
| | |
|------------|------------------------------|
| 調查報告編號： | TTSB-HOR-21-11-001 |
| 發布日期： | 民國 110 年 11 月 19 日 |
| 事故發生日期與時間： | 民國 109 年 9 月 30 日，約 0013 時 |
| 事故地點： | 國道 3 號南向彰化系統出口匝道 |
| 事故車輛： | 營業貨運曳引車聯結裝載氫氣罐槽體之半拖車 |
| 駕駛員： | 37 歲男性，持有交通部公路總局核發之職業聯結車駕駛執照 |
| 乘客： | 無 |
| 人員傷亡情形： | 死亡 1 人 |

一、事故說明

1. 事故經過

民國 109 年 9 月 29 日約 2215 時，高啟通運有限公司（以下簡稱高啟）一輛曳引車自聯華氣體工業股份有限公司（以下簡稱聯華氣體）桃園觀音工廠拖運一輛罐槽體裝有氫氣之半拖車，欲送往臺南樹谷園區，隔日約 0013:19 時，行駛至國道 3 號南下 196 公里出口進入彰化系統交流道南下匝道，於 0013:36 時擦撞防護網，以 87 公里/小時車速翻覆，事故地點座標為北緯 24°6'21.70"、東經 120°33'13.02"。

曳引車及半拖車翻覆於匝道上，氫氣罐槽體掉落高架橋下起火，消防車隨即到場滅火，火勢約在 0100 時撲滅，事故駕駛員摔落至匝道下氫氣罐槽體旁，被發現時已無生命跡象，曳引車及半拖車在 0150 時吊正後拖回內政部警政署國道公路警察局第七公路警察大隊快官分隊（以下簡稱快官分隊），0250 時氫氣罐槽體進行測漏作業，0910 時

拖離現場。事故車輛自聯華氣體觀音工廠南下返程之行車路線及進入匝道後之動線如圖 1 及圖 2。本事故共造成駕駛員 1 人死亡。事故現場¹如圖 3 及圖 4。

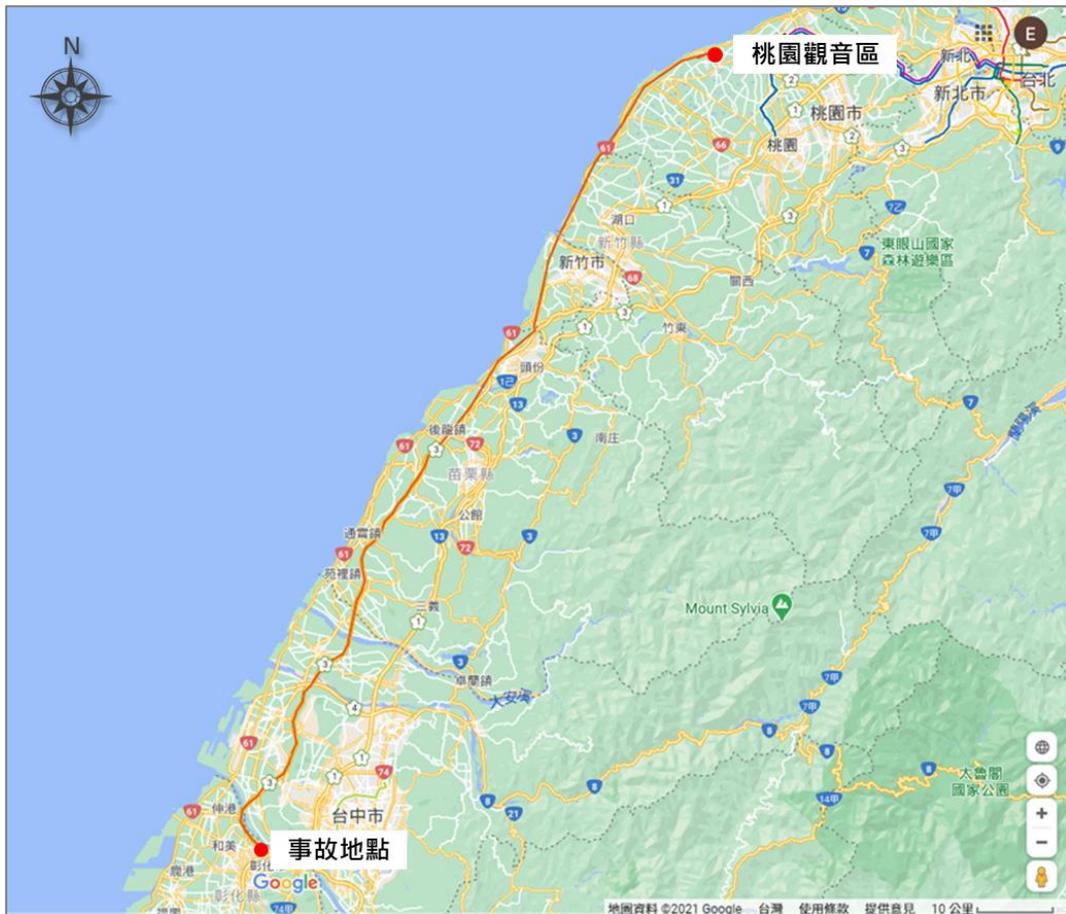


圖 1 事故前行車路線圖

¹ 基於安全及維持交通順暢，運安會先遣小組到達現場前事故車輛已排除，事故現場照片由彰化縣政府消防局提供。



圖 2 事故車輛進入匝道之行車路線圖



圖 3 事故車輛翻覆在匝道上之情形



圖 4 氫氣罐槽體掉落匝道下情形

2. 基本資料

2.1 駕駛員

駕照狀況

事故駕駛員為 37 歲男性，持有交通部公路總局（以下簡稱公路總局）核發之職業聯結車駕駛執照，有效日期為民國 102 年 8 月 15 日至民國 114 年 10 月 18 日。

訓練紀錄

高啟依據「職業安全衛生教育訓練規則」第二章「必要之教育訓練事項」第 13 條與第 16 條、「道路交通安全規則」第 84 條以及「道路危險物品運送人員專業訓練管理辦法」第 3 條辦理。

事故駕駛員於民國 109 年 3 月 1 日參加高啟新進人員安全衛生教育訓練；同年 3 月 7 日參加高啟「安全防護裝備使用及演練-防護裝備使用」訓練；3 月 24 日參加高啟「行車安全宣導」訓練；5 月 16 日參加高啟「防禦駕駛-意外預防準備，降低事故風險」訓練。

民國 109 年 6 月 20 日參加聯華氣體「車輛/槽體設備操作使用-車輛及槽體設備操作」訓練及「運送物質及設備安全知識-瞭解運送物質的特性與注意事項」訓練。

事故駕駛員持有財團法人金屬工業研究發展中心核發之道路危險物品運送人員訓練證明書，訓練種類為罐槽車，有效日期為民國 107 年 6 月 18 日至民國 109 年 6 月 17 日，訓練證明書有效期限截止前，該員另受中華壓力容器協會辦理之道路危險物品運送人員訓練並取得證明書，有效日期為民國 109 年 4 月 13 日至民國 111 年 6 月 17 日。

檢視事故駕駛員所參與之訓練課程以及持有之訓練證照，皆符合法規規定。

違規紀錄

依據公路總局提供之資料，至事故發生前事故駕駛員未有駕駛大貨車違規紀錄。

體檢資料

據高啟司機手冊 4.6 健康管理規定：「新進同仁：新進員工報到前應至勞動部認可之醫療機構依規定項目實施體格檢查，並繳交檢查紀錄。」；「在職同仁：公司員工定期健康檢查，每年度由公司配合客戶端檢查乙次。」

事故駕駛員最近 1 次之體檢為民國 109 年 8 月 15 日，僅有總膽固醇、低密度膽固醇 2 項次在標準範圍外。

事故前 72 小時作息

依據事故駕駛員家屬提供之 72 小時作息問卷資料，事故駕駛員平時作息規律，貨物運送出勤為夜班，約 0400 時回家，0500 時入睡，1500 時起床準備外出工作。民國 109 年 9 月 26 日至 27 日休假，9 月 28 日至 29 日執行臺南至桃園之往返運送業務，作息及睡眠狀況正常，無身體不適之情形。

酒精及毒藥物檢測

依據高啟提供之事故前 30 日出車前酒測紀錄及每日行車檢點表，皆符合規定。另依據臺灣彰化地方檢察署提供之法務部法醫研究所毒物化學鑑定書，事故駕駛送驗血液未檢出酒精、鴉片類、安非他命、鎮靜安眠藥及其他常見毒藥物成分。

醫療與病理

依臺灣臺中地方檢察署相驗屍體證明書，事故駕駛員死因為創傷性休克。

安全帶繫附

依據事故當日 0006 時國道 3 號南下 186 公里處 ETC 門架錄影畫面，事故駕駛員可能未繫安全帶。

2.2 車籍資料

事故車輛為曳引車聯結裝載氫氣罐槽體之半拖車，車輛基本資料如下：

曳引車基本資料

事故車輛為民國 106 年 2 月出廠之達富 (DAF Trucks N.V, 臺灣地區由台塑汽車公司代理販售, 以下簡稱台塑) 營業貨運曳引車, 總聯結重量為 43 公噸。曳引車資料如表 1。

表 1 事故曳引車行照登錄資料

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 牌照號碼 | KLB-8118 營業貨運曳引車 |
| 車主 | 高啟 |
| 廠牌 | 達富 |
| 型式/車身式樣 | FTGSM3DK5S/曳引車/廂式 |
| 是否安裝視野輔助 | 是 |
| 引擎號碼 | 4P10-C10860 |
| 排氣量 | 12,902 cc |
| 車身號碼 | XLRTG85MCOG135753 |
| 發照日期 | 民國 106 年 2 月 23 日 |
| 行照有效日期 | 民國 112 年 2 月 23 日 |
| 車重/總聯結重 | 7.9 / 43.0 公噸 |
| 車長/車寬/車高 | 638 / 250 / 294 公分 |
| 軸距 ² /前輪距/後輪距 | 398 / 204 / 182 公分 |
| 軸數/輪數 | 3 軸 (前單軸後雙軸) 8 輪 (2 輪/2 輪/4 輪) |
| 輪胎尺寸 | 315/80R22.5 ³ |

² 指最遠軸距。

³ 315 為輪胎寬度 (單位: 公釐), 80 為輪胎扁平比, R 表示輪胎為徑向層結構, 22.5 為輪圈直徑。

半拖車基本資料

事故半拖車於民國 108 年 9 月出廠，由乾佑工業股份有限公司（以下簡稱乾佑）打造，為聯華氣體所有，半拖車資料如表 2。

表 2 事故半拖車行照登錄資料

| | |
|----------|--------------------------|
| 牌照號碼 | HAA-8193 自用半拖車 |
| 車主 | 聯華氣體 |
| 廠牌 | 乾佑 |
| 型式/車身式樣 | YSC-456/貨櫃架 |
| 車架號碼 | YB1423 |
| 總聯結重/車重 | 40.0 公噸/4.75 公噸 |
| 發照日期 | 民國 108 年 09 月 20 日 |
| 車重/總聯結重 | 4.75 / 40.0 公噸 |
| 車長/車寬/車高 | 1238 / 245 / 148 公分 |
| 軸距/輪距 | 941 / 184 公分 |
| 最長軸距 | 941 公分 |
| 軸數/輪數 | 2 軸（後雙軸） 8 輪（4 輪/4 輪） |
| 輪胎尺寸 | 12R22.5 ⁴ |

