

## 第一章 緒論

### 1.1 計畫緣由與動機

橋梁系統為國家建設的重點，影響整體經濟之發展，扮演貨物暢通樞紐的重要角色。橋梁主管單位平日相當重視橋梁之檢測、維修補強，但因受到人力的不足、經費的有限以及對整個橋梁生命週期問題不夠了解的狀況下，加上橋梁在其生命週期中無可避免將遭受到許多天然因素、環境背景及設計施工因素之影響，而產生結構性損壞，影響正常功能發揮。如何利用有限經濟資源對目前國內約兩萬餘座橋梁進行完善的維護與管理，確保橋梁安全性並發揮最大效益，對國內橋梁管理單位而言是最重要的課題之一。

隨著國內重大公共建設陸續完成，以及 70 年代大量興建的公共工程如十大建設，十二項建設等建設進入「中年期」，維護管理問題將成為國內工程界未來十年內的首要挑戰。在台灣，由於過度的使用以及頻仍的天然災害，既有的設施構造由於材料的老劣化，使得結構體普遍在邁入原設計服務年限的「中年期」，亦即約 25 至 30 年，即出現服務功能折損或不敷現況需求的現象。國內以往橋梁維護管理工程的層級，仍多停留在消極的目視巡查與一般的清理養護，而對於設施的功能折損，也多是採取被動的「壞的再修」策略。面對數量逐漸成長的老舊橋梁，為了恢復設施的原有功能，達到永續利用的目的，如何研擬妥適的橋梁延壽對策，必將成為未來工程界的重要工作。除了既有設施構造以外，針對大型且系統龐雜的新建工程，例如高速鐵路、捷運，以及高速路網等重要設施，更應在開始服務之初便備妥適當的維護管理計劃，除了能有效地確保設施系統的正常運作之外，更希望能延長設施的服務年限，達成資源永續的目標。

以橋梁為例，國道高速公路局（之後簡稱高公局）於民國 88、89 年間用以辦理橋梁隧道項目之維修經費高達 4.1 億元，而省道公路近年來對於老舊橋梁維護整修之費用每年亦須花費 3.5 億以上的整建費，且隨著老舊橋梁之數目逐漸增多，政府勢必逐年增加橋梁的養護費用<sup>[27]</sup>。像歐、美、日等國每年也都投入鉅額費用進行維護。例如日本橋梁維修費用在 1998 年佔其道路橋梁年度預算的 14%，而預估在 12 年之後，其比率會激增到 52%，在 2010 年以後日本花在橋梁維護的費用會超過其興建的費用。面對此一龐大的維護需求，維護工程的規劃與執行都是橋梁工程人員即將面臨的重大挑戰。而橋梁在歷經河川盜採砂石、重型車輛超載（主要為砂石車）、地震、雨後的土石流沖刷、河川侵蝕後，被損害嚴重、危及行車安全的案例著實不少。而除了人為的損害，橋梁最大的傷害多數仍來自於自然力。所以在大量檢測與維護下，橋梁管理單位將面臨維護管理的高峰。

所以在前述的觀察下，為有效地預防橋梁災害發生所造成損失，維護橋梁安全，確保國道交通暢通和增加橋梁壽命，如何檢討現行橋梁延壽對策，不單是技術上的提升，且是在延壽策略上，必須建構合理評估延壽需求方法，發展並健全延壽記錄之系統，便是本案發展之主要背景原因。

## 1.2 研究主題

在對橋梁進行延壽工作之前，必須清楚了解延壽的定義與目的為何，依據行政院公共工程委員會「公共工程延壽評估作業準則,2002.11」所定義的「對公共工程結構物採取有助於其維持營運使用的各種行為」，乃知道「延壽」為一抽象的名詞，主要目的就是採取各種手段與方法有效延長結構物之使用年限，但所涵蓋的範圍甚

廣。有鑑於此，本研究界定延壽定義為「評估橋梁歷史紀錄與橋梁現況，研擬評估流程，在政府有限資源與預算以及符合工程需求之服務水準下，確定橋梁進行維護、整治的時機，確保橋梁在使用者制定之功能門檻值內的服務水準達到服務功能需求，進而達到最佳經濟化的延壽策略，目的是尋求最佳化「經濟」、「效益」以及結構物使用「年限」之間的平衡。以及最後發展健全橋梁延壽紀錄之系統」為本研究之主要目的。其實行的方法，就是利用對橋梁進行評估程序，以橋梁過去與現在的記錄為基準點，考量未來橋梁延壽預算最經濟的手段。主要針對高速公路橋梁進行延壽評估及案例分析，並以四座不同之高速公路橋梁延壽評估作業為示範案例，呈現其延壽成因、時機、評估至採取延壽技術及相關成本分析作為之完整作業流程。其主要目的如下：

