

ISSN:1812-2868

# 臺灣公路工程

第 48 卷 第 3 期

〈每月 15 日出刊〉



TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

Vol. 48 No.3 Mar. 2022

交通部公路總局

中華民國 111 年 3 月 15 日



封 面 說 明

台63線13k-阿勃勒

沈鈞 提供



# 臺灣公路工程

TAIWAN HIGHWAY ENGINEERING

中華民國 41 年 11 月 11 日創刊

## 第 48 卷 第 3 期 目錄

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

陳文瑞

#### 社長

林聰利

#### 總編輯

李志隆

#### 總幹事

李崇堂

#### 編輯

鄧文廣 陳進發

李忠璋 蔡宗成

劉雅玲 葉双福

陳松堂 薛讚添

劉世桐 吳昭煌

李順成 謝哲雄

詹益祥 江金璋

邵厚潔 顏召宜

#### 實務報導

淺談先拆後建橋梁換底工法—

以台 14 線 39K 育樂橋 P4~P6 橋基改建工程為例

.....蔡宜宏、陳俊彰、郭瑞易、簡台穎... (2)

跨斷層橋梁管理-玉里大橋監測頂升及改建方案

.....陳景揚、林志強、何英杰、邱奕堅... (28)

# 淺談先拆後建橋梁換底工法— 以台 14 線 39K 育樂橋 P4~P6 橋基改建工程為例

蔡宜宏<sup>1</sup>、陳俊彰<sup>2</sup>、郭瑞易<sup>3</sup>、簡台穎<sup>4</sup>

## 摘要

有報導指出過去20年全球天然災害較前一個20年大增近一倍，主要歸咎於氣候變遷，近年來人為的全球暖化、氣壓及洋流變化造成極端氣候，以至於常有瞬間強降雨發生，使河道長期遭受洪水沖刷，而每當汛期颱風豪雨侵襲時，首當其衝的便是橋梁基礎，間接影響老舊橋梁之基礎安全。

爰此，工務段每年定期於汛期前後委託專業團隊辦理橋梁目視檢查作業，以期能早期發現問題，維持橋梁安全；其中台14線39K育樂橋其原橋墩採用直接基礎，經檢查及耐震評估分析，現場橋墩耐震能力不足且現地基礎已有裸露，裸露程度評估需進行橋墩基礎補強。後由黎明工程顧問公司辦理省道橋梁耐震補強委託設計工作，設計時考量各種方案，經分析討論後決議採用換底工法取代局部或全橋改建。故本文以橋墩換底工法為例，從設計分析及選用方案，至施工期間採先拆後建式換底之監造程序與安全衛生管理執行，藉由本文分享施工歷程，以期經驗傳承永續發展。

**關鍵字：**台14線、中潭公路、換底工法

## 一、前言

台 14 線中潭公路在民國 70~90 年代為臺中、彰化連結埔里、日月潭及清境農場等觀光要地的最主要通道，育樂橋位於中潭公路心臟地區（工程位置如圖 1-1 所示），對於區域交通連結之重要性不言可喻。

---

<sup>1</sup> 交通部公路總局第二區養護工程處南投工務段 段長

<sup>2</sup> 交通部公路總局第二區養護工程處彰化工務段 段長（時任南投工務段 段長）

<sup>3</sup> 交通部公路總局第二區養護工程處南投工務段 副工程司

<sup>4</sup> 交通部公路總局第二區養護工程處南投工務段 工程員

國道 6 號開通以後，長途過境旅客多半已改行高速公路，雖然台 14 線車流量逐年疏緩，惟國姓鄉、草屯鎮等地區性的中短程運輸仍依靠台 14 線連結，國道、省道及地方道路的緊密結合，方能造福用路人，展現整體最大效能。



圖 1-1 台 14 線育樂橋工程位置示意圖

## 二、計畫緣起

台 14 線育樂橋跨越烏溪，位於南投縣國姓鄉，橋寬 17 公尺，橋長 280 公尺，上部結構為跨距 40 公尺之預力混凝土 I 型簡支梁（以下簡稱 PCI 梁），下部結構為壁式橋墩（註：橋墩淨高未達剪力方向斷面深度 2.5 倍者屬壁式橋墩，採預鑄式節塊搭配預力鋼腱系統），基礎採用直接基礎。



育樂橋於民國 74 年 10 月竣工，竣工時河床深槽位於 P1 與 P2 橋墩之間，民國 105 年時深槽已轉移至 P4 與 P5 橋墩之間，造成 P5 墩柱處河床面由竣工時之 EL250.90m 下降至 EL245.80m，直接基礎完全裸露（如上面照片所示），經橋梁耐洪能力詳細評估得知 P4、P5 與 P6 等三處橋墩耐洪安全係數均有不足，乃辦理本橋之 P4~P6 橋基改建工程。

為避免橋梁安全持續惡化，公路總局第二區養護工程處於民國 105 年 9 月辦理「台 14 線 39K+584 育樂橋橋基改建工程委託測量、設計及地質探查服務工作」。依據耐洪能力詳細評估分析結果，育樂橋於烏溪 100 年重現期洪水量時，P4 及 P5 橋墩抗洪能力不足，P6 橋墩則因其最大沖刷（動床）深度可能超過基礎底高程而有坍塌之危險，因此在橋梁維護管理上，短期應先訂定警戒水位及行動水位，以維護橋梁安全。根據分析成果，其警戒水位及行動水位建議為 EL250.25 及 EL251.30。（註：烏溪育樂橋處 10 年重現期距洪水位 EL251.24，2 年重現期距洪水位 EL249.94）。

工址處屬烏溪河道，河道內多為上游崩積及掏刷而成之礫石、砂所構成之沖積層及階地堆積層。河道兩岸地層分類上則屬於中新世之石門村層及猴洞坑層。

南投工務段於民國 105 年汛期後先辦理基礎塊石填築加固，並每周持續追蹤，確保橋梁在橋梁中長期改善方案之設計至工程完工期間之安全性。

台 14 線育樂橋結構特殊之處在於下部結構橋墩墩柱及帽梁均採用國內少有之預鑄中空預力系統（如圖 2-1 所示），民國 98 年辦理結構耐震補強時則將原墩柱與帽梁中空部分以輕質混凝土填滿，墩柱帽梁外部增加鋼板包覆等。

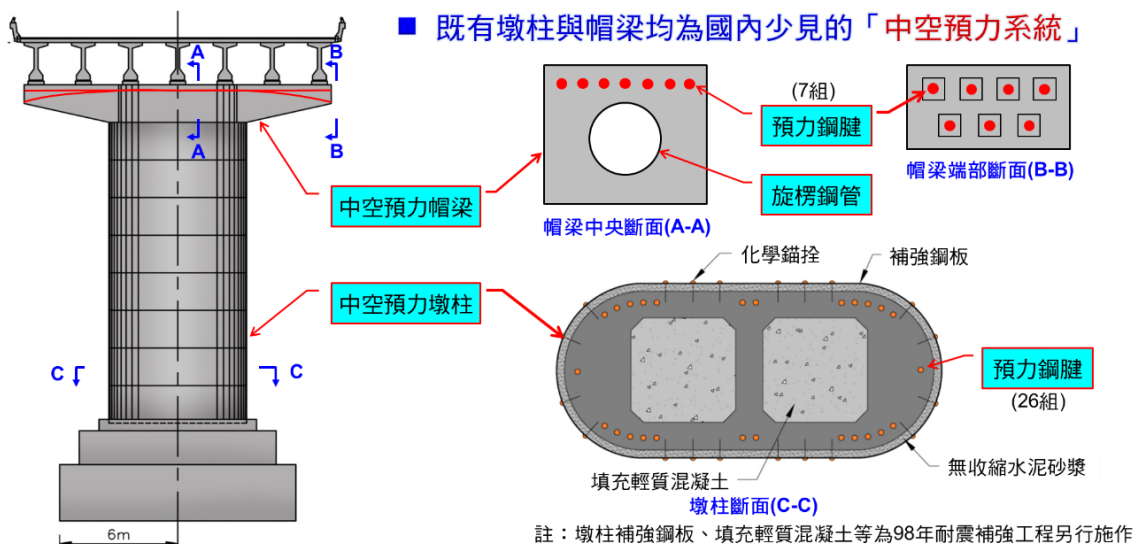


圖 2-1 育樂橋墩柱與帽梁結構斷面示意圖

民國 74 年竣工時，河道深槽位於 P1 與 P2 墩柱之間，工址處烏溪中上游河段，河道特性屬「辮狀河川」，河道深槽位置變動係正常現象，民國 105 年時，河道深槽已逐漸轉移至 P4 與 P5 墩柱之間，如圖 2-2 所示。因 P4~P6 等三處橋墩基礎為直接基礎深度較淺，深槽轉移後造成 P5 橋墩基礎完全裸露，直接基礎底部研判可能也有局部淘空狀況。

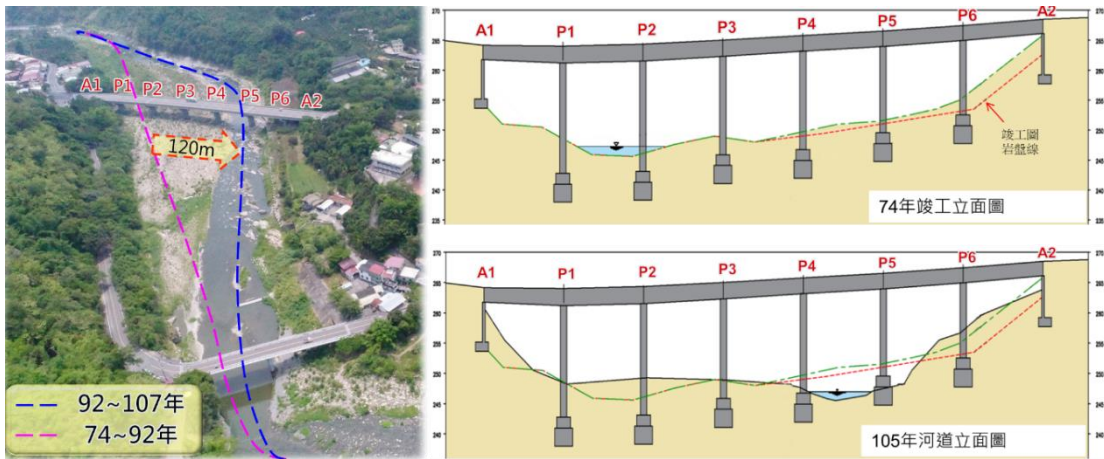


圖 2-2 育樂橋民國 74 年與 105 年河道斷面示意圖

### 三、橋梁改善工法嚴選及風險評估

台 14 線育樂橋河道深槽位置雖有顯著變異，惟依據經濟部水利署民國 92 年之「烏溪流域聯合整體治理規劃」，工址河道斷面民國 76~89 年累計沖淤量僅微幅下降約 2 公分，顯示河道整體之沖淤尚屬平衡狀態，P4 至 P6 橋基耐洪能力不足主要仍因原始基礎深度不足所致。

#### 3.1 全橋改建、局部改建與局部換底之評估

承前所述，工址河道斷面沖淤尚屬平衡狀態，經評估上部結構狀況良好以及 P1~P3 橋墩基礎深度尚屬足夠，研判應無需辦理全橋改建，至於 P4 至 P6 區間局部改建或局部換底則需進一步評估考量。

參考近年其他案例經驗，如果既有橋梁淨高過低（如沿海地區橋梁），因其所需經費過高或甚至於現地無法以換底工法施作，就必須選用局部改建；另一種狀況則是上部結構狀況亦屬不佳，換底完成後整體橋梁耐用年限仍有不足，此時也不會選用換底。

工址河床高約 EL245.80m，梁底高則為 EL261.26m~265.62m，施工時梁下淨高可達 14m 以上，大部分機具均可正常作業，不致造成換底工法有經濟效益不佳的狀況。

綜上所述，經通盤考量，相較於局部改建，換底工法免除交維改道之行車安全風險，可在對一般民眾影響最小的狀況下完成橋梁安全提升，故機關最終選用之。關於全橋改建、局部改建與局部換底之簡要評估考量如表 3-1 所示。

表 3-1 全橋改建、局部改建與局部換底之簡要評估考量

方案	全橋改建	局部改建	局部換底 (ˇ)
範圍 經費	A1~A2 上下構 約 3 億 2 千萬元	P4~P6 上下構 約 1 億 8 千萬元	P4~P6 橋墩 約 1 億 2 千萬元
工期 交維	24 個月 全橋封閉改道	15 個月 全橋封閉改道	19 個月 原橋通行無須改道
交通 影響	需搭配改道舊台 14 線；路況不佳，時間增加 5 分鐘，里程增加 0.35km，行車時間及里程增加之社會成本約 1 億 3,150 萬元	需搭配改道舊台 14 線；路況不佳，時間增加 5 分鐘，里程增加 0.35km，行車時間及里程增加之社會成本約 8,220 萬元	施工期間無需改道，橋面通行不受影響

