

出國報告（出國類別：進修）

參加美國警察科技及管理研究所「車輛事故資料紀錄器於交通事故重建之應用」課程報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：蕭牟淵/公路調查組次席調查官
日智揖/公路調查組次席調查官

派赴國家：美國

訓練期間：民國 112 年 8 月 28 日至 9 月 4 日

報告日期：民國 112 年 12 月 1 日

公務出國報告提要 系統識別號

出國報告名稱：參加美國北佛羅里達大學附設警察科技及管理研究所「車輛事故資料紀錄器於交通事故重建之應用」課程報告

頁數：45 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：郭芷桢

電話：(02) 7727-6228

出國人員姓名：蕭牟淵

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：公路調查組

職稱：次席調查官

電話：(02) 7727-6271

出國人員姓名：日智揖

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：公路調查組

職稱：次席調查官

電話：(02) 7727-6272

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 112 年 8 月 28 日至 9 月 1 日

出國地區：美國

報告日期：民國 112 年 12 月 1 日

分類號/目

關鍵詞：交通事故調查、摩擦係數、EDR、Delta V

內容摘要：

此次「車輛事故資料紀錄器於交通事故重建之應用」訓練提供本會調查人員於公路事故調查時分析 EDR 之方法，進而重建事故發生過程，課程內容主要包含 EDR 解讀報告內容說明及研析；事故發生撞擊「過程中」及事故發生撞擊「前」紀錄參數說明及分析，以及各大車廠車輛交通事故案例分析等。經過此次訓練，未來如有事故涉及配置 EDR 之車輛，則可運用此次受訓所獲得的知識，下載 EDR 資料，於重大公路事故調查進行相關分析。

目次

| | | |
|----|--------------|----|
| 壹、 | 目的..... | 1 |
| 貳、 | 過程..... | 1 |
| 參、 | 課程摘要與心得..... | 6 |
| 肆、 | 建議..... | 44 |

壹、 目的

現今世界各國多數的自用小客車皆有安裝事故資料紀錄器 (Event Data Recorder, EDR)，此紀錄裝置可以儲存事故發生前及事故發生過程中包含車速、煞車、加速度及速度改變量 (Delta V) 等參數，透過此課程學員們可以運用 EDR 資料，進行交通事故重建與分析。

為培養本會調查人員於公路事故調查之專長，及研習 EDR 分析方法，本會派員參加美國北佛羅里達大學警察科技及管理研究所提供之「車輛事故資料紀錄器於交通事故重建之應用」訓練，課程內容主要包含 1.EDR 解讀報告內容說明及研析；2.事故發生撞擊過程中 (Crash Pulse) 紀錄參數說明及分析；3.事故發生撞擊前 (Pre-Crash) 紀錄參數說明及分析；4.各大車廠車輛交通事故案例分析等。此外，課程後半段規劃事故案例的個人及分組研討，透過課程案例說明及研討，使參訓學員可以掌握並理解事故案例的重建及分析方式。

貳、 過程

本次訓練課程由北佛羅里達大學設立之警察科技及管理研究所辦理，該所為美國針對公路事故調查之權威訓練機構，提供全美及境外執法機構公路事故調查專業訓練，本次課程為期 5 天，日期為 8 月 28 日至 9 月 1 日，上課地點為美國亞利桑那州斯科茨代爾市，本次行程連同交通轉機時間總計為期 10 天，自 8 月 26 日起至 9 月 4 日止，行程表如表 2-1，課程大綱詳如表 2-2。

表 2-1 行程表

| 日期 | 起訖地點 | 任務 |
|----|------|----|
|----|------|----|

| | | |
|-----------|--------------|----|
| 8/26~8/27 | 台北→美國舊金山→鳳凰城 | 起程 |
| 8/28~9/1 | 美國鳳凰城 | 訓練 |
| 9/2 | 美國鳳凰城→洛杉磯 | 移動 |
| 9/3~9/4 | 美國洛杉磯→台北 | 返程 |

表 2-2 課程大綱

| 日期 | 課程大綱 |
|----------|---|
| 8 月 28 日 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 課程及目標介紹 ✓ EDR 概念介紹 ✓ 數學方程式介紹 ✓ 測量加速度和 DELTA V、碰撞衝擊力、向量定義 ✓ 車輛 DELTA V 數據分析 ✓ 使用裝有 EDR 車輛的 DELTA V 推論未裝 EDR 車輛的 DELTA V ✓ 使用 DELTA V 和碰撞後路徑計算線性事故撞擊速度 ✓ 使用 DELTA V 獲得撞擊前的接近速度 |
| 8 月 29 日 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 使用 DELTA V 取得側向碰撞之碰撞速度 ✓ DELTA V 特殊情形 ✓ 側向碰撞、對撞、地面受力 ✓ EDR 瞬間撞擊速度計算 ✓ 撞擊前數據分析 ✓ 造成 EDR 分析判斷錯誤的樣態 ✓ 臨界速度 |
| 8 月 30 日 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 最後碰撞前資料 (Pre-Crash) 計算碰撞當時速度 |

| | |
|----------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 油門、煞車及其他碰撞前之資料分析 ✓ EDR 時間及距離分析 ✓ EDR 數據分析（通用 GM 汽車） |
| 8 月 31 日 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ EDR 數據分析（福特 FORD 汽車） ✓ PCM（Powertrain control module）數據分析和案例 ✓ 2009+福特 ACM（Auxiliary Control Module）資料分析與案例研究 ✓ EDR 數據分析（克萊斯勒 CHRYSLER 汽車） ✓ EDR 數據分析（豐田 TOYOTA 汽車） |
| 9 月 1 日 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ EDR 數據分析（起亞、現代汽車） ✓ Bosch CDR 讀取設備設定及分析 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 課程複習 ✓ 分組討論及專題報告 ✓ 課程測驗 |

1. 訓練機構介紹

IPTM 建立於 1980 年，為美國北佛羅里達大學所支持成立之非營利組織，實體上課地點遍及美東、美西與美國中部，每年提供逾 400 次訓練課程，並有超過 8,000 名之全美及境外執法機構人員參加訓練，IPTM 之核心理念為提供刑事司法（criminal justice）界高品質及平價之訓練課程，訓練講師大多皆有實務上執法經驗及技術，並有多年的警察訓練經驗。

IPTM 主要提供美國市警、縣警及州警等執法人員專業之管理及交通訓練，課程包含等刑事調查、交通事故調查、刑事現場鑑識、人質與危機處理、毒品與幫派執法等類別，本次訓練即屬於交通事故調查中的一門課程。

上課地點位於亞歷桑納州斯科茨代爾市-市政府北部辦公園區（City of Scottsdale North Corporation Yard），IPTM 借用該辦公大樓教室作為上課地點，如圖 2-1。



圖 2-1 上課地點

2. 講師介紹

本次課程講師共 2 名，分別為 West Brown 及 Hamed Sadrnia 講師，其主要專長在交通事故調查及事故重建；講師專業背景介紹如下：

(1) West Brown 講師

West 先生擔任警察服務年資已超過 25 年，2015 年從美國亞利桑那州斯科茨代爾市警察局退休。退休前從事交通事故調查長達 13 年，並擔任過交通事故處理組長 4 年。

West 先生自 2005 年起即擔任 IPTM 的課程教師，負責教授行人碰撞調查重建及

EDR 事件資料紀錄器分析課程。另外也擔任美國亞利桑那州執法培訓學院、斯科茨代爾市以及亞利桑那州和平官員標準和培訓委員會等課程教師。

(2) Hamed Sadrnia 講師

Hamed 先生在美國通用汽車工作 37 年，主要擔任車輛安全及耐撞性之專案工程師，專長分析車輛安全、車輛耐撞性、安全氣囊系統和乘客保護。2022 年退休前 Hamed 先生為通用汽車公司首席事故重建專家，專長為開發通用汽車之事故重建軟體功能，以利車輛及事故現場調查及重建分析、模擬，是通用汽車最早進行開發 EDR 設計的技術人員。

3. 參與訓練人員

本次課程共有 30 名學員參加，除 2 名運安會學員外，多數為斯科茨代爾市警、另有亞歷桑納州內其他縣市之市警與縣警等。事故案例分組討論簡報情形如圖 2-2 所示。



圖 2-2 事故案例分組討論簡報情形

參、課程摘要與心得

本次訓練依序先由講師及參訓學員自我介紹，接著正式進入課程，第 1 天主要是基礎訓練課程回顧，包含事故分析原理及計算方程式等議題，第 2 天之後開始進入多起 EDR 解讀數據、CDR 報告研判及交通事故案例分析說明，也是此次課程中最寶貴的部分，除透過講師說明，利用 EDR 設備紀錄的數據，研判並驗證各個案例發生的經過，並由學員實際分組進行討論，透過討論提出的想法與概念，使學員更易於解析還原現場發生過程。過程中講師不斷提醒學員可以踴躍提問，而參訓學員對不理解的案例也常發言提問，常藉由講師的提示使學員領略分析問題的方式。

在此將課程中重要的內容摘要如下：

1. EDR 介紹

各國 EDR 法規介紹

美國

美國聯邦法規 CFR Part 563 規定了對配備 EDR 的車輛，有關車輛上事故資料的收集、儲存和解讀的國家統一要求。亦規定了車輛製造商須提供商業化解讀工具與方法的要求，以便事故調查人員和研究人員可從 EDR 解讀事故資料。

CFR Part 563 法規制定的目的是幫助確保 EDR 資料可以利於事故調查，並可用於安全設備之性能分析（例如安全氣囊、安全帶、座椅等車載設備）。這些資料數據將有助於了解事故和人員傷害發生的情況，進而提升車輛設計之安全性。

CFR Part 563 法規適用於 2012 年 9 月 1 日或之後製造，若配備 EDR 設備的下列車輛：車輛總重 (GVWR) 為 3,855 公斤 (8,500 磅) 或以下的客車、多用途客車、貨車和巴士，以及空重為 2,495 公斤 (5,500 磅) 或以下之車輛，但步入式廂式卡車 (walk-in van-type trucks) 或專供美國郵政服務銷售的車輛除外，法規亦適用於上述車輛的製造商。

韓國

韓國自 2015 年 12 月 15 日開始實施 EDR 法規，其技術要求與美國 CFR Part 563 相似，儘管未對市售解讀工具提出要求，但仍規定車輛製造商應依車主的要求對所儲存的 EDR 資料進行讀取。EDR 解讀工具在韓國市場上有販售，例如 Bosch 的事故資料恢復 (Crash Data Retrieval, CDR) 工具，可供汽車製造商、警察和其他專家對車輛事故數據進行讀取時使用。

中國

中國自 2021 年 1 月 1 日開始，規定所有銷往中國市場的車輛都必須配備 EDR，自 2023 年開始，中國將更新 EDR 法規，要求所有新車必須依據指定的協議記錄數據資料，以便可使用通用的 EDR 解讀工具讀取和轉換 EDR 數據。

歐洲

依據歐盟委員會在 2019 年發佈的最新一般安全法規，自 2022 年開始，在歐盟所出售的所有客車、貨車、卡車和大客車皆要求配備 EDR，並且必須可以在市場上購得解讀工具。

台灣

我國目前對於小客車、小貨車並未規定需要配備 EDR，僅對大客車與大貨車規定需要裝設對應的紀錄器設備，在未有規定的情況下，僅有部分車商（例如 Toyota, Ford, Volvo 等）所製造生產的車輛配置有 EDR。

EDR 系統及資料下載

EDR 中與駕駛動態相關（通常是事故發生前的最後 5 秒和隨後的 2 秒）的事故資料，以 16 進位 HEX 代碼形式儲存於安全氣囊控制模組（Airbag Control Module, ACM）中的記憶體中，加速度感測器為 ACM 其中一個元件，加速度感測器資料透過 CAN 線路進行控制，並由 ACM 持續監控，當 ACM 察覺加速度感測器符合資料記錄作動條件時，將及時識別並記錄危急駕駛情況和碰撞事件資料。

目前除了韓國的 Kia 以及 Hyundai 有其他的 EDR 下載設備，世界上絕大部分國家所生產的車輛皆配備可用 Bosch CDR 工具解讀的 EDR，運安會亦已建置 Bosch EDR 解讀設備，同時選購各車輛品牌所對應之資料下載排線，並已於多次公路事故調查時使用，成功下載事故車輛 EDR 資料。

