

出國報告（出國類別：進修）

參加美國北佛羅里達大學警察科技及管理研究所「商用車輛事故調查—第一階段（Commercial Motor Vehicle Crash Investigation - Level 1）」課程出國報告

服務機關： 國家運輸安全調查委員會  
姓名職稱： 呂昀謨 / 公路調查組 / 副調查官  
派赴國家/地區： 美國 / 佛羅里達州傑克森維爾市  
出國期間： 113年8月10日至8月19日  
報告日期： 113年10月25日

## 摘要

公路調查組為精進同仁對於大型商用車相關事故調查之專業技能，規劃選派同仁參加國內、外之相關機構辦理之訓練課程。本年度美國警察科技及管理學院（**Institute of Police Technology and Management, IPTM**）辦理之「商用車輛事故調查—第一階段」課程，共選派1名車輛分組同仁赴美上課。本次派訓機構係創立於1980年，我國亦曾邀請其所屬師資來臺授課。本次訓練內容包含商用車輛法規及機械結構說明、數學計算及事故重建及戶外實作課程等，課程為期1周，目的使所有參訓學員了解商用大型車之機械特性及事故型態，幫助未來事故現場工作之順利推行。

# 目錄

摘要.....	i
目錄.....	ii
圖目錄.....	iii
表目錄.....	iii
一、.目的.....	1
二、.過程.....	2
2.1 上課地點及機構簡介.....	2
2.2 課程規劃.....	3
2.3 參與機關（構）.....	5
2.4 授課講師.....	5
2.5 課程內容及摘要.....	7
2.5.1 商用車輛法規與機械結構說明.....	7
2.5.2 數學計算與事故重建.....	9
2.5.3 戶外實作課程.....	15
三、.心得與建議.....	21
3.1 心得.....	21
3.2 建議.....	22

## 圖目錄

圖2.1-1 IPTM 所在位置及校園一隅.....	2
圖2.1-2 上課教室一隅.....	3
圖2.2-1 課程隨附教材一覽.....	4
圖2.4-1 與授課教師之合影.....	6
圖2.5-1 美規曳引車盲點示意圖.....	8
圖2.5-2 美規與歐規曳引車之半拖車連接線組比對圖.....	9
圖2.5-3 阻力橈及使用方式示意圖.....	11
圖2.5-4 計算煞車力之例題.....	12
圖2.5-5 計算半拖車重心位置之例題.....	15
圖2.5-6 室外實作課程上課地點路線圖.....	16
圖2.5-7 室外實作課程上課地點鳥瞰圖.....	17
圖2.5-8 室外課程使用車輛.....	17
圖2.5-9 講師對學員講解車輛引擎室之機械結構.....	18
圖2.5-10 量測車輛煞車室尺寸.....	18
圖2.5-11 量測車輛總重.....	19
圖2.5-12 量測車輛煞車痕跡長度.....	19

## 表目錄

表2.2-1 課程規劃.....	3
表2.3-1 課程學員所屬機關（構）.....	5
表2.5-1 車速推估之重要公式（英制，節錄）.....	10
表2.5-2 煞車力計算.....	13
表2.5-3 減速係數計算.....	13
表2.5-4 重心位置計算結果.....	15
表2.5-5 緊急煞車測試項目.....	20

## 一、目的

我國112年因涉及大型車事故造成之死傷人數超過13,000人，相較於108-111年之平均上升約9%，顯示大型車之事故案件仍有關注及改善之必要，國家運輸安全調查委員會（以下簡稱運安會）自108年成立公路調查組之主要目的之一即為調查公路運輸業之重大事故，期望類似事故不要再發生。有鑑於此，公路調查組為精進同仁對於大型商用車相關事故調查之專業技能，規劃選派同仁參加國內、外之相關機構辦理之訓練課程。本年度美國警察科技及管理學院（Institute of Police Technology and Management, 以下簡稱 IPTM）辦理之「商用車輛事故調查—第一階段」課程，共選派1名車輛分組同仁赴美上課。

IPTM 創立於1980年，迄今已超過40年，是美國所有執法人員的搖籃，除美國境內，IPTM 更協助全世界執法人員辦理訓練，我國亦曾邀請 IPTM 之師資來臺授課。由此可見，IPTM 主辦之課程深獲美國及世界各地警察機關之信賴，講師之專業無庸置疑，教材內相關參數受世界各地法院、警察機關及調查機構之認可，計算結果亦能作為公正客觀之證據。本次訓練內容包含商用車輛法規與機械結構說明、數學計算與事故重建及戶外實作課程等，課程為期1周，目的使所有參訓學員了解商用大型車之機械特性及事故型態，幫助未來事故現場工作之順利推行。

## 二、過程

### 2.1 上課地點及機構簡介

本次訓練開課機構為北佛羅里達大學（University of North Florida, 以下簡稱 UNF）附設之 IPTM，IPTM 係於1980年創立，迄今已有超過40年之歷史，每年辦理訓練課程超過400堂、超過10,000名執法人員參與課程；除美國外，IPTM 亦協助全世界執法人員辦理訓練，我國亦曾邀請其講師來臺授課。其所屬講師會定期在美國各州之警察機關開課，協助各地警察人員獲取相關知識，而本次上課地點為美國佛羅里達州傑克森維爾市（City of Jacksonville, Florida），係 IPTM 之主要據點，因此相關資源及教材亦相較講師外出至其他警察機關上課時豐富。圖2.1-1為 IPTM 所在地、圖2.1-2為上課教室一隅。



圖2.1-1 IPTM 所在位置及校園一隅



圖2.1-2 上課教室一隅

## 2.2 課程規劃

表2.2-1為本次上課之課程表，課程內容主要為商用車（偏重於聯結車）之煞車系統及相關結構之介紹與運作原理說明、事故重建、各項參數之計算等，並安排了一天現場實作課程。其中，有關事故重建之車速及煞車力計算與職去年參加 IPTM 舉辦之事故重建課程類似，惟本次課程更著重於聯結車相關參數，與運安會調查案常見之運輸業相關大型車輛更為貼近。

