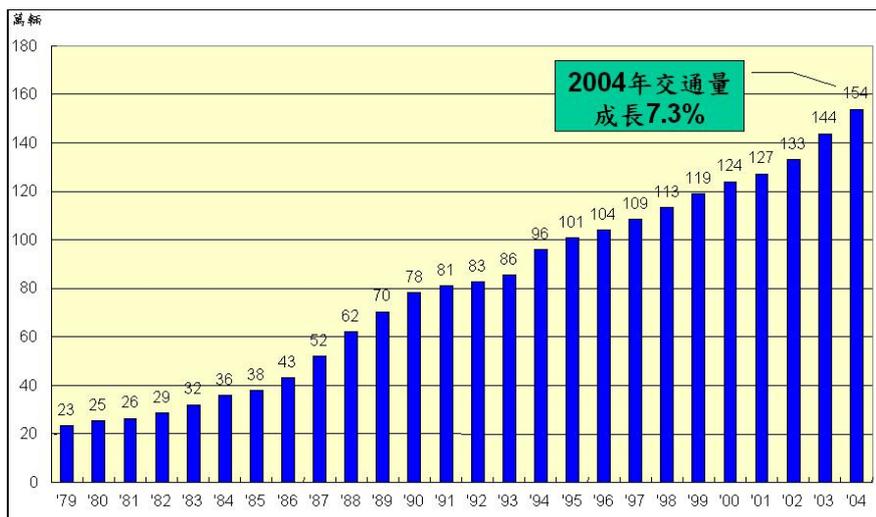


第二章 國內橋梁延壽現況探討與國內外相關研究

2.1 國內橋梁維護現況問題

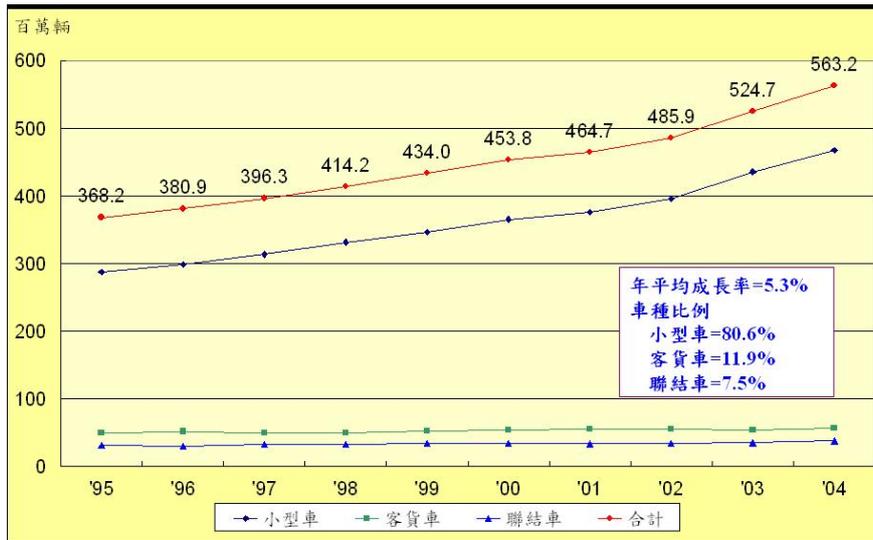
目前高公局對於橋梁系統的維護管理工作，已開始運用生命週期管理 (Life Cycle management) 的概念。任何橋梁皆有其設計使用年限，如何對橋梁以最小之整體經費進行維護，讓橋梁可承受來自環境的各類衝擊並持續提供可接受的功能，而可達到或超越其設計使用年限，則是目前國內外橋梁管理單位所關切的課題。