EDR 資料下載接線方式示意如圖 3-1 所示，Bosch CDR 主機透過排線，一端連接電腦，一端連接 ACM 模組，利用電腦所安裝的 CDR 軟體，下載儲存於 ACM 模組記憶體中的 EDR 資料。使用 Bosch CDR 工具可以讀取並保護各個汽車製造商的 EDR 資料，其通訊方式如圖 3-1 所示，圖中左邊為電腦，中間為 Bosch CDR 主機，右邊為 ACM 模組，由電腦 CDR 軟體透過 CDR 主機向 ACM 模組提出請求，再將資料藉由 CDR 主機回傳至電腦。



圖 3-1 EDR 資料下載接線示意圖



圖 3-2 Bosch CDR 與 EDR 通訊方式

2. 事故資料恢復工具 CDR 介紹

事故資料恢復（Crash Data Retrieval, CDR）為恢復事故車輛內儲存資料的工具，不同於一般車廠診斷行車電腦故障碼工具，CDR 分為硬體及軟體兩部分，硬體由轉接頭、下載排線及解讀主機組成；軟體需透過 Windows 系統環境中運行，由支持 CDR 讀取之事故車輛內獲得所需數據。

一般來說，CDR 可以從車輛電子控制單位（Electronic Control Unit, ECU）內讀取資

料，例如安全氣囊控制模組（Airbag Control Module, ACM）、傳動系統模組（Powertrain Control Module, 舊款福特汽車）、側翻感應器（Roll-Over Sensors, 舊款通用汽車）及行人保護模組（Pedestrian Protection Module, PPM）（部分歐洲和美國銷售車輛），現今多數車廠均以 ACM 為主要 EDR 設備。

CDR 所讀取之資料均為車輛 ECU 內之快閃記憶體資料，並且軟體會重複比對 3 次數據以確認資料完整性（未完成檢測會有紀錄），讀取完成後之資料會存取到 CDR 解讀主機的資料夾內，該資料將無法進行修改及消除，後續可透過電腦軟體轉存為 PDF 及 CSV 檔案供研判分析，以下就解讀完成之報告檔案格式及內容進行說明。

CDR 報告內容

報告內容所列之紀錄項目均依照美國國家公路交通安全管理局（NHTSA）頒布之 49 CFR Part 563 「Event Data Recorders」規定項目格式及精度規格進行記錄。

1. 檔案資訊：

包含 VIN 識別碼（車身號碼）、報告代號、EDR 事件日期、事故日期、設備版本、EDR 設備種類及事件紀錄次數，如圖 3-3。

| CDR File Information | |
|-----------------------------|--|
| User Entered VIN | JM1BL1U72D1***** |
| User | P MCNAB |
| Case Number | COPART 3 |
| EDR Data Imaging Date | 12/04/2013 |
| Crash Date | 12/04/2013 |
| Filename | 2013 MAZDA 3 SIDE IMPACT.CDRX |
| Saved on | Wednesday, December 4 2013 at 15:48:59 |
| Collected with CDR version | Crash Data Retrieval Tool 12.1 |
| Reported with CDR version | Crash Data Retrieval Tool 14.1 |
| EDR Device Type | Airbag Control Module |
| Event(s) recovered | Event Record 1, Event Record 2 |

圖 3-3 Bosch CDR 檔案資訊

2.數據限制性：

包含 EDR 設備紀錄種類，如安全氣囊模組啟動的情形及經過，提醒後續不同事件發生之可能性，紀錄秒數及速度參數的說明，收集各項資料之設備說明等，EDR 分析人員在解讀 EDR 數據前，應充分瞭解數據限制性之數據來源及應用說明，CDR 數據限制性範例說明如圖 3-4。

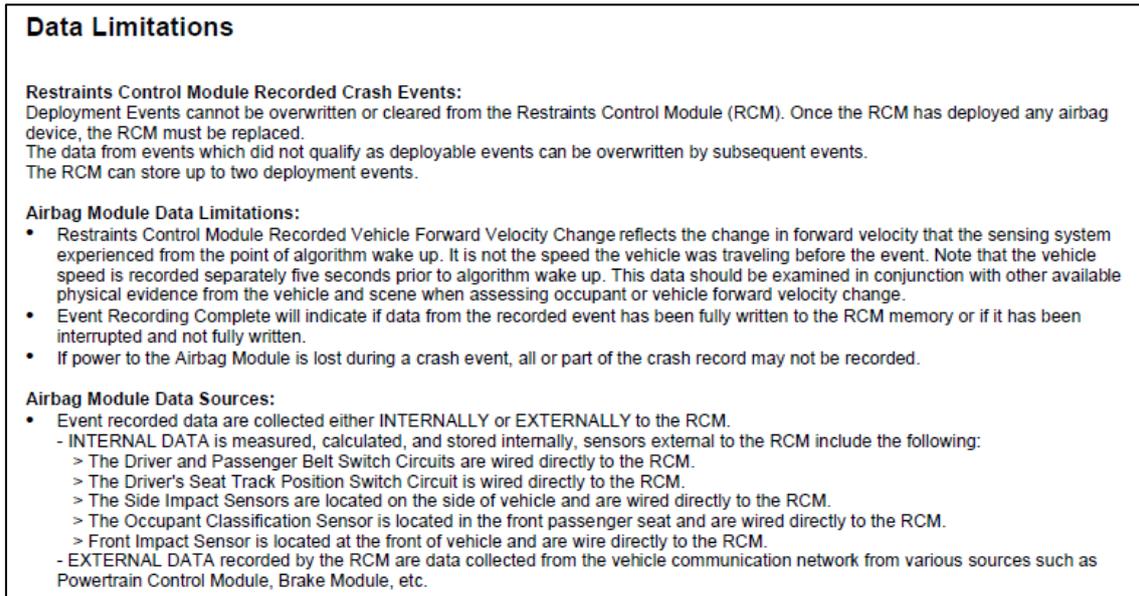


圖 3-4 Bosch CDR 數據限制性

3.事件當時狀態

事故當時之系統數據參數包含，安全帶狀態、安全氣囊展開數據、乘客偵測、事件資訊（代號）、碰撞脈衝（Delta V）、事件時間（秒數），安全氣囊各區啟動時間及參數，碰撞前資料（Pre-Crash）（含撞擊前時間、車速、引擎油門狀態、油門及煞車踏板位置等），如圖 3-5。

4.觸發資料

事故發生時，車輛上之記錄裝置會依據 ACM 感應器傳遞的訊息，開始記錄各區域啟動時間，如駕駛及右前座乘客之預緊式安全帶裝置、正面安全氣囊啟動時間，如有二次啟動或其他安全氣囊啟動也會同時依序記錄，如圖 3-5。

5.碰撞前資料 (Pre Crash)

碰撞前資料 (Pre Crash) 係透過 ACM 內建之加速度感應計，當車輛發生碰撞造成安全氣囊爆開，此時便進行碰撞前相關數據的記錄。一般碰撞前資料應有事故前-5 至 0 秒時 (少部分車種會有不同時間點) 之車速、引擎作用比或轉速、油門及煞車作動等資料，另依據車輛製作及設計年份，亦有可能會增加防鎖死煞車系統 (Anti-lock Braking System, ABS)、循跡控制系統 (Traction Control System, TCS)、乘客重量感應等資料，如圖 3-5。

System Status at Event (Event Record 2)

| | |
|---|-----------|
| Safety Belt Status, Driver | Belted |
| Safety Belt Status, Right Front Passenger | Belted |
| Seat Track Position Switch, Foremost, Driver | Rearward |
| Frontal Air Bag Suppression Switch Status | On |
| Occupant Size Classification, Front Passenger | Adult |
| Frontal Air Bag Warning Lamp (On, Off) | Off |
| Ignition Cycle, Crash | 1198 |
| Multi-Event, Number of Events (1, 2) | 1 |
| Complete File Recorded (Yes/No) | Yes |
| Ignition Cycle, Download | 1205 |
| Maximum Delta-V, Longitudinal (MPH [km/h]) | 8.1 [13] |
| Time, Maximum Delta-V, Longitudinal (msec) | 70.0 |
| Maximum Delta-V, Lateral (MPH [km/h]) | 21.1 [34] |
| Time, Maximum Delta-V, Lateral (msec) | 95.0 |
| Time, Maximum Delta-V, Resultant (msec) | 95.0 |
| Time from Event 1 to 2 (sec) | 0 |
| Lifetime Operating Timer at event (sec) | 1487078 |

Deployment Command Data (Event Record 2)

| | |
|--|----|
| Pretensioner Deployment, Time to Fire, Driver (msec) | 1 |
| Pretensioner Deployment, Time to Fire, Right Front Passenger (msec) | 50 |
| Frontal Air Bag Deployment, Time to Deploy/First Stage, Driver (msec) | 50 |
| Frontal Air Bag Deployment, Time to Deploy/First Stage, Right Front Passenger (msec) | 50 |
| Side Air Bag Deployment, Time to Deploy, Driver (msec) | 1 |
| Side Curtain/Tube Air Bag Deployment, Time to Deploy, Driver Side (msec) | 1 |
| Frontal Air Bag Deployment, 2nd Stage Disposal, Driver (Yes/No) | No |
| Frontal Air Bag Deployment, 2nd Stage Disposal, Right Front Passenger (Yes/No) | No |
| Frontal Air Bag Deployment, Time to 2nd Stage, Driver (msec) | 55 |
| Frontal Air Bag Deployment, Time to 2nd Stage, Right Front Passenger (msec) | 55 |
| Lap Pretensioner deployment, time to fire, driver (msec) | 57 |

Pre-Crash Data -5 to 0 sec [2 samples/sec] (Event Record 2)

(the most recent sampled values are recorded prior to the event)

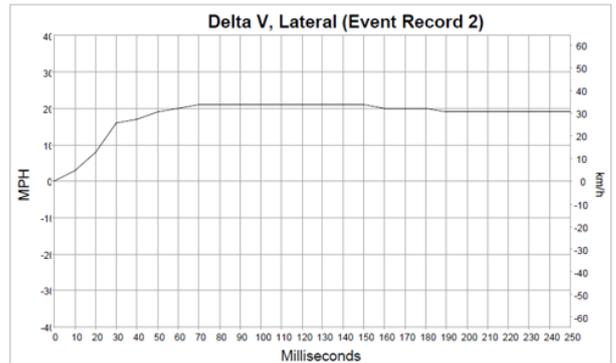
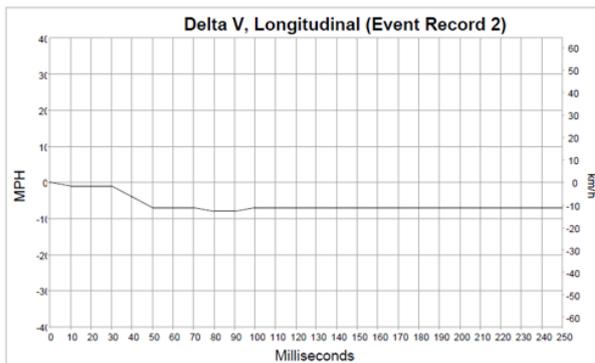
| Time Stamp (sec) | Speed, Vehicle Indicated (MPH [km/h]) | Engine Throttle, % full | Service Brake (On, Off) |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| -5.0 | 22 [35] | 0 | On |
| -4.5 | 19 [31] | 0 | On |
| -4.0 | 17 [27] | 0 | On |
| -3.5 | 14 [23] | 0 | On |
| -3.0 | 12 [19] | 0 | On |
| -2.5 | 11 [17] | 25 | Off |
| -2.0 | 10 [16] | 61 | Off |
| -1.5 | 11 [17] | 63 | Off |
| -1.0 | 13 [21] | 64 | Off |
| -0.5 | 16 [26] | 64 | Off |
| 0.0 | 18 [29] | 45 | Off |

圖 3-5 Bosch CDR 紀錄資料

此外，依據車型及生產年份不同，報告內亦有事故時系統狀態、設備故障資料、方向盤角度、變速箱檔位、定速巡航系統作用（Cruise Control System, CCS）、ABS 作用、TCS 作用、溫度資訊及 16 進位資料（HEX Raw data）等較詳細之資料。

6.縱向及橫向速度時間表

CDR 軟體依據讀取到的數據，除列出上述事件當時參數及車輛設備紀錄外，另外也會產出縱向橫向碰撞脈衝（Delta V）及縱向橫向加速度與時間圖表資料，提供 EDR 分析人員進行事故發生原因之判斷及驗證，如圖 3-6。

