包含以下資訊：不同訊號通道是如何連接及命名方式、參數計算方式及量測單位等。不同列車可能會有不同的設定檔或有版本差異，檢查是否使用正確的設定檔進行解讀是很重要的。

為了避免解讀後所得之數據有難以解釋之偏差，RAIB 建議在 OTDR 資料下載前，先進行一些實車測試，例如操作各項開關等，甚至在可行的狀況下行駛一段距離，這些數據可作為後續校正數據的參照，這在第一次抵達現場是比較容易要求操作的，也符合英國海事事故調查局 MAIB 的建議

（上船後多瞭解各種航儀的作用，並在紀錄器開啟的狀態下進行一些基本操作並紀錄時間，作為後續數據分析的對照組），如果在事後再安排這些測試則可能相當耗費時間及人力成本，如同先前所提的，每一個採取的調查行動都要評估是否符合比例原則。

參數解讀一般性原則

資料開始解讀分析前，應先蒐集事故背景資料，初步掌握大致調查方向，使後續分析脈絡清晰。可以先查看路線圖瞭解現場周遭環境，包含附近的號誌燈及平交道分布；事先用 Google Earth 查看地理環境，尤其是坡度；若有影像紀錄，可以先從影像紀錄資料看起。接下來，則應該掌握 OTDR 型號及安裝資訊，例如訊號通道列表、輪徑、類比訊號閥值、訊號來源設備等，再開始著手處理 OTDR 紀錄資料。在英國，廠商會提供清楚明確的文件，記載、說明或繪製 OTDR 接收哪些訊號通道，以及電路或號誌配置等等，這些資訊的文件化在我國仍待加強。

每一個事故案，最一開始都用解讀軟體新建一個全新的資料庫路徑，用以歸納所有相關的解讀分析結果。解讀完成後，可以先切換為圖表檢視模式，快速對焦到最需要注意的數據資料。

一般在調查上特別需要關注的參數為：車速、位置、駕駛相關操作行為等，此外也會快速檢視哪些訊號通道沒有因為事故發生而變化、各參數訊號來源感測器的校正及維護情形、紀錄器的健康狀態等資訊，如有需要，會進一步比較事故資料和正常運行資料的差別。當車速/位置數據有問題時，應搭配其他事實資料例如現場測繪的結果來進一步研判車速/位置錯誤原因，以及如何校正。在英國，還需要注意時間同步時是否有日光節約時間，這在台灣比較不需要煩惱。

其他視情況可能可以提供關鍵資訊的參數：

- 車門啟閉狀態：可以提供列車進出站資訊，比對時間戳記是否正確。
- 制動連續性（Brake Continue）：可用以確認車廂連結狀態。

- 駕駛員異常監控裝置（Deadman Service Device, DSD）：可用以分析駕駛的反應狀態。
- VCB 狀態：可以瞭解列車是否出現重大電力系統問題。

<u>車速參數的解讀</u>

列車車速數據來源依車輛設計不同，通常有兩種來源：

1. 來自車輪計軸器：依據安裝於車軸的脈衝探頭偵測車輪轉速，再與車輪直徑數據進行換算。此時，輪徑便是計算上的重要常數，這個數值可能在每次量測輪徑之後，直接輸入編碼元件或 OTDR 設定檔，此時要留意上一次量測輪徑的時間為何。另也有可能藉由預估輪徑磨耗量自動校正，在解讀時應特別留意輪徑是用哪種計算方式而得出，以及事故當下的輪徑是否需要再次校正，以得到事故當下最準確的車速。解讀軟體中，應有車輪輪徑校正功能。另外，應注意在出軌/爬軌事故或是有發生車輪滑走的情況，車速的正確性即會受到影響。
2. 駕駛所見速度：駕駛所見速度通常來自計速器，由計速器電路迴路中的電壓或電子訊號中換算，在不同車型可能有不同的測量方式，講師以英國的 Class 390 EMU 電車為例說明，駕駛所見速度來自推進控制電子系統（Propulsion Control Electronics, PCE）或制動控制電腦（Brake Control Computer, BCC）等兩套設備，取其中車速較高者，駕駛儀表板上可以知道車速的來源是哪一套系統，但紀錄器不會紀錄車速來源，而且 PCE 和 BCC 對減速度的訊號處理方式不同，表示對駕駛顯示的速度有一定的誤差範圍，加上該款 OTDR 每 100 毫秒才會進行一次取樣，當車速變化超過 +/- 1mph 時才會予以紀錄，並四捨五入至 0.5mph。這種來源的車速紀錄亦會受到電力系統是否穩定的影響，若事故過程中電力系統受損，則可能與其他多個訊號通道一起出現異常。在解讀時，必須留意這些誤差來源。

