

橋梁檢測之探討—以宜專一線公路多望橋為例

文、圖 ■ 崔國強 ■ 國立宜蘭大學土木工程學系副教授

林志明 ■ 國立宜蘭大學土木工程學系研究生、羅東林區管理處技正（通訊作者）

一、前言

太平山日據時代與阿里山、八仙山並可為台灣三大林場，由於原木生產漸減少，為發展林業多種用途，林務局著手規劃森林遊樂區，並於63年著手規劃開闢太平山林道，歷經3年多之測量、設計、施工，於66年完工通車，全線總長共計24.5公里，70年太平山所有運材設施流籠及蹦蹦車停止使用，全部改由卡車載運，71年太平山生產全部結束，發展森林育樂事業，太平山林道除了載運剩餘的原木外，兼具載運遊客，發展森林育樂後，為考慮日漸增多遊客安全，於76年當時利用省府預備金2億5千萬元，並委由當時省府交通處公路局第四區工程處，由太平山林道的乙種林道拓寬為公路系統六級路雙車道，而後公路局第四區工程處歸屬交通部公路局第四區工程處，並將太平山林道改為53鄉道並擬交由縣政府養護，惟因縣府考量養護經費、土地所有權、森林育樂經營等因素，協商由林務局羅東林區管理處收回養護，改稱為太平山聯外道路，並於89年申請為專用公路，90年通過交通部核定後，由宜蘭縣政府府工土字0910143329號發給管轄林務局羅東林區

管理處【宜專一線公路】專用公路執照，也是目前林務局管轄重要專用公路。

宜專一線公路多望橋係因太平山林道由土場經過溪底便道再由林道2.3 km上坡到達太平山，自民國71年太平山發展森林育樂，每年遊客倍數成長，溪底便道每逢汛期即中斷，影響深遠，羅東林區管理處（前為蘭陽林區管理處）決定興建，並於72年規劃測量設計，採沉箱基礎興建，原為土場大橋因該溪為多望溪因而改為多望橋。

二、多望橋檢測因由及目的

（一）橋梁檢測因由

橋梁結構的使用年限及耐用效能，主要是依設計、施工和所用材料的品質而定，

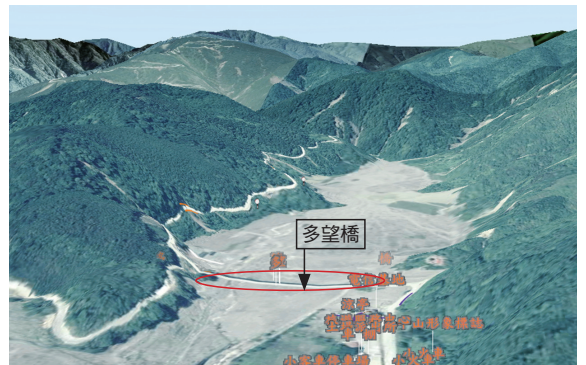


圖1 宜專一線公路多望橋位置圖。



▲照片1 宜專一線公路多望橋現況（拍攝時間97年2月16日。

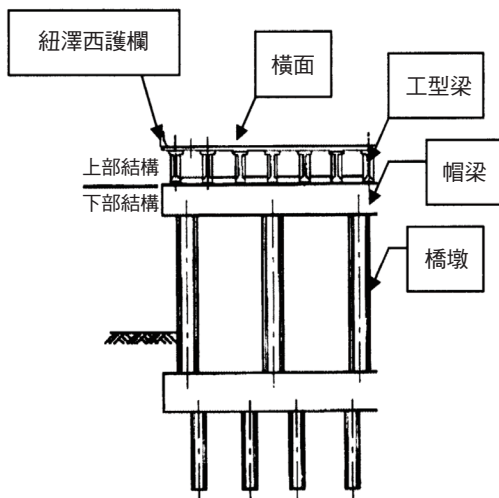


圖2 一般橋梁剖面圖。

當其中存在著某些缺失，將會使橋梁結構本身產生缺陷，而橋梁在使用的過程中又會受到意外的破壞及自然環境的侵蝕，造成損傷。再加上交通量之增加與荷載的反覆作用，容易使橋梁產生無法預見、立即且危險的損壞，甚至造成整座橋梁破壞。所以，要維持橋梁安全、正常的營運，首要工作便是及時發現缺陷及損傷，早期採取維修、補強加固措施，以控制缺陷的繼續發展並將損傷排除，以維持橋梁的正常使用。