九二一地震發生後，高公局針對修正「公路橋梁耐震設計規範」對通車路段橋梁結構物重新檢核及評估，辦理「國道高速公路橋梁耐震分析評估及補強工程可行性研究」^[29]，並建立國道設施橋梁基本資料建置工作。但由於現今台灣經濟起飛，高速公路交通量成長遠大於道路建設的速度，數據顯示國道一號全線通車近 30 年來，交通量成長 15.3 倍，高速公路長度僅增加 2.4 倍。如圖 2.1 所示。截至 2004 年之通量已比去年再增加 7%。且由圖 2.2 所示，其歷年來車輛的成長率以每年增加 5.3% 的速度成長。



(資料來源：高公局)

圖 2.1 高公局歷年交通量統計



(資料來源：高公局)

圖 2.2 高公局歷年車輛成長率

單由車輛成長率以及高公局交通量數據顯示，其國道橋梁之負荷，日漸趨重。且其橋梁自新建高峰期迄今，已將近 30 年，老、劣化情形日益嚴重。由此可知高公局正面臨著大量維護的工作，也可知維護工程的時代已經來臨。

為了更進一步了解工務段之現場工程師，在面臨橋梁檢監測之維護工作時的真實問題，收集各大工務段之問卷，以期有助於在橋梁延壽評估上的考量。整理如表 2.1 所示。

根據表 2.1 所發現之問題，整理歸納如下：

1. 檢監測方面

- (1) 橋梁構件裂縫原因與機制，以及安全評估的方法為何？
- (2) 橋梁沖刷問題嚴重，其基樁檢測方法與安全性評估機制為何？
- (3) 極須建立非破壞檢測時間點與標準規範。
- (4) 橋梁檢測人員或維護人員人力不足，無法建立完整的檢測制度，且大多數檢測工程或維護工程，多以外包方式進行。使其結果造成檢測經驗與專業無法回饋，長期而言，管理單位人員

專業能力將導致不足，且不易建置橋梁整體的歷史資料，與預防機制的建立。

(5)除了目視檢測外，需加入定期的非破壞檢測。

(6)監測橋梁的監測項目建立與標準規範。

2. 橋梁管理系統方面

(1)由於網路時常不穩定，導致上傳時常斷線。建議開發完整單機版。

(2)以現有人力，實不足以每半年檢測橋梁，應建立良好的評估機制，或建議外包。

(3)目前系統內並無鋼橋之檢測項目。

(4)維修建議模組，必須在做完 DER 檢測後才能填入項目，且單一構件一次只能輸入單筆資料；但實際情形，有時並不需作完目視檢測後，才能判斷是否修補。導致使用上不方便。

(5)維修工法部分項目的工項單位實際不符，應建立一模組能讓使用者能自行輸入的方式。

(6)建議將檢測項目電子化(例如 NB、PDA)，方便查詢與檢測評估。

(7)DER 方法，通常依個人主觀判斷，且不同橋梁對同一值的解釋不一，導致結果正確性遭到質疑。應建立一套完整又好用的評估方法。

(8)維修工法模組項目、位置、數量經輸入後無法修改，輸入照片無法調換，建議修改。

3. 其他方面

(1)需加強檢測人員之專業度與人力，定期教育訓練。

(2)須探討為定期維修成本與時間的效益性與經濟性。

表 2.1 高公局各大工務段面臨問題總整

(資料來源：高公局。以下問題只呈現問卷原有敘述，不代表本研究立場)