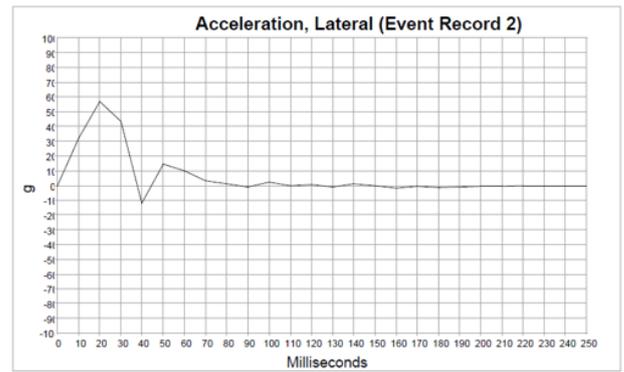
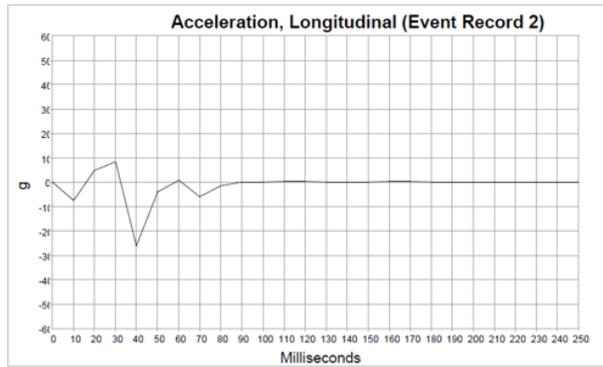


Longitudinal Delta V (Event Record 2)

| Time (msec) | MPH [km/h] |
|-------------|------------|
| 0 | 0.0 [0] |
| 10 | -0.6 [-1] |
| 20 | -0.6 [-1] |
| 30 | -0.6 [-1] |
| 40 | -4.3 [-7] |
| 50 | -6.8 [-11] |
| 60 | -6.8 [-11] |
| 70 | -7.5 [-12] |
| 80 | -8.1 [-13] |
| 90 | -8.1 [-13] |
| 100 | -7.5 [-12] |
| 110 | -7.5 [-12] |
| 120 | -7.5 [-12] |
| 130 | -7.5 [-12] |
| 140 | -6.8 [-11] |
| 150 | -6.8 [-11] |
| 160 | -6.8 [-11] |
| 170 | -6.8 [-11] |
| 180 | -6.8 [-11] |
| 190 | -6.8 [-11] |
| 200 | -6.8 [-11] |
| 210 | -6.8 [-11] |
| 220 | -6.8 [-11] |
| 230 | -6.8 [-11] |
| 240 | -6.8 [-11] |
| 250 | -6.8 [-11] |

Lateral Delta V (Event Record 2)

| Time (msec) | MPH [km/h] |
|-------------|------------|
| 0 | 0.0 [0] |
| 10 | 3.1 [5] |
| 20 | 8.1 [13] |
| 30 | 15.5 [25] |
| 40 | 17.4 [28] |
| 50 | 19.3 [31] |
| 60 | 19.9 [32] |
| 70 | 20.5 [33] |
| 80 | 20.5 [33] |
| 90 | 20.5 [33] |
| 100 | 21.1 [34] |
| 110 | 21.1 [34] |
| 120 | 21.1 [34] |
| 130 | 20.5 [33] |
| 140 | 20.5 [33] |
| 150 | 20.5 [33] |
| 160 | 19.9 [32] |
| 170 | 19.9 [32] |
| 180 | 19.9 [32] |
| 190 | 19.3 [31] |
| 200 | 19.3 [31] |
| 210 | 19.3 [31] |
| 220 | 19.3 [31] |
| 230 | 19.3 [31] |
| 240 | 19.3 [31] |
| 250 | 19.3 [31] |



Longitudinal Acceleration (Event Record 2)

| Time (msec) | g |
|-------------|-------|
| 0 | 0.0 |
| 10 | -7.5 |
| 20 | 5.0 |
| 30 | 8.5 |
| 40 | -26.0 |
| 50 | -4.0 |
| 60 | 1.0 |
| 70 | -6.0 |
| 80 | -1.5 |
| 90 | 0.0 |
| 100 | 0.0 |
| 110 | 0.5 |
| 120 | 0.5 |
| 130 | 0.0 |
| 140 | 0.0 |
| 150 | 0.0 |
| 160 | 0.5 |
| 170 | 0.5 |
| 180 | 0.0 |
| 190 | 0.0 |
| 200 | 0.0 |
| 210 | 0.0 |
| 220 | 0.0 |
| 230 | 0.0 |
| 240 | 0.0 |
| 250 | 0.0 |

Lateral Acceleration (Event Record 2)

| Time (msec) | g |
|-------------|-------|
| 0 | 0.0 |
| 10 | 32.0 |
| 20 | 57.0 |
| 30 | 43.5 |
| 40 | -12.0 |
| 50 | 14.5 |
| 60 | 10.0 |
| 70 | 3.0 |
| 80 | 1.0 |
| 90 | -1.0 |
| 100 | 2.5 |
| 110 | 0.0 |
| 120 | 0.5 |
| 130 | -1.0 |
| 140 | 1.0 |
| 150 | 0.0 |
| 160 | -2.0 |
| 170 | -0.5 |
| 180 | -1.5 |
| 190 | -1.0 |
| 200 | -0.5 |
| 210 | -0.5 |
| 220 | 0.0 |
| 230 | 0.0 |
| 240 | 0.0 |
| 250 | 0.0 |

圖 3-6 Bosch CDR 縱向及橫向之碰撞脈衝及加速度資料

CDR 報告解讀確認

最後，課程特別說到，要進行報告解讀前，應先進行四個步驟確認，避免因錯誤判讀而影響事故調查工作，研判前四個檢查確認項目如下表 3-1：

| THE BIG FOUR QUESTIONS | Event 1 | Event 2 | Event 3 |
|---|---------|---------|---------|
| Is the recording Complete? (Y/N or Not Available) (For the event Number think - D, ND, DLE, F/S/R, Roll etc) (Y/N or Not Available) | | | |
| Do we have an explanation for the Key Cycle difference between Key Cycles at event and Key Cycles at investigation | | | |
| Is the reported Delta-V similar to our crash magnitude? (estimate based on the size of the dent). (Y/N or Not Available) | | | |
| Does the pre-crash speed data match our crash story? (Y/N or Not Available) | | | |

1. 是否是完整且有效的記錄檔

因早期的 ACM 沒有備用電源，當車輛如果斷電，儲存在臨時記憶體中的資料可能會遺失，後續美國 NHTSA 要求新款 ACM 必須具有備用電源，以完整記錄 EDR 資料，但仍應確認是否完成紀錄，如圖 3-5 事件狀態中顯示「Complete file recorded (yes)」已完成紀錄。亦可檢視碰撞脈衝（Crash Pulse）判斷碰撞是否結束，一般而言一個單純的高速碰撞事故會在 200 毫秒內結束。

2. 事件週期是否符合事故（如果有紀錄）

當車輛發動後 EDR 會對點火開關進行記錄，根據 Collision Magazine 於 2007 年發表「Average Daily Ignition Cycles in SDM-Equipped General Motors Vehicles」，數據顯示一般而言，車輛每天點火次數平均為 6 至 7 次，進行 EDR 分析前應先確認事件紀錄週期是否為事故週期，若資料下載時的點火次數與事件發生時的點火次數差異相當大時，則要進一步判斷該事件是否為事故發生之事件，如下圖 3-7 比對確認示意圖。

| System Status At Deployment | |
|----------------------------------|------|
| Ignition Cycles At Investigation | 3310 |
| Ignition Cycles At Event | 3310 |

圖 3-7 事故週期確認示意圖

3. 碰撞脈衝 (DeltaV) 是否符合碰撞資料

因碰撞後會產生 DeltaV 數據，如撞擊數據過大則較可靠，因車輛如經過高速撞擊後應產生較大的 Delta V，故較不可能錯誤；另外可考量 DeltaV 撞擊速度跟損壞的對比程度是否在 20~30%範圍內，若超過範圍極有可能不是事故的紀錄。另外，課程提到在大型碰撞事件中，DeltaV 撞擊速度每 1 MPH 平均擠壓 1 英吋的變形量（粗估數據，不能作為事故最後車速判定）。最後也應考量 Delta V 方向（縱向和橫向）是否與碰撞證據相符。

4. 碰撞前資料 (Pre-Crash) 是否符合碰撞資料

依據實際碰撞後之現場狀況，判斷碰撞前資料 (Pre-Crash) 是否符合速度及撞擊方向，並依據時間與速度的趨勢（加速或減速）檢視車輛行進方向是否正確。

課程最後提醒，分析人員常犯的錯誤為不清楚事件資料的先後順序，或是誤認事件，故以上四項檢查步驟非常重要，講師強烈建議每次取得 CDR 報告後，應依照上述步驟檢查，再進行分析研判，避免因誤判而影響調查工作。

3. Delta V 分析

EDR 解讀報告包括兩大部分：Delta V 及 Pre Crash 資料，資料內容如表 3-2 所示。

表 3-2

| Delta V 資料 | Pre Crash 資料 |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➢ 縱向碰撞脈衝 (Longitudinal Crash Pulse) 或 Delta V (X 軸方向) ➢ 橫向碰撞脈衝 (Lateral Crash Pulse) 或 Delta V (Y 軸方向) | <ul style="list-style-type: none"> ➢ 速度 ➢ 油門或油門踏板 ➢ 煞車作動 (開/關) ➢ 轉向、轉向率、穩定控制資訊、其他 |

其中，Delta V 為車輛發生碰撞過程中速度的改變量，可以用來描述事故的嚴重程度。物理上速度改變量等於加速度乘上時間的改變量， $\Delta V = a\Delta t$ ，即於撞擊過程的碰撞脈衝 (Crash Pulse) 中，累加所有單位時間的速度改變量，可得加總的速度改變量，即為 Delta V，圖 3-8 為一般的碰撞脈衝 (Crash Pulse)，每條綠色的長方形即代表速度改變量，將每條綠色長方形加總後 (即加速度脈衝曲線圖內的面積) 可得 Delta V。

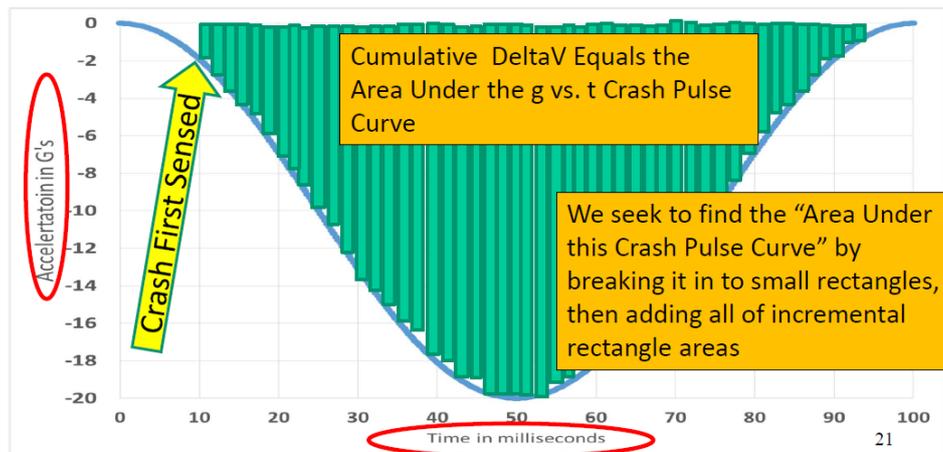


圖 3-8 碰撞脈衝 (Crash Pulse) 圖

多數的追撞事故的撞擊時間將維持 100 毫秒至 150 毫秒之間，但如果是撞擊固定不動的護欄，撞擊時間則可能為 60 毫秒，如果是側撞路側護欄，撞擊時間則可能持續至 300 毫秒以上。圖 3-9 為克萊斯勒 EDR 中的縱向撞擊加速度脈衝資料，由圖中可知加速度的極值發生於約 28 毫秒，加速度約為 -9.8g，若將綠色部分面積加總，則可得此事故中之 Delta V。