（二）橋梁檢測之目的

橋梁結構物在長期營運過程中受到多種因素的影響，不可避免地會產生某些損傷，因而影響到結構體的正常使用條件，嚴重的甚至引起交通事故及縮短結構的使用年限。特別是隨著交通流量的增加、重型車輛的增多，使損傷現象更趨嚴重。因此，對橋梁結構物必須進行經常性的維修整治，使其處於良好的工作狀態。另一方面，為了確定橋梁必須養護的程度與加固之必要性與可行性，橋梁就必須有檢測的結果作為依據。要及時發現橋梁結構的缺陷及損傷，就必須要對橋梁進行檢測工作，橋梁安全檢測之目的有以下幾項：

1· 確保橋梁經常處於良好狀況，以利公路交通流暢。

2· 使橋梁養護人員實際了解橋梁現況與使用情形，同時對構造物受損狀況能充分掌握，且能視構造物損壞程度及交通狀況，適時對用路者提出有關警訊。

3· 安全檢測結果可評定橋梁之危險等級，供研判修復方法、限速限載及經費編列之依據。

4· 將本質極繁雜之養護業務整理成有系統、有效率之資訊體系與管理系統。

5· 提高公路運輸機能。

（三）多望橋檢測因由及目的

太平山國家森林遊樂區目前除宜專一線公路有多望橋外，13.1 km有盤古橋，蹦蹦車軌道沿線仍有不少橋梁，其中多望橋72年興建完成，距今已25年，由於每年約有30萬

遊客及5萬輛車進入，對橋梁結構物缺陷、損傷等亟需了解，如有不安全，並能視構造物損壞程度及交通狀況，適時對用路者提出有關警訊，編列經費加以修復。因此羅東林區管理處於96年度辦理道路測量（含控制測量、導線測量、地形、地物測量），結構物檢視、橋梁檢測、地錨監測等，其中橋梁檢測為辦理重點之一。

三、橋梁檢測的分類、方法及應注意事項

（一）橋梁檢測的分類

橋梁檢測依所使用的方法可分為一般檢測及特殊檢測，分別說明如下：

1．一般檢測

利用目視的方式對整座橋梁做全面性的檢查。檢測過程中視需要於重要部位、破裂部位、缺陷或異常現象部位拍攝照片，以為爾後研判之參考，另以數量化步驟對各個構件進行評估，以建立橋梁現況之基本管理資料，最後依權重分配得到橋梁的綜合評估。目視檢測之最大優點是執行容易、省時且耗費不多，但缺點是此法易拘泥於檢測者之主觀意識，所評估之結果有時與現場儀器檢測或載重實驗有甚大之差異。因此，目視檢測之評估結果只可作為橋梁現況之參考值，但無法完全正確反應結構現況。

2．特殊檢測

當橋梁目視檢查完成之後，可以選擇品質較差或功能異常的部分來進行特殊檢測，進一步鑑定材料劣化的範圍和程度，並推論發生

的原因，作為橋梁評估與養護工作的依據。特殊檢測是利用現場實驗的方式了解橋梁現存狀況之最直接的方法，依其性質可分為非破壞性檢測及部分破壞性檢測2種。

（1）非破壞性檢測

所謂的「非破壞性檢測」是利用不會對結構體有所傷害的試驗方法來達到檢定結構體現況的目的。

（2）部分破壞性檢測

破壞性檢測的主要目的是決定結構物部分區域之抗壓或抗拉強度，因此需要將結構部分區域加壓力或拉力，以達到破壞來評估強度，在試驗完成之後，必須對結構破壞區域作適當的修補工作。利用混凝土鑽心取樣來求得現有性質與強度亦是部分破壞性檢測之一種。在某些情況下，部分破壞性檢測是用來驗證非破壞性檢測之結果是否正確。

（二）橋梁檢測分類其優缺點分析

就橋梁整體的結構檢測而言，無論是非破壞性或是部分破壞性之檢測，皆有其優缺點，應利用各種方法相互驗證以達成檢測的目的。一般而言，非破壞性檢測可在現場立即完成，而且可以重複施測或是迅速移到下一點位進行試驗，當在一些特殊部位或是非破壞性檢測無法進行時，才施以破壞性的試驗。