### 3.2 換底工法之評估

橋梁換底工法為國內橋梁改建獨創之工法，或稱其為「托底工法」，主要為了保持上構之安全、功能及維持現有交通，於現有構造物的主要支撐橋墩，採用型鋼千斤頂或基樁等臨時支撐，將現有構造物撐住，再辦理下構之改建改善。

換底工法目前常見有「先建後拆式」與「先拆後建式」兩種，先建或先拆的主角指的是永久墩柱。

先拆後建式換底發展較早，主要係先完成臨時支撐系統，轉移上構載重，拆除既有墩柱及基礎，原址重建新基礎與墩柱。

先建後拆式換底屬較新工法，主要係於先於避開既有墩柱基礎處設置新墩柱，之後施作新帽梁，新帽梁需包覆既有帽梁，並採適當之預力鋼棒、植筋等措施滿足新舊帽梁間力量完整傳遞之需求，之後再拆除既有墩柱與基礎至河床面下一公尺左右。

如前所述，育樂橋既有帽梁屬特殊之中空預力系統，狹小帽梁斷面內已佈設 7 股預力鋼腱，如採較新的先建後拆式換底，新舊帽梁結合施工時，很可能會損壞既有鋼腱，鋼腱一旦受損帽梁可能連帶開裂坍塌，基於此一重大安全考量，本案實不宜採先建後拆式換底，如圖 3-1 所示。



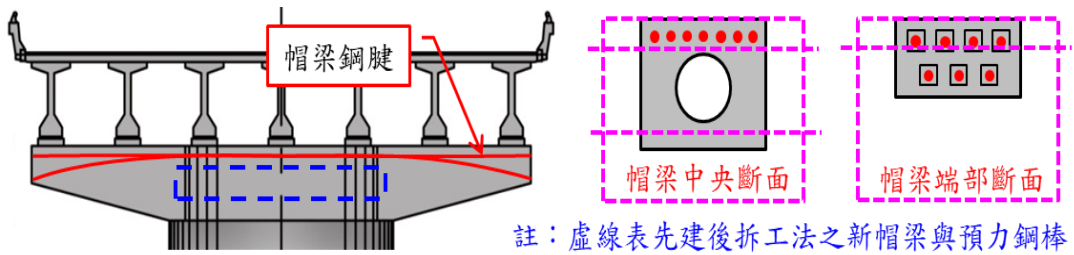


圖 3-1 育樂橋墩柱與帽梁結構斷面示意圖

另外考量完工後的景觀美學，先建後拆式換底完工後墩柱略顯突兀，而先拆後建換底完工後景觀較具協調性，如圖 3-2 所示。



圖 3-2 先建後拆與先拆後建景觀美學比較示意圖

反之，如採較傳統之先拆後建式換底，無需施作新舊帽梁結合，自然避免了損壞預力鋼腱之風險，係本案較安全合適之換底工法。關於兩種主流換底工法之評估選用考量如表 3-2 所示。

表 3-2 換底工法之評估選用考量

工法	先建後拆式換底	先拆後建式換底 (〃)
工法概要	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.於適當位置先完成新永久墩柱之構築</li> <li>2.構築新帽梁包覆舊帽梁（新舊帽梁間以預力鋼棒、植筋等強化連結性）</li> <li>3.新帽梁施拉預力，完成上構載重力量轉移</li> <li>4.拆除舊橋墩與舊基礎，完成換底作業</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.於適當位置先完成新臨時墩柱之構築</li> <li>2.架設臨時支撐帽梁，微幅頂升既有上構</li> <li>3.拆除舊支承，將上構載重轉移至臨時構架</li> <li>4.拆除舊橋墩、構築新橋墩，二次力量轉移</li> <li>5.拆除臨時墩柱及構架，完成換底作業</li> </ol>
參考案例	 <p style="text-align: center;">台 63 線烏溪橋換底工程</p>	 <p style="text-align: center;">國道 4 號神岡高架橋換底工程</p>
工法特色	<p>優點：無臨時墩柱及構架，工期短、經費低</p> <p>缺點：新舊帽梁力量連結複雜，需縝密監控</p>	<p>優點：新舊墩柱力量轉移簡單明確，施工安全</p> <p>缺點：需設臨時墩柱，工期較長、經費較高</p>
工法研選	<p>既有育樂橋採特殊之「預力中空帽梁」，如採先建後拆式換底，新舊帽梁間之結構連結強度恐有不足，施工過程亦可能造成既有帽梁預力系統之損壞，危害橋梁及施工人員安全；經評估本案採用先拆後建式換底方能確保安全</p>	

### 3.3 基礎型式之評估

檢討邊坡穩定分析問題，本案所處河岸皆屬階地堆積層，主要大多數由礫石、砂、粉土、粘土組成，礫石以砂岩及石英砂岩為主，礫石直徑由數公厘至一公尺，其卵礫石層自立性良好，河道自然邊坡穩定，惟需考慮河道側向沖刷問題，保留既有消波塊護坡，減緩沖刷。經鑽探後得知工址地質岩盤深度甚淺，P4 河床質厚度約 2~3 公尺，P5 岩盤出露，僅 P6 位處高灘區仍有較厚之河床覆蓋層；岩性部分，P4 墩處屬堅硬砂岩，單壓強度多在  $500\text{kgf}/\text{cm}^2$  以上，P5 墩與 P6 墩屬軟弱頁岩，單壓強度多在  $250\text{kgf}/\text{cm}^2$  以下，如圖 3-2 所示。

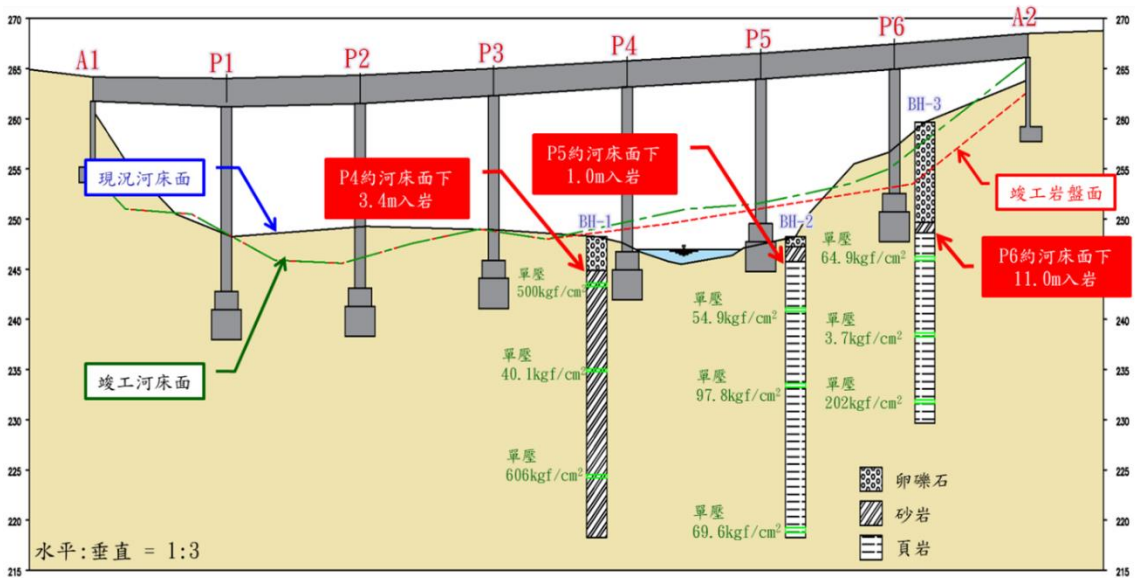


圖 3-2 育樂橋鑽探地質示意圖

本案經評估採先拆後建式換底，此工法需先完成臨時墩柱帽梁及頂升將力量轉移，後續辦理進行永久墩柱改建。

墩柱基礎型式考量，如採全套管基樁，P4 堅硬砂岩（單壓超過  $500\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）難以全套管機具鑽掘，需再引用類似氣動鏈之輔助機具，另因淨高不足，需進行機具修改，工進會十分緩慢，而且，基樁鋼筋籠還需配合縮短長度至 3 公尺左右，鋼筋籠搭接也需要冗長之工時，且增加危害因子；再者，採全套管基樁時設置樁帽（或稱基礎板），樁帽不可裸露於河床面，否則將會造成新墩柱基礎阻水沖刷，降低樁帽過程中仍需明挖河床，將增加施工風險。而橋梁投影面兩側為私有地，用地租賃問題及預算增加因素，將增加工程困難度，且 P6 梁下淨高明顯較 P4 更為不足，綜合以上數點，P4~P6 區間辦理換底，且考量地質、地形及用地之特殊條件，不推薦使用全套管基樁。

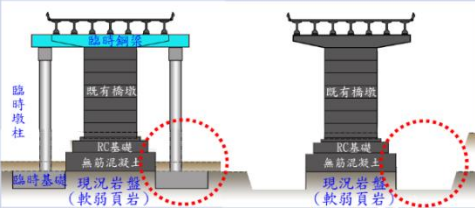
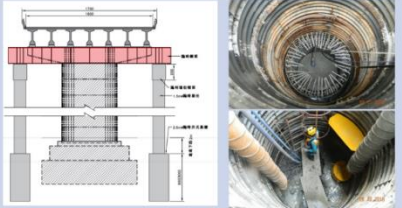
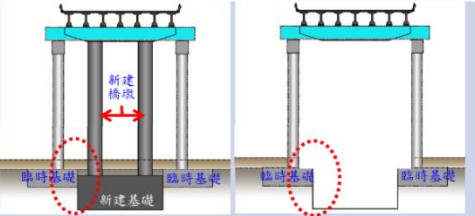

如採用直接基礎，臨時墩柱施工時需於既有基礎周邊大規模開挖，P5 基礎已經完全裸露，基礎下方為軟弱頁岩，臨時墩柱基礎開挖後此一岩盤側面將呈現完全解壓狀

態，軟弱頁岩側向解壓後承載能力則會大幅下降，如遭遇中小型地震即可能造成既有墩柱之傾倒損壞；同樣道理，即便臨時墩柱順利完成，永久墩柱基礎開挖時又會造成臨時墩柱面臨同樣風險；再則，P6 墩柱處，現況河床覆蓋層甚厚，如欲採用直接基礎並將深度降至深槽河床面以下，開挖幅度甚大，且影響周邊之邊坡穩定，又有私有地的限制，因此，本案亦不適合採用直接基礎。

另外考量採用井式基礎，井式基礎屬圓形斷面開挖，於軟岩地層開挖後會自然形成拱效應，大地應力由岩盤自行重新平衡，不致產生過大地盤變位量，再者，開挖後立即裝設鋼環襯版並背填灌漿，可再將地盤之擾動幅度降至最低，不僅保障既有墩柱不受損害，也可維護施工人員之生命安全。井式基礎施工地形適應力最強，無需使用鄰近之私有地，也不用過度開挖非必要之邊坡，可算是相對友善環境之工法。

關於本案墩柱基礎型式之研選概要詳如表 3-3 所示。

表 3-3 本案墩柱基礎之評估選用考量

工法名稱	臨時直接基礎	臨時井式基礎
工法概要		
工法選用	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 於既有基礎兩側直接明挖施作臨時基礎</li> <li>■ 開挖面採噴凝土保護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 於既有基礎兩側施作井式基礎</li> <li>■ 降挖時逐層設置鋼襯板及背填灌漿</li> </ul>
工法選用	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 既有橋墩採直接基礎，基礎下方為軟弱頁岩，臨時墩柱如採直接基礎，明挖施工時將使基礎岩盤原有之側向圍壓大幅解壓，岩盤承載力顯著下降，中小型地震即可能導致墩柱坍塌</li> <li>■ 如採井式基礎，開挖斷面為圓形，周邊岩盤可自然形成拱效應，再加上鋼襯板及背填灌漿輔助，可大幅減輕基礎周邊岩盤的擾動程度，確保既有橋梁安全亦避免施工人員發生職災</li> </ul>	
工法名稱	永久直接基礎	永久井式基礎
工法概要		
工法選用	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 於既有基礎位置直接明挖施作永久基礎</li> <li>■ 開挖面採噴凝土保護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 於既有基礎位置施作井式基礎</li> <li>■ 降挖時逐層設置鋼襯板及背填灌漿</li> </ul>
工法選用	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 直接基礎明挖施工時將使基礎岩盤原有之側向圍壓大幅解壓，岩盤承載力顯著下降，中小型地震即可能導致墩柱坍塌；如遇颱風豪雨，洪水侵入開挖坑，亦可能導致臨時墩柱倒塌</li> <li>■ 井式基礎，開挖斷面可形成拱效應，再加上鋼襯板及背填灌漿，可大幅減輕基礎周邊岩盤擾動，確保既有橋梁安全亦避免施工人員發生職災，即使洪水侵入開挖坑，亦可能避免導致臨時墩柱倒塌</li> </ul>	