#### 1. 建立高速公路橋梁分類編碼系統

由於現今橋梁管理單位，均有其實行多年的管理系統，但由於橋梁數目眾多，在進行調查與管理時，缺乏一共通之橋梁語言以方便管理維護。本研究鑑於此以延壽觀點對橋梁進行分級分類，交通部科技顧問室之邊坡管理系統型式，研擬橋梁編碼原則，將橋梁之基本資料、所在位置里程數、結構型式等做一基本碼的編成。

#### 2. 研擬高速公路橋梁延壽評估系統

對現今高速公路橋梁之調查、資料分析與營運管理記錄的彙整，試圖找出高速公路橋梁營運所面臨的問題，提供建議。並收集參考國內外延壽相關之政策與技術資料，含確定橋梁延壽技術的適用範圍與成本估算之經濟可行性分析，在防禦式維修與反應式維修之觀念的雙重考慮下，評估高速公路橋梁劣化現況與延壽的時機，以不考慮路網分析下，研擬高速公路橋梁延壽評估系統，以提供高公局橋梁管理維護之決策機制。

3. 以案例驗證橋梁延壽評估系統

依據本研究所擬議之橋梁延壽評估作業系統，以混凝土橋、鋼橋、跨河橋、高架橋等分類為驗證案例，呈現高速公路橋梁從橋梁編碼、現況分析、延壽成因、時機與評估至最後採取延壽技術以及工法之選擇方案比較，做一完整的流程報告。

本文將四座案例橋梁橋梁之基本資料、劣化指標和曾經使用之維修補強對策作一統計分析整理，希冀由此回顧整理可對台灣地區在橋梁延壽工作的成效及後續改善之方向有所理解。因此在生命週期為導向（規劃、設計、施工到維護）的橋梁維護管理之運作架構下，可在各個階段可獲得許多前置階段所傳遞之資訊，進而建立有效之管理策略，加強特定範圍之管理，以減少人力、物力、成本之花費，如圖 1.1，為本研究計畫之研究主軸。