橋梁一般檢測（目視檢測）由於對結構物未具任何破壞作用、簡單、容易應用、很快有結果且費用較低，因此是最常被利用的檢測方式。但是目視檢測無法深入了解結構物內部之真正情況，因此在檢查完成後，



表1 非破壞性檢測適用方法

結構物之缺陷 檢測方法	混凝土缺陷	混凝土空洞	混凝土強度	鋼筋位置	鋼筋腐蝕	材料厚度	金屬表面缺陷	金屬內部缺陷	焊接缺陷
超音波檢測法	√	√		√		√	√	√	√
液滲檢測法							√		√
磁粒檢測法	√	√		√		√	√	√	√
射線檢測法				√		√	√	√	√
渦電流檢測法	√						√	√	√
聲射法					√				
鋼筋腐蝕檢測			√						
反彈錘試驗法									
衝擊彈性波法	√	√				√			
紅外線熱感法	√	√							
雷達試驗法	√	√		√		√			

通常選擇整體狀況較差之區域進行非破壞或部分破壞性檢測，以鑑定結構體混凝土及鋼筋品質。對所見之缺陷或異常現象，檢測其缺陷範圍及劣化程度，並推論其主要肇因，以為進一步研判及評估之依據。

(三) 常用橋梁檢測及應注意事項

目前最常被利用的檢測方式即為一般檢測（目視檢測），由於對結構物未具任何破壞作用、簡單、容易應用、很快有結果且費用較低，檢測設備一般需準備如下：

1. 標準工具

現場檢測時主要的工具如下：

(1) 清用的工具如長柄掃帚、鋼刷、刮刀、平頭起子、鏟子等。

(2) 檢測用的工具如小刀、敲擊錘頭（帶有皮握把）、鉛垂、工具皮帶附袋子。

(3) 協助目視檢測的工具如望眼鏡、手電筒、放大鏡、檢測鏡子、染色滲透液。

(4) 量測工具如捲尺、卡尺、裂縫觀測鏡、厚薄觀水平尺及量角器、溫度計。

(5) 文件紀錄工具、檢測表格、現場記事本、三角板、照相機、廣角照相機、粉筆及標示器、中心打孔器。

(6) 其他設備：C型夾、潤滑油、防昆蟲的雨衣、醫藥箱等。

(7) 檢測員2人以上一起作業，可進行檢測前的討論、交換意見及注意安全。

2 · 特殊裝備

對於一般橋梁的定期檢測並不需要用特殊裝備。但是對於一些特別的橋梁或者特殊檢測作業則需要這些配備：

(1) 測量儀器：特殊的環境之下，也許要使用經緯儀、水準儀、丈量桿或其他測量儀器，這些儀器可以定出某構件相對於其他的構件的正確位置。特別是在定參考點時將會使用到。

(2) 混凝土反彈衝錘：以混凝土反彈衝錘進行非破壞性檢驗。

(3) 升降車及其安全裝置。

3 · 橋梁檢測它項準備

(1) 研擬檢測計畫

為使檢測作業能夠在有順序的系統下進行，檢測員得事前做好檢測計畫，這項計畫須包括確定檢測的程序，時程表，準備特殊的檢測需求（例如非破壞性檢測儀器及水中檢測等），編列現場注意事項，預先考慮交通維持過程所造成的影響，及其他任何必要的措施。

(2) 準備作業

事先準備檢測所需要的適當工具及設備，研讀橋梁結構檔案，並由地圖上找出橋梁的所在。

(3) 執行檢測作業

根據適當的順序以及橋梁構件編碼系統進行檢測作業。

(4) 準備檢測報告

一般檢測文件對於進行特殊檢測是非常重要的，檢測員必須收集足夠的資訊以保證報告的完整性。

(5) 確定需要維護保養及維修的項目

最後的義務係確定需要維護保養及維修的項目，以達到延長橋梁使用年限的目標。

4 · 橋梁檢測安全維護

安全維護是橋梁檢測首要工作，由於檢測工作經常會暴露在危險的情況下，所以參加檢測的人員都要非常地謹慎。態度、警覺與常識是維持安全的三項重要因素。

(1) 安全基本原則

橋梁檢測員最關心的是製造一個安全的工作環境，良好的工作習慣是為重要的因素，包括：保持良好的睡眠，工作時提高警覺、維持健康的體能狀態、使用適當的工具、保持工作範圍的完整、遵守工作安全守則、應用一般常識與良好的判斷、避免飲酒及服食藥物。