<p>檢測方面</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 橋檢車無法到達或檢視之處，有無更佳之檢測方式？ 2. 橋台進橋版沉陷之檢測與評估。 3. 橋台(墩)基礎位移檢測與評估。 4. 構件裂縫原因及對結構之安全評估。 5. 河川橋基礎沖刷深度及深槽區河床施測技術。 6. 基樁檢測及安全性評估。 7. 長跨徑橋梁伸縮量檢測與評估。 8. 檢測發包作業完成後，承商對所檢測橋梁建議付予一定期限之檢測責任。 9. 檢測作業承商可否同時監造橋梁維修業務？ 10. 目前檢測大部份以目視為原則，搭配非破壞試驗進行，並無橋梁檢測規範，極需建立檢測標準與作業程序，以收檢測成效 11. 目前公務人力不足，皆以委外辦理檢測，然而似乎都在訓練承包商，以長期而言對於橋梁問題的發掘及預防機制得建立，似乎不太容易。唯有以長期人力服務編製方式，以相同人力每日進行橋梁檢測為目標。因此對於先進國家等其檢測人員之配置為何？及每日工作之內容為何，請協助收集資料。 12. 國外檢測廠商之資格限制為何？ 13. 以最低標為廠商之資格前提下，檢測之驗效標準為何？ 14. 除了目視檢測外，是否有一定的橋齡規定期限，需作非破壞檢測，而施作的主要項目為何？ 15. 在國外橋梁檢測作業中，是否有訂定多久時間一定要直接觸摸結構物全面檢測，而非僅以望遠鏡遠觀，而高空作業之檢視方式為何？ 16. 國外對於檢測作業車配置需求為何？本處目前並無檢測車，對於高橋墩橋梁及一般高空作業車無法到達時，檢測及維修作業勢必困難，可否探討橋檢車建立機制？ 17. 橋梁耐震檢測的頻率及執行標準為何？ 18. 對橋梁檢測後共同缺失如：裂縫、白華、火害、鋼筋外露、蜂窩、.....等。建議中央大學撰寫維修工法手冊，俾使各機關共同參照。 19. 有些長跨距及高橋墩之橋梁，無法仔細進行目測檢驗，橋梁檢測車輛應配合各工務段之需要使用。 20. 非破壞性檢測，亦屬重要之檢測項目，是否需規劃非破壞性檢測之頻率。 21. 橋梁檢測外業，為安全顧慮，依「公路養護手冊」規定，需二人一組互相照應，惟政府精簡人力，工務段基層人員不足，無法
-------------	---

	<p>達成二人一組之目標，建請研討解決。</p> <p>22. 依交通部頒布之「公路養護手冊」特別巡查表，橋梁檢查項目：只顯示樁號欄(北上、南下)、狀況欄、擬辦理改善意見欄、擬辦理情形及完成時間等欄位，建議以獨立之橋梁特別巡查表，樁號顯示欄以管理轄區之每座橋梁樁號，將實際目測情形現場勾選。</p>
<p>監測方面</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 圓山橋後續監測需要性及方法評估。 2. 本局於高速公路皆佈設光纖，是否可利用此光纖傳輸資料、影像作為橋梁即時監測之用，國內外是否有相關研究或實例。 3. 暴雨期間，橋梁管理人員無法接近立即研判，河川橋梁穩定性如何監測？ 4. 暴雨、地震後橋梁封橋權責及程序？ 5. 監測橋梁的監測項目 6. 何種橋梁需監測 7. 監測預警訊息傳遞予何人？段長、承辦人員、值日人員？ 8. 如何進行長跨徑及超高橋梁的監測工作？多長跨徑及多超高橋梁方需監測？ 9. 重要大型河川橋梁請考慮增設監測系統，確保橋梁行車安全。
<p>BMS 系統</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢測成果上傳，網路尖峰時段不穩定且常中斷，建議改善。 2. 建議開發完整單機版輸入、上傳系統。 3. 每半年橋梁檢測、因人力有限，建議委外發包檢測。 4. 鋼橋尚無檢測項目及上網登錄系統。 5. 維修模組功能建議一次可紀錄多筆維修紀錄，方便維修上網登錄。 6. 增列橋梁電子圖檔地圖，以方便改道。 7. 照片上傳存檔太少，無法累積歷史照片。 8. 每年二次之半年檢測建議可否重點檢測如河川橋、跨越橋其他橋梁可不檢測。 9. 建議專案編列橋梁小組專用筆記型電腦專記歷史紀錄並可攜至現場查詢。 10. 一般目視檢查，通常依個人主觀判斷，檢測成果大多不一致，為使成果一致及正確性，建議定期對技術人員作專業課程及現場檢測訓練之講習。 11. 維修工法部分項目的工項單位與實際不符，是否可自行更改單位或維修工法項目能增加 12. 倘若橋梁分析有潛在危險時，應建立自動安全監測預警系統，並成立監測中心，以網路監控。 13. 維修工法的項目、位置、數量經輸入後無法進入修改，需重新新增，建議修改橋檢軟體，以免浪費時間人力 14. 維修工法已輸入後無法調換位置，以輸入的檢測照片無法調換位置，建議修改橋檢軟體。 15. 網路流量過大，常常造成台灣地區橋梁管理系統斷訊。