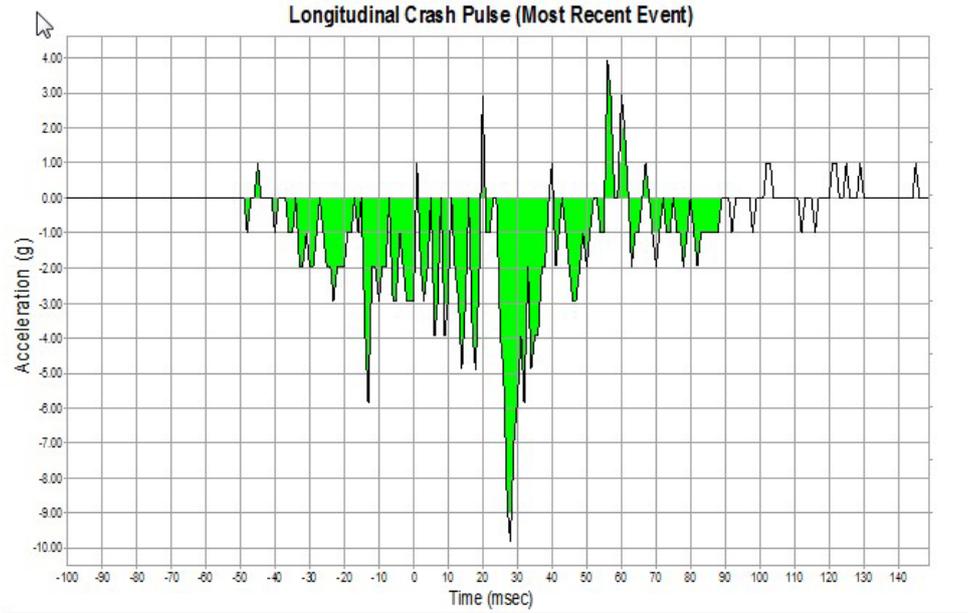


圖 3-9 克萊斯勒 EDR 縱向碰撞脈衝 (Crash Pulse) 圖

圖 3-10 為福特 EDR 中的縱向碰撞脈衝 (Crash Pulse) 資料，此福特 EDR 資料同時包含撞擊加速度及累加的 Delta V，由圖中可知加速度的極值發生於約 56 毫秒，加速度約為-23g，Delta V 約為-20 MPH。

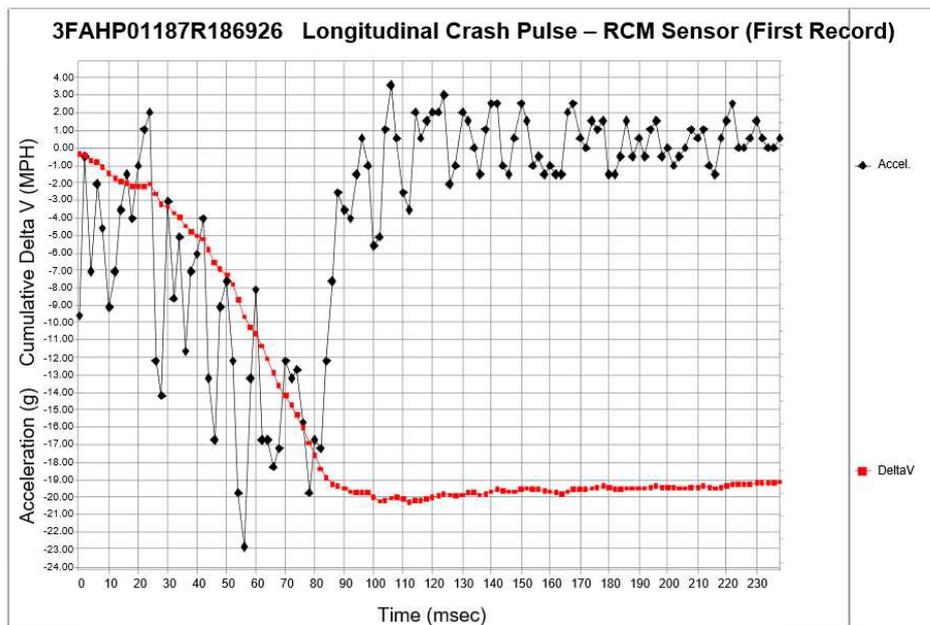


圖 3-10 福特 EDR 縱向碰撞脈衝 (Crash Pulse) 圖

各家車廠所配置的 EDR 各有不同，例如美國 2013 年通用汽車中的 EDR 碰撞脈衝（Crash Pulse）資料則是撞擊加速度與 Delta V 分別呈現於兩圖中，如圖 3-11。

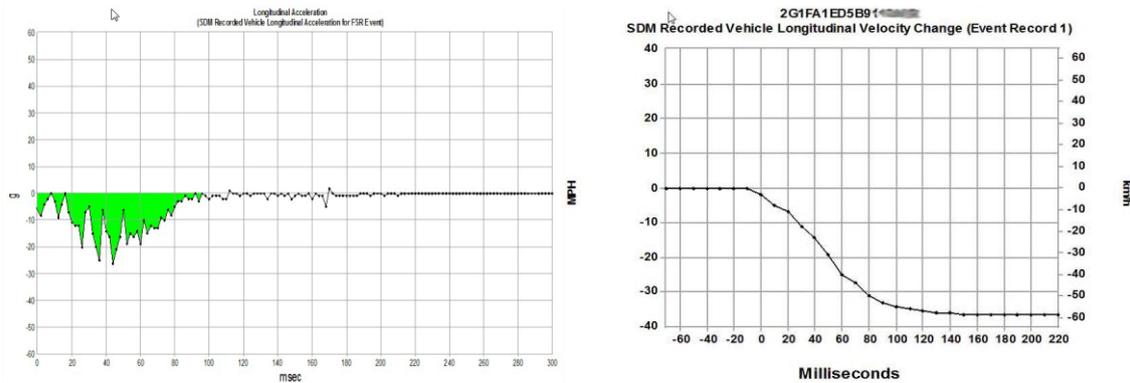


圖 3-11 通用汽車 EDR 縱向碰撞脈衝圖

交通事故車輛碰撞分析時，有時會遇到車輛回彈的情形，即碰撞後的瞬間車輛得到一反向的速度，故在分析時則須考慮恢復係數（Coefficient of Restitution，又簡稱為 e ），在課堂中講師皆以 Restitution 說明，定義為碰撞後分離的相對速度與碰撞前接近的相對速度的比值，公式如下：

$$e = \frac{\text{Separation Speed}}{\text{Closing Speed}} \quad \begin{array}{l} \text{Separation Speed} = \text{Speed V4} - \text{Speed V3} \\ \text{Closing Speed} = \text{Speed V1} - \text{Speed V2} \end{array}$$

恢復係數 e 通常介於 0 至 1 之間，其中 1 表示完全彈性碰撞，完全非彈性碰撞的係數為 0，但 0 值不一定是完全非彈性的，發生大的碰撞時恢復係數 e 會靠近 0，小的碰撞時恢復係數 e 則會靠近 1。例如 IIHS 40 MPH 的車輛前方側撞護欄測試，車輛前進速度為 40 MPH，撞擊後瞬間車輛得到一向後的速度 -4 MPH，帶入公式可得恢復係數 e 為 0.1。分析運用上，若已知恢復係數 e ，則可推算分離速度或接近速度。

縱向的 Delta V 亦可用來判斷乘客受傷的型態或情形，以圖 3-12 為例，橫軸為縱向 Delta V，縱軸為受傷程度達 MAIS 3+的機率，實線為一般未繫安全帶及安全氣

囊未爆破的情形，長虛線為安全氣囊爆碰的情形，短虛線為有繫安全帶及安全帶爆破的情形，可以看出繫安全帶及安全帶爆破的情況下，可有效降低乘客受傷的機率。一般情況下，乘客繫安全帶受傷的情形如表 3-3，可知當事故碰撞的過程中，若出現 10g 的加速度，安全氣囊可能爆開；若出現 20g 的加速度或 20 MPH 的 Delta V，乘客則可能受重傷。

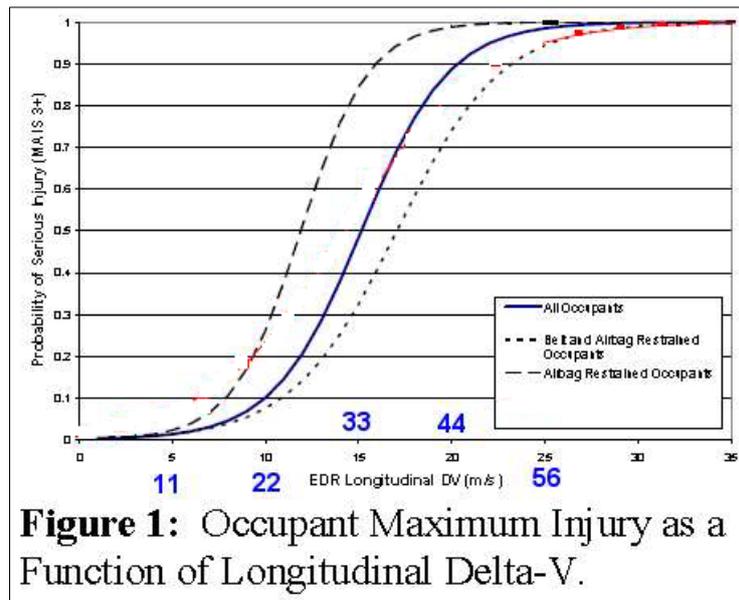


圖 3-12 縱向 Delta V 對應乘客受傷機率圖

表 3-3 乘客繫安全帶之受傷情形

| 碰撞加速度或 Delta V | 受傷情形 |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 5g Crash Pulse or 5 mph (8 kph) DV | Very low probability of injury |
| 10g Crash Pulse or 10 mph (16 kph) DV | Airbags may deploy |
| 20g Crash Pulse or 20 mph (32 kph) DV | Serious injury possible |
| 40g Crash Pulse or 40 mph (64 kph) DV | Serious injury likely, some fatals |
| 60g Crash Pulse or 60 mph (97 kph) DV | Fatality more likely than not |

除了判斷乘客受傷情形外，事故重建時可運用 Delta V 獲得事故碰撞時的速度，但需要結合其他事故現場的證據，例如事故碰撞後地面跡證或是車輛重量。在兩車碰

撞的事故中，因為所受到的力相同，方向相反，所以可以由被撞擊的車輛 EDR 推估肇事車輛在撞擊時的速度。

由於車輛碰撞型態相當多樣，包含「直線追/對撞 - 直線分離」、「直線追/對撞 - 有角度的分離」、「90 度側撞」、「直線追/對撞但有偏移 (offset)」以及「有角度追/對撞」等樣態，此次受訓為 EDR Level 1 的課程，課程內容僅限於直線追/對撞 - 直線分離的事故樣態，講師說明如果需要了解其他樣態，則希望學員可以繼續進行 EDR Level 2 的訓練課程。

舉例說明，一輛聯結車撞擊停等紅燈的小客車，聯結車上未有紀錄車速之紀錄器，小客車則有 EDR，由被撞小客車的 EDR Delta V 資料，以及兩車的車重，可先推估得聯結車 Delta V。利用牛頓定律，兩車受力相同，方向相反，可知 Delta V 比例與車重成反比，公式如下。

$$\Delta V_1 = -\Delta V_2 \frac{W_2}{W_1}$$

事故撞擊示意圖如圖 3-13。

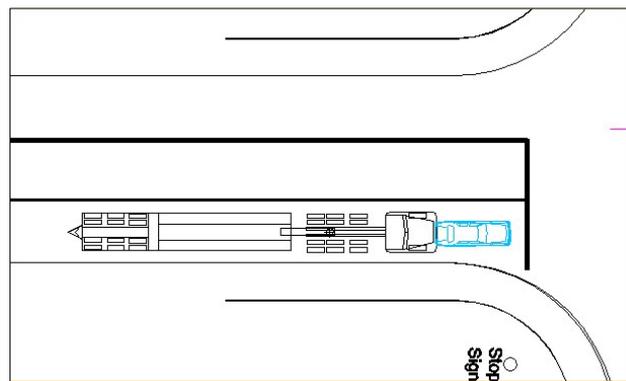


圖 3-13 事故撞擊示意圖

若可以由現場跡證獲得聯結車撞擊後移動的距離，以及地面磨擦係數，則可藉由公式[$V = \sqrt{30 * D * f}$]估算聯結車撞擊後的速度，再利用公式[$\text{Speed of Impact} =$

V3-DV]求得聯結車撞擊前的速度。

進入 Delta V 分析課程後半段，講師教授使用 Delta V 資訊時須注意的事項，並分別對各種情形進行說明，注意事項如下：

1. EDR 僅記錄部分的撞擊資料，以致 Delta V 紀錄不完整。
2. EDR 紀錄到撞擊前及撞擊後的資料。
3. 加速度儀存在偏移（offset）誤差。
4. 撞擊時加速度大於加速度儀可記錄的範圍，稱為 clipping。
5. 不尋常的 Delta V 曲線。
6. 所記錄 Delta V 值過小。
7. 撞擊發生在 ACM 的位置。
8. 加速度儀未記錄到撞擊方向之加速度，例如側轉（yaw）時發生碰撞。
9. ACM 未裝置在車輛重心位置。

