

臺灣公路工程

第 43 卷 第 12 期

〈每月 15 日出刊〉



TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

Vo1. 43 No.12 December 2017

交通部公路總局

中華民國 106 年 12 月 15 日



封 面 說 明

台 61 線觀音 - 永安段 (50K+200) 往南
(106 年 12 月 5 日完工通車)

西部濱海公路北區工程處 提供



臺灣公路工程

TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

中華民國 41 年 11 月 11 日創刊

第43卷 第 12 期 目錄

專題研究

熱處理聚酯標線反光強度之研究

.....邱瑞昌、朱建東、何鴻文、黃三哲...(2)

實務報導

新舊橋梁基礎重疊解決策略分享-

以台17甲線鹽水溪橋改建工程為例

.....陳譽仁、陳善瑒、林一和...(28)

本刊為中華民國41年11月11日創刊，至63年3月1日發行第22卷第5期，經合併本局發行之臺灣公路工程、養路及公路機料等三種月刊，仍以臺灣公路工程為名，於63年7月15日起重訂為第1卷第1期繼續發行。

臺灣公路工程

發行人

陳 彥 伯

社 長

許 鈺 漳

總編輯

李 忠 璋

總幹事

李 崇 堂

編 輯

賴常雄 陳進發

鄧文廣 黃三哲

蔡宗成 薛讚添

陳敬明 林清洲

廖吳章 陳嘉盈

陳松堂 邵厚潔

何鴻文

出版者：臺灣公路工程月刊社

社 址：10863 臺北市萬華區東園街 65 號

Address: No.65, Dongyuan St., Wanhua Dist.,

Taipei City 10863, Taiwan (R. O. C.)

電 話：(02) 2307-0123 轉 8008

網 址：<http://www.thb.gov.tw/>本局資訊/影音及出版品

熱處理聚酯標線反光強度之研究

邱瑞昌*、朱建東**、何鴻文***、黃三哲****

摘要

經濟部標準檢驗局 2015 年公布 CNS 15834[道路標線使用性能]，是國內首部規範標線性能之國家標準，其中標線的反光強度檢測方法是目前國內產官學界相對陌生之領域。本研究透過一年計畫性多次現地試驗，量測熱處理聚酯標線之厚度及玻璃珠含量、反光強度之輝度係數 Q_d 、輝度率 β 、回歸反射輝度係數 R_L 及抗滑能力 BPN 等變化情形研究分析。

研究結果顯示 (1) 使用符合 CNS 1333 與 CNS 4342 規格標線材料， Q_d 與抗滑能力 BPN 性能都能維持現行規範之標準，惟 R_L 與 $R_{L,WET}$ 檢測值都偏低。(2) 新繪標線的 R_L 偏低，惟經 1 年期的追蹤檢測其值反而逐漸上昇。(3) 標線厚度經 1 年的追蹤檢測其值隨時間而下降。(4) 研究使用標線可歸類為 CNS 15834 定義之『I 型道路標線』，若考量潮濕或下雨狀況下的回歸反射，宜採用搭配新型反光材料的『II 型道路標線』，或是輔以路面標記與反光導標等設施。(5) 本研究標的為白色 15cm 邊線，研究成果無法推估承受交通磨損量不同之其他類型標線長期性能變化。(6) 交通磨損、局部磨耗、水、灰塵及泥土等環境因素會造成 R_L 等級低落。(7) CNS 15834 規定的 SRT 值與交通工程規範的 BPN 值，兩者不能直接轉換。(8) CNS 15834 並未訂定 R_L 取樣方式與頻率，建議需進一步的研究評估訂定客觀有效的取樣檢測方法以避免產生爭議，另為提高標線抗滑能力建議宜針對反光性能的影響及後續交通安全的研究評估後，再訂定因地制宜的標線防滑性能等級。

關鍵詞：標線、反光強度、回歸反射、 R_L

* 交通部公路總局材料試驗所基礎課長

** 交通部公路總局材料試驗所副所長

*** 交通部公路總局材料試驗所所長

**** 交通部公路總局新工組組長

一、前言

經濟部標準檢驗局(下稱「標準檢驗局」)2015年9月23日公布 CNS 15834[道路標線使用性能],規定提供用路人的白色和黃色道路標線所需性能,是國內首部關於標線性能成效的國家標準,其要求對於國內產官學界而言都是相對陌生的領域,檢驗性能項目包括晝光或道路照明之反射、車輛頭燈照射下之回歸反射、顏色及防滑性等。

交通部公路總局材料試驗所(下稱「本所」)參與 CNS 15834 的修訂工作,為提前因應道路標線的性能成效品質要求,於 2015~2016 年間辦理為期兩年之研究,希冀透過現地試驗,調查使用符合 CNS 品質之標線材料於完工初期之反光強度,以及承受交通磨損後之性能變化與耐久性;研究過程中同時檢測標線的抗滑能力,探討反光強度與抗滑能力二種性能之關係。

二、文獻回顧

2.1 道路標線之材料與性能國家標準

CNS 15834 公布時,標線材料對應的國家標準分別為 2006 年版 CNS 1333^[1]、1989 年版 CNS 4342^[2]與 CNS 4343^[3];為因應 CNS 15834 的頒布實施,標準檢驗局緊接著分別修訂公布 2017 年版 CNS 1333^[4]與 2016 年版 CNS 4342^[5],相關修訂日期整理於表 1。

本研究辦理期間(2015~2016 年間)適逢國家標準新舊版本更迭,本文文中未特別說明時,CNS 1333 與 CNS 4342 分別指 2006 年版與 1989 年版內容。

標線的材料標準 CNS 1333 與 CNS 4342 分別參考日本工業規格(Japanese Industrial Standards, 簡稱 JIS) JIS K5665[路面標示用塗料 Traffic paint]及 JIS R3301[路面標示塗料用玻璃珠 Glass beads for traffic paint]研訂;標線的性能標準 CNS 15834 則是參照歐洲標準 BS EN 1436[Road marking materials. Road marking performance for road users]為藍本修訂,並在其附錄中規定各項性能指標之量測方法。

表 1 道路標線相關之中華民國國家標準

屬性	編號與名稱	適用範圍	(修訂) 公布日期	備考
材料 標準	CNS 1333 K2031 路線漆	本標準適用於路面劃線,道路標示等所使用的路面標示用塗料(亦稱標線漆)。	2006.06.13 (舊版)	註

	CNS 1333 K2031 道路標線塗料	本標準適用於路面劃線、道路標示等所使用之白色及黃色道路標線塗料	2017.4.18	
	CNS 4342 R2095 交通反光標誌塗料用玻璃珠	本標準適用於交通反光標誌、標線塗料用具光線反射性無色透明玻璃珠。	1989.12.13 (舊版)	註
	CNS 4343 R3080 交通反光標誌塗料用玻璃珠檢驗方法	本標準規定交通反光標誌、標線、塗料用具光線反射性無色透明玻璃珠之檢驗方法。	1989.12.13 (廢止)	註
	CNS 4342 R2095 交通反光標誌用玻璃珠	本標準適用於交通反光標誌、標線、塗料用，具光線反射性無色透明玻璃珠。	2016.01.14	
性能標準	CNS 15834 Z7318 道路標線使用性能	本標準規定提供用路人的白色和黃色道路標線所需性能，包括晝光或道路照明之反射、車輛頭燈照射下之回歸反射、顏色及防滑性等性能。	2015.09.23	
註：標準檢驗局 2016 年 1 月 14 日公布修訂 CNS 4342[交通反光標誌用玻璃珠]，廢止 CNS4343(併入修訂後之 CNS 4342)；另於 2017 年 4 月 18 日公布修訂 CNS 1333:2017 [道路標線塗料]。				

2.2 交通部公路總局施工說明書技術規定（下稱「施工說明書」）

依據 2012 年版施工說明書第 02898 章[標線]，使用材料分「油漆標線」及「熱處理聚酯標線」2 種，現況國內除臨時設施外，多採用熱處理聚酯標線，本文文中「標線」未特別說明時，均為「熱處理聚酯標線」之簡稱。熱處理聚酯標線其優點為快乾、成膜厚、內混玻璃珠且具較佳之耐久性與耐磨性，同時因其線條完整清晰，立體感強，於夜間具有良好的視覺效果。施工說明書所訂熱處理聚酯標線材料規格，屬 CNS 1333 第 3 種 3 號粉體狀路線漆。^[1,6,7]

施工說明書第 02898 章規定熱處理聚酯標線材料須為合成樹脂粉末、顏料、填充材料，預拌以反光玻璃珠等路面標線材料，當以適當之熱處理標線機加熱熔融，鋪設於經清理整潔之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，熱處理聚酯熔融物須能即刻乾固而黏固於路面，形成不受輪胎黏脫且具有反光特性、防滑能力，且能承受輾壓、衝擊而不變形之標線。另外，標線標繪後之顏色除設計圖另有規定外，須符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新規定之標準。除原均勻預拌於熱處理聚酯標線材料內之玻璃珠外，施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以 160g/m² 之玻璃珠用量均勻撒佈於其表面，並使玻璃珠總含量達 30%（質量比）以上。

2.3 用語與定義

參照相關國家標準內容，本文之用語與定義如下：

1. 擴散照明下之輝度係數 (luminance coefficient under diffuse illumination)， Q_d ($\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lx}$)：道路標線範圍在特定方向的輝度 (luminance)，除以該範圍內的照度 (illuminance) 所得之商數。^[8]
2. 輝度率 (luminance factor)， β ：相同照度下，道路標線範圍對完全擴散片在特定方向的輝度比值。^[8]
3. 回歸反射 (retro-reflection)：光沿入射光之光路折返之現象。^[9] (參考圖 1)

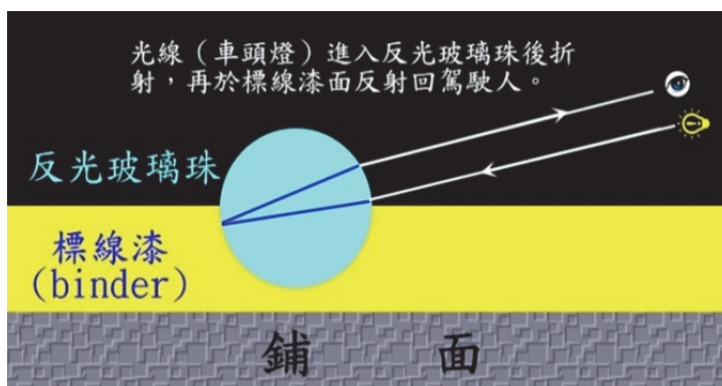


圖 1 標線的回歸反射示意圖

4. 回歸反射輝度係數 (coefficient of retro-reflected luminance)， R_L ($\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lx}$)：道路標線範圍在觀測方向的輝度，除以在與入射光方向垂直之照度，所得之商數。^[8]

2.4 標線的反光性能

CNS 15834 將標線的反光性能分為 2 類，第 1 類為晝光或道路照明下之反射 (Q_d 與 β) (圖 2)，第 2 類為車輛頭燈照明下的回歸反射 (R_L) (圖 3)，目的在確保標線對於駕駛人有適當的可視性 (visibility)。表 2 中整理影響道路標線的可視性因素。

光的反射可分成 3 種：鏡面反射 (mirror reflection)、擴散反射 (diffuse reflection) 以及回歸反射 (retroreflection)，如圖 4 所示。鏡面反射指光源照射到平滑表面，以符合反射定律之途徑反射 (入射角等於反射角)；擴散反射是當光線照射到非平滑的粗糙表面而產生方向不規則的反射；回歸反射則是光線透過具有回歸反射性質

¹ Q_d 與 β 係晝光或道路照明下，駕駛人所看到的道路標線亮度。

² R_L 係在駕駛人車輛頭燈照明下，駕駛人所看到的道路標線亮度。

的材料，以近乎平行於入射光之途徑反射。CNS 15834 標線的反光性能， Q_d 與 β 屬同時具有鏡面反射與擴散反射的混合反射； R_L 則是透過標線表面反光玻璃珠的回歸反射。^[11]

交通部頒「交通工程規範」第 4.4 節規定標線宜具反光性及抗滑性。美國的道路交通管理標誌統一守則（Manual on Uniform Traffic Control Devices，簡稱 MUTCD）Section 3A.02 提到：「Markings that must be visible at night shall be retroreflective unless ambient illumination assures that the markings are adequately visible. All markings on Interstate highways shall be retroreflective.」亦即要求除非環境的照明足夠，能確保駕駛人對於標線有適當的可視性，否則標線應該具備反光性能。

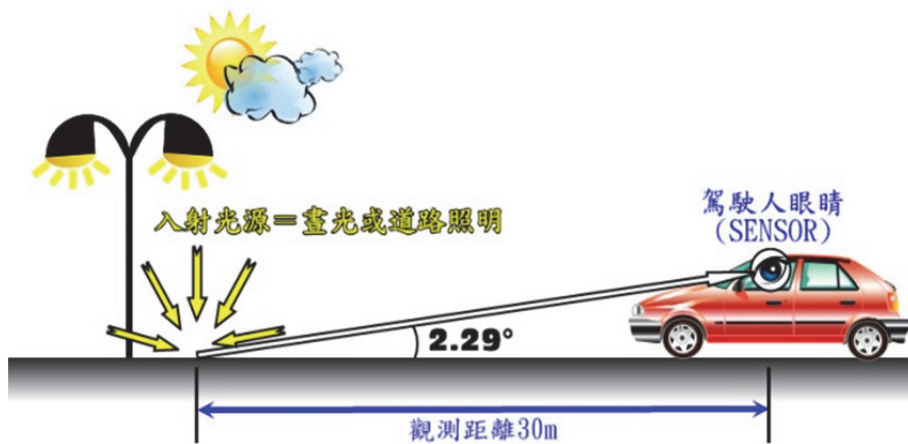


圖 2 晝光或道路照明下，標線之反射性能示意圖

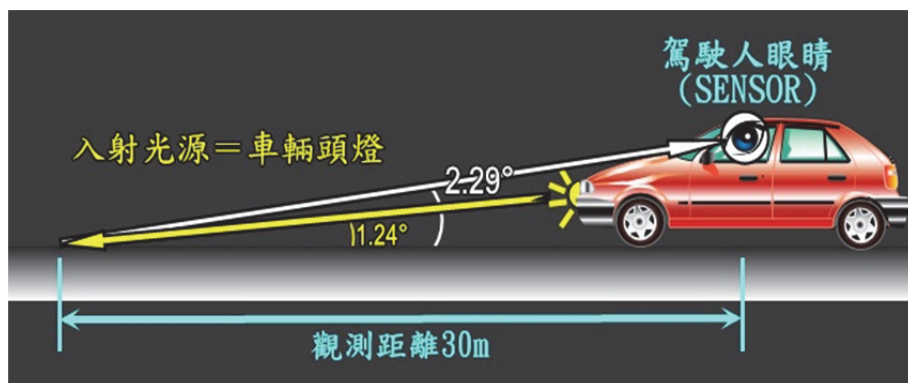


圖 3 車輛頭燈照明下，標線之回歸反射性能示意圖

表 2 道路標線可視性的影響因素^[10]

影響因素	對於道路標線可視性的影響
標線的反光強度	標線反光強度提高時，駕駛人對於標線的可視距離 (detection distance) 隨之上升。
路面材質與類型	路面材質與道路標線的對比 (contrast) 越高時，駕駛人越能清楚地看見標線位置；一般來說，瀝青混凝土路面上的標線可視性優於水泥混凝土路面上的。
車輛類型	一般來說，車輛頭燈與駕駛人眼睛距離地面越高時，標線可視性越佳。
道路照明 (Overhead Lighting)	適當提供道路照明時，可增進標線可視性。
縱向標線寬度	加寬縱向標線尺寸可能提高標線的可視距離，但是對於安全性的提昇並無直接幫助。
反光導標 (RRPM) ^註	駕駛人對於反光導標的可視距離遠高於道路標線，也可減少駕駛人對於路況的反應時間。
駕駛人年齡	年長者由於視力老化，與年輕的駕駛人比較，在相同的條件下需要較高的標線反光強度，才能有一樣的可視距離。
註：RRPM: Raised Reflectorised Pavement Markings	

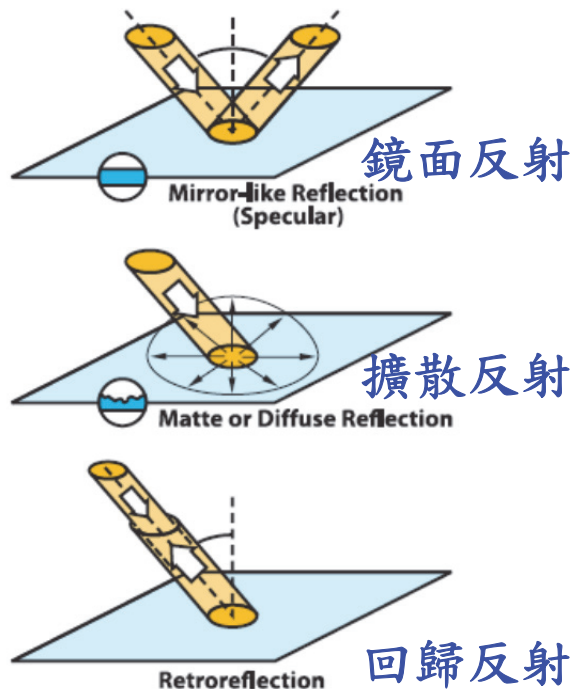


圖 4 光的 3 種反射形式^[11]

