

交通部鐵路重大事故專案調查報告

鐵路機構：臺灣鐵路管理局

發生日期：106 年 10 月 24 日

發生地點：三民站

事故種類：正線出軌事故

交通部

107 年 2 月

報告目錄

壹、調查紀要	1
貳、事故發生與經過	3
2.1 事故說明	3
2.2 處置過程	7
2.3 事故影響	7
參、事實發現	10
3.1 環境	10
3.2 設備	10
3.3 人員	23
3.4 運轉	27
肆、原因分析	29
4.1 直接原因	40
4.2 間接原因	40
4.3 其他因素	42
伍、事故預防措施與建議	44
5.1 預防事故再發生應採取措施	44
5.2 建議事項	45

壹、調查紀要

一、事故摘要

106 年 10 月 24 日第 431 次車由玉里往花蓮方向行駛，於 16:26 行經三民站到達第 4 股道與下行第 324 次辦理交會，同時第 3 股道有 4637 次車待避，當駛至第 18 號轉轍器處(K72+200)，司機員察覺列車有異常拉扯情形，同時接獲下行進站第 324 次司機員通報列車後端行駛異常，立即緊急停車，惟第 2 車至第 6 車已造成出軌。

二、調查依據

(一) 鐵路法第 56 條之 5 第 2 項

交通部應聘請專家調查重大事故之發生經過及其發生原因，並視調查需要，請鐵路機構或相關行車人員說明，及配合提出行車紀錄、設施、設備等相關資料及物品。

(二) 交通部調查鐵路重大事故作業要點第四點

本部調查重大事故之方式，以審查會議為主，必要時得針對個案辦理專案調查：……(二)專案調查：本部得視個案需要，選派委員若干人，與鐵路營運監理小組進行調查，並將結果提報審查會議。

三、調查組織

本事故由本部鐵路營運監理小組成員及 7 位具軌道、力學、車輛及營運等專業之外聘專案委員組成團隊進行專案調查，並由本部重大事故調查定期委員開會確認調查結果。

四、調查過程

106 年 10 月 31 日	部長指示啟動專案調查。
106 年 11 月 9、10 日	召開本事故專案調查第 1、2 及 3 次會議。
106 年 11 月 20 日	召開本部鐵路重大事故調查第 21 次會議。
106 年 11 月 27 日	召開本事故專案調查第 4 次會議，並進行車輛設備勘查。
106 年 12 月 19 日	召開本事故專案調查第 1 次工作會議。
106 年 12 月 28 日	召開本事故專案調查第 2 次工作會議。
107 年 1 月 18 日	召開本事故專案調查第 3 次工作會議。
107 年 1 月 24 日	召開本部鐵路重大事故調查第 22 次會議，確認本事故專案調查結果。

貳、事故發生與經過

2.1 事故說明

106 年 10 月 24 日第 431 次車由玉里往花蓮方向行駛，行經三民站依上行進站號誌機顯示緩速號誌進站，擬晚 3 分(16:26)到達第 4 股道（副正線）與下行第 324 次（經第 2 股道主正線）辦理交會，同時第 3 股道（副正線）有 4637 次車待避，16:25 行經第 18 號轉轍器處，第 431 次車司機員察覺列車有異常拉扯情形，同時接獲下行進站第 324 次司機員通報列車後端行駛異常，立即緊急停車，惟第 2 車至第 6 車已出軌，列車尾端停於第 3、第 4 股道間警衝標位置，導致三民~玉里站間路線不通，當下即通報有關單位，臺鐵局旋即成立一級應變小組，責令花蓮機務段、台東機務分段、台東工務段、玉里電務分駐所派員搶修，搶修期間三民~玉里改為指令式行車，本次車旅客改乘停靠第 3 股道第 4637 次車至花蓮站，由花蓮機務段另派普悠瑪編組特開(計晚 64 分開車)，現場經號誌人員暫時處理（強制送電），於 20:00 恢復 2 股以常用閉塞方式行車，玉里~三民~瑞穗站間合併為單一閉塞區間，經搶修於 25 日 05:50 先恢復 2 股、3 股正常行車，出軌車輛於 10 月 26 日 04:25 完成復軌作業。



圖 2.1-1 事故地點位置圖

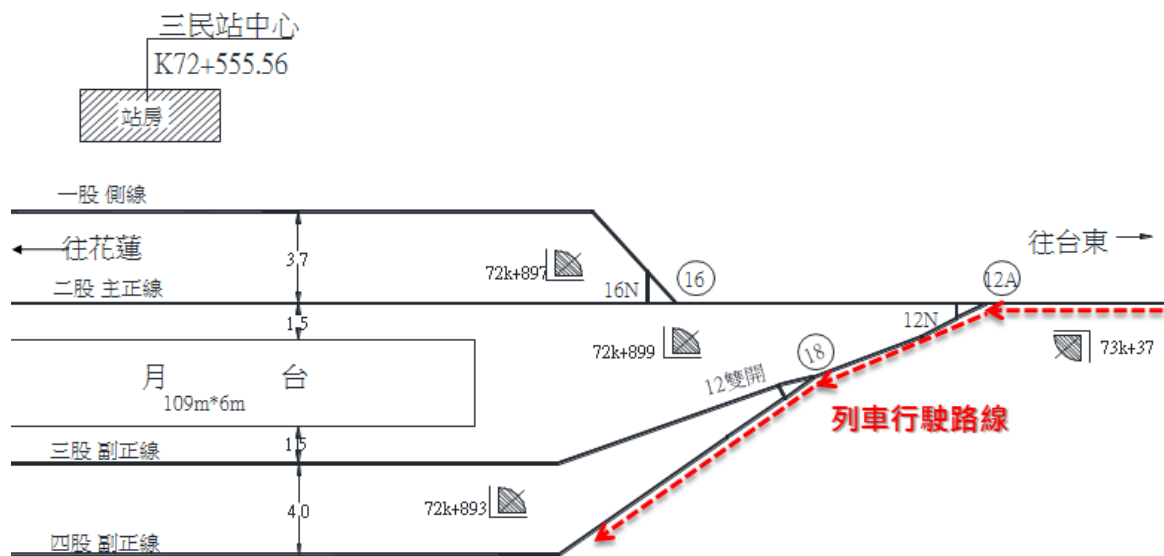


圖 2.1-2 列車行駛路線圖

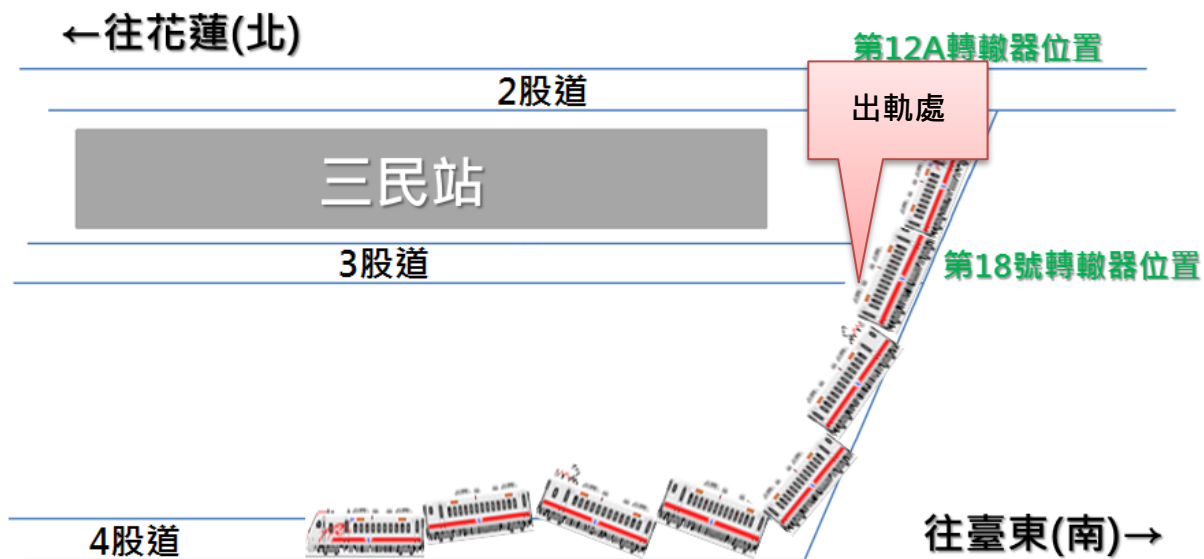


圖 2.1-3 列車出軌示意圖



圖 2.1-4 事故現場照片 1



圖 2.1-5 事故現場照片 2



圖 2.1-6 事故現場照片 3



圖 2.1-7 事故現場照片 4

2.2 處置過程

時間	處置情形
10 月 24 日	
16:16	第 431 次車玉里站晚 3 分開車。
16:25	行駛至三民站副正線（第 4 股道）北端，第 18 號轉轍器發生前位算起第 2 車~6 車出軌，造成三民~玉里站間路線不通。
16:26	通報有關單位。
17:07	第 431 次車旅客換乘在三民站第 3 股道之 4637 次電聯車抵達瑞穗站。
18:30	431 次旅客轉搭 4637 次車到達花蓮站，由花蓮機務段另派普悠瑪編組特開(計晚 64 分開車)。
19:26	玉里電務分駐所主任到三民站處理，進入繼電器室將該站 B 區(2 股上下行主正線)與 D 區(3 股、4 股)電路切開並強制送電，使 B 區號誌運作正常。
20:00	三民站進出站第 2 股道先行恢復通車，玉里~三民~瑞穗站間維持單線雙向運轉。
10 月 25 日	
05:50	事故現場經搶修後，三民站第 2、第 3 股道恢復正常行車，第 4 股道暫時停用，擬利用夜間再封鎖搶修。
10 月 26 日	
04:25	出軌車輛完成復軌搶修作業。

2.3 事故影響

一、人員傷亡

本事故未造成人員傷亡。

二、設備受損

(一) 軌道部分：

1. 路線受出軌車輛輾壓損壞長度約 114 公尺、37 公斤鋼軌損傷需更換長度 10 米。
2. 木枕損壞 5 根，PC 枕損壞 28 根，及 37 公斤 12 號雙開道岔 1 組。

(二) 車輛部分

1. 本次事故普悠瑪列車為 8 車編組，相關零組件經臺鐵局檢視未

發現其他可疑原因造成之損壞，研判均因出軌發生後衍生車廂與車廂間之推擠、拉扯或是碰觸鋼軌等工務設施所造成，出軌車輛為 2 至 6 車各車廂事後受損情形，說明如下：

- (1) 2 車(TEMA2037)：污水箱(擦傷)、前部轉向架(擦傷)、靜態變流器 SIV 箱(變形)、主風缸考克及護框下部(變形)、供給風缸氣源切斷開關(變形)、停留軔機拉桿架(變形)、停留軔機控制裝置箱(變形)、後部連結器(被拆下)、後風檔(破裂)、前後鍍板(變形)、前部海側車頂排水管(脫落)、#1 車軸馬達外框及網變形、轉向架水平拉桿段(空氣彈簧洩氣)、主風缸除壓排水閥護框變形、#3 軸第 5 位車輪輪緣角缺角及 #4 軸第 7 位車輪輪緣角缺角。
 - (2) 3 車(TEP2019)：污水箱(擦傷)、前部轉向架(擦傷)、前後風檔破裂、前後鍍板(變形)、後部連結器(車廂位移拉扯)及 #2 碟剎盤(破損)。
 - (3) 4 車(TEMB2038)：污水箱(擦傷)、抽糞管(斷裂)、前部連結器(車廂位移拉扯)、前後風檔(破裂)、前後鍍板(變形)、後部山側水平閥(斷裂)、#1 齒輪箱油面計破損及潤滑油漏油、#2 空氣彈簧脫出。
 - (4) 5 車(TEMB2040)：後部轉向架擦傷、後部連結器(車廂位移拉扯)、前後風檔(破裂)、前後鍍板(變形)、後部山側水平閥(斷裂)、#4 齒輪箱視窗(漏油)、連結器(更換)。
 - (5) 6 車(TEP2020)：前後鍍板(變形)、後部跳線固定盒(變形)、#3 碟剎盤(破損)、#4 碟剎盤(破損)。
2. 未出軌車廂 1 車、7 車及 8 車受損情形下：
- (1) 1 車(TED2019)：後部鍍板(變形)。
 - (2) 7 車(TEMA2039)：後部跳線盒變形及前後度版變形。
 - (3) 8 車(TED2020)：後渡板變形。

(三) 電訊、號誌及電力部分：

1. 四股道下行出發號誌機損壞一組。
2. 計軸器接收頭、發射頭損壞一組。
3. 地上 ATP 感應板損壞二塊。
4. 軌道絕緣腳套頭損壞一組。

三、運轉延誤

搶救期間三民至玉里站間改指令式行車，後調整為玉里~三民~瑞穗站間合併為單一閉塞區間，影響列車計 14 列次，總延誤時間計 456 分鐘。

參、事實發現

3.1 環境

一、天候部分

臺鐵路事調查記錄事發當日天候為雨天；惟依據中央氣象局鳳林測站資料，10月24日16時之氣溫為22.8℃、降水量為0mm；另查案發當日約10天前(同月13日至15日間)有連續數日發生大雨之情形，降水量介於203mm~357mm(當日雨量>200mm已達毫雨等級)。

二、周邊環境

事故地點位於車站範圍內，屬平面路段。

3.2 設備

3.2.1 軌道

一、基本資料

(一) 路線坡度：千分之5.3上坡段；曲線半徑：200公尺；路段型態為平面，位於三民車站站內之南側，第三股道與第四股道間之分歧道岔。出軌地點里程為(花蓮站起K72+200)。