解讀車速資料時，應該確認全程車速資料的正確性，避免因事故造成設備故障，進一步造成車速數據紀錄錯誤。需要特別留意車速曲線中各種陡升或陡降的線段，或是不尋常的平滑曲線或階梯式曲線。也要檢查車速訊號再輸入 OTDR 前是否經過預處理（例如減速度有設置上限）或是後處理（例如誤差範圍、取樣頻率、四捨五入等）。

位置參數的解讀

列車的所在位置能夠提供調查員釐清事故當下運具與環境間的相對位置，而列車的位置參數來源大致可分為 2 類，分別為 GNSS 位置及里程數（行駛距離），GNSS 位置主要透過接收 GNSS 衛星訊號取得，但須注意其訊號的時間解析度及訊號穩定度，在列車高速行駛或行經透空度較差的區域時，其訊號強度皆會下降，同時接收訊號的 GNSS 設備亦會存在誤差；里程數則透過列車速度及行駛時間取得，同時位於軌道上的應答子可校正其誤差，但在行駛距離增加，會出現誤差累積，在列車高速運行時亦會使誤差放大的情況。因此透過列車運行中的事件（列車開門、列車關門及列車啟動等）進行列車位置的驗證，可提高對於列車位置的準確度。

資料分析處理

資料匯出為通用格式 csv 檔後，可以使用 excel 軟體進行一些更進階的資料處理，例如資料篩選、套用公式、里程歸零、時間校正等，也可以增加幫助理解資料的欄位，例如列車於該時間點所在 GPS 點位、重要事件標記等等。這些資料處理過程，都需要留下筆記，講師也強烈建議不要刪除一時認為用不到的資訊，而是使用 excel 的隱藏欄位功能，以避免未來需要用到時需重新匯出及處理檔案。

3、第三日課程—實地下載

為了解鐵道營運商對於 OTDR 資料的實際運用及下載，本日課程實地前往英國諾丁漢輕軌機廠了解該輕軌營運商對於 OTDR 資料的運用。

本次參訪對象為英國諾丁漢特快（Nottingham Express Transit，NET），為英國諾丁漢的一個公共運輸系統（有軌電車系統，輕軌），全長 32 公里，車站總數為 50 站，並具有 37 輛營運列車，型號分別為 Bombardier Incentro AT6/5 及 Alstom Citadis 302 兩種型號，皆安裝德國廠商 Deuta Werke Gmbh 所製造的 Red Box 系列事件紀錄器，與新北捷淡海輕軌及安坑輕軌所安裝之紀錄器廠牌相同，Alstom Citadis 同時亦為高雄輕軌兩款列車其中之一型，故此次由 RAIB 與該營運商協調進行參訪。

Bombardier Incentro AT6/5 列車之 OTDR 安裝於駕駛座後方之機電空間如圖 3.7 左，進行資料下載時，列車需回到機廠才能連線下載，Alstom Citadis 之 OTDR 則安裝於車廂上方側邊的機電空間，如圖 3.7 右，該款 OTDR 之資料儲存方式為 PC 卡（PCMCIA），相關儲存資料可透過 PC 卡進行下載，如圖 3.8，此外亦可透過網路線（RJ45）與車上設備連線，進行實時數據檢視，通常採用此方法進行車輛的設備檢修。而下載方式僅需將 PC 卡與電腦連接，再透過該 OTDR 製造商所提供之解讀軟體進行下載，惟 OTDR 之汰換頻率較低，於列車之使用週期間皆不會進行汰換，因此營運商亦提醒 OTDR 之資料儲存裝置及其解讀軟體可能無法適用於新型的硬體設備及作業系統，故仍需保留對應作業系統之電腦及轉接設備（如上述 OTDR 所使用之 PC 卡）。

