



# 國道橋梁全生命週期維護與管理

由於發生南方澳跨港大橋斷橋事件，使國人對於橋梁安全議題更加重視，本文以臺灣最高等級的國道橋梁為例，介紹國道橋梁全生命週期維護管理及各項精進做法，讓讀者瞭解橋梁維管作為，並對國道橋梁安全更加放心。

陳真芳、陳見成、李碧瑩（交通部高速公路局工務組正工程司、工程員、主計室視察）

## 壹、前言

108 年南方澳大橋斷裂造成 6 人死亡、12 人受傷；97 年辛樂克颱風夾豪雨侵襲，大甲溪溪水暴漲，造成后豐大橋橋墩斷裂；89 年碧利斯颱風造成高屏大橋橋墩被溪水沖毀，橋面塌陷，行駛其上的 17 輛汽機車墜落。意外發生凸顯橋梁安全的重要性，政府對公共建設橋梁維護管理之良莠，影響用路人生命、財產安全甚鉅。

高速公路為臺灣地區中長程運輸系統之主要動脈，而橋梁在國道結構設施中扮演相當重要的角色，統計至 108 年底國道橋梁已達 2,446 座，其中不乏跨越河川及結構特殊之橋梁，為確保服務效能及橋梁

安全，平時所作之檢測及維護是否確實有效，便是其中之關鍵。

橋梁全生命週期包含規劃、設計、施工及維護管理等階段，其中維護管理期程占全生命週期的比例最長（約為

圖 1 橋梁全生命週期比例



資料來源：作者自行繪製

88-92%)，其重要性不容輕忽，對既有橋梁進行定期檢測及適當維修補強工作，儼然成爲橋梁永續發展不可或缺的一環，橋梁全生命週期比例如上頁圖 1。

## 貳、完備全生命週期橋梁管理系統

鑑於橋梁檢測維護資料登載之正確性及完整性對橋梁維護管理運作成效影響甚鉅，交通部高速公路局（以下簡稱高公局）率先於 85 年開發管理系統，期間因應組織整併及配合政策，逐步擴充及更新橋梁管理系統（圖 2）。

歷經多年擴充及維護，橋梁管理系統已大致完備，各階段重點工作如下：

一、85 年率先委託開發「橋梁

養護管理系統」，建立橋梁基本檢測資料，並提供單機版將橋梁檢測資料上傳系統。

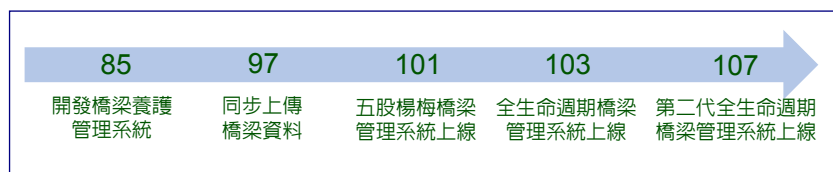
二、94 年高公局委請廠商將橋梁規劃、設計資料建置「橋梁管理資訊系統」，整合現有設施管理系統進行轄區各橋梁之基本資料、檢測資料、維修資料、竣工圖等維護作業，並於 97 年同步將資料上傳至交通部全國橋梁系統。

三、101 年交通部臺灣區國道新建工程局（以下簡稱國工局，現已併入高公局）委託開發完成「五股至楊梅段拓寬工程全生命週期橋梁管理系統」，用以建置儲存五楊高架橋梁相關資料。

四、因考量國工局與高公局組織整併，故再進行擴充，將高公局轄管橋梁全數納管，擴充後之系統於 103 年上線使用，該系統更名為「全生命週期橋梁管理系統」。

五、爲符合交通部政策需求，於 106 年委託開發「第二代全生命週期橋梁管理系統」，並於 107 年 1 月 1 日正式上線使用，持續迄今。該系統架構主要分成五個面向，分別爲「共同管理層」、「規劃設計層」、「施工建造層」、「維護管理層」及「分析評估層」。系統之發展概念係建立一套以生命週期爲導向，針對各階段之橋梁管理工作有效運用，以提升橋梁管理之成效及經濟效益，第二代全生命週期橋梁管理系統架構如下頁圖 3。

圖 2 國道橋梁管理系統演進時序



資料來源：作者自行繪製。

# 論述 》 預算 · 決算

## 參、國道橋梁維護管理作為

### 一、制度化檢測

橋檢及維護管理制度包含橋梁檢測、維護及考核評鑑等。國道橋梁巡查及檢測係依據交通部「公路養護規範」與「公路橋梁檢測及補強規範」及高公局「高速公路養護手冊」第 2 章養路巡查篇、第 5 章橋梁篇與「高速公路橋梁目視檢