4. Pre Crash 分析

碰撞前資料（Pre Crash）係透過觸發條件來進行記錄，目前大部分車廠的 EDR 均設計結合安全氣囊模組（Airbag control module, ACM），利用 ACM 內建之加速度感測器，當車輛發生碰撞造成安全氣囊爆開，此時便進行相關數據的紀錄。一般碰撞前資料通常是事故發生前的最後 5 秒，並包含車速、引擎作用比或轉速、油門及煞車作動等資料，更依據車輛製作及設計年份，亦有可能會增加 ABS、TCS、乘客重量感應等資料。

有時候碰撞前資料時間雖然從事故發生前-5.0 至 0 秒，但間隔數不一定是 1 秒，要依據報告內容進行研判分析，且「1 秒」應視為 0 秒至 1 秒、「2 秒」為 1 秒至 2 秒之間距。在得到碰撞前資料後，分析人員應進行下列考量：

1. 在察覺事故即將發生前，車輛行駛的速度？
2. 感知到要撞擊時到發生撞擊之間的車輛減速率？
3. 撞擊時速度？
4. 撞擊後的速度？
5. EDR 資料能否能夠驗證事故車輛駕駛陳述？

除所得到的數據外，分析人員為避免因事故環境不同而造成數據不準確，應考量是否有下列各種特殊狀況：

1. 煞車時車輪鎖死（ABS 沒有作動或無配備）
2. 車輪因重踩煞車而減慢（判斷 ABS 是否作動）
3. 車輪騰空飛越，不與地面接觸
4. 車輪偏軌（輪胎側向摩擦）
5. 路面摩擦力小於輪胎磨擦力（車輪空轉）
6. 反方向或以其他方式向後移動（車輛旋轉）

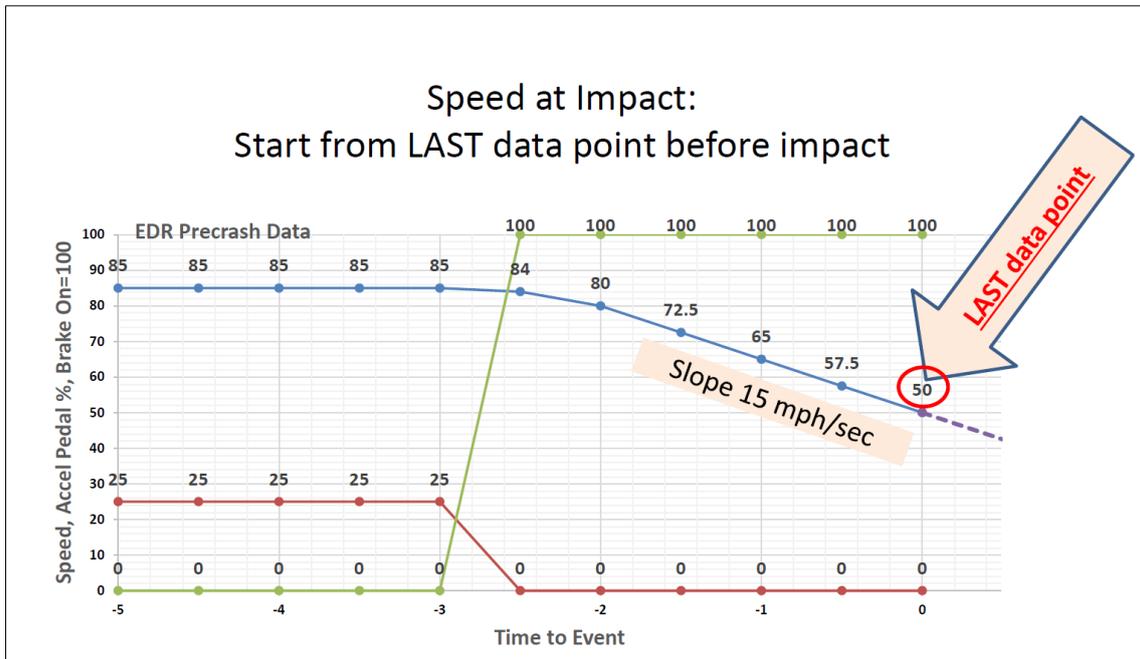
另外，分析人員除依照事故現場其他跡證判斷是否符合上述狀況外，也應檢視車輛是否改裝，例如引擎或變速箱系統改裝、輪胎非原廠出廠規格及特殊磨耗等因素。

課程中特別提到，當排除特殊情況後，EDR 數據即較符合實際狀況，但如未能排除特殊情況，則有可能因為使用不正確資料而判斷錯誤。如有特殊狀況而現場無法取得證明，導致無法分析數據，分析人員應提出最高至最低值之速度範圍供參考。

碰撞前速度範圍判斷

當分析人員取得碰撞前（Pre Crash）資料後，應判斷事故前撞擊速度及時間之相關關係，課程中特別提到，目前美國警方均以速度修正工作表修正速度範圍，如下圖

3-14 所示，首先需代入碰撞前資料最後一筆速度，透過三個項目來修正並計算碰撞速度最低至最高值，以下就碰撞速度工作表修正項目進行說明。



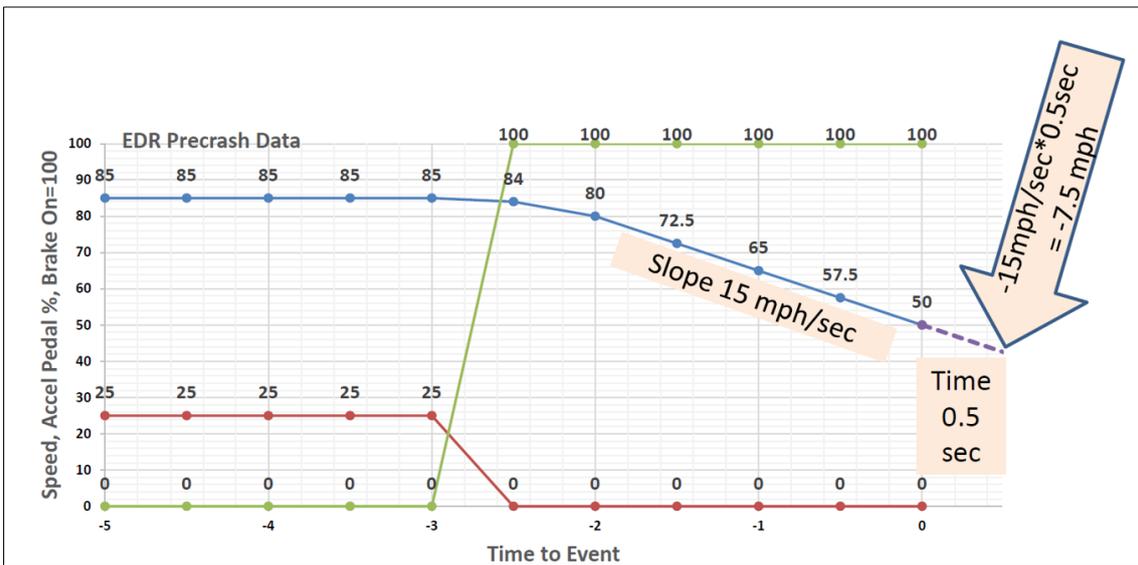
Speed at Impact Worksheet

| | LOWEST <u>MIN</u> | HIGHEST <u>MAX</u> |
|--|----------------------|-----------------------|
| Last Data Sample Before Impact | 50 | 50 |
| Braking between last data sample and time of impact (if any) (Time Interval x Braking Rate) <small>(subtract 0.5 sec if still on accel pedal)</small> | - _____ | |
| SLIP of wheel in ABS braking +5% (If in continuous braking) | + _____ | + _____ |
| Speedometer Error +/- 4% | - _____ | + _____ |
| Range of Speeds at Impact | _____ | _____ |
| | MIN | MAX |

圖 3-14 碰撞速度工作表

1. 最後一段煞車速度（時間間隔*煞車制動率）

本項目應先確認每個時間點速度是否隨時間改變，並依時間數據點和影響之間的時間乘以速度變化率進行調整。首先確認時速在時間最後一格為 0，如沒有加速的情形，則不需修正最高速度。另外最低速度應考量撞擊後持續之速度，一般而言依據每秒-15 MPH 的減速度修正速度，可能最高有 0.5 秒的時間差，因速度可能還在持續下降中，故取 0.5 秒為-7.5 MPH 為速度修正量，如下圖 3-15。



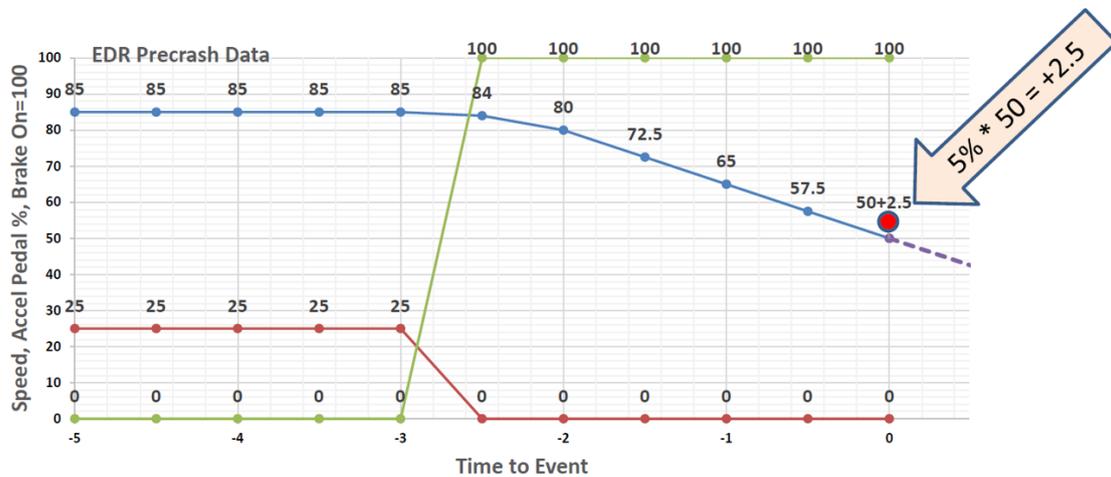
| Speed at Impact Worksheet | | |
|---|---------------|-----------|
| | LOWEST MIN | MAX |
| Last Data Sample Before Impact | 50 | 50 |
| Braking between last data sample and time of impact (if any) (Time Interval x Braking Rate) <small>(subtract 0.5 sec if still on accel pedal)</small> | -7.5 | 0 |
| SLIP of wheel in ABS braking +5% (If in continuous braking) | + _____ | + _____ |
| Speedometer Error +/- 4% | - _____ | + _____ |
| Range of Speeds at Impact | MIN _____ | MAX _____ |

圖 3-15 最後階段煞車速度修正

2.打滑係數修正

有關 ABS 作動下之實際車速，2010 年 SAE 美國汽車工程師協會發表「2009 Crown Victoria PCM EDR Accuracy in Steady State and ABS Braking Conditions」研究報告，當車輛時速 96 至 113 KPH 時（於高速公路上之乾燥地面進行測試），有 ABS 煞車作動的車輛速度在 EDR 紀錄上比實際速度少 3 至 13 KPH，故研究結果提出 CDR 報告內之車輛速度應比實際速度低 5%之結論，故美國警方普遍依據上述測試結果來校正 CDR 報告內之車輛速度。

本案例因考量 ABS 系統於事故發生前 3 秒開始作動，速度減至 50 MPH，故最高及最低值均增加最後速度 50 MPH 的 5%（+2.5 MPH）為修正量，如下圖 3-16。