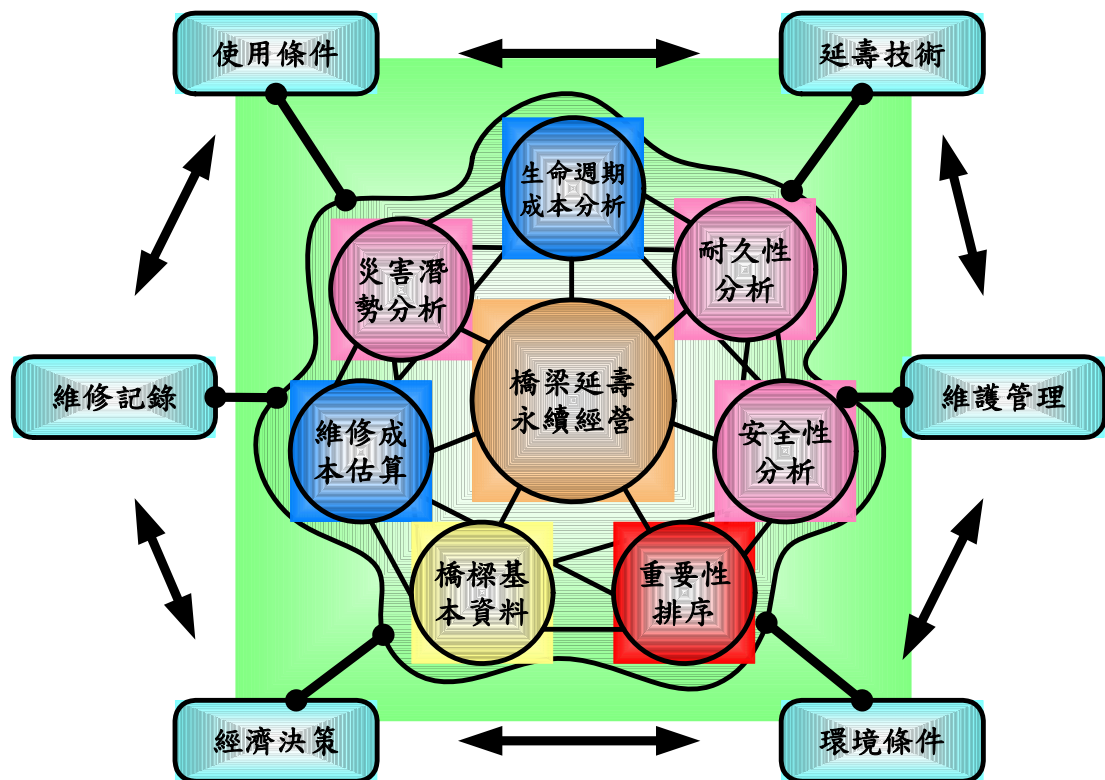


圖 1.1 本研究計畫之研究主軸

## 1.3 計畫流程

本計畫歷時一年，其計畫流程如圖 1.2、圖 1.3 所示。

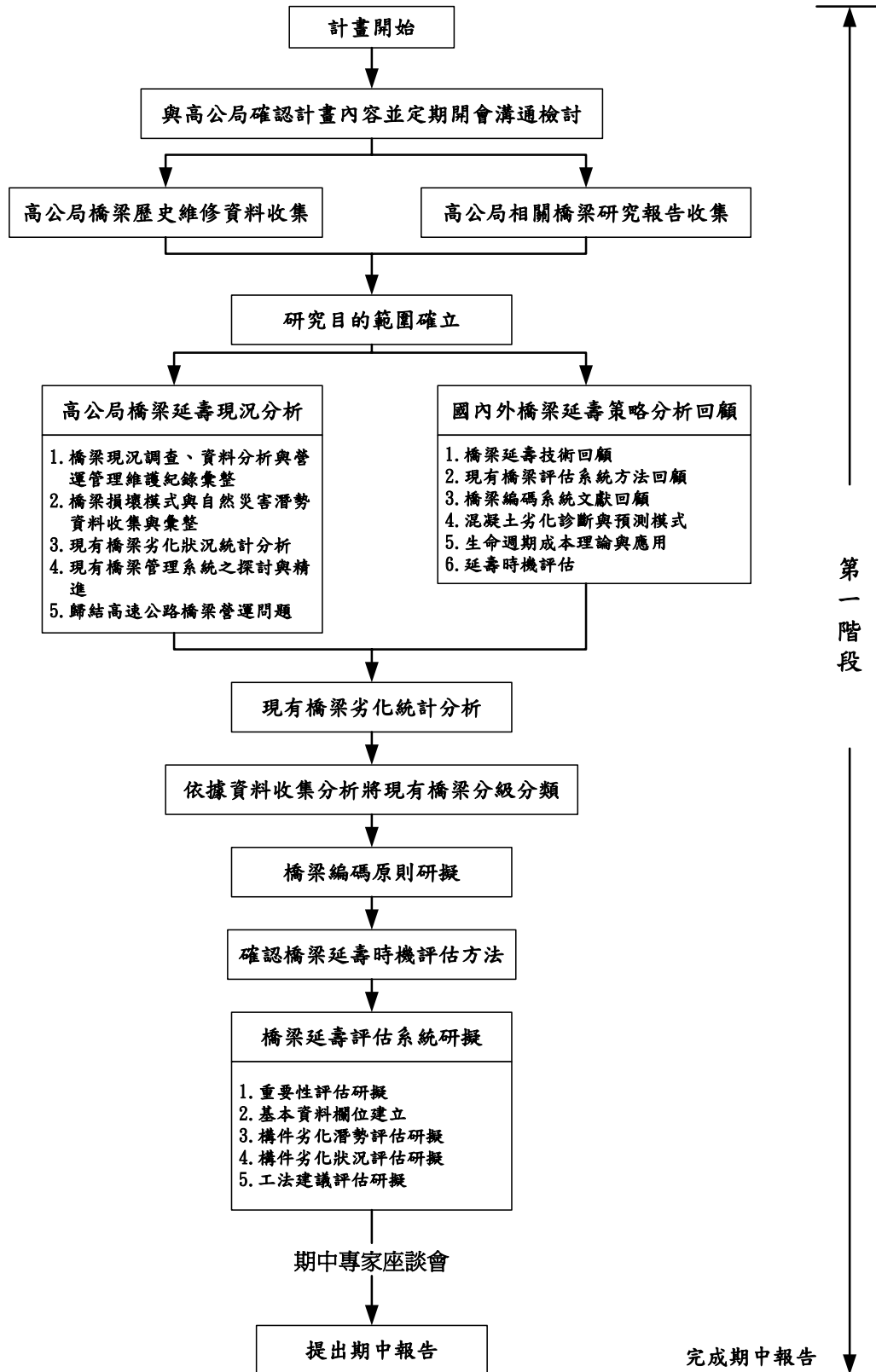


圖 1.2 計畫流程(第一階段)