測手冊」規定辦理。

巡查指養護單位就轄區橋梁巡視與必要的檢查；分為經常巡查、定期巡查及特別巡查三類。經常巡查係平時於日、夜間以目力巡視；定期巡查則改以定期檢測方式辦理；至於特別巡查則是於颱風、豪雨、地震、火災、海嘯或其他重大事故後，就橋梁所作之安全檢視。

目前國道橋梁每日須辦理

經常巡查，每年應辦理 2 次平時檢測（4 月及 10 月），每座橋梁每 2 年至少須辦理全面性的定期檢測 1 次，若橋梁跨徑超過 150 公尺或特殊類型橋梁，如斜張橋、 $\pi$  型橋或鋼拱橋等，每年應檢測 1 次，對於箱型梁內部檢測作業，則規定每 3 年至少辦理 1 次；期以早期發現構件劣化狀況（如裂縫、鋼筋銹蝕、滲水、白華或鋼結構之彎曲、變形、螺栓鬆動（脫）等），採取必要之對策，使橋梁保持良好狀態，以提升掌握橋梁之安全與使用性。另對於地震、颱風、大豪雨或火災等災害後，均須進行初步特別巡查及特別檢測作業（如地震地區震度 4 級以上須進行特別巡查；震度達 5 級以上地區須進行特別檢測等），檢測完成後，依橋梁狀況並視評估結果進行維修、補強。

橋梁亦應辦理詳細檢測，如於定期檢測或特別檢測後，認為有必要時，以儀器或相關設備進行局部破壞或非破壞檢

圖 3 第二代全生命週期橋梁管理系統架構



資料來源：作者自行繪製。



測等之檢測；或對跨河橋梁所在河道狀況、基礎沖刷情形之檢測；或針對特殊性橋梁重要

構件，依其維護管理作業計畫辦理之檢測。橋梁巡查及檢測之類別、內容重點及頻率如圖

4 所示。

「維修」主要為防止橋梁繼續劣化，以滿足使用功能及耐久性；「補強」主要為提升橋梁強度、勁度、分散構件之應力狀況，或使橋梁結構滿足公路養護管理機關要求之使用性及安全性，進一步延長使用年限。有關橋梁檢測及補強整體作業流程如圖 5。

### 二、3 階段品質管理

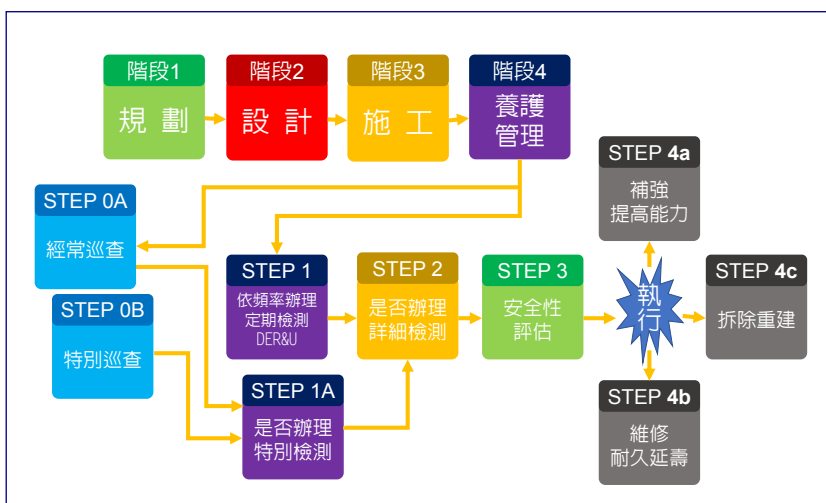
囿於檢測人力不足，高公局橋梁檢測作業係採委外方式辦理，又為落實橋檢作業，維護橋梁安全，各單位均應依標準作業程序由工務段定期辦理工作抽查，分局辦理工作稽核，局本部辦理工作督導，採 3 級品管方式確認工作品質。工務段每週應辦理 1 次橋梁檢測作業工作抽查（109 年起，橋梁檢測報告複檢比例 10%）；各分局另應依「高速公路養護手冊」第 19 章養護績效之督導及考核篇，規定於每年 3、6、9 月辦理橋梁檢測作業工作稽

圖 4 橋梁巡查及檢測之類別、內容重點及頻率

	橋梁巡查作業		橋梁檢測作業		
類別	經常巡查	特別巡查	平時、定期檢測	特別檢測	詳細檢測
內容重點	平時於日、夜間，以自力巡視，及早發現異常狀況	於颱風前後、豪雨、地震、火災、海嘯或其他重大事故後，以自力或簡易器具巡視或檢測，以檢視各設施之安全	以直接或間接目視評等橋梁各構件之劣化狀況	因應特殊情事發生，選擇所需構件進行特別檢測，以目視為主	以儀器或相關設備進行局部破壞或非破壞檢測；或針對特殊性橋梁重要構件
頻率	每日至少 1 次	於颱風前後、豪雨、地震、火災、海嘯或其他重大事故後辦理	平時檢測：每年 4 及 10 月前。 定期檢測：每 2 年至少辦理 1 次	地震、土石流、水災、火災或其他重大事故後或巡查發現顯著異狀實施之	橋梁於檢測後，認為有必要時進行；或河道及基礎沖刷情形；或依維管計畫辦理