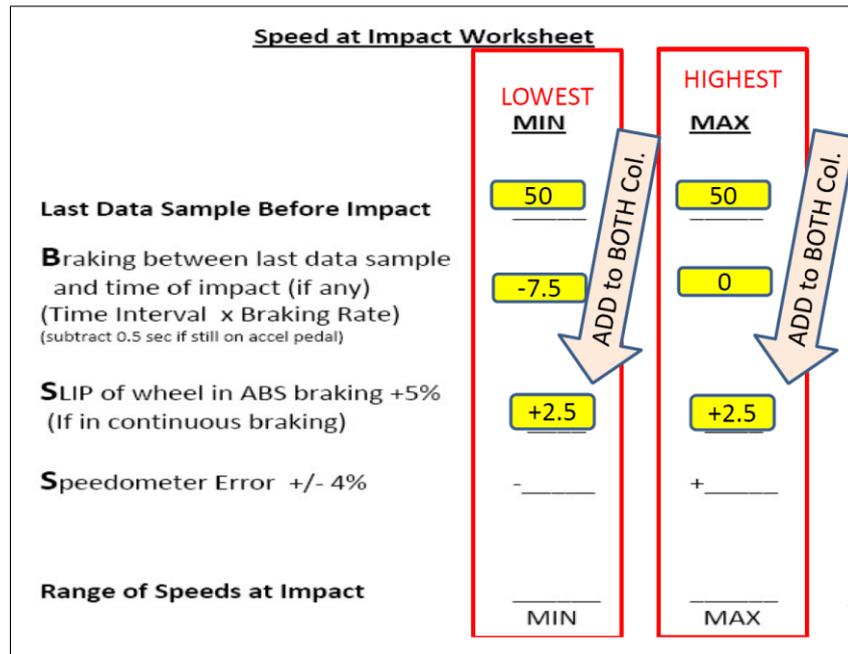


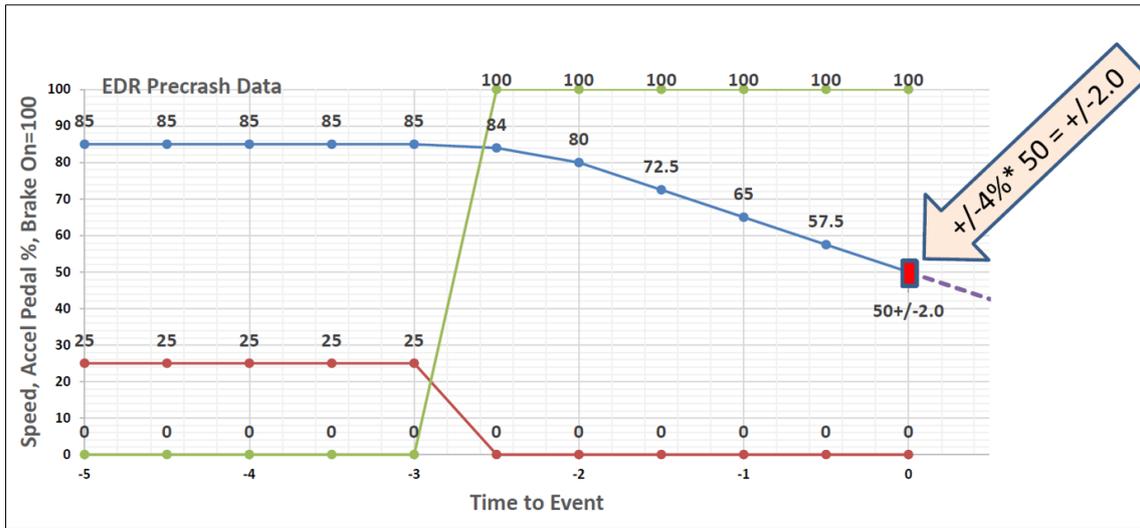
圖 3-16 ABS 速度修正

3.速度錶精度修正

2016 年 SAE 美國汽車工程師協會發表「Compendium of Pass Vehicle EDR Literature and Analysis of Validation Studies, 2016-01-1497」研究報告中，針對各車廠歷年 EDR 設備進行普查，依據數據結果分析，大多數之 EDR 紀錄之碰撞前速度及車速變化 (Delta V) 數據均比真實數據還低，顯示 EDR 設備精度仍有些許誤差，新 EDR 設備也許精度較高，但舊 EDR 設備精度誤差較大，研究結果取 +/- 4% 做為速度錶精度修正數據。故本次課程中，為確認車輛速度精度，特別提到目前美國警方在速度高時高低標使用 +/- 4%，速度較低時，低標使用 -1.5，高標用 +0.5 來確保速度資料的準確性，如有輪胎磨損過大時，應再增加 2% 之速度。課程也提到未來如有更新的測試資料能提出不同觀點再進行修正，目前美國法院均接受此修正精度方式辦理。

本案例因最後撞擊速度為 50 MPH，速度精度應修正 $50 * (+/-) 4% = (+/-) 2.0 \text{ MPH}$ ，

如下圖 3-17。



| Speed at Impact Worksheet | | |
|---|----------------------|-----------------------|
| | LOWEST <u>MIN</u> | HIGHEST <u>MAX</u> |
| Last Data Sample Before Impact | 50 | 50 |
| Braking between last data sample and time of impact (if any) (Time Interval x Braking Rate) <small>(subtract 0.5 sec if still on accel pedal)</small> | -7.5 | 0 |
| SLIP of wheel in ABS braking +5% (If in continuous braking) | +2.5 | +2.5 |
| Speedometer Error +/- 4% | -2.0 | +2.0 |
| Range of Speeds at Impact | MIN | MAX |

圖 3-17 速度精度修正

經過上述三項修正後，可計算出碰撞前最低 43 MPH 及最高 54.5 MPH 之速度範圍，如圖 3-18，並可依此數據做為事故發生當時碰撞之速度依據。

| Speed at Impact Worksheet | | |
|---|---------------|----------------|
| | LOWEST MIN | HIGHEST MAX |
| Last Data Sample Before Impact | 50 | 50 |
| Braking between last data sample and time of impact (if any) (Time Interval x Braking Rate) <small>(subtract 0.5 sec if still on accel pedal)</small> | -7.5 | 0 |
| SLIP of wheel in ABS braking +5% (If in continuous braking) | +2.5 | +2.5 |
| Speedometer Error +/- 4% | -2.0 | +2.0 |
| Range of Speeds at Impact | 43 MIN | 54.5 MAX |

圖 3-18 碰撞時速度範圍

此次受訓為 EDR Level 1 的課程，課程內容先就基本直線追撞或對撞事故型態撞擊前（Pre-Crash）資料數據進行計算，但仍有不同形態之 CDR 報告數據，其他不同方式計算樣態，將於 EDR Level 2 的訓練課程進行深入討論。

5. 案例分析

5.1 Stellantis (Chrysler)

案例說明：

一輛 Pontiac Montana (通用汽車) 在路側由南向北，嘗試通過雙向的無號誌公路，當 Montana 車輛通過一車道要進入另一車道時，遭另一輛由東向西行駛之 Dodge Charger (Chrysler) 側撞，造成坐在 Montana 車輛副駕駛座的乘客死亡，Montana

朝 Dodge Charger 前進方現被推向路側並翻覆，事故現場無煞車痕跡，事故現場圖如圖 3-19 所示。

利用動量守恆分析，Montana 在撞擊時車速介於 16 至 20 MPH 之間，Charger 在撞擊時車速介於 65 至 78 MPH 之間，東西向道路之速限為 65 MPH。兩車皆有 EDR 資料，檢視 CDR 資料發現，Montana 僅儲存 Non-Deployment 之撞擊前(Pre-Crash)資料；而 Chargery 則儲存了事故當下的碰撞脈衝(Crash Pulse)及撞擊前(Pre-Crash)資料。

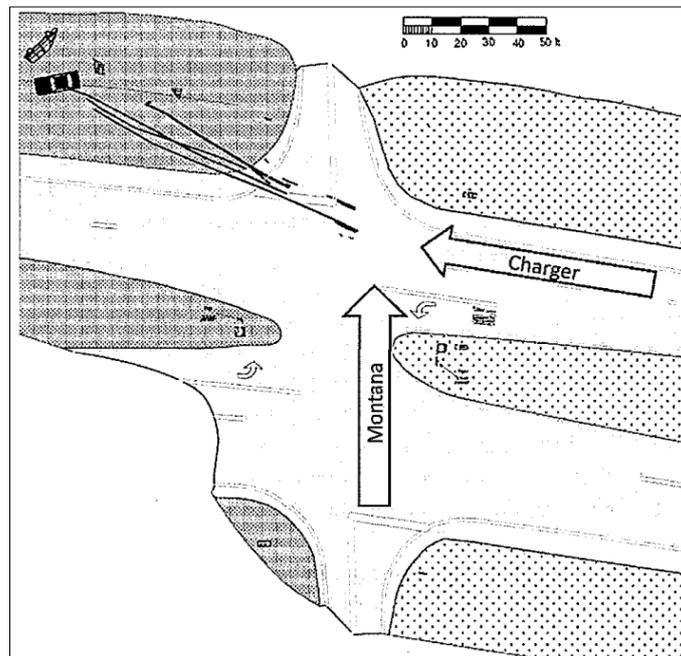


圖 3-19 事故現場圖

議題探討：

檢視 Montana 車輛 CDR 之資料限制 (Data Limitations)，探討 Non-Deployment 以及 Deployment 的作動邏輯；搭配撞擊前 (Pre-Crash) 資料判斷 Montana 遭撞擊時

是否停止於道路中央；EDR 資料是否與動量分析結果一致；以及是否 EDR 資料 Montana 駕駛員是否有嘗試避免事故發生。

檢視 Charger 車輛 CDR 報告，判斷 EDR 資料是否包含事故發生過程；Charger 於煞車前之最高速度及其範圍為何；Charger 撞擊前車速及其範圍；利用動量分析及 EDR 資料判斷撞擊前車速範圍。

分析結果：

依據 Montana 之 Non-Deployment 資料，其記錄撞擊前之撞擊前（Pre-Crash）資料如圖 3-20 所示，其中引擎轉速（rpm）於事故前 3 秒降至 0 轉，判斷 Montana 被 Charger 撞擊後即觸發 Non-Deployment，隨後翻覆及滑動過程中再次觸發 Non-Deployment 條件，判斷 Montana 被撞擊時速度為 18 MPH，未停在道路中央。

由動量分析結果顯示，Montana 在撞擊時車速介於 16 至 20 MPH 之間，與 EDR 資料相符合。Montana 遭撞擊前，油門變化由 18%增加至 94%，顯示駕駛員有加大油門，嘗試避免遭 Charger 撞擊。

| Seconds Before AE | Vehicle Speed (MPH) | Engine Speed (RPM) | Percent Throttle |
|-------------------|---------------------|--------------------|------------------|
| -5 | 16 | 2048 | 18 |
| -4 | 18 | 2752 | 94 |
| -3 | 10 | 0 | 13 |
| -2 | 2 | 0 | 91 |
| -1 | 0 | 0 | 10 |

| Seconds Before AE | Brake Switch Circuit State |
|-------------------|----------------------------|
| -8 | OFF |
| -7 | OFF |
| -6 | OFF |
| -5 | OFF |
| -4 | OFF |
| -3 | OFF |
| -2 | OFF |
| -1 | OFF |

圖 3-20 Montana 車輛 Pre-Crash 資料

依據 Charger 的 EDR 資料，縱向碰撞脈衝 (Crash Pulse) 完整呈現，表示有記錄到完整的事務過程。撞擊前 (Pre-Crash) 資料中顯示事故發生前最高速度為 124 MPH，經由速度錶的速度修正 (+4%, -4%)，可得速度範圍為 119 及 129 MPH。同樣可以於撞擊前 (Pre-Crash) 資料中找出撞擊前速度為 75 MPH，經由煞車修正 (時間間隔*煞車率)、ASB 作動造成滑動之修正 (+5%)、速度錶修正 (+4%, -4%)，分析撞擊前速度範圍應介於 74.25 至 81.75 MPH 之間。

進一步比對動量分析結果，Charger 在撞擊時車速介於 65 至 78 MPH 之間，取兩分析方法所的速度之交集，最後可得撞擊前速度範圍應介於 74.25 至 78 MPH 之間。

5.2 Ford

案例說明：

事故車輛為一輛 2011 年福特嘉年華，於事故當時進入限速 30 英里的十字路口，車行前方為紅燈。嘉年華直接追撞前方一輛 1997 年福特 F350，嘉年華車輛前方受損。

事故現場沒有輪胎煞車痕跡，嘉年華卡在 F350 的後下方，嘉年華上有一位 91 公斤的男性 A 和一位 50 公斤的女性 B，嘉年華的女性在現場失去知覺，送醫後隔天因內傷於醫院死亡，第一時間抵達現場的急救人員在車外發現女性 B 躺在地上，男性 A 說他把女性 B 從車內救出，試圖對其進行 CPR，男性 A 說女性 B 為開車的駕駛。

現場調查人員利用阻力板 (Drag Sled) 取得道路摩擦係數為 0.71。嘉年華車輛及內部如圖 3-21。



圖 3-21 嘉年華車輛及內部

議題探討：

1. 嘉年華最快之車速多少?
2. 嘉年華駕駛在撞擊前是否緊急煞車 (ABS 是否有作動)?
3. 依照 EDR 紀錄，計算撞擊當時的速度範圍?
4. 依照 EDR 紀錄，駕駛者為男性還是女性?