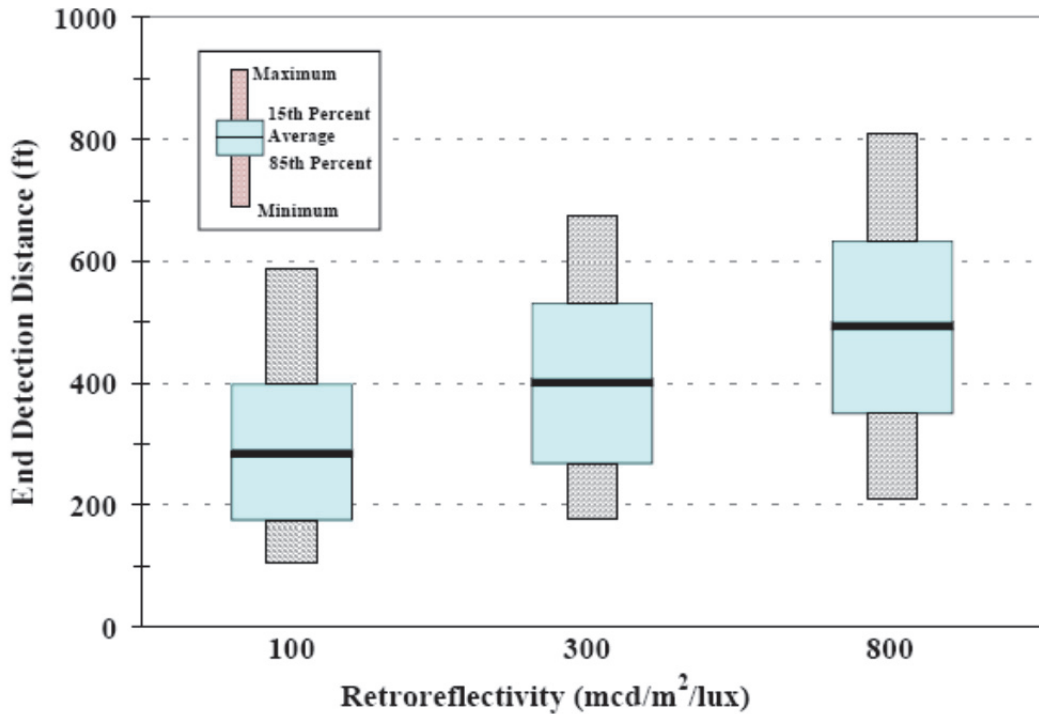


圖 5 標線之回歸反射性能與可視距離盒鬚圖^[10]

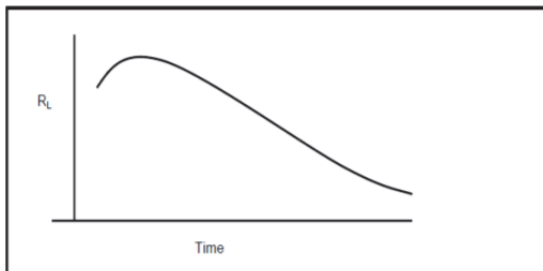


圖 6 新繪標線之回歸反射輝度係數 RL 衰減曲線圖^[12]

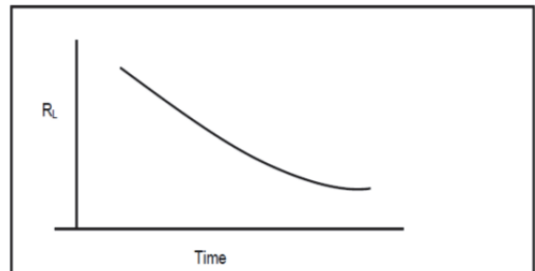


圖 7 既有標線之回歸反射輝度係數 RL 衰減曲線圖^[12]

2.4.1 第 1 類晝光或道路照明下之反射 (Q_d 與 β)

Q_d 與 β 兩參數均可在典型的或平常的晝光或道路照明下，量測道路標線之輝度，主要差異在於觀測方向 (viewing direction)， Q_d 對應相當長的觀測距離，而 β 則對應近距離的觀測。

Q_d 的標準量測條件，係模擬晝光或有路燈照明的擴散照明下，車輛駕駛人眼睛高度，高於路面 1.2m 處，30m 的視線距離 (參考圖 2)； β 使用 ISO 11664-2 所定義的 D65 標準光源，其幾何界定在 $45^\circ/0^\circ$ 的情況下量測，意指照明為 $(45 \pm 5)^\circ$ 且在 $(0 \pm 10)^\circ$ 量測 (角度係相對於道路標線表面垂直線量測之)。

CNS 15834 規定乾燥道路標線之 Q_d 與 β 等級整理於表 3。

2.4.2 第 2 類車輛頭燈照明下的回歸反射 (R_L)

R_L 的標準量測條件，係用以模擬小客車輛駕駛人眼睛高度，高於路面 1.2m 處，且頭燈裝在高於路面 0.65m 處，30m 的視線距離。

CNS 15834 依據標線在乾燥狀態下 (R_L)、潮濕狀況時 ($R_{L,WET}$) 及雨天狀況時 ($R_{L,RAIN}$) 等三種條件，分別對應不同反光強度等級整理於表 4。CNS 15834 定義『II 型道路標線』具有特殊性能，能增進在潮濕或下雨狀況下的回歸反射；『I 型道路標線』不必要具有此特殊性能。

2.4.3 影響 R_L 的因素

在夜間環境照明不足的情況下，駕駛人必須透過車輛頭燈投射至路面標線所產生之回歸反射，認知前方車行方向與軌跡變化；當 R_L 過低時，駕駛人看不清楚標線位置，容易造成車輛偏離道路路線或無法獲得足夠警告訊息，產生危險的狀況。

道路標線在夜晚能否被駕駛人看見的因素並非僅僅取決於其本身反光特性，而是與許多因素相關，例如：(1) 車輛頭燈所能提供的光量大小與其形式，(2) 投射至道路標線的光量大小，(3) 駕駛人 (觀測者) 的視覺能力與 (4) 道路標線的回歸反射性能；惟就道路主管機關而言，僅有第 (4) 項道路標線的回歸反射性能可以透過工程手段掌控。

2.5 標線 R_L 的研究文獻回顧

美國德州運輸局 (The Texas Transportation Institute) 執行一項關於評估標誌與標線的可視性研究指出，車輛以時速 48.3km/h (30mi/h) 行進，當標線的 R_L 值從 100mcd/m²/lx 提高到 800mcd/m²/lx 時，車上的受測人員平均可視距離 (average detection distance) 也從 86.9m (285ft) 增加到 152.7m (502ft)。(圖 5)^[10]

美國北卡羅萊納州公路廳在 2009 年發表的研究報告，利用車載式反光強度儀收集了約 30,000 車道英哩的標線 R_L 資料。研究結果指出，不論是白色與黃色的標線，車道線 (centerline) 較邊線 (edge line) 之 R_L 值衰減速率快；另一方面，研究發現當玻璃珠密度 (bead density values)³ 在正常範圍 (9~24%) 下，玻璃珠密度較高時 R_L 越大。研究報告統計分析瀝青混凝土上標線 R_L 值之衰減曲線，結果發展出以時間、初始 R_L 值、交通量、顏色以及標線在鋪面上的位置為獨立變數的線性模式。圖 6 為新繪標線之 R_L 衰減曲線圖，完工初期 R_L 值會呈現非線性的增加趨勢，係因初期表面的反光玻璃珠嵌入深度較大，經車輛輪胎磨損後更多的玻璃珠露出漆面使

³ 玻璃珠密度：利用電腦影像輔助程式計算反光玻璃珠與標線的面積比。^[12]

得 R_L 值變大；過了這段時間， R_L 值隨著時間呈現近乎線性的衰減趨勢；既有標線的 R_L 衰減曲線則如圖 7 所示 R_L 值隨著時間呈現近乎線性的衰減趨勢。^[12]

表 3 CNS 15834 中乾燥道路標線之 Q_d 等級與 β 等級^[8]

Q_d 最低值 (mcd/m ² /lx)				β 最低值			
等級	白色標線		黃色標線	等級	白色標線		黃色標線
	瀝青 混凝土	水泥 混凝土			瀝青 混凝土	水泥 混凝土	
Q0	無測出性能	無測出性能	無測出性能	B0	無測出性能	無測出性能	無測出性能
Q1	—	—	$Q_d \geq 80$	B1	—	—	$\beta \geq 0.20$
Q2	$Q_d \geq 100$	—	$Q_d \geq 100$	B2	$\beta \geq 0.30$	—	$\beta \geq 0.30$
Q3	$Q_d \geq 130$	$Q_d \geq 130$	$Q_d \geq 130$	B3	$\beta \geq 0.40$	$\beta \geq 0.40$	$\beta \geq 0.40$
Q4	$Q_d \geq 160$	$Q_d \geq 160$	—	B4	$\beta \geq 0.50$	$\beta \geq 0.50$	—
Q5	—	$Q_d \geq 200$	—	B5	$\beta \geq 0.60$	$\beta \geq 0.60$	—

備考 1：Q0 等級為當無法測得 Q_d 時，必須藉由輝度率 (β) 才能獲得之日間能見度。

備考 2：B0 等級為當無法測得 β 時，必須藉由擴散光照明的輝度係數 (Q_d) 才能獲得之日間能見度。

表 4 CNS 15834 規定不同情形下之 R_L 等級^[8]

標線情況	等級	最低回歸反射輝度係數 (R_L) (mcd/m ² /lx)		
		永久性標線		暫時性標線
		白色	黃色	
乾燥 狀態下	R0	無測出性能	無測出性能	無測出性能
	R1	—	$R_L \geq 80$	—
	R2	$R_L \geq 100$	—	—
	R3	$R_L \geq 150$	$R_L \geq 150$	$R_L \geq 150$
	R4	$R_L \geq 200$	$R_L \geq 200$	—
	R5	$R_L \geq 300$	—	$R_L \geq 300$

標線情況	等級	最低回歸反射輝度係數 (R_L) (mcd/m ² /lx)	標線情況	等級	最低回歸反射輝度係數 (R_L) (mcd/m ² /lx)
潮濕狀況時	RW0	無測出性能	雨天狀況時	RR0	無測出性能
	RW1	$R_{L,WET} \geq 25$		RR1	$R_{L,RAIN} \geq 25$
	RW2	$R_{L,WET} \geq 35$		RR2	$R_{L,RAIN} \geq 35$
	RW3	$R_{L,WET} \geq 50$		RR3	$R_{L,RAIN} \geq 50$
	RW4	$R_{L,WET} \geq 75$		RR4	$R_{L,RAIN} \geq 75$
	RW5	$R_{L,WET} \geq 100$		RR5	$R_{L,RAIN} \geq 100$
	RW6	$R_{L,WET} \geq 150$		RR6	$R_{L,RAIN} \geq 150$

備考 1：R0 等級係用在車輛頭燈照明無回歸反射下，所得到之道路標線能見度。

備考 2：RW0 等級係用於因經濟或技術理由而不需要此類型的回歸反射。

備考 3：RR0 等級係用於因經濟或技術理由而不需要此類型的回歸反射。

2.6 標線的防滑性能

標線因材料特性造成鋪面局部區域防滑性能下降，再者由於標線與鄰近鋪面的抗滑能力差異，也對用路人產生潛在危害，特別是機車、自行車及行人等，在行經需要煞車或轉向的位置時容易發生意外。^[13]

標線的防滑性能係指標線表面與車輛輪胎 (tyre) 或行人鞋類 (footwear) 維持附著 (adhesion) 的能力，添加抗滑骨材 (anti-skid aggregates) 可提高標線防滑能力，但是同時將對反光性能造成顯著的負面影響。影響標線防滑能力的因素可整理如表 5，防滑性能並非是恆定的，而是會隨著氣候、交通狀況與材料表面特性而變動，因此，標線的防滑性能評估也具高度不確定性。

表 5 影響標線防滑能力之因素

分類	影響因素
接觸面特性	紋理特性 (粒料級配材質、形狀或磨耗程度等) 排水性能 (鋪面表面處理或鋸槽等)
車輛輪胎特性	接觸面積 (胎壓、輪荷重) 車輛輪胎特性 (材質、胎紋、溫度等)
駕駛行為	車輪滑動率 (車速、煞車) 駕駛行為 (轉向、加減速)
環境因素	表面條件 (積水、泥濘、油污污染等) 氣候因素 (降雨、大氣溫度、濕度等)

資料來源：[14,15]

目前國內道路標線之抗滑性能係依交通部頒「交通工程手冊」(已於 104 年 1 月由「交通工程規範」替代而廢止) 附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」(參考標準為 ASTM E303-93(2003)[Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester]) 辦理，且應於施作完成後之 2 周內檢測完畢，要求在潮溼狀態下，實測值在 45 BPN 以上。^[16]

CNS 15834 規定使用的防滑測試器 (skid resistance tester, SRT) 與交通工程規範量測 BPN 值使用的英式擺錘抗滑試驗儀器 (British Pendulum Tester, BPT) 實屬同一種儀器，惟二者對於橡膠滑塊材質的規定並不一致；另外，橡膠滑塊作用於測試表面的正向力也不相同；初次使用橡膠滑塊時，表面狀態調節的方法也有差異；試驗方法與結果計算也不一樣；再加上 CNS 15834 附錄 D.6 節，規定溫度的修正值對測試結果產生的影響，因此，目前使用的標線抗滑係數 BPN 與 CNS 15834 防滑性 SRT 值，兩者之間無法直接轉換。

公路所在區域涵蓋都市地區、平原、丘陵及山地等不同地理環境，又臺灣地區橫跨北回歸線造成南北氣候差異，加上人口多集中於都市地區，兩輪車輛使用比例

偏高，因其駕駛穩定性相較四輪車輛差，行駛時容易受鋪面（標線）抗滑能力影響打滑產生危險，為了用路人的安全，實有必要考量不同地區、交通流量、使用情形與標線種類等因素，訂定因地制宜的標線防滑性能等級。

在標線表面外撒或於原料內預拌稜角狀材料（angular material）可提昇標線的防滑性能，惟目前 CNS 並無相關標線用抗滑骨材材料規範，依據參考文獻[13]指出，由於使用稜角狀材料，當車輛頭燈照射於標線時，稜角狀材料產生的陰影將覆蓋在標線表面的玻璃珠上，光線的回歸反射路徑遭阻擋導致影響標線夜間時之能見度。因此建議的使用比例為（稜角狀材料：反光玻璃珠=1：2），而且稜角狀材料建議使用量介於（200g/m²~275g/m²），在施工程序上建議應分開撒佈，先外撒稜角狀材料後立即緊接著再外撒反光玻璃珠。

表 6 標線防滑性能 SRT 值與 BPN 之差異比較表

	防滑測試器 SRT 值	標線抗滑係數 BPN
單位	SRT	BPN
檢驗方法	CNS 15834 道路標線使用性能附錄 D（規定）防滑性量測法	交通部頒「交通工程規範」附錄『英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟』
參考標準	BS EN 1436:2007	ASTM E303-93（2003）
使用儀器	防滑測試器 ^{註 a} Skid resistance tester A. 擺錘質量（1500±30）g B. 擺動半徑 508mm C. 對測試表面施以 22.2N 的恆定作用力。 （22.2N≐2263.8g 重） D. 橡膠滑塊尺寸（mm）： 76.2 x 25.4 x 6.3 E. 橡膠滑塊性質不同規範。 F. 橡膠滑塊表面狀態調節： ● 自側面標示日期起算，僅能使用 1 年。 ● P400 碳化矽砂紙在乾燥狀態下重複擺試 5 次，再以 3μm 氧化矽砂紙在潮濕狀態下重複擺試 25 次。	英式擺錘儀 ^{註 a} British Pendulum Tester A. 擺錘質量（1500±30）g B. 擺動半徑 508mm C. 與接觸面接觸之平均正向力應介於（2500±100）g D. 橡膠滑塊尺寸（mm）： 76 x 25 x 6 E. 橡膠滑塊性質不同規範。 F. 橡膠滑塊表面狀態調節： ● 無使用年限規定。 ● 60 號砂紙在乾燥狀態下連續擺試 10 次。
試驗方法	A. 未特別規定試驗方向。 B. 滑動長度（125~127）mm C. 撥灑（100±20）ml 的水 D. 重複量測 5 次，全距不超過 3 之 SRT 值，記錄 5 個連續讀	A. 試驗方向與行車方向平行。 B. 滑動長度（125±1.6）mm C. 建議取 20c.c.水量 D. 先試驗一次，但不記錄。立即重複試驗 4 次，計算平均值為

	防滑測試器 SRT 值	標線抗滑係數 BPN
	數之平均值作為 SRT 值。否則，應重複測試直到連續 3 個讀數均相同，即記錄該值。	BPN。
溫度修正	依據橡膠滑塊溫度，對量測的 SRT 值予以修正。 ^{註 b}	無溫度修正要求。

註 a：「防滑測試器 (Skid resistance tester)」與「英式擺錘儀 (British Pendulum Tester)」實為同一種儀器，惟試驗前應先將儀器調整至規定的要求條件後，再依各別的試驗方法執行。

註 b：在所有的防滑性量測中，溫度對橡膠回彈有顯著影響。當溫度上升時，防滑性下降；溫度的修正在 10°C 以下的測試時，影響更明顯。^[8]

三、研究流程與方法

3.1 研究流程

本研究規劃辦理現地標線反光強度檢測，協調公路總局第一區養護工程處與第三區養護工程處，於轄管路段選取新鋪瀝青混凝土路面各一處，先取樣送本所檢驗確認標線材料符合施工說明書要求。

研究流程圖如圖 8。為瞭解反光標線的長期性能變化與耐久性，現地試驗部分預計辦理為期 1 年的追蹤檢測，於標繪完工之日起 2 週內辦理第一次現地試驗，並透過一年計畫性多次現地試驗（表 7），追蹤標線性能變化情形研究分析。

表 7 現地試驗之長期追蹤檢測規劃時程

長期 檢測	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th
預定 期程	繪設 14 天 內	1 st 試驗後 1 個月	1 st 試驗後 2 個月	1 st 試驗後 3 個月	1 st 試驗後 4.5 個月	1 st 試驗後 6 個月	1 st 試驗後 9 個月	1 st 試驗後 12 個月