氫氣罐槽體⁵基本資料

氫氣罐槽體由美商飛佰壓力容器科技股份有限公司（FIBA Technologies, Inc.）於民國 108 年 1 月 10 日打造出廠，為聯華氣體所有，氫氣罐槽體資料如表 3。

⁴ 12 為輪胎外徑 1,084 公釐、截面寬度 300 公釐，R 表示輪胎為徑向層結構，22.5 為輪圈直徑。

⁵ 依據罐槽體之形式，罐槽體分為固定式以及非固定式，事故車輛所載運之罐槽體屬非固定式。

表 3 氫氣罐槽體資料

| | |
|--------|---|
| 廠牌 | FIBA Technologies, Inc. |
| 罐槽體尺寸 | 長 12.19 公尺/寬 2.43 公尺/高 2.07 公尺 |
| 罐槽體重量 | 罐槽體框架重 3,523 公斤，氫氣鋼瓶 12 瓶重 24,708 公斤（12×2,059 公斤），總重 28,231 公斤 |
| 氫氣鋼瓶規格 | 型式：DOT-3AAX 抗壓：165 bar 外徑尺寸：559 公釐×長度 9,880.6 公釐×最小管壁 13.6 公釐 標準體積：2,070 公升 標準重量：2,059 公斤 |
| 載運物品 | 壓縮氫氣（Hydrogen, compressed） 聯合國編號：UN1049 物品危害分類：2.1（易燃氣體） |

依據美國聯邦法規 49 CFR § 173.301⁶-以鋼瓶、聯合國壓力容器和球形壓力容器運輸壓縮氣體和其他危險材料的一般要求，其中對於鋼瓶閥門組件(cylinder valve assembly)保護的要求如下：當鋼瓶自距地 1.8 公尺高處，以最有可能造成損壞的方向撞擊鋼瓶閥門組件，例如撞擊材質為混凝土或鋼材之表面，鋼瓶閥門組件必須具有足夠的強度或保護，不得發生洩漏；另長度超過 2 公尺之鋼瓶必須水平固定於車輛上，或是固定於結構強度符合 ISO 規範之框架中。

依據聯華氣體所提供之文件資料，事故車輛中之氫氣鋼瓶型式為 DOT-3AAX，固定於結構強度符合 ISO 1496-3 規範之框架中，罐槽體符合美國聯邦法規 49 CFR § 173.301 之規定。

事故車輛總重

根據高啟公司提供事故車輛之重量說明及聯華氣體提供之車輛出廠紀錄，事故當天

⁶ Title 49 of the Code of Federal Regulations Part 173.301-General requirements for shipment of compressed gases and other hazardous materials in cylinders, UN pressure receptacles and spherical pressure vessels.

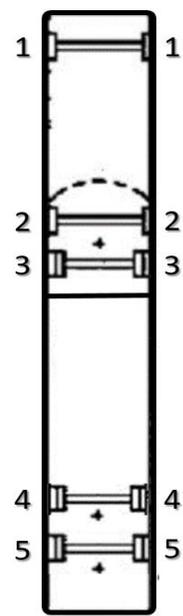
氫氣鋼瓶填充容量為 4,122 立方公尺（約 369 公斤），曳引車重 7,900 公斤、半拖車重 4,750 公斤、罐槽體含氫氣約為 28,600 公斤，事故車輛總重量約為 41,250 公斤。

2.3 車輛檢查

胎紋、胎壓及煞車系統紀錄

民國 109 年 9 月 30 日事故當日量測事故車輛之胎紋深度及胎壓如表 4。民國 109 年 10 月 14 日調查小組至高雄市大寮區汽車保養廠進行事故車輛勘查，經現場檢視煞車卡鉗導套之膠套（the rubber bush of the guide bush caliper），煞車卡鉗均符合原廠安全值。另轉向系統因車輛嚴重損毀無法進行檢測。

表 4 事故車輛胎紋表

| 左側輪胎 | 胎紋深度 (mm) | 胎壓 (PSI) | 車型 | 右側輪胎 | 胎紋深度 (mm) | 胎壓 (PSI) |
|---------------|-----------|----------|---|---------------|-----------|----------|
| 曳引車 1.前輪 | 15 | 大於 100 |  | 曳引車 1.前輪 | 16 | 大於 100 |
| 曳引車 2.後輪 | 16 | 大於 100 | | 曳引車 2.後輪 | 17 | 83 |
| 曳引車 3.後輪外側 | 12 | 大於 100 | | 曳引車 3.後輪外側 | 18 | 大於 100 |
| 曳引車 3.後輪內側 | 13 | 大於 100 | | 曳引車 3.後輪內側 | 12 | 大於 100 |
| 半拖車 4.後輪外側 | 18 | 大於 100 | | 半拖車 4.後輪外側 | 18 | 大於 100 |
| 半拖車 4.後輪內側 | 18 | 大於 100 | | 半拖車 4.後輪內側 | 18 | 大於 100 |
| 半拖車 5.後輪外側 | 19 | 大於 100 | | 半拖車 5.後輪外側 | 17 | 大於 100 |
| 半拖車 5.後輪內側 | 18 | 大於 100 | | 半拖車 5.後輪內側 | 18 | 大於 100 |

事故曳引車保養及定檢紀錄

依據高啟提供事故曳引車之保養紀錄表，事故前最近一次保養日期為民國 109 年 8 月 28 日，保養時里程為 395,068 公里，原廠保養內容包括定期保養、更換變速箱油、後軸來令片及感應線更換等項目，紀錄顯示全車燈光、電瓶以及胎壓皆正常。

依據公路總局提供之車輛定期檢驗紀錄，事故曳引車於民國 109 年 2 月 19 日進行最近一次定期檢驗，檢驗項目包含前輪定位、煞車系統測試等，檢驗結果皆合格；另事故半拖車於民國 109 年 9 月 9 日進行最近一次定期檢驗，檢驗項目為煞車系統測試，檢驗結果合格。

2.4 事故地點

事故當日 0013 時，依據國三 N196K 氣象站資料（位於事故地點東北方約 150 公尺處），氣溫攝氏 23.8℃，相對溼度 73%，降水量 0 毫米，風速 3.6 公尺/秒，風向 330 度。

另依據事故車輛行車視野輔助系統及高速公路監視錄影畫面顯示，事故當時為晴天且有夜間照明，視線良好。

道路基本資料

事故地點位於國道 3 號南向 196 公里彰化系統交流道轉國道 1 號南向之出口匝道，詳圖 5、圖 6。

事故路段速限 60 公里（設計速率 70 公里），為轉彎半徑 170 公尺之 2 車道路段，左側路肩寬 1.4 公尺，車道寬 3.65 公尺，右側路肩寬 2.2 公尺，左側超高最大值 8%，縱向坡度最大值 -4.6%，為乾燥狀態之瀝青鋪面，減速車道至事故地點（約 1 公里範圍）每 40 公尺設有 1 盞路燈。



圖 5 事故地點位置圖



圖 6 事故地點為雙車道轉彎路段

標誌標線設置

事故地點為 2 車道彎道路段，繪有路面邊線及車道線，標線上每 10 公尺設有路面反光標記，另於彎道左側邊線每 1 公尺加密設置。彎道處左側路肩每 30 公尺設有 1 組白色斜紋線，另左側車道繪有「台中」、右側車道繪有「彰化」之地名方向指示標字及指向線。匝道出口門架上設有 60 公里之速限標誌及車道指示標誌，事故現場周邊標誌標線設置位置如圖 7。



圖 7 事故現場周邊標誌標線設置位置示意圖

交通安全防護及警示設施

道路兩側設有 81 公分高混凝土護欄，設計強度為 $240\text{kg}/\text{cm}^2$ ，並附有 38 公分高之金屬橋欄杆，左側另設有防護網⁷200 公尺，其護欄照片及規格如圖 8 及圖 9。

⁷ 防護網之用途為防止物品掉落。

左側護欄上每 30 公尺設有第 3 類反光導標，護欄側邊設有導引反光浪板；右側護欄每 30 公尺設有第 2 類反光導標，另彎道處每 10 公尺加密設置第 3 類反光導標。



圖 8 兩側護欄設置情形

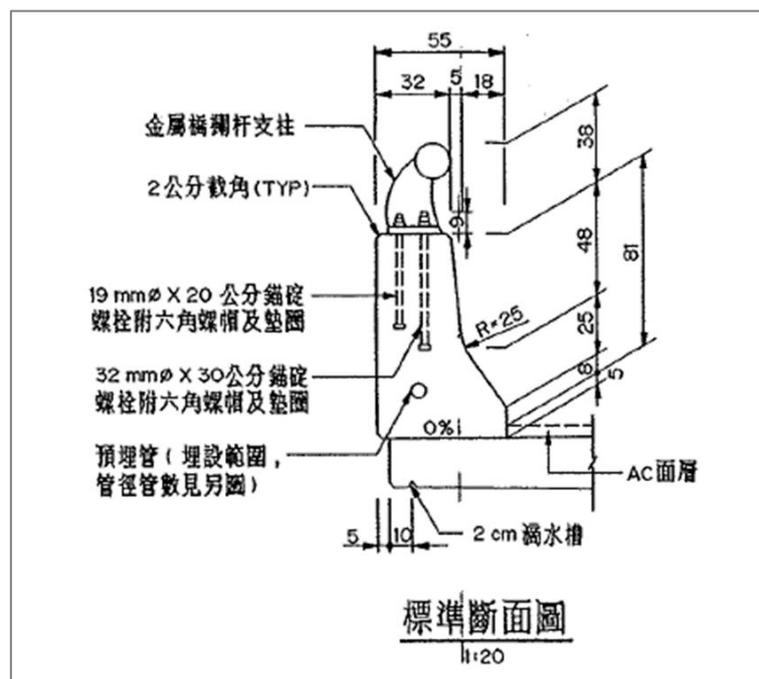


圖 9 護欄規格

歷年交通事故統計

依據內政部警政署國道公路警察局（以下簡稱公警局）提供資料，自民國 106 年 1

月 1 日至事故當日，自國道 3 號南下彰化系統交流道出口之匝道路段共計有 83 件⁸事故，其中 A1⁹事故 1 件即為本案，A2 事故 4 件，A3 事故 78 件，統計資料如表 5。

前述 83 件事務之肇因研判，其中未保持行車安全距離 35 件、未注意車前狀態 20 件、變換車道或方向不當 12 件、操作不當 4 件、超速或未依規定減速 3 件（含本案）、其他 6 件、不明原因 3 件；其中事故型態為追撞及擦撞為主，另撞擊護欄之事故共 7 件，上述統計中車輛翻覆事故共 3 件¹⁰（含本案）。

表 5 民國 106 年至 109 年事故統計

| 年度 | A1 | A2 | A3 | 總計 |
|----------------------------|----|----|----|----|
| 民國 106 年 | 0 | 0 | 26 | 26 |
| 民國 107 年 | 0 | 1 | 27 | 28 |
| 民國 108 年 | 0 | 2 | 11 | 13 |
| 民國 109 年 (統計至 9 月 30 日) | 1 | 1 | 14 | 16 |
| 總計 | 1 | 4 | 78 | 83 |