表2.2-1 課程規劃

時間	8/12 (一)	8/13 (二)	8/14 (三)	8/15 (四)	8/16 (五)
0800-0850	課程簡介及授課目標	零件及配件簡介 (續)	車速計算	戶外課程及測驗	重心計算
0900-0950	商用車輛操作	氣壓煞車系統介紹			
1000-1050	駕駛執勤時間		煞車力計算		翻覆事故簡介
1100-1150		午休			



時間	8/12 (一)	8/13 (二)	8/14 (三)	8/15 (四)	8/16 (五)
1300-1350	駕駛執勤 時間 (續)	車輛動態	煞車力計算 (續)	戶外課程 成果展示	期末測驗
1400-1450				液壓系統 簡介	
1500-1550	商用車零件 及 配件簡介	事故現場 物理跡證		拖車底部 追撞 (Underride)	
1600-1700					

圖2.2-1為本次上課隨附之課本、參考資料、筆記本及繪圖工具等，中文名稱如圖中說明。



圖2.2-1 課程隨附教材一覽



### 2.3 參與機關（構）

本次參加訓練之學員共有13位，所屬機關（構）除佛羅里達州當地之警察、治安官辦公室（Sheriff's Office）之調查官之外，亦有來自美國各州之執法人員、事故重建專業人員及顧問公司人員等，學員們所屬單位臚列如表2.3-1，本次共有12個機關（構）14名學員參與課程（所屬機關列表係參考 IPTM 教室外張貼之名單）。

表2.3-1 課程學員所屬機關（構）

項次	所屬機關（構）
1	Arapahoe County Sheriff's Office
2	Bismarck Police Department
3	Delta  v  Forensic Engineering, Inc.
4	DHM Crash Consulting & Accident Reconstruction Service
5	Hendricks County Sheriff's Office
6	Henry County Police Department
7	Jackson Reconstruction, Inc.
8	Palm Beach County Sheriff's Office
9	Polk County Sheriff's Office
10	Rimkus Consulting Group
11	Suffolk Police Department
12	<b><u>Taiwan Transportation Safety Board</u></b>

### 2.4 授課講師

本次訓練講師共有兩位，分別為車輛機械結構講師 Mr. Walter Dobson（圖2.4-1之右方）及數學課程講師 Mr. Ward Holton（圖2.4-1之左方）。

Mr. Dobson 在美國郵政（U.S. Postal Service）服務超過36年，期間擔任車輛保修、駕駛及事故調查等職位，並自1987年開始加入美國郵政所屬之「侵權賠償及事故調查辦公室（Tort Claim and Crash Investigation Office）」，除辦理相關申訴及事故調查作業

外，也協助辦理人員訓練及規範修訂，是美國郵政少數的事故重建專家。自1999年加入 IPTM 至今皆負責教授商用車相關課程，並專精卡車、巴士、遊覽車及半拖車等車輛領域，Mr. Dobson 除參與多項事故重建課程外，亦為聯邦及民事法庭之聘用之外部專家學者。

Mr. Holton 自1993年起擔任喬治亞州巡警，並官拜資深州警。目前 Mr. Holton 為喬治亞州巡警之「碰撞重建專門小組（Specialized Collision Reconstruction Team, SCRT）」的一員，SCRT 為一個30人小組，主要任務為調查喬治亞州之所有死亡車禍；Mr. Holton 至今共參與調查超過1,000件車禍，其中更包含超過300件死亡車禍。Mr. Holton 被選為美國刑事及民事法庭之事故重建專家，自2002年加入 IPTM 後，主要負責事故重建相關課程，如 At-Scene Traffic Crash Investigation、Advanced Traffic Crash Investigation 及 Traffic Crash Reconstruction 等課程。

另外，Mr. Holton 更曾經受我國警政署邀請，來臺為警政署的種子教官上課，在課程空檔之餘，Mr. Holton 也不忘與職分享當年來臺時受到警政署同仁款待的經驗，以及難忘的人情味及回憶。



圖2.4-1 與授課教師之合影

## 2.5 課程內容及摘要

IPTM 的課程內容一直都以扎實且貼近實務工作聞名，本次訓練共分為3大部分：商用車輛法規與機械結構說明、數學計算與事故重建及戶外實作課程，將於以下章節詳述。

### 2.5.1 商用車輛法規與機械結構說明

本訓練課程之內容主要聚焦在商用車相關法規，如商用車基本規範及駕駛值勤時間等，以及聯結車<sup>1</sup>（Tractor Trailer）之相關系統及零組件運作原理說明，並且重點介紹曳引車（Tractor）及半拖車（Semi-trailer）的氣壓煞車系統，從壓縮機（Compressor）、空氣乾燥器（Air dryer）、調節器（Governor）、各式煞車室（Brake Chamber）及輪煞車結構等機械元件的功能與作用、各元件間彼此的調節關係，到曳引車及半拖車的氣壓系統連結、氣壓圖辨識及緊急遮斷裝置作用等，為學員帶來非常詳盡的介紹。

雖然美國使用之貨運車輛與世界各國使用之歐規車輛設計差距甚大，基本設計原理還是大致相同，Mr. Dobson 的上課方式著重在講師與學員間的互動，因此課堂中多了許多和講師討論的機會，由於美規車的煞車設計理念和歐規車稍有不同，Mr. Dobson 遇到有和歐規車設計或相關法規不同之處，會特別停下來詢問職的看法，而職也會將自己所認識的歐規車之設計與法規解釋予班上學員知悉，藉以增加交流的機會。