3.2 研究方法

現地試驗位置選定北部台 1 線 42k 與南部台 27 線 28k 等 2 處路段，以縱向白色 15cm 邊線為試驗標的，在 1km 的試驗路段內，分別於順樁及逆樁各取 3 檢驗批，每 1 檢驗批辦理試驗如下：①個別試驗點位置之標線厚度， Q_d ， R_L 及 $R_{L,wet}$ 。②各檢驗批範圍內，選取 3 試驗點檢測抗滑 BPN 值。

3.2.1 現地試驗取樣方法

因 CNS 15834 未規定取樣方式與頻率，故參考 ASTM D7585^[17]，第 6.4 節 Referee Evaluation Protocol 規定縱向標線取樣方式，每 1 檢驗批取樣 20 個試驗點，試驗點之間距固定為 6m（參考圖 9）。

3.2.2 現地試驗期程

第 1 次現地檢測時間訂於標線完工後 2~14 天間，係因 ASTM D7585 建議於完工 48 小時後至 30 天內辦理反光強度試驗；又依據交通工程規範^[16]，抗滑試驗應於標線劃設完成 2 週內檢測完畢。取交集決定現地檢測時間，續依規劃期程追蹤檢測標線性能。

3.2.3 標線厚度檢測儀器

為長期追蹤檢測同一位置之標線性能暨避免破壞道路美觀，參考美國佛羅里達州公路廳之標線材料現地量測方法，標線厚度使用現地標線厚度量測儀量測（圖 10）。^[18]

3.2.4 反光強度檢測儀器

使用 ZEHNTNER 生產的可攜式反光強度儀 ZRM 6014 Retroreflectometer（圖 11）⁴，可同時量測 Q_d 與 R_L ；另外於試驗位置灑水漫過標線表面後，也可測得 $R_{L,WET}$ ；惟 ZRM 6014 無法量測 $R_{L,RAIN}$ ，故本研究範圍並未納入 $R_{L,RAIN}$ 。

⁴ ZRM 6014 Retroreflectometer 依廠商型錄，其設計性能符合 EN 1436 (R_L/Q_d)^[19]，ASTM E1710 (R_L)^[20]，ASTM E2302 (Q_d)^[21]，ASTM E2177 ($R_{L,wet}$)^[22]規定。

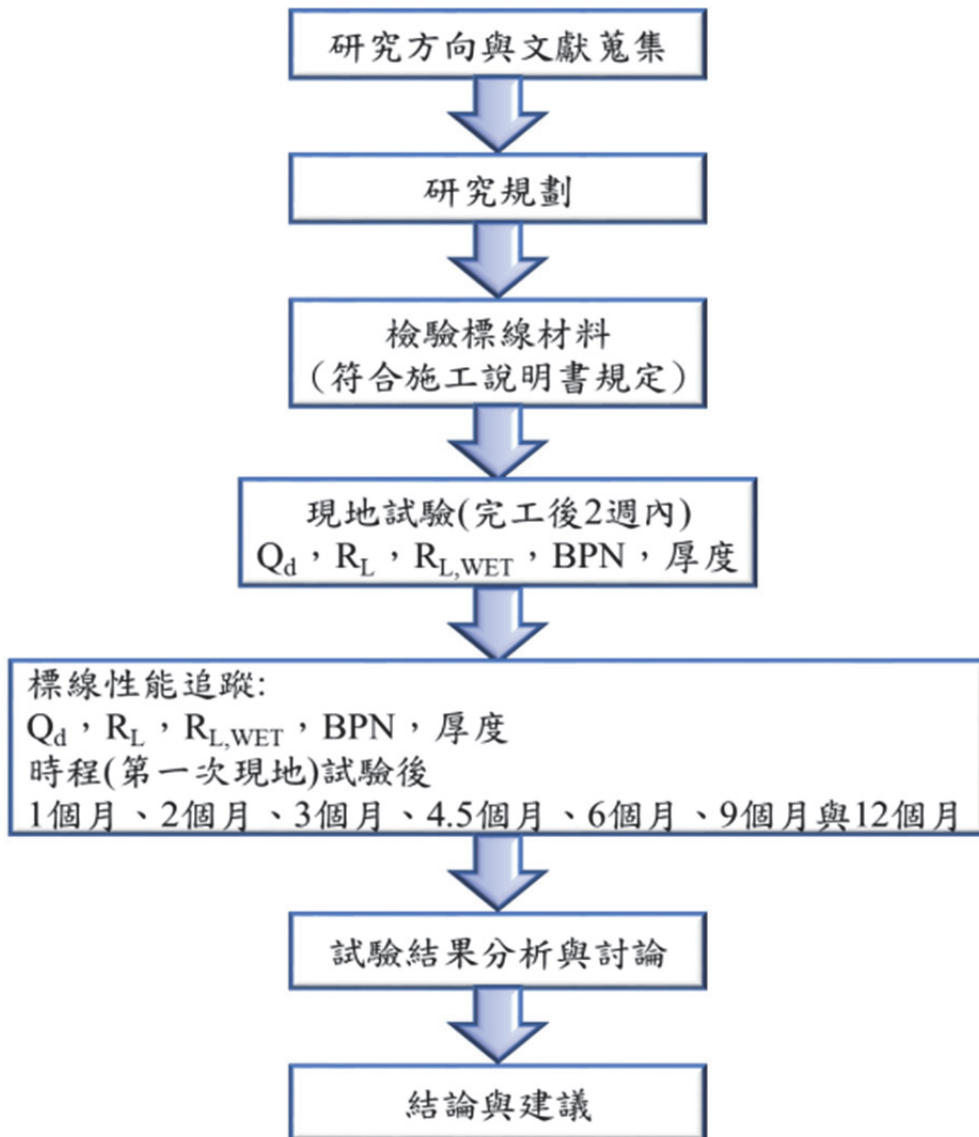


圖 8 研究流程圖

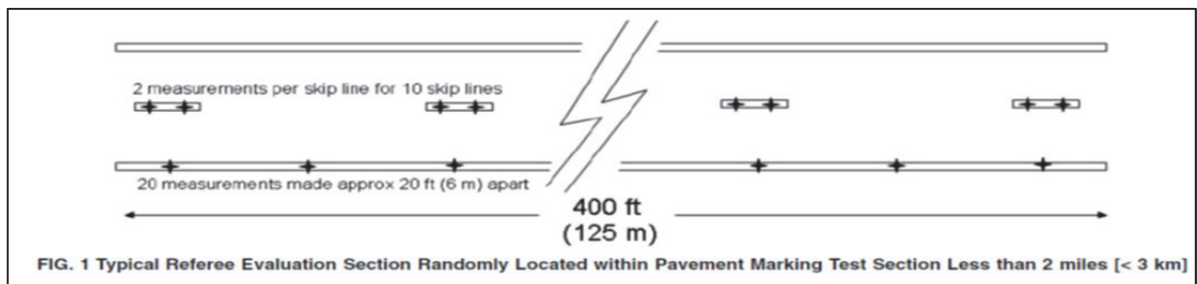


圖 9 ASTM D7585, Referee Evaluation Protocol 取樣方式^[17]

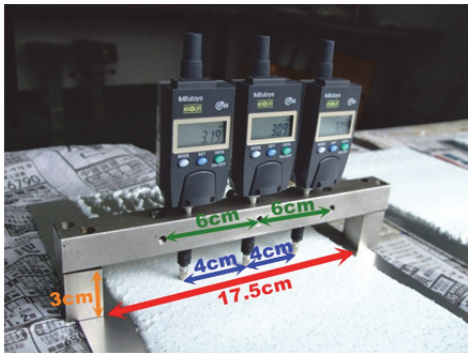


圖 10 現地標線厚度量測儀



圖 11 ZEHNTNER ZRM 6014

3.2.5 試驗方法

1. 標線厚度

使用現地標線厚度量測儀，取 20 個試驗點檢測平均值代表該檢驗批之標線厚度。

2. 乾燥狀態下 Q_d 與 R_L

因為標線的反光性能容易受環境因素（灰塵、水、霧氣、瀝青或輪胎摩擦等）影響，ASTM D7585 第 5.2 節亦強調：「...It is very important that the markings being evaluated are clean and dry. If the evaluation is being used relative to a measure of the performance of a contractor, it is imperative that the parties agree beforehand on the definition of clean and dry. ...」因此本研究於檢測標線之反光性能前，先以目視檢查標線表面無水漬殘留後，再利用棕毛掃把掃除表面灰塵與鬆散反光玻璃珠，目的在使標線處於“clean and dry”狀態下，再以 ZRM 6014 量測反光強度。取 20 個試驗點檢測平均值代表該檢驗批之 Q_d 與 R_L 。

3. 潮濕狀況時 $R_{L,wet}$

依據 CNS 15834， $R_{L,wet}$ 之量測方式先用至少 3 公升清水自試驗點上方 0.3m 處，沿著測試表面均勻淋下，使短暫地漫過標線表面和周圍區域，並於倒水後的 (60 ± 5) 秒內以 ZRM 6014 量測 $R_{L,wet}$ 。以 20 個試驗點檢測所得值之平均，代表該試驗批之反光強度 $R_{L,wet}$ 。

4. 抗滑能力 BPN

每一檢驗批選取 3 個試驗點檢測標線之抗滑性能，依「交通工程規範」規定量測潮濕狀態下 BPN 值。^[16]

四、試驗結果分析探討

4.1 標線材料試驗結果

本研究 2 處路段所取標線材料與完工後標線鑽心試體，經本所檢驗均符合施工說明書第 02898 章要求。

4.2 台 1 線 42k 現地試驗結果 (圖 12 至圖 16)

4.2.1 標線厚度

因試驗時天候因素，圖 12 中缺少台 1 線第 2 次現地試驗厚度值。由圖 12 可看出台 1 線 6 檢驗批的標線厚度並不一致，整體來說標線厚度隨著時間而減小。

4.2.2 乾燥狀態下 Q_d

圖 13 中，台 1 線 6 檢驗批的 Q_d 數值相近，隨時間變化的趨勢也相同，在一整年檢測期間均能維持在 CNS 15834 等級 Q3 ($130 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$) 以上。

4.2.3 乾燥狀態下 R_L

圖 14 中，台 1 線 6 檢驗批其初始 R_L 差距頗大，最差僅 $50 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$ ；只有 2 檢驗批完工 R_L 可勉強符合 CNS 15834 等級 R2 ($100 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$)。惟 R_L 隨時間變化的趨勢相同，6 檢驗批均隨時間上升；研究期間最後一次檢測，6 檢驗批均能符合 CNS 15834 等級 R2 ($100 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$)；其中更有 3 檢驗批達性能等級 R3 ($150 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$)。

4.2.4 潮濕狀況時 $R_{L,wet}$

因試驗時天候因素，圖 15 中缺少台 1 線第 5 次 $R_{L,wet}$ 試驗值。台 1 線 6 檢驗批之 $R_{L,wet}$ 於一年觀測期間幾乎都未能達到 CNS 15834 等級 RW1 ($25 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$)，顯示在潮濕狀態下反光性能不佳。

4.2.5 抗滑能力 BPN

每 1 檢驗批內選取 3 點檢測並追蹤相同點位之 BPN 值變化，以評估標線抗滑能力之耐久性。圖 16 為台 1 線試驗結果。整體來說 BPN 值隨時間遞減，台 1 線共 18 個檢測點完工初期均能符合 45 BPN 以上要求，最佳者達 68 BPN，惟在 1 年後有近半數點位之抗滑能力下降至 50 BPN 以下。

4.3 台 27 線 28k 現地試驗結果 (圖 17 至圖 21)

4.3.1 標線厚度

由圖 17，台 27 線 6 檢驗批的標線厚度相對台 1 線均勻。整體來說，同台 1 線所得觀測結果，標線厚度隨著時間而減小。

4.3.2 乾燥狀態下 Q_d

圖 18 中，台 27 線 6 檢驗批的 Q_d 數值相近，隨時間變化的趨勢也相同，在一整年檢測期間均能維持在 CNS 15834 等級 Q3 ($130 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$) 以上。

4.3.3 乾燥狀態下 R_L

圖 19 中，台 27 線 6 檢驗批完工初期 R_L 幾乎都在 $50 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$ 左右，未達 CNS 15834 白色標線最低等級 R2 ($100 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$)。惟 R_L 隨時間變化的趨勢相同，6 檢驗批均隨時間上升；在完工 15 個月後的現地檢測，6 檢驗批的 R_L 均達等級 R3 ($150 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$)，其中更有 2 檢驗批達等級 R4 ($200 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$)。

4.3.4 潮濕狀況時 $R_{L,wet}$

圖 20 中，台 27 線 6 檢驗批之 $R_{L,wet}$ 於一年觀測期間大多數未達到 CNS 15834 等級 RW1 ($25 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$)，顯示在潮濕狀態下反光性能不佳。

4.3.5 抗滑能力 BPN

圖 21 中，台 27 線第一次現地試驗時，6 檢驗批各只檢測一試驗點 BPN 值，後因檢討評估取樣數量不足，自第 2 次現地試驗起，改為每檢驗批內各檢測 3 試驗點 BPN 值。

整體來說 BPN 值隨時間遞減，台 27 線檢測點完工初期均能符合 45 BPN 以上要求，第 1 次檢測時 6 個點位中有 4 個點之抗滑能力超過 65 BPN，而在第 2 次試驗結果更是全數超過 65 BPN，最高達 78 BPN；惟如同台 1 線觀測成果，在超過 1 年後所有點位之抗滑能力下降至 55 BPN 左右。

4.4 現地試驗結果討論

標線厚度隨時間因交通磨損而減小，惟磨損速率牽涉交通流量、道路線形、標線與公路之相對位置等因素影響，且標線厚度值無法真實反應現地標線是否有破損、污漬、老化褪色或反光抗滑性能不足等問題。

使用符合 CNS 1333 的標線漆材料，經 1 年的現地試驗實測其耐久性， Q_d 均能維持在 CNS 15834 等級 Q3 ($130 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$) 以上惟隨時間逐漸下降；完工時 R_L 檢測值不佳，但在試驗期間明顯隨時間上升。

依據參考文獻[23]，玻璃珠嵌入標線漆的深度對反光強度有關鍵性影響，玻璃珠的嵌入深度約在直徑的 (50~60)% 時，能達最佳的回歸反射性能。圖 22 為台 27 線標線表面照片，分別拍攝於 2015/09/03 與 2016/10/18，並經局部放大發現，2015/09/03 的玻璃珠嵌入深度過大，表面可見抗滑骨材（照片中稜角狀白色物體）阻擋車燈光線行進路線，都是導致 R_L 檢測值低落的可能因素（參考圖 23）；2016/10/18 的標線表面雖因環境灰塵髒污夾雜黑灰雜質，惟玻璃珠分佈尚稱均勻，嵌入深度適當，抗滑骨材也已不復見，因此有較佳的反光性能。由此推論，研究範圍內兩處標線應係施工標繪過程導致玻璃珠嵌入深度過大，加上抗滑骨材影響，導致完工初期 R_L 過低。

CNS 15834 之『II 型道路標線』應具特殊性能，能增進在潮濕或下雨狀況下回歸反射，惟研究範圍內兩處標線在潮濕狀態時之 $R_{L,wet}$ 值偏低且受時間的影響不明顯，試驗期間大部分都在 $30 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$ 以下，可歸類為 CNS 15834 定義之『I 型道路標線』。

比對研究中各性能間關係，抗滑能力 BPN 值與 Q_d 並無明顯相關；惟 BPN 值與 R_L 則有互相牽制的影響，符合 CNS 15834 所述：『...惟在高性能等級中，2 個或多個參數無法同時達成，舉例來說，道路標線可能有玻璃珠或防滑粒料，目的為達到高等級的回歸反射 (R_L) 或防滑性 (SRT)，一般而言，高等級的回歸反射與防滑性並無法兼得。...』

