

全生命週期思維下的國道永續經營策略

Strategies to Sustainable Highways: Life Cycle Assessment Approach

王价巨

銘傳大學建築學系專任副教授

壹、緣起

全球氣候變遷與環境的急速惡化，災害的侵襲成為常態。根據統計，台灣有 73% 的人同時面對三種以上的災害，2011 年更高居全球災害損失第四名。以臺灣相對狹小的土地面積，面對的衝擊更是遠較其他國家嚴峻。檢視臺灣的發展過程，環境開發失當及有限資源過度耗費實為主因。國土利用缺乏遠見，造成人為環境和自然環境的分配失衡；高耗能的產業、不健全的能源使用習慣。在開發方面，傳統工程缺乏永續觀念，濫用天然資源、隨意傾倒廢棄物、破壞棲地生態圈、採用大量耗能材料等，不僅造成自然環境極大的破壞與汙染，亦影響原有的社會文化，溝通不良導致抗爭不斷、設施的地方感不足甚至破壞地方文化。再者，經濟效益亦經常被詬病，蚊子館的產生、重施工輕養護等，都加速了整體環境的劣化。

近年來，國際間全球暖化、氣候變異等議題持續發酵，各國對於永續發展議題更形重視。1992 年於巴西里約熱內盧舉辦的「地球高峰會」，共有 170 個國家共同簽署「二十一世紀議程」、「氣候變化綱要公約」及「里約宣言」；翌年，聯合國成立「永續發展委員會」(United Nation Commission on Sustainable Development, UNCSO)，開啟了全面性的地球環保運動。在開發與保育的議題中，相關國際會議逐步形塑出一個共識，傳統公共工程的舊思維：人定勝天觀念、工程單一的考量、缺乏整合的各階段獨立思考模式等，對於環境並不友善，追求使用便利而忽略長期世代正義的作法受到更為嚴厲的批判。亦即，公共設施的永續經營，必須從環境、經濟、社會、體制整體討論，符合效能、安全、服務等目標。因此，本文從公共工程朝向永續發展與永續經營的機制談起，以全生命週期 (LCA, Life Cycle Assessment) 的分析架構，探討達成國道永續經營應有的方向及策略性架構。

貳、永續概念下的交通運輸

一、既有交通運輸悖離永續性

永續發展逐步成為被重視的議題，傳統交通運輸的思維很明顯的與永續性相去甚遠。以經濟面而言，供需標準不明確，以不斷增加供給回應不斷增加的需求，缺乏對於環境的思維，導致環境劣化更為嚴重。商業和政治考量凌駕整體性思維，以交通建設帶動產業發展與區域平衡的迷思低估了社會反應與後續維護管理的成本，也在這樣的思維下，為了因應經濟帶動的全球化和都市化，反而增加了環境和社會支出。從社會面來看，不斷的滿足需求的思考方向，卻永遠也滿足不了所有需求；相對的，缺乏軟體政策思維的作法，只會讓都市及地區重要運輸系統更不便利，政府缺乏與民眾溝通的能力，導致關係不穩定。在環境面，有限的天然資源被過度高估與忽視；然而，在面對氣候變遷、空氣污染及溫室氣體增加卻無力回應。政府無法正視或無力因應相關議題，只能選擇刻意忽略。在規劃上，直線的速度思維主導道路系統的配置，在對安全性的要求標準持續增加的情況下，卻有更多設施暴露在高度災害風險之下。就體制面的考量，政府缺乏凝聚共識的能力，無法創造改善的焦點與共識，相關的法令工具過時或是不足，執法魄力不足。相關批判都值得在討論高速公路永續經營的議題上被謹慎的審視。

在目前的發展態勢下，如果悲觀的加以思考，即便是人們開始改變態度及行為，生態系統的壓力仍在增加。但是，可以樂觀的是：願意開始思考、開始行動、減緩生態系統的壓力，就是一個好的進展。

二、高速公路永續經營的思維方向：永續發展與永續運輸

以整體發展(Comprehensive Development)的架構加以構思，高速公路永續經營是永續運輸的一環，永續運輸又必須符合永續發展的原則。亦即，要探討高速公路的永續經營，永續運輸和永續發展的原則都應被顧及。

(一) 永續發展

永續發展應以社會、經濟、環境及體制四個不同層級加以衡量。換言之，永續性必須建構體系達到同時兼顧環境、社會與經濟之發展，希望能兼顧環境保護與產業發展，透過對有限資源的有效利用，達到維持既有生