分析結果：

1. 依照撞擊前 (Pre-Crash) 資料 (每秒 2 筆)，在-3.5 至-2.5 秒前，車速 40.3 MPH 為碰撞前之最高車速，如表 3-4 所示。

表 3-4 撞擊前資料 (每秒 2 筆)

Pre-Crash Data -5 to 0 sec [2 samples/sec] (First Record)

| Times (sec) | Speed vehicle indicated MPH [km/h] | Accelerator pedal, % full | Service brake, on/off | ABS activity (engaged, non-engaged) | Stability control (engaged, non-engaged) |
|-------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|
| - 5.0 | 39.8 [64.0] | 14.5 | Off | non-engaged | non-engaged |
| - 4.5 | 40.0 [64.4] | 12.0 | Off | non-engaged | non-engaged |
| - 4.0 | 40.2 [64.8] | 12.0 | Off | non-engaged | non-engaged |
| - 3.5 | 40.3 [64.8] | 11.5 | Off | non-engaged | non-engaged |
| - 3.0 | 40.3 [64.9] | 5.5 | Off | non-engaged | non-engaged |
| - 2.5 | 40.3 [64.9] | 4.5 | Off | non-engaged | non-engaged |
| - 2.0 | 40.2 [64.8] | 4.0 | Off | non-engaged | non-engaged |
| - 1.5 | 40.1 [64.5] | 0.0 | Off | non-engaged | non-engaged |
| - 1.0 | 39.7 [64.0] | 0.0 | On | non-engaged | non-engaged |
| - 0.5 | 31.0 [49.9] | 0.0 | On | engaged | non-engaged |
| 0.0 | 20.1 [32.3] | 0.0 | On | engaged | non-engaged |

2. 依照撞擊前資料 (每秒 2 筆)，在-0.5 秒前，ABS 已啟動，如表 3-4 所示。
3. 依據撞擊前資料，扣除不合乎實際之速度後，判斷應以-1.1 至 0 秒之縱向加速度取得平均值為 0.77(如表 3-5)，於速度修正表中代入最後一筆速度 20.1 MPH，最後煞車速度修正因速度下降，故不修正最高值，但最低速度應延伸 0.5 秒，故修正後為 $0.77 * (32.2/1.466) * (+0.5\text{sec}) = -8.5 \text{ MPH}$ ；接著因 ABS 作動，故最高跟最低值皆修正 (+5%) 打滑係數；再考量車輛速度錶精度修正，分別使用 +/-4%及低速度誤差值分別計算，修正後工作表之速度範圍介於 11.1 至 22.0 MPH，如下表 3-6 所示。

表 3-5 撞擊前資料 (每秒 10 筆)

Pre-Crash Data -5 to 0 sec [10 samples/sec] (First Record)

| Times (sec) | Stability Control Lateral Acceleration (g) | Stability Control Longitudinal Acceleration (g) | Stability Control Yaw Rate (deg/sec) | Times (sec) | Stability Control Lateral Acceleration (g) | Stability Control Longitudinal Acceleration (g) | Stability Control Yaw Rate (deg/sec) |
|-------------|--|---|--------------------------------------|-------------|--|---|--------------------------------------|
| -5.0 | 0.034 | 0.0 | -0.5 | -2.4 | 0.008 | -0.011 | -1.37 |
| -4.9 | 0.028 | -0.004 | -0.75 | -2.3 | 0.0 | -0.023 | -1.0 |
| -4.8 | 0.018 | 0.007 | -0.75 | -2.2 | -0.004 | -0.033 | -1.12 |
| -4.7 | 0.018 | -0.009 | -0.37 | -2.1 | -0.004 | -0.021 | -1.87 |
| -4.6 | 0.024 | -0.007 | -1.0 | -2.0 | 0.015 | -0.043 | -1.5 |
| -4.5 | -0.032 | -0.01 | -0.75 | -1.9 | -0.006 | -0.046 | -1.37 |
| -4.4 | -0.009 | 0.01 | -1.0 | -1.8 | 0.007 | -0.034 | -1.75 |
| -4.3 | -0.038 | 0.019 | -1.0 | -1.7 | 0.003 | -0.053 | -1.12 |
| -4.2 | -0.02 | 0.007 | -1.37 | -1.6 | 0.004 | -0.04 | -1.37 |
| -4.1 | -0.006 | -0.009 | -1.5 | -1.5 | 0.004 | -0.04 | -1.37 |
| -4.0 | -0.019 | 0.0 | -1.5 | -1.4 | 0.086 | -0.045 | 0.12 |
| -3.9 | 0.0 | -0.005 | -1.37 | -1.3 | -0.016 | -0.031 | 1.5 |
| -3.8 | 0.006 | 0.004 | -1.75 | -1.2 | -0.001 | -0.647 | -1.5 |
| -3.7 | -0.004 | 0.001 | -1.25 | -1.1 | -0.012 | -0.75 | -2.5 |
| -3.6 | 0.0 | -0.001 | -1.25 | -1.0 | -0.025 | -0.709 | -1.5 |
| -3.5 | -0.007 | -0.04 | -1.75 | -0.9 | -0.022 | -0.763 | -1.5 |
| -3.4 | -0.006 | -0.003 | -1.5 | -0.8 | -0.007 | -0.826 | -1.5 |
| -3.3 | 0.001 | -0.015 | -1.25 | -0.7 | 0.014 | -0.792 | -0.75 |
| -3.2 | -0.01 | -0.028 | -1.5 | -0.6 | -0.007 | -0.895 | 1.25 |
| -3.1 | -0.018 | -0.019 | -1.37 | -0.5 | 0.014 | -0.83 | 1.87 |
| -3.0 | -0.01 | -0.034 | -1.37 | -0.4 | 0.03 | -0.835 | 0.75 |
| -2.9 | -0.018 | -0.027 | -1.37 | -0.3 | 0.022 | -0.607 | 0.37 |
| -2.8 | -0.003 | -0.015 | -1.5 | -0.2 | 0.107 | -0.653 | 0.75 |
| -2.7 | 0.008 | -0.022 | -1.37 | -0.1 | 0.05 | -0.823 | -3.37 |
| -2.6 | -0.006 | -0.027 | -0.62 | 0.0 | -0.004 | -0.811 | -3.75 |
| -2.5 | 0.008 | -0.021 | -1.25 | | | | |

AVG=0.7745

表 3-5 修正後之工作表

Speed at Impact Worksheet +/-4%

| | MIN | MAX |
|-----------|------|----------|
| Last good | 20.1 | 20.1 mph |
| Braking | -8.5 | 0.0 |
| Slip | +1.0 | +1.0 |
| Speedo | -0.8 | +0.8 |
| Range mph | 11.8 | 21.9 mph |

Alternative Speedo Error -1.5/+0.5+2% speed

| MIN | MAX |
|------|---|
| 20.1 | 20.1 |
| -8.5 | 0.0 |
| +1.0 | +1.0 |
| -1.5 | +0.9 (max 0.5+.02*20mph) updated guidance |
| 11.1 | 22.0 mph |

進一步比對動量分析結果，嘉年華在撞擊時車速介於 17.3 至 21.1 MPH 之間，取兩分析方法所的速度之交集，最後可得撞擊前速度範圍應介於 17.3 至 21.1 MPH 之間。

- 根據撞擊前資料顯示，前座乘客座椅的重量類別為「\$08」，對照 FORD EDR 設備（RC6）之乘客座椅重量分類表顯示，「\$08」屬於輕量級成人（比孩童大，但小於中量級成人），根據事件指出女性 B 為 50 公斤，男性 A 為 91 公斤，俾

存的男性 A 在筆錄中指出女性 B 為開車的駕駛，可依據 CDR 報告內之重量紀錄顯示證明男性 A 說謊。

另外應考量有可能前座乘客彎腰或躺臥在座椅上，也會造成重量感測器讀取有偏差。但於 CDR 報告之事件狀態紀錄中可查出，車輛點火啟動後到事故發生時間為 90 秒（如表 3-6），表示乘客較不可能在上車後很快就躺著休息。

表 3-6 撞擊前資料及事件狀態紀錄

| Pre-Crash Data -1 sec (First Record) | |
|--|-----------------------|
| Ignition cycle_crash | 359 |
| Frontal air bag warning lamp_on/off | Off |
| Occupant size classification_front passenger (Child size Yes/No (Hex value)) | No (08) |
| Safety belt status_driver | Driver Buckled |
| Seat track position switch_foremost_status_driver | Not Forward |
| Safety belt status_front passenger | Passenger Not Buckled |
| Seat track position switch_foremost_status_front passenger | Not Forward |

| System Status at Event (First Record) | |
|---|---------------|
| Recording Status | Locked Record |
| Complete file recorded (yes,no) | Yes |
| Multi-event_number of events | 1 |
| Time from event 1 to 2 (msec) | N/A |
| Lifetime Operating Timer at event time zero (seconds) | 302.605 |
| Key-on Timer at event time zero (seconds) | 90 |
| Vehicle voltage at time zero (Volts) | 12.798 |
| Energy Reserve Mode entered during event (Y/N) | No |

5.3 Tesla

案例說明：

事故車輛為一輛 2014 年 Tesla Model S 及一輛 2016 年 Zero SR 摩托車，事故地點恰好位於上課地點的斯科茨代爾市，摩托車在停等紅燈時遭後方 Tesla 追撞，摩托車騎士撞擊後拋飛 262 呎，摩托車撞擊後拋飛 226 呎，Tesla 撞擊後煞車距離為 354 呎，事故現場共 357 呎，事故現場圖如圖 3-22，事故現場照片如圖 3-23 所示。分析 Tesla 駕駛撞擊摩托車時的車速為何？

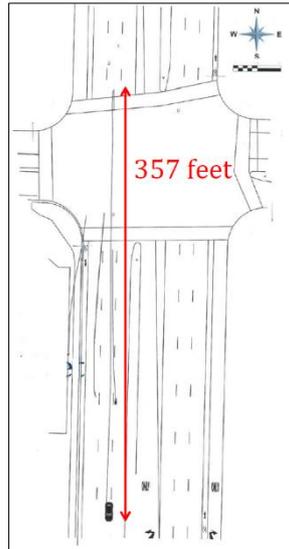


圖 3-22 事故現場圖



圖 3-23 事故現場照片

議題探討：

本案例中可由以下方法推估 Tesla 的車速：

1. 現場的煞車痕跡
2. 摩托車駕駛遭撞擊後拋飛的距離
3. Tesla 診斷資料 (Tesla Diagnostic Data)
4. 事故車輛 EDR 資料
5. 路口監視器影像資料

分析結果：

1. 由事故車輛於現場遺留之煞車痕跡，可利用煞車距離及摩擦係數公式 $[V = \text{SQRT}(30 * D * f)]$ ，假設地面摩擦係數為 0.7，可得撞擊時車速。
2. 依據英國 John Searle 所推導的行人拋飛 (pedestrian throw) 公式，可計算事故車輛撞擊行人時的速度。講師說明此分析方法可於行人事故調查課程中教授，這裡直接提供大家估算出來的結果，摩托車騎士拋飛 262 呎，經由計算撞擊時車速介於 61 至 78 MPH 之間。
3. 在美國 Tesla 車主可以向原廠提出所屬車輛的診斷資料，包含但不侷限以下參數，例如車速、煞車開關、油門踏板、方向盤角度、前方煞車輔助等，若向 Tesla 原廠提出需求後，通常在一個星期內可以得到回覆，本事故案例警方向原廠提出診斷資料的請求後，原廠回覆診斷資料如圖 3-24 所示，並包含一說明文件，當中提及「請參考 Model S 車主手冊說明，自動緊急煞車 (Automatic Emergency Braking) 僅當車速介於 5 MPH (8 km/h) 及 85 MPH (140 km/h) 之間」，比對診斷資料，當車輛偵測到將撞擊前方車輛時速度已超過 85 MPH，表示自動緊急煞車將部會作動。另由診斷資料中可判斷事故發生於 11:52:16 時至 11:52:17 時之間，推估撞擊時車速介於 84.5 至 75.5 MPH 之間。