其他車輛行經事故路段車速

查詢高公局交通資料庫之事故地點前後之車輛偵測器「VD-N3-S-196-O-NW-1-南下出口」（事故點上游）及「VD-N1-S-192-C-S-1-入口-集散道」（事故點下游 350 公尺）資料，設備位置如圖 10；調查小組隨機選取民國 110 年 3 月某夜間未發生交通事故之時段（0100 時至 0759 時），資料顯示事故點上游共有不分車種 1,956 輛次經過，平均

⁸ 依據公警局提供資料，因部分紀錄無法確認實際發生地點，故統計數據僅以可明確判斷出與事故地點同方向之匝道為主。

⁹ 交通事故各類如下：A1 類指造成人員當場或 24 小時內死亡之交通事故。A2 類指造成人員受傷或超過 24 小時死亡之交通事故。A3 類指僅有財物損失之交通事故。

¹⁰ 公警局提供之統計資料未敘述車輛翻覆狀況。

車速為 74 公里/小時，其中聯結車共有 161 輛次，聯結車平均車速約 72 公里/小時；事故點下游共有不分車種 3,973 輛次經過，平均車速為 77 公里/小時，其中聯結車共有 156 輛次，而車速超過 85 公里/小時之聯結車有 61 輛次，車速超過 91 公里/小時之聯結車有 17 輛次。



圖 10 彰化系統交流道車輛偵測器位置圖

事故後改善作為

高公局針對本次事故路段已完成之交通工程改善如下，設置照片如圖 11：

- (1) 於匝道出口門架上方增設紅藍爆閃燈
- (2) 匝道轉彎處左側護欄增設 LED 自發光路型導引設施
- (3) 事故地點下游約 70 公尺處增設測速照相設備



圖 11 事故路段已完成之交通工程改善設施

2.5 紀錄器

事故發生後，調查小組取得下列紀錄裝置資料：

- (1) 機械式行車紀錄器 (tachograph, 俗稱大餅)
- (2) 行車視野輔助系統 (advanced driver-assistance system, ADAS)
- (3) 全球衛星定位設備 (global positioning system, GPS)
- (4) 行車電腦 (engine control unit, ECU)
- (5) 後方車輛行車紀錄器影像

上述各紀錄裝置分述如下：

機械式行車紀錄器

本次事故車輛使用機械式行車紀錄器，紙卡為 1 日用之紀錄卡，如圖 12，經行車紀錄器原廠進行判讀，撞擊前最高車速為 91 公里/小時。

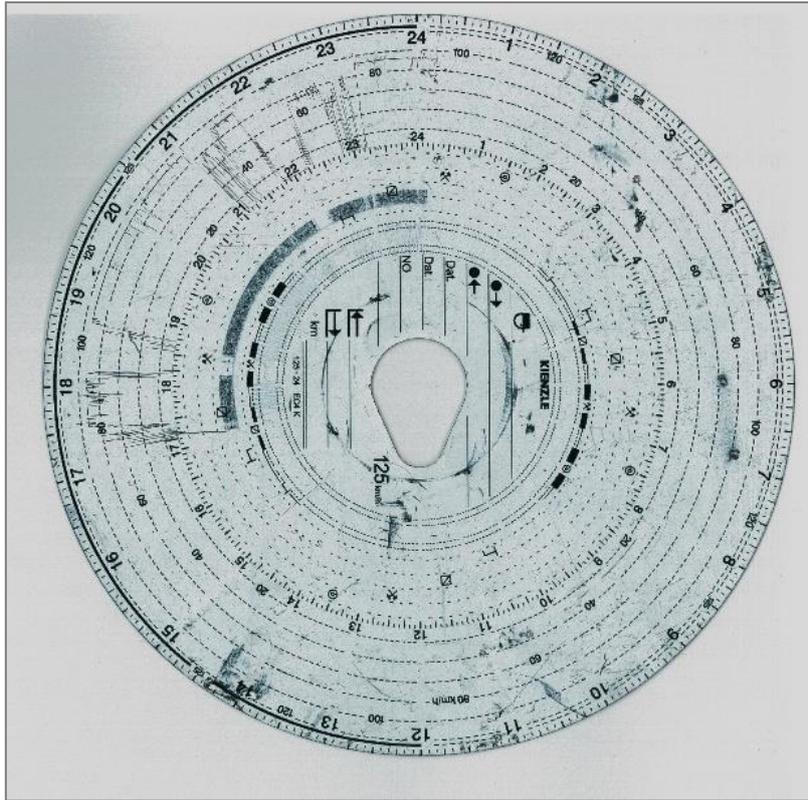


圖 12 事故車輛機械式行車紀錄器紀錄卡

行車視野輔助系統及全球衛星定位設備

事故曳引車上之行車視野輔助系統除記錄車前、左右側影像外，另可記錄 GPS 資料、車速及影像時間，如圖 13，經檢視內容後，取得事故發生時事故車輛擦撞防護網出現火花之瞬間影像，時間為 0013:36 時，車速為 87 公里/小時，如圖 14。



圖 13 行車視野輔助系統影像資料



圖 14 事故車輛事故前擦撞防護網之影像

依據事故車輛上行車視野輔助系統所紀錄之 GPS 時間、車速、經度及緯度，綜整事故車輛最後 GPS 軌跡資料如圖 15 所示。

調查小組利用行車視野輔助系統影像計算，事故車輛距翻覆地點前 150 公尺之平均車速約為 91 公里/小時。

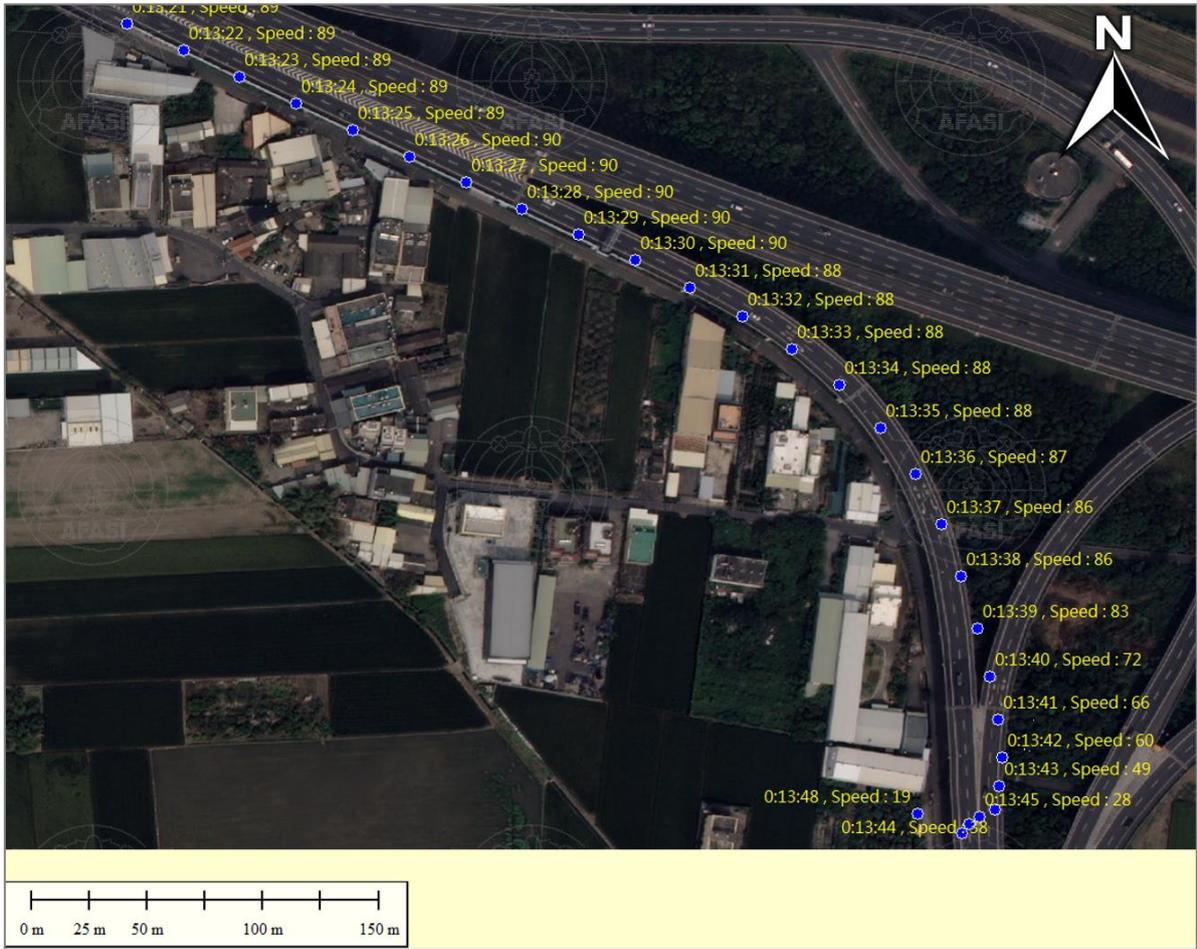


圖 15 事故車輛最後 GPS 軌跡資料

行車電腦

有關行車電腦資料，經於民國 109 年 10 月 20 日至台塑林口服務廠進行事故曳引車之行車電腦解讀後，其故障碼均與本次事故無關。

後車行車影像紀錄器

調查小組經比對事故車輛與後車行車視野輔助系統影像時間，以事故車輛進入減速車道開啟右邊方向燈之時間為基準，進行時間同步後，兩車影像時間相差 34 秒，相關影像及時間如圖 16。經檢視後車行車視野輔助系統影像，事故車輛於進入匝道後約 190 公尺時煞車燈亮起（0013:35 時），如圖 17，事故車輛擦撞防護網出現火花（0013:36 時），如圖 18。



圖 16 事故車輛相對之影像及時間



圖 17 事故車輛煞車燈亮起



圖 18 事故車輛擦撞防護網

3. 現場測量及殘骸檢查

3.1 事故車輛相對位置

調查小組抵達現場時，事故車輛已移至快官分隊，因此未進行現場測量作業。事故發生後由快官分隊繪製道路交通事故現場圖，事故曳引車及半拖車位置如圖 19，另掉落高速公路匝道下之罐槽體位置如圖 20。