### 3.4 風險評估之高風險作業項目分析及擬定管理對策

本工程高風險作業項目計有井式基礎工程、墩柱工程、臨時鋼構架工程、橋面頂升作業、舊橋拆除作業及鄰水作業等作業，危害因素經分析計有墜落、感電、崩塌、倒塌、碰撞、物體飛落、溺水等針對這幾項做風險評估及擬定管理對策。

- (一) 井式基礎工程，為避免人員墜落及物品掉落，鋼環襯高出原地面超過 1 公尺，人員進出井基使用合格之護籠爬梯。局限空間作業，通氣設備採用獨立之進氣與排氣管，除了定時測量記錄含氧量外，人員並配戴隨身型含氧濃度警報器，確保施工人員之生命安全。
- (二) 墩柱工程，為避免墩柱鋼筋籠倒塌，設置 H 型鋼樣架提供鋼筋籠穩固之支撐力量，所有鋼筋端部均依規定設置保護套或使用鋼筋彎鉤避免人員遭鋼筋穿刺。為避免人員墜落，墩柱施工全程均有設置施工平台，配置欄杆與防護網等，可有效避免此一風險。
- (三) 臨時支撐鋼構架工程，除要求作業範圍確實圈圍，更要求作業主管及指揮手於現場掌吊吊裝程序，並於施作前確認吊車吊掛能量如底部支撐、吊索、掛勾、吊環等重要環節均安全無虞後才開始吊掛。
- (四) 橋面頂升作業，於夜間施作降低頂升作業對橋面通行車輛之影響，並編列照明設備。作業平台均有設置護欄可避免人員墜落；臨時支撐架有設置止震塊，可避免地震造成落橋；頂升時同時監控油壓壓力以及梁底變位，可避免頂升變位超出安全範圍。
- (五) 舊橋拆除作業，拆除舊橋墩使用鑽心機與鏈鋸先行解除預力，排除鋼腱失控射出風險。施作時並於帽梁兩側既有錨頭外安排防護鋼板，確保截斷鋼腱時即便有未知狀況仍不致造成人員傷害。墩柱部分，鋼腱錨頭分別設在柱頂與柱底兩端，規劃採用鏈鋸先行截斷鋼腱，接續即可安全地以機械方式打除。
- (六) 鄰水作業，規劃於上游長壽橋設置自動化水位警報監控站，更於集水區雨量站之自動預警系統，雙重防護，有效提前掌握施工撤離時機，確保人員機具安全。

## 四、施工及監造過程

本工程施工順序為施作臨時井基、施作臨時墩柱、施作臨時構架（帽梁）、頂升支承轉移、拆除永久墩柱、施作永久井基、施作永久墩柱帽梁、二次頂升支承轉移、拆除臨時墩柱及完工工區整理，針對主要工項井式基礎作業、墩柱帽梁作業以及頂升作業說明。

#### 4.1 井式基礎作業

井式基礎作業施工順序為（1）整地放樣（2）基礎開挖（3）擋土支撐作業（4）鋼筋綁紮（5）混凝土澆置（6）構造物回填，如圖 4-1 所示，以本案永久井基說明。

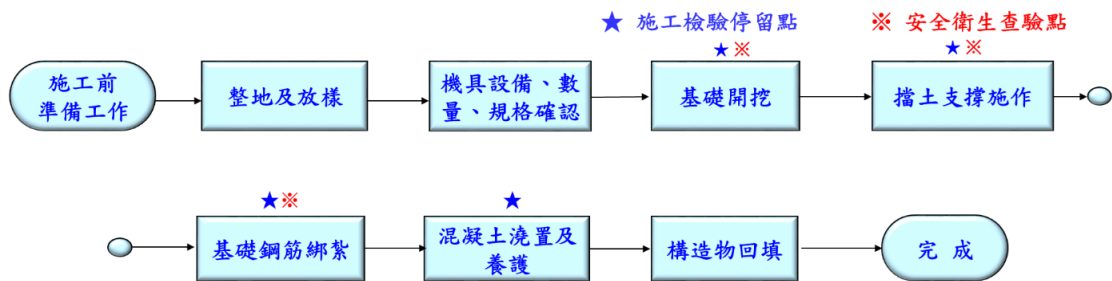


圖 4-1 井式基礎施工抽查程序

（一）整地放樣，井式基礎位置依照設計圖座標放樣，確認點位並經工程司檢查後施工，如圖 4-2 所示。



圖 4-2 井式基礎放樣及檢查

（二）基礎開挖，開挖前應詳細了解當地有關之地質、地下水位等情況，謹慎開挖，以免井壁坍塌。臨時井基採人工鑽掘，因工區範圍屬砂、頁岩岩盤地質，依據鑽探報告岩石單壓強度高達 8,657psi，設計階段即規劃以鑽堡輔助引孔，藉以先行破碎孔內岩盤完整性，以提高工作效率縮減人工開挖時間。永久井基則以螺旋鑽輔助預鑽，有效提高工進效率，再由小型挖土機進行機械開挖，如圖 4-3 所示。

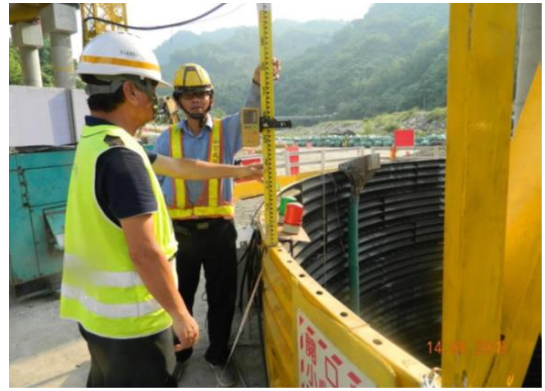


圖 4-3 井式基礎機械開挖及設計深度抽查

(三) 擋土支撐作業，擋土支撐形式眾多，本案採鋼環襯版形式，降挖時逐層設置鋼襯版做擋土支撐，並辦理背填灌漿，約 1~1.5m 設置一個灌漿孔並規劃回漿觀測孔，確保背填品質，除了探診器檢測外更以鑽心驗證成果，設置時襯版高出地面逾 1 米，確保施工人員安全，避免人員跌落之虞，如圖 4-4 所示。



圖 4-4 鋼環襯回漿觀測孔及襯板高度抽查

(四) 鋼筋綁紮，鋼筋之組立按設計圖施工，除了設置上下設備外，防墜器及通風設備亦是不可或缺，除每日上工前要求廠商檢查外，監造更不定期抽查，如圖 4-5 所示。



圖 4-5 鋼筋檢查

(五) 混凝土澆置，混凝土澆置前先抽乾基礎孔內積水，再進行澆置作業，灌注速度均勻適中，使流入的混凝土經常流動直至灌滿到基礎設計高程為止，如圖 4-6 所示。

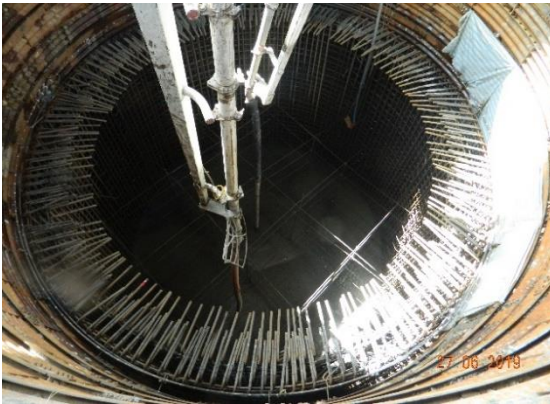


圖 4-6 水中混凝土澆置作業

(六) 構造物回填，井外回填復舊，如圖 4-7 所示。



圖 4-7 水中混凝土澆置作業



## 4.2 墩柱帽梁施工作業

墩柱帽梁施工作業施工順序為(1)墩柱位置放樣(2)墩柱鋼筋綁紮(3)墩柱模板組立(4)自充填混凝土(SCC)澆置(5)墩柱拆模(6)帽梁支撐架及底模組立(7)帽梁鋼筋綁紮(8)帽梁側模組立(9)帽梁混凝土澆置(10)帽梁拆模養護，如圖 4-8 所示，以本案永久墩柱帽梁說明。

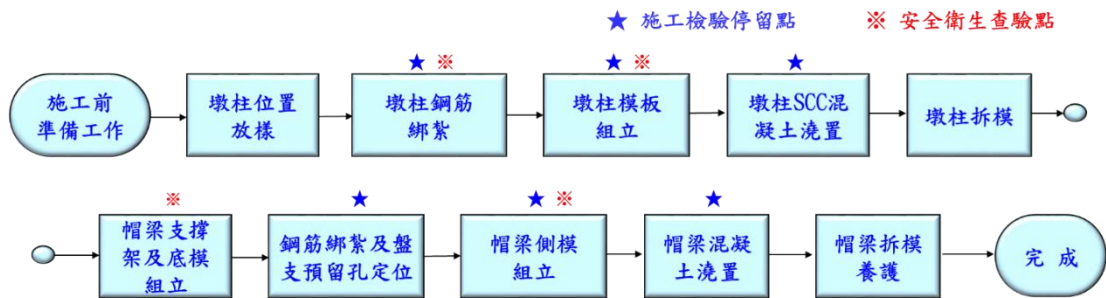


圖 4-8 墩柱帽梁施工抽查程序

(一) 墩柱位置放樣，墩柱位置依照設計圖座標放樣，本工程有設計 H 型鋼施工樣架，有如墩柱的骨架般，增加鋼筋綁紮時支撐力不虞傾斜倒塌，如圖 4-9 所示。



圖 4-9 墩柱施工樣架

(二) 墩柱鋼筋綁紮，依照施工圖說施工，鋼筋搭接除依規定錯開斷面外，續接器以扭力扳手辦理檢查，廠商鋼筋綁紮完成辦理自主檢查後提報監造辦理抽查，如圖 4-10 所示。



圖 4-10 墩柱鋼筋續接器扭力抽查及鋼筋檢查

(三) 墩柱模板組立，一般模板組立要注意表面整修、清潔、脫模劑及組立順序，本案設計防撞鋼版並以此為墩柱外模，接縫處焊接完成後進行鐸道檢查並辦理鋅鋁融射防鏽，如圖 4-11 所示。



圖 4-11 防撞鋼版鋅鋁融射防鏽

(四) 自充填混凝土( SCC )澆置，SCC 具有高流動性，最適水平流動距離約為 8~15m，並抗析離性，流動過程混凝土維持均質性自充填性，可有效通過鋼筋間隙及填補模版空間，且可免震動減少施工人力成本，SCC 依據「配比設計」進行「試拌」、「預拌廠廠拌」到最後「工地結構澆置」等階段，其中每一階段均應經過「坍流度試驗」、「粘稠性試驗(漏斗試驗)」、「鋼筋間隙通過性試驗(箱型試驗)」等三項檢驗合格後方能使用，如圖 4-12 所示。