(二) 軌道及道岔設備：第18號轉轍器為37公斤級木枕型道岔，屬#12號雙開道岔。沿路線再往南側鄰近之第12號轉轍器為50公斤木枕型道岔，屬#12號單開道岔。

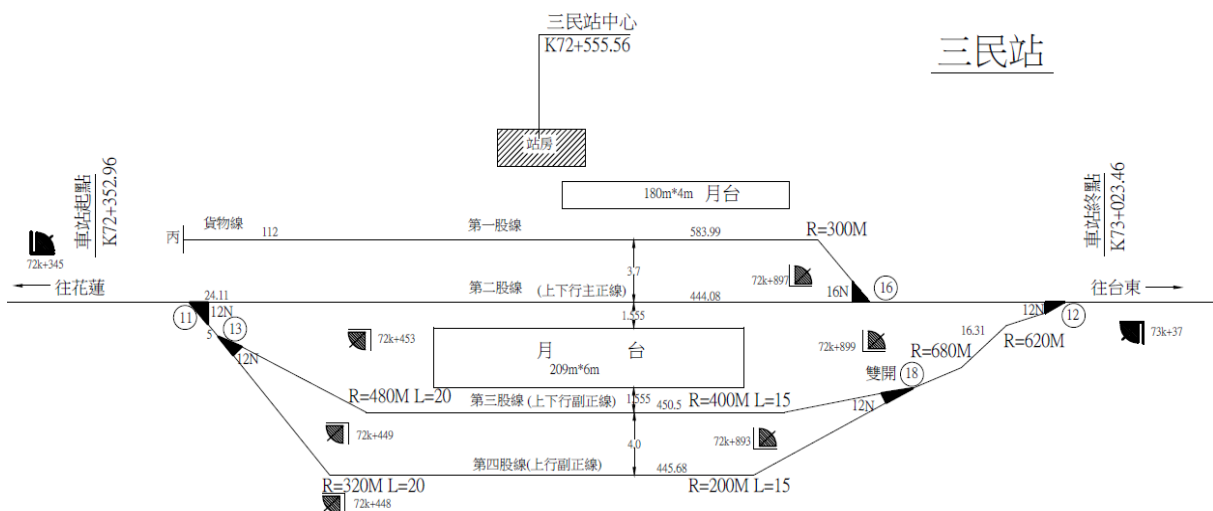


圖 3.2.1-1 事故路段路線軌道配置圖

(三) 三民站設計規劃及股道配置：

1. 第一股原規劃為貨物線。(※目前停用中，為未來瑞穗-三民雙軌化後將改為東正線)。
2. 第二股為主正線，第三股為西第一副正線，第四股為西第二副正線。
3. 第四股早期為能調車使用，需有足夠有效長度，爰將第 18 號道岔設計為雙開式道岔。

表 3.2.1-1、三民站站內道岔型式

三民站站內道岔			
編號	號數	類別	鋼軌型式
11	#12	單開	50kg
12	#12	單開	50kg
13	#12	單開	37kg
16	#16	單開	50kg
18	#12	雙開	37kg

表 3.2.1-2 道岔木枕位置及長度資訊

編號	枕木間距(cm)	枕木長度(mm)	編號	枕木間距(cm)	枕木長度(mm)	編號	枕木間距(cm)	枕木長度(mm)	編號	枕木間距(cm)	枕木長度(mm)
1	37	2,200	14	44	2,500	26	41	2,800	38	36	3,300
2	38	3,700	15	45	2,500	27	40	2,800	39	36	3,200
3	34	3,700	16	36	2,900	28	39	2,800	40	50	3,300
4	31	2,200	17	46	2,500	29	42	2,800	41	51	3,300
5	40	2,200	18	30	2,400	30	41	2,800	42	50	3,300
6	42	2,200	19	49	2,500	31	35	2,800	43	38	3,200
7	31	2,200	20	34	2,500	32	44	3,100	44	53	3,700
8	36	2,200	21	27	2,500	33	42	3,100	45	26	3,700
9	35	2,200	22	35	2,500	34	41	3,100	46	38	3,700
10	33	2,200	23	37	2,500	35	37	3,100	47	50	3,700
11	34	2,400	24	38	2,500	36	18	3,300		30	
12	20	2,500	25	38	2,800	37	48	3,200			
13	30	2,500									

(四) 路段線形：

由第 2 股道(主正線)分歧側先進入第 12 號道岔再續行至第 18 號道岔分歧側進入第 4 股道，該道岔前端(L4)、後端(L6)為曲線段。

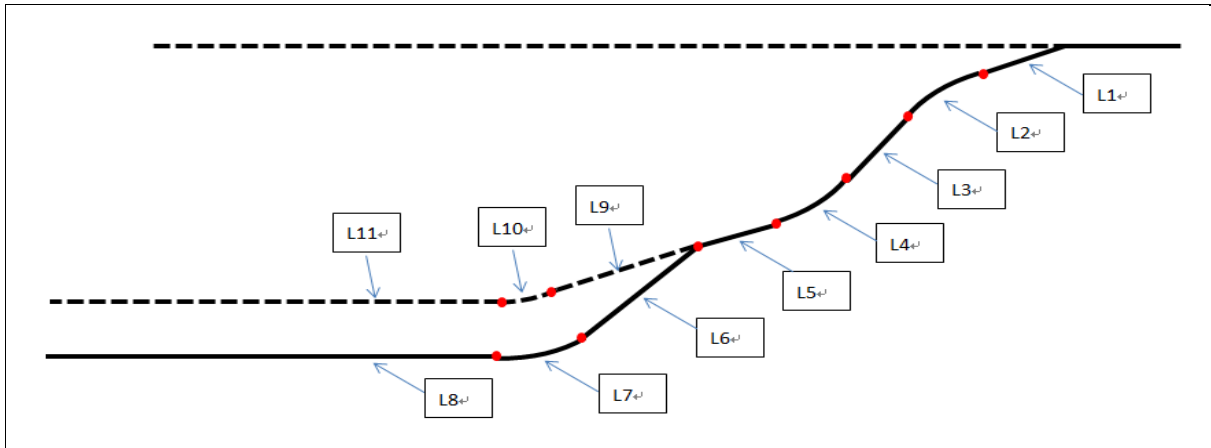


圖 3.2.1-2 出軌路段線形資料

表 3.2.1-3 出軌路段線形資訊

路線編號	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
長度(m)	16	10	11	10	14	58	45	325
曲率半徑(m)	-275	-670	直線	630	直線	-550	276	直線

二、近期養護情形

(一) 事故前軌道狀況：

1. 依據臺鐵局 106 年度第二季 EM80 軌道檢查車第 2 次全線軌道檢查紀錄顯示，台東線東正線(上行)里程係 K70+500 至 K155+998 路段係於同年 6 月 9 日辦理，其中涉及本案事故現場紀錄(里程 K71+287 至 K81+880)，已有發現計 20 處所不良原因，後續由三民道班於 8 月 18 至 8 月 25 日期間辦理整修完畢。
2. 次查 106 年 7 月乙種檢查不良處所巡檢紀錄，針對三民站事故地點之第 18 號道岔未見有發現異常之處；查臺東工務段 10 月份隨乘機車巡查路線紀錄，亦無發現涉及該路段有異常情事。
3. 再查臺東工務段三民道班之路線巡查(步)紀錄
 - (1) 106 年 9 月 4 日於里程 K83+550 發現螺栓鬆脫，里程 K83+550 扣件鬆脫，已於 9 月 4 日處理。
 - (2) 106 年 9 月 18 日臺東工務段三民道班之路線巡查(步)紀錄，顯示里程 K79+730 有發現軌道螺栓鬆脫之情事，並已於當日完成處理。至於里程 K72+950 亦有發現枕木腐朽裂損之情形，惟當時紀錄顯示將待切換及應力解除結束後，預計 10 月

份更換。

4. 106 年 10 月 2 日三民站道岔檢查紀錄記載編號第 13 號、第 18 號道岔之軌距、水平、高低、方向檢測值，結果在容許標準範圍內，惟未記載枕木有腐朽之情況。

(二) 事故後修復狀況：

1. 根據臺鐵局台東工務段池上分駐所工作日誌顯示 106 年 10 月 25 日辦理第 18 號道岔抽換木枕 4 支，同日辦理第 13 號道岔抽換木枕 7 支。
2. 另事發後於 106 年 10 月 26 日辦理第 18 號道岔抽換木枕 1 支，PC 枕裂開暫用木枕替代 2 支(第 3 股道部分)，同日辦理第 11 號道岔抽換木枕 9 支，調整木枕 2 支。
3. 另 106 年 10 月 27 日辦理第 11 號、第 13 號道岔人工砸道及抽換木枕 2 支。

3.2.2 枕木

依據臺鐵局事故初步調查發生原因係受部分枕木因嚴重腐朽使列車行經時造成軌距加大以致列車出軌，爰進一步檢視有關現場枕木情形。有關出軌事故區間(第 18 號道岔)計有枕木 47 根(詳圖 3.2.2-1)，本小組經比對第 431 次普悠瑪列車當時出軌行車錄影畫面，與本小組赴現地勘查時所拍攝照片對於枕木腐朽情形進行探討與研析，說明如下：

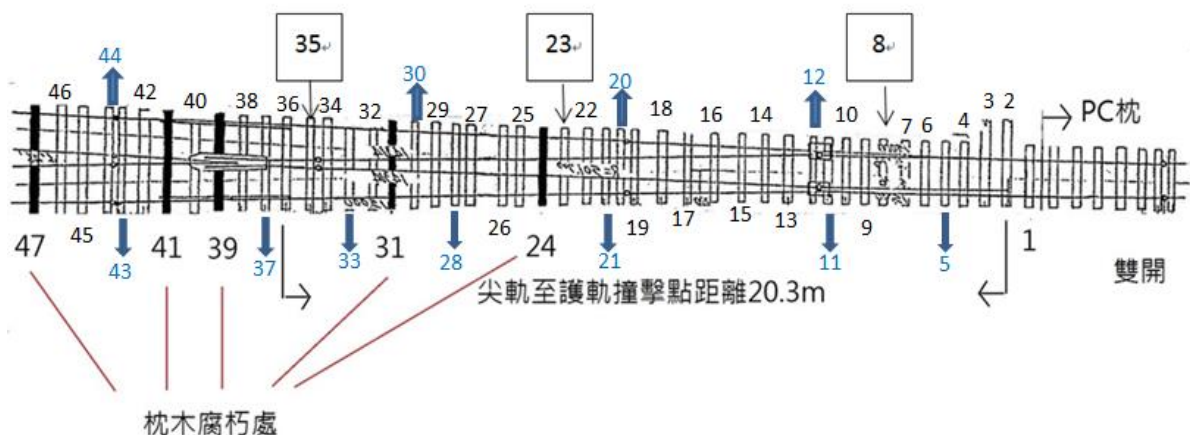


圖 3.2.2-1 事故路段第 18 號道岔資訊

一、行車錄影畫面分析：

經檢視臺鐵局提供案發當日 10 月 24 日 431 車次事故列車行車錄影畫面(詳圖 3.2.2-2)，經目視判斷結果可觀察出部分枕木已有破損之跡象(如黃色框線部分，約可分為 4 大區塊)。

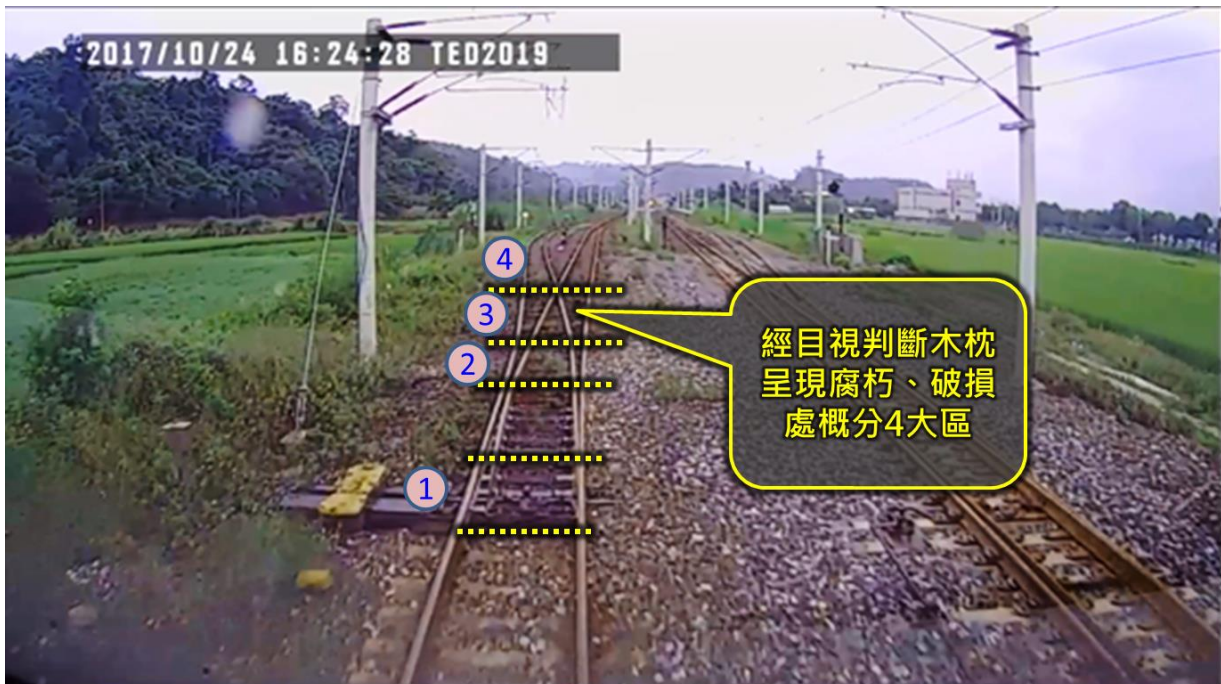


圖 3.2.2-2 事故列車行經第 18 號道岔行車錄影畫面

二、現勘查察結果：

- (一) 除原行車事故報告內容原敘明事故路段當時僅有 5 根枕木有腐朽之情形並已於現勘前抽換完成，嗣經本小組勘察發現現地仍存有部分枕木腐朽或破損，故要求臺鐵局再行全面清查，提報結果發現第 8、23 及 35 號計 3 根枕木亦有發現狀況不佳之情形，此道岔共計 8 根枕木有腐朽之情事。
- (二) 另本小組於 11 月 9 至 10 日赴事故現場查察出軌地點對於第 18 號道岔 47 根枕木拍攝現地軌道狀況，經事後詳加檢視比對現勘照片後，對於事故現場存有木枕腐朽或受損之情形遠較該局提供之資訊為多，另計有第 1、4、7、25、29、30、32、34、44~46 號約計 11 根枕木(詳圖 3.2.2-3 至圖 3.2.2-6)亦有腐朽、損壞之情事。彙整查察結果如圖 3.2.2-7 所示。