其中，最令職印象深刻的是，為了減少大型車輛因視野盲點造成重大事故，在臺灣已行之有年的行車視野輔助系統，對於美國人而言卻是個非常新穎的概念，尤其美國幅員遼闊、道路筆直且寬廣，因此對於大型車輛視野盲點相對沒地狹人稠的臺灣積極；近年來，美國正如火如荼的進行電子後視鏡之可行性研究，希望將車輛實體後視鏡（含車側及引擎蓋之後視鏡）電子化，以增加視野廣度並固定照後鏡角度減少人為疏失，然而對於車輛前方因極高之引擎結構造成之盲點（如圖2.5-1），卻依然沒有處理之方法。有鑑於此，職在課堂上建議能增加引擎蓋周圍的攝影機並在車內安裝螢幕，然而，當地警察卻擔心若將電子後視鏡引進將造成隱私疑慮，且電子設備可能會被私自拆除或關閉，反而造成不必要的安全風險，並認為導入電子後視鏡或行車視野輔助系統是有潛在風險的，建議維持現狀，與我國對於行車視野輔助系統之認知有著極大

---

<sup>1</sup> 聯結車之定義係由1曳引車附掛半拖車（半聯結車）或附掛全拖車（全聯結車）。

的差異，可見各國的觀念相差甚大。

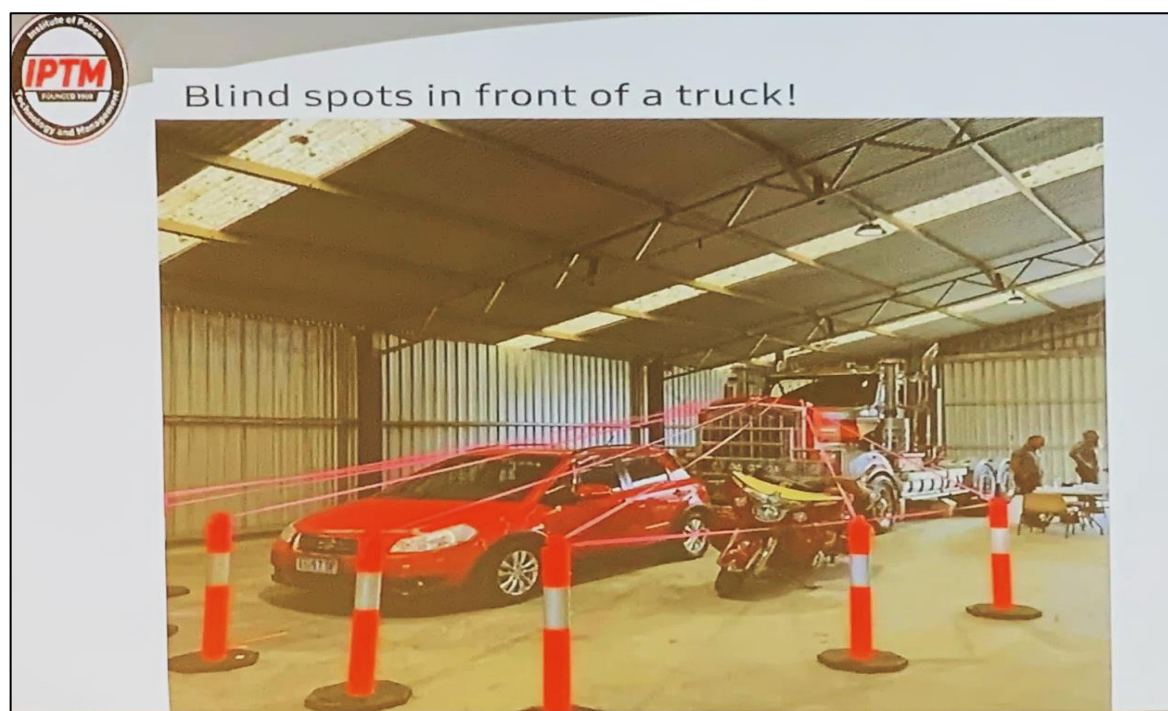


圖2.5-1 美規曳引車盲點示意圖

此外，美國商用車輛之採用電子輔助系統的比例也較歐規車少，例如，目前美國之曳引車大多只有防鎖死煞車系統（Anti-lock Braking System, ABS），輔助煞車也不如歐系車配備有電磁煞車或油壓減速器等設備，亦沒有電子煞車系統（Electric Brake System, EBS），更遑論現今各車廠趨之若鶩的先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance System, ADAS），如適應性巡航控制系統（Adaptive Cruise Control System, ACC）或緊急煞車輔助系統（Autonomous Emergency Braking System, AEB）等，因此更連帶影響美規曳引車與半拖車連接線組（Pigtail）的設計與歐規車有極大不同：美規曳引車及半拖車目前僅配備有 ABS，因此電源供應需求較歐規車輛為低，僅有一條電源供應線；歐規之曳引車及半拖車除 ABS 外亦有 EBS 設備，且部分半拖車之電源採24V 供應，因此店員需求較高，故配有兩條電源供應線。除此之外，美規曳引車與歐規曳引車之氣源線組顏色亦有不同，兩規格之曳引車比對如圖2.5-2所示。





圖2.5-2 美規與歐規曳引車之半拖車連接線組比對圖

### 2.5.2 數學計算與事故重建

為了重建事故現場，釐清事故發生的根本原因及責任歸屬，抵達事故現場後除了繪製事故現場圖外，針對現場各項跡證的量測及計算是不可或缺的，除了首先須釐清事故車輛之相關機械設備是否正常運作外，計算車輛發生事故前的行駛速度亦對於執行車禍處理的警察及事故調查人員相當重要。因此，IPTM 針對商用大型車事故相關的數學計算，安排了整整一日的課程，目的即為確保參加課程的每一位學員皆可運用常見之數學公式，計算事故車輛之重要基本參數，並訓練學員牢記事故現場之必要蒐集參數。以下針對事故重建之常見數學公式及運算內容進行簡介。

#### 事故車輛車速推估及事故重建

每一起事故的現場重建工作是不可或缺的，尤其大多數參與之學員來自於警察機關，代表其將會有許多機會上法庭針對事故案件進行作證，因此講師在上課時也花費了相當長的時間教學，確保每一位學員皆能了解每一項公式的原理及應用。