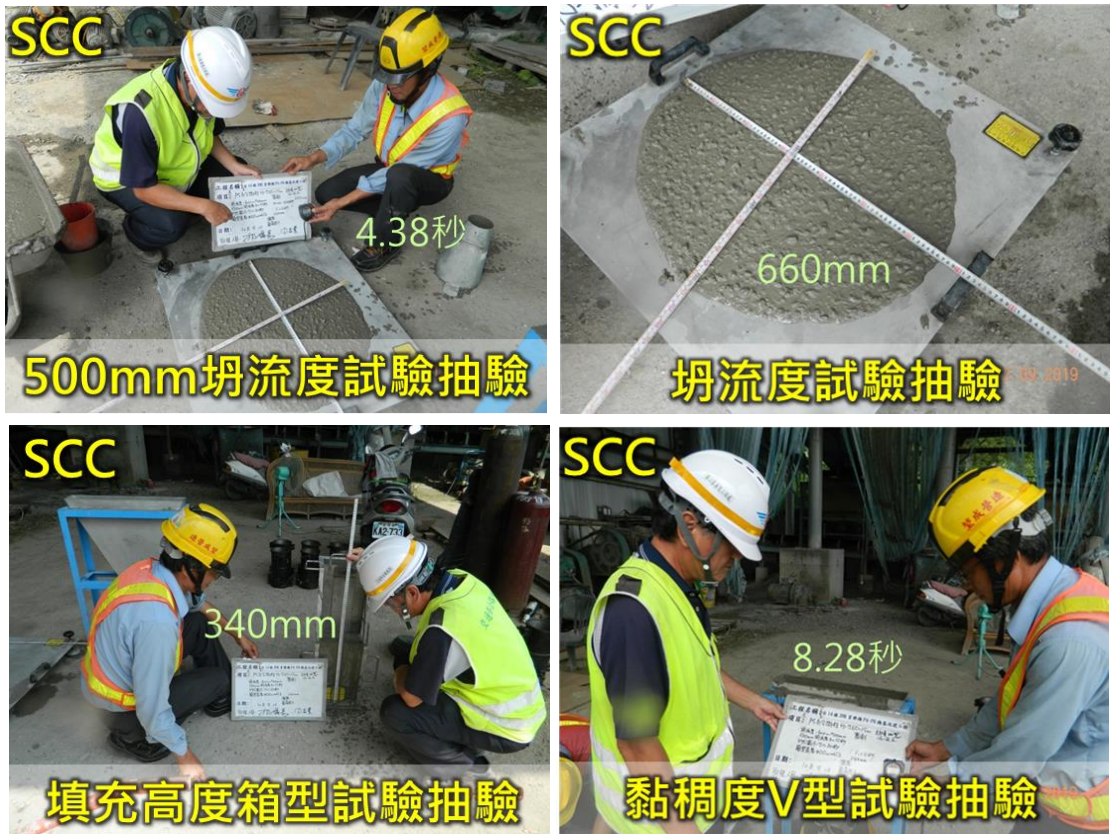


圖 4-12 SCC 坍流度、箱型試驗及漏斗試驗

- (五) 墩柱拆模，拆除模板之時間應權衡構造物之性質、氣候、混凝土抗壓強度試驗之結果、水泥型別、使用摻料及上部工作情形等條件決定之。本案以防撞鋼版做為墩柱外模板，故無拆模程序。
- (六) 帽梁支撐架及底模組立，一般墩柱帽梁施工多採用 H 型鋼支撐架，考量支撐架坐落於河床面上，即便有臨時基礎，如遭遇中大型洪水，仍有遭受洪水沖毀基礎損壞、支撐架倒塌風險。本案採較高防洪能力之懸臂式支撐架，於墩柱施工時即預埋錨碇鋼棒以設置支撐架系統，所需之支撐鋼梁亦需配合個案施工載重需求重新設計，除成本較高之缺點，可有效降低施工風險，如圖 4-13 所示。



圖

4-13 懸臂式支撐架

(七) 帽梁鋼筋綁紮，帽梁位於高處，除支撐架需依圖說設置並檢查外，上下設備及相關防護設施亦為重要，鋼筋除依規定綁紮外，仍必須注意保護層厚度控制，如圖 4-14 所示。

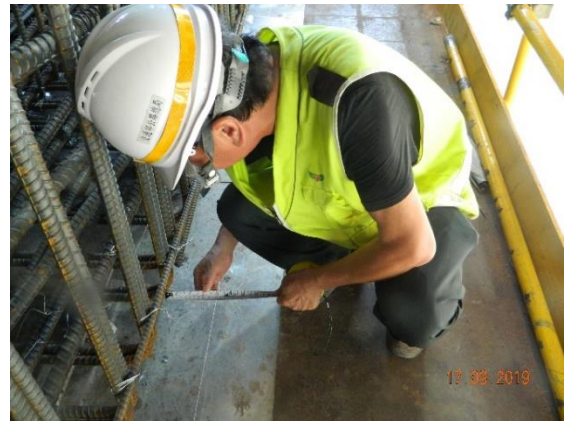
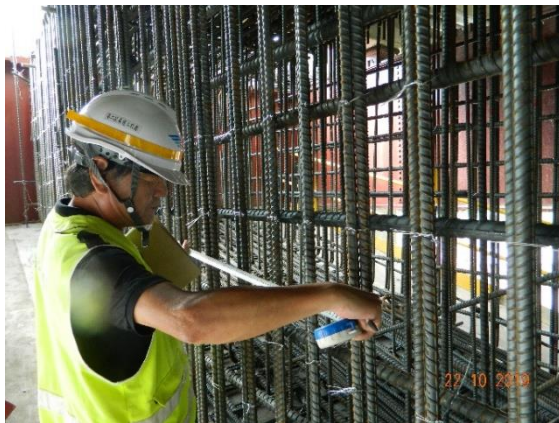


圖 4-14 帽梁鋼筋檢查

(八) 帽梁側模組立，帽梁頂開口處應設置警示及安全護欄，以防墜落，如圖 4-15 所示。



圖 4-15 設置安全護欄以防墜落

(九) 帽梁混凝土澆置及 (10) 帽梁拆模養護，依規定辦理混凝土澆置後，先拆側模並逐日灑水養護，等強度足夠後再拆除底模，如圖 4-16 所示。



圖 4-16 帽梁側模拆除養護中

### 4.3 舊橋拆除作業

舊橋拆除作業施工順序為 (1) 施工前準備 (2) 帽梁及墩柱防撞鋼板拆除及結構破碎打除 (3) 基礎水刀切割 (4) 基礎結構破碎打除 (5) 打除料運棄，如圖 4-17 所示，以本案永久井基說明。

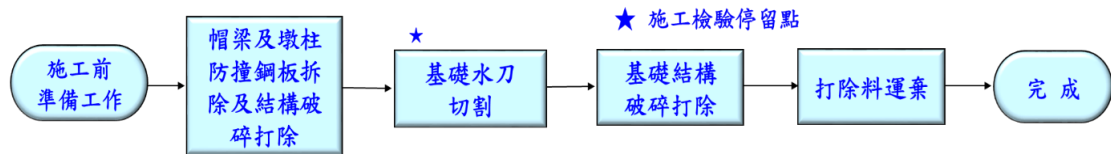


圖 4-17 舊橋拆除施工抽查程序

舊橋為國內少見的「中空預力系統」橋墩，依既有竣工圖資得知預力鋼腱分佈位置，其帽梁、墩柱內分別各有 7 組、26 組預力鋼腱，在橋面載重轉換至臨時橋墩支撐系統後，即辦理舊橋墩拆除作業，其重點在於拆除過程中如何避免鋼腱彈射傷及勞工甚至是臨時支撐系統，對於帽梁內水平分佈、墩柱內環形分佈之鋼腱，分別以鑽心洗孔、鏈鋸切割解除鋼腱預力，如圖 4-18 所示。

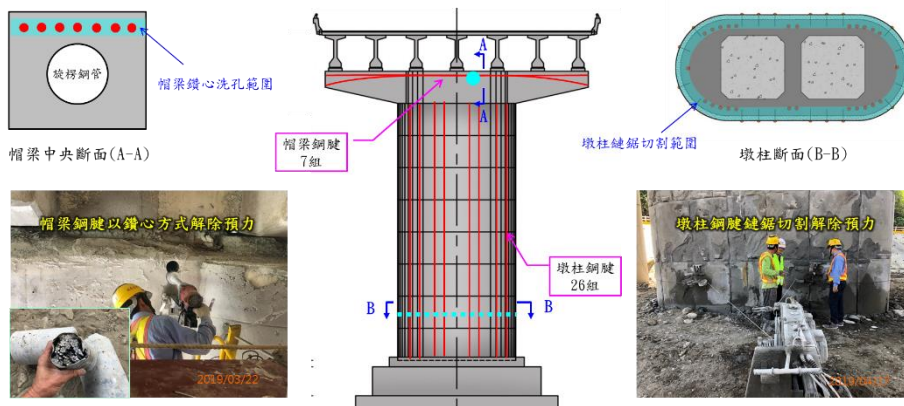


圖 4-18 舊橋拆除示意圖

## 五、工程亮點及創新作為

機關在招標前設定施工廠商的門檻，篩選留下優良廠商；設計單位於設計時的多方考量，減低施工的困難度，以及施工時廠商與監造單位的打拚奮鬥，使本工程在團隊努力下，能如期如質的完成。在工程施工過程中，努力的軌跡中常有令人驚鴻一瞥的亮點蹦出，期許能透過經驗傳承，回饋給工程界。

### 5.1 橋面頂升

橋面頂升載重轉換利用臨時墩柱上方之臨時鋼構架、臨時鋼支承與橡膠支承墊做為支撐系統，因橋梁同時具有縱坡、橫坡與超高，又臨時鋼構架採水平設計，即每座橋墩上 14 個、臨時鋼支承高度均不同，橋面頂升需控制預力梁抬升量（ $\leq 3\text{mm}$ ）、相鄰預力梁相對變位量（ $\leq 5\text{mm}$ ），以避免過大變形造成橋面版受損。

本工程施工前實測上構預力梁底高程，並以 BIM 精確 3D 建模，運算得知各座臨時鋼支承精確尺寸，提供鋼構工廠據以精準製作，並利用夜間封閉時段（22:00~06:00）橋面辦理限時作業，透過分階同步加載與預力梁底、鋼梁頂精準高程收測，比對抬升量與變位量，過程中配合自動化安全監測順利完成橋面轉換載重，如圖 5-1 所示。



圖 5-1 頂升示意圖

當第一次頂升作業將橋面力量轉換至臨時鋼構架完成後，因上部橋面板及預力梁荷重解除，由工程實務測量得到既有預力帽梁回彈量最大為 6mm，驗證舊橋墩預力系

統持續存在，可回饋給後續類似預力橋墩改建工程參考，將來改建設計時可納入考量，如圖 5-2 所示。

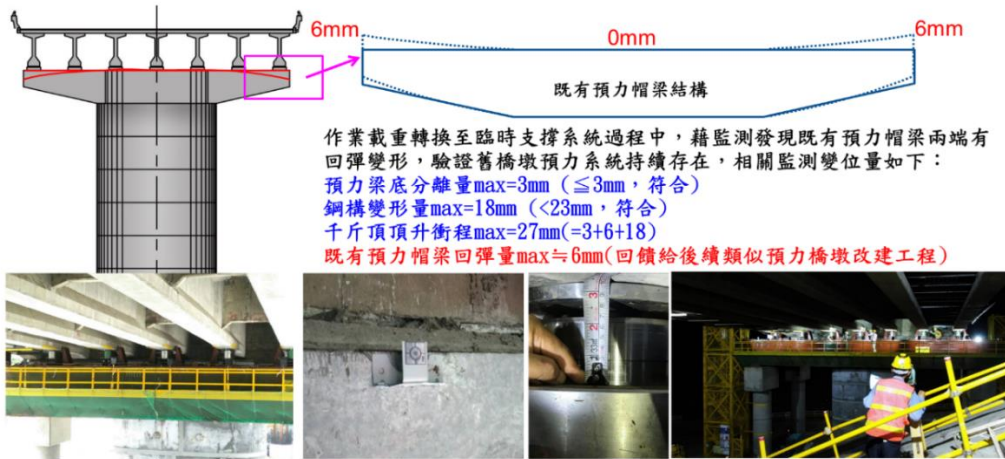


圖 5-2 實務回饋示意圖

## 5.2 規劃工作示範區提升品質及安全

領先業界首先規劃工作示範圍區，讓進場勞工能快速了解各分項工程作業及安全須知，有效提升施工品質及及早的危害告知；本著自我精進外也期許與橫向夥伴共同成長的理念，遂邀請本處及各工務段工程同仁至現場觀摩指教，教學相長，如圖 5-2 所示。



圖 5-2 井式鋼環襯版組立作業品質觀摩及工地作業示範規劃觀摩

## 5.3 設置 QR Code 推動無紙化

工區內休息區及上下設備均設有施工圖說二維條碼 (QR Code) 對照表，利用電子化工具、手機、平板即可獲取施工圖說及相關規定，可迅速解除施工問題，同時響應政府推動無紙化政策如圖 5-3 所示。





圖 5-3 工區設有施工圖說二維條碼（QR Code）對照表

#### 5.4 金安獎特優殊榮

除品質要求外，職業安全衛生亦屬於本工程重點關注項目，除設計階段的多方考量，降低高風險項目的風險值，施工階段亦辦理安全評估消弭殘餘風險，高風險作業項目於每日上工前進行動前教育並上傳相關照片及資料至 line 群組，經監工同意後方可施作；遠端科技監控-Line、CCTV 監看；高安全性機具設備選用如視野輔助系統、隨身氧氣偵測器等設備等；紮實的防汛規劃並有效降低災損（108 年 5~6 月超大豪雨之考驗）...等等的作為沉澱累積，使得本工程推動職安之用心與成效深獲金安獎評審委員肯定，獲頒勞動部「特優」獎項殊榮（如圖 5-3 所示）。