活品質，又可避免破壞生態環境的理想。因此，在永續發展的思維之下，國道不應只著重工程或特定面向，而是進而從較宏觀的全面性視野來規劃，並從自然環境、社會關係與經濟活動等各面向關注所有可能影響的層面。

環境議題在早期公共建設的推動過程中，是容易被忽略的課題，更被工程專業視為欲征服的對象。然而，在永續思維逐步引領發展的時代，如何與環境雙贏共存，已成為國道永續經營重要的一環。透過環境規劃、公害防治及自然保育等項目，循序達成公共工程兼顧生態、環境、水土林地保育的目標，已是必然的趨勢。然而，目前國內僅有少數公共工程的環評審查為法制內機制，施工階段也只關注環保法令。若發生任何與環境保育衝突的情況，能夠改變的程度有限。現有法令尚不足以達到國道永續經營所涵蓋之環境保育目標。未來應更強化在全生命週期的初期，即開始考量環境保育，從工法、材料、檢核等各層面共同推動，從維持環境及生態平衡可以降低工程的風險與營運期間二次災害的衝擊。

社會公義是公共建設順利推動的關鍵性因子。在傳統工程領域中，使用者的角色絕少被提及，也常被直接設定為服務接收者，鮮少被視為參與者。然而，國道能否永續經營，使用者之參與及需求都是社會公義需考慮的一環。社會公義的達成過程中，有避免爭議與創造多贏兩個層面。「資訊公開」和「民眾參與」則分別是消極性和積極性的手段。公共工程在推動過程中，無論是土地徵收或是其他原因造成的民眾或保育團體抗爭都時有所聞。公共工程經常涉及龐大的利害關係。再者，又因選舉考量，經常發生政治力介入公共建設推動過程，若其結果未能兼顧多數群體需求，僅滿足少數權力擁有者的需要，違反社會公義。民眾得知訊息的時間通常較遲，資訊獲得的管道也較少，一旦引發爭議，經常導致工程效益降低、成本增加、時間延宕、地方反彈抗爭，甚至政府威信降低的狀況。因此，若是資訊公開，決策過程透明，並納入民眾參與機制，雖未必能完全消弭爭議，至少能及早發現風險，盡速調整或改善原有作法，有助於降低衝突發生的機會。在積極層面，以工程結構物對使用者而言，在地民眾的意見能輔助原有的基礎資料，掌握危險區段或災害潛勢區域，確保基本結構與防災（耐震、防洪）安全。文化與景觀（古蹟保存、環境美化）的非實質面向對於民眾而言，具有普遍性及無價特性，公共建設的推動過程若能強化文化與景觀的特性，不僅能凝聚民眾對於公共設施保護的動力，也對於地

方文化與景觀美學的推動及延續有積極性的助益。此外，若能積極推動非營利組織團體的夥伴關係，認同這些組織對於關注議題的初衷與探討的深度，並從不同的角度一起討論，將能得到更大的加成效果，可有效降低社會成本，更能加速公共建設的順利完成。民眾參與有助於確實瞭解地方的特性，並創造多贏。

以公共建設促進經濟發展，是推動國家總體發展常用的作法。公共工程經常必須投注相當可觀的經費，故必須從投注的總體成本到未來的預期效益，進行完整的成本效益評估。成本的個別項目除了工程整體規劃所能預期之經濟效益、維護管理、延壽與耐久等措施外，在興建過程中，資源再利用、節能、節水、節省資材或使用創新科技等皆會影響到整體的經濟成本。此外，經濟上的成本效益評估，必須儘可能全面而整體，且納入實質與非實質的項目，避免過於狹隘或只著眼於實質項目。例如：道路工程選擇穿越坡地，經常忽略了從風險管理概念考量長期風險成本；選線著眼於徵收價格及行政作業，常擇林地而捨農地，易忽略或過度低估林地做為水土保持、空氣淨化、生態群落棲息等價值。

（二）永續運輸

永續運輸落實到空間層面應思考的兩大要素是土地使用與交通運輸（圖 1）。土地使用市場與交通運輸市場應依據環境現狀達成穩定的平衡。相對的，整體的土地使用方向的上位指導方針、交通運輸的掌握及監督控管是政府絕對的責任。永續運輸的方向應符合整體經濟社會環境及體制的設定，政府藉由對於土地使用、運輸需求的方案應能達成環境、經濟、社會的平衡，並回應到法令規章及執法能力。任何一個環節失控了，特別是在都市層級，一定會影響到國家層級對土地使用或國土整體發展的方向。所以，若要達成永續運輸，在經濟面必須能確保效率、因應全球情勢的變化，達成整體服務的效能提昇；在社會面必須要能夠保護不同利益相關者的權利，確保行車及周遭安全，也尋求所有利益相關者的共識。在環境層面，好的運輸必須要能提升環境品質，降低環境耗損，追求共贏。體制面則要能適度傳播，加強管理的有效性，並確保法令規範等工具之執行。