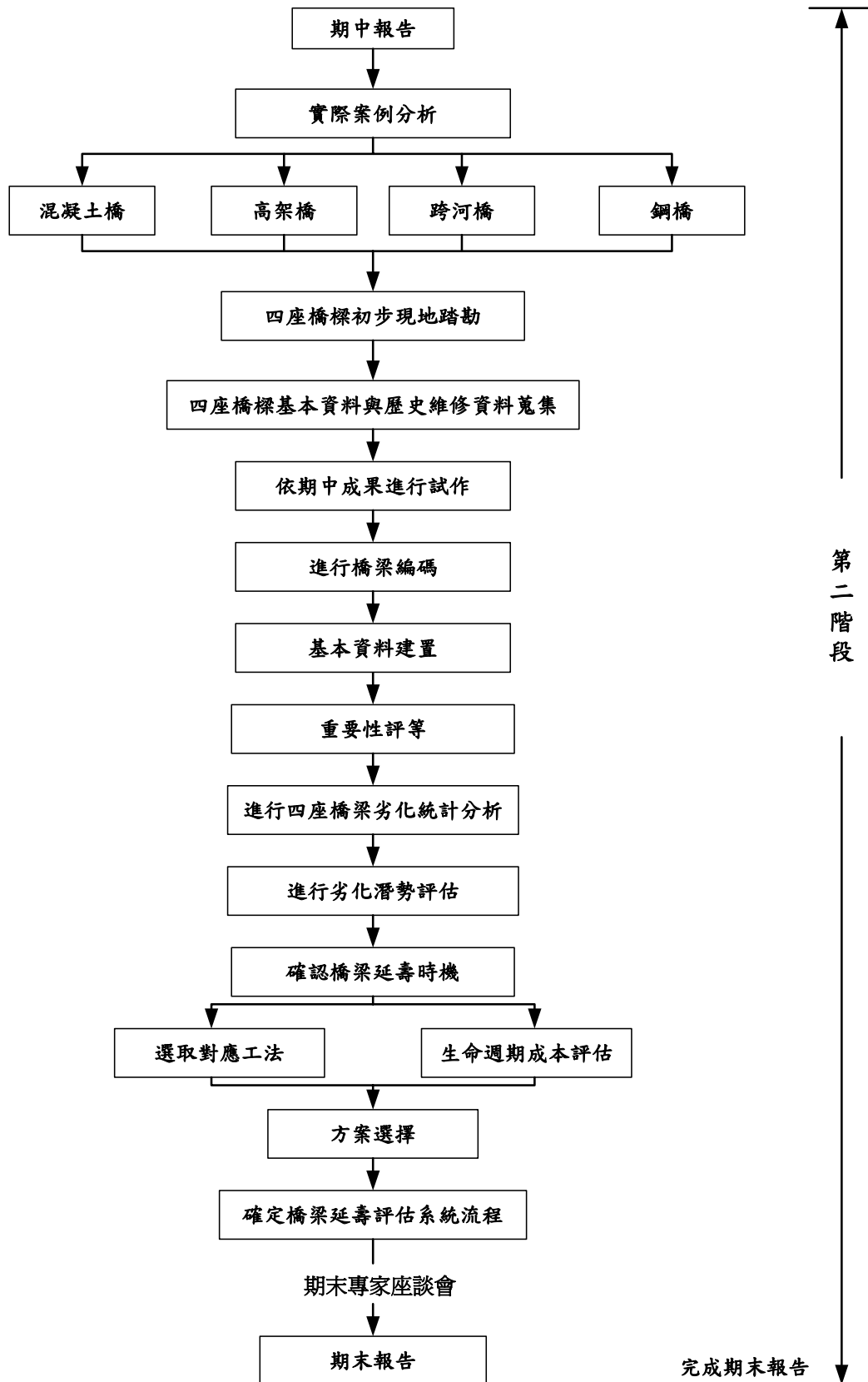


圖 1.3 計畫流程(第二階段)