圖 5-4 本工程榮獲勞動部 108 年度公共工程金安獎特優殊榮

## 六、施工中遭遇之困難及解決方法

在透過建築資訊模型 BIM 輔助下，於設計階段及施工階段已消除大部分施工衝突，但在施工過程中仍不免遭遇到困難，以下說明：

### 6.1 困難 1-原設計便道出入口坡度過大

#### (一) 說明

工程施工便道出入口原設計位於舊台14線柑林子橋（A2端）候車亭，缺口處計畫填築便道進入工區，因原便道出入口坡度過大達20%以上，影響車輛行駛安全。

#### (二) 解決方法

經重新查詢研商利用舊台14線公地調整路線，將坡度由20%降為6%以下（如圖6-1所示），解決車輛進出安全疑慮，經召開工程施工說明會，獲得當地民眾認可。



圖 6-1 調整路線將坡度由 20%降為 6%以下

## 6.2 困難 2-金安獎前豪雨不斷影響工區作業

### (一) 說明

108年5月18日降下超大豪雨（24小時累積達512.5mm），洪水漫流越過土堤將工區整個淹沒（如圖6-2所示）。洪水退去後，開始著手工區整理復舊，即將復舊完成時又遭遇108年6月12日的強大雨襲擊（如圖6-3所示），然而當年度的金安獎現地考評108年6月28日即將到來...這對團隊是一項艱難的考驗。



圖 6-2 0518 豪雨淹沒工區



圖 6-3 0612 豪雨淹沒工區

## （二）解決方法

預防勝於治療，本工程於設計階段有完整的風險評估及施工團隊有確實的辦理防汛演練，並藉公路防災預警系統四步驟（預判、佈署、通告、預警）妥善規劃工區汛期防災機制，工地於5月16日掌握氣象局豪大雨預報後，立即展開防汛應變機制，5月17日已將主要機具撤離至安全位置。施工人員透過自動化監控系統持續觀測，以掌控現場最新資訊。0612的豪雨因有5月的經驗，提早部屬防災，人員機具早早撤離。

施工便道因精進作為提升為鋼筋混凝土結構，除鄰河側底部受到局部淘刷外，路面結構體完全未受損，災後復原時機具得以迅速挺進工區。全體工程團隊不輕言放棄，增加人力、機具及工時，同心協力恢復工地原貌，時限內讓工地以最佳的姿態代表交通部公路總局參賽（如圖6-4所示）。



圖 6-4 0628 金安獎考評當日

## 七、結論與建議

橋梁管理單位辦理定期及不定期橋檢，如同人體健康檢查般，找出橋梁需要維修的部分，對症下藥，再經安全風險評估、地方影響、經費預算考量等綜合考量，選擇最適當的改善方案，以期達到保障用路人安全。

隨著科技日新月異，工法推陳出新，換底工法也許數年後被埋沒在歷史裡，

但目前在國內仍屬熱門改建方式選項之一，本案辦理橋梁橋基改建經驗可提供後續橋梁工程參酌，具體作為包括：

- (一) 設計時考量各種方案，經分析後採用換底工法取代局部或全橋改建，橋梁下方施工，橋上行車，不影響交通。
- (二) 育樂橋既有帽梁屬特殊之中空預力系統，採先拆後建式換底，既安全及美觀。
- (三) 免除於河道深槽區域內施工之風險，帽梁施工採懸臂支撐架工法。
- (四) 規劃工作示範區提升品質及安全。
- (五) 設置QR Code推動無紙化，環保又迅速解除施工問題。

## 參考文獻

1. 「鋼結構設計手冊」，中華民國結構工程學會，2003年1月。
2. 「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」，內政部，2010年9月。
3. 「混凝土結構設計規範」，內政部，2011年6月。
4. 「公路橋梁設計規範」，交通部，2015年4月。
5. 「台14線育樂橋基礎裸露耐洪評估成果報告」，交通部公路總局第二區養護工程處，2016年。
6. 「台14線39K育樂橋P4~P6橋基改建工程風險評估報告」，交通部公路總局第二區養護工程處，2017年。
7. 「地質資料整合查詢」，經濟部中央地質調查所，2017年。
8. 「臺灣活動斷層」，經濟部中央地質調查所，2017年。
9. 「公路橋梁耐震設計規範」，交通部，2019年1月。
10. 「108年度勞動部金安獎特優之全方位考量－台14線39K育樂橋P4~P6橋基改建工程」，臺灣公路工程第46卷第2期

## 跨斷層橋梁管理-玉里大橋監測頂升及改建方案

陳景揚<sup>1</sup>、林志強<sup>2</sup>、何英杰<sup>3</sup>、邱奕堅<sup>4</sup>

### 摘要

省道台9線玉里大橋座落於花蓮縣玉里鎮境內，跨過秀姑巒溪之中上游，並位處於臺灣東部的花東縱谷範圍內，屬於斷層活動與地震發生頻繁的區域。玉里大橋在交通運轉功能上，不僅為當地居民往來之重要聯外橋梁，更是串聯台9線花東縱谷公路與台30線玉長公路之交通要道，且經由台30線玉長公路銜接台11線花東海岸公路，有效縮短了往返南花蓮與北臺東間之距離，藉由完善路網的建置，提高旅遊可及性和便利性，增加當地推廣觀光產業發展的契機。

交通部公路總局第四區養護工程處玉里工務段（以下簡稱養護單位）以玉里大橋管理者的角度，從第一、二代橋梁完工迄今分別歷時44年及23年期間，藉由對跨斷層橋梁所作長期監測結果之呈現、頂升工法之介紹及後續改建方案之研擬，於橋梁改建前夕，留下相關歷程紀錄。

### 一、背景

玉里大橋為南北線分離之預力混凝土 I 型梁結構，南下線與北上線橋梁分別興建於民國66年與83年，橋梁全長為575公尺。由於玉里大橋橫跨過活動斷層帶，長年飽受歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊間之擠壓碰撞（圖1-1），導致P4至A2橋台有高程變位情形，而使橋面之縱向坡度於P9橋墩附近呈現高達10公分以上之落差，這種地表潛移式的破裂與移動，更持續地以每年平均約3公分之垂直落差的速度進行。對於橋面起伏之狀況，養護單位於民國89年12月採取墊高南下線橋墩預力梁方式（圖1-2），使橋面平緩以降低橋梁對車輛行駛之影響。惟依民國90年1月至98年12月監測成果顯示玉里大橋持續再抬升約20cm（表1），在基於考量用路人行車安全、確保橋梁結構安全無虞，養護單位於

<sup>1</sup> 公路總局第四區養護工程處玉里工務段 段長陳景揚

<sup>2</sup> 公路總局第四區養護工程處玉里工務段 幫工程司林志強

<sup>3</sup> 鴻宥工程技術顧問有限公司 技師何英杰

<sup>4</sup> 台灣世曦工程顧問股份有限公司 經理邱奕堅

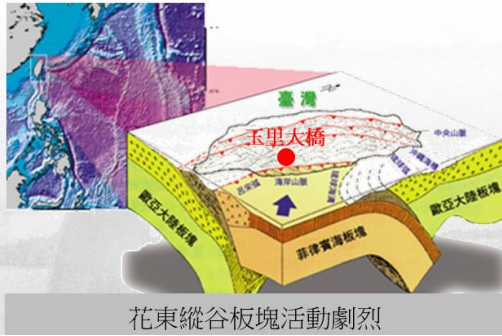
100年9月著手辦理「台9線294k+180玉里大橋耐震補強工程」之橋梁縱坡調整工程。

■ 池上斷層之地表潛移

❖ 影響行車舒適性及安全性疑慮

■ 氣候暖化引致強降雨

❖ 洪流土石對舊橋結構形成威脅



■ 地質概況

- ❖ 花東縱谷礫石層、利吉層泥岩
- ❖ 池上斷層、玉里斷層
  - 屬第一類活動斷層
  - 池上斷層持續潛移(2~3cm/Yr)

➡ 須考慮活動斷層近域效應

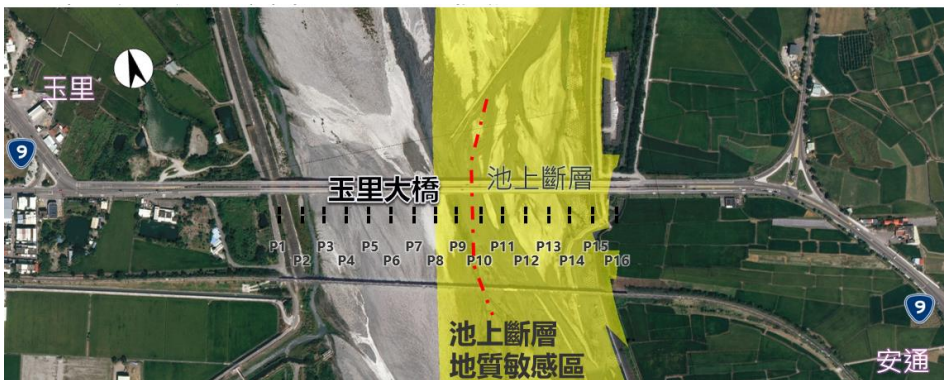
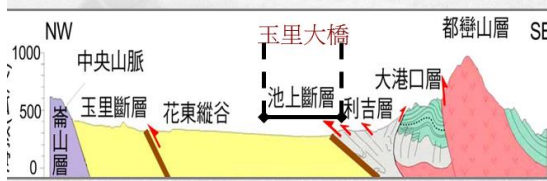
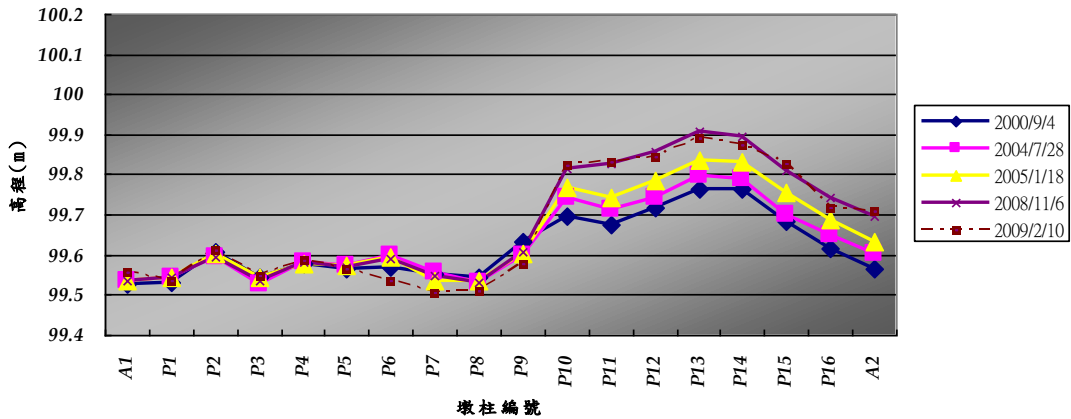


圖 1-1



圖 1-2

五里大橋北上線橋面高程(橋墩位置)歷年變化圖



五里大橋南下線縱橋面高程(橋墩位置)歷年變化圖

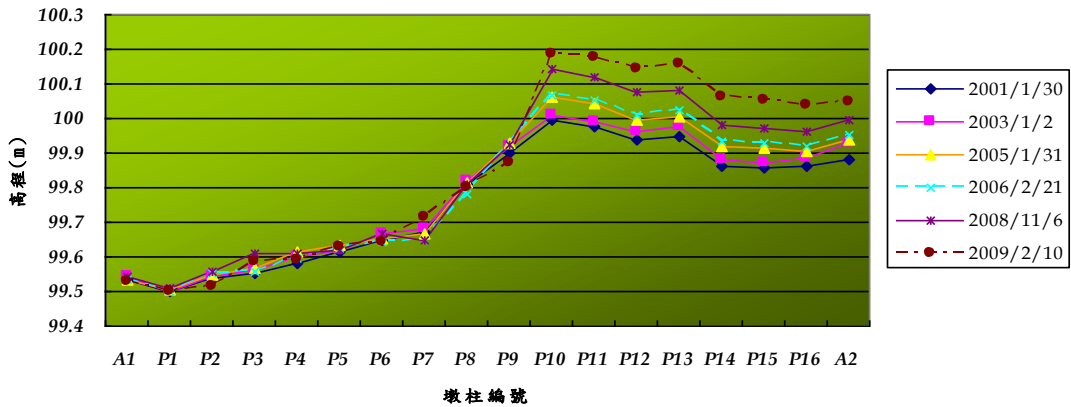


表 1



## 二、抬升工法

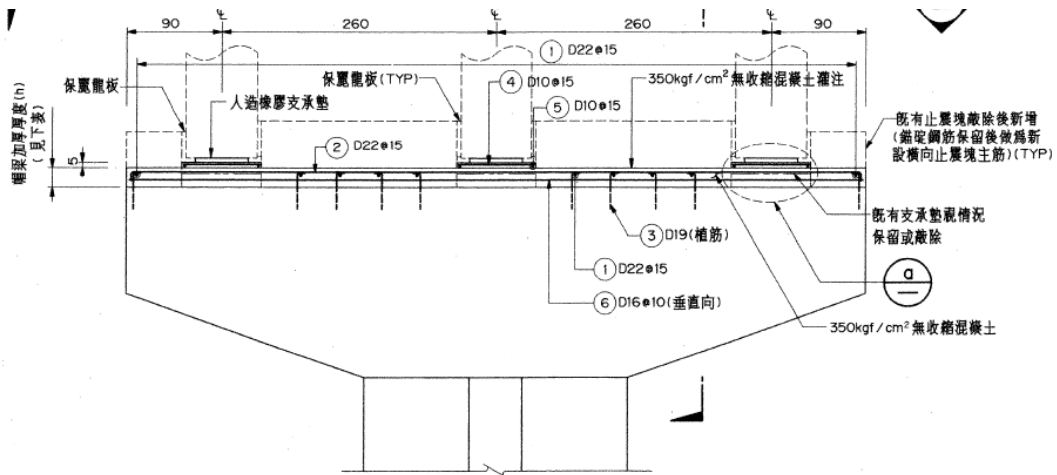
玉里大橋橋墩經年累月持續隆起而引致橋面不平順之現象，已造成平時用路人行車安全上的疑慮，在基於考量用路人行車安全及確保橋梁結構安全無虞，著手辦理「台9線294k+180玉里大橋耐震補強工程」橋梁縱坡調整工程，各橋墩調整計畫及設計圖如下：