欲重建事故現場、釐清肇事因素，首先必須完成事故車輛的車速推估。表2.5-1臚列部分車速推估之重要公式及相關要項；表2.5-2則是依據課堂練習範例之動能及車速計算。

表2.5-1 車速推估之重要公式（英制，節錄）

項目	公式	說明
減速係數	$f = \frac{F}{W}$	此公式係用以計算事故現場道路之減速係數（亦為摩擦係數 $\mu$ ）， $F$ 為作用於阻力橇（Drag Sled，如圖2.5-3）之拉力（lbs）； $W$ 為阻力橇之重量（lbs）。
	$f = \frac{S^2}{30 \times D}$	此公式可分別用以計算事故車輛之加（減）速係數，依照計算之需求， $S$ 分別可為事故車輛之末速度或初速度（mph）； $D$ 為加（減）速過程行駛之距離（ft）。
減速係數 （調整）	$f_{adj} = \mu \times cmv_n \pm m$	此公式係用以計算事故車輛之調整減速係數， $\mu$ 為事故路段之摩擦係數； $cmv_n$ 為事故車輛之煞車效率（Braking Efficiency）； $m$ 則為事故路段之坡度（以小數點表示）。
速度	$S = \sqrt{30 \times D \times f}$	此公式係用以計算事故車輛之車速（mph）， $D$ 為事故車輛加（減）速過程行駛之距離（ft）， $f$ 為事故車輛之加（減）速係數。
速度（組合）	$S_c = \sqrt{S^2 \pm 30 \times D \times f}$	此公式係用以計算事故車輛行駛於不同類型路面之車速（mph）， $S$ 為事故車輛進入該路面之初始車速（mph）； $D$ 為事故車輛行駛於該類型路面之加（減）速距離（ft）， $f$ 為事故車輛行駛於該路面之加（減）速係數。
速率	$V = \sqrt{64.4 \times D \times f}$	此公式係用以計算事故車輛之行駛速率（fps）， $D$ 為事故車輛加（減）速過程行駛之距離（ft）， $f$ 為事故車輛之加（減）速係數。
時間	$t = \sqrt{\frac{D}{16.1 \times f}}$	此公式係用以計算事故車輛自靜止加（或減速至靜止）所需時間（s）， $D$ 為事故車輛加（減）速過程行駛之距離（ft）， $f$ 為事故車輛之加（減）速係數。
動能	$Ke = \frac{WS^2}{30} = \frac{WV^2}{64.4}$	此公式係用以計算事故車輛之動能量值（ft-lbs）， $W$ 為事故車輛之重量（lbs）； $S$ 為事故車輛行駛之車速（mph）； $V$ 為事故車輛行駛之速率（fps）。



項目	公式	說明
翻覆傾向	$Pr = \frac{TW}{2 \times h}$	此公式係用以計算事故車輛之翻覆傾向， <i>TW</i> 為事故車輛之車軸寬度 (ft/in，如圖 2.5-4)； <i>h</i> 為事故車輛之重心高度 (ft/in)。若 <i>Pr</i> 小於道路摩擦係數 ( $\mu$ ) 時將傾向翻覆、大於摩擦係數時將傾向側滑；普通卡車之 <i>Pr</i> 約介於 0.4-0.8 之間，道路摩擦係數通常介於 0.7 左右。
翻覆臨界速度	$S = 3.86\sqrt{R \times f}$	此公式係用以計算事故路段平曲線之翻覆臨界速度 (mph)， <i>R</i> 為事故路段平曲線轉彎半徑 (ft)； <i>f</i> 為事故車輛之加 (減) 速係數。若行駛平曲線之車速大於翻覆臨界車速，則車量將失去水平穩定進而翻覆。

### 使用半拖車計算減速係數

在缺乏可用器材 (如阻力橇，圖 2.5-3) 或無法透過其他方式計算事故半拖車之減速係數的情況下，吾等可使用半拖車本身之設計參數與其在路面留下之物理跡證 (如煞車痕)，推估事故當時半拖車的減速係數，並依據前節所提之公式中進一步重建事故現場。



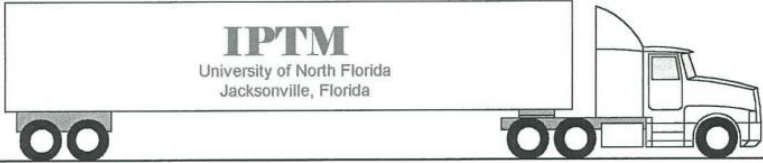
圖 2.5-3 阻力橇及使用方式示意圖

以下利用 IPTM 課堂上之練習範例進行說明，條件摘錄如下，例題如圖2.5-4：

1. 事故車輛：1半聯結車（曳引車附掛半拖車）。
2. 事故地點速限：55英里/小時。
3. 水平路面摩擦係數 ( $\mu$ )：0.72。
4. 氣壓煞車之空氣壓力：90 PSI。
5. 事故車輛軸重：轉向軸10,000磅；傳動軸18,000磅/軸；半拖車軸16,000磅/軸。
6. 煞車室型號：轉向輪 Type 20；傳動輪/半拖車輪 Type30。

**Vehicle Data** *Tire N  $\Rightarrow$  0.80*

Posted Speed Limit - 55 mph	Level Roadway Friction - .72	Air Application Pressure - 90 psi	
<b>Axle Weights</b>	<b>Tire Rolling Radius</b>	<b>Brake Chambers</b>	<b>Slack Adjusters</b>
Steer Axle - 10,000 lbs	Steer - 19.5 inches	Steer - Type 20	Steer - 5 inches
Drive Axles - 18,000 lbs per axle	Drive/Trailer - 21.5 inches	Drive/Trailers - Type 30	Drives/Trailers - 6 inches
Trailer Axle - 16,000 lbs per axle			
<b>Drum Radius</b>	<b>Cam Radius</b>	<b>Lining Coefficient</b>	
Steer - 7.5 inches	All Axles - .5 inch	Friction Code FF-All Axles	
Drive/Trailer - 8.25 inches			