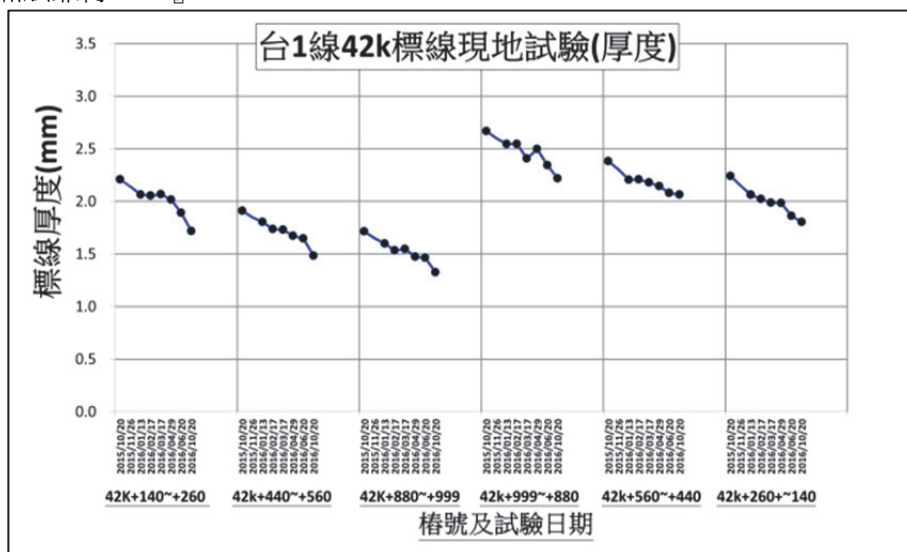


圖 12 台 1 線 42k 標線厚度試驗結果

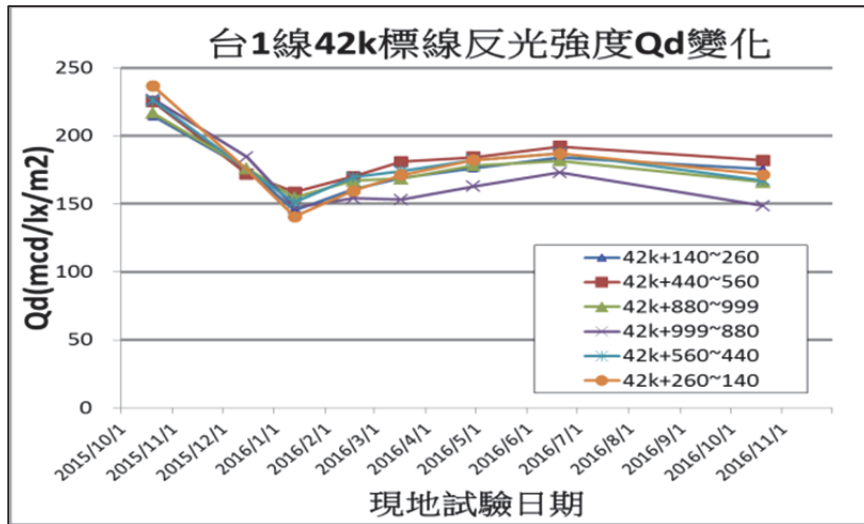


圖 13 台 1 線 42k 標線 Q_d 試驗結果

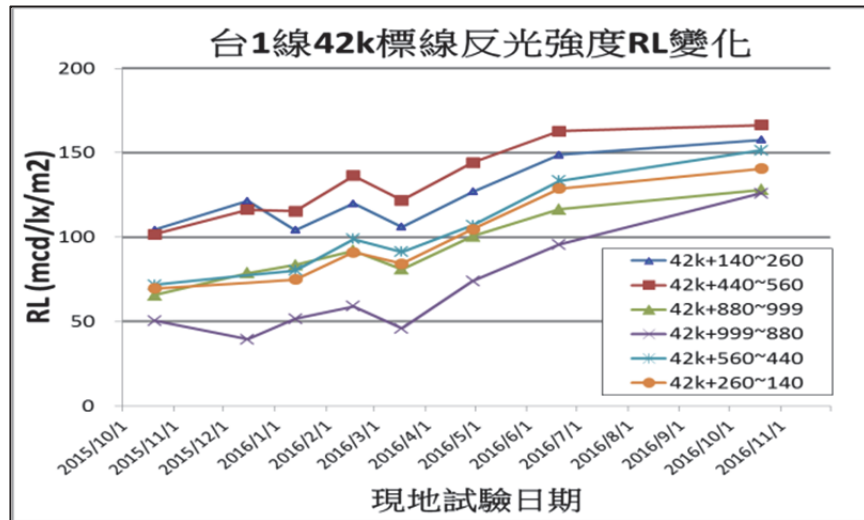


圖 14 台 1 線 42k 標線 R_L 試驗結果

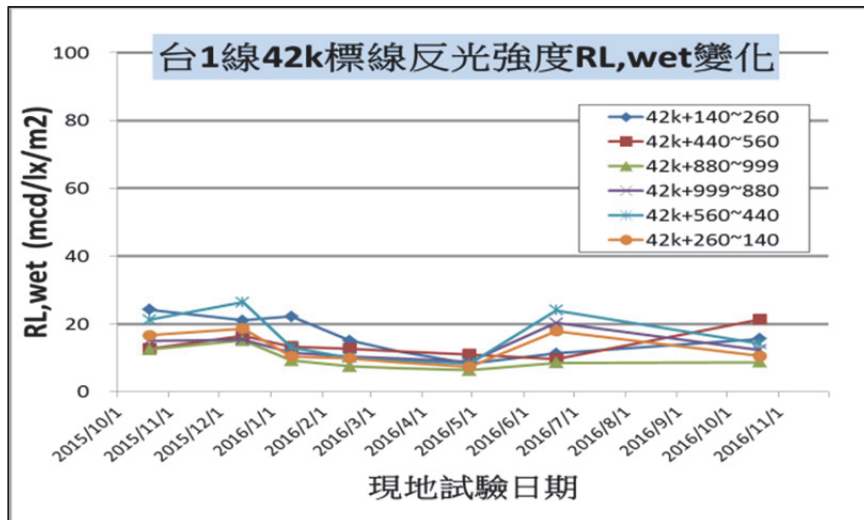


圖 15 台 1 線 42k 標線 R_{L,wet} 試驗結果

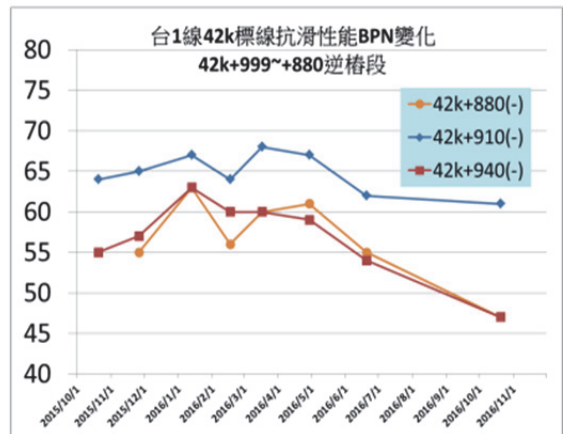
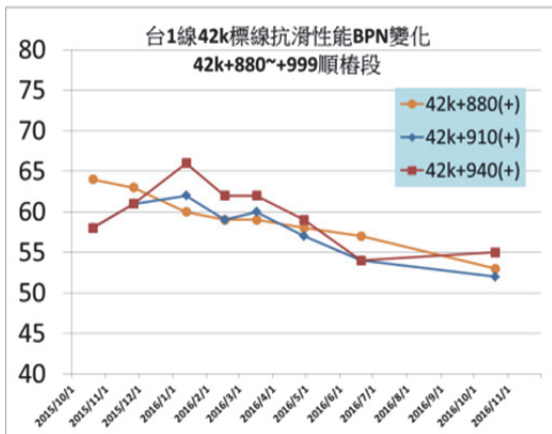
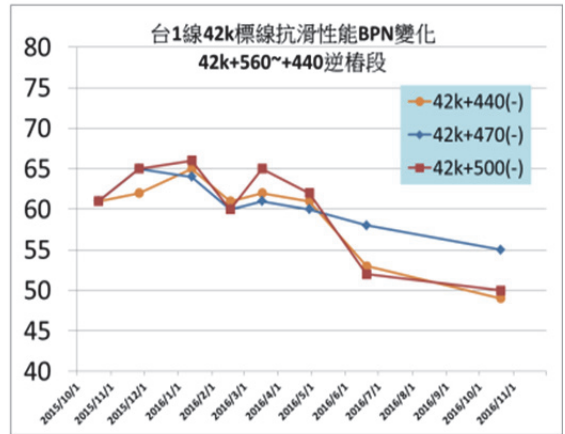
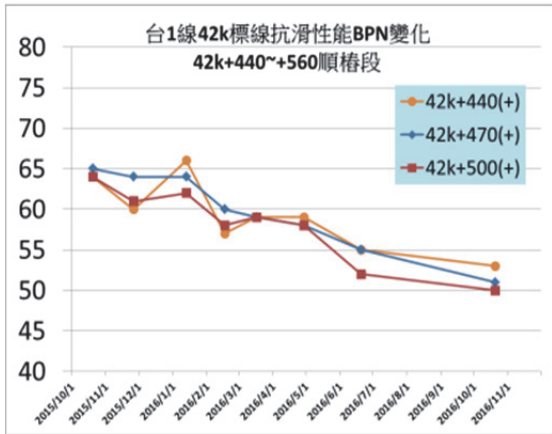
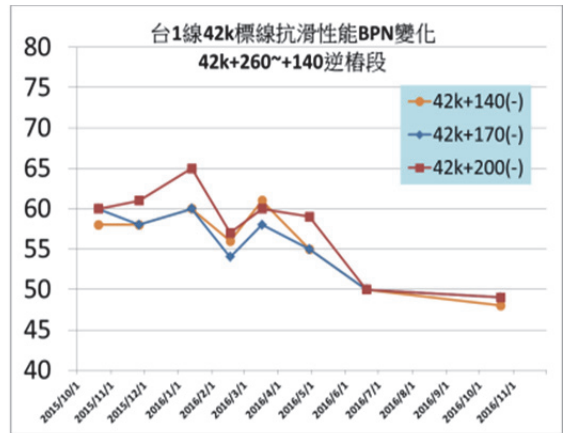
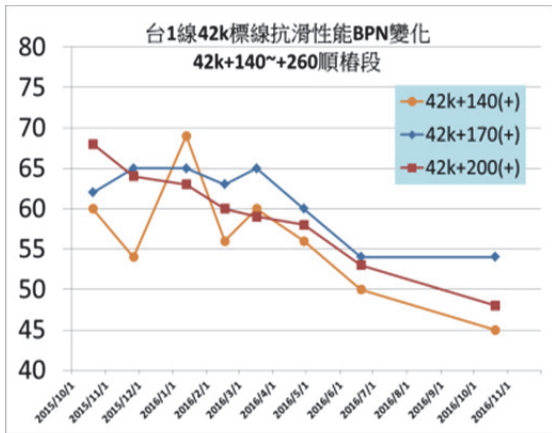


圖 16 台 1 線 42k 標線 BPN 試驗結果 (+表順樁，-表逆樁)

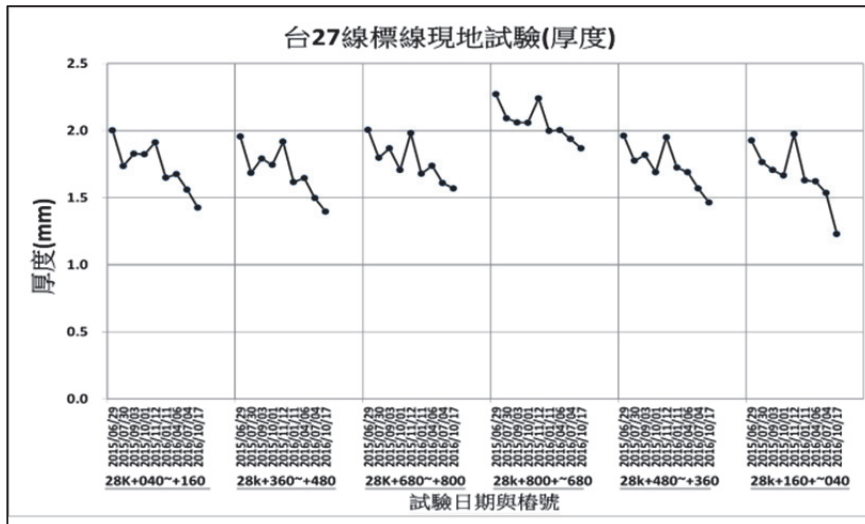


圖 17 台 27 線 28k 標線厚度試驗結果

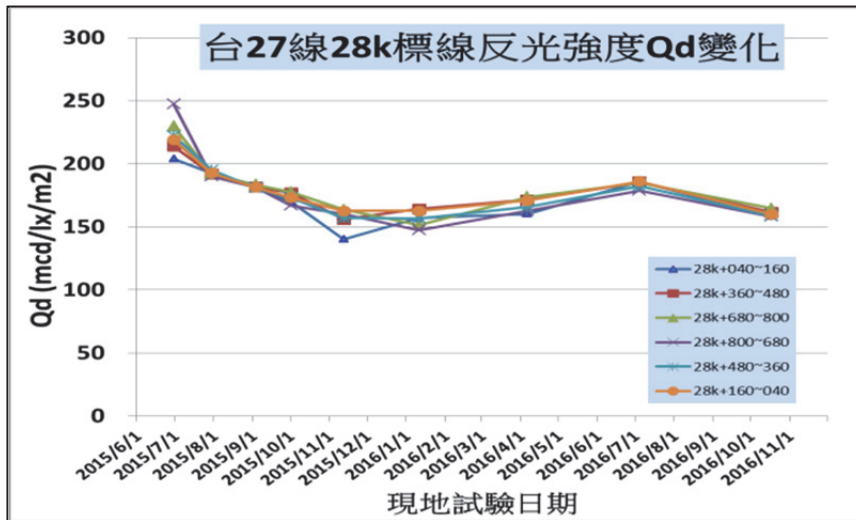


圖 18 台 27 線 28k 標線 Qd 試驗結果

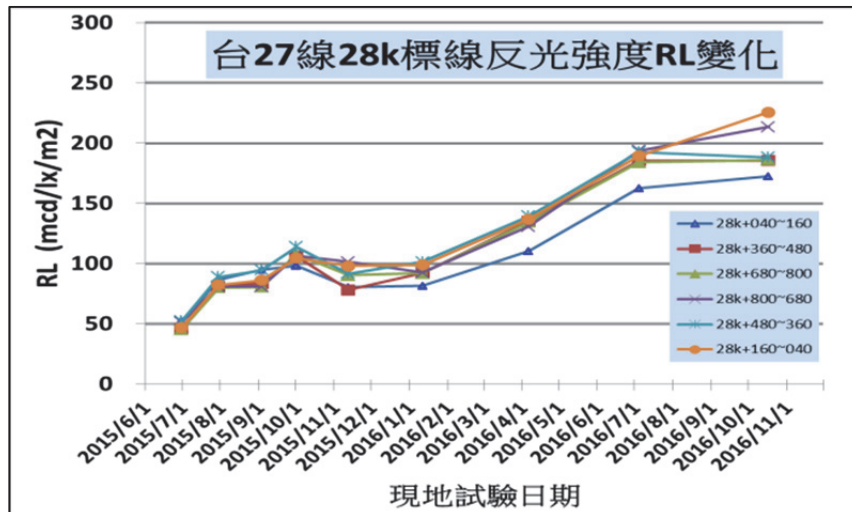


圖 19 台 27 線 28k 標線 RL 試驗結果

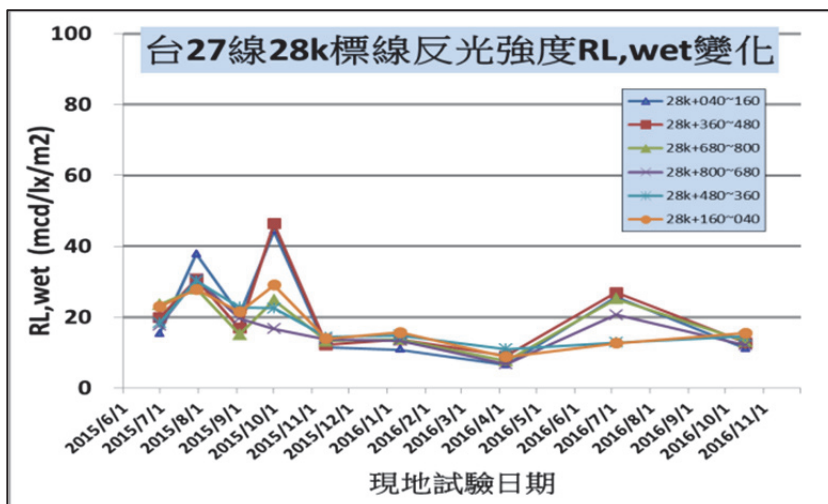


圖 20 台 27 線 28k 標線 $R_{L,wet}$ 試驗結果

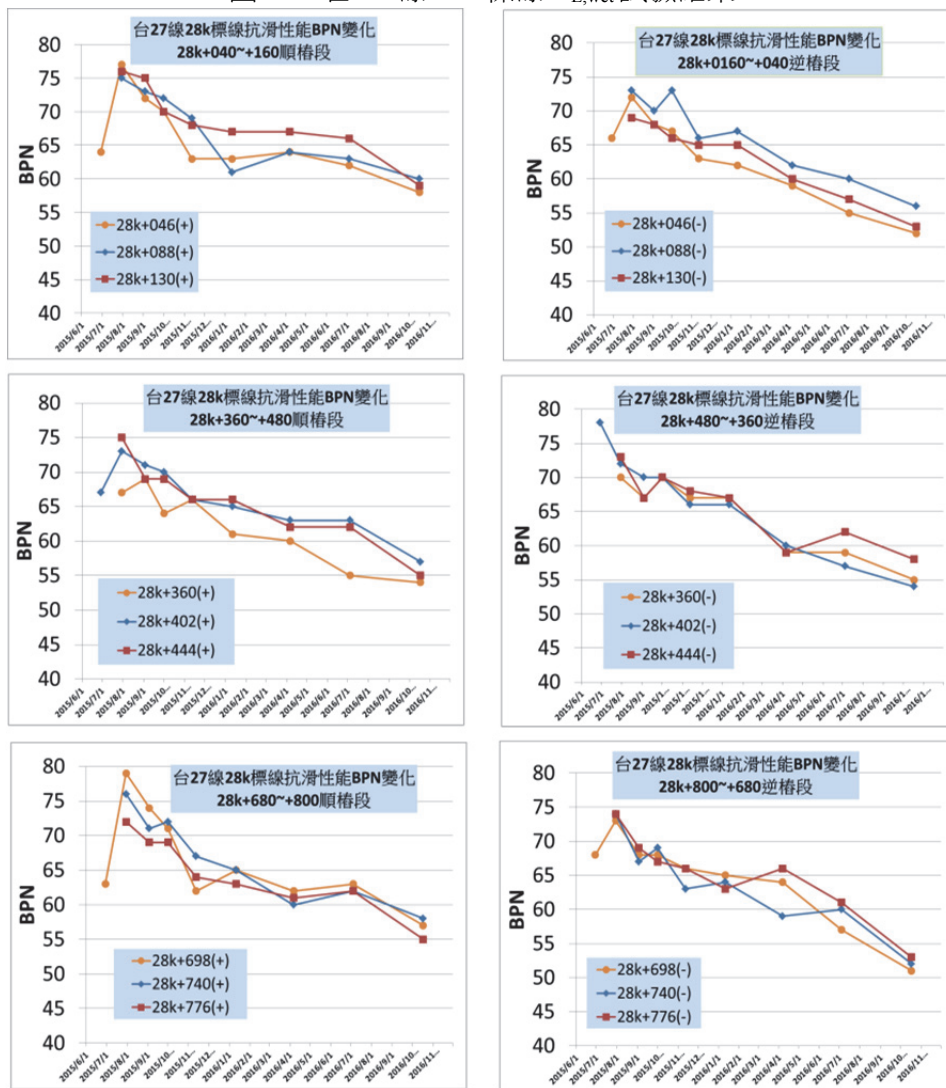


圖 21 台 27 線 28k 標線 BPN 試驗結果 (+表順樁，-表逆樁)