(2) 個人保護

適當的檢測服裝。工作時得穿著適當的服裝，並能配合當時的氣候。橋梁檢測員檢測時得穿工作鞋及配戴工作袋，裝簡單的工具及記事本等。工作時最好能夠戴安全帽以保護頭部，在橋面上工作時得穿上反光衣。在特別的工作環境下，例如噴砂等，得配戴護目鏡及口罩，道路上方或者高空作業時，得繫上安全帶及繫索以確保個人安全。手套則視實際需要而配戴。

(3) 安全預防措施

所有現場的電纜或電線都要假設有電的，所有電源線在檢測時最好全部切斷；檢測時最好維持2人一組，以便互相支援；如果不能避免需在交通上方檢測，作業時得將



工具、筆記本及眼鏡等加以繫好，而不致掉落影響到下面的交通；進入密閉的場所，例如箱型梁內部，得配備手電筒，必要時得考慮準備氧氣設備，對於內部是否有毒氣存在的可能，也要事先加以檢查鑑定，以免發生危險。

四、多望橋檢測、結果分析與解決方案探討

羅東林區管理處96年以目測配合非破壞性檢測多望橋，目測主要以橋面表面檢視、並以機具及工具作工型梁、帽梁、托架、橋台、橋墩、橋柱檢視，非破壞性檢測主要以混凝土反彈衝錘、透地雷達試驗法，97年度更辦理橋梁特殊儀器檢測，進行橋梁耐震能力詳細評估，鑽心取樣之抗壓強度試驗，結果多望橋橋墩推算其現有耐震能力為0.189 g，不符合89年設計規範之耐震需求（0.268 g），因此計畫補強，使耐震能力提高至0.3866 g外，



▲照片2 多望大橋兩側欄杆基座之混凝土，以混凝土反彈衝錘進行非破壞性檢驗。

初步規劃以補強橋梁「主體」與「完修」為大原則，其橋梁檢測、結果分析與解決方案分析如下列所述。

- (一) 多望橋橋梁欄杆基座、橋墩、橋柱混凝土，以混凝土反彈衝錘進行非破壞性檢測。
- (二) 多望橋面表面檢視。
- (三) 多望橋橋面、工型梁、帽梁檢視。
- (四) 檢測結果分析與探討。