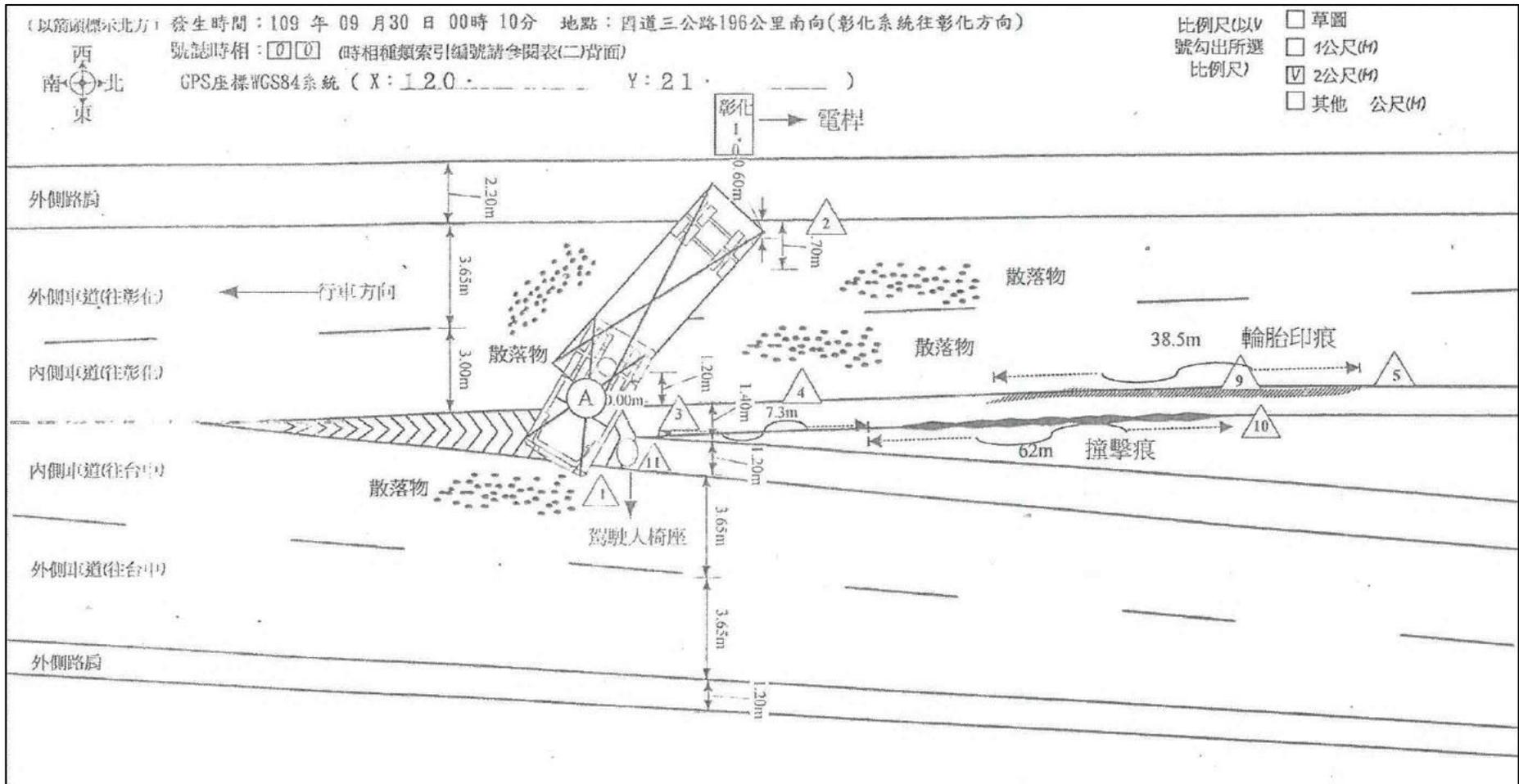


圖 19 事故曳引車及半拖車相對位置示意圖



圖 20 罐槽體相對位置示意圖

3.2 車輛損壞情形

事故發生後，調查小組於事故當日進行事故車輛之勘查作業，另為瞭解事故半拖車與氫氣罐槽體之間之固定聯結情況，調查小組於民國 110 年 7 月 6 日進行固定聯結機構之檢視作業。事故車輛損壞情形說明如後。

事故曳引車

事故曳引車因車體翻覆，造成左上方受擠壓致車頭結構損毀及引擎系統受損，駕駛座車門變形斷裂掉落至高速公路匝道下，座椅拋出至高速公路路面，事故曳引車受損情形如圖 21。



圖 21 事故曳引車受損情形

事故半拖車

事故半拖車翻覆後，車體結構因撞擊地面及護欄而變形，右後軸輪框變形，車尾右側燈具毀損及後方安全防護裝置變形，事故半拖車受損情形如圖 22。



圖 22 事故半拖車受損情形

氫氣罐槽體

事故罐槽體掉落高速公路匝道下，造成高速公路橋墩受損，罐槽體框架變形，且前方開關脫落導致氫氣外洩燃燒，罐槽體受損情形如圖 23。



圖 23 罐槽體受損情形

半拖車與非固定式罐槽體之固定聯結機構

事故半拖車上之承接錐 (stacking fitting) 有母材斷裂以及孔洞變形之現象；罐槽體框架 (frame) 上櫃角裝置 (corner fitting) 之孔洞變形，承接錐及櫃角裝置損壞情形詳圖 24、圖 25。除左後方插銷 (pin lock) 完整外，另 3 組插銷因聯結鐵鍊斷裂而未尋獲，

插銷之規格資料如圖 26。

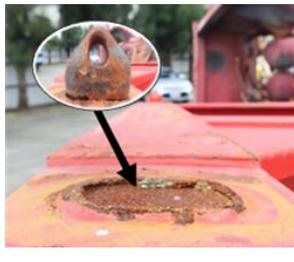
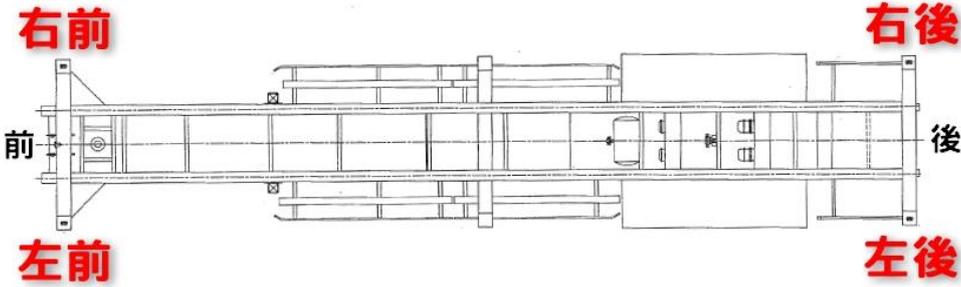
| | | | |
|--|--|---|---|
| <p>半拖車右前</p> <p>孔洞變形 外側 43.1mm 內側 28.2mm</p> |  |  | <p>半拖車右後</p> <p>孔洞變形、承接錐母材斷裂 外側 46.3mm 內側 29.3mm</p> |
|  | | | |
| <p>半拖車左前</p> <p>孔洞變形 外側 36.0mm 內側 28.2mm</p> |  |  | <p>半拖車左後</p> <p>孔洞完整、貨櫃鎖懸掛車上 外側 28.0mm 內側 28.2mm</p> |

圖 24 承接錐及孔洞受損情形

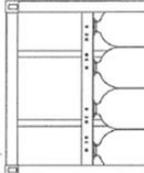
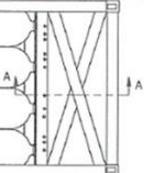
| | | | |
|--|--|---|---------------|
| 罐槽體右前 孔洞變形 |  |  | 罐槽體右後 孔洞變形 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>右前(下方)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>右後(下方)</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>槽體上方示意圖</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>左前(下方)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>左後(下方)</p> </div> </div> | | | |
| 罐槽體左前 孔洞變形、 外側有明顯 摩擦痕跡 |  |  | 罐槽體左後 孔洞完整 |

圖 25 櫃角裝置孔洞受損情形

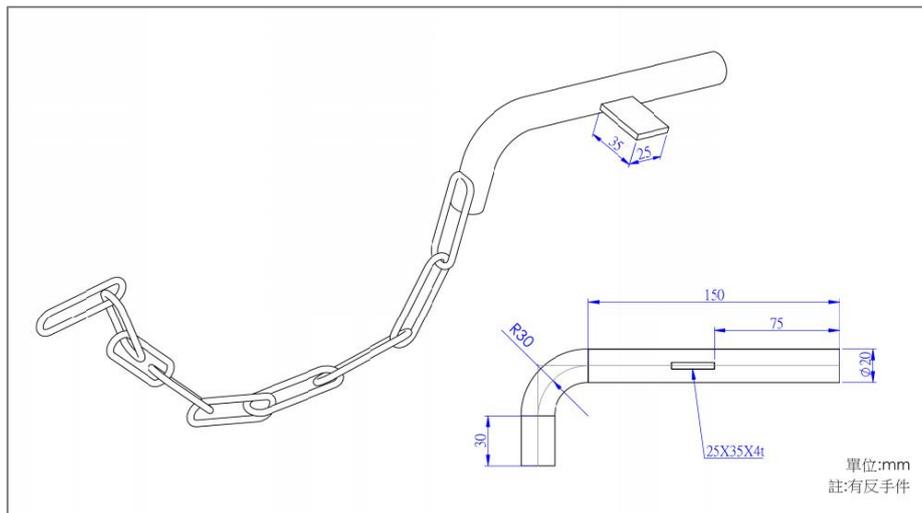


圖 26 插銷規格說明

4. 運輸業者經營管理

高啟營運資料

高啟於民國 88 年 3 月 10 日開始營業，民國 106 年 7 月 20 日變更公司地址及代表人，公司於事故發生時共有 22 位駕駛員及 19 輛曳引車、30 輛半拖車。

公司建置 GPS 設備及車輛監控管理系統，可 24 小時即時監管所有車輛動態，包括車速、位置、狀態等資訊，資料與監理站同步。

公司訂有駕駛員司機手冊以管理所屬駕駛員，該手冊內容包含公司政策、基於安全行為準則、緊急應變流程相關規定、異常與虛驚事件通報、司機服務及禮儀行為守則、司機出勤、休假、福利、獎懲規定、司機行車安全規定、保安守則、安全駕駛原則、出車前檢查作業、裝卸貨地點作業流程、裝卸貨安全基本原則、車輛運送作業安全原則、車輛保養維修作業程序、消防及個人防護具操作使用、司機教育訓練、交流道消防單位、警察單位、醫院單位資料等資料。

聯華氣體對營運承攬商之稽核

聯華氣體針對運輸承攬商訂有年度稽核項目表，稽核項目包括行車作業標準、司機培訓、各項證照審核、防護器具、各項維修保養紀錄、運輸風險評估等項次，各項次分為優良、符合標準、建議事項、次缺失、主缺失等 5 項評比，總評分 320 分，主缺失項目及總評分不得低於 220 分；高啟於民國 109 年評分為 225 分，無次缺失及主缺失項目。

5. 公路總局監理作為

高雄市區監理所轄管汽車貨運業及汽車貨櫃貨運業總計 754 家，貨運業者考核係依據民國 101 年至民國 107 年「汽車貨運及貨櫃貨運業預警管理計畫」、民國 108 年交通部公路總局訂頒「汽車貨運業汽車路線貨運業汽車貨櫃貨運業營運 EIS 管理計畫」，透過每月定期篩選，若出現紅燈告警必須啟動公司查核。高啟於民國 101 年至 109 年期間

皆未出現告警。

6. 訪談摘要

6.1 高啟經營管理人員訪談

受訪者於高啟任職約 10 年，主要負責公司車輛管理、人員管理及培訓業務，平時也會幫駕駛員代班，自身駕駛經驗約有 10 年。

公司基本資料

公司位於高雄岡山，自有 19 輛曳引車、30 輛半拖車，無靠行車輛，22 位駕駛員皆為公司聘僱之員工（含事故駕駛員），主要業務為載運化學品，如油類、氣體等，載運氫氣約是 5 年前開始承接之業務。