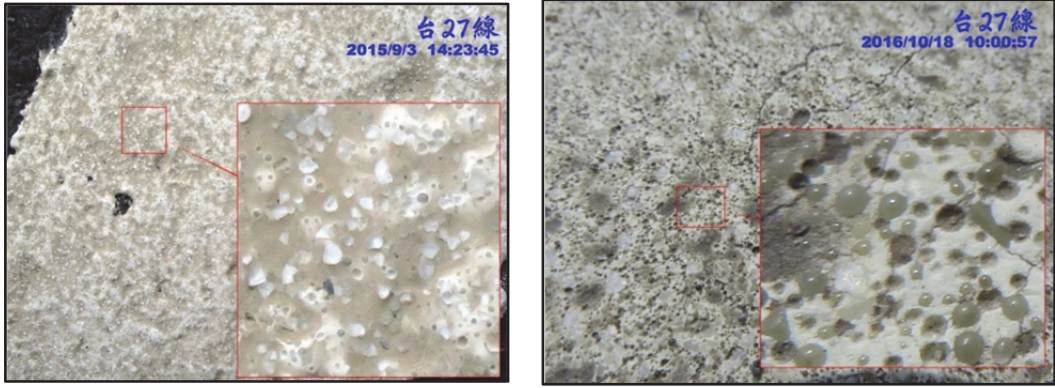


圖 22 台 27 線標線表面玻璃珠比較

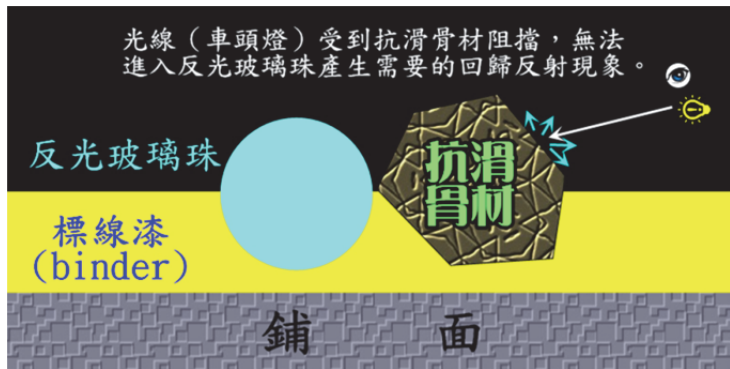


圖 23 標線表面玻璃珠受抗滑骨材影響示意圖

□ 現地試驗 (反光性能 vs 抗滑能力)

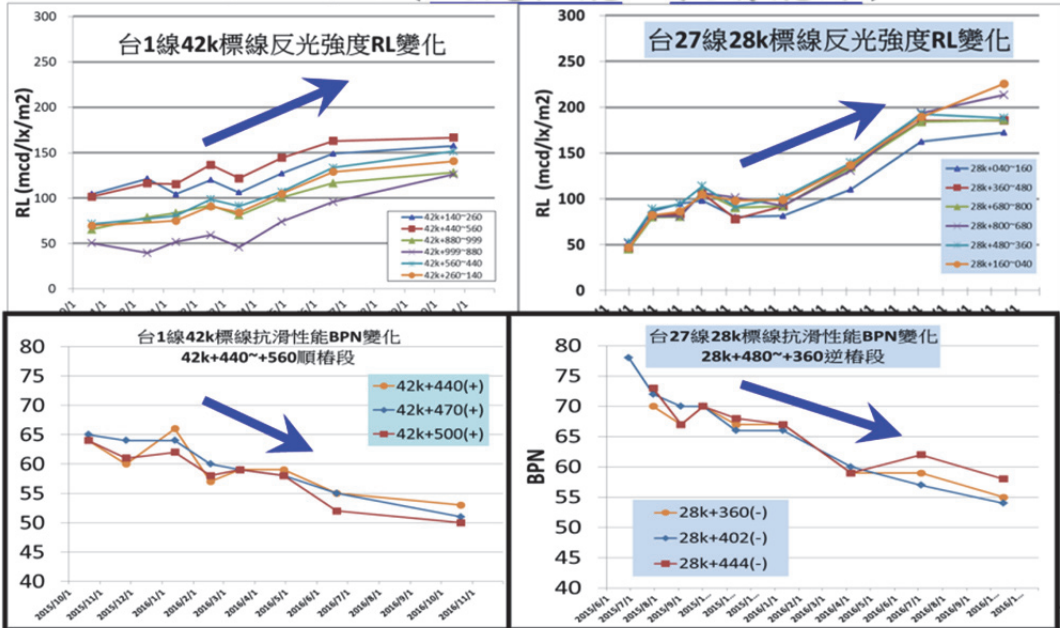


圖 24 現地標線性能試驗結果隨時間變化之關係圖

五、結論與建議

總結本研究結論與建議如下：

1. 使用符合 CNS 1333 與 CNS 4342 規格的標線漆材料， Q_d 能達 CNS 15834 Q3 (130 $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$) 等級；實測抗滑也符合 45 BPN 以上要求；惟完工時 R_L 與研究期間 $R_{L,WET}$ 都偏低。
2. 新繪標線的初期 R_L 偏低，惟經 1 年期的追蹤檢測發現呈逐步上升趨勢，研究期間可達 R3 (150 $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$) 等級反光性能。
3. 圖 24 為南北 2 處現地性能試驗結果隨時間變化之關係，由觀測成果知標線的反光性能與抗滑能力呈現彼消此長的現象；2 處標線之初期抗滑能力均佳達 60BPN 以上，惟初期反光強度 R_L 幾乎都無法達 100 $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$ ；抗滑能力 BPN 值隨觀測時間下降，1 年後約在 50~55BPN 左右；反光強度 R_L 則隨觀測時間上升，1 年後均在 100 $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$ 以上。
4. 標線厚度經 1 年的追蹤檢測其值隨時間而下降。
5. 研究使用標線可歸類為 CNS 15834 定義之『I 型道路標線』。實務面若需提升標線之 $R_{L,WET}$ 或 $R_{L,RAIN}$ 性能，建議採用具特殊性能，能增進在潮濕或下雨狀況下回歸反射的『II 型道路標線』，或是輔以路面標記與反光導標等設施。。
6. 本研究標的為白色 15cm 邊線，研究成果並無法推估承受交通磨損量不同之其他類型標線（車道線、行穿線、標字或圖形等）其長期性能變化。
7. 回歸反射輝度係數 R_L 等級低落的原因可能來自交通磨損、局部磨耗、水、灰塵及泥土等環境因素。
8. CNS 15834 規定的 SRT 值與交通工程規範的 BPN 值，兩者不能直接轉換，建議後續研究探討其相關性。
9. CNS 15834 未訂定反光強度取樣方式與頻率，建議需進一步的研究評估訂定客觀有效的取樣檢測方法以避免產生爭議；另為提高標線抗滑能力建議宜針對反光性能的影響及後續交通安全的研究評估後，再訂定因地制宜的標線防滑性能等級。

參考文獻

- [1] 中華民國國家標準，CNS 1333 [路線漆]，2006 年版。
- [2] 中華民國國家標準，CNS 4342 [交通反光標誌塗料用玻璃珠]，1989 年版。
- [3] 中華民國國家標準，CNS 4343 [交通反光標誌塗料用玻璃珠檢驗法]，1989 年版。
- [4] 中華民國國家標準，CNS 1333 [道路標線塗料]，2017 年版。
- [5] 中華民國國家標準，CNS 4342 [交通反光標誌用玻璃珠]，2016 年版。
- [6] 交通部公路總局，施工說明書技術規定，2012 年 10 月。
- [7] 蔡全義、許阿明，「國內外熱拌塑膠反光標線規範之比較分析」，臺灣公路工程，第 34 冊，第 12 期，頁 2-33，2008 年 12 月。
- [8] 中華民國國家標準，CNS 15834 [道路標線使用性能]，2015 年版。
- [9] 中華民國國家標準，CNS 4345 [反光片及反光膠帶]，2014 年版。
- [10] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, "Updates to Research on Recommended Minimum Levels for Pavement Marking Retroreflectivity to Meet Driver Night Visibility Needs," *FHWA-HRT-07-059*, OCTOBER 2007.
- [11] ROADVISTA, "<http://www.roadvista.com/wp-content/uploads/2015/09/The-Ultimate-Guide-to-Retroreflection-RoadVista.pdf>," ROADVISTA. [Online]. [Accessed 23 February 2016].
- [12] Dr. William J. Rasdorf, Dr. Joseph E. Hummer, Guanghua Zhang and Dr. William E. Sitzabee, "Pavement Marking Performance Analysis," *North Carolina Department of Transportation Research and Development Group, Raleigh, NC 27699-1549*, June 30, 2009.
- [13] Skid Resistance and Pavement Marking Materials. Harlow, Alister. s.l.: Surface Friction International Conference, 2005.
- [14] 周家蓓主持陳艾懃協同主持，鋪面自動化辨識與自行車道平坦度量測設備功能擴展，內政部營建署委託研究，103 年 7 月。
- [15] BS EN 1436:2007+A1:2008, "Road marking materials. Road marking performance for road users," August 2007.
- [16] 交通部，交通工程規範，2014 年 12 月。
- [17] ASTM D7585/D7585M, "Standard Practice for Evaluating Retroreflective Pavement Markings Using Portable Hand-Operated Instruments," 2010.

- [18] Florida Department of Transportation, "Florida Method of Test for FIELD EVALUATION of TRAFFIC MARKING MATERIALS," Designation: 5-541. Revised: September 22, 2014.
- [19] BS EN 1436:2007+A1:2008, "Road marking materials. Road marking performance for road users," August 2007.
- [20] ASTM E1710, "Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Pavement Marking Materials with CEN-Prescribed Geometry Using a Portable Retroreflectometer," 2011
- [21] ASTM E2302, "Standard Test Method for Measurement of the Luminance Coefficient Under Diffuse Illumination of Pavement Marking Materials Using a Portable Reflectometer," 2003.
- [22] ASTM E2177, "Standard Test Method for Measuring the Coefficient of Retroreflected Luminance (R_L) of Pavement Markings in a Standard Condition of Wetness," 2011.
- [23] SWARCO, "Reflective Glass Bead Field Guide For Pavement Markings," [Online]. Available: <https://www.swarco.com/northamerica/content/download/9788/122864/file/glass%20bead%20field%20guide.pdf> [Accessed 11 3 2016].

新舊橋梁基礎重疊解決策略分享- 以台 17 甲線鹽水溪橋改建工程為例

陳譽仁*、陳善瑒**、林一和***

摘要

台 17 甲線鹽水溪橋改建工程，由於舊橋資料因年代久遠竣工圖說佚失，遭遇新設計橋墩基礎與舊橋基礎部分重疊，以及基礎施工圍堰與舊橋基礎部分牴觸之衝突狀況，經採用聯合圍堰變更為獨立圍堰、水下基礎探查、部分舊基礎切割、及新橋基礎偏心擴座等方法，成功克服了新舊基礎衝突的施工問題，同時節省部分工程經費。謹以本文提供處理過程案例說明，俾爾後類此橋梁工程設計參考。

關鍵詞：鹽水溪橋、基礎、圍堰、切割、鋼板樁

一、前言

近數十年來，隨臺灣人口成長，各地橋梁交通要道使用情形，行車交通流量皆已達飽和狀態不敷使用，尤以區域人口密度高之大型都會區，市中心聯外道路跨河川溪流橋梁更是交通瓶頸所在，有鑒於此地方政府及相關管理單位針對現有聯外老舊橋梁考量其（1）區域交通流量大，（2）通洪能力不足，（3）不符現今耐震規範，分別規劃改建，惟因所改建橋梁老舊且年代久遠致竣工圖資取得困難，常造成規設階段盲點，工法設計無法確切可行，如又考量施工期間溪流行水斷面，新橋落墩常依舊橋墩並行設計，屢屢造成新建工程橋墩圍堰、基礎施工不明障礙或新舊基礎

* 公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第二工務段段長

** 正修科技大學營建工程研究所碩士

*** 公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第二工務段主辦工程師

重疊...等困難，本文僅以「以台 17 甲線鹽水溪橋改建工程」為例，在有限的空間藉由變通的施工方法，克服既有障礙的限制，將結構之衝突降至最小，並兼顧施工期間之安全，說明新建橋梁落墩基礎與舊橋基礎位置重疊，及施工圍堰與舊橋結構相互抵觸之解決方案，期能藉由本文案例所研議施工障礙排除方法（如基樁、基礎偏心設計變更、舊橋基礎切割...等），提供日後類似基礎工程於設計及施工時之參酌，俾使工程順利進行。

二、工程計畫緣起

台 17 甲線是臺南市重要的交通要道之一，北起安定安南區界與國道 8 號共同起點（安吉路），南至高雄湖內橋，全長 26.85 公里，沿線經過臺南市安南區、北區、中西區及南區。

本工程位於台 17 甲線（6k+800~7k+058），橫跨鹽水溪，北接海佃路，通往國道 8 號高速公路，南接文賢路，為當地居民及各地行旅進出臺南府城重要聯絡橋梁，工程地理位置如圖 2-1、圖 2-2。

鹽水溪橋興建於民國 67 年，於國道 8 號開通後，往返臺南市區車流大增，於民國 94 年辦理第一次橋面拓寬作業，解決鹽水溪橋壅塞的困境。又於 98 年在橋梁上下游兩側約 10 公尺距離增設人行步道橋，以提供行人及自行車用路空間。惟迄今原橋齡已近 40 年，橋梁結構已不符合現今耐震標準，亦因車流大增，橋梁安全性堪慮，並配合水利署河川治理規劃檢討需求，除將舊鹽水溪橋橋面拓寬外，同時提高鹽水溪橋中央區段高程，以增加颱風暴雨時之通洪斷面，計畫緣起歷程如圖如 2-3 [1]，施工前行車斷面如圖 2-4、圖 2-5，完工斷面如圖（3-3）。

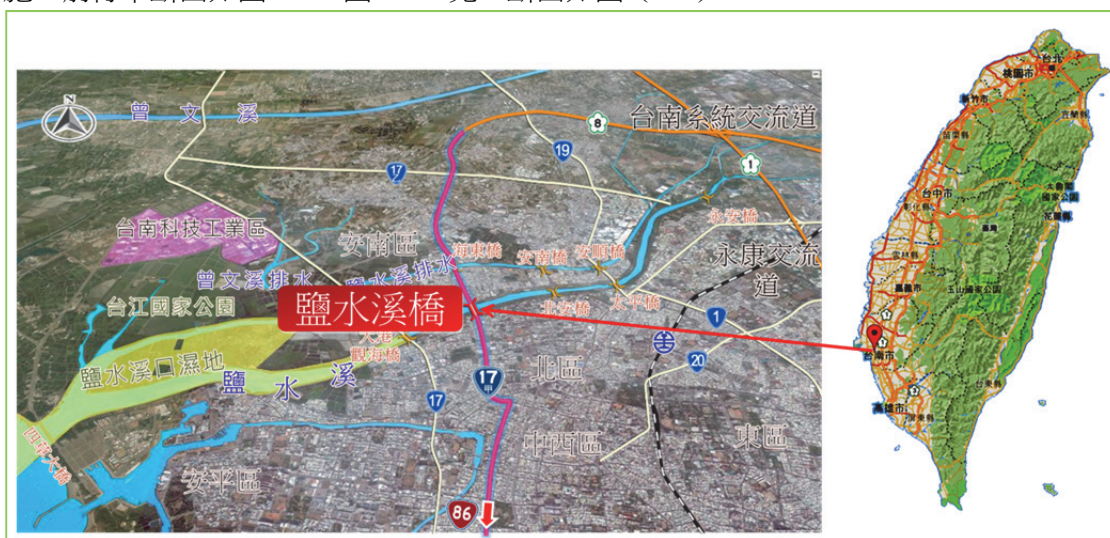


圖 2-1 鹽水溪橋地理位置



圖 2-2 鹽水溪橋工程位置



圖 2-3 計畫緣起歷程圖示。[1]

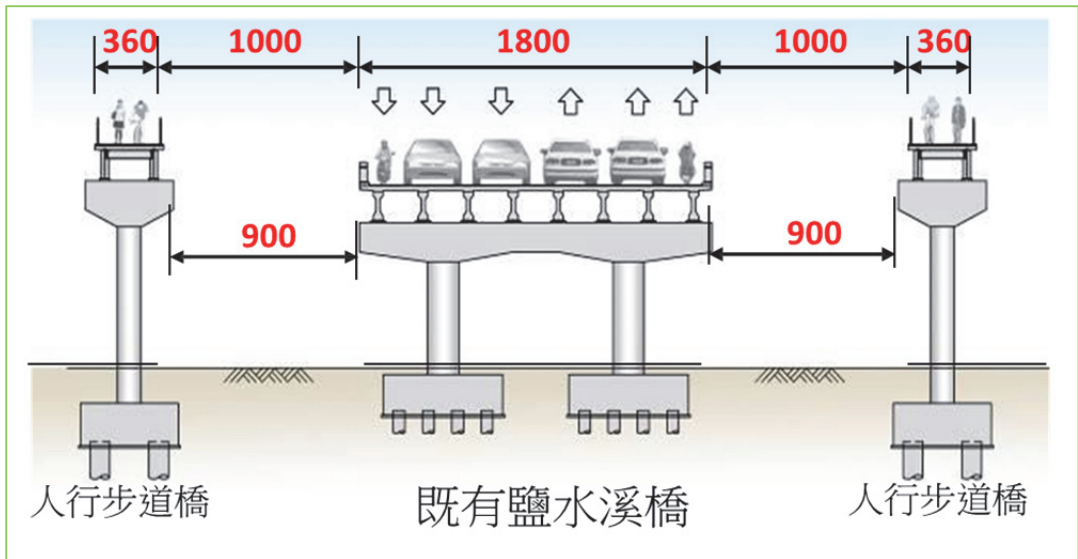


圖 2-4 鹽水溪橋改建前行車斷面圖示。



圖 2-5 鹽水溪橋改建前實景。

三、工程概述

台 17 甲線（6k+800~7k+058）鹽水溪橋改建工程，為聯絡臺南市北區及安南區跨鹽水溪橋梁，總工程經費約 4 億 2 仟餘萬元，工期為 910 日曆天，主要結構為總長 212 公尺鋼構橋樑，兩端與既有道路銜接，工程平立面圖如圖 3-1、圖 3-2。