Cold Stroke Value (in)	Change of Stroke Length	Dynamic Stroke
Steer/Left - 1.25	<i>0.2</i>	<i>1.45</i>
Steer/Right - 1.23	<i>0.2</i>	<i>1.43</i>
1st Drive/Left - 1.20	<i>0.2</i>	<i>1.4</i>
1st Drive/Right - 1.20	<i>0.2</i>	<i>1.4</i>
2nd Drive/Left - 1.32	<i>0.2</i>	<i>1.52</i>
2nd Drive/Right - 1.34	<i>0.2</i>	<i>1.54</i>
1st Trailer/Left - 1.41	<i>0.2</i>	<i>1.61</i>
1st Trailer/Right - 1.43	<i>0.2</i>	<i>1.63</i>
2nd Trailer/Left - 1.47	<i>0.2</i>	<i>1.67</i>
2nd Trailer/Right - 1.47	<i>0.2</i>	<i>1.67</i>

圖2.5-4 計算煞車力之例題

依據題目提供之各項數據（如煞車間隙調整器長度、來令片係數、煞車鼓半徑、凸輪半徑集輪胎半徑等）以及透過題目提供之煞車室型號查表得知之煞車推桿力，帶入公式計算得知各輪之煞車力，如表2.5-2；再透過比對輪胎摩擦力及煞車力大小得知可用煞車力，將可用煞車力除以車輛總重量後，即可得到車輛之減速係數，如表2.5-3。

此減速係數理論上與使用阻力橈計算之調整減速係數應為相同，雖計算過程較為繁瑣，但可在設備及資料缺乏的情況下，利用既有之車輛得到重要參數。

表2.5-2 煞車力計算

公式：煞車力 = $\left[ \frac{2 \times \text{煞車推桿力} \times \text{煞車間隙調整器長度} \times \text{來令片係數} \times \text{煞車鼓半徑}}{\text{凸輪半徑} \times \text{輪胎半徑}} \right] \times 0.6$							
軸	煞車推桿力 (PSI)	煞車間隙調整器長度 (英吋)	來令片係數	煞車鼓半徑 (英吋)	凸輪半徑 (英吋)	輪胎半徑 (英吋)	煞車力 (磅)
轉向軸/左	1,677	5	0.35	7.5	0.5	19.5	2,709
轉向軸/右	1,677	5	0.35	7.5	0.5	19.5	2,709
1 <sup>st</sup> 傳動軸/左	2,597	6	0.35	8.25	0.5	21.5	5,022
1 <sup>st</sup> 傳動軸/右	2,597	6	0.35	8.25	0.5	21.5	5,022
2 <sup>nd</sup> 傳動軸/左	2,598	6	0.35	8.25	0.5	21.5	5,024
2 <sup>nd</sup> 傳動軸/右	2,598	6	0.35	8.25	0.5	21.5	5,024
拖車1 <sup>st</sup> 軸/左	2,598	6	0.35	8.25	0.5	21.5	5,024
拖車1 <sup>st</sup> 軸/右	2,585	6	0.35	8.25	0.5	21.5	4,999
拖車2 <sup>nd</sup> 軸/左	2,585	6	0.35	8.25	0.5	21.5	4,999
拖車2 <sup>nd</sup> 軸/右	2,585	6	0.35	8.25	0.5	21.5	4,999

註：上述各項量值均為題目提供或依據題目資訊查表得知

表2.5-3 減速係數計算

軸	軸重 (磅) (W)	輪胎摩擦力 ( $\mu \times \text{Tire N} \times W$ ) (磅) ( $F_f$ )	煞車力 (磅) ( $B_f$ )	$F_f$ 及 $B_f$ 之最小值 (磅)
轉向軸/左	5,000	2,880	2,709	2,709
轉向軸/右	5,000	2,880	2,709	2,709
1 <sup>st</sup> 傳動軸/左	9,000	5,184	5,022	5,022
1 <sup>st</sup> 傳動軸/右	9,000	5,184	5,022	5,022
2 <sup>nd</sup> 傳動軸/左	9,000	5,184	5,024	5,024

軸	軸重 (磅) (W)	輪胎摩擦力 ( $\mu \times \text{Tire N} \times W$ ) (磅) ( $F_f$ )	煞車力 (磅) ( $B_f$ )	$F_f$ 及 $B_f$ 之最小值 (磅)
2 <sup>nd</sup> 傳動軸/右	9,000	5,184	5,024	5,024
拖車1 <sup>st</sup> 軸/左	8,000	4,608	5,024	4,608
拖車1 <sup>st</sup> 軸/右	8,000	4,608	4,999	4,608
拖車2 <sup>nd</sup> 軸/左	8,000	4,608	4,999	4,608
拖車2 <sup>nd</sup> 軸/右	8,000	4,608	4,999	4,608
總重量 (軸重) : 78,000 (磅)			總可用煞車力 (加總最小值) : 43,942 (磅)	
減速係數 : $\frac{\text{總重量}}{\text{總可用煞車力}} = 0.56$				
註 : 1. 本題目假設路面摩擦係數 ( $\mu$ ) 為 0.72 2. IPTM 預設所有輪胎之摩擦係數調整數值 (Tire N) 為 0.8				

### 半拖車重心位置計算

半拖車之重心高度對於車輛行駛時的穩定度具有相當顯著的影響，尤其當車輛載運大型貨物或危險物品時，若重心高度過高，易造成車輛通過平曲線路段時因慣性之作用，導致半拖車傾斜之狀況，而通常載重貨車之貨物重量將大幅度超過車輛本身之重量，此時慣性作用使半拖車往路外傾斜時，可能造成車輛翻覆之事故，對駕駛員及周遭用路人產生極大的安全風險。因此，IPTM 課程中亦包含了車輛重心位置的計算（以半拖車為主），用以釐清翻覆事故之事故車輛重心高度是否合於規定；值得注意的是，因大部分貨物之重量在車輛水平方向上皆為平均分布，故重心位置的計算通常僅考慮二維（平面）座標，即僅計算縱向位置及垂直高度，而不考慮車輛水平方向之重心位置，另依據前述，半聯結車之翻覆與半拖車之重心位置關係較大，因此重心計算上以半拖車為主，而較少考慮曳引車。課程使用之例題如圖2.5-5所示，計算結果如表2.5-4所示。