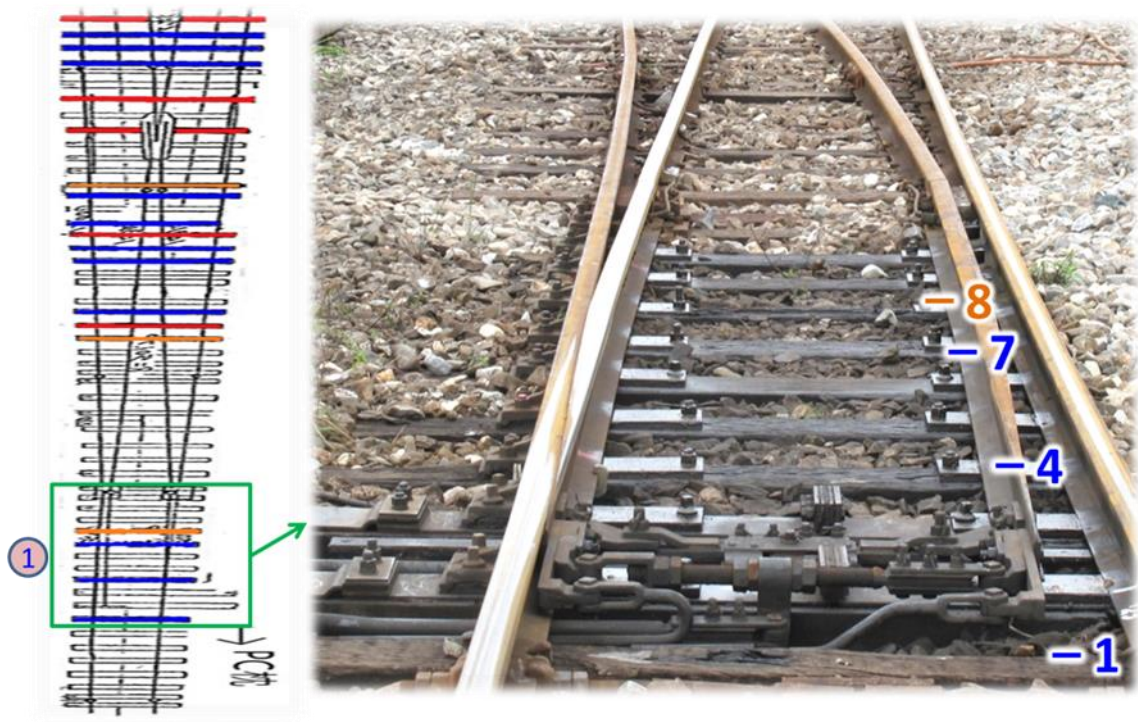


圖 3.2.2-3 第 1 區塊枕木圖

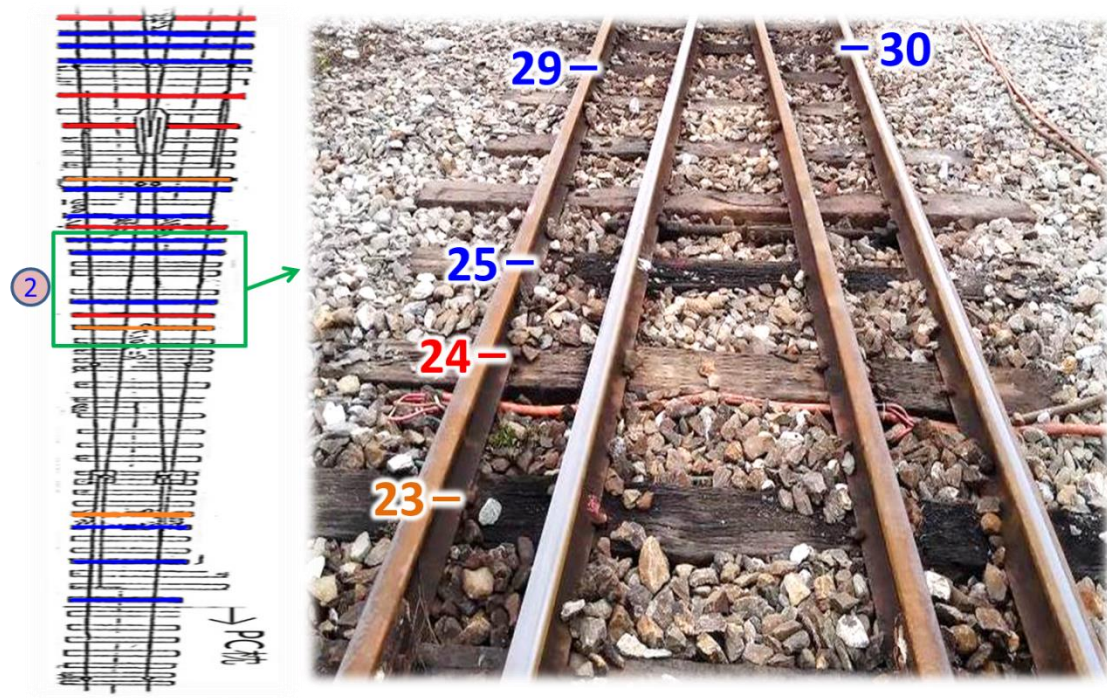


圖 3.2.2-4 第 2 區塊枕木圖

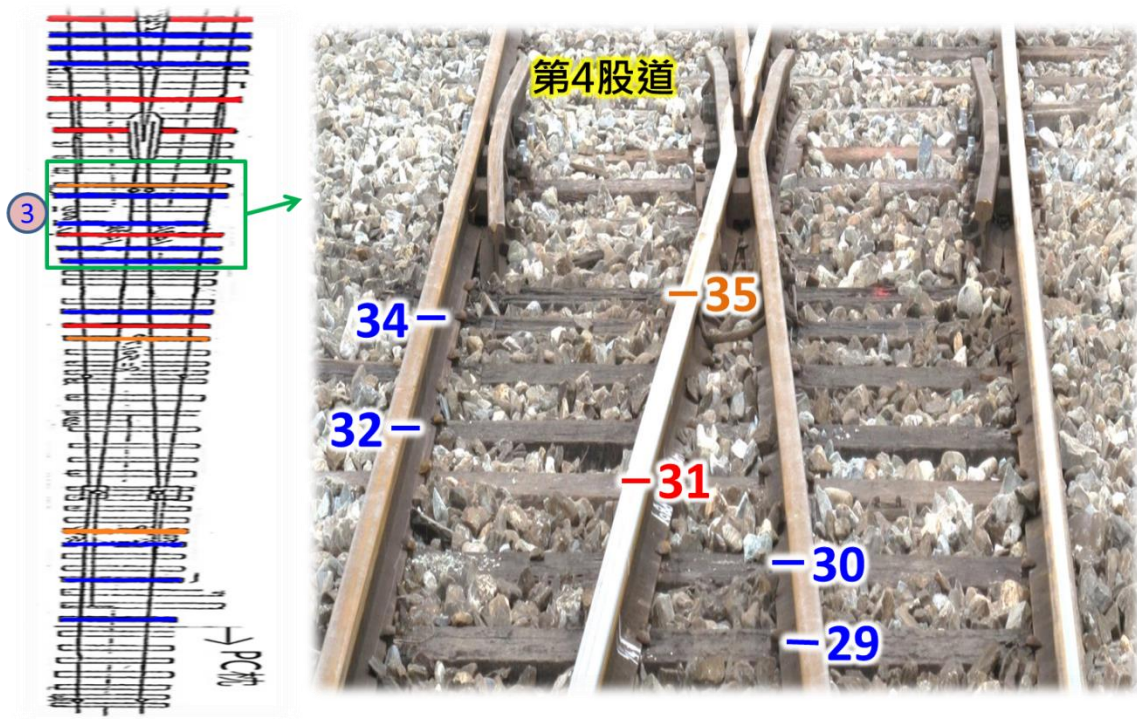


圖 3.2.2-5 第 3 區塊枕木圖

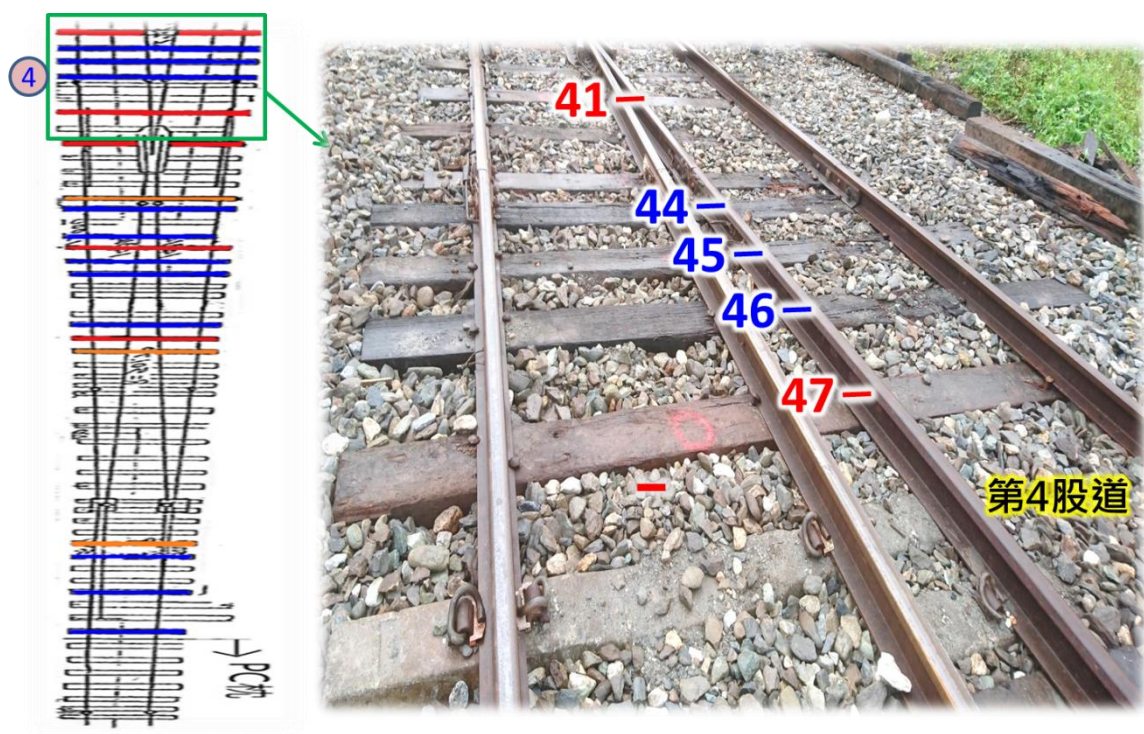


圖 3.2.2-6 第 4 區塊枕木圖

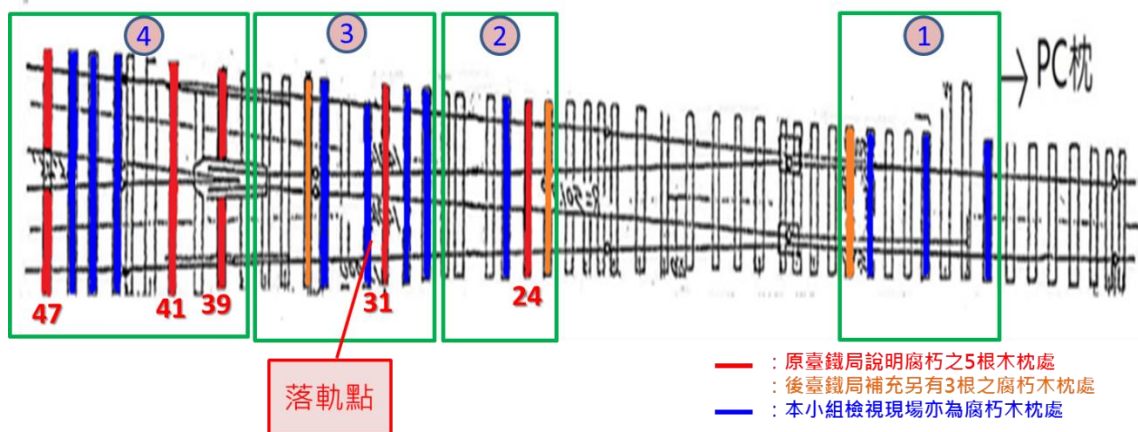


圖 3.2.2-7 第 18 號道岔枕木查察示意圖

三、缺料及調撥問題

- (一) 由於臺鐵枕木使用年限目前均已屆需更新汰換階段，現場工務單位亦於平時路線巡檢過程已反映部分軌道缺失，惟欠缺枕木材料可供替換及存有備品不足之現象，致有部分路線無法即時進行路線修繕及確實養護作業之情事，僅能協調其他段因路線改善或其他原因所退換下來，經評估挑選可用堪用之木枕再延續使用。
- (二) 臺鐵局前於 104 年 9 月間依程序辦理防腐木枕(計 5,815 支)採購作業，惟因 105 年 8 月底進行枕木成品檢驗時，發現該批木枕有 9 成以上含有木(樹)心及木(樹)心邊緣規定不符之採購瑕疵，刻正要求廠商辦理重新換交事宜。至於臺鐵局工務處為調查全線枕木更換需求，經 106 年 11 月底統計全線各段需更換約 7 千支枕木，目前正研議另案辦理枕木採購招標案。