事故車輛使用

事故車輛平時是停在高雄大寮的駐外停車場，有 2 位駕駛員輪流使用，事故駕駛員是負責夜間時段的業務。該車輛有定速的功能。據受訪者之了解，事故駕駛員平時約傍晚 1700 開車或騎摩托車，自位於林園之住家經 20 分鐘之路程至大寮取車，約 1800 至 1900 間抵達臺南樹谷園區托運業主之罐槽體半拖車，前往桃園市觀音區聯華氣體廠區裝載氫氣後再返回樹谷園區之工廠，工作結束返回大寮停車，約於隔日凌晨 0100 時至 0200 時之間下班。

對事故駕駛人之瞭解

受訪者表示與事故駕駛員認識許久，該員係於今（109）年 3 月到職，工作態度積極，先前的工作也是執行類似的載運業務，印象中應有 5 年以上的經驗，係為合格之危險品載運駕駛。事故駕駛員任職後有進行過 1 次體檢，受訪者表示其有過瘦的情形，但無其他異常狀況。事故駕駛員在民國 109 年 11 月 26、27 日休假，28 日也行駛相同路線。

車輛行駛到特定里程數，會由公司安排回原廠定期保養，且都有保養紀錄；車上均配置有酒測儀器，駕駛員出車前需吹氣檢測，此資料會上傳至公司系統內並作為打卡之依據，下班後亦須再進行一次酒測。車上亦裝設 GPS，受訪者都會在公司監看系統，若有發現超速的情形會打電話提醒駕駛員，如有交通違規之情形會有扣款的懲處。

教育訓練

公司會安排教育訓練，防護衣演練 1 年 1 次，消防演練每 2 年 1 次。車輛調派、人員管理、公司財務等業務，係透過企業資源規劃系統 (enterprise resource planning, ERP) 進行，該系統是同行推薦使用，目前約使用 2 至 3 年左右。公司管理有通過 ISO¹¹ 認證，事故發生前尚未遇過公路總局來查核之情形。

事故後改善措施

高啟於事故後於公司所屬車輛加裝照攝駕駛座之錄影裝置，以掌握駕駛員駕車狀況。

6.2 高公局南投工務段主管訪談

受訪者自 97 年開始於高公局中分局服務，擔任工程師時主要負責路面工程的業務，有 1 年橋梁維護的經驗，後來擔任副段長，現任職段長，任職至訪談當時約有 1 年時間。

高速公路上所使用的護欄型式及高度

主要有兩種型式，一種為柔性的金屬板護欄，大部分做在路堤段的位置，而橋梁段就會使用另一種混凝土護欄加金屬欄杆的型式，而金屬欄杆又有分單雙層兩種。雙層主要用在國道 5 號及五楊高架路段，其他國道橋梁段多使用單層的橋欄杆，對於選擇單層或雙層的技术考量，受訪者表示不清楚。

¹¹ ISO 14001：環境管理系統驗證 2023 年 1 月 12 日到期；ISO 45001 職業安全衛生管理系統 2021 年 1 月 4 日到期；ISO 9001 品質管理系統 2023 年 1 月 12 日到期。

混凝土護欄的部分主要只有一種尺寸，規範的高度是 81 公分，下層的寬度為 55 公分，上層的寬度為 32 公分，若再加上單層金屬欄杆，整體高度約有 119 公分，若為雙層金屬欄杆則會達到 142 公分；但對於為何較少使用 107 公分的混凝土護欄則不太瞭解，只知道有考量對駕駛視線壓迫的問題，所以較少使用，目前均使用標準圖之 81 公分混凝土護欄加金屬欄杆的型式。

另外翻覆的問題，應該與肇事者的車速較有直接關係，若車輛速度太快，不論護欄設置的多高，都還是會有彈跳或翻覆出去的風險；且曳引車或其他大型車之高度、重心甚至比護欄都還高，以物理角度來看速度過快都還是會翻覆跳出之可能性。

護欄強度

混凝土強度必須達 240kg/cm^2 (28 天抗壓強度)，上方金屬欄杆之錨碇螺栓需達 20 及 30 公分之深度。基礎做好後會預留鋼筋位置，灌漿完成後會取樣混凝土試體 (直徑 10 公分、高 30 公分的圓柱體) 送實驗室進行抗壓強度的測試及檢核。

金屬欄杆之功能

主要是防止用路人跨越，避免人員墜落，並非主要防止車輛翻覆。至於金屬欄杆之設置法規之緣由受訪者則不清楚。

防護網的功能

通常高速公路下方有其他道路時，主要是擔心會有物品掉落或其他用路人往下方丟棄垃圾，故會依照地方政府或民眾的需求設置。

事故後的護欄修復

因混凝土屬剛性的材料，在撞擊過後可能會有裂縫產生，通常會以外觀進行初步的判定。在事故後請專業的橋梁檢測公司來檢測橋梁受損的狀況，經過他們的評估後發現金屬欄杆有被壓斷，混凝土護欄除了與金屬欄杆連接處有部分缺損的情形，並無其他裂縫及受損狀況，故僅針對護欄上方表面缺損及金屬欄杆的部分進行修復。

匝環道車輛翻覆事故後的改善

目前多以交通工程及執法面的部分進行導正，因該事故發生於夜間時段，故加強夜間導引的指示，另匝道通常也較少有測速照相，這部分也協請國道公路警察局於該處設置執法系統，未來超速的情形可能會大幅的降低。通常只要依照速限行駛，應不至於會發生類似的事故，尤其該匝道又為雙車道路段，路幅較寬，通常都因為是超速失控而導致類似的事故。

對於國外新型式護欄的看法

可能要先以試辦的方式進行，以紐澤西護欄來說，也是早期交通部試辦後才將其引進，國外如有新規範，應該也須先進行試辦才能知道是否適合國內使用。目前的護欄設置都還是依現行法規執行，若有要改規範的考量，應要由交通部的層級來執行。

7. 事件序

事故時序

本小節依據事故車輛視野輔助系統影像、彰化市政府消防局紀錄之消防及救護時序、高速公路局所彙整，相關時序詳表 6。

表 6 事故時序表

| 項次 | 時間 | 說明 |
|----|-----------------------|-------------------------------|
| 1 | 1710 | 由高雄市大寮區馬利車廠發車 |
| 2 | 2159 | 抵達聯華桃園市觀音區經建四路廠區 |
| 3 | 2215 | 由聯華桃園市觀音區經建四路廠區出發返程 |
| 4 | 0013:19 | 事故車輛車速約 90km/hr 進入南下彰化系統交流道匝道 |
| 5 | 0013:28~0013:29 | 事故車輛行駛於交流道時車身左偏 |
| 6 | 0013:30.07~0013:30.89 | 事故車輛於 0.82 秒時間區間內出現明顯向右的軌跡偏移 |
| 7 | 0013:35 | 事故車輛煞車燈亮起，半拖車及罐槽體傾斜 |
| 8 | 0013:36 | 罐槽體傾斜擦撞左側防墜網，擦出火花 |

| 項次 | 時間 | 說明 |
|----|---------|--------------------------------------|
| 9 | 0013:37 | 罐槽體持續傾斜，撞擊左側金屬橋欄杆及紐澤西護欄 |
| 10 | 0013:38 | 槽罐體翻落橋下，氫氣洩漏起火燃燒，半拖車及曳引車翻覆於橋上 |
| 11 | 0014 | 彰化縣政府消防局接獲民眾報案 |
| 12 | 0031 | 彰化縣政府消防局人員到達事故現場 |
| 13 | 0314 | 匝道上之半拖車及曳引車拖離現場，匝道開放通行，上游 CMS 撤除封閉資訊 |
| 14 | 0945 | 氫氣罐槽體運離現場 |

現場救援處理過程

彰化縣消防局（以下簡稱消防局）受理事故通報為民國 110 年 9 月 30 日 0014 時，0024 時，國道七隊員警與消防局連繫，告知現場事故車輛疑似為裝載氫氣槽車，並從國道 3 號翻落平面道路，死傷目前不確定。消防局隨即前往事故現場協助救援，0031 時，消防局抵達事故現場，0045 時，火勢控制及發現 1 名患者已經明顯死亡。

交通部高速公路局中區交控中心（以下簡稱高公局中交控）於 0049 時，成立緊急應變小組，01 40 時，彰化縣政府環境保護局通知消防局事故車輛為高啟通運有限公司所有，罐槽體貨主為聯華氣體工業股份有限公司。0156 時，執行事故半拖車與曳引車拖吊作業。0208 時，消防局持續對於翻落橋下之槽罐體進行灑水冷卻。0314 時，事故半拖車與曳引車拖離現場並開放該路段通行。0520 時高公局中交控解除緊急應變小組，0945 時，罐槽體運離事故現場。

二、分析

事故駕駛員持有交通部公路總局核發之有效駕駛執照及道路危險物品運送人員訓練證明書；依據事故駕駛員事故前 72 小時作息資料，事故駕駛員於事故前 3 日作息及睡眠狀況正常，無身體不適之情形；事故後事故駕駛員體內未測出酒精及毒藥物成分。事故車輛掛載監理機關頒發之有效牌照；依據事故後車輛檢測結果，事故車輛之輪胎、煞車及轉向系統無異常狀況；依據事故後現場檢視結果，事故地點之標誌與標線正常。

依據車載 GPS 紀錄，事故當日事故車輛於運送貨物過程中無發生超速之情況，多

以穩定速率方式行駛，事故發生時，事故車輛以約 90 公里/小時之車速行駛於國 3 轉國 1 彰化系統交流道南下匝道上，於轉彎過程中翻覆，造成事故駕駛員 1 人死亡以及事故車輛嚴重損壞之重大公路事故。本次事故係針對駕駛員操作、半拖車及罐槽體之固定聯結機構、道路環境以及生還因素等議題進行探討。

1. 駕駛員操作

調查小組檢視事故車輛後車之行車紀錄器影像資料，發現事故車輛以約 90 公里/小時之車速進入匝道，此時無車輛行駛於事故車輛前方，事故車輛後車距離事故車輛約 90 至 100 公尺，進入匝道後事故車輛保持約 91 公里/小時之車速過彎，0013:30 時，事故車輛出現較大幅的軌跡偏移，0013:35 時，半拖車及罐槽體傾斜，同時煞車燈作動，隨後車輛持續傾斜而翻覆。為釐清事故駕駛員是否使用定速裝置，調查小組檢視並分析事故車輛速度保持之情況，依據分析結論詳（附錄 1）調查小組無法確認事故駕駛員是否使用定速裝置。

車輛定速之可能性

依據事故車輛當日行車紀錄卡，調查小組發現其多段車速穩定保持於 90 公里/小時，因行車電腦並無記錄定速使用狀況，調查小組檢視事故趟次行經國道 3 號爬坡道路段之車速，其車速約落在 79 至 91 公里/小時之間不等，詳表 7，顯示事故車輛在爬坡過程中，並非以特定或穩定之車速行駛，仍有速度變化差異性，故無法證實事故駕駛員有開啟車輛定速功能。