資料來源：作者自行繪製。

圖 5 橋梁檢測及補強整體作業流程



資料來源：財團法人中華顧問工程司，橋梁檢測人員初訓課程簡報。

## 論述》預算·決算



核，並針對轄管重點監控橋梁加強稽核；局本部則依「國道橋梁維護管理作業考核要點」規定辦理橋梁督導作業外，自 107 年起針對轄管 13 個工務段辦理不定期督導作業，以強化橋梁安全管理。

### 肆、全生命週期橋梁安全維護精進作為

高公局對於國道橋梁的管理作為是藉由預防式或積極式養護作為，來確保橋梁結構安全及國道服務品質，並利用全生命週期管理概念，完善相關養護作業與制度，持續提供用路人安全及良好的行旅環境，相關精進作為如下：

#### 一、系統有效管理，達到預防式維護

高公局轄管國道橋梁共計 2,446 座，相關規劃設計資料、施工資料、歷年之定期檢測成果報告、特別檢測報告及工作品質管理文件，皆於系統詳細記錄，除可保留完整橋梁履歷，亦能有效管理橋梁狀況並追蹤

劣化趨勢及維護進度，每年管控檢測率及維修率達 100%，未來期可透過劣化預測分析進行預防式維護及預估整建成本。

#### 二、橋梁「構件化」、檢測「行動化」、功能「客製化」

橋梁管理人員除可利用系統自動產生 3D 橋梁模型，掌握各主要構件最新狀況與變化趨勢外，亦可直觀呈現橋梁各構件狀況，此外，檢測利用 APP 及逐構件紀錄與拍照，並紀錄檢測人員軌跡與檢測時間，完成檢測後，藉由無線網路上傳至系統，可有效減少二次輸入錯誤率，並確保各橋梁管理機關所轄橋梁資料之完整與詳實，同時提升橋梁檢測之效率及品質。

#### 三、重點監控橋梁，加強管理強度

高公局為提升國道橋梁安全，依橋梁狀態及檢測結果擇取 37 座重點監控橋梁，其中包含鋼索型式之特殊性橋梁、

結構有部分老劣化需長期監控並辦理補強中之橋梁及防汛需求監控橋梁（含配合新河川治理計畫、通水斷面不足、或有沖刷之虞等，計畫改建或補強中），針對上揭橋梁加強管理強度，以確保國道安全。另因應耐震規範的修正，高公局採取積極式作為，針對既有橋梁分區段辦理耐震補強，以提高耐震能力確保橋梁安全。

#### 四、厚植橋檢能量，災害快速動員

為充實各分局橋檢能量，高公局要求各工務段應以過半數同仁均能辦理橋檢工作為目標，相關同仁積極參加公路橋梁檢測初訓課程，符合橋檢資格人數由 106 年 27 人增加至 108 年底 142 人，並自 106 年起，由各分局逐年增加橋梁自辦檢測數量，除可培養橋梁的檢測技能外，亦可增加重大災害發生時，橋梁檢測動員能量；另自 106 年 6 月起，交通部指定高公局為公路橋梁檢測人員培訓及發證機關，高公局隨即訂定「橋梁檢測人員培訓課

程暨發證規劃」，每年均定期辦理特殊性橋梁、鋼筋混凝土橋梁及鋼結構橋梁進階教育訓練，以強化工程人員審核委外檢測成果的能力，並於 108 年導入現地實橋檢測測驗，增強工程人員實務操作技能。

## 五、定期技術交流，互相學習成長

為提升橋梁施工及維護技術，高公局結合各相關業務單位成立橋梁小組，每季召開會議討論橋梁維護及施工遭遇之困難、緊急應變、解決辦法、注意事項、溝通協調、技術交流、教育訓練等事宜，在損害微小時即時發現問題，解決問題，防微杜漸，確保橋梁安全。