3.2.3 車輛

一、基本資料

(一) 車輛類型：

1. 普悠瑪列車(電聯車 TEMU2000 型)，共 8 輛編組，全車座位共計 372 位；列車營運速度：140Kph。
2. TEMU2000 型普悠瑪列車由日本車輛所製造生產，於 102 年 9 月運抵台灣，目前同型列車共有 19 編組上線營運，其中 12 編組配置台北機務段；7 編組配置花蓮機務段，本次出軌列車屬台北機務段。
3. 列車整體基本尺寸如下所示：

整體尺寸	項目	數值
	八節車廂總長	168,390mm
	駕駛車廂長度	22,095mm
	客車廂長度	20,700mm
	車廂高度(地板至天花板)	2,200mm
	車廂寬度	2,900mm
	兩轉向架中心長度	14,300mm
	軌距	1067mm

(二) 列車編組：

本次事故列車為普悠瑪列車(電聯車 TEMU2000 型)，屬動力分散式，共 8 輛編組，車輛總重 330 噸，滿載旅客座位數計 372 位，約 19 噸，全列車 349 噸，列車編組如下表所示：

車序	1 車	2 車	3 車	4 車	5 車	6 車	7 車	8 車
編號	TED 2019	TEMA 2037	TEP 2019	TEMB 2038	TEMB 2040	TEP 2020	TEMA 2039	TED 2020
車重	40 噸	40 噸	45 噸	40 噸	40 噸	45 噸	40 噸	40 噸
座位數	34	52	48	52	52	48	52	34
造成出軌	X	○	○	○	○	○	X	X

二、保養維修紀錄

(一) 臺鐵 TEMU2000 電聯車定期保養，除依鐵路法子法「鐵路機車車輛檢修規則」辦理外，另依該局所訂定「TEMU2000 型機車檢修程序」、「TEMU2000 型機車定期檢修之各級檢修項目」、「車輛檢修程序」等規章程序。本次事故列車編組近期檢修情形摘述如下：

1. TED2019+TED2020 普悠瑪列車編組一級定期檢修作業

- (1) 106 年 10 月 11 日台北機務段一級檢修動力系統、紃機系統、電氣、儀表、行走、車身、傳動、輔助等系統均正常。
- (2) 106 年 10 月 14 日台北機務段一級檢修動力系統、紃機系統、電氣、儀表、行走、車身、傳動、輔助等系統均正常。
- (3) 106 年 10 月 17 日台北機務段一級檢修動力系統、紃機系統、電氣、儀表、行走、車身、傳動、輔助等系統均正常。
- (4) 106 年 10 月 20 日台北機務段一級檢修動力系統、紃機系統、電氣、儀表、行走、車身、傳動、輔助等系統均正常。
- (5) 106 年 10 月 23 日台北機務段一級檢修動力系統、紃機系統、電氣、儀表、行走、車身、傳動、輔助等系統均正常。

2. 近期 TED2019+TED2020 普悠瑪列車編組二級定期檢修，於 106 年 8 月 16 日執行 2A 保養，包含行走裝置、司軔及操作等均測試正常，並更換 TEMA2039 剎車片 1 片及 TED2020 及 TEP2020 主風泵補油等檢修作業。

(二) 車輪量測記錄

1. TED2019+TED2020 普悠瑪編組列車近期於 106 年 7 月 14 日執行車輪鋸銷作業。
2. 依據 106 年 8 月 16 日臺鐵局 2A 檢修車輪量測資料如下：

列車編組 TED2019+TEMA2037+TEP2019+TEMA2038(單位：mm)

TED 2019	輪徑 L	輪徑 R	輪緣厚度 (517-527)	輪緣厚度 (517-527)	輪緣高度 (25-35)	輪緣高度 (25-35)	輪緣角 大於17°	輪緣角 大於17°
第 1 軸	833	833	524(L)	523(R)	30(L)	30(R)	21(L)	22(R)
第 2 軸	833	833	524(L)	524(R)	30(L)	29.5(R)	21(L)	23(R)
第 3 軸	833	833	524(L)	524.5(R)	30(L)	30.5(R)	22(L)	22(R)
第 4 軸	833	833	524.5(L)	523(R)	30.5(L)	30(R)	23(L)	21(R)
TEMA 2037	輪徑 L	輪徑 R	輪緣厚度 (517-527)	輪緣厚度 (517-527)	輪緣高度 (25-35)	輪緣高度 (25-35)	輪緣角 大於17°	輪緣角 大於17°
第 1 軸	815.5	815	524(L)	524.5(R)	30(L)	30(R)	21(L)	23(R)
第 2 軸	815	815	524(L)	524(R)	30.5(L)	30(R)	23(L)	22(R)
第 3 軸	815	815	524.5(L)	525(R)	30.5(L)	31(R)	22(L)	22(R)
第 4 軸	815	815	524(L)	524(R)	30(L)	30(R)	23(L)	22(R)
TEP 2019	輪徑 L	輪徑 R	輪緣厚度 (517-527)	輪緣厚度 (517-527)	輪緣高度 (25-35)	輪緣高度 (25-35)	輪緣角 大於17°	輪緣角 大於17°
第 1 軸	829	829.5	524(L)	525(R)	30(L)	30(R)	21(L)	23(R)
第 2 軸	829	829	524(L)	524(R)	30.5(L)	30(R)	22(L)	21(R)
第 3 軸	829	829	525(L)	525(R)	30(L)	30.5(R)	22(L)	21(R)
第 4 軸	829	829	524.5(L)	524(R)	30.5(L)	30(R)	22(L)	21(R)
TEMA 2038	輪徑 L	輪徑 R	輪緣厚度 (517-527)	輪緣厚度 (517-527)	輪緣高度 (25-35)	輪緣高度 (25-35)	輪緣角 大於17°	輪緣角 大於17°
第 1 軸	813.5	814	524.5(L)	524(R)	30(L)	30(R)	21(L)	22(R)
第 2 軸	813	813	524.5(L)	524(R)	30(L)	29.5(R)	23(L)	21(R)
第 3 軸	813.5	813.5	524.5(L)	524.5(R)	30(L)	30.5(R)	21(L)	22(R)
第 4 軸	813	813.5	524.5(L)	524.5(R)	30(L)	29.5(R)	23(L)	21(R)

列車編組 TED2020+TEMA2039+TEP2019+TEMA2040(單位：mm)

TED 2020	輪徑 L	輪徑 R	輪緣厚度 (517-527)	輪緣厚度 (517-527)	輪緣高度 (25-35)	輪緣高度 (25-35)	輪緣角 大於17°	輪緣角 大於17°
第 1 軸	825	826	524(L)	524.5(R)	30(L)	31(R)	22(L)	22(R)
第 2 軸	825	826	524.5(L)	524(R)	30.5(L)	30(R)	22(L)	21(R)
第 3 軸	825	826	524(L)	524.5(R)	30(L)	30(R)	22(L)	23(R)
第 4 軸	825	826	524.5(L)	524(R)	31(L)	29.5(R)	22(L)	21(R)
TEMA 2039	輪徑 L	輪徑 R	輪緣厚度 (517-527)	輪緣厚度 (517-527)	輪緣高度 (25-35)	輪緣高度 (25-35)	輪緣角 大於17°	輪緣角 大於17°
第 1 軸	814.5	815	524(L)	524.5(R)	30(L)	30(R)	21(L)	22(R)
第 2 軸	814.5	815	524(L)	524(R)	30.5(L)	30(R)	23(L)	21(R)
第 3 軸	814.5	815	524(L)	525(R)	30.5(L)	30.5(R)	22(L)	21(R)
第 4 軸	814	815	524(L)	524.5(R)	30(L)	30(R)	22(L)	21(R)
TEP 2020	輪徑 L	輪徑 R	輪緣厚度 (517-527)	輪緣厚度 (517-527)	輪緣高度 (25-35)	輪緣高度 (25-35)	輪緣角 大於17°	輪緣角 大於17°
第 1 軸	827.5	827.5	524.5(L)	524.5(R)	29.5(L)	29(R)	22(L)	23(R)
第 2 軸	827	827.5	525(L)	524.5(R)	30(L)	30(R)	21(L)	23(R)
第 3 軸	827	827	524(L)	524.5(R)	29.5(L)	30.5(R)	21(L)	23(R)
第 4 軸	827	827.5	524.5(L)	524.5(R)	30(L)	30(R)	22(L)	22(R)
TEMA 2040	輪徑 L	輪徑 R	輪緣厚度 (517-527)	輪緣厚度 (517-527)	輪緣高度 (25-35)	輪緣高度 (25-35)	輪緣角 大於17°	輪緣角 大於17°
第 1 軸	807	807	524.5(L)	525(R)	31(L)	31(R)	23(L)	22(R)
第 2 軸	807	807.5	524.5(L)	524.5(R)	31(L)	31(R)	23(L)	21(R)
第 3 軸	807	807.5	524.5(L)	524.5(R)	30(L)	30.5(R)	22(L)	21(R)
第 4 軸	807	807.5	524.5(L)	525(R)	30(L)	30(R)	23(L)	22(R)

3. 事發後車輪量測

出軌車輛由臺東機務分段量測紀錄，出軌車輛第 2~6 節車輪尺寸包含車輪內面距離尺寸、輪緣厚度尺寸、輪緣高度尺寸、輪箍厚度尺寸及輪圓角等皆符合檢修規定；另其他車輛 1 車、7 車及 8 車經量測亦符合檢修規定。

三、車輛運用情形

臺鐵局提供出軌列車前一星期運用表，該列車由樹林調車場至台東往返 1 天共 2 班次，使用情形均正常，應用情形如下表：

日期	使用情形說明	備註
10 月 18 日	樹林至台東(406 車次)運用	—
	台東至樹林(431 車次)運用	—
10 月 19 日	樹林至台東(422 車次)運用	—
	台東至樹林(445 車次)運用	—
10 月 20 日	樹林至台東(406 車次)運用	—
	台東至樹林(431 車次)運用	—
10 月 21 日	樹林至台東(422 車次)運用	—
	台東至樹林(445 車次) 運用	台北機務段一級保養
10 月 22 日	樹林至台東(406 車次)運用	—
	台東至樹林(431 車次)運用	—
10 月 23 日	樹林至台東(422 車次)運用	—
	台東至樹林 (445 車次) 運用	台北機務段一級保養
10 月 24 日	樹林至台東(406 車次)運用	—
	台東至樹林(431 車次)運用	三民站出軌

四、現場勘查結果

- (一) 106 年 11 月 9 日及 10 日至出軌事故現場勘查，列車已運回台北機務段待辦理檢修作業，復於 106 年 11 月 27 日再至台北機務段勘查出軌列車，當時該出軌列車已修復完成，受損設備亦已運送至台北機廠(富岡基地)檢修或更換組件。
- (二) 檢視臺鐵局檢修文件紀錄，列車二級檢修車輪量測，不同車廂之輪徑差異 19mm，依臺鐵局提供相關檢修規章規定，同一車軸輪徑不超過 3mm；同一轉向架輪徑不超過 10mm；同一車廂不同轉向架輪徑不超過 15mm，不同車廂可藉由懸吊系統高度調整，無特別規定不同車廂之輪徑差異，經檢視無不符合規定之情形。
- (三) 經初步檢視檢視車輛維修文件紀錄，動力系統、軀機系統、電氣、儀表、行走、車身、傳動、輔助等系統等均屬正常且定期保養符