表 7 事故車輛爬坡道行駛車速及坡度變化

| 爬坡道路段 | 最高車速 (公里/小時) | 最低車速 (公里/小時) | 爬坡坡度 變化最大值 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 大山-後龍 (124k+300~125k+600) | 91 | 89 | 1.80% |
| 後龍-通宵 (131k+750~133k+200) | 91 | 86 | 2.00% |
| 中港系統-沙鹿 (170k+330~173k+700) | 91 | 79 | 1.45% |
| 沙鹿-龍井 (176k+300~178k+500) | 91 | 79 | 1.20% |

事故車輛翻覆原因

檢視事故車輛行車視野輔助系統影像，0013:28 時至 0013:29 時，事故車輛向左偏離左側車道，0013:30.07 時至 0013:30.89 時，事故車輛於 0.82 秒時間區間內出現明顯向右的軌跡偏移，如圖 27 所示，表示此時事故駕駛員有較大的向右修正動作，此修正動作可能造成事故車輛於過彎的過程中，因離心力大於向心力而造成車輛傾斜，隨後雖曾制動煞車，但已無法修正車輛傾斜之趨勢而翻覆。



圖 27 事故車輛軌跡偏移影像

綜上所述，事故車輛由國 3 主線車道向右進入匝道前之減速車道，在減速車道並未降低速度，進入匝道後仍維持約 91 公里/小時之車速，於轉彎過程中事故駕駛員出現較大的向右修正動作，可能造成事故車輛過彎時之離心力大於向心力而造成車輛傾斜。惟無證據顯示事故駕駛員受疲勞或分心等因素之影響，使事故駕駛員於轉彎的過程中出現較大的向右修正動作。

2. 半拖車與非固定式罐槽體之固定聯結機構

本次事故中裝載氫氣之非固定式罐槽體於事故車輛翻覆的過程中與半拖車分離，非固定式罐槽體掉落橋下後撞擊匝道下之橋墩，可能因撞擊瞬間引發火花並與洩漏之氫氣作用，進而發生起火燃燒。事故後調查小組檢視半拖車與罐槽體間之固定聯結機構，探討罐槽體脫離半拖車之原因。

半拖車車架 4 個角落均焊接設置承接錐，罐槽體以框架包覆，框架下方 4 個角落設置櫃角裝置，罐槽體運送時，其櫃角裝置須與承接錐對接，4 個聯結處各以 1 根插銷穿過櫃角裝置側面孔洞，再插入半拖車上的承接錐孔洞，插銷上焊有一金屬薄片，位於罐槽體櫃角裝置與半拖車承接錐之間，防止插銷脫離，固定聯結機構如圖 28 所式，結合後示意圖如圖 29。



圖 28 事故半拖車與罐槽體之固定聯結機構

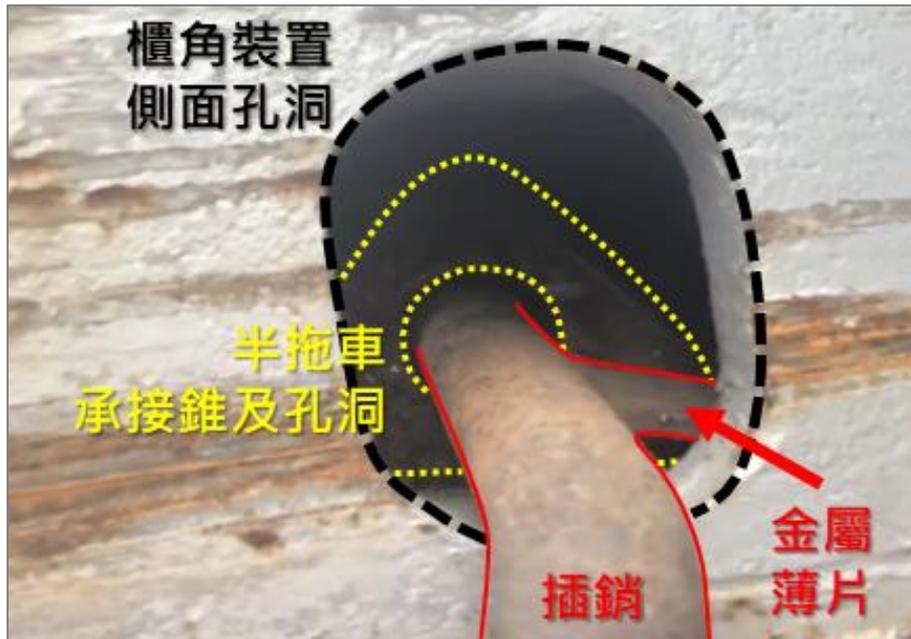


圖 29 固定聯結機構結合後示意圖（非事故車輛）

檢視我國道路交通安全相關法規，對於半拖車固定聯結貨櫃以及危險物品運送的要求，規定於道路交通安全規則之中，依據道路交通安全規則第 81 條第 1 項第 5 款：「裝載之貨物及貨櫃不得伸出車尾以外，裝載貨櫃時，並應與拖車固定聯結。」；依據道路交通安全規則第 84 條第 1 項第 4 及第 10 款規定：「裝載危險物品罐槽車之罐槽體，應依主管機關規定檢驗合格，並隨車攜帶有效之檢驗（查）合格證明書。」；「裝載之危險物品，應以嚴密堅固之容器裝置，且依危險物品之特性，採直立或平放，並應網紮穩妥，不得使其發生移動。」

另本事故所載運之氫氣罐槽體屬高壓氣體，調查小組檢視勞工安全相關法規，其中於勞動部主管之「高壓氣體勞工安全規則」及「危險性機械及設備安全檢查規則」中，分別規定裝載高壓氣體容器之檢驗標準及檢驗方法。有關固定於車輛之高壓氣體容器之運輸安全，規定於「高壓氣體勞工安全規則」之第五章運輸安全設施-第一節固定於車輛之容器之運輸中，惟可燃性氣體、氧氣及高壓氣體等運輸相關法條（第 123 條、135 條至 141 條）於民國 100 年 12 月 16 日刪除，僅剩第 124 條至 134 條規定。

經查立法院條文修正說明資料，內容略以：鑑於交通法規已有具體規範，為避免與交通主管機關權責重疊，造成事業單位困擾，爰洽商交通部同意予以刪除。上述資料顯

示，有關高壓氣體容器之運輸安全規定，統一規範於交通法規中。

進一步檢視我國車輛安全檢測基準，對於非固定式危險物品罐槽體，目前載運半拖車之固定聯結機構無檢測規範。

經查國際上半拖車之固定聯結機構相關檢測規範，國際化標準組織（International Organization for Standardization, ISO）對於貨櫃運輸有相當完整的規定，其所發布之文件「ISO 3874:2017(en) Series 1 freight containers - Handling and securing」，規範貨櫃運輸相關之處理程序，內容包含貨櫃於陸運時之固定方式；扭轉鎖定器（twist lock）的強度要求與測試標準；承接錐的強度要求與測試標準等。ISO 3874 第 9.3.3 節中說明為確保陸運過程中載運貨櫃之安全，需使用具備扭轉鎖定器、承接錐或是鎖固導軌（securing guide）之半拖車，其中承接錐或是鎖固導軌需搭配插銷使用，使貨櫃可同時承受水平及垂直方向的力，避免貨櫃於運行的過程中移動。扭轉鎖定器、承接錐與鎖固導軌示意圖詳圖 30、圖 31。

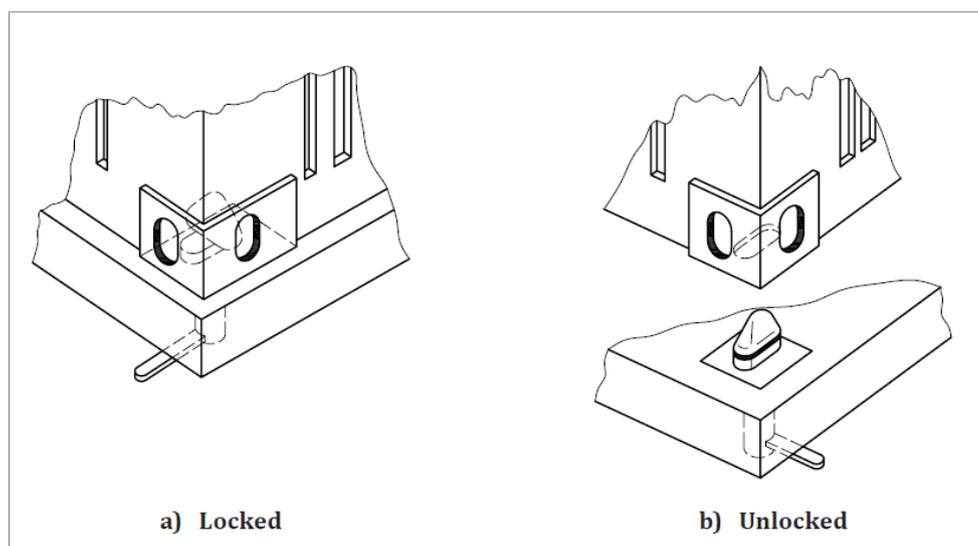


圖 30 扭轉鎖定器示意圖（a:鎖定、b:解鎖）

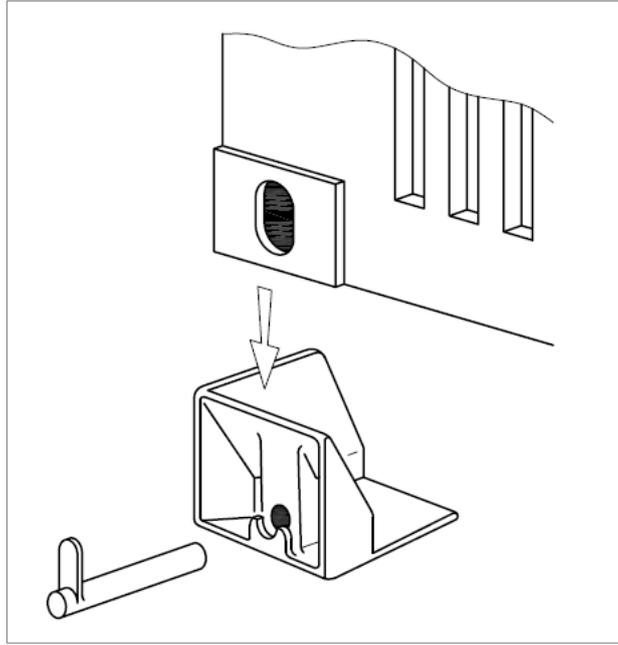


圖 31 鎖固導軌搭配插銷示意圖

事故半拖車之固定聯結機構與 ISO 所規範之承接錐搭配插銷機制相似，比較兩者之間的差異，發現圖 32 中的插銷末端可旋轉固定於承接錐旁的插槽中，以確保插銷無法任意移動，而事故半拖車固定聯結機構中，於車側櫃角裝置處插入插銷，插銷焊有一片金屬薄片，用途為防止插銷脫出貨櫃之櫃角裝置，但無法固定插銷，若發生如本次事故中事故車輛翻覆之情形，可能發生插銷脫出罐槽體框架之櫃角裝置，或因車側發生擦撞造成插銷斷裂，而使事故半拖車與罐槽體脫離。