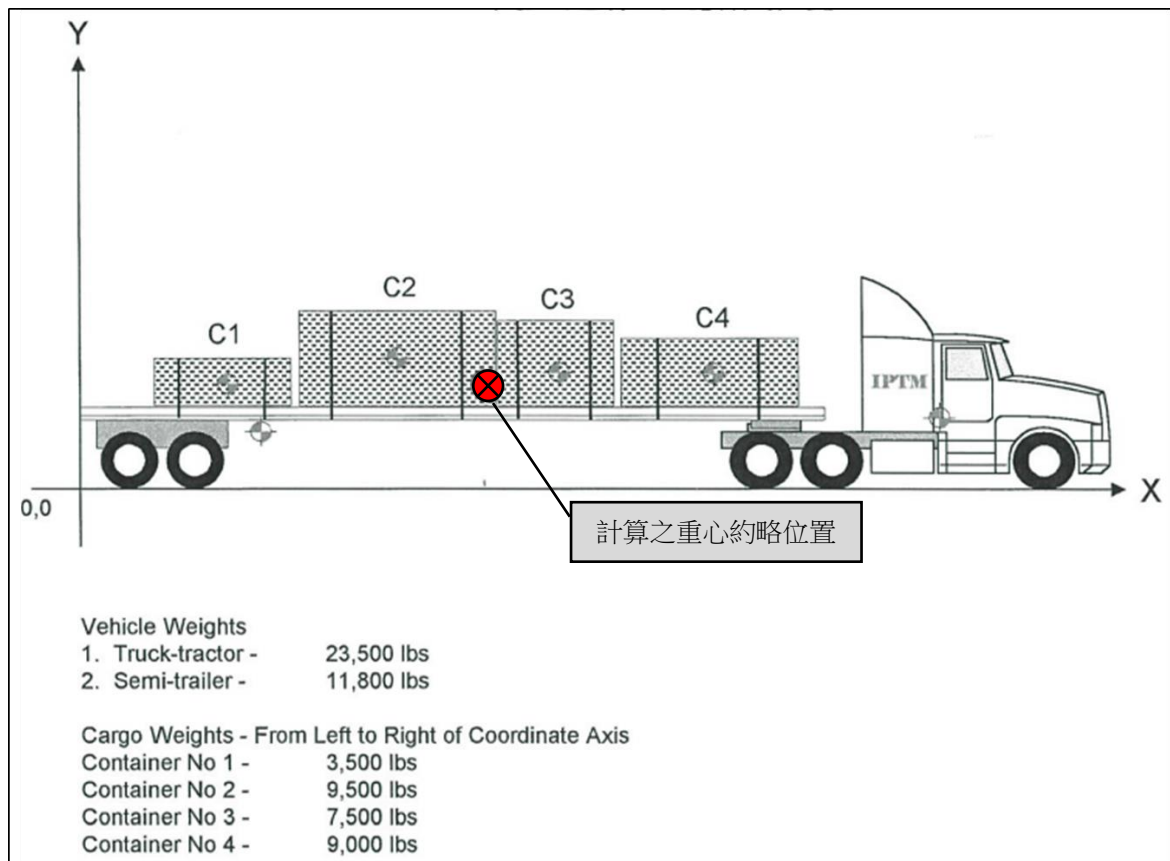


圖2.5-5 計算半拖車重心位置之例題

表2.5-4 重心位置計算結果

公式：
$$\frac{\text{半拖車重心座標} \times \text{半拖車重量} + \text{貨物}_1 \text{重心座標} \times \text{貨物}_1 \text{重量} + \dots + \text{貨物}_n \text{重心座標} \times \text{貨物}_n \text{重量}}{\text{半拖車重量} + \text{貨物}_1 \text{重量} + \dots + \text{貨物}_n \text{重量}}$$

項目	X 座標	Y 座標	重量 (磅)
半拖車	11	4	11,800
貨櫃 No.1	9	6	3,500
貨櫃 No.2	19	8	9,500
貨櫃 No.3	29	7	7,500
貨櫃 No.4	48	7	9,000
重心位置	24	6.3	41,300

### 2.5.3 戶外實作課程

除了教室內的機械理論及數學計算課程外，IPTM 也非常用心的安排了一整天的室外實作課程，戶外實作課程地點為距離 UNF 約1小時多的車程、隸屬於北佛羅里達



技術學院（North Florida Technical College）之商用車駕駛學校，課程地點之路線圖如圖2.5-6、鳥瞰圖如圖2.5-7所示，該校具有相當遼闊的空地及直線路段（圖2.5-7中紅色箭頭處），可安全的進行緊急煞車之測試，實作課程使用之半聯結車如圖2.5-8所示。

一整天的課程包含：曳引車與半拖車之聯結與解聯方式示範、車輛引擎室與煞車之機械結構講解（圖2.5-9）、煞車機構之尺寸量測圖（圖2.5-10）、車輛總重量測（圖2.5-11）及緊急煞車之煞車痕長度量測（圖2.5-12）等項目，比起坐在教室中看圖說故事，走到車輛周邊看到及觸摸到各項機件，並實際完成各項參數之量測，可有效加強學員對於機件運作之了解及加深印象，對於提升教學效果之幫助相當顯著，也讓從未親眼看過美式卡車的職大開眼界；友善的講師們也提供相當難得的機會，坐進曳引車內體驗緊急煞車的車輛動態，尤其是在 ABS 未開啟的情況下執行緊急煞車，除了可看到曳引車近乎不受控制的往路旁轉向，濃濃的胎皮燒焦味也是平時難以體驗的，非常令人感到震撼，讓一整天緊湊的課程增添了許多額外趣味性。