合規定，且另針對車輪內面距離尺寸、輪緣厚度尺寸、輪緣高度尺寸、輪箍厚度尺寸及輪圓角等皆符合檢修規定。

3.3 人員

一、車輛維修人員

(一) 基本資料

部門	姓名	職稱	年齡	進入臺鐵	進入部門	當日維修工作
台北機務 段檢查股	王○○	工務員	56	75.08.01	99 年之前	日檢：10/2(日)、10/8(日)、 0/14(日)、10/17(日)、 10/20(日)、10/23(日)
	黃○○	助理工務員	37	98.10.26	100	日檢：10/2(日)、10/8(日)、 0/14(日)、10/17(日)
	吳○○	助理工務員	36	104.10.26	104.10.26	日檢：10/2(日)、10/8(日)
	田○○	助理工務員	57	78.10.11	99 年之前	日檢：10/2(夜)、10/4(日)、 10/8(夜)、10/11(夜)、 10/14(夜)、10/17(夜)、 10/20(夜)、
	鄭○○	助理工務員	37	97.07.31	99 年之前	日檢：10/2(夜)、10/4(日)、 10/8(夜)、10/11(夜)、 10/14(夜)、10/17(夜)、 10/20(夜)、10/23(夜)
	黃○○	助理工務員	36	97.07.31	99 年之前	日檢：10/4(夜) 2A：8/16
	王○○	助理工務員	48	89.06.07	102.01.01	日檢：10/4(夜)
	邱○○	技術助理	36	97.07.31	102.01.01	日檢：10/11(日)
	羅○○	整備員	58	70.08.01	99 年之前	日檢：10/23(夜)
	李○○	助理工務員	30	105.11(已 於 106.11.30 離開臺鐵)	105.11	日檢：10/14(日)
	左○○	助理工務員	26	105.11(已 於 106.11.30 離開臺鐵)	105.11	日檢：10/17(日)、 10/20(日)、10/23(日)
	徐○○	工務員	46	86.07.31	99 年之前	日檢：10/20(日)
	蕭○○	工務員	53	89.06.07	102.01.01	日檢：10/23(日)
	蔡○○	助理工務員	37	106.03.30	106.04.24	2A：8/16

(二) 維修人員訓練紀錄

部門	姓名	職稱	受訓班別	受訓日期
台北機務 段檢查股	黃○○	助理工務員	100 年第 1 期車輛維修班 101 年丙種勞工安全衛生業務主管訓練班 101 年乙炔熔接裝置訓練 103 年空調通勤電聯車 296 輛購案(EMU800)一般檢修訓練班	100.04.11-100.06.17 101.06.19-101.06.21 101.07.24-101.07.26 103.02.10-103.02.14
	黃○○	助理工務員	105 年度第 7 屆車輛檢查班	105.08.01-105.10.19
	陳○○	工務員	85 年檢車員班	085.12.02-086.04.07
	陳○○	工務員	95 年檢查員班	095.09.27-093.02.02
	余○○	工務員	95 年檢查員班 96 年第 1 期檢車員班	095.09.27-096.02.02
	廖○○	助理工務員	88 年動力車維修技術班	088.10.11-088.11.10
	徐○○	工務員	88 年動力車維修技術班	088.06.30-088.07.13
	江○○	助理工務員	90 年動力車維修技術班	090.10.29-090.11.29
	陳○○	助理工務員	92 年檢查員班	092.02.10-092.03.28
	王○○	工務員	89 年動力車維修技術班	089.01.24-089.03.01
	王○○	助理工務員	93 年檢查員班	093.08.02-093.09.24
	鄭○○	助理工務員	98 年車輛維修班	098.10.05-098.12.09
	方○○	助理工務員	98 年車輛維修班 100 年車輛車軸非破壞檢測班	098.10.05-098.12.09 100.03.1-100.03.11
	李○○	助理工務員	98 年車輛維修班	098.10.05-098.12.09
	邱○○	技術助理	98 年車輛維修班 105 年度第 7 屆車輛檢查班	098.10.05-098.12.09 105.08.01-105.10.19
	劉○○	技術員	94 年動力車維修技術班 95 年第 1 期動力車檢查員班	094.04-094.06 095.05.15-095.09.20
	劉○○	助理工務員	98 年第 1 期車輛檢查班	097.11.17-098.02.20
	廖○○	助理工務員	102 年第 5 期車輛維修班	102.04.08-102.06.14
	杜○○	助理工務員	102 年第 5 期車輛維修班	102.04.08-102.06.14
	王○○	助理工務員	93 年檢查員班、 96 年第 2 期 採購人員專業訓練班 95 年第 2 期丙種勞工安全衛生業務主管訓練	—
	陳○○	助理工務員	95 年檢查員班 100 年第四期丙種勞安衛業務主管班	—
	彭○○	助理工務員	97 年丙種勞安衛業務主管班	—

余○○	助理工務員	95 年檢查員班 96 年第 1 期檢車員班	—
陳○○	工務員	98 年第 2 期丙種勞工安全 衛生業務主管訓練班 85 年檢車員班	—
吳○○	助理工務員	105 年度第 6 期車輛檢查班	105.03.21-105.04.29 105.05.03-105.06.04
鄭○○	助理工務員	QCC 講習	100.03.01-100.03.04
羅○○	整備員	103 年空調通勤電聯車 296 購案一般檢修訓練 103 年第一期車輛檢查進階 班	103.03.11-103.03.14 103.06.09-106.06.11
徐○○	工務員	88 年動力車維修技術班 105 年度 15 屆全路 GE 電力 機車聯合檢查競賽移地訓 練	105.11.01-105.11.04
蕭○○	工務員	103 年度車輛檢查班	103.04.21-103.06.18
李○○	助理工務員	106 年第 9 期車輛檢查班(已 於 106.11.30 離開臺鐵)	106.09.18-106.11.03
左○○	助理工務員	106 年第 9 期車輛檢查班(已 於 106.11.30 離開臺鐵)	106.09.18-106.11.03
黃○○	技術助理	106 年第 9 期車輛檢查班	106.09.18-106.11.03
陳○○	技術助理	106 年第 9 期車輛檢查班	106.09.18-106.11.03
林○○	技術助理	106 年第 9 期車輛檢查班	106.09.18-106.11.03
郭○○	技術助理	106 年第 9 期車輛檢查班	106.09.18-106.11.03
施○○	技術助理	106 年第 9 期車輛檢查班	106.09.18-106.11.03

二、駕駛及相關人員

(一) 第 431 次司機員資料如下：

姓名	張○○	職稱	司機員
單位	花蓮機務段	年齡	41 歲
進入臺鐵日期	97 年 6 月		
合格駕駛日期	100 年 2 月		
近期檢查結果	105 年技能檢查：學、術科均合格 106 年體格檢查：合格		
勤前檢測結果	酒精檢測：無異常 血壓檢測：129/78 mmHg		

(二) 第 431 次列車長資料如下：

姓名	吳○○	職稱	列車長
單位	花蓮機務段	年齡	27 歲
進入臺鐵日期	104 年 10 月		
合格日期	105 年 8 月擔任列車長		

三、通話及訪談紀錄

經摘要整理 11 月 8 日於臺鐵局行保會會議室對司機員張○○之訪談紀錄，重要內容如下：

項次	發話人	訪談內容
《以下為訪談紀錄》		
1	行保會調查員	問：在過去駕駛經驗中，是否曾駕駛列車進入三民站第 4 股道交會或待避？記憶中有幾次？
	431 次司機員	答：有；很少。
2	行保會調查員	問：上一次進入三民站第 4 股道，大約是什麼時候？有沒有察覺列車特別搖晃？
	431 次司機員	答：沒印象了。
3	行保會調查員	問：當天 431 次三民站上行進站號誌機是顯示什麼號誌？
	431 次司機員	答：緩速。
4	行保會調查員	問：當時車速不是很高，有沒有注意到進路路線狀況？
	431 次司機員	答：看的時候沒有異常。

3.4 運轉

一、車速及速限

現場速限 45km/hr，事發時車速 37km/hr，司機員發現異狀立即煞車。

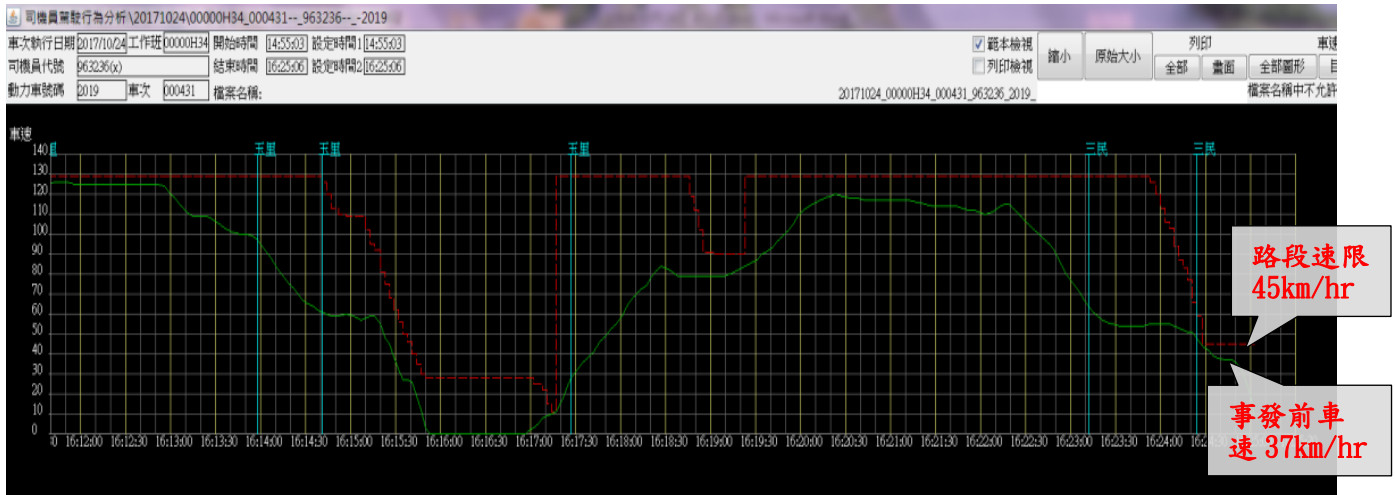


圖 3.4-1 第 431 車次 ATP 車載紀錄顯示圖

二、行車運轉調度

(一) 行車業務調整

1. 配合臺鐵局號誌雙重化設備提升及因應行車業務調配需要，於 106 年 9 月 16 日起試辦部分車站不派值班站長辦理行車業務，試辦期間其行車方式比照乙種簡易站，原三民站係三等站配合試辦調整為不派值班站長之乙種簡易站，其管理站為玉里站。
2. 查臺鐵局對於不派值班站長之車站，依行車特定事項規定下列注意事項：
 - (1) 指定試辦車站之「就地控制軌道照明盤」尚未移設，其行車均由調度員控制，無法改就地控制；如需扳轉轉轍器時，均由調度員指令乘務員辦理。
 - (2) 旅客列車之出發號訊均改由車長辦理(含號誌故障時)，其他列車俟出發號誌機顯示進行號誌時即可開車。
 - (3) 原三等站(含三民站下行)設有控制 3 甲平交道出發號誌機，列車到、開時，其出發號誌機比照行車特定事項第 122 條有關甲種簡易站列車到、規定辦理。

(二) 交會地點變更

1. 於 106 年 9 月 6 日時刻表改點前，原舞鶴號誌站(未派行車人員之號誌站)係主要負責瑞穗至玉里區間之列車避讓和交會地點，而三民站輔以每日僅辦理 1 次三交會，其中停靠第 4 股道為表定每週 4 次，8 月 1 日至 8 月 31 日計行駛 16 次；9 月 6 日改點後，調整增加為每日 2 次三交會，適逢週六增 1 車次，變每日 3 次三交會，其中停靠第 4 股道情形，變成表定每日 2 次，9 月 6 日至 10 月 6 日計行駛 51 次，使用頻率明顯增加。

9 月 6 日時刻表改點前			
星期	週一至週五	週六	週日
車次	5421 次(普悠瑪) 4628 次(區間車) 316 次(柴聯自強)	421 次(PP 自強) 4628 次(區間車) 316 次(柴聯自強)	419 次(PP 自強) 4628 次(區間車) 316 次(柴聯自強)
9 月 6 日時刻表改點後			
星期	週一至週五	週六	週日
車次	431 次(普悠瑪) 4637 次(區間車) 316 次(柴聯自強)	431 次(普悠瑪) 4637 次(區間車) 316 次(柴聯自強)	431 次(普悠瑪) 4637 次(區間車) 316 次(柴聯自強)
	1 次(莒光) 642 次(莒光) 426 次(太魯閣)	1 次(莒光) 642 次(莒光) 426 次(太魯閣)	1 次(莒光) 642 次(莒光) 426 次(太魯閣)
	—	72 次(莒光) 4621 次(區間車) 408 次(太魯閣)	—

2. 另有關東部幹線由舞鶴號誌站更改至三民站進行交會待避一事，經現勘過程洽臺鐵局工務單位養護人員瞭解，事故前並未接到任何電報及相關會勘通知，因此不知三民站會有三交會狀況，且該線路為側線，巡檢未如同正線密集。
3. 運用三民站進行主要列車待避之地點，因應新改點後使用頻率明顯增加，卻事前未對軌道路線、鋼軌斷面、道床穩定及道釘固結鋼軌之狀況進行相關檢查與評估，即辦理行車運轉交會。(臺鐵雖曾因自強隧道改線辦理聯合檢查，惟卻因三民站非屬工程範圍而未納入檢查)。

肆、原因分析

由於本案可能導致出軌原因涉及軌道線形、枕木與道釘拉拔力及鋼軌結構等複合性因素，爰本小組委請國立成功大學土木軌道工程實驗室郭振銘教授研究團隊(下稱成大軌道工程研究室)協助，進一步透過科學數據及量化分析進行軌道力學研究分析，說明如下(完整研究報告詳如附件)：

一、特殊彎道線形影響

(一) 分析說明

1. 透過 SIMPACK 軟體進行列車模擬分析，依據三民站軌道配置狀況下如圖 4-1，假設狀況與實際差異如下表 4-1 所示，進行驗證。

表 4-1 參數設定差異表

項目	假設條件	實際狀況
車輛	單一車廂客車	普悠瑪 8 節列車
軌距	1435mm	1067mm
軌重	鋼軌 UIC60	37 公斤鋼軌
坡度	無坡度	1.3‰
路面	軌道平坦	軌道不整
環境	無道渣	有道渣