3.1 工程基本資料

工程名稱：台 17 甲線鹽水溪橋改建工程

主辦機關：公路總局西部濱海公路南區臨時工程處
監造單位：公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第二工務段
設計單位：林同棧工程顧問股份有限公司
承攬廠商：義力營造股份有限公司
工程地點：臺南市安南區、北區
契約金額：4 億 2 仟 4 佰萬元
開工日期：105 年 08 月 10 日
預定竣工日期：108 年 03 月 29 日（核定展延工期 52 日）

3.2 工程內容

本計畫施作項目主要為橋梁拆除、拓寬及重建主要施工工項包括：

1. 橋梁工程（新舊橋梁上下部結構拆除及新建）。
2. 道路工程（路面銜接、復舊）。
3. 交通工程（交通設施復舊）。
4. 排水工程（橋面排水、河川治理規劃）。
5. 代辦管線工程（遷移、試挖）等項作業。

3.3 結構型式（工程斷面如圖 3-3）

1. 上部結構：橋梁總長 212m，寬度 30m，四跨連續 I 型變斷面（ $h=50\text{cm}\sim 260\text{cm}$ ）鋼板梁橋，RC 橋面版及 AC 面層。
2. 下部結構：橋墩為樁式基礎，基樁 $\text{Ø}1.5\text{m}\times 50\text{m}(\text{L})\times 8$ （支/座），圓形單柱式橋墩共 6 座；橋台為樁式基礎，基樁 $\text{Ø}1.5\text{m}\times 15\text{m}(\text{L})\times 13$ （支/座）共 2 座。

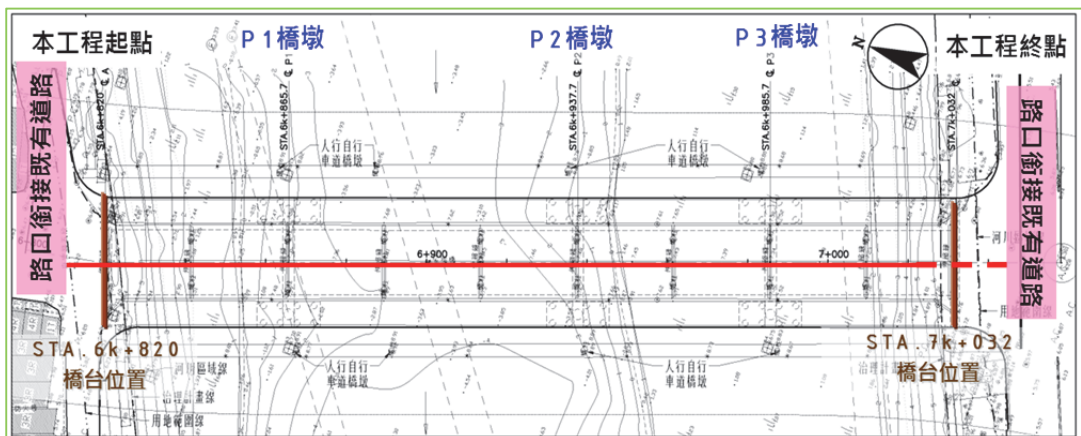


圖 3-1 工程平面圖

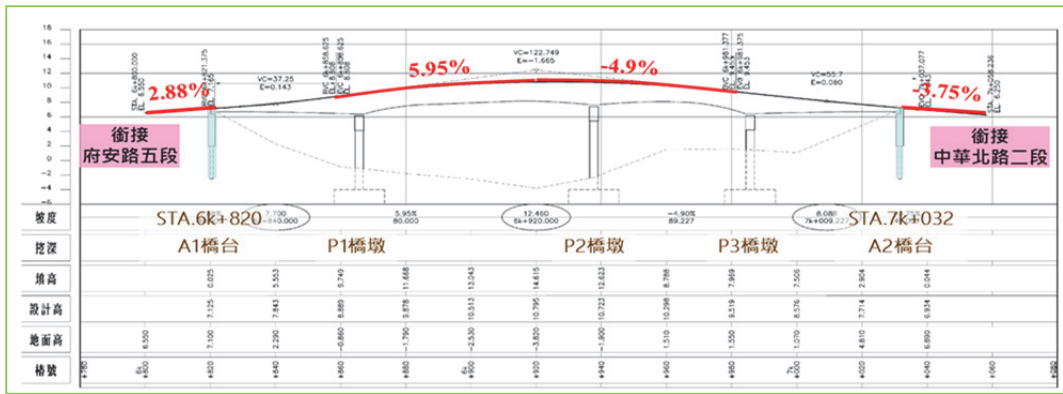


圖 3-2 工程立面圖

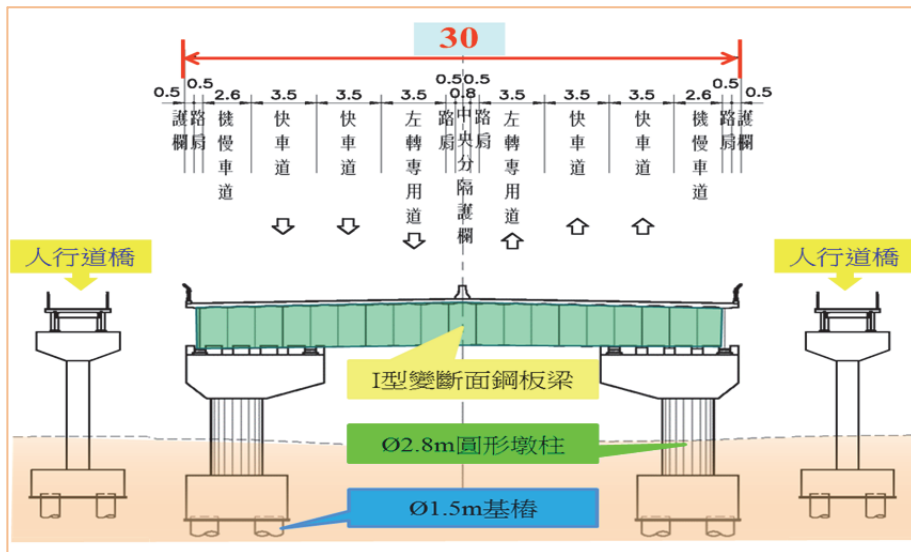


圖 3-3 工程完工斷面圖

四、交通維持與施工

4.1 交通維持

台 17 甲線為臺南市中心對外連絡要道，交通流量甚鉅，施工中配合交通通行需求，本工程採二階段分段施工（如圖 4-1）：

1. 第一階段施工：於舊有鹽水溪橋二側先行施工，各寬 7.5M 永久結構新橋，交維行車改道平面圖示，（如圖 4-2）。
2. 第二階段施工：二側新橋完工後，既有行車車流改道二側新橋後，拆除中央舊橋，再行中央區塊上構主橋聯結，交維行車改道平面圖示，（如圖 4-3）。

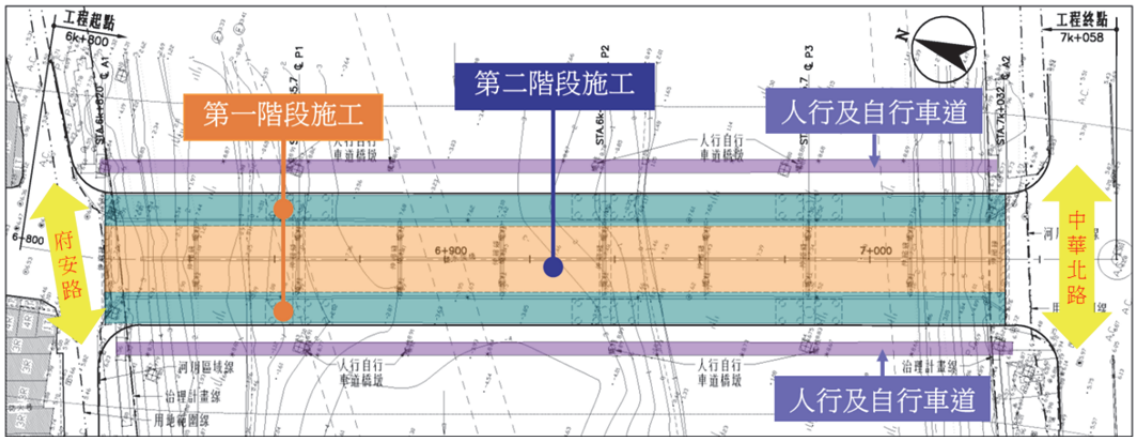


圖 4-1 第一、二階段施工平面圖示

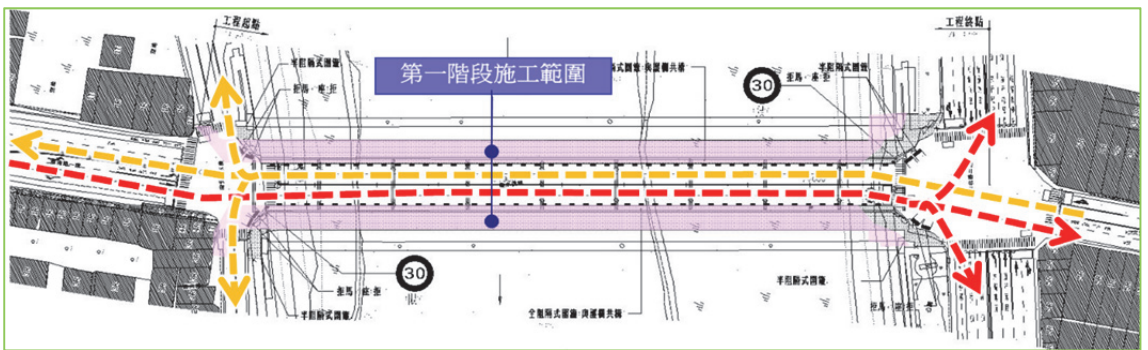


圖 4-2 第一階段施工交維車行路徑平面圖示

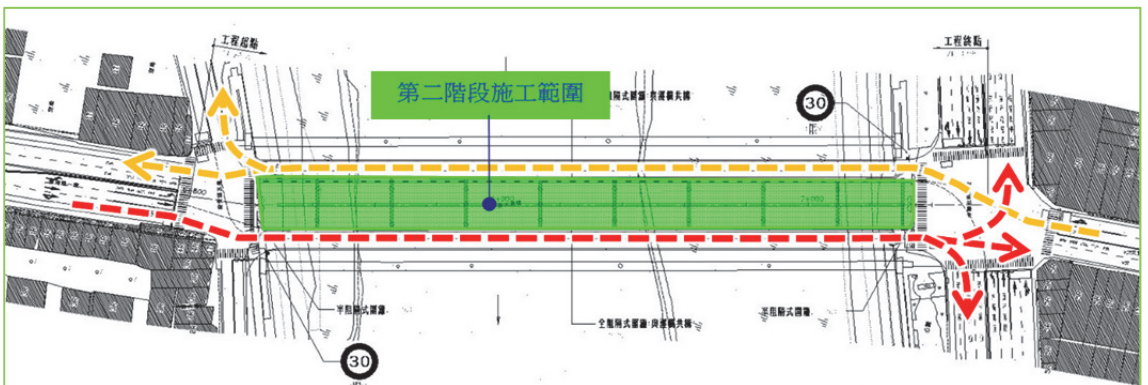


圖 4-3 第二階段施工交維車行路徑平面圖示

4.2 施工

4.2.1 第一階段施工流程，(如圖 4-4)



圖 4-4 第一階段施工流程圖

4.2.2 第二階段施工流程，(如圖 4-5)

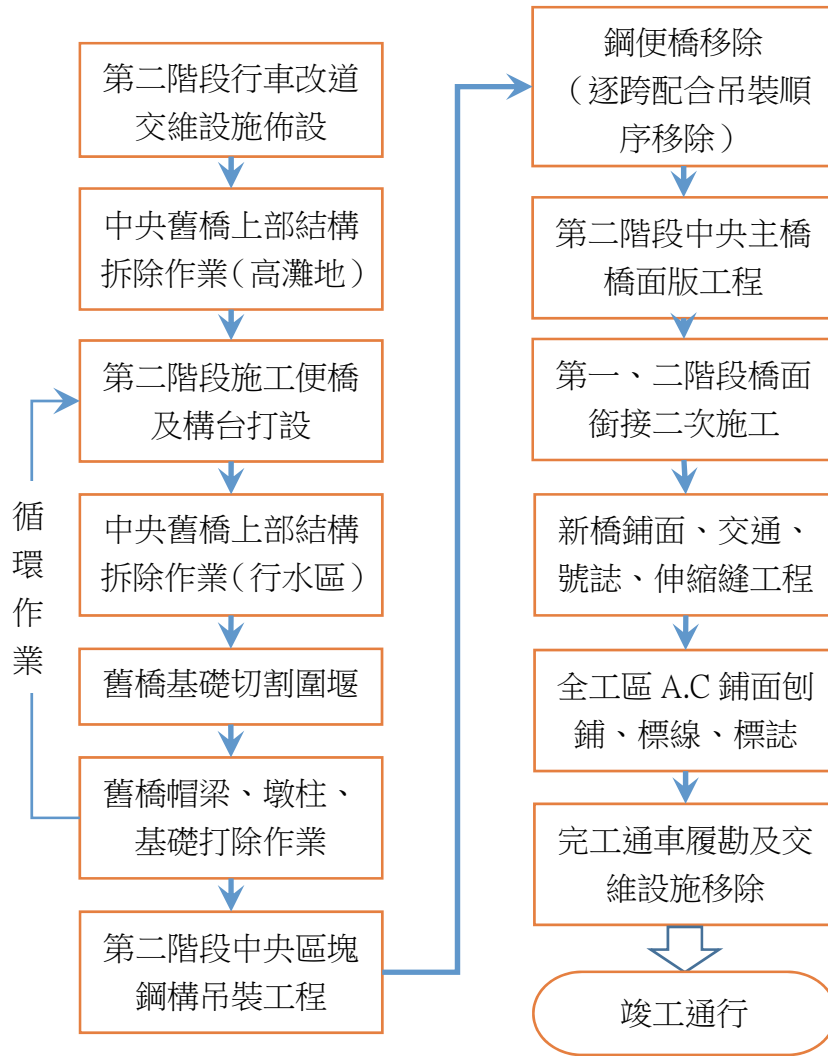


圖 4-5 第二階段施工流程圖

4.2.3 施工步驟圖示，(如圖 4-6)

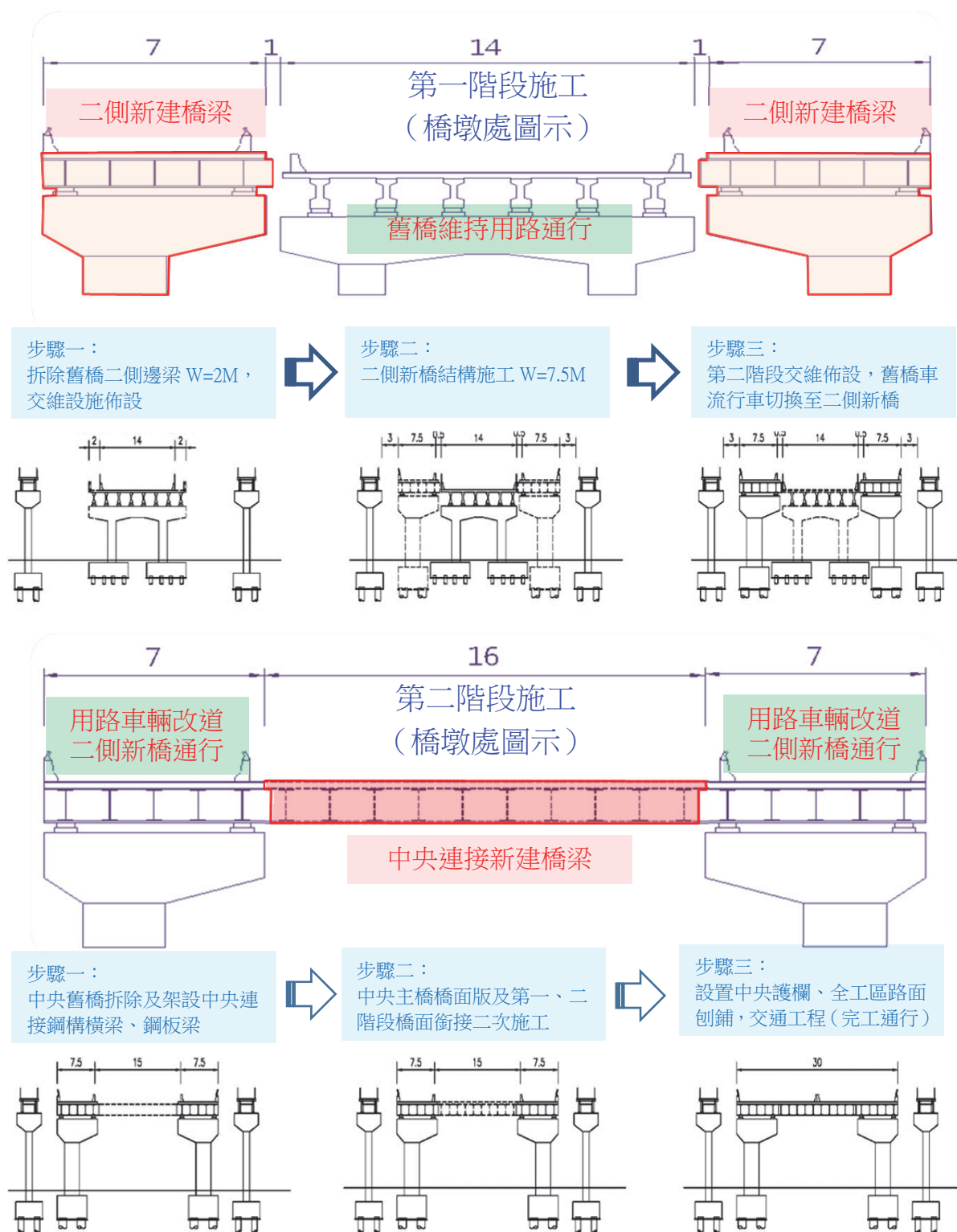


圖 4-6 施工步驟示意圖

五、遭遇困難與解決策略

5.1 遭遇困難（案一）：二側新橋橋墩圍堰共構無法施工

本工程位於行水區 P1R、P1L、P2R、P2L 共 4 處，二側新橋左右橋墩，採打設雙層鋼板樁共構，作為橋墩開挖、擋土、止水及兼具第二階段舊橋基礎拆除圍堰... 等功能，原規設圍堰平面圖說如圖 5-1，惟設計階段未詳加考量施工機具作業空間不足（如圖 5-2），機具無法進入舊橋橋下圍堰板樁打設及接續橋墩工程。