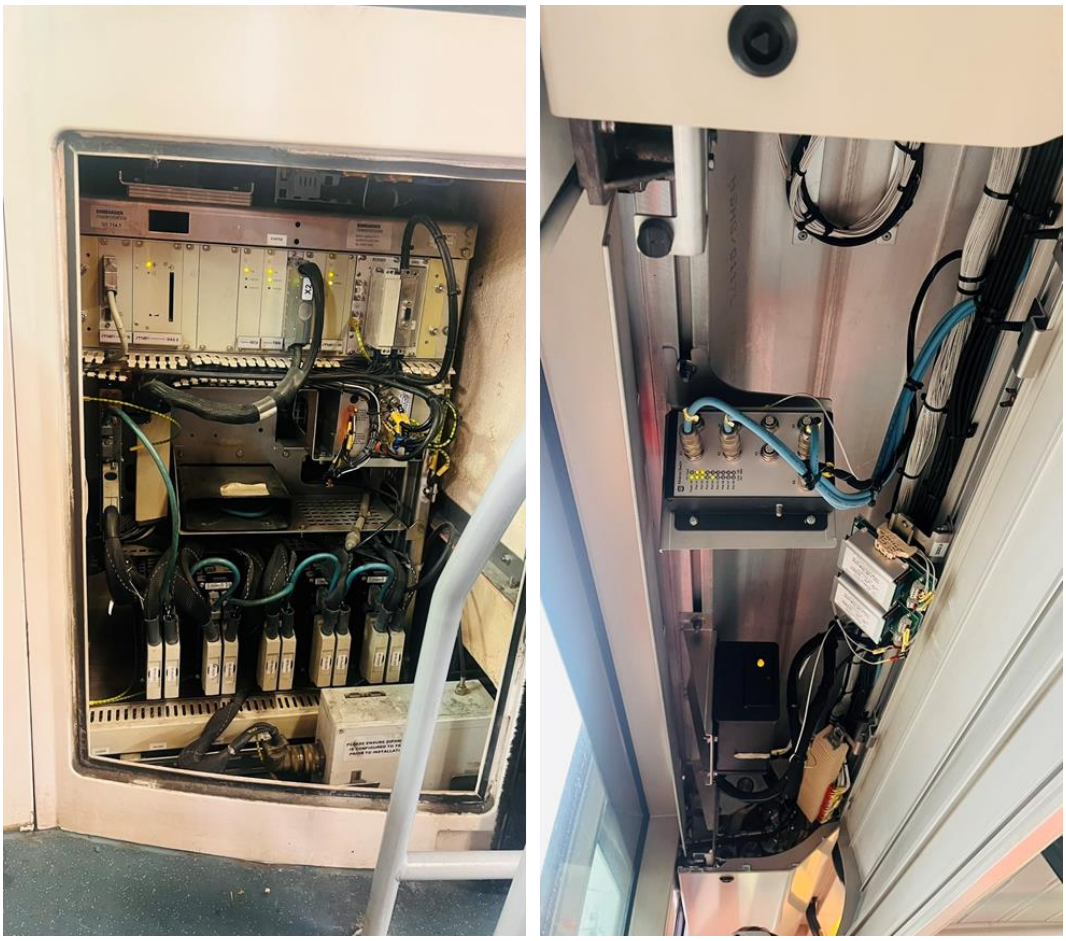

圖 3.7 OTDR 安裝位置（左：駕駛座後方，右：車廂上方側邊）

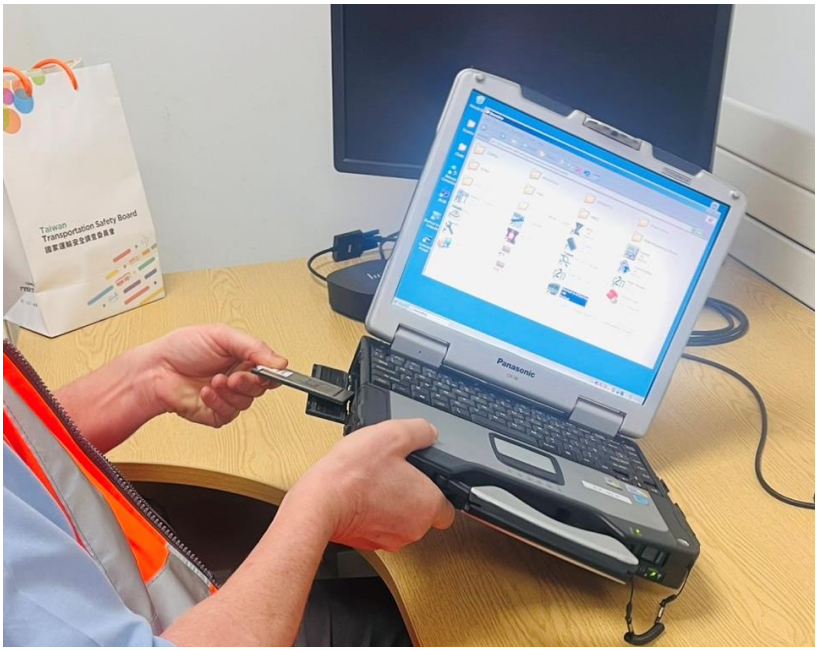

圖 3.8 OTDR 資料下載

在資料應用方面，營運商並非每次在儲存空間滿載後皆進行資料下載及儲存，而僅於事故發生後，需透過資料釐清事故肇因，才會進行資料下載，每次完成下載後，即會執行格式化記憶卡並將該記憶卡妥善保存，當下一次進行資料下載後，更換至列車上重新開始記錄。除此之外，為確保營運品質及安全性，營運業者會不定期透過讀取 OTDR 資料了解所屬駕駛的操作行為及列車各項參數，以了解所屬駕駛之操作是否符合安全操作，其做法係取得優良駕駛進行安全操作後所取得之操作數據後，將該數據與各所屬駕駛之操作數據進行比對，以確認該所屬駕駛是否符合規定之安全操作。