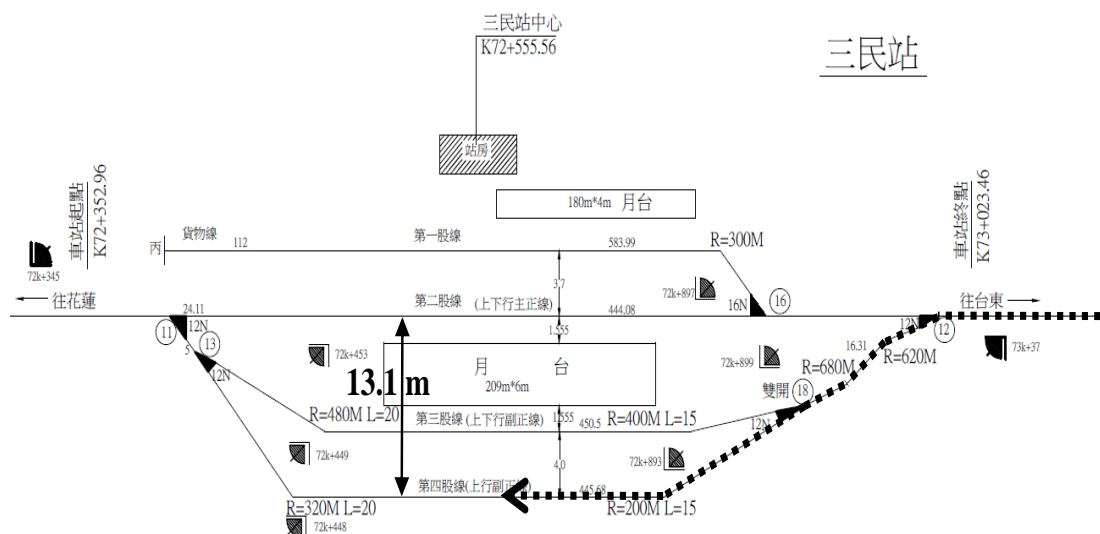


圖 4-1 三民站軌道配置圖

(二) 分析結果

1. 假設在軌距正常狀況下，模擬車輛以不同車速通過兩組道岔組成的彎道，發現當車速達到 54km/hr 即於事故現場 2 號與 3 號車廂中間附近發生脫軌(詳圖 4-2)。據此分析結果表示該道岔區速限訂為 45km/hr 確為合理且必要。

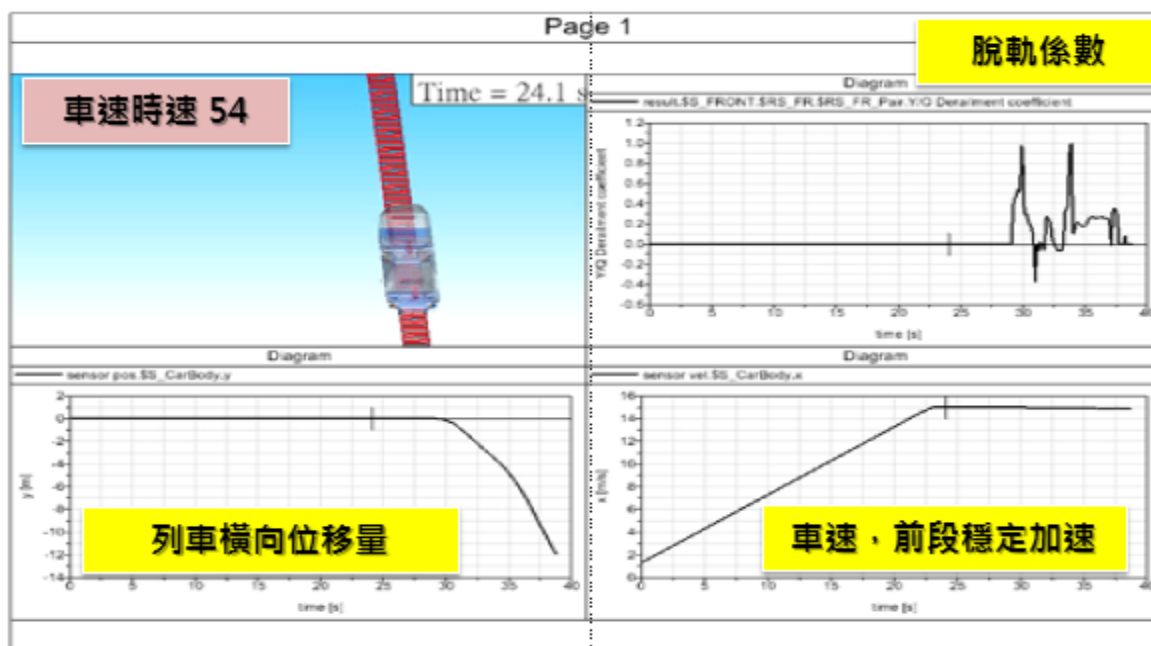


圖 4-2 模擬出軌示意圖

2. 根據列車 ATP 紀錄實際發生脫軌時車速僅 37km/hr，顯然有線形以外的影響導致脫軌。由於該路段發現部分木枕腐爛，道釘抗拉拔力可能因而下降，列車通過時造成鋼軌外翻、軌距擴大等現象。因此必須進一步分析軌距擴大之脫軌速度。
3. 透過幾何計算(詳圖 4-3)可獲得 37 公斤鋼軌斷面鋼軌翻轉角度與軌距擴大量之關係，如圖 4-4。假設以事故發生之 37km/hr 車速行經不同鋼軌外翻角度之路線，發現當軌距擴大量為 80 mm 即發生車輛脫軌；惟實際軌距擴大量包括彎道加寬量、列車橫壓等因素之影響。

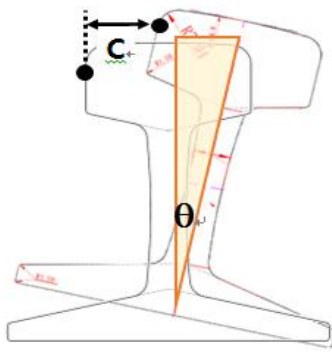


圖 4-3 37 公斤鋼軌翻轉角度與軌距擴大示意圖

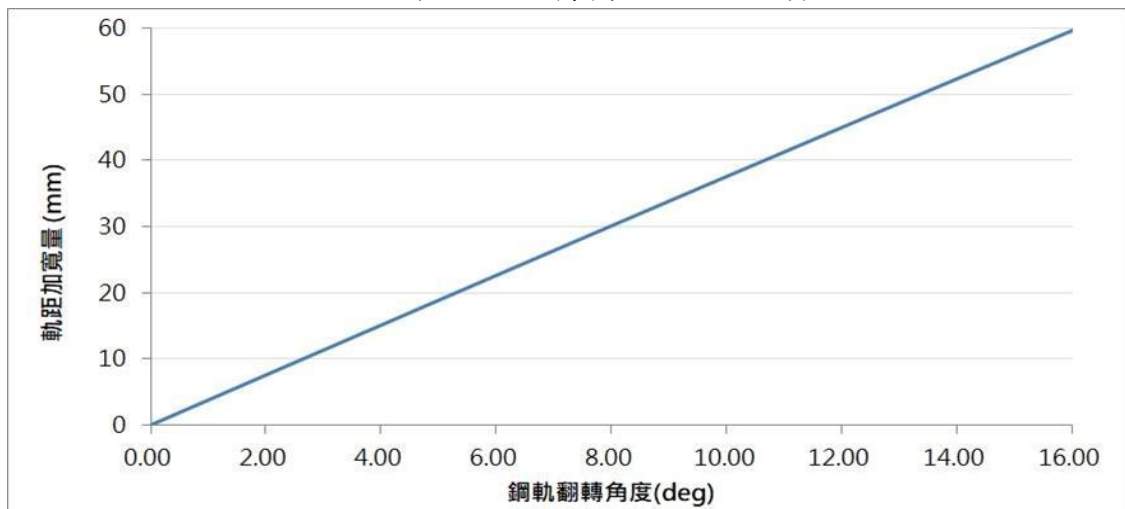


圖 4-4 37 公斤鋼軌翻轉角度與軌距擴大量關係圖

(三) 路線改善成效評估

1. 臺鐵局於事故後除已將木枕抽換為新鋪 PC 岔枕，並改善 18 號道岔分歧銜接雙開道岔進入第四股道形成反向曲線，改善後線形如圖 4-5 所示，線形輸入條件如圖 4-6。

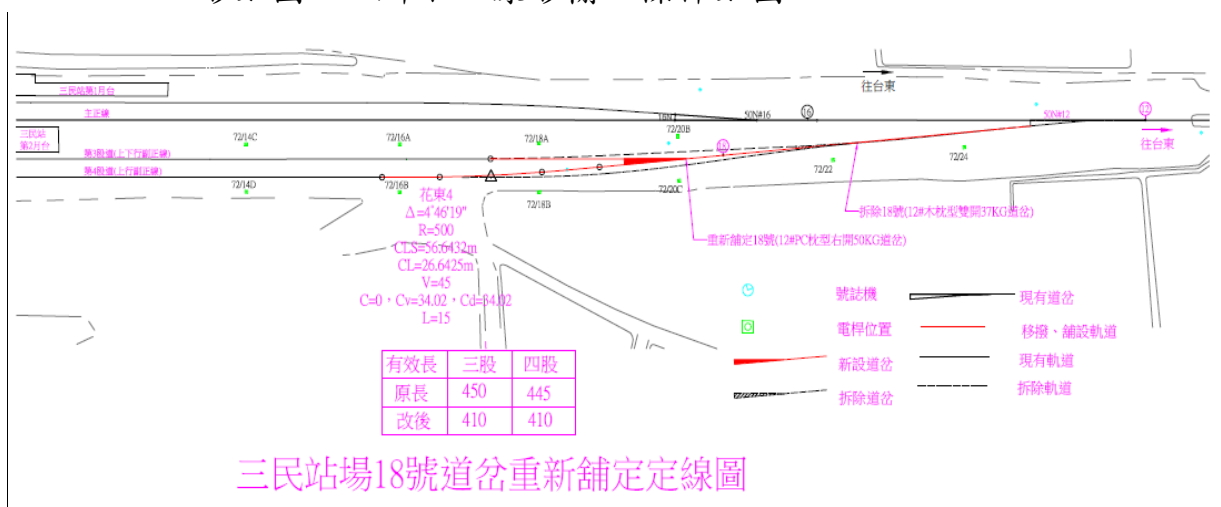


圖 4-5 臺鐵三民站場 18 號道岔重新鋪設定線圖

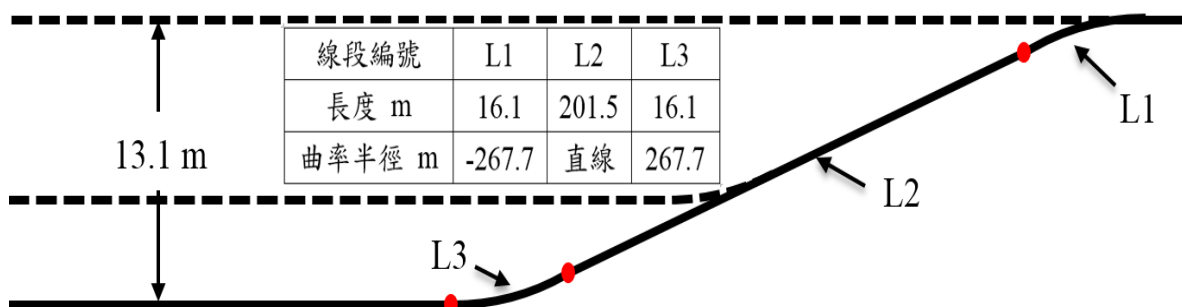


圖 4-6 重新鋪定路線車輛運動分析輸入參數

- 分析結果顯示，軌距固定及無任何軌道不整之條件下，當車速達 59.4km/hr 時發生出軌。另當事故發生時車速 37km/hr，擴大軌距直至 82mm 亦發生出軌。
- 比較改善前後之脫軌車速與軌距擴大量(詳表 4-2)，顯示銜接單開道岔降低路線方向的複雜度，車輛過彎運動穩定性提高，脫軌車速提升 10% 至 59.4km/hr。容許軌距擴大量也增加約 4%。此即表示在良好線形下可允許列車通過行駛之速度較高。

表 4-2 線形改善前後比較表

狀態	出軌車速(當軌距正常時)	軌距擴大上限
改善前	54.0 kph	79 mm
改善後	59.4 kph	82 mm

二、道釘拉拔強度影響

(一) 分析說明

- 根據 431 車次列車 ATP 紀錄實際發生脫軌時車速僅 37km/hr，續依前節模擬結果，顯然有線形以外的影響導致脫軌。採用結構分析軟體 STAAD.Pro 建立鋼軌與軌枕組成之軌框模型進一步分析。
- 依據事故現場每隔 1 公尺進行量測，計 30 處量測值，其現場量測軌距分布於 1057mm(-10mm)~1115mm(+48)，詳表 4-3，以此 30 個軌距量測值排序取四分位數如表 4-4，其中現地最大彎道軌距加寬量為 48mm；75 百分位加寬量為 37.5mm；實際軌距擴大量=彎道加寬+橫壓影響。若以最大彎道軌距加寬量 48mm 計算，若車軌橫壓造成之軌距擴大量達到 80-48=32mm 此一臨界