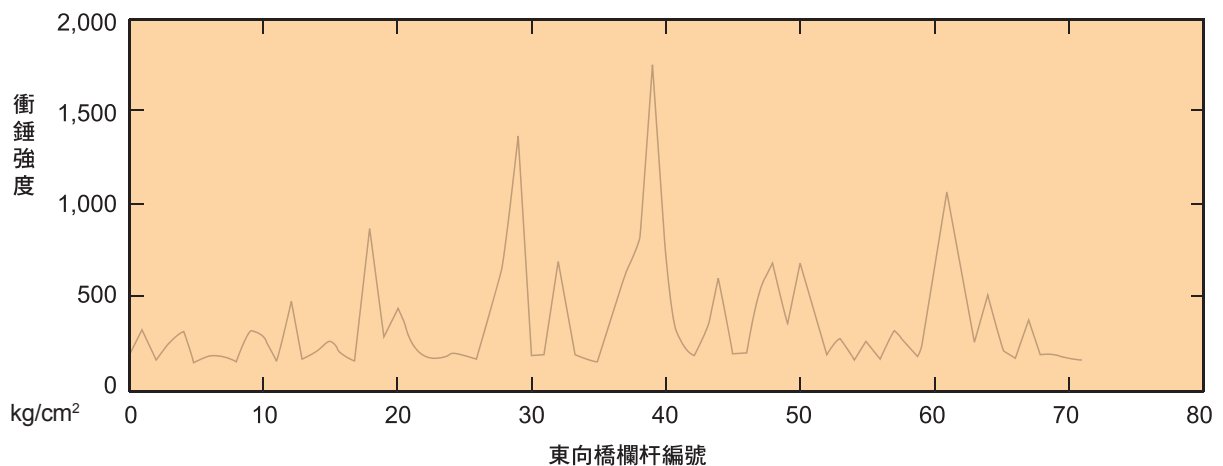


圖3 多望大橋東向欄杆基座之混凝土反彈衝錘檢驗結果。

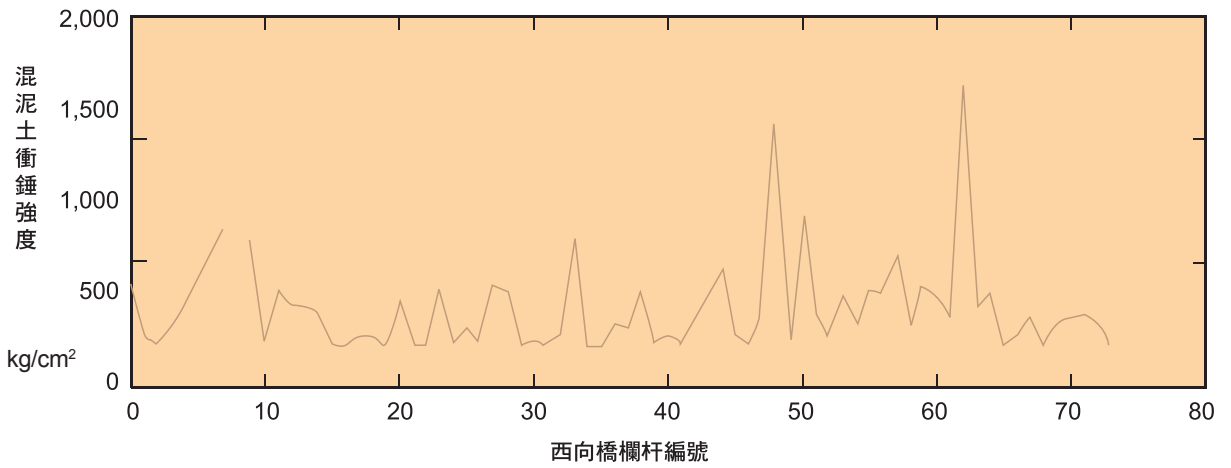


圖4 多望大橋西向欄杆基座之混凝土反彈衝錘檢驗結果。