<p style="text-align: center;">工法技術</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 橋台背牆若有傾斜，有無不需要封閉橋梁之工法？ 2. 對於模組型伸縮縫是否有檢查表，以便依檢查資料對該伸縮縫做一判斷是否該更換時機。 3. 目前大部分發現有部分受損時才更換，更換所需時間(含製作檢驗)很長及工程費也很高。 4. 長跨徑及超高橋梁耐震安全設備的檢討及增設？ 5. 特別針對模組型伸縮縫之各種問題狀況(包含邊梁及中央鋼軌變形，下陷程度，鋼軌斷裂，噪音.....等問題)訂定規範及維修工法或應整組更換之時機。
<p style="text-align: center;">其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新建橋梁如全面加設維修廊道，是否符合經濟效益之研究。 2. 建議增開橋梁檢測人員訓練班課程。 3. 針對橋梁最常損壞之維修，建議舉行年度教育訓練及檢討會，並請相關單位研擬維修工法及材料規範。

2.2 橋梁延壽策略回顧

本節將探討橋梁公路系統最為發達之美國之相關文獻，將就其近年來於公路維護管理經驗及研究成果進行探討，目前美國於道路營運維護管理方面之研究方向均由美國交通部（US.DOT）下之聯邦高速公路委員會（FHWA）統籌規劃及管理，並由聯邦高速公路委員會與各州政府獨立或共同辦理相關之重要研究計畫，例如於 1987 年開始之鋪面功能指標研究計畫^[3]（LTPP: Long-Term Pavement Performance），這個長達 20 年之長程計畫進行歷史上規模最大且最為完整鋪面功能檢測，於此計畫中，從美國各州之交通廳及 15 個其他國家之一千多條鋪面檢測段收集鋪面之相關資料，包括鋪面狀況、氣候、交通量及承載量等資料，之後 LTPP 利用所收集資料產出一套共通之語言來定義鋪面之破壞型式，並為日後橋梁公路營運維護之功能指標。

另由 FHWA 贊助及美國中西部運輸委員會與愛荷華州立大學共同執行之「地方政府道路管理系統指南」研究計畫（Misra, A. et al. 2003），此計畫主要目的為建置一地方政府道路營運維護管理系統之共通架構，此架構之道路管理系統需能協助各級地方政府之道路主管單位規劃定期養護、預防式養護、修護及重建。此架構之道路管理系統功能必須包括鋪面現況量測、問題徵結之分析、最佳（最低成本）維修策略之訂定以及對路網及計畫層級之優先序分析及養護計畫排定等。

由於美國公路網為全球最為發達之公路網，為有效執行公路營運維護管理，各州已於二十世紀末開始發展各州之公路資產管理系統，其 FHWA 對公路資產之定義如下：“Asset management is a

systematic process of maintaining, upgrading, and operating physical assets cost-effectively.”