本次亦參訪該營運商之機車維修廠，並依據前兩天課程中有關列車速度參數擷取的方式進行說明，指出不同列車因所配備之轉向架不同，其所採用的感測器亦不相同，故計算速度的方式也不同，而轉向架上亦同時配備多個不同感測器以取得多個不同速度參數，如圖 3.9，故如同前述課程所提到，OTDR 內可能紀錄多個速度參數，並由多個不同感測器所獲得，因此確認參數的取得來源，藉此選取最符合需求的參數作為依據尤為重要，同時亦可了解業者日常維運所採用的參數，以確認維運資料是否符合標準。

圖 3.9 速度感測器安裝圖

4、交流與討論

<u>人工智慧（Artificial Intelligence, AI）於調查上的應用</u>

RAIB 認為目前 AI 或可找出問題的答案，但仍無法完整敘述找出答案的過程，若套用於事故調查上，或可作為找出事故肇因的靈感，但仍需透過調查員完成資料蒐集及事故過程的研判，且 AI 推斷出的事故肇因仍須由調查員進行判斷，故目前此作法除需花費大量人力物力外，亦無法有效提高事故調查之效率，因此目前 RAIB 除根據個別調查案需要，透過 AI 進行數據處理外，目前尚未將 AI 系統化的應用於鐵道運輸事故調查。而 RAIB 認為目前 AI 可提供的協助主要在於事故資料庫的回顧及整理，由於調查案件的增加，各式各樣的調查報告及發現將累積成事故案資料庫，但隨著時間的演進，調查人員的流動，相關的調查經驗可能流失，因此在調查過程中，若在面臨無從下手的情況時，可透過 AI 協助擷取過去調查案中相關情

況的解決方法，除可提高調查效率外，亦可協助新任調查員學習過去調查員的經驗及作法。

影像處理

有關影像處理的部分，由於本會在進行事故案調查時，會蒐集到 CCTV、行車紀錄器等影像紀錄設備，但由於該類設備通常並未有資料保存或紀錄之規範，因此所取得的影像資料之品質可能良莠不齊，因此本次亦與 RAIB 討論有關影像資料的數據處理。但與本會所遇到的問題相同，由於影像紀錄設備目前並沒有對其記錄的影像品質有統一規範，因此所取得的資料問題亦十分多樣，目前仍尚未有單一工具能夠對應，而 RAIB 目前仍是根據所遇到的問題再進行相關解決方案的探詢，必要時亦透過程式編寫的方式來完成數據的處理。

RAIB 調查員訓練

RAIB 調查員如同本會，除內部初始訓練及基礎訓練，也會持續接受各方面的主題訓練，電子資訊技術人員會接受的訓練包含如：鐵道相關知識、調查鑑識、資料救援、鐵道安全、證物處理、法規等。提供訓練的機構，除了英國知名克蘭菲爾德大學（Cranfield University）開設的鐵道安全調查課程，也有由 Axeten[11]這家機構開設的開源情報調查（Open Source Intelligence, OSINT）相關線上課程，另外也可能派員至機械工程學院（Institute of Mechanical Engineering, IMechE）學習。

好用的資源與軟體分享

- Amped 5：可提供調查鑑識等級的影像圖片強化。
- Shotcut：開源好用的影片剪輯軟體。
- Scientific Working Group On Digital Evidence：提供數位跡證處理的

[11] https://www.axeten.com/

相關知識與討論。

- Open Railway Map：提供開源鐵道地圖資訊及底圖。

四、 受訓心得及建議事項

鐵道列車紀錄裝置的資料下載與解讀分析為本會在鐵道事故調查中重要的一環，而鐵道列車紀錄裝置尚無相關國內法規對其規格、紀錄參數及安裝限制等進行規範，故本次訓練除針對 OTDR 進行訓練外，RAIB 亦就其他電子訊號設備及呈現方式進行介紹及分享，本次訓練心得：