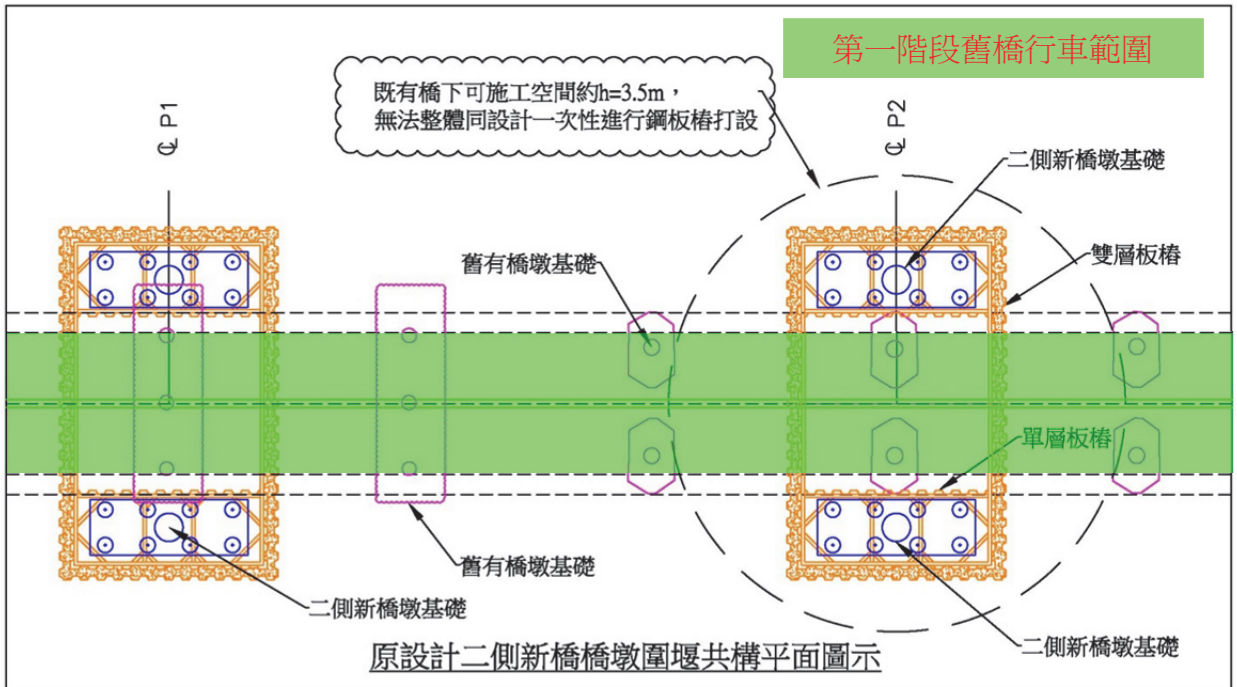


圖 5-1 原設計圍堰平面圖

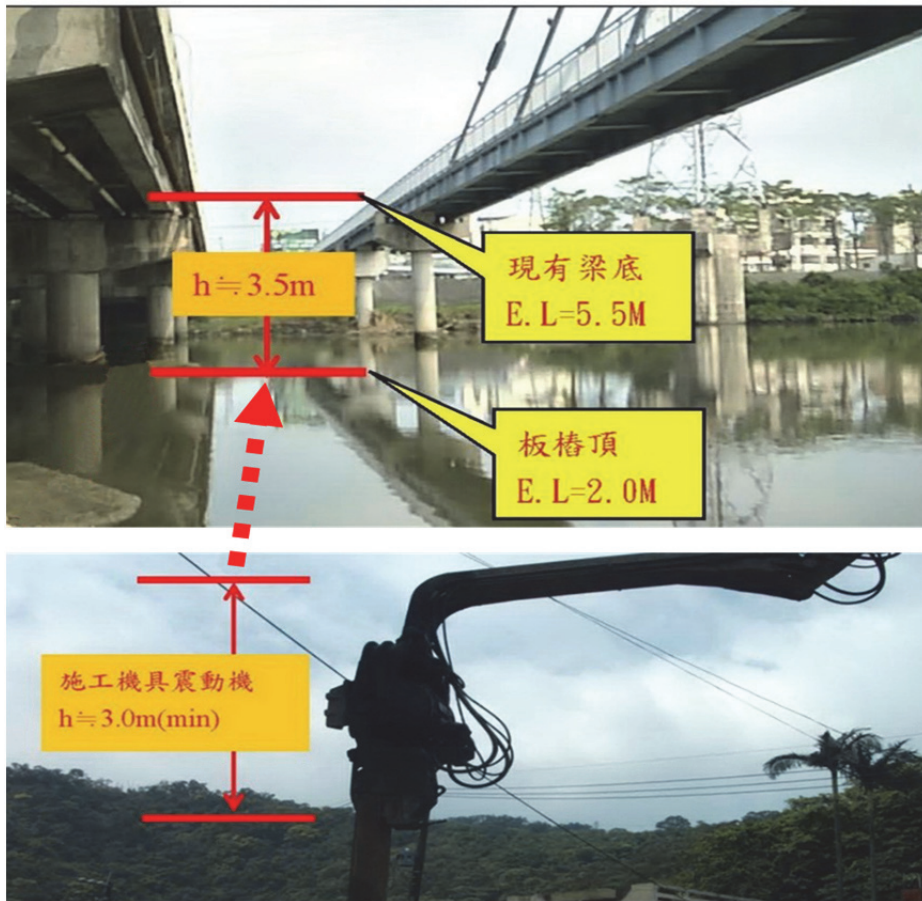


圖 5-2 原設計圍堰未考量大型施工機具作業空間不足圖示

5.1.1 案一：解決策略及現場施工紀實

解決策略：

1. 原設計第一及第二階段共構圍堰，改採階段分開圍堰（如圖 5-3）。
2. 雙層圍堰（外層板樁）與舊橋基礎重疊部分（如圖 5-4），避開舊橋基樁在不影響舊橋安全情形下，先進行舊橋基礎切割，增取外圍板樁施作空間，以利基礎開挖止水率。
3. 原設計位於二側新橋下方，因施工空間不足無法拔除（如圖 5-5），契約「鋼板樁買斷」項目，可於第一階段二側新橋橋墩完成後隨即撤除，且於二側新橋完工通行後，技巧性調整再進行切除橋基礎一部分，作為中央舊橋圍堰空間（如圖 5-6），如此可節省工程經費更兼具前述買斷材料移除困擾。

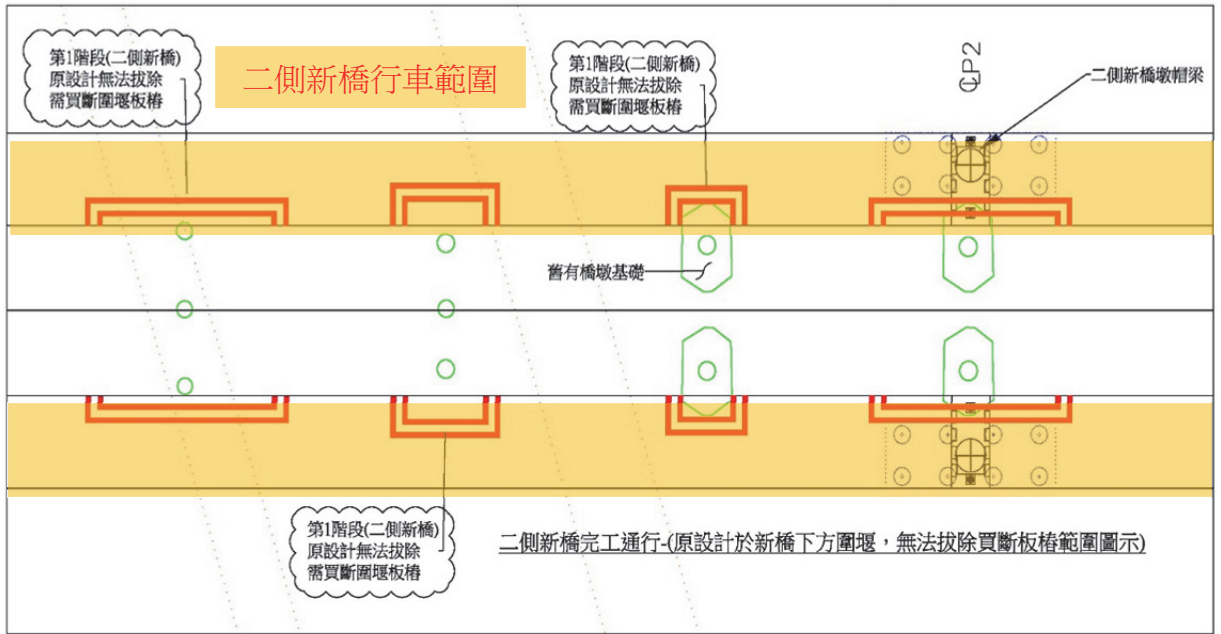
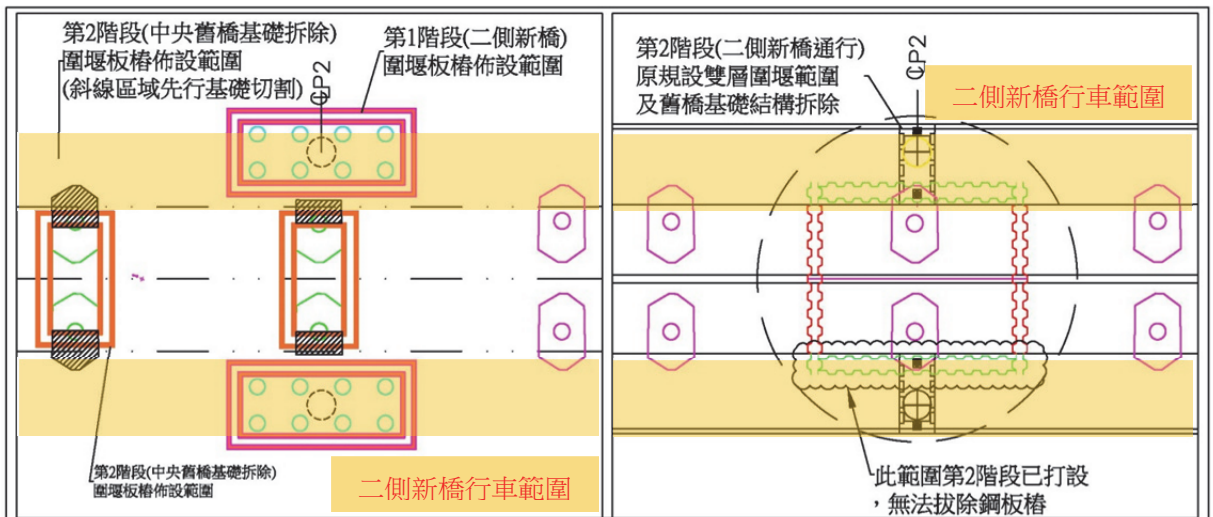


圖 5-5 二側新橋完工通行斷板樁範圍圖示
 - (原設計於新橋下方圍堰，無法拔除買斷板樁範圍圖示)



第一,第二階段圍堰佈設比較圖
 (左側圖說)-先行切割一部份舊基礎，增取圍堰空間，鋼板樁可拔除。
 (右側圖說)-保留第一階段買斷不拔除板樁施工。

圖 5-6 中央舊橋基礎拆除圍堰圖說
 -先行部分水中切割，再將圍堰剩餘舊橋基礎拆除

現場施工紀實（以 P2R 橋墩為例如圖 5-7~圖 5-9）：



圖 5-7 施工紀實圖說（1），接續下頁

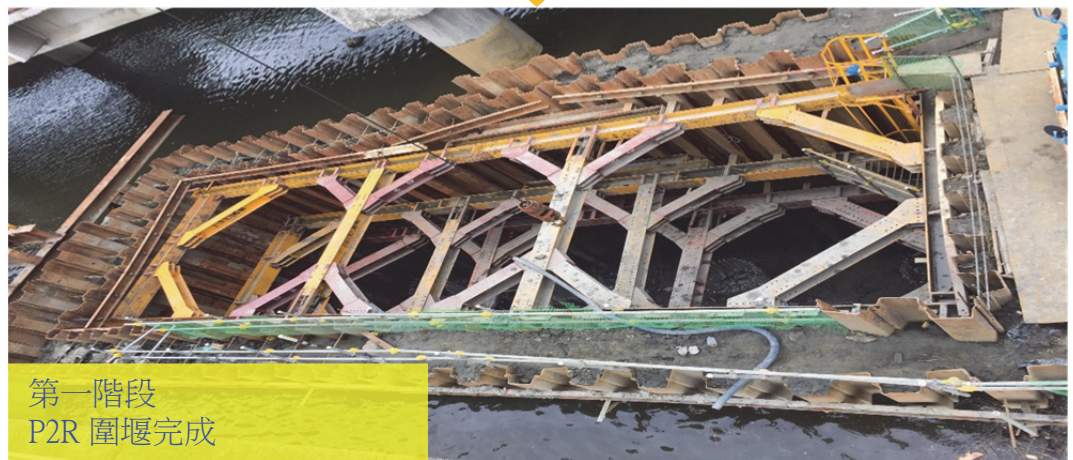
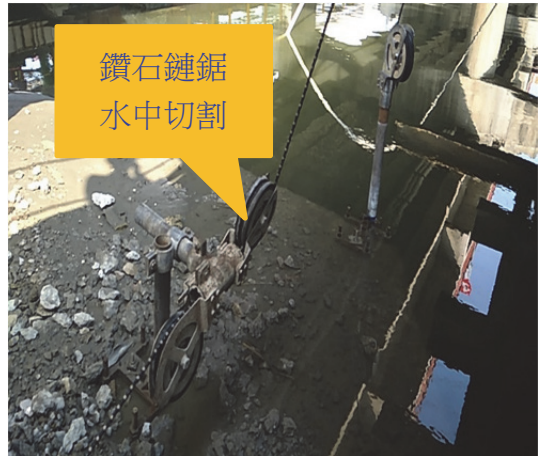


圖 5-8 施工紀實圖說 (2), 接續下頁



圖 5-9 施工紀實圖說 (3)

5.2 遭遇困難（案二）：二側新橋北上線（P1L）基礎基樁與舊橋基礎位置重疊，無法施工

本工程於 P1L 基礎施工便橋及構台打設作業期間，發現構台中間樁無法按照原先預定位置植入，隨即回報監造單位辦理現勘，且另聘潛水夫配合加長型挖土機具（如圖 5-10、圖 5-11），水下探查舊橋基礎並協助收測舊橋基礎相關坐標套繪，收測結果新舊基礎重疊範圍約略（0.31m*5.03m），（如圖 5-12），研判 3D 示意圖（如圖 5-13）。