橋梁資產管理即為考量成本效益之系統性維護、功能修正及使用公路資產。由於橋梁資產管理所需處理之問題甚多複雜性高，因此為整合統一各州公路資產管理之流程，FHWA 與 AASHTO 於 1999 共同研擬 “Asset Management Primer”，此文件提供各州發展橋梁公路資產管理系統之原則，包括了資產管理執行之程序及系統建置所需包含之元素。

美國交通部之 FHWA 贊助之另一研究計畫「運輸資產營運維護系統元件之關聯性分析：聯結策略目標與資源分配及執行決策」(Pagano, A. et al.)，此計畫由美國中西區大學運輸中心委託威斯康新大學執行。本研究內容為整理不同州於資產管理中目前結合策略目標、資源分配及執行決策經驗之作業方式。此研究計畫調查美國各州交通廳目前於策略規劃及資產管理之作法，並依專家意見選取五個州進行詳細分析，分別為佛羅里達州、馬里蘭州、密西根州、蒙大拿州及賓夕法尼亞州。並依與運輸部官員之個人訪談收集策略規劃及資產管理之相關訊息，並由各州之詳細案例及資料記錄來訂定最佳之策略規劃程序、資產管理流程及定義兩者之關聯，繼而建立一聯結策略規劃及資產管理之標準流程。此標準流程之產生並非由特定州之資料所得，而為五個州資料彙整之結果。標準流程可為欲擴充現有流程之州交通廳之依循標準。

圖 2.3 為一完整之策略規劃流程，此流程主要由三個部分組成：計畫，實行及評估。說明如下：

1. 計畫部分：有關部門長期營運目標的發展和更新，一般常為 4 或 5 年。營運目標需轉成部門策略目標主要包含部門最高目標，策略目標項目及成效評估方法。

2. 實行部分：依所訂定之部門策略目標發展下屬單位之單位策略目標項目及成效評估方法。
3. 評估部分：對不同層級持續監測其評估成效，並監測執行方向是否朝策略目標及是否可達成所訂定之策略目標項目。成效評估成果需回饋分析目標達成率，進而調整策略及作業項目以達成營運目標。

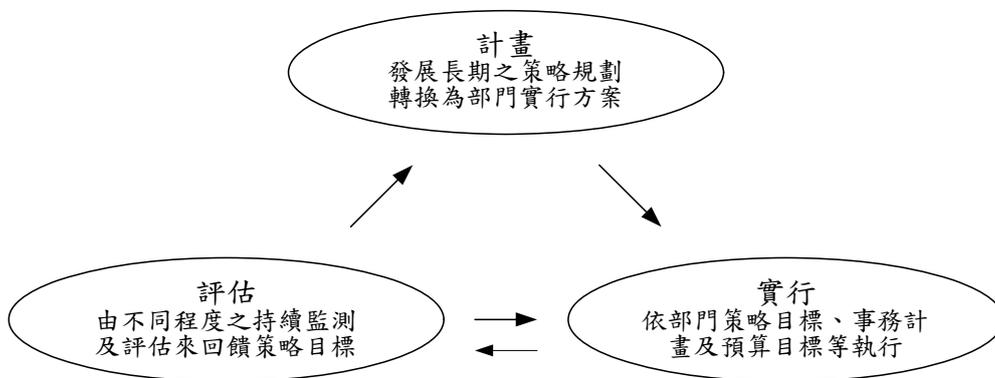


圖 2.3 策略規劃流程

營運目標可依下列原則由上而下訂定之：

1. 訂定高層級政策目標。
2. 州運輸計畫中主要政策文件之目標，至少每三年更新一次。
3. 相關管理部門依運輸計畫之目標發展出之營運計畫。
4. 管理部門之經理與員工根據營運計畫所訂定之執行項目。

策略規劃程序將高層策略轉換成各部門之實際執行方案，規劃程序包含五個步驟。由交通廳之重點策略及高層級之政策目標，訂定策

略目標所需達成項目，項目訂定後需針對以下幾點個項目進行可行之測試：

1. 領導方向：這些交通廳之重點策略訂定之項目對高層級政策之預期影響為何？
2. 大眾期望：所提之目標是否可滿足大眾期望？
3. 服務性能：策略目標之訂定是否考量交通廳之能力及對大眾之承諾？
4. 策略及作業之優先序：可行方案為何？如何分配資源以達成目標？
5. 規劃及執行目標：可行方案中是否包括需特殊成效衡量之項目？