值，根據 SIMPACK 分析即發生脫軌現象。

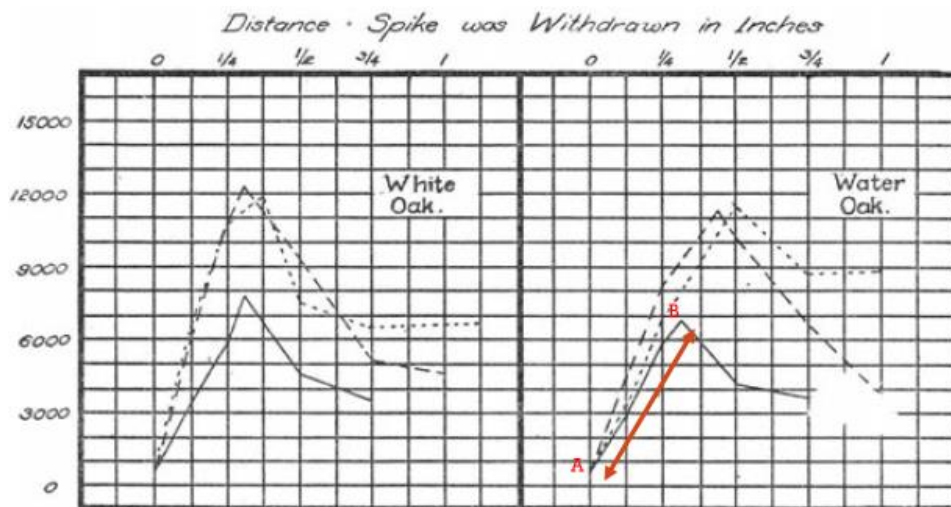
表 4-3 事故現場軌距量測表

測點	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
軌距	1091	1085	1086	1085	1083	1081	1083	1081	1082	1085
測點	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
軌距	1085	1093	1097	1105	1112	1115	1114	1114	1115	1115
測點	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
軌距	1114	1097	1103	1067	1057	1062	1065	1063	1058	1058

表 4-4 軌距加寬資料四分位數統計表

四分位數	軌距	軌距加寬
最小	1057	-10
25%	1081	14
50%	1085	18
75%	1104.5	37.5
最大	1115	48

- 根據臺鐵提供現場量測數據顯示木枕間距大約在 400mm 上下，模型軌枕間距為 40mm。軌枕節點另以垂向、縱向、及側向彈簧，模擬道碴提供之束制與承載力。
- 由於國內尚無道釘拉拔試驗數據，參考美國伊利諾大學於不同木枕的道釘拉拔力試驗結果。以最接近臺鐵木枕樹種 Jarrah 楊氏係數和密度的 Water Oak 作為模擬道釘旋轉彈簧參數(圖 4-7)。



註：橫軸為道釘位移單位 in.，縱軸為施加的力量單位 lbf

圖 4-7 道釘於 Water Oak 樹種拉拔關係圖

(二) 分析結果

1. 軌距擴大量主要受(a)橫壓大小、(b)道釘強度兩項因素影響。圖 4-8 顯示，橫壓力與軌距擴大量呈線性關係。假設在 37kg 鋼軌、道釘全部完好條件下，即使橫壓力達到脫軌係數等於 1 的極端狀況，軌距擴大量僅達 8.2mm。

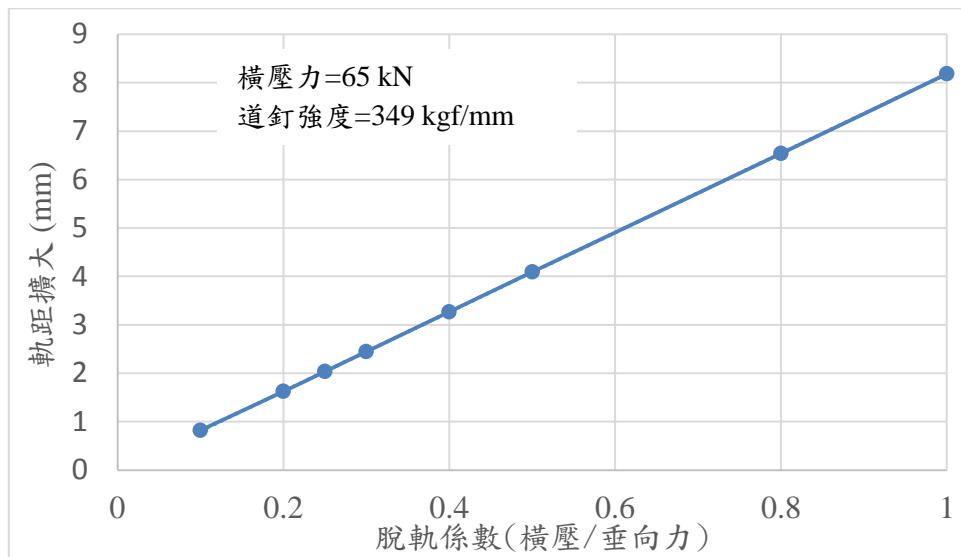


圖 4-8 橫壓力與軌距擴大量之關係

2. 研究木枕腐朽程度造成道釘不同程度的鬆脫，對軌距擴大量的影響，區分為四個等級強度。完好 (349kgf/mm)、50%200kgf/mm)、25%(100kgf/mm)、及嚴重腐朽鬆脫 (20kgf/mm)。木枕腐朽數量範圍則區分為兩類，全部腐朽及轉向架軸距間 7 根枕木腐朽，模擬結果詳圖 4-9。
3. 全部枕木全部嚴重腐朽的情況，65kN 橫壓力將導致軌距擴大量遠超過本分析案例之脫軌臨界線 32mm，表示一定出軌。若全部枕木均已老化道釘強度僅剩 25%，且其中連續 7 根枕木嚴重腐朽，軌距擴大量亦高達 30mm，達到瀕臨脫軌的嚴重狀態，另軌枕老化道釘抗拉拔力降低 50%，且其中有連續 7 根枕木腐朽之情況，軌距擴大量亦高達 25mm 呈現瀕臨脫軌，倘又因連日降雨造成路基鬆軟或有軌道不整之狀況等因素，將提高列車出軌之機率。

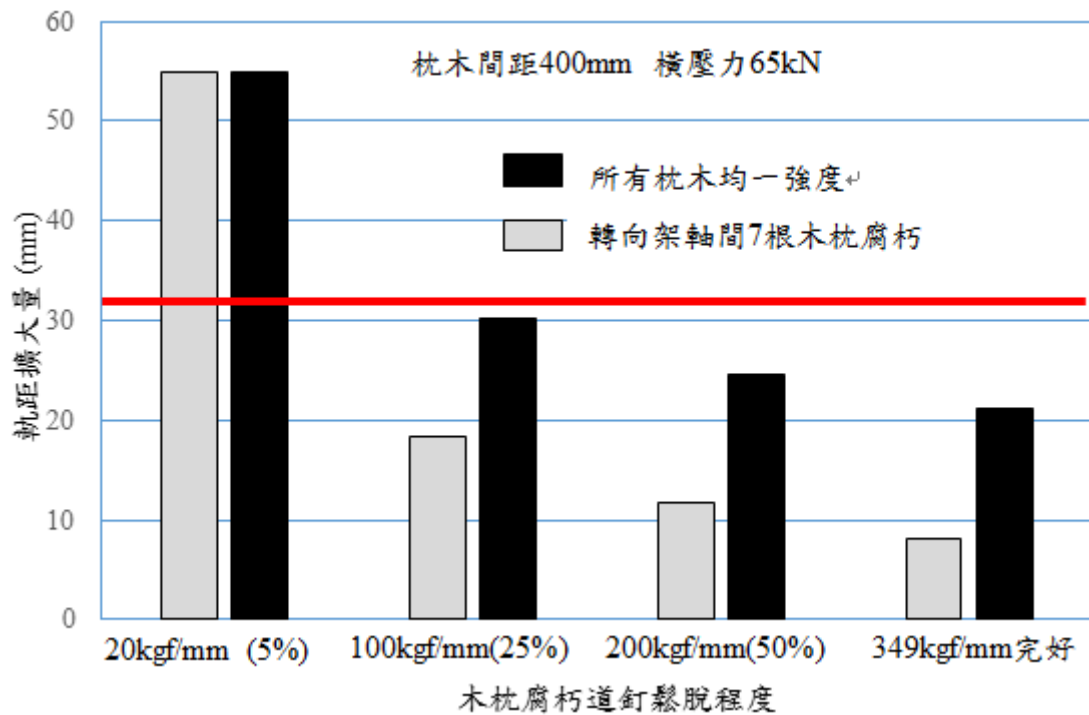


圖 4-9 枕木腐朽程度與範圍對軌距擴大量之影響

- 由上可知，木枕腐朽道釘抗拉拔強度下降，遭遇較大之橫壓力，造成的軌距擴大量足以超過脫軌臨界軌距，因此對於列車行經特殊彎道線形加上木枕腐朽確實可能造成車輛正常車速下脫軌；另倘列車轉向架軸距間有連續枕木腐朽之情事，將加倍軌距擴大量，大幅提高脫軌風險。