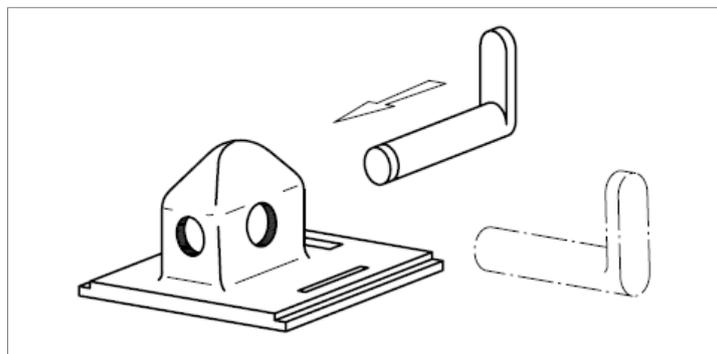


圖 32 承接錐搭配插銷示意圖

事故車輛為載運危險物品罐槽體之半拖車，在運送的過程中具有一定的危險性，而我國目前道路交通安全及車輛安全檢測相關法規，對於半拖車與非固定式罐槽體間之固定聯結機構未有明確檢測規定，相較於國際標準化組織所訂之貨櫃運輸安全規範，我國

對於載運危險物品半拖車之固定聯結機構相關規範明顯不足。

3. 道路環境

調查小組利用行車視野輔助系統影像計算，事故車輛距翻覆地點前 150 公尺之平均車速約為 91 公里/小時，最後以 87 公里/小時之速度傾斜翻覆，翻覆後車體擦撞護欄，罐槽體脫離半拖車後掉落匝道下，故本小節針對匝道出口標誌及護欄進行探討。

3.1 匝道出口前預告標誌

依據前述抽樣高公局車輛偵測器資料顯示，行駛該路段車輛以平均 74 公里/小時之車速通過，顯示多數車輛均有超速之情形。另自民國 106 年 1 月 1 日至事故當日共 83 起事故中，事故型態多以擦撞、追/推撞為大宗，撞擊護欄事故共 7 件，造成車輛翻覆事故共 3 件。

系統交流道係提供兩條高（快）速公路串連之交流道，駕駛人行經系統交流道時，因非駛出高（快）速公路，相較於一般出口匝道為連接一般道路，可能預期前方會有標誌而減速，駕駛人通過系統交流道時可能不會依速限行駛。

彰化系統交流道南下出口上游沿線依規定設置出口預告相關標誌，另於出口匝道門架上設置 1 面速限標誌（如圖 33 所示），惟自減速車道起點至匝道出口間（長約 800 公尺）未設有其他標誌或降速之提醒，可能使駕駛人未注意車速狀況，以行駛主線之車速（速限 110 公里/小時）通過匝道始發現速限降至 60 公里/小時，造成反應不及而超速通過匝道，亦可能因車速過快或緊急減速後與前後車產生速差導致事故。

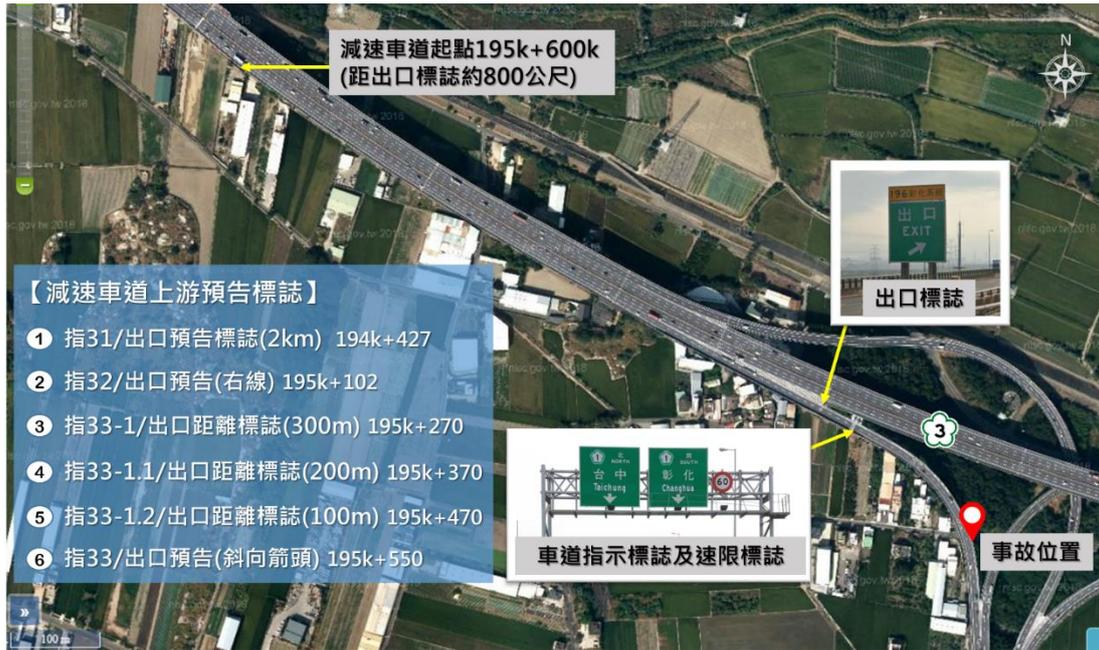


圖 33 出口預告標誌及速限標誌位置示意圖

3.2 護欄對於事故車輛之影響

事故車輛撞擊護欄之前，車身已開始有向左傾斜之情況（詳圖 14），在輪胎未壓到護欄之狀況下，護欄無法發揮導正事故車輛之功能。

事故地點之混凝土護欄為 81 公分高，另於上方加設 38 公分高之金屬欄杆，總高度為 119 公分，由於事故車輛車體重心高度約 202 公分，在車體重心高度高出護欄 83 公分且罐槽體與車輛脫離之狀況下，護欄無法攔阻罐槽體翻覆至匝道下方。

3.3 護欄之選用

交通部頒之交通工程規範內提及：「護欄設計應以導正或攔阻車輛偏離車道，並減輕傷亡為優先考量」及「路側護欄的設置，應考慮其是否能降低潛在事故之嚴重性，而非車輛駛出路外之頻率或次數」。依據交通部提供之說明文件，目前國內使用之混凝土護欄之高度約落在 81 至 85 公分間，視路段條件加設金屬護欄，另於彎道路段、車速較快或大型車輛較多之區域則會考量使用 107 公分高之護欄。

調查小組蒐集美國及日本護欄相關法規及設置情形（詳附錄 1），護欄高度多為 81 至 107 公分間，惟部分路段因應其特殊性而使用較高之護欄，國外法規並無明確規定使

用條件，可能因其事故類型、車流組成、道路幾何條件等狀況而有不同之考量。調查小組認為護欄高度應考量行經該路段各車種比例，避免護欄高度影響駕駛人視線及乘客安全，進而造成其他交通問題。

我國「交通工程規範」內與護欄相關內容最近一次調整距今已 17 年，該期間內各國已有多種新型式護欄之發展及實際使用，當車輛側撞護欄時，更能有效地發揮其偏向導正之功能；本次事故雖與護欄高度及型式並無直接關係，但道路主管機關仍應重新檢視國內護欄相關規範，評估國內護欄型式更新之必要性。

4. 生還因素

座椅及安全帶情形

檢視事故車輛之駕駛艙以及駕駛員座椅狀況，駕駛艙因事故車輛翻覆撞擊護欄而擠壓變形，座椅及其連接在駕駛座地板之固定架散落於匝道上，駕駛員座椅之安全帶插銷固定於帶扣之扣孔中，座椅固定架斷裂變形。駕駛艙及座椅損壞情形如圖 34、圖 35，安全帶插銷固定情形如圖 21。



圖 34 事故車輛駕駛艙損壞情形



圖 35 事故車輛座椅底部損壞情形

依據上述駕駛艙及座椅檢視情形，以及 ETC 門架錄影畫面資料，事故發生時，座椅可能因駕駛艙擠壓變形而脫離事故車輛，而駕駛員亦可能因未繫安全帶，於車輛翻覆過程中拋飛墜落至匝道下而死亡。

業者行車安全教育及宣導

依據「汽車貨運業汽車路線貨運業汽車貨櫃貨運業安全考核作業要點」規定，貨運業者每月須填寫「貨運業安全管理自主檢查表」，其中內容要求貨運業者每年需實施駕駛員安全教育訓練，並留存教育訓練紀錄及教材內容，以供查驗。檢視高啟辦理行車安全教育訓練紀錄，民國 109 年 3 月至 6 月期間，高啟曾辦理過 8 次教育訓練並留有參訓人員簽到紀錄，課程包含防禦駕駛以及安全帶使用等相關內容，施訓頻率符合監理機關對於業者安全管理自主檢查之要求。

車輛在行進的過程中，駕駛員應全程繫妥安全帶並依速限行駛，公司雖已對駕駛員進行教育訓練，惟仍可能出現駕駛員未確實繫附安全帶及超速行駛而影響行車安全之狀況，對此公司應持續加強行車安全宣導及教育訓練。

三、結論

1. 事故車輛由國 3 主線車道向右進入匝道前之減速車道，在減速車道並未降低速度，進入匝道後仍維持約 91 公里/小時之車速，於轉彎過程中事故駕駛員出現較大的向右修正動作，可能使事故車輛過彎時之離心力大於向心力而造成車輛傾斜，隨後雖曾制動煞車，但已無法修正車輛傾斜之趨勢而翻覆。
2. 裝載氫氣之非固定式罐槽體於事故車輛翻覆的過程中與半拖車分離，罐槽體掉落橋下後撞擊匝道下之橋墩，可能因撞擊瞬間引發火花並與洩漏之氫氣作用，進而發生起火燃燒。
3. 事故發生時，座椅可能因駕駛艙擠壓變形而脫離事故車輛，而駕駛員可能因未繫妥安全帶，於車輛翻覆過程中摔落至匝道下。
4. 無證據顯示事故駕駛員受疲勞或分心等因素之影響，使事故駕駛員於轉彎的過程中突然出現較大的向右修正動作。
5. 彰化系統交流道南下出口減速車道起點至匝道出口之距離約 800 公尺，該範圍之間未有匝道速限標誌或其他降速之提醒，可能造成駕駛人未及時減速，以超速之狀態通過事故路段。
6. 事故車輛撞擊護欄之前，車身已開始有向左傾斜之情況，在輪胎未壓到護欄之狀況下，護欄無法發揮導正事故車輛之功能。車體重心高度高出護欄 83 公分且罐槽體與半拖車脫離之狀況下，護欄無法攔阻罐槽體翻落至匝道下方。
7. 事故半拖車與罐槽體之間以承接錐搭配插銷固定聯結，插銷機構上僅焊有一金屬薄片，但無法固定插銷，車輛翻覆時可能發生插銷脫出罐槽體之櫃角裝置，或因車側發生擦撞造成插銷斷裂，而使事故半拖車與罐槽體脫離。
8. 我國目前道路交通安全及車輛安全檢測相關法規，對於半拖車與非固定式罐槽體間之固定聯結機構未有明確檢測規定，相較於國際標準化組織所訂之貨櫃運輸安全規範，我國對於載運危險物品半拖車之固定聯結機構相關規範明顯不足。
9. 事故駕駛員所參與之訓練課程以及持有之訓練證照皆符合法規規定。