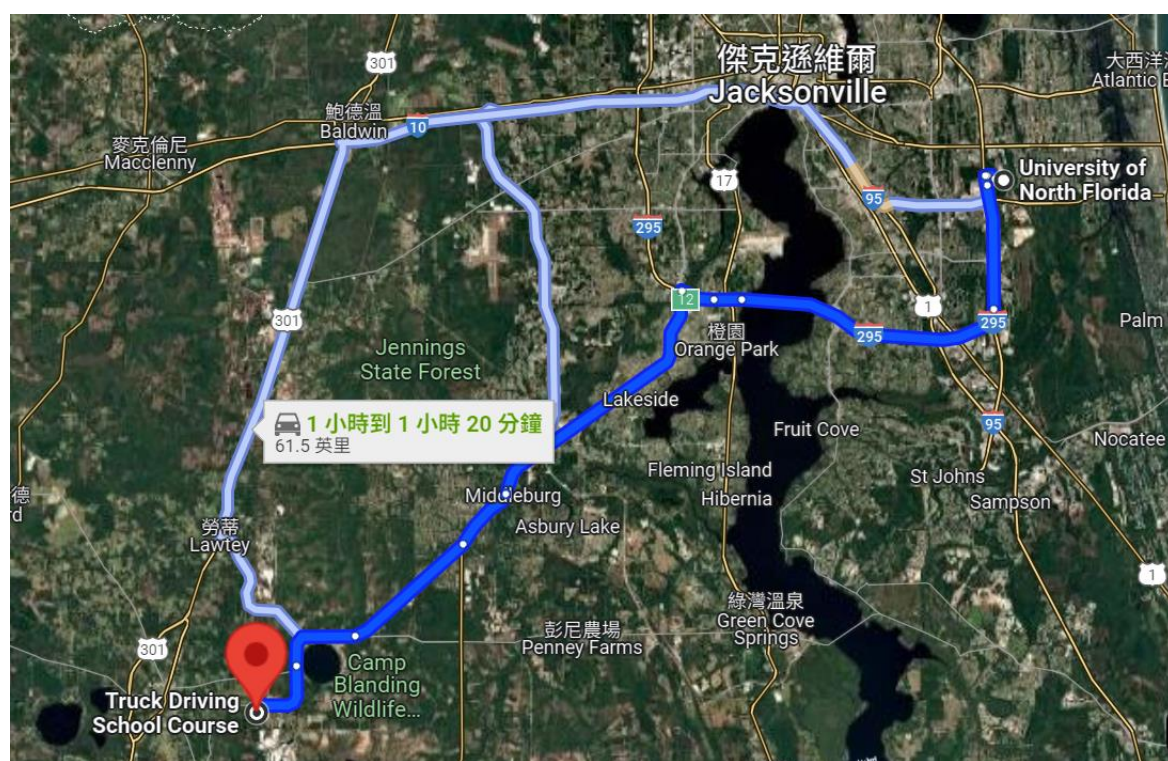


圖2.5-6 室外實作課程上課地點路線圖



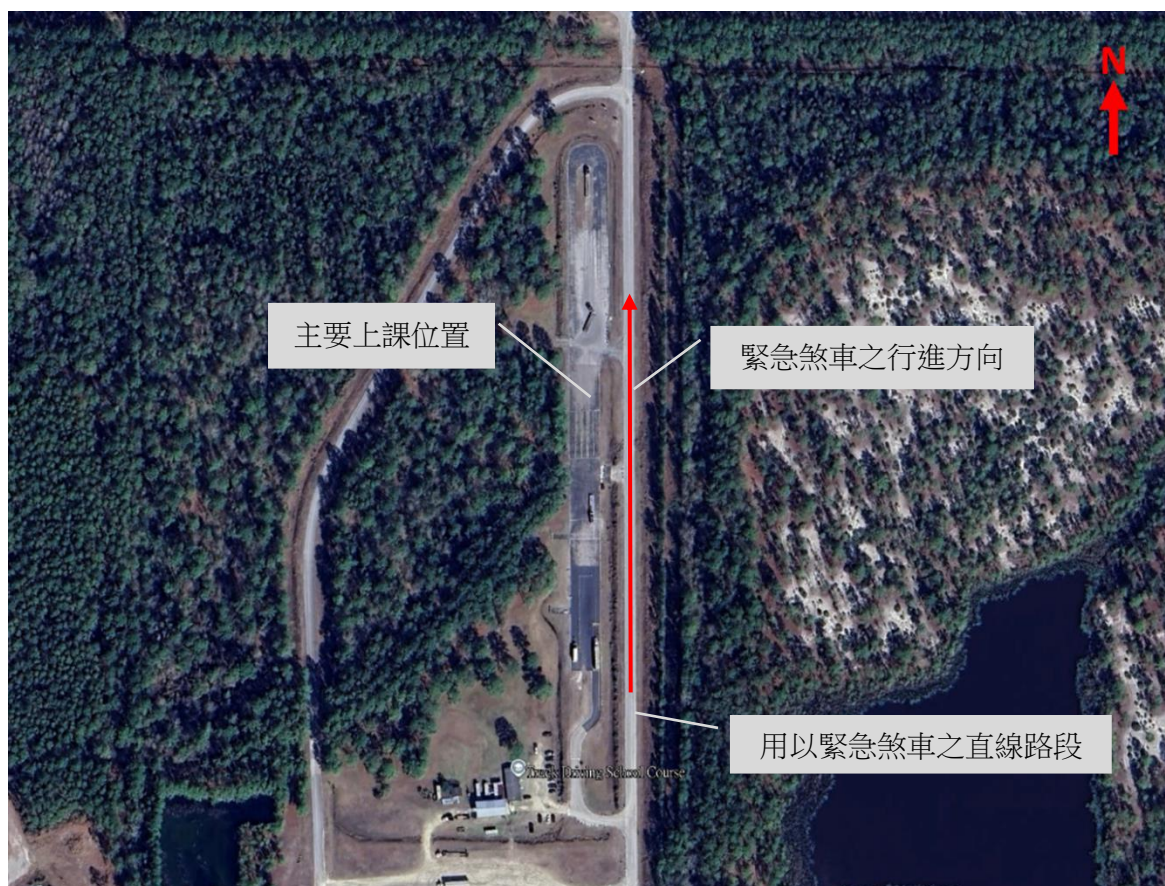


圖2.5-7 室外實作課程上課地點鳥瞰圖



圖2.5-8 室外課程使用車輛





圖2.5-9 講師對學員講解車輛引擎室之機械結構



圖2.5-10 量測車輛引擎室尺寸





圖2.5-11 量測車輛總重



圖2.5-12 量測車輛煞車痕跡長度

值得一提的是，實作課程中講師駕駛曳引車執行緊急煞車測試共分為四項（如表 2.5-5），可讓學員充分了解大型車輛在聯結或解聯狀態下的不同動態，搭配 ABS 系統的開啟或關閉狀態，可深入了解有 ABS 系統對路面跡證的影響，如 ABS 之介入可能

導致煞車痕較不明顯，此時便須觀察路面是否有留下如虛線的 ABS 煞車痕，將所有虛線及間隔加總之距離即為車輛之煞車距離就必須透過觀察路面跡證，若無煞車痕，則必須使用其他跡證計算煞車距離，如參考路面之砂石狀態等。

表2.5-5 緊急煞車測試項目

項次	有無附掛半拖車	ABS 狀態
1	有	開啟
2	有	關閉
3	無	開啟
4	無	關閉

### 三、心得與建議

#### 3.1 心得

本次能獲派赴美參加 IPTM 辦理之「商用車輛事故調查—第一階段」訓練課程，職感到非常榮幸，一方面是從來沒有去過美國，另一方面是在運安會雖僅有短短的1年半，但至今已參與了11件調查案，其中9件和大型商用車有關、4件涉及聯結車，平時僅能透過網路查詢相關資料，而國內對於大型車相關的研究又相當稀少，因此職一直非常好奇國外對於商用車相關的事故調查是如何辦理的，除了能聽到充滿經驗的講師們分享及授課，更期待的是能有機會與來自美國各地的警察、車禍重建專家面對面討論及分享經驗，出國前面對未知的一切，可說是又緊張又怕受傷害。

職帶著非常忐忑的心情走進校園，成為班上唯一一位亞洲面孔的學員。由於講師很清楚我國法規（我國車輛法規較偏向與歐洲同步）與美國法規有著極大的不同，因此上課時講師經常詢問職有關臺灣商用大型車的相關規定，而我的回答總能讓班上其他學員露出驚訝的表情，非常有成就感。而職也把握機會，抓著講師詢問這1年半來在運安會遇到的許多車輛相關問題，而講師也不吝嗇的仔細講解，讓職雖僅有短短一周的訓練，卻有如上完一學期的課程般獲益良多。