圖 5-10 潛水夫探查舊橋基礎位置



圖 5-11 加長型挖土機具探查舊橋基礎位置

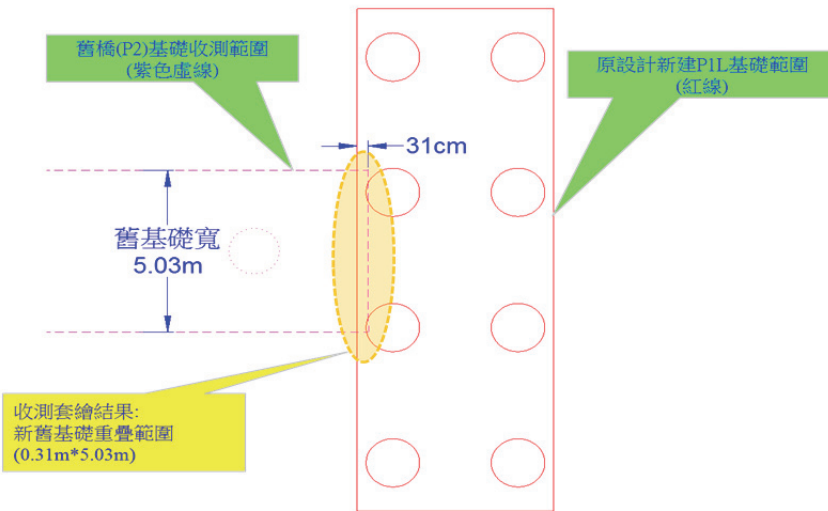


圖 5-12 新舊基礎相對位置實際收測平面圖

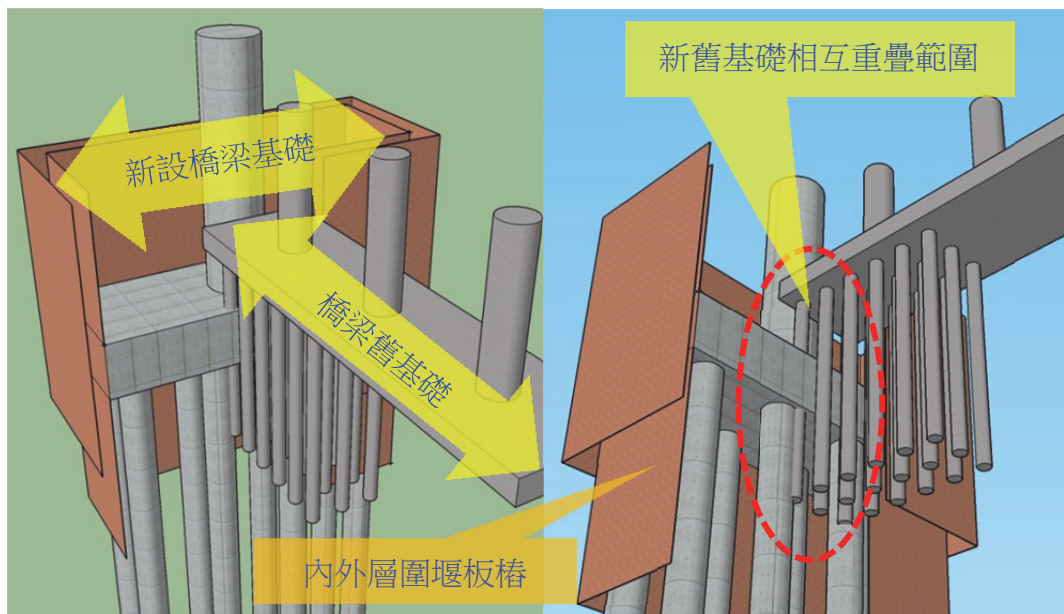


圖 5-13 研判新舊基礎相對位置 3D 圖示

5.2.1 解決策略及現場施工紀實

解決策略：

1. 墩柱位置不變，進行基礎偏心及基礎擴大設計變更（如圖 5-14），經設計單位結構分析檢核計算無安全餘慮，接續後續作業。
2. 以不破壞舊基礎基樁為原則，切除舊基礎重疊部分，增取圍堰鋼板樁打設空間（如圖 5-15）。

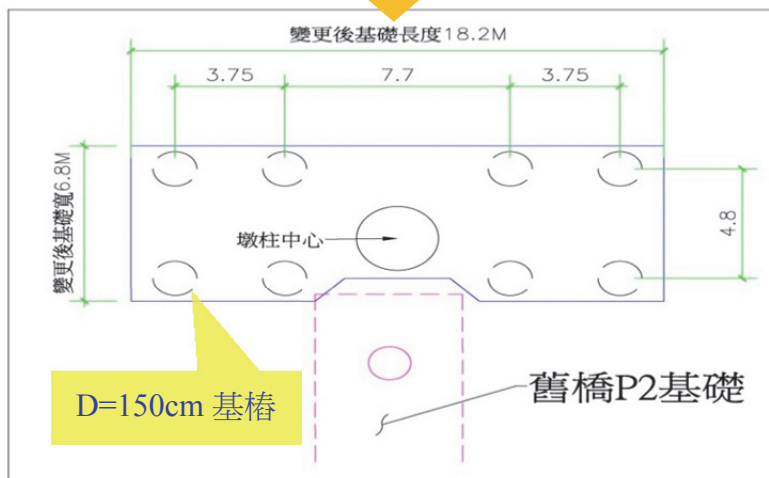
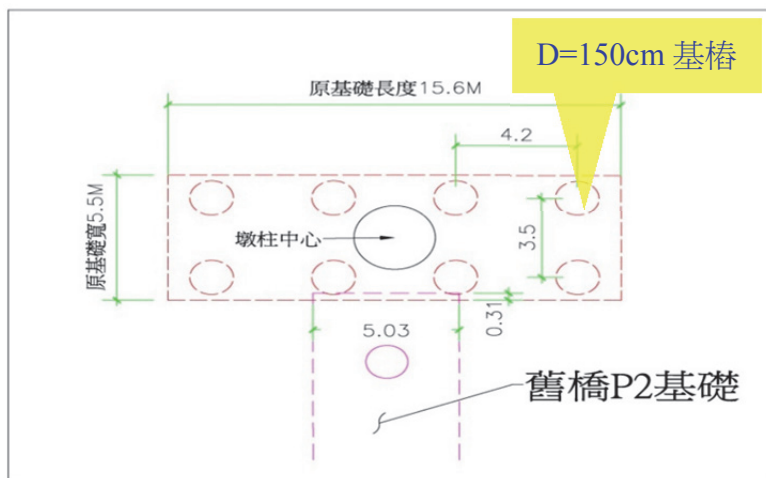


圖 5-14 P1L 基礎偏心變更設計為凹型基礎

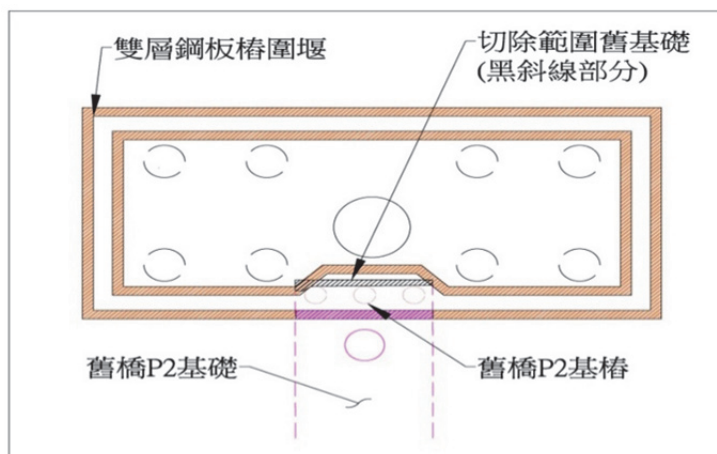


圖 5-15 切除舊基礎重疊部分圖示

現場施工紀實如圖 5-16~圖 5-17：

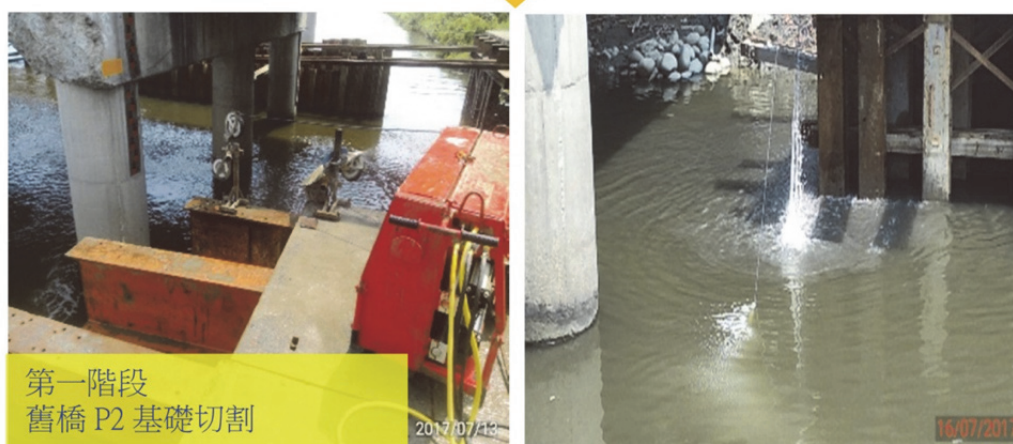


圖 5-16 施工紀實圖說 (1)，接續下頁



圖 5-17 施工紀實圖說 (2)

5.3 施工經費

本工程經克服前述 P1 及 P2 二種不同情形基礎重疊案，因施工法改變，增加基礎切割及減少買斷鋼板樁材料…等，如下表 5-1：

表 5-1

項次	工程項目	單位	原契約			變更預算			比較增減	
			數量	單價	金額 (A)	數量	單價	金額 (B)	增加金額	減少金額
壹.三.5	圍堰，雙層鋼板樁，L=9及13m，買斷(含填充不透水材料)	M	64	39,757	2,544,448	-	39,757	-		-2,544,448
壹.三.6	圍堰，雙層鋼板樁，L=9及13m(含填充不透水材料)	M	312	10,070	3,141,840	-	10,070	-		-3,141,840
壹.三.7	圍堰，雙層鋼板樁，L=9及19m，買斷(含填充不透水材料)	M	96	48,064	4,614,144	-	48,064	-		-4,614,144
壹.三.8	圍堰，雙層鋼板樁，L=9及19m(含填充不透水材料)	M	149	11,488	1,711,712	-	11,488	-		-1,711,712
壹.三.21	圍堰，雙層鋼板樁，L=13及13m(含填充不透水材料)	M	-	-	-	346	12,296	4,254,416	4,254,416	
壹.三.22	圍堰，雙層鋼板樁，L=13及19m(含填充不透水材料)	M	-	-	-	392	13,931	5,460,952	5,460,952	
壹.三.23	混凝土水中鏢鋸切割	M2	-	-	-	201	20,851	4,191,051	4,191,051	
					20,014,747			21,786,936	1,772,189	

六、結論

本鹽水溪橋改建工程工址位於位於臺南市中心，北區與安南區交界，且位於交通要道，交通繁忙，為老舊橋梁，各項圖資皆取得不易，形成新舊橋結構交界設計盲點，忽略深槽區下舊有結構座落情形，造成基礎施工階段，面臨新舊基礎重疊或圍堰工程與舊基礎重疊障礙困難，經各上級單位指導，設計單位及施工團隊共同研議下，在有限的空間藉由施工方法的改變，克服既有障礙的限制，將結構之衝突降至最小，兼顧施工期間新舊結構之安全及交通維持，改採舊基礎切割及新橋 P1L 基礎偏心變更設計…等施工方案，歷經千辛，迄今本工程圍堰工程已全數打設完成，且部分橋墩已完成高離水面（如圖 6-1），預定於 106.12 月中旬完成第一階段下部結構工程並接續上構吊梁作業，本案僅將基礎圍堰遭遇施工困難及如何克服方法，提供給往後類似工程設計及施工團隊參酌。

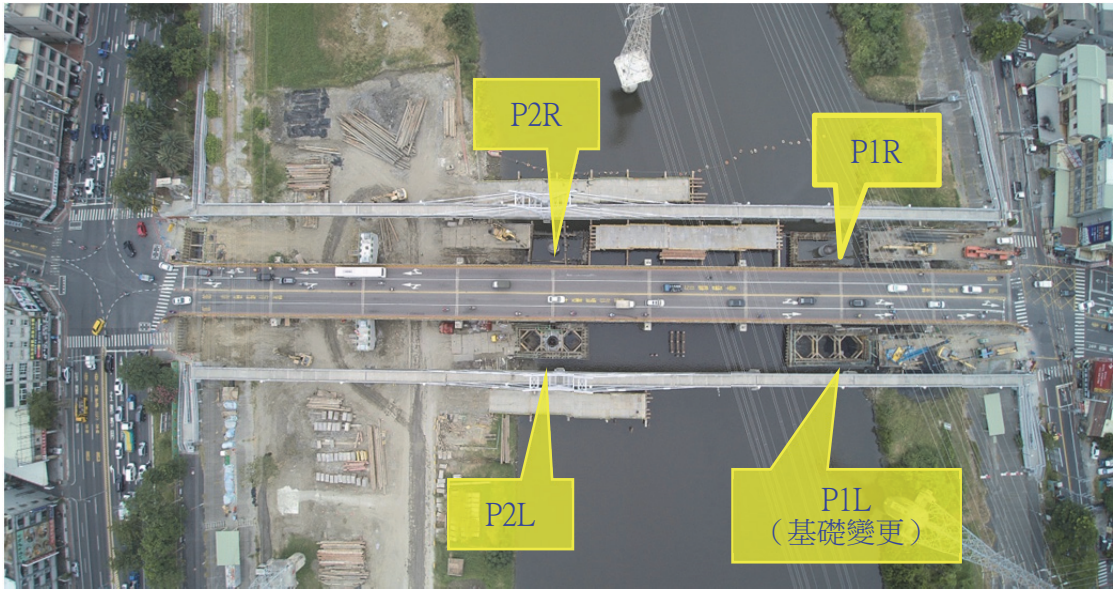


圖 6-1 工程施工現況 (攝於 106.10.13)

參考文獻

1. 公路總局西部濱海公路南區臨時工程處，台 17 甲線鹽水溪橋改建工程細部設計圖，中華民國 105 年 2 月。
2. 林同棧工程顧問股份有限公司，台 17 甲線鹽水溪橋改建工程細設審查會簡報，中華民國 105 年 1 月 4 日。
3. 西部濱海公路南區臨時工程處，羅國峯，創新與精進作為專題報告，2017。

臺灣公路工程月刊徵稿簡則

- 一、本刊為交通部公路總局工程同仁業餘進修刊物，歡迎本局同仁及國內外有關公路之工程、經濟、規劃、管理、資訊等未經刊登於其他刊物之研究論著均接受投稿；論文如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全部或部份或經重新編稿者，作者應提附該委託單位之同意書，並於論文中加註說明。凡由本刊主動邀稿者，不受上述限制。
- 二、本刊為一綜合性公路工程刊物，下列各類稿件均表歡迎：
 1. 論著：以公路工程之理論著述，創作發明，具有學術價值者為主。
 2. 專題研究：以實際經驗及創見，促進技術之改進者為主。
 3. 譯述：以譯述國外書刊雜誌或工程報導，具有參考或實用價值者為主，長稿予以節譯，如涉及著作權問題，由譯者自行負法律責任。
 4. 實務報導：以報導工程設計、施工、試驗之實際經驗為主。
 5. 法令釋義：以介紹或解釋公路交通法規為主。
 6. 新書介紹：以介紹國內外有關公路工程交通新書為主。
 7. 工程文摘：以介紹國內外有關公路交通工程新知識為主。
 8. 讀者通訊：以反應或解答有關公路交通工程問題為主。
 9. 工程報導：以報導國內公路交通工程動態為主。
 10. 業餘隨筆：以有關工程方面之輕鬆雋永之散文記述為主。
- 三、為便於一次刊出，來稿以一萬五千字為限，其中應包括三百字以內之摘要及三至五個關鍵詞，並請註明姓名、身份證字號、戶籍地址、服務單位、職稱、聯絡地址及電話。
- 四、文稿中需註釋處，請標明上標不加括號序碼，按順序往下連續編號，再於文後條列說明。文稿中之數學式，函數請使用正體字、變數請使用斜體字。圖及表中之中文字請使用新細明體，英文字請使用 Times New Roman 字體，圖原則上不加框、繪圖物件以群組處理，表之框線均採細線。參考文獻請按出現序排列，文中提及時請標明上標加括號序碼，參考文獻資料必須完整無缺，請依序書寫作者姓名、論文篇名、期刊（圖書）題名、卷期、出版社、出版日期、起迄頁碼。
- 五、來稿照片、圖片解析度需清楚（或附寄原版），凡無法清晰辨認及製版者，恕不接受；並請提供 Microsoft Word 2010（含以上）版本之電子檔。
- 六、本刊編輯委員對來稿在不變更其論點之原則下有刪改權，來稿一經發表，依本社規定致稿酬，版權歸本刊所有，其他刊物如需轉載，應同時徵得作者及本刊同意，並註明出處。
- 七、來稿如欲退還稿件請附足郵資。
- 八、投稿請寄臺北市萬華區東園街 65 號 8 樓臺灣公路工程月刊社收。

臺灣公路工程

出版者：臺灣公路工程月刊社

地 址：10863 臺北市萬華區東園街 65 號

電 話：(02)2307-0123 轉 8008

網 址：<http://www.thb.gov.tw/> 本局資訊 / 影音及出版品

編 者：臺灣公路工程編輯委員會

出版年月日：中華民國 106 年 12 月 15 日

創刊年月日：中華民國 41 年 11 月 11 日

刊期頻率：每月 15 日出刊

本期定價：新臺幣 30 元

展售處：

五南文化廣場

地 址：40042 臺中市中山路 6 號

電 話：(04)2226-0330

國家書店松江門市

地 址：10485 臺北市中山區松江路 209 號 1 樓

電 話：(02)2518-0207 (代表號)

國家網路書店：<http://www.govbook.com.tw>

三民書局

地 址：10045 臺北市重慶南路一段 61 號

電 話：(02)2361-7511

印刷者：社團法人中華民國領航弱勢族群創業暨就業發展協會

地 址：臺北市萬華區西園路二段 261 巷 12 弄 44 號 1 樓

電 話：(02)2309-3138

中華民國 106 年 12 月初版一刷

GPN：2004100003

ISSN：1812-2868

著作財產權：交通部公路總局

本刊內容不代表本局意見，發表之文字如需轉載或引用
請先徵得本刊之同意。

(請洽臺灣公路工程月刊社，電話：(02)2307-0123轉8008)

半年新臺幣 150元
一年新臺幣 300元
軍人及學生半價優惠

訂閱匯款至中央銀行國庫局(代號0000022)
帳號(共14碼)：11297109095019
戶名：交通部公路總局其他雜項收入戶

ISSN 1812-2868



9 771812 286005

GPN200410003

定價新台幣30元