玉里大橋(北上)各橋墩縱坡調整計畫表

橋墩編號	目前墩頂處橋面版高程	預定墩頂處橋面版高程	預定抬升高度	備註
P5	EL+133.55m	EL+133.65m	10cm	
P6	EL+133.55m	EL+133.75m	20cm	
P7	EL+133.60m	EL+133.85m	25cm	
P8	EL+133.65m	EL+133.95m	30cm	
P9	EL+133.72m	EL+134.05m	33cm	

玉里大橋(南下)各橋墩縱坡調整計畫表

橋墩編號	目前墩頂處橋面版高程	預定墩頂處橋面版高程	預定抬升高度	備註
P4	EL+133.50m	EL+133.67m	12cm	
P5	EL+133.60m	EL+133.78m	18cm	
P6	EL+133.70m	EL+133.89m	19cm	
P7	EL+133.79m	EL+134.00m	21cm	
P8	EL+133.77m	EL+134.11m	34cm	
P9	EL+133.85m	EL+134.22m	37cm	

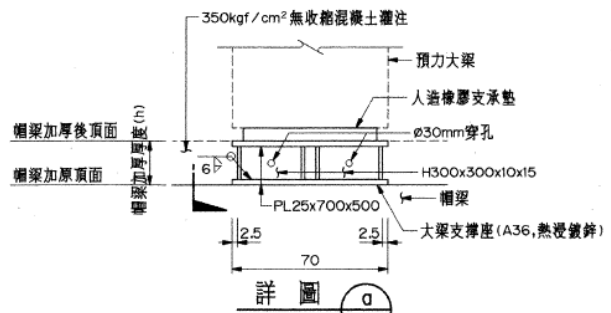


玉里大橋(北上)帽梁加厚示意圖

玉里大橋(北上)各橋墩帽梁加厚厚度表

橋墩編號	帽梁加厚厚度(h)	備註
P4	0cm	配合縱坡重整水泥砂漿墊
P5	10cm	僅墊高支承墊
P6	20cm	以大梁支撐座取代水泥砂漿墊
P7	25cm	以大梁支撐座取代水泥砂漿墊
P8	30cm	以大梁支撐座取代水泥砂漿墊
P9	33cm	以大梁支撐座取代水泥砂漿墊
P10	0cm	配合縱坡重整水泥砂漿墊

註：墊高支承墊係指進行(4),(5)鋼筋加工及其灌漿作業。



施工時首先於橋基二側施作抬升期間之臨時支撐系統，為確保頂升時橋梁結構安全，因此在頂升施作處附近佈設監測點位，以監控橋梁之安全。頂升之千斤頂，設置於臨時鋼構架下，頂升時採取分段頂升，分次累計增加50噸（每個千斤頂荷重）後，停止半小

時讓結構穩定，並同時進行量測紀錄每個千斤頂的讀值及大梁位移量之後，再依次進行頂升，如此當舊有橋墩支承處有著明顯的分離時，即停止頂升，並辦理更新人造橡膠支承墊、重整砂漿墊及墊高支承墊以符合縱坡調整之高程值，俟橋面縱坡均調整完成後，載重再轉置於墩柱上，便可拆除臨時支撐鋼構架，以完成抬升調整橋面縱坡的工作。工程作業詳述如次：

1. 於預定施工處將地面整平、夯實，配合設計圖鋪設鋼筋並灌注混凝土製作臨時支撐架基礎版（圖2-1）。



圖 2-1

2. 視施工需求架設鋼管施工架及施工平台上下設備（圖2-2）。



圖 2-2

3. 選擇適用之油壓千斤頂及泵浦、控制系統，於施工現場測量施工淨高，考量已選擇之油壓千斤頂高度、橫向大梁厚度及施工淨高於現地製作臨時支撐架（圖2-3），臨時支撐架務必力求支柱及續接處穩固，放置油壓千斤頂處若施工空間不足時可鋪設鋼板充當施工平台。

油壓千斤頂要求：

- (1) 單側所有油壓千斤頂及其油管至少能同時承受300噸之橋梁上部結構重量及額外之施工荷重
- (2) 油壓千斤頂頂升行程依承商設計其抬升作業流程而定，抬升過程或帽梁頂部施工過程中得以相當勁度之墊材臨時支撐於支撐架下方及帽梁頂部以便施工或再次抬升，且墊材本身須穩固牢靠。
- (3) 油壓千斤頂具施力平衡至少於每處配置六座同時施工。
- (4) 油壓千斤頂採用萬向接頭與重型支撐架相接，接觸面增鋪鋼板減輕鋼架的局部破壞。
- (5) 重型支撐架之架設保持水平，油壓千斤頂之架設亦然。
- (6) 油壓泵浦及油管、接頭之選用需配合油壓千斤頂之設計，每橋跨抬升時單側同時動作之油壓千斤頂共用一台油壓泵浦，每座油壓千斤頂配有獨立之油管開關閥門。
- (7) 抬升過程中隨時注意油壓千斤頂之施力及軸心行程是否一致，以免施力不均造成鋼架損壞。
- (8) 承商於正式作業前須依業主要求進行油壓千斤頂試驗及提出相關報告以證明其施工能力。



圖 2-3

4. 油壓千斤頂頂升前需先將橋面上會影響頂升作業之因素排除，例如欄杆、緣石、埋設於緣石內之PVC管或其他細小之碎屑等清除乾淨。(圖2-4)



圖 2-4

5. 頂升前需派員於橋梁辦理測量作業並控制頂升狀況(圖2-5)，原則上每次頂升高度以0.5cm為限，以免破壞既有管線或影響交通。



圖 2-5

6. 頂升時油壓之施加必須緩慢且穩定，頂升時必須保持橋面版之水平、不得歪斜；頂升至預定高度後須將油壓千斤頂油門閉鎖並觀察其沉陷狀況，若橋面版沉陷至原來高程時則繼續下次之頂升作業至橋面版靜置8個小時以上且不會沉陷為止。
7. 若基礎版出現不正常沉陷或歪斜應立即停止頂升作業。
8. 根據受損帽梁修復圖分別配合既有管線及橋墩、帽梁尺寸應於施工前先行放樣鋼板及加勁型鋼、角鋼位置並加工焊接完畢。
9. 移除帽梁破損處鬆動之混凝土，已剝落但不易移除之混凝土則不予移除。(圖2-6)



圖 2-6

10. 橋面版頂升至施工高程後，利用吊車將鋼板及螺桿吊到預定位置後安裝固定，此時需注意臨時支撐架於吊裝作業中之安全。
11. 施做模版並灌注無收縮混凝土至混凝土硬固拆模。(圖2-7)
12. 整理橡膠支承墊並修補其砂漿墊，必要時可利用薄鋼板補平支承墊與預力大梁間之空隙。



圖 2-7

13. 帽梁修復完畢後須利用鉸手將四個螺栓再次以對角線路徑施力鎖緊，施力時不得使無收縮水泥砂漿破損或修補鋼板移動，鎖緊後應至少用兩個重型螺帽固定或利用焊接固定螺帽。(圖2-8)



圖 2-8

14. 將帽梁修復處外露之鋼板油漆，緩慢放下橋面版，移除油壓千斤頂及臨時支撐架。
15. 橋面縱坡均調整完成後，載重再轉置於墩柱上，便可拆除臨時支撐鋼構架，如圖2-9所示，以完成抬升調整橋面縱坡的工作。



圖 2-9

### 三、抬升斷層潛移監測

台9線294k+180玉里大橋耐震補強工程之橋梁縱坡調整工程於101年5月19日竣工，養護單位接續辦理「台9線玉里大橋斷層潛移監測」，進行持續性的監測與安全評估，以確保橋梁結構安全無虞，茲以109年例行監測作業及結果略述如次：

#### 3.1 測量經過說明

##### (1) 控制測量及樁位清查

控制點測量同時架設4處衛星觀測站，並以一個時段靜態觀測最少4小時，共計完成一個時段觀測數。架設點號6101、6102、6106、9147，以9147為基準站解算最小約制之各控制點位座標值，供導線計算之。

## (2) 導線測量

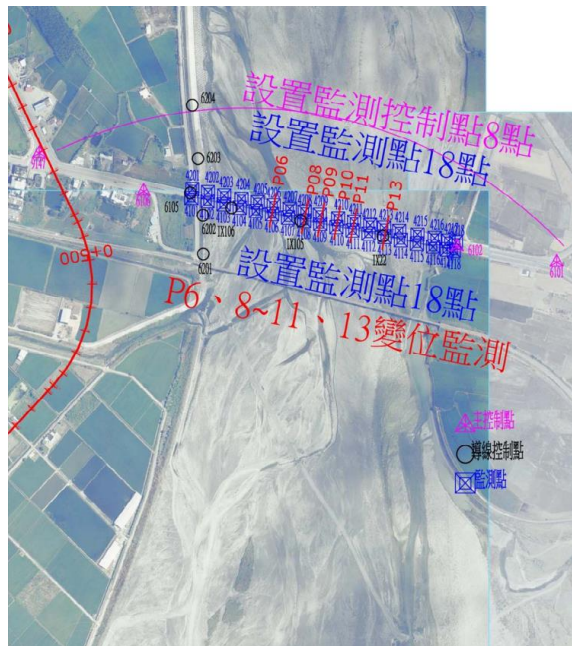
檢測玉里大橋導線採用附合導線，觀測玉里大橋9147基線。

## (3) 高程測量

高程控制採用直接水準觀測，由內政部一等水準點9147為基準點，以導線測量方式觀測各控制點並閉合原引測之水準基點，測量精度為 $+0.92\text{mm}/\sqrt{K}$ 。

起點 編號	起點 高程	終點 編號	終點 高程	測量 高程	誤差值	導線 距離	測量 精度	精度 要求	備註
9147	128.0362	9147	128.0362	128.0401	+0.0039	17832.00	$+0.92\text{mm}/\sqrt{K}$	$8\text{mm}/\sqrt{K}$	達精度要求

## (4) 全區控制點圖



## 3.2、檢測結果說明

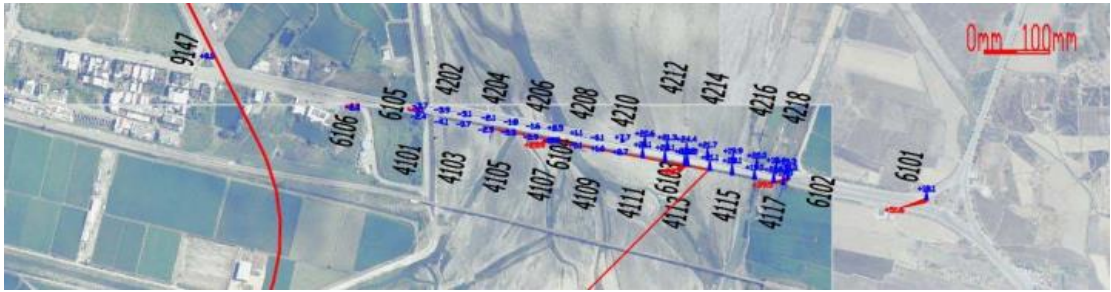
### (1) 平面檢測

玉里大橋導線檢核結果顯示，觀察108年10月與109年10月控制點相對距離後顯示，相對於大橋北端9147，6101及6102大橋南端距離縮短21mm、25mm。依導線計算後之座標比對103年12月位置顯示，以大橋北端為基點，6102、6101均有平面位移，約為154~169mm，較前期變位均有慣性增加。