所有課程中，印象最為深刻的莫過於戶外實作課程了。尤其職對於美式卡車的認識往往僅在電影中，或是查詢資料時出現在網頁中，從未想過能有一天親自摸到美國的超大卡車、連接各項管路更能實際坐上車內，體驗能讓一名成人伸展、生活並能裝設上下鋪的巨無霸空間，同時，也能在安全無虞的狀態下，體驗車輛緊急煞車時的各項動態，這樣的教學內容在國內是非常難得的，尤其大家總認為即使在空曠環境，實際操作車輛進行急加速或急減速等實驗仍舊是非常危險，僅透過取得國外的相關數據，來取代實驗的進行，而這樣的想法更除了扼殺獲得寶貴研究數據的機會外，也讓相關人員僅透過「想像」得出結論，將可能偏離真實狀況，相當可惜。

本次課程是職第三次參與 IPTM 主辦的訓練課程，更是第一次參加實體課程，收穫良多，職認為身為調查官更是應該多至世界各地參與訓練，與來自不同背景的專家分享經驗、交流技術以增廣見聞，更應該親身體驗不同運具的運作實務，使調查上能更貼近真實狀況，讓調查結果更加客觀及專業。

### 3.2 建議

為提升運安會公路調查業務能量，使公路調查組同仁具備實作經驗及相關能力，建議未來持續規劃派遣同仁參加此類訓練課程，尤其近年來車輛技術日新月異，須針對資深同仁規劃複訓課程，以強化調查人員知識與技術，同時亦也可藉由課程，拓展人際關係、學習國外之寶貴調查實務經驗，精進運安會調查品質外，也作為運安會調查業務之參考與借鏡。

為使調查結果更為公正與客觀，並貼近事故真實狀況，建議未來與車輛機械、結構及零件相關之調查議題，可在安全無虞之前提下進行實作測試，同時盡可能還原或取得車輛事故前之狀態及相同零件，以使運安會分析結果能對應至實際狀況，提升調查報告之品質與論述強度。



參加美國北佛羅里達大學警察科技及管理研究所「商用車輛事故調查—  
第一階段（Commercial Motor Vehicle Crash Investigation - Level 1）」課程出  
國報告

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 / 副調查官

姓 名：呂昀諶

派赴國家/地區：美國 / 佛羅里達州傑克森維爾市

出 國 期 間：113年8月10日至8月19日

報 告 日 期：113年10月25日

**建議事項**

	建議項目	處理
1	建議未來持續規劃派遣同仁參加此類訓練課程，尤其近年來車輛技術日新月異，須針對資深同仁規劃複訓課程，以強化調查人員知識與技術。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	建議未來與車輛機械、結構及零件相關之調查議題，可在安全無虞之前提下進行實作測試，同時盡可能還原或取得車輛事故前之狀態及相同零件。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行