10. 事故車輛中之氫氣鋼瓶型式為 DOT-3AAX，固定於結構強度符合 ISO 1496-3 規範之框架中，罐槽體符合美國聯邦法規 49 CFR § 173.301 之規定。

四、運輸安全改善建議

致高啟通運有限公司

1. 加強對所屬駕駛員行車安全宣導及教育訓練，確實要求車輛行進中應全程繫妥安全帶並依速限行駛。(TTSB-HSR-21-11-001)

致勞動部

1. 與交通部共同研商並修訂現行道路交通安全及高壓氣體勞工安全相關規定，明訂載運危險物品半拖車之固定聯結機構應通過車輛安全審驗，以確保運送危險物品過程中安全無虞。(TTSB-HSR-21-11-002)

致交通部

1. 與勞動部共同研商並修訂現行道路交通安全及高壓氣體勞工安全相關規定，明訂載運危險物品半拖車之固定聯結機構應通過車輛安全審驗，以確保運送危險物品過程中安全無虞。(TTSB-HSR-21-11-003)
2. 參考國際標準化組織所訂之規範，明訂半拖車與非固定式罐槽體之固定聯結機構檢測基準，以及對應之車輛安全審驗規定，以確保半拖車車廠可打造符合安全認證之車輛。(TTSB-HSR-21-11-004)

致交通部高速公路局

1. 於事故匝道上游減速車道範圍內，評估增設速限標誌、標線(字)或其他輔助設施，提早預告匝道速限以提醒駕駛人降速，並依速限行駛。(TTSB-HSR-21-11-005)
2. 重新檢視高速公路交通工程手冊，評估更新高速公路護欄型式，以增加護欄設置之選擇性及妥適性。(TTSB-HSR-21-11-006)

致交通部公路總局

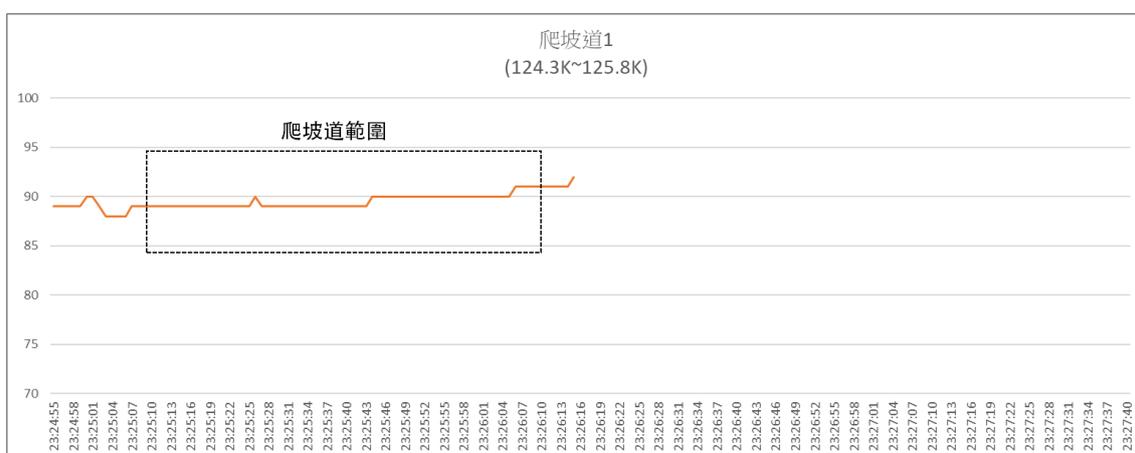
1. 對於有申請載運危險物品臨時通行證之車輛，應強制安裝全球衛星定位設備，以利監控其行車狀態。(TTSB-HSR-21-11-007)

五、附錄

1. 事故車輛行經爬坡道車速變化

調查小組共檢視事故車輛所行經 4 處爬坡道之車速變化，其車速約落在 79 至 91 公里/小時之間不等，彙整之車速（單位：公里/小時）變化圖如下：

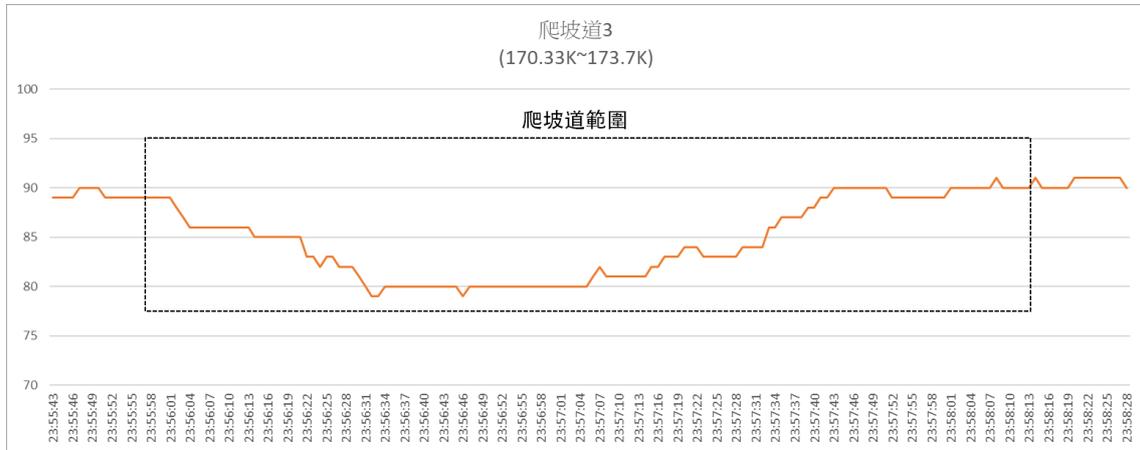
(1) 大山-後龍 (124k+300~125k+600)



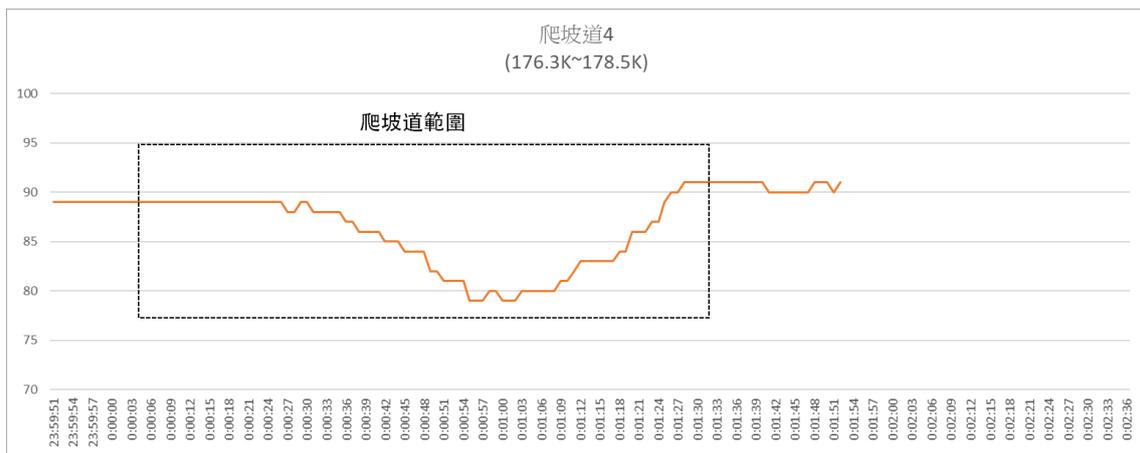
(2) 後龍-通宵 (131k+750~133k+200)



(3) 中港系統-沙鹿 (170k+330~173k+700)



(4) 沙鹿-龍井 (176k+300~178k+500)



2. 國內外護欄法規及使用情形

我國護欄法規及使用情形

查國內現今護欄係依據交通部頒布之「交通工程規範」設置，該規範前身為民國 79 年訂定之「交通工程手冊」，惟於民國 104 年廢止後改使用「交通工程規範」沿用至今。規範內提及：「護欄設計應以導正或攔阻車輛偏離車道，並減輕傷亡為優先考量」、「路側護欄的設置，應考慮其是否能降低潛在事故之嚴重性，而非車輛駛出路外之頻率或次數」。

依據交通部提供之說明文件，目前國內使用之混凝土護欄之高度約落在 81 至 85 公

分間，另於彎道路段、車速較快或大型車輛較多之區域則會考量使用 107 公分高之護欄。

高速公路局為因應其道路條件，依循「交通工程規範」另編訂「高速公路交通工程手冊(號誌、交通安全防務設施及照明篇)」，其中路側護欄之型式計有 17 種，於橋梁路段均採用混凝土型式之護欄作為基礎，惟護欄高度之考量係參照交通部運研所於民國 91 年出版之「紐澤西護欄高度與防護性之關係初探」報告內之建議，採用 81 公分高之混凝土護欄，再視道路特性微調護欄高度。

考量護欄設置高度對駕駛人行車視線造成影響，高速公路局僅於貨櫃車進出較頻繁之國道 1 號末端近高雄港之路段，採用 107 公分高之混凝土護欄，其餘路段為避免對小型車駕駛人造成視線遮蔽，係利用鋼管欄杆加高之方式，以增加其防護效果。

美國護欄法規及使用情形

依據 AASHTO 出版之「Roadside Design Guide」，路側護欄之功能係保護駕駛人避免受道路兩側之障礙物影響，亦保護路外行人及自行車不受車輛之影響。

美國之混凝土護欄高度亦多數為 81 公分及 107 公分兩種形式，其 2 種高度之混凝土護欄可分別通過 NHCRP Report 350 之測試等級 4、5 之強度測試，國內法規亦參考 AASHTO 相關規範設置。美國紐澤西高速公路收費管理局（New Jersey Turnpike Authority）測試研究顯示，曳引車連結半拖車之車型撞擊護欄時，107 公分高度護欄可將其導回車道中。

於美國較常見使用特殊規格之護欄，查「Roadside Design Guide」內提及一處環型匝道曾發生過多起大型車輛事故，該州公路單位於道路外側設置 229 公分高之混凝土護欄，型式詳圖 2.4-2；另一州則是使用相同高度但不同型式之混凝土護欄，詳圖 2.4-3。其他型式亦有使用 163 公分高之混凝土護欄，上方再加設 63 公分高之 W 型半剛性金屬護欄，可降低車輛傾斜之狀況，有效吸收車輛撞擊時的力量並反彈。惟各式混凝土護欄實際之攔阻及導正效果，仍需視車輛撞擊之角度、速度及其他道路條件之影響，並非所有路段適用。



Figure 5-21. 2,290-mm [90-in.] New Jersey Barrier

圖 2.4-2 美國使用之 229 公分混凝土護欄 (1)



Figure 7-6. Texas Type TT Railing

圖 2.4-3 美國使用之 229 公分混凝土護欄 (2)

日本護欄法規及使用情形

參照日本道路協會出版之「防護柵の設置基準・同解説」，護欄之功能主要係防止車輛偏離至道路外、對向車道或人行道，使車輛可以回復至正常的行進方向，防止事故

發生。

日本規範提及護欄高度通常均設置在 100 公分以下，避免在車輛撞擊護欄時，使車內乘客頭部直接與護欄構件碰撞；另外可確保駕駛人於轉彎半徑較小之路段之行車視線。但為導正大型車輛或其他特殊狀況時，仍有設置超過 100 公分之型式，但應確保乘客之頭部安全。