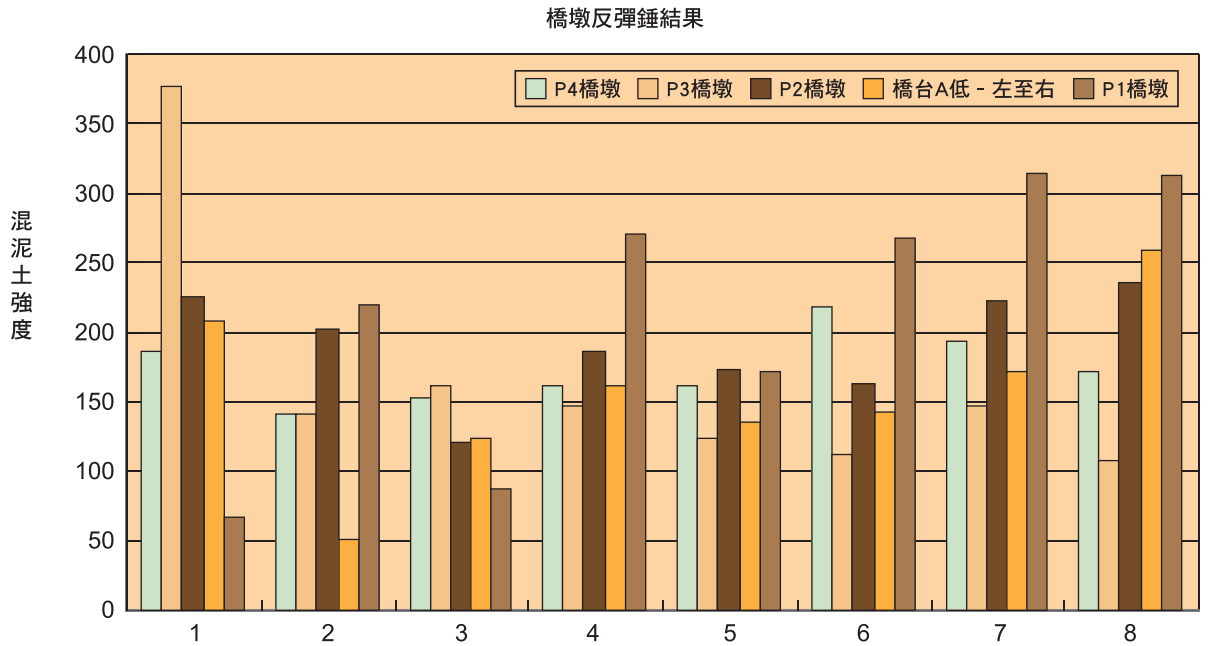


圖5 多望大橋橋墩混凝土反彈衝錘強度檢驗結果。

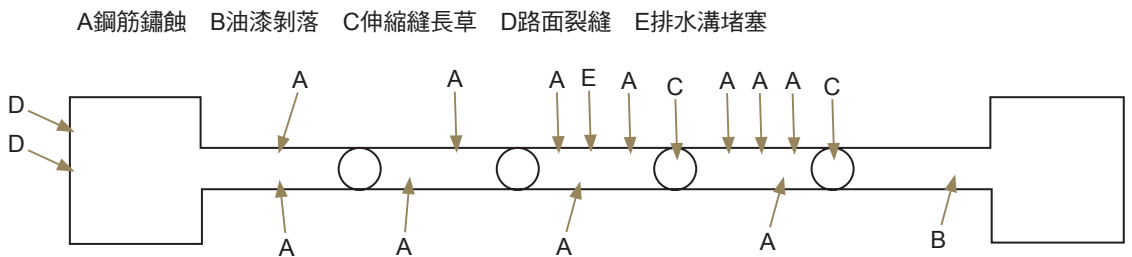
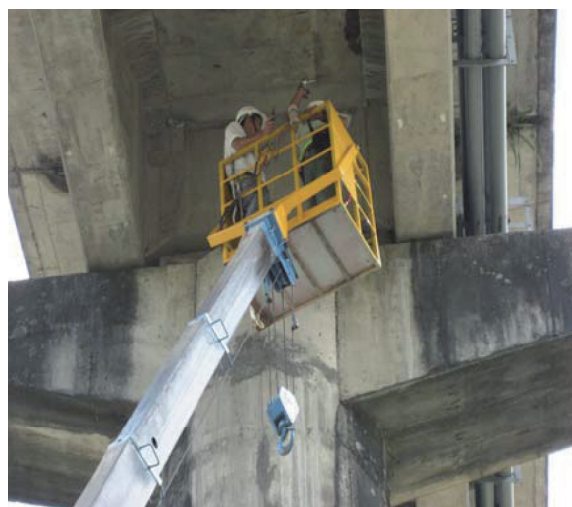