本計畫依據國內現行之橋梁延壽作業架構及相關技術準則制度，並參考國外經驗，針對目前高速公路進行橋梁延壽作業時可能面臨問題，擬定整體研究計畫與工作項目之概念，並具體提出預定達成工作項目之執行辦法。且礙於計畫時程為一年，研究過程中採用許多前人專家研究報告的心血結晶(如第四章評估表格制定方式)，特表感謝。其目的希望沿用前人之成果，以符合高公局橋梁的需求為考量，制定橋梁延壽過程應有的程序以及對資料紀錄的完整性加以闡釋。以下就我國目前已有之技術及政策現況提出未來計畫執行之工作重點及構想。

### **第一階段(期中)：**

#### **1. 高公局橋梁延壽現況分析**

以往橋梁之養護管理策略發展，大多以建構橋梁基本資料為主，採用消極的因應式管理，一旦發生突然災變，往往為無預警之臨時災變，使主管機關於匆忙搶修中不易兼顧品質。本研究在期中報告根據台灣橋梁管理系統資料對台灣高速公路橋梁所作之現況分析發現，其CI值過高與實際探勘後橋梁與經現場工程師請教後情形並不相符。此外，利用台灣現行橋梁管理系統資料庫，藉由相關資料分析而得構件劣化及環境影響等重要行為，除將依此相關性加以群組化，並進而進行橋梁延壽年限分析，建立橋梁分類分級與橋梁延壽年限之關係。另外擬定高速公路橋梁延壽對策時，除有安全性之考量外，亦研究如何於功能性延壽對策中涵括高速公路現行營運問題的解決，以增進橋梁的使用與營運，並納入整體橋梁延壽評估系統中。導入生命週期之觀念，以延壽觀點進行思考，可於有限之資源及經費下進行橋梁延壽對策，以確保橋梁結構之安全性及服務功能，進而達到協助國家經濟建設穩定發展之目標。

#### **2. 國內外橋梁延壽策略分析文獻回顧整理**



國內外對於橋梁延壽技術發展及評估已陸續累積相當多之成果，並且高公局所轄管之橋梁基本資料與檢測資料大部分均已完成初步建檔與規劃，將回顧國內外相關研究，討論我國過去十年在橋梁延壽所需之各類技術、評估方法、作業準則之擬定，接續過去之研究成果，透過實際作業應用的方式建構成一完整的體系。

### 3. 確認橋梁延壽時機評估方法

在文獻回顧中研究國外橋梁檢測評估的法則與修補時機之準則，並考量我國不足與相異之處，學習國外優點與對國內現今高速公路橋梁的現況探討後，定出符合我國國情的評估法則。

### 4. 研擬橋梁編碼系統

本研究在期中提出針對高速公路橋梁一編碼系統的初步原則，經過專家討論修改後，認為編碼系統應予以簡化，並作為將來系統建置中之內定碼即可。所以期末階段，只將橋梁之基本資料、結構型式加以編碼，目的是作為日後評估系統內部分析之用。

### 5. 研擬橋梁延壽評估系統

由期中研擬台灣地區高速公路橋梁延壽評估系統，其中包含五大模組：服務功能性(重要性)評等模組、基本資料模組、構件潛勢模組、構件劣化模組以及工法建議模組，先行將橋梁基本資料以編碼方式(系統碼)進入系統基本資料模組，在利用延壽評估的流程概念以及考慮環境災害所造成的潛勢並配合重要性決策模組加以評估，最後在考量生命週期成本之概念下進行修補工法的評選。此系統於期末修正後應用在案例分析上。

### 6. 舉行期中專家座談會

配合所建立之橋梁延壽評估系統執行架構，邀請國內具公共工程管理維護領域之學者專家，廣泛討論與凝聚共識後，彙整意見，修正其政策及技術執行架構，使之具備完整性與可行性，以符合國內發展需求。

### **第二階段(期末)：**

期末工作，主要修正期中報告之建議與結果(見本文後「期中專家審查意見」)，並利用案例分析的方式，了解橋梁延壽工作的流程與意義。

## **7. 進行橋梁示範案例**

本計畫在完成研擬延壽評估系統後，在期中審查之後將選定四座代表性橋梁（包括混凝土橋、鋼橋、跨河橋及高架橋各一座），分別為台北圓山橋、淡水河橋、中沙大橋以及竹田系統交流道高架橋，進行本案研擬之各項步驟、機制、流程、評估與工法建議等之操作範例。