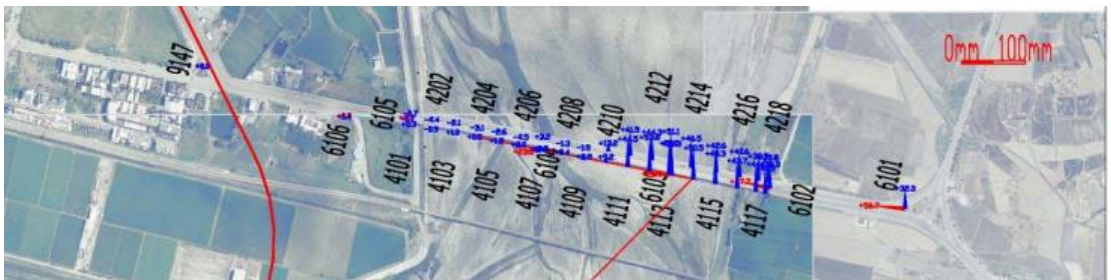
### (2) 高程檢測

玉里大橋高程檢核，南下線依然以P9~P11為變位關鍵點，數據顯示103~109年10月

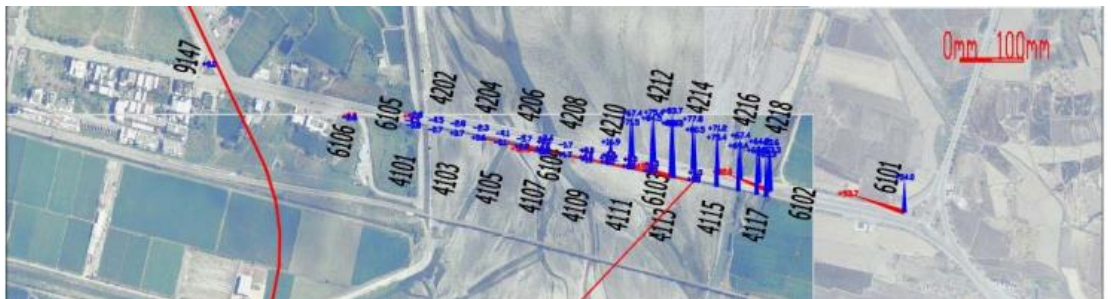
東側隆起約為+138~+180mm，另北上線則P9~P11為變位關鍵點，數據顯示103~109年10月東側隆起約為+138~+172mm。



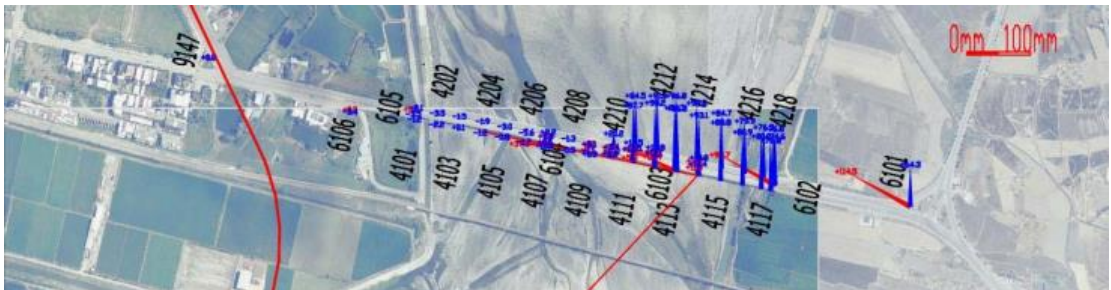
103年12月27日~104年10月02日沉陷及位移變位圖（紅色為水平向變位，藍色為垂直向變位）



103年12月27日~105年09月09日沉陷及位移變位圖（紅色為水平向變位，藍色為垂直向變位）

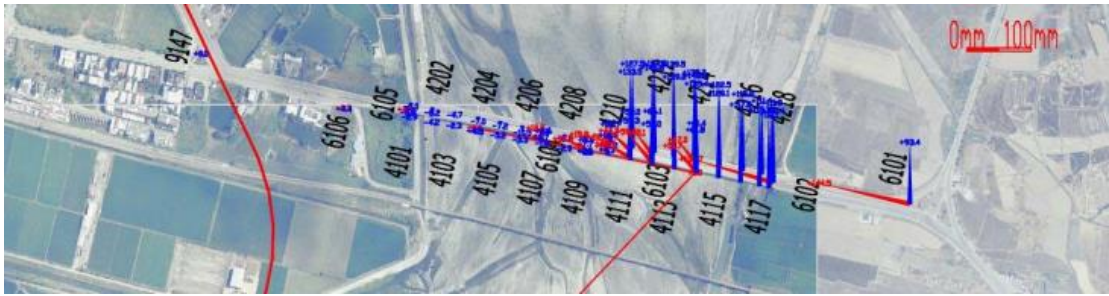


103年12月27日~106年10月2日沉陷及位移變位圖（紅色為水平向變位，藍色為垂直向變位）

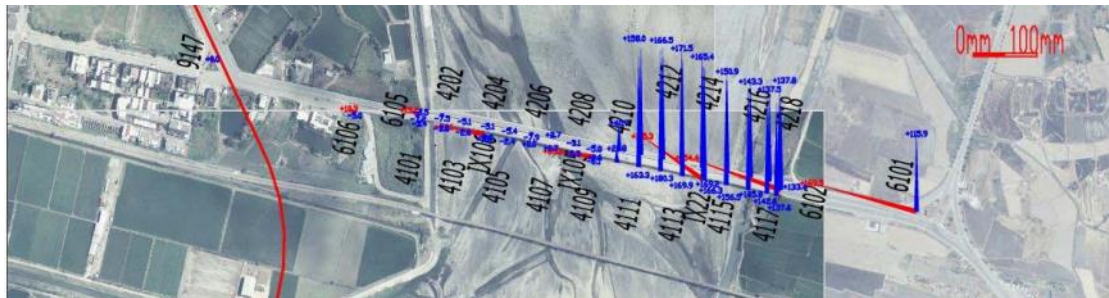


103年12月27日~107年3月5日沉陷及位移變位圖（紅色為水平向變位，藍色為垂直向變位）



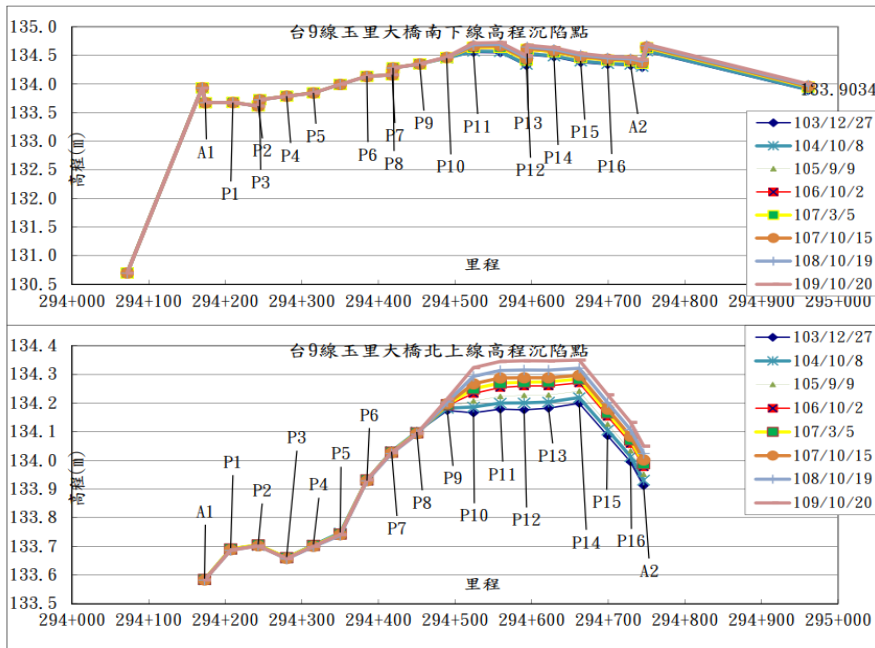


103年12月27日~108年10月19日沉陷及位移變位圖(紅色為水平向變位,藍色為垂直向變位)

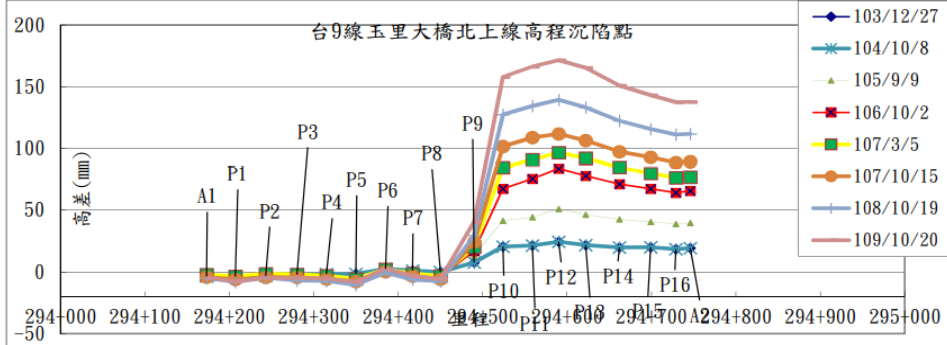
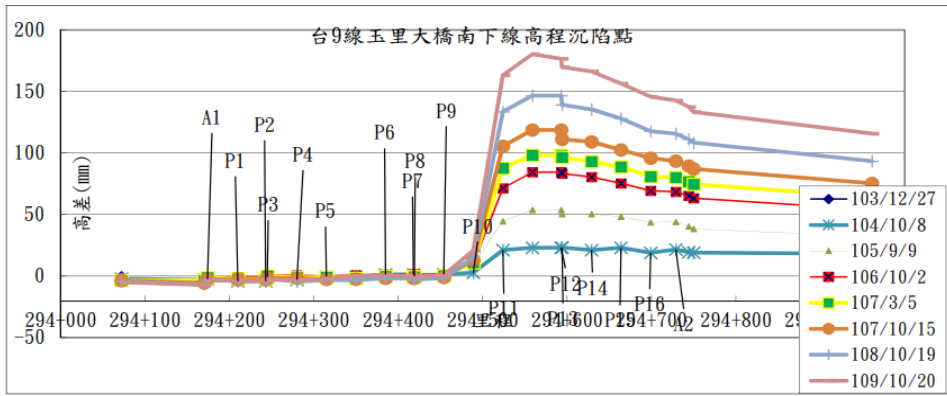


103年12月27日~109年10月20日沉陷及位移變位圖(紅色為水平向變位,藍色為垂直向變位)

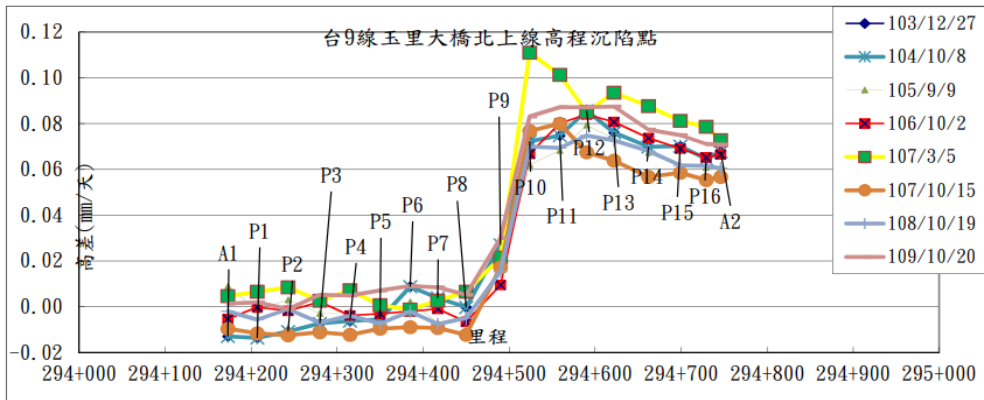
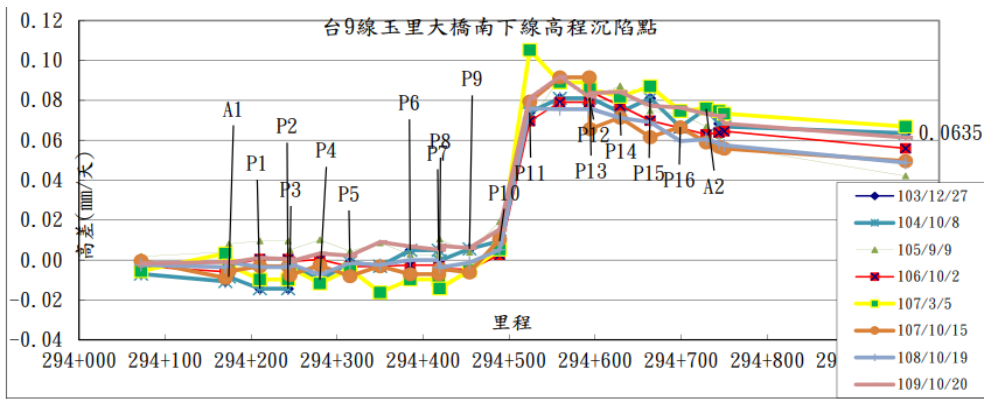
橋梁監測變位圖