圖6 多望橋面表面檢視結果。



▲照片3 多望橋橋面、帽梁檢視。



▲照片4 多望橋橋面、工型梁、帽梁檢視。

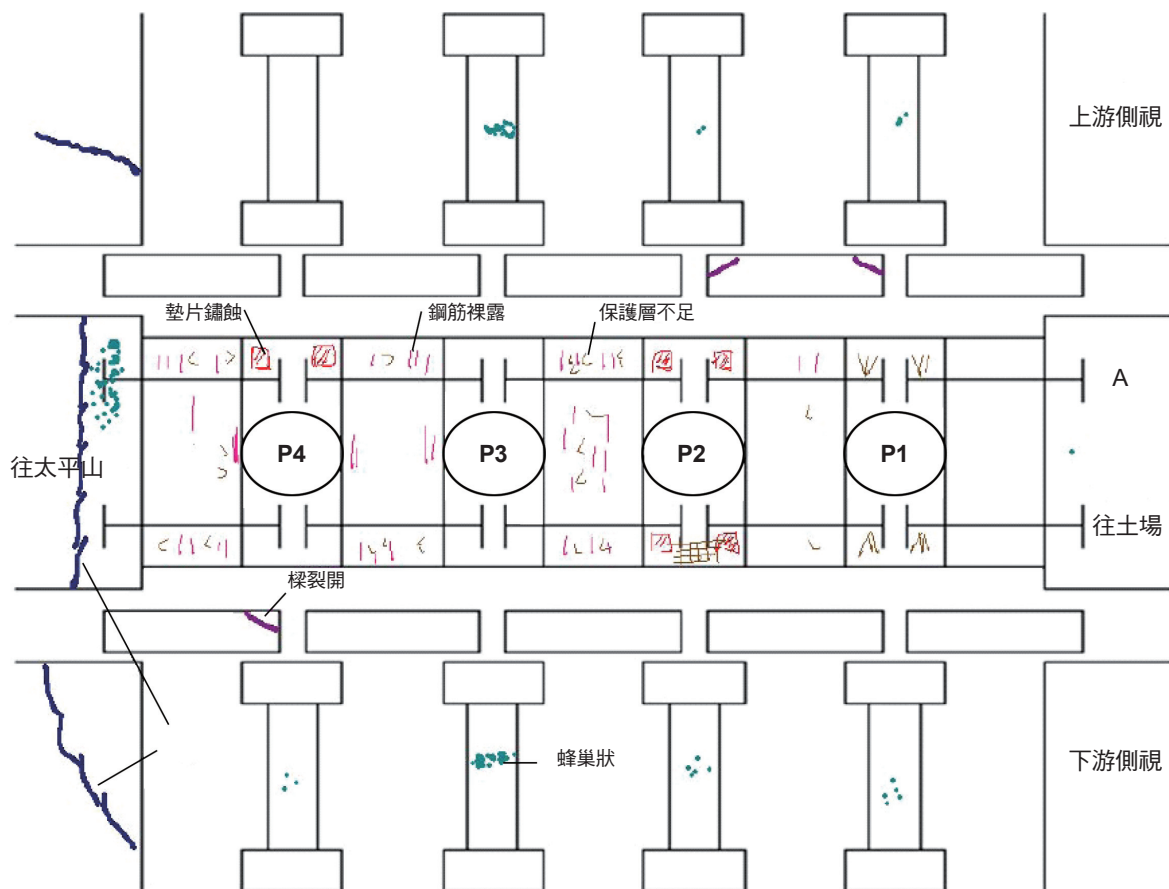


圖7 多望橋橋面、工型梁、托架檢視結果。

表2 檢測結果分析與探討

現況狀況			
	護欄鋼筋外露	伸縮縫長草	排水孔阻塞
現象描述	混凝土保護層龜裂剝落鋼筋鏽蝕外露。	伸縮縫內積淤泥、植物根系伸入縫內、影響伸縮縫功能。	路緣淤泥，植物生長，阻塞排水孔，造成橋面積水。
建議解決方案	外露鋼筋除鏽處理以水泥砂漿補強保護。	伸縮縫定期清淤。	定期清淤。
現況狀況			
	路面裂縫下陷	橋面版底面鋼筋裸露	橋面翼版底鋼筋裸露
現象描述	橋台後材料流失造成路面下陷，疑為橋台結構變形斷裂造成。	橋面版下方混凝土剝離、鋼筋裸露、疑RC保護層厚度不足所致、各跨橋面版均有發現。	
建議解決方案	應併入橋台結構安全評估中檢討。	已影響橋面版結構功能應儘速處理以免惡化、外露鋼筋除鏽處理、以樹脂水泥砂漿補強保護。	
現況狀況			
	工型梁端底部開裂鋼筋裸露	橋面版保護層裂縫鼓起	保護層裂縫鼓起剝離
現象描述	預鑄工型梁端底部開裂、梁端承鈹裸露、裂縫疑似地震時異常變位時拉力造成。	1· 橋面版保護層開裂鼓起 2· 於各跨橋面版均普遍可見 應為鋼筋裸露之前兆應係混凝土底面保護層厚度不足造成。	
建議解決方案	梁破壞已影響結構及支承功能、地震時工型梁有位移、傾斜、落橋危險性、應儘速釐清其結構安全性後補強處理結構補強應重新校核其安全性。	1· 已影響橋面版結構功能應儘速處理以免惡化 2· 應敲除鼓起部分混凝土後外露鋼筋除鏽處理以樹脂水泥砂漿補強保護	



表2 檢測結果分析與探討 (續)