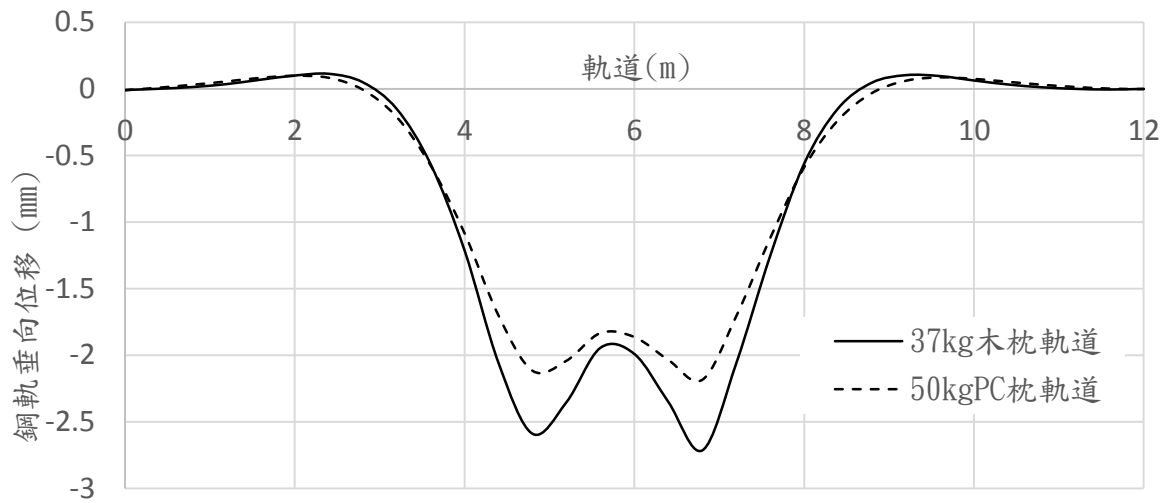


圖 4-11 鋼軌垂向位移比較

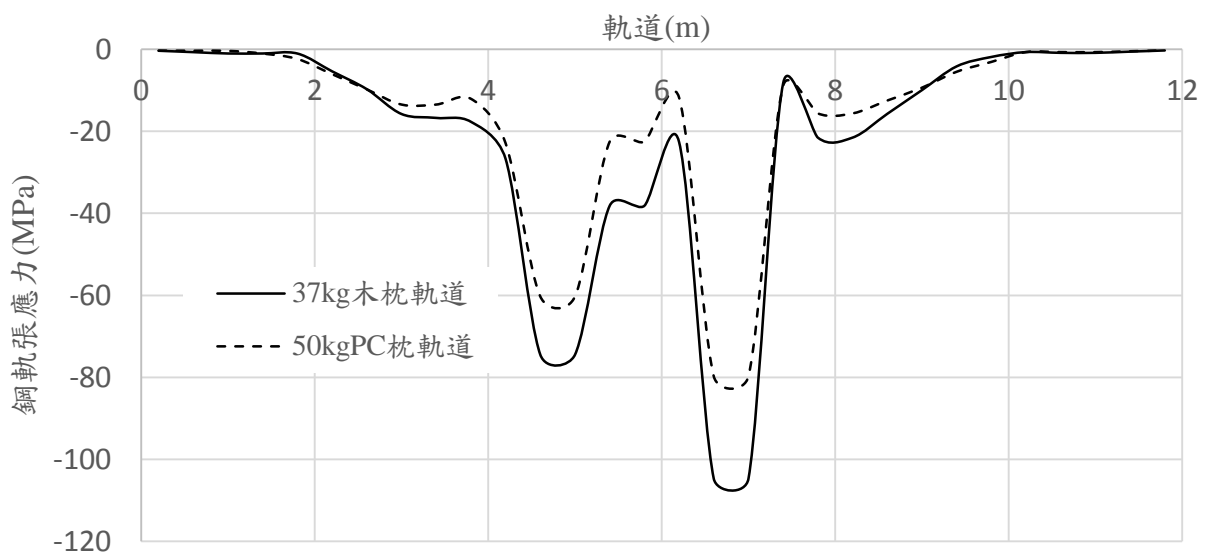


圖 4-12 鋼軌張應力比較

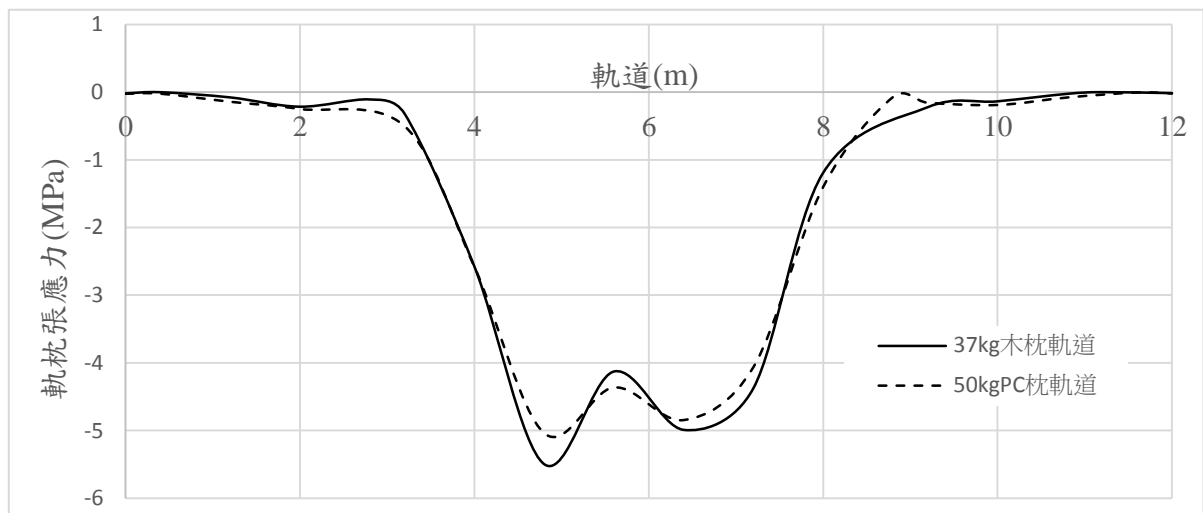


圖 4-13 軌枕張應力比較

(二) 分析結果

1. 為了確保行車安全與軌道結構穩定，經查歐盟及國外文獻資料針對鋼軌最大位移及各構件承受之最大應力訂定限制，比較結果如表 4-6。

表 4-6 不同軌道結構分析結果比較

項目	37kg 木枕	50N PC枕	規範限制	參考資料
鋼軌垂向最大 位移(mm)	2.71	2.18	約6mm	Hay, William W., <i>Railroad Engineering</i> , John Wiley & Sons, 1982
鋼軌最大應力 (MPa)	105	80	174MPa	Hay, William W., <i>Railroad Engineering</i> , John Wiley & Sons, 1982
軌枕最大應力 (MPa)	5.5	5.1	45-120 MPa	David W. Green, Jerrold E. Winandy, and David E., Kretschmann, <i>Mechanical Properties of Wood</i> ,

2. 50N PC 枕軌道結構鋼軌位移、應力、及軌枕應力，全部低於 37 公斤木枕軌道之反應，可見強化軌框結構確實能減低破壞，降低養護需求；另 37 公斤木枕軌道之鋼軌位移、應力、及軌枕應力，仍遠低於規範限制，如符合規範限制下，落實妥善維護之保修，可確保無行車安全之疑慮。

四、小結

- (一) 按成大軌道工程研究室模擬事故現場列車通過軌道線形分析結果，假設在軌距正常狀況下當列車車速達到 54km/hr 會發生出軌現象，表示現場速限訂為 45km/hr 實為合理且有其必要，再經比對本案事故列車 ATP 紀錄實際發生出軌時車速僅 37km/hr，顯然有線形以外的影響導致脫軌。
- (二) 透過不同枕木腐朽程度造成道釘不同程度的鬆脫分析結果，當枕木腐朽道釘抗拉拔強度下降，遭遇較大之橫壓力使軌距擴大量足以超過脫軌臨界軌距，另倘發生於轉向架軸距間之連續枕木腐朽，更加倍軌距擴大量，大幅提高脫軌風險。由於本案現場存有部分枕木呈現嚴重腐朽狀態，道釘與軌道鬆動浮起，扣夾力明顯不足之情事，可間接證實當列車行經特殊彎道線形加上木枕腐朽

致道釘拉拔力不足確實可能造成車輛正常車速下脫軌。

- (三) 至於 50N PC 枕軌道結構不論鋼軌位移、應力，相較於 37 公斤木枕軌道，確實可減低外力破壞量與養護量，不過 37 公斤木枕軌道之位移量與應力，如符合規範限制下，落實妥善維護之保修，可確保無行車安全之疑慮。

4.1 直接原因

由於本案現場存有部分枕木呈現嚴重腐朽狀態、道釘與軌道鬆動浮起、扣夾力明顯不足等情事，可推判當列車行經特殊彎道線形加上木枕腐朽致道釘拉拔力不足確有可能造成車輛於正常車速行駛下發生出軌。

4.2 間接原因

本案發生列車出軌之情事並非如臺鐵局所述僅為現場枕木腐朽之單一因素所致，其亦涉及巡檢及維修保養機制、行車調度、軌道線形及路線材料等複合性因素，分析說明如下：

一、枕木抽換判斷標準未明訂

臺鐵局雖訂有抽換枕木標準作業程序，惟對於枕木腐朽或損壞之判斷方式，僅憑現場作業人員之主觀經驗予以評估，對於枕木狀況缺乏一致性衡量標準，亦對於行車路線產生潛在之風險。

二、軌道檢查標準不健全

軌道檢查未依路線種類加強週期與方式：按部頒軌道檢查養護規範，正線採甲種檢查(每季一次軌道檢查車檢查及每年一次精密檢查)，側線採乙種檢查(每年二次人力目視檢查)。查本案出軌之第 4 股道最早設計為側線，後來於 91 年調整為副正線，並在 106 年 9 月 6 日起增加列車交會待避運轉頻率，惟其檢查方式並未隨之由乙種提升為甲種。

三、運轉模式調整前欠缺完善評估

因應 106 年 9 月 6 日營運班表改點後，配合舞鶴號誌站裁撤後大幅調整列車至三民站進行交會待避，並增加行駛過去使用頻率較少之第 4 股道，其使用頻率明顯增加，卻事前未對軌道路線、鋼軌斷面、道床穩定及道釘固結鋼軌之狀況進行相關檢查與評估，即辦理行車運轉交會，具有高風險之不確定性。

四、未能落實執行標準作業程序

無論是軌道養護或車輛檢修之規章程序，均存有規範不足及未具體落實之現象，尤其對於非常態性之設備(如腐朽枕木)或運轉模式(如路線啟用)所可能發生之潛在危害缺乏警覺性，未能及早制定相關規定予以防範。

五、線形條件易致列車晃動

18 號道岔係由主正線分歧側進入第 4 股道，當第 1 車（車頭）入岔後曲線段時，第 4 車以後仍在岔前曲線段，而前後兩曲線呈現反向曲線，使道岔前後端為曲線，易造成列車搖晃加遽。

六、枕木物料未妥善調度

由於臺鐵路線長度約 1,100 公里，經年累月使用下，對於枕木使用年限已屆需更新汰換階段，惟其長期存有材料備品不足之問題，亦未建立物料整合機制，對於各轄段配給及資源運用調度，無法能有效予以掌控，且近期對於木枕採購作業無法完成交貨作業，雖已要求廠商辦理換料，但未能妥善調度及時提供現場作業需求。

七、維修管理資訊不足

對於臺鐵軌道、車輛、場站各項物料或零組件之資源運用，仍處於倚靠人力或紙本資料進行矯正性維修作業，仍尚未建立一套完整性電腦化管理制度，來控管各項機電及軌道系統之維修作業，建議應逐步導入維修管理資訊系統(MMIS)以預防性定期汰換零組件，以減少設備故障之情事發生，達成降低營運維修成本並提升效率之目標。

八、現場人力經驗不足

近年在花東、屏潮電氣化工程陸續完成後，軌道養護工作逐漸增加，但偏遠或東部地區長期存有人才流失、不易留任之情形，此亦將連帶影響經驗累積及傳承，在現場經驗不足人力比例持續增加結果，欠缺實務經驗傳承易養成未按規定之不良工作習慣，致有發生人為疏失之可能。

九、整體安全意識待加強

經檢視現場人員亦少部分有未落實標準作業程序之現象，整體安全意識仍待加強，基於健全安全管理原則，推廣完善安全作法及主動稽核安全文化，需加強建立管理階層及所有員工之安全責任，包括責任範疇、責任制度及相關授權等。

4.3 其他因素

一、環境部分

依據中央氣象局鳳林測站資料，10/24 降水量為 0mm，另查 10/12 至 10/14 連續 3 日降水量為 203mm~357mm(達豪雨等級)，其餘日均為零星降雨，所以歸咎於受 10 天前連 3 天豪雨因素造成出軌路段呈現枕木腐朽之情形，調查結果直接關連性低。

二、車輛部分

本案普悠瑪電聯車 TEMU2000 型事故列車編組，依據發生事故地點速限 45km/hr，事發時車速 37km/hr，本次出軌列車其運轉速度低於啟動傾斜功能之速度設計值(60 Km/Hr)，表示車速於 60 公里以下並無傾斜機制與一般列車相同，且經查證相關檢修紀錄及車輪量測紀錄等均依臺鐵局相關檢修規章及檢修規定辦理並未超限，檢查結果均為正常；然該列車車齡約使用近 4 年屬新型列車，列車應用每日 2 班次均正常，調查結果認為因車輛因素致列車出軌，直接關連性低。

三、人為部分

經查本案列車司機員擁有合格駕照，且過去曾有駕駛進入三民站第 4 股道之經驗，對於個人勤前酒精檢測、體格檢查、各項訓練及技能檢定均無異常且事故路段速限 45km/hr，事發車速 37km/hr，司機員發現異狀立即煞車，無特殊異常之情事，爰此，調查結果可排除人員疏失所致之因素。

四、其他部分

(一) 本案出軌事故軌道因素，在缺乏科學數據與力學研究之佐證下，

有關花東鐵路電氣化後行車速度提升及傾斜式列車引進後，對於軌道線形、路線結構之衝擊與影響，與是否增高列車出軌機率，尚無法直接認定。

- (二) 於事發車速 37km/hr(現地速限 45km/hr)運轉速度低於啟動傾斜功能之速度設計值(60km/hr)，對於出軌肇因受傾斜式列車與軌道介面之影響，在未獲科學數據及研究分析之佐證下，同樣無法證明兩者有直接關係。
- (三) 東部轄段距離較長，長期存有人才流失、不易留任之情形，近年在花東、屏潮電氣化工程陸續完成後，軌道養護工作逐漸增加，易造成巡檢人力不足，未落實巡檢作業之情事，連帶影響路線維護品質。

伍、事故預防措施與建議

本事故調查團隊根據前述事實發現及原因分析，提出 5 項預防事故再發生應採取措施及 9 項建議事項，作為本部後續監督鐵路機構檢討改進之參處，其中：

- (一) 預防事故再發生應採取措施：指與事故原因有直接關聯之檢討改進事項。
- (二) 建議事項：指與事故原因無直接關聯，但有助於提升行車安全之檢討改進事項。

5.1 預防事故再發生應採取措施

- 一、對於東部幹線枕木腐朽及狀況不佳之地點，應依風險等級進行區分，並配合完成抽換改善作業；在完成改善前，應採取必要安全處置及訂定防護機制。
- 二、應參酌三民站因配合整體行車調度，增加站內股道使用頻率及變更用途之案例，建立路線等級提升之事前檢討機制，並配合調整路線養護頻率及巡檢方式；另請全面檢視各車站有無類似路線等級提升，卻未配合強化養護之情事並作必要改善。
- 三、應針對存有正線線形不佳之潛在風險路段進行評估及必要改善，且完成改善前應採取適當檢測及安全防護措施；另針對久未使用之路線，應訂定行車前特別檢查及養護機制，以確保路線可供車輛正常且安全行駛。
- 四、對於枕木腐朽或損壞情事，應建立一致性之衡量標準及判斷方式，並納入枕木抽換標準作業程序予以規範及遵循。
- 五、1024 案涉及新自強隧道通車前之鐵路新建或改善工程，僅就單一工程界面辦理通車營運路段之竣工檢查或聯合檢查，較欠缺整體性評估檢查方式，鑑於鐵路工程有其連續性，應納入檢討及研議其他可行作法。

5.2 建議事項

- 一、對於 EM80 軌道檢查車之檢查範圍，除現行主正線外，請就副正線或側線納入檢查範圍之必要性及可行性予以檢討。
- 二、為有效運用且及時調度各轄段之維修備料配給，以符合養護作業需求，減少設備故障發生，建議逐步導入維修管理資訊系統(MMIS)，並建立預防性保養汰換機制。
- 三、建議針對電聯車訂定連續兩車廂之輪徑差異標準，並納入定期檢修項目，以維護列車運行穩定與安全。
- 四、對於傾斜式列車是否對軌道產生破壞或其他潛在風險，建議可委請學術單位進行相關研究，俾提出科學化論證並適時對外澄清。
- 五、建議逐步增購路線巡檢所需之測量儀器或軌道檢查車，以提升檢查精準度及作業效率。
- 六、在全面汰換 37 公斤木枕前，仍請檢討及落實木枕養護機制。
- 七、1024 案事故現場蒐證資料尚顯不足，仍有欠缺枕木詳實紀錄、所提文件紀錄存有錯誤資訊等情事，請加強事故發生初期之現場蒐證能力及證據保全完整性。
- 八、請強化現場人員整體安全意識，基於健全安全管理原則，推廣完善安全作法及主動稽核安全文化，並加強建立管理階層及基層員工之安全責任。
- 九、近年在花東、屏潮電氣化工程陸續完成後，軌道養護工作已逐漸增加，恐衍生巡檢人力不足、巡檢作業未落實之風險，連帶影響路線維護品質，爰請加強東部路線基礎養護維修能量。

附件

國立成功大學土木軌道工程實驗室郭振銘教授研究團隊
「臺鐵三民站行車模擬與軌道結構分析」