監測點沉陷觀測比較圖(高程斷面圖)



監測點沉陷觀測比較圖 (沉陷變位量圖)



監測點沉陷觀測比較圖 (沉陷變位速率圖)

## 四、改建工程

根據玉里大橋南下線與北上線測量結果顯示，橋面高程逐年均有變化情形，加上橋梁結構相互擠壓過程可能產生非均勻變形，故

造成高程變化趨勢些微不同，目前蘇花公路改善工程處所辦理中之台9線293K+740~297K+100（玉里至南通段）道路拓寬工程設計，即據此監測結果探討橋梁結構安全性及推估後續長期潛動發展趨勢，期能對於工程實務及後續養護提供實質助益。（如道路拓寬工程細部設計所示）

台9線 293K+740~297K+100（玉里至南通段）道路拓寬工程細部設計

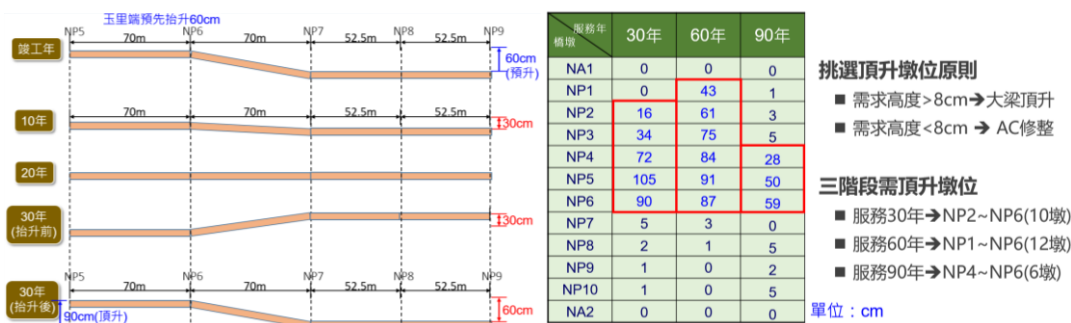
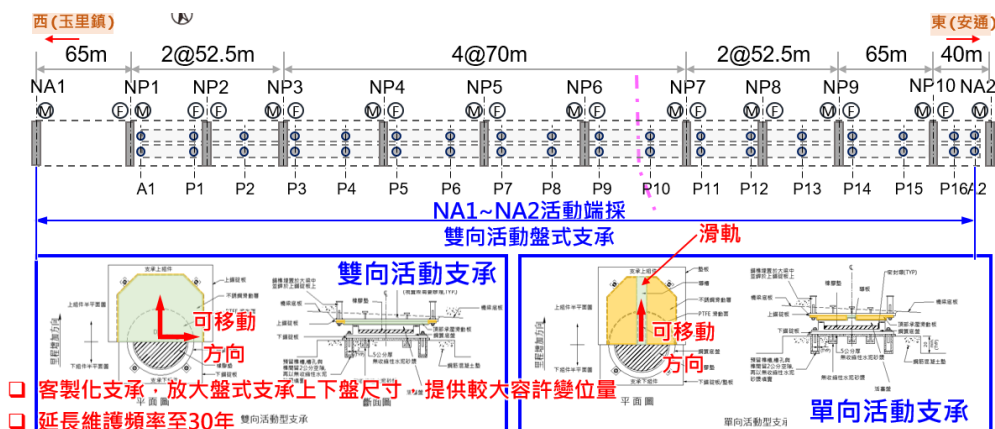


圖 4-1 因應地盤抬升之先行對策

圖 4-2 玉里大橋各墩頂升需求高度



### 各墩均配置雙向活動支撐之考量

- 各墩均有大小不等之墩間橫向變位
- 單向活動支撐下盤處之滑軌有受墩間橫向變位擠壓損壞之疑慮
- 放大盤式支撐上、下盤尺寸，降低支撐更換頻率

圖 4-3 支撐配置

	伸縮縫需求量(CM)	10年軸向縮短量(CM)	軸向需求量(CM)
NA1	5.7	0.3	6.0
NP1	4.8	1.7	6.5
NP3	6.0	2.6	8.6
NP4	6.0	2.2	8.2
NP5	6.0	1.7	7.7
NP6	6.0	1.7	7.7
NP7	4.8	1.7	6.5
NP8	4.8	3.4	8.2
NP9	5.7	4.1	9.8
NP10	3.9	2.0	5.9
NA2	3.9	2.0	5.9

■ 考量溫度、地震力與斷層潛移之複合效應

■ 推估橋墩軸向10年最大變位量為9.8CM(NP9)

### 伸縮縫配置原則

### 更換頻率(視監測結果)

- 橋墩處→盲溝式角鋼伸縮縫(20處)
- 橋墩處→約5年/次
- 橋台處→豎齒型伸縮縫(4處)
- 橋台處→約10年/次

### 伸縮縫更換臨界值

- 橋墩處(盲溝式角鋼伸縮縫)→墩間變位量:軸向(9cm)、橫向(1.5cm)
- 橋台處(豎齒型伸縮縫)→橫向墩間變位量1cm

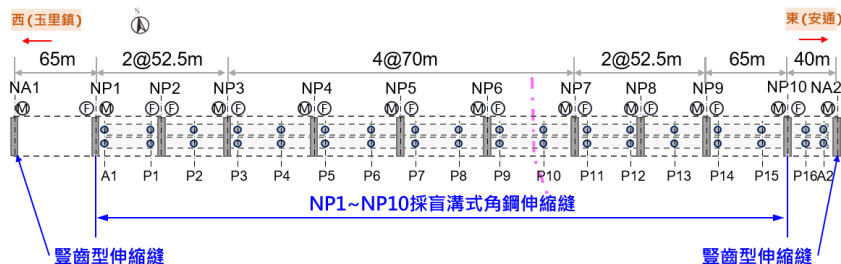
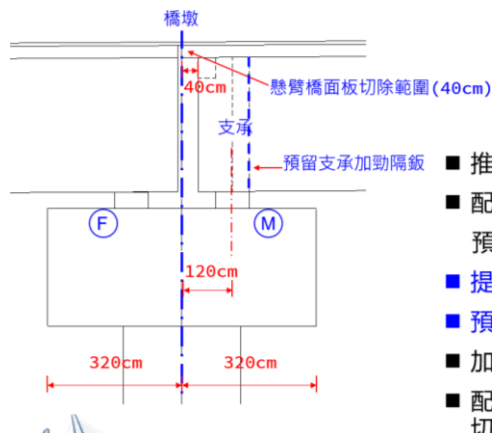
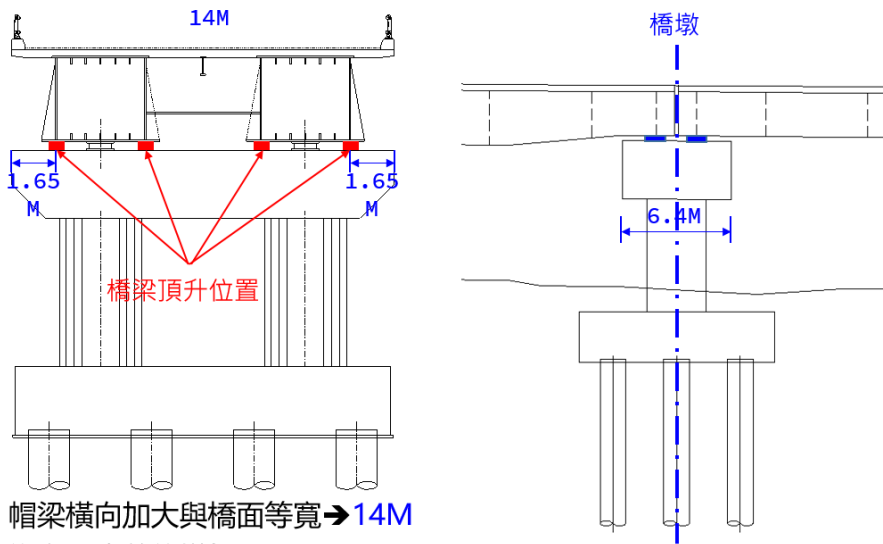


圖 4-4 伸縮縫形式配置



- 推估100年橋軸向縮短40cm
- 配合服務期間墩間變位縮短  
預先加大支撐與橋墩間距
- 提供懸臂橋面板切除範圍
- 預留支撐加勁隔板
- 加大帽梁縱向長度
- 配合伸縮縫更換  
切除懸臂橋面板(4cm/10年)

圖 4-5 因應墩間軸向變位：梁端間隙調整



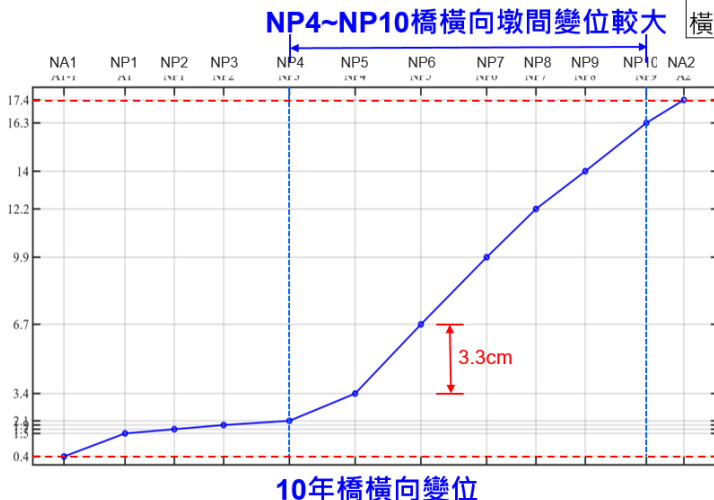
- 帽梁橫向加大與橋面等寬→14M
- 縱向長度前後增加→6.4M
- 提供之防落長度：2.8M > 需求防落長度( $1.5L_{N,min}$ ): 1.2M
- 提供橋梁頂升作業空間

圖 4-6 因應墩間軸向與橫向變位：加大帽梁尺寸

- 考量NP4以後橋墩向北偏移
- NP4至NP10間橫向墩間變位大
- 最大橫向墩間變位發生在NP5與NP6間

最大橋橫向墩間變位

服務年	10年	50年	100年
最大橫向墩間變位	3.3公分	16.5公分	33公分



- 10年橫向最大墩間變位約3.3公分
- 100年橫向最大墩間變位約33公分
- 利用兩側路肩提供護欄與車道線形調整空間

圖 4-7 因應墩間軸向與橫向變位：設施調整

服務年	調整 AC面層	更換 伸縮縫	調整 梁端間隙	橋梁頂升 (含支承、RC支承墊與設施更換)	經費
10年	○	○	○		2500萬
20年	○	○	○		2500萬
30年	○	○	○	○	5000萬
40年	○	○	○		2500萬
50年	○	○	○		2500萬
60年	○	○	○	○	5500萬
70年	○	○	○		2500萬
80年	○	○	○		2500萬
90年	○	○	○	○	4000萬

- 詳細維護頻率需依實際使用情況與大地變位進行調整
- 支承於30年週期中需視容許剩餘位移餘裕量進行支承調整或更換支承零件

圖 4-8 服務階段橋梁設施綜合維管項目與費用

## 六、結語

玉里大橋跨越斷層帶導致位處不同斷層處之橋體逐年產生錯位，除透過每年定期橋梁檢查並修復局部破壞之結構外，並透過每年定期地殼變位監測作業，瞭解既有玉里大橋與池上斷層交會處附近，長期的地殼變位趨勢及地表變形的程度，辦理後續橋梁改建朝向較易維管的方向，感謝鴻宥工程技術顧問有限公司及台灣世曦工程顧問股份有限公司協助提供橋梁監測成果及改建設計方案，亦期待各方先進不吝指正精進跨斷層橋梁管理技術，共同提升用路安全。

## 七、參考文獻

1. 林同棧工程顧問股份有限公司，臺9線294k玉里大橋改線（建）評估成果報告。
2. 中興工程顧問股份有限公司，台9線294k玉里大橋耐震補強工程。
3. 鴻宥工程技術顧問有限公司，109 年度玉里大橋斷層潛移監測測量成果。
4. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，台9線293K+740~297K+100（新樁號：台9線278K+283.899~281K+643.899）（玉里至南通段）道路拓寬工程設計報告。

# 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 111 年 3 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：10859 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 111 年 3 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)：1 2 2 9 7 1 0 2 1 0 8 0 1 9  
戶名：交通部公路總局其他雜項收入戶

ISSN 1812-2868



9 771812 286005

GPN2004100003

定價新臺幣30元