除此之外，此計畫訂定出道路設施營運維護管理所需之重要元素。道路設施營運維護管理應為一個持續進行的循環流程，這個流程需與政策與財務規劃、計畫規劃與效能量測結合。藉由效能量測之一致性的量測資料以為經費決策之用。而且，這個資訊需提供作為下一循環的計畫與政策的資料回饋。道路設施營運維護管理系統所應包含的主要元素為：

1. 經由發展策略規劃建立目標及作業項目。
2. 訂定標準與指標。
3. 藉由資料的收集發展功能指標與效能量測流程。
4. 發展管理系統去控制程序與做最佳化決策。
5. 應用資料型態之規劃設計與評估流程。

6. 執行計畫。
7. 記錄與監測執行情形與結果。

於策略規劃與資產管理系統間之關聯，因執行資產管理策略規劃顯得更形重要。由於量測技術與生命週期成本分析之應用，分析設施之性能標準與財務成本則更為容易。過往由於性能量測、資產管理與策略規劃等功能均獨立運作。利用聯結彼此（如圖 2.4）將更為加強其各自功效及其營運的理念。

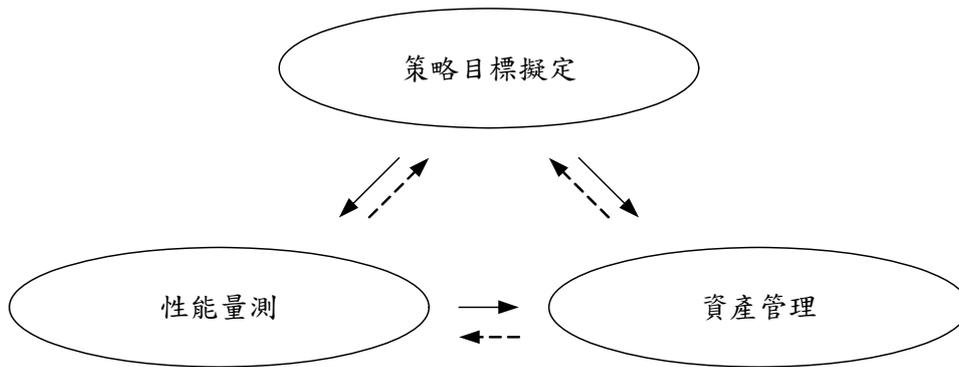


圖 2.4 策略目標、資產管理及性能量測關聯圖

聯結這三個項目是執行維護管理相當重要部份，某些政府機關包含資產管理於策略規劃中。資產管理流程與原則主導某些效能評估方法，當效能評估與資產管理由策略規劃主導執行，將會達到最大效益。利用資產管理與性能評估所得之共通的語言、目標與評估來達成規劃之策略。

數個與高層級政策相關之重點策略均與資產管理事項或相關事項直接關聯，這些重點策略包括：

1. 維護優先：維護優先的政策是因經費於整個道路系統與其提供服務的優先序而來。預防維護是所有設施管理流程中主要項目。重點策略之二個高階的目標包括平順的路面與最佳成本-效益的高速公路維護投資。這二個高階目標都可以視為資產管理的元素。
2. 使用者焦點：顧客之反應通常被用來決定計畫中之服務及需求。使用者關注之重點常主導部門維護績效之方向及其成效之評估方法。這是任何設施管理系統裡的整合元素。這兩個高階目標中與特別重點策略相關包括：改善使用者的滿意度以及讓使用者更易取得相關資訊。
3. 汽車及經濟競爭：這個目標包含維持一個州的長時間經濟成長並連結不同的區域以提供人與貨物運輸的流程順暢。
4. 生活品質：設計交通系統以滿足民眾需求、考量永續人類與自然的環境，包含步行道、腳踏車道、及便捷運輸系統之設計以及確定每個決策過程對州民均為透明的且是公平的。