## **8. 檢討橋梁案例延壽評估結果**

本團隊完成四座代表性橋梁之操作範例後，驗證其可行性，並依據驗證結果提出修改，提供高公局與各工務段一套具實用性之橋梁延壽作業模式。

## **9. 草擬高速公路橋梁編碼與延壽評估作業系統**

在實行案例分析驗證其可行性後，召開期末專家座談會議，將其案例實效加以討論並提出建議，最終完成橋梁整體完整的延壽評估系統，撰寫期末報告。

## 1.4 具體成效

本計畫為期一年，本期末研究除依據期中報告所得之經驗與結果進行案例分析外，並依據高公局需求，修改期中所提出『高速公路橋梁延壽評估系統』，並在最後加入最佳化評選模式以及橋梁綜合性指標，一起併入案例分析。本研究完成之工作內容項目如下：

### 一、瞭解並檢討國內外高速公路橋梁延壽政策與技術之應用現況與評估分析

本研究於第三章說明國內外公共工程維護管理的概念與重要性，在第三章前段，本研究提供國內外維護工程之概念並期望能將此概念導入我國的公共工程，並加以推廣。最後在本文第七章，將綜合檢討高公局歷年橋梁維護工程，並提出未來橋梁維護管理系統應有的架構。

### 二、掌握高速公路橋梁檢測維護現況與其使用年限與服務水準。

由本報告第二章所提出之高公局現在所面臨的種種問題，了解現今延壽工程的困難性，盡量解決高公局在維護管理上的問題。依照台灣現有高速公路橋梁興建數量、已使用年限與使用現況及具有不可替代性原則下，從橋梁現況分析到延壽形成原因以及延壽處置方式作一掌握與介紹，並將國內目前應用延壽技術所發生的各項問題，依其問題特性，進行歸納並分析其成因和可能產生的效益後(詳細內容參見期中報告第三章)，提出橋梁延壽對策，。

### 三、研擬高速公路橋梁編碼系統。

參考美國 FHWA 所制定的橋梁編碼系統與評估模式，初步制定一套符合我國高速公路橋梁的編碼資料庫，並依據橋梁編碼資料庫進行

分類分級以納入將來系統中，最後提出對應之最佳化決策分析。以期建立一完整之資料庫，以供使用者參考。詳細內容參見第四章。

#### 四、建立高速公路橋梁延壽評估作業系統。

根據本章上述執行概念，擬訂高速公路橋梁延壽評估作業系統(詳見第四章)，除繼續不斷討論與修訂外，並邀請具有實際從事公共工程經驗專家學者，舉辦橋梁延壽專家座談會，藉由座談方式針對台灣高速公路橋梁延壽現況探討及技術執行架構等之會議議題與研究團隊廣泛交流與凝聚共識，使延壽策略及技術執行架構能具備完整性與客觀性，確定所建之橋梁延壽策略及技術執行架構可適用於國內高速公路。

#### 五、經濟最佳化決策模式

最佳化決策是基於橋梁可靠度劣化模型，檢測維修的技術和費用模型之上的一種決策方法，其目的是確定在什麼時間對橋梁進行檢測維修，採用什麼樣的檢測和修補技術最為經濟。橋梁決策保證在橋梁設計使用年限內橋梁的可靠度不低於規定的功能指標值，維修決策依據橋梁承载力劣化模型和荷載模型<sup>[44]</sup>；所以橋梁詳細檢測是為了進一步獲得橋梁承载力和荷載的資料，從而使得維修決策依據的資料越來越充分<sup>[46]</sup>。而本研究初步完成一橋梁最佳化模式分析，利用對數常態分佈下之可靠度機率來計算不通橋梁功能曲線下之最佳化，並以案例說明此模式之可行性。(第五章)

#### 六、案例分析

配合高公局所轄管四座具代表性類型橋梁（圓山橋、淡水河橋、中沙大橋與竹田系統橋），進行案例評估。將每座橋梁之基本資料、歷史檢測維修資料、歷年維修補強工程，作一彙整與分析，並利用期

中所提出之延壽評估系統，進行橋梁延壽評估示範，證明流程的可行性。最後並利用最佳化模式，訂出最佳維修成本。(第六章)