## 伍、近年投入經費

橋梁維護可區分為橋梁檢測、一般例行性養護及耐震補強等 3 部分，皆係針對既有橋梁之延壽耐久之需。橋梁隨著時間而不斷老化，須不斷投入經費，滾動檢討改善。

### 一、預防式維護經費

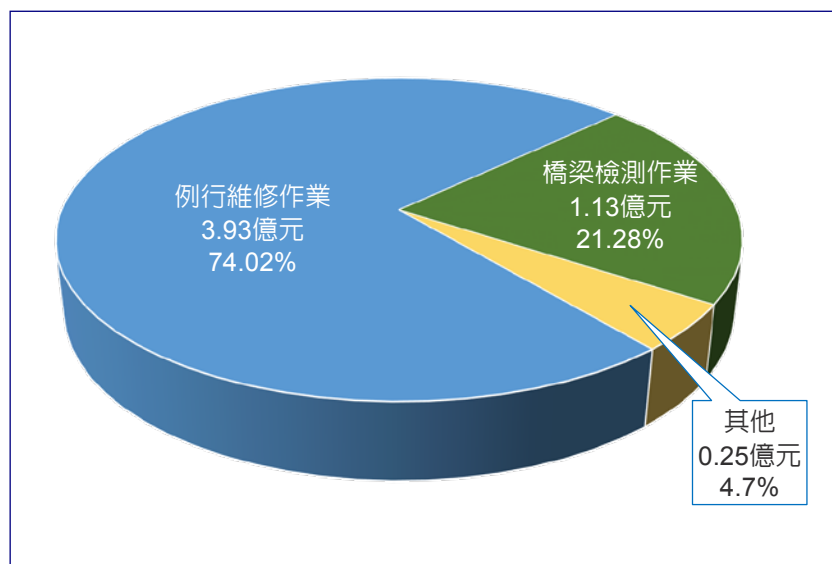
經統計高公局 106 至 108 年度決算數，辦理橋梁檢測作業每年約 1.13 億元；另橋梁檢測發現缺失及問題後，依據橋梁狀況並視評估結果辦理例行維修作業每年約 3.93 億元，其他橋梁油漆及委託技術服務每年約 0.25 億元，整體橋梁檢測維修等決算數約 5.31 億元（圖 6）。

### 二、積極式補強經費

另對道路橋梁而言，補強工程確實可加強其對地震之抵

抗力，不僅在地震來臨時能減少橋梁之損害，還可在救災時發揮緊急運輸的功能。高公局在生命工程系統積極強化風險管理作為，對高速公路橋梁的耐震補強工作不遺餘力。尤其 921 集集大地震後，考量高速公路為交通大動脈，為防範於未然，即依最新耐震規範以分階段執行策略循序推動，進行國道橋梁耐震補強工作。分為第一期、第二期及後續路段，截至目前已完成國道 1 號員林至高雄路段（第一期）及國道

圖 6 高公局 106 至 108 年度橋梁檢測維修等決算



資料來源：作者自行繪製。



# 論述》預算·決算



3 號汐止系統至竹南路段（第二期），為使國道所有橋梁都能符合最新橋梁耐震規範標準，達到國家整體防災永續發展目標，仍持續針對國道路段尚未符合最新耐震要求約 1,169 座橋梁，做全面性的詳細評估與補強，國道橋梁耐震補強各期計畫如附表。

## 陸、結語

橋梁連結各公路與鐵路等交通運輸網路，確保橋梁結構安全使其長期具備正常服務使用功能，對於社會經濟活動相當重要，尤其在政府推動公共建設之同時，持續提升大眾生

活品質，更應保障人民生命財產安全，讓各項公共工程維持使用性與服務安全。基此，高公局以風險管理導向進行積極式維護，如國道橋梁耐震補強計畫，為日後大地震來襲時，達到減少損害、避免傷亡的主要目標，並提供國家經濟持續發展所需之高安全性基礎交通建設。未來高公局仍將基於橋梁全生命週期觀點，在設施或構件損壞不可避免之認知下，主動掌握其特性隨時間之演化行為，研析造成損害之可能原因與影響因素，並採預防式維護，在設施損壞前完成維修補強作業，以確保用路人行的安全。

## 參考文獻

1. 宋裕祺、陳俊仲、許家銓、周光武、洪曉慧、張國鎮（2017），橋梁生命週期防災管理系統建置技術研發現況與探討，土木水利，44 卷 2 期、56-65 頁。
2. 陳威廷（2004），生命週期導向橋梁評估系統之研究，國立中央大學營建管理研究所碩士論文，1-2 頁。
3. 財團法人中華顧問工程司網站 <http://www.ccci.org.tw/modules/article-content.aspx?s=1&i=2>。❖

附表 國道橋梁耐震補強計畫經費及期程

計畫	經費	期程	路段
第一期	79.9 億元	93 年 1 月～ 99 年 4 月	國道 1 號 (中山高速公路)
第二期	76.95 億元	100 年 1 月～ 105 年 11 月	國道 3 號北部路段
後續路段	337.17 億元	105 年 1 月～ 114 年 6 月	所餘國道路段 1,169 座橋梁

資料來源：作者自行整理。