在決定公路經營維護管理預算中，聯結資產管理活動達成重要規劃目標是相當重要。在策略規劃上，完整的流程應包括資產管理的目標。聯結資產管理目標與預算決策，能讓公路的維護與防範所需經費充足使能長期的有效應用。資產管理的標的與目標亦會影響到長期的財務規劃以及政府財務之分配。

於此標準流程中，資產管理為一個持續進行的循環流程，它聯結政府的財務計畫、規劃與效能評估，檢視設施之營運目標是否達成。由營運目標達成之效能評估結果，可為下一維護管理流程引出一更適切之經費決策及調整計畫與政策使能達成營運目標。

資產管理一般需先進功能評估技術配合。道路主管機構應發展一套效能評估基準評估不同型態資產之價值與現況。當實作公路資產管理時，資料庫用於分析計畫成本、生命週期、取捨分析及財務成本愈形重要。等當越多資訊跨越部門界限進行交流時，過程中就越可能有更多的合作。合作通常使資產管理與功能評估間做更強之連結。如果所有參與單位使用相同之資訊及評估系統，彼此間對經費分配更容易達成共識。資料系統越佳，其越容易連接部門目標與計畫過程。

功能標準及評估方法於資產管理過程中提供一平台來取得及分析資訊。在許多案例中，資產管理之實作通常已有評估資料與方法。隨著時間增加，效能評估及標準會隨著政策規劃與依策略規劃所訂之目標而改變。隨著過程演進，整合之系統可使城市、區、高速公路與橋梁部門於中央或地方領域進行資訊分享與交流。

在策略層級可發展其績效評估方法，評估項目應包含主管機關之重點策略項目並需能與高層級目標及策略目的相對應。每一高階目標及策略目的應包含一或多個評估方法。如果此績效評估方法建構完善，其可有效地評估未來三至五年內是否可達到目標。此層級之績效評估每六個月應由主管機關及資產管理委員會進行評估達成目標之進度稽核，且評估結果需定期進行檢討。

為滿足機構之需求需建立次級機關之績效評估，與策略項目層級之績效評估相較此層級主要量測短期之維護管理目標及其效能，一般於一個月檢討一次。次級機關之績效評估方法應與策略重點領域相關。理想而言，此二層級之績效評估應相互關聯，就執行面而言，它需有可靠的統計資料及主導績效及相關作業之組織與工作單位績效報告。次級機關之績效評估著重於評估部門之核心效能和其他重要的短期目標。總括來說，次級機關量測目前之維護管理績效而策略層級績效評估量測長期之維護管理績效。

2.3 小結

橋梁有如一產品當產品在生產的過程中，廠商對其品質一定有相當的品管及驗效制度，並訂定維護手冊，告知消費者定期或不定期維護保養。以汽車保養而言，目的就是為了行車安全及延長橋梁壽命。如果能夠接受這個觀念，則公共工程為了繼續維持其功能，服務能力及使用效益，在其生命週期中，也要有定期與不定期適時進行維護。

現行重大工程計畫審查，雖亦有效益分析項目，但多只考慮工程建設成本、工期等進行評估，對長期性營運期間實際需求產生之維護管理之成本、維護作業效率並未納入評估。

今後宜針對三度空間工程建設加入時間向量，以生命週期觀念，對營運、維護、管理等事項，即對時間而需面臨各種變化現象，如何因應處理得當，實應予以重視考量。重大公共工程計畫中，規劃、設計、施工階段，在生命週期當中往往是極其短暫的。例如橋梁工程，規設施工僅佔 10%左右，營運維護時間佔之 90%；北宜公路雪山隧道，施工長達 13 年，但相較於未來營運維護階段，仍然是短暫的。所以在長期維護階段，會受到可預期外在環境之衝擊與內部材料結構之壽命及不可預期之自然環境變化，故工程維護益發顯得其重要性。

本研究將依據上述理念與現今高公局對於橋梁檢測與橋梁管理系統所存在的問題，作一參考基準。最終建立一方便，快速且能「真實」反應橋梁的評估策略。將在後章節一一陳述。