| VIN | DATE (US/Pacific) | VEHICLE SPEED (mph) (179.8 mph is recorded when vehicle is off) | ACCELERATOR PEDAL POSITION (%) (102 is recorded when vehicle is off) | STEERING ANGLE SENSOR (degrees) (positive indicates right turn, *1.819.1 is recorded when signal not available) | BRAKE APPLICATION | FRONT CRASH DETECTION |
|------------------|----------------------------|--|---|--|-------------------|-----------------------|
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:51.0 AM | 15.3 | 40.8 | 1.6 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:52.0 AM | 17.6 | 0.0 | 1.9 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:52.0 AM | | | | ON | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:53.0 AM | 11.0 | 0.0 | -15.8 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:53.6 AM | 6.1 | 0.0 | -49.0 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:54.0 AM | 3.3 | 0.0 | -56.5 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:54.6 AM | | | | OFF | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:55.0 AM | 0.2 | 0.0 | -108.6 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:56.0 AM | 1.6 | 20.8 | -126.1 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:57.0 AM | 4.9 | 31.6 | -105.5 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:57.5 AM | 7.9 | 23.2 | -43.5 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:58.0 AM | 9.8 | 23.6 | 13.3 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:51:59.0 AM | 12.0 | 39.2 | 114.3 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:00.0 AM | 17.7 | 41.6 | 35.7 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:01.0 AM | 24.8 | 48.8 | -1.1 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:02.0 AM | 32.4 | 48.4 | -3.0 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:03.0 AM | 39.8 | 49.2 | -23.3 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:04.0 AM | 47.4 | 53.2 | -31.8 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:05.0 AM | 55.3 | 55.6 | -8.9 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:06.0 AM | 63.3 | 56.8 | -6.7 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:07.0 AM | 70.6 | 64.8 | -10.7 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:08.0 AM | 77.7 | 68.4 | -6.2 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:09.1 AM | 84.5 | 70.8 | -5.3 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:10.0 AM | 89.7 | 71.2 | -4.8 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:11.0 AM | 94.7 | 70.8 | -1.5 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:12.0 AM | 99.4 | 70.8 | -1.0 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:13.0 AM | 103.4 | 70.4 | -3.0 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:14.0 AM | 106.9 | 0.0 | -3.4 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:14.9 AM | | | | ON | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:15.0 AM | 105.7 | 0.0 | -3.7 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:16.0 AM | 97.1 | 0.0 | -7.7 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:16.6 AM | | | | | CRASH |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:16.6 AM | 84.5 | 0.0 | -13.9 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:16.9 AM | 78.3 | 0.0 | -15.1 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:17.0 AM | 75.5 | 0.0 | -13.3 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:17.1 AM | 73.4 | 0.0 | 7.1 | | |
| 5YJSA1H1XEP61345 | Aug-13, 2017 11:52:18.0 AM | 61.9 | 0.0 | 2.8 | | |

圖 3-24 Tesla 診斷資料

4. 取得事故車輛 EDR 並資料下載後，得到包含時間車速、油門踏板、馬達轉速、煞車開關、方向盤角度、穩定控制開關及 ABS 作動等 Pre-Crash 資料，如圖 3-25 所示，駕駛於撞擊前 2 秒開始踩踏煞車，踩踏煞車前速度達 169 公里/小時（105 MPH），撞擊時速度為 132 公里/小時（82 MPH）。考慮煞車作動、輪胎打滑、車速表誤差後，估算撞擊時車速介於 74 至 89 MPH 之間。

| Event Data (Event 1) | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------|----------------------------|-------------------|--------------|
| Time (sec) | Vehicle Speed (kph) | Accelerator Pedal % | Rear Motor Speed (rpm) | Service Brake | Steering Wheel Angle (deg) | Stability Control | ABS Activity |
| -5.0 | 157 | 70 | 11800 | Off | 4.2 | On | Off |
| -4.5 | 160 | 70 | 12000 | Off | 0.0 | On | Off |
| -4.0 | 164 | 70 | 12300 | Off | 0.0 | On | Off |
| -3.5 | 167 | 69 | 12500 | Off | 0.0 | On | Off |
| -3.0 | 169 | 0 | 12600 | Off | 0.0 | On | Off |
| -2.5 | 169 | 0 | 12500 | Off | 0.0 | On | Off |
| -2.0 | 167 | 0 | 12400 | On | 0.0 | On | Off |
| -1.5 | 163 | 0 | 12100 | On | -4.2 | On | Off |
| -1.0 | 149 | 0 | 11200 | On | -4.2 | On | Off |
| -0.5 | 135 | 0 | 9800 | On | -8.4 | On | On |
| 0.0 | 132 | 0 | 9700 | On | -8.4 | Engaged | On |

圖 3-25 Model S EDR 資料

5. 事故發生地點恰好有路口監視器，警方取得影像資料後開始對影像進行分析，圖 3-26 左側為監視器影像涵蓋範圍，右側為捕捉事故車輛 Model S 的影格畫面，影格編號 809 中紅色箭頭為標示 Model S 位置，綠色箭頭為摩托車位置。經過計算，撞擊時 Model S 車速達 85.5 MPH 以上。



圖 3-26 路口監視器攝影範圍及影格畫面

彙整以上各方法所推估的 Tesla 車速，如圖 3-27 所示，可以分析出事故車輛可能及合理的車速範圍。

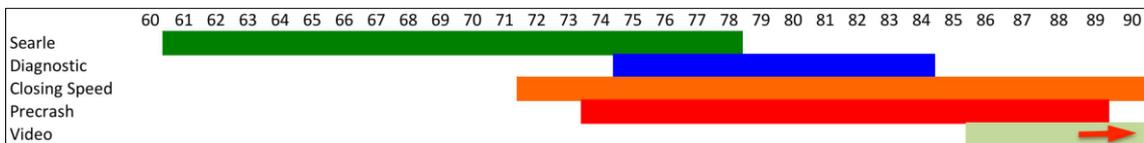


圖 3-27 車速估算彙整資料

5.4 Toyota

案例說明：

一輛小型校車到達有停車標誌的交叉路口，停車後繼續前進。隨後一輛 2007 年 TOYOTA YARIS 在這個交叉路口垂直撞上小型校車的右前輪，這個交叉路口速限 25 MPH，校車司機因未讓路而被傳喚。

資料顯示 YARIS 在撞擊前有向右急轉，撞擊後行駛 18 英尺後停下來，一個前輪鎖死，另一個前輪部分受損，調查人員於事故現場量測並經過校正(道路摩擦係數 0.7，煞車制動力 40%) 後，取得摩擦係數為 0.28，YARIS 的撞擊後角度偏差 31 度，小型校車撞擊後停止在人行道上並撞到電線桿，現場照片如圖 3-28。



圖 3-28 現場照片

議題探討：

1. 根據 EDR 資料，YARIS 在事故發生前 4.4 秒行駛的最高速度？YARIS 是否超過 25 MPH 道路速限？如果超速，能否提出數據向法院證明？

2. 在撞擊和觸發記錄的-0.4 秒間，CDR 報告速度從 38.5 MPH 降至 0，請解釋為何會這樣發生？
3. 使用速度與時間的數據，計算撞擊時可能的速度範圍？如再考慮 EDR 記錄的速度資料和 Delta V，調整 YARIS 在撞擊當時最可能的速度範圍？
4. 如果 YARIS 未超速行駛，事故會發生嗎？

分析結果：

1. 根據 EDR 解讀出的 CDR 報告內碰撞前資料顯示，在-4.4 秒時 YARIS 最高速度為 57.2 MPH，另外再精度校正加減 4%的速度錶誤差，校正後範圍為 54.9 至 59.5MPH，所以可證明 YARIS 在事故當時的行駛速度至少為 54.9 MPH，如表 3-7。

表 3-7 撞擊前資料

| Pre-Crash Data, -5 to 0 seconds (Most Recent Event, TRG 2) | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Time (sec) | -4.4 | -3.4 | -2.4 | -1.4 | -0.4 | 0 (TRG) |
| Vehicle Speed (MPH [km/h]) | 57.2 [92] | 55.9 [90] | 52.2 [84] | 52.2 [84] | 38.5 [62] | 0 [0] |
| Brake Switch | OFF | ON | OFF | ON | ON | ON |
| Accelerator Rate (V) | 0.94 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.86 | 0.78 |
| Engine RPM (RPM) | 2,400 | 2,000 | 1,600 | 1,600 | 800 | 400 |

2. 同樣依據上表 3-7 撞擊前資料，在-0.4 秒開始到 0 秒，速度從 38.5 MPH 降至 0，顯示駕駛全力踩踏煞車，造成車輪鎖死，而事故結果顯示 YARIS 仍向校車滑行，表示車輪沒有速度，顯示車輛未有 ABS 系統（2007 TOYOTA YARIS 未將 ABS 列為標準配備）。
3. 依據表 3-7 撞擊前資料，紀錄顯示煞車開關在-1.4 秒處開啟，判斷於-1.4 秒處的速度 52.2 MPH 應是合理的，但-2.4 秒處速度沒有下降，顯示在-2.4 至-1.4 秒之間沒有煞車。因最後 0 秒無速度，故取-1.4 至-0.4 秒進行修正，最低值為-0.9 秒*15 MPH = -13.5 MPH，最高值為-0.4 秒*15 MPH = -6.0 MPH；另車輛未配備 ABS，不需進行+5%的打滑係數調整；再考量車輛速度錶精度修正，分為使用+/-4%及誤差值分別計算，修正後工作表之速度取範圍最大者為 23.4 至 34.1 MPH，如下表 3-8 所示。

表 3-7 修正後之工作表

| | MPH | MPH |
|---|-------------|-------------|
| | <u>MIN</u> | <u>MAX</u> |
| Starting Data Point (Last one where EDR speed=ground speed) | 38.5 | 38.5 |
| Speed Change from Starting Speed (0.4-0.9 sec @ 15 mph/sec) | -13.5 | - 6.0 |
| Slip Adjustment (brake under reporting 5%) | +0.0 | +0.0 |
| Speedometer Error +/-4% | <u>-1.6</u> | <u>+1.6</u> |
| Range of possible speeds at impact | 23.4 | 34.1 |

進一步比對動量分析結果，YARIS 在撞擊時車速介於 32.0 至 41.2 MPH 之間，取兩分析方法所的速度之交集，最後可得撞擊前速度範圍應介於 32.0 至 34.1MPH 之間。

4. 答案是不會的。

根據研究，在速限 25 MPH 路口停等過馬路的駕駛平均等待時間為 5.6 秒或 205 ft (5.6 秒*25 MPH*1.466)，這就是校車司機停車等待的相對時間跟距離。

當校車駕駛開始進入路口時，假設距碰撞 5.6 秒，時速約 50 MPH，公車距離超過 400 ft (約 5.6*50mph*1.466)，當依據 CDR 報告實際校車開車到被撞-4.5 秒時，可假設開車到被撞的距離約為 330 ft (4.5*50mph*1.466)。

接下來假設 YARIS 行駛速度為 25 MPH (路口最高限速)，依上述校車的行駛距離，則 YARIS 需要 330 ft / 37 ft/sec = 9 秒 (25 MPH 等於 37 ft/sec) 才能到達校車的位置。

假設 YARIS 以 25MPH 的速度行駛，還要 9 秒才能通過路口，依照這個時間點，校車早已經行駛離開路口。

肆、 建議

- 建議我國車輛主管機關，應參考美國聯邦法規 CFR Part 563 及歐盟安全法規，評估我國所有小客、貨車應配備 EDR 之法規或相關規定，除有助於了解事故和人員傷害發生情況，亦利於事故調查人員藉由解讀 EDR 資料，分析並重建事故。
- 經過 IPTM 各階段性之課程，從事故現場調查、進階公路事故調查再到 EDR 資料於交通事故重建等訓練，瞭解利用科學理論推證事故的過程與原理，但目前所上的課程皆為小客、貨車，考量本會主要調查汽車運輸業的大型車輛，未來亦可針對汽車運輸業用大型車輛之事故調查，派員參加「Heavy Vehicle Electronic Control Module Data Use in Crash Reconstruction」及「Commercial Vehicle Crash Investigation」課程，期能瞭解國外調查單位如何分析並重建大型商用車輛事故。

參加美國北佛羅里達大學附設警察科技及管理研究所「車輛事故資料
紀錄器於交通事故重建之應用」課程報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：公路調查組次席調查官

姓 名：蕭牟淵

出 國 人 職 稱：公路調查組次席調查官

姓 名：日智揖

出 國 地 區：美國

出 國 期 間：民國 112 年 8 月 28 日至 9 月 1 日

報 告 日 期：民國 112 年 12 月 1 日

建議事項：

| | 建議項目 | 處理 |
|---|-------------------------------------|---|
| 1 | 建議交通部研擬我國小客、貨車裝設 EDR 設備之相關發 規及規定 | <input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行 |
| 2 | 建議針對商用大型車輛調查課程，持續派員參訓 | <input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行 |