- 對於電子訊號資料而言，不論是 OTDR，亦或是 TCMS 所記錄的資料，都是由其他車輛量測設備輸入，如速度參數可由多個來源取得，包含 GPS、輪軸轉速及應答子等方式，因此於 OTDR 及 TCMS 中極可能包含多個速度參數，而這些速度參數因為取得及計算的方式不同，所得到的數值亦不相同，故未來取得 OTDR 及 TCMS 等電子資料時，應同步取得其資料輸入源的線路圖，以便確認資料來源，選取所需來源所對應的資料。

- 由於僅須符合 OTDR 紀錄格式之資料皆可匯入 OTDR 內進行保存，且列車在完成 OTDR 之裝設後，列車營運業者亦可能自行將列車相關資料匯入 OTDR 內進行保存，故部分資料可能並未明確定義其記錄規則，若需確認相關參數時，可擬定相關測試計畫，並協請營運業者協助進行測試，以釐清參數定義及其規則。但相關測試計畫可能花費較多的人力、物力及時間，因此實行測試計畫雖可釐清相關參數，仍需評估其可產生之效益及對事故調查帶來的幫助。

- 為進行監控及維運，列車上通常會裝設許多感測器，以監控列車運行時的相關數據，而部分較為重要的數據則會被匯入 OTDR 中保存起來。各式資料在匯入 OTDR 後，OTDR 會給定該資料一時間標記，而此時間標記代表 OTDR 接收該資料之時間，可能會與提供該資料之感測器給予該資料的時間標記不一致，故在進行時間同步的過程時須注意所使

用的時間標記是否需要進行校正。

- 在擷取 OTDR 的資料進行分析時，除須注意時間標記以進行時間同步外，亦須注意 OTDR 紀錄資料之時間解析度，根據事故類型評估對應數據需求的時間解析度，因數據的時間解析度不足，會造成所紀錄之數據產生在時間上的平移或無法呈現完整的數據變化，導致無法正確定義事故發生的時間或特定事件的時長及時間區段，因此若情況需要應整合其他來源之數據以校正 OTDR 記錄數據內可能的時間誤差。

- 原則上所有電子訊號之原始檔案在完成下載或取得後皆須進行獨立保存（Master copy），若相關資料需進行後續處理及分析時，應建立其備份後，再對該備份資料進行處理及分析，以確保在資料處理及分析的過程中，即使該資料因錯誤操作或其他原因造成損毀，仍可透過保存之原始檔案繼續進行後續處理及分析，並保留證物鍊之完整性。

- 在進行 OTDR 之下載及解讀時，除資料相關基本資訊，包含：時間、車次及行駛區間等外，與船舶航行資料紀錄器（Voyage data recorder , VDR）相同，須注意所存取的描述檔（Config 檔）是否為該列車之 OTDR 所對應之描述檔，因描述檔會包含該列車的基本資訊，故若描述檔錯誤可能導致 OTDR 之資料無法讀取或下載到錯誤的資料。

- 可以學習英國對於罹難者家屬及倖存者的貼心，例如：軟性訪談室、避免描繪過多細節的事故動畫。

- 本會可重新檢視對於 Master copy 的控管是否能參考 RAIB 的方式更盡周詳。

- RAIB 和營運業者維持良好的關係，有任何問題都能快速找到業者願意幫忙。這是因為 RAIB 已經有一段歷史跟成績，得到業者信任，覺得 RAIB 作為安全調查單位不是來找麻煩，而是和業者攜手成就更安全的鐵道運輸環境。

鐵道列車紀錄裝置解讀在職訓練出國報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出國人 職稱：副調查官

姓　　名：王子韋等 2 人

出 國 地 區：英國

出 國 期 間：民國 113 年 12 月 7 日至 12 月 14 日

報 告 日 期：民國 114 年 3 月 14 日

建議事項：

	建議項目	處理
1	持續深化本會工程組技術人員與 RAIB 之交流，並邀請電子資訊人員參加本會 114 年度舉辦之國際鐵道調查員論壇（RAIIF）。	√ 已採行 □ 研議中 □ 未採行
2	持續應用本次訓練習得之知識與技巧於鐵道事故調查，並由本次派訓人員擔任種子教師分享給本會工程組需處理鐵道紀錄裝置之同仁。	√ 已採行 □ 研議中 □ 未採行
3	研擬事故調查時，如何評估是否進行現場鐵道列車紀錄裝置相關測試之指引；重新檢視本會鐵道紀錄裝置之下載作業程序之相關規範或指引，應由具備相關訓練及經驗之人員在本會監督下執行；透過建立資料保存方式及歸檔規則，強化對原始資料主檔案（Master Copy）之控管。	□ 已採行 √ 研議中 □ 未採行