現況狀況			
	托架保護層脫落鋼筋裸露	托架保護層凹陷	橋台B蜂巢現象
現象描述	RC托架下緣保護層脫落鋼筋裸露、應為澆置時保護層厚度不足所致。鄰近混凝土亦有剝離現象。	橋墩托架上混凝土凹痕，鋼筋尚未裸露然仍應迅速補強保護。	橋台及橋柱均有蜂巢現象，鋼筋有鏽蝕之虞。
建議解決方案	影響其結構強度應儘速保護處理、應儘速釐清其結構安全性後補強處理結構補強應重新校核其安全性。	以樹脂水泥砂漿補強保護。	以樹脂水泥砂漿補強保護。
現況狀況			
	P3橋柱蜂巢現象	橋台B中段明顯裂紋	橋墩座側鋼筋裸露
現象描述	橋柱P3之蜂巢現象嚴重，應為混凝土骨材析離造成柱鋼筋已外露。	往太平山側之橋台B於中段高度具明顯裂紋、裂紋延伸至側面且已有錯動現象橋台上方路面明顯下陷。	P1、P2、P3橋墩座均有鋼筋裸露現象、判斷應係保護層遭巨礫磨蝕撞擊所致。
建議解決方案	敲除骨材析離部分之混凝土、鋼筋除鏽處理以樹脂砂漿速補強保護結構補強應重新校核其安全性。	此為結構性破壞有安全之虞、應儘速釐清其破壞機制及結構安全性後補強處理結構補強應重新校核其安全性。	應補強保護層以免鋼筋繼續鏽蝕、易受撞擊磨蝕部位應以鋼板防護。

五、結論與建議

(一) 維護公共安全橋梁主要責任是在維護大眾的安全，使得一般大眾在行經橋梁時，能夠具有信心而不會遲疑。萬一橋梁發生安全上的顧慮，將會造成大眾對公路橋梁失去信心。因此建立橋梁的歷史資料檔案，並加以

維持，橋梁檢測是最好的方法。

(二) 橋梁結構物在建成之後必須滿足下列各項功能要求：

1. 在正常使用時能承受可能出現的各類作用。
2. 在正常使用時能具有良好的工作性能。

3· 在正常維護條件下具有足夠的耐久性能。

4· 在偶然事件發生時及發生後，仍能保持必須的整體穩定性。

當結構物有可能無法滿足某項功能的要求或對滿足某項功能的要求發生疑問時，就必須對結構的整體、結構的某一部分或某些構件進行檢驗。檢驗的目的是對其安全性、適用性或耐久性作出正確的評估。橋梁檢測後可確認或評估橋梁維修的需要。

(三) 當橋梁構件的材料或組成物發現缺陷、裂縫、損傷、劣化，或者是整體系統之特性，例如安全性、適用性或耐久性無法用一般性的調查檢驗或目視評估法作評定時，工程人員就必須使用各種不同之儀器設備，在不影響結構現有使用功能及狀態之下，取得可協助評估工作進行的量化資訊。進行此類工作時所必須使用之儀器量測技術、理論及分析法都必須透過一定時段之訓練方可從事，所以由技術困難度上來和一般目視檢測相比的話，是屬於層次較高之檢測工作。

(四) 非破壞檢測是藉著某種介質進行的間接檢測方式，較其他一般直接檢測方式，如機械量規、敲擊探傷等更具靈敏、快速與精確之特性。由於非破壞檢測所獲得之資料，不能預測構件所能承受之負荷及其將來使用之壽命，只能將目前之品質狀況提供出來，作為改良原始設計、材料選擇及製造技術參考之用。若配合其他方法，如破壞性檢測與破壞力學，並同時瞭解構件之結構及其使用情況，則可評估該缺陷在構件中可能發生之影響程度。

各種非破壞性檢測方法有其優缺點及應用範圍，任何一種檢測方法不一定能完全達到某一個目標，或許要運用其他方法作輔助。

(五) 多望橋72年規劃測量設計，為R.C預力橋梁，使用年齡已逾25年，為判斷多望橋混凝土之現況強度符合當時之設計強度，經檢測結果照片呈現之缺失現象描述、建議解決方案均詳加分析。由於經濟發展迅速，太平山發展國家森林育樂又加上雪山隧道開通，國道5號與國道1、2號連接，因此遊客及車輛增加快速，目前每年已超過30萬遊客及5萬以上車輛進入，為顧及遊客安全，羅東林區管理處96年於非破壞檢測所獲得之資料後，97年立即編列預算進行載重實驗或微振量測橋梁結構振動頻率測驗，並進行橋梁各項改善及補強工作。

(六) 多望橋屬鋼筋混凝土造預力橋梁，其檢測內容雖有很多可改善加強項目，惟在林務局所轄林道之橋梁或阿里山鐵路及蹦蹦車橋梁，可藉由本文介紹之橋梁檢測及改善方法，提供林業工作同仁參考，並藉以提昇林務局國家森林遊樂區遊客通行及行車安全之保障。▲

參考文獻（請逕洽作者）

（圖片／高遠文化 攝影／林文集）