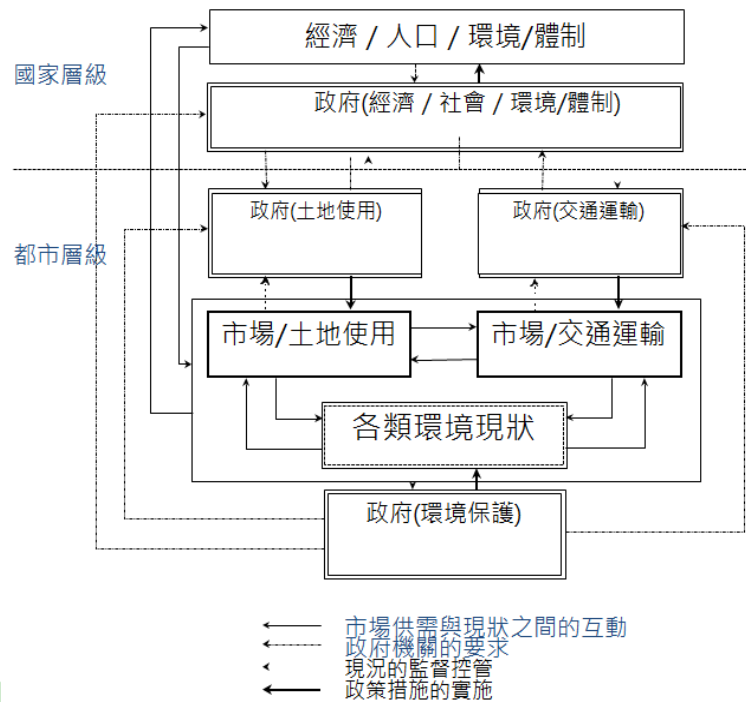


圖 1. 土地、交通、環境及其相互關係

資料來源：修改翻譯自 Miyamoto(2006)

參、美國高速公路發展與環境的經驗轉換

50 年代，美國開始發展州際公路系統，雖然環境成為關鍵性的議題，許多選址劃定的過程卻都面臨環境上的爭議。此一時期，公路開展的優先性仍遠大於對環境的考量。換言之，50 年代是環境意識及影響力相對弱勢的年代。國家環境保護法(NEPA)於 60 年代通過之後，經營者必須將環境衝擊及替選方案納入評估，環境議題開始成為公眾議題，環境意識也逐步抬頭，成為國家發展的重要議題。70 年代，美國社會興起一波對環境的抽象探討，類似對生態體系的考量、景觀美化運動等與環境相關的語彙成為人們日常生活討論的話題，使得「環境」一詞，從實質環境建構、關心自然環境，轉而成為關注實質環境、自然環境及社會環境的整體性發展，也呼應了永續發展的方向。80-90 年代更著重在環境評估的工具和內容，從選址可行性評估，利用各種手法來達成永續性的發展方向—避免選擇敏感路線、減少相關設施及減緩衝擊生態，風險管理概念也納入了美國高速公路發展的評估中。創造雙贏成為 2000 年至今重要的課題，更廣泛的環境

管理（Environmental Stewardship）概念被持續深化，也成為高速公路是否能成為永續運輸之一部分至關重要的因素。

借鏡美國高速公路 60 年來的發展與環境關係，對台灣高速公路永續經營概念的推動有很大的助益。以美國公路經營經驗的探討，可以發現，掌握功能需求是基本的條件，逐步納入多方參與進而慢慢達成社會穩定與發展間的平衡。亦即，高速公路永續經營的機會必然來自於功能需求的掌握、多方參與及環境管理的落實。環境的角色必須完整掌握才會使得此一過程更加完備。提供安全、有效率的服務是高速公路最基本功能需求滿足，同時，也必須考慮未來環境、社會、經濟趨勢所帶來的挑戰，例如：民眾的要求必然日漸增加，利益相關者是否被納入參與的體制內、利益相關者的夥伴關係建立與否、不同利益相關者之間是否有雙贏局面的解決方案；面對環境趨勢，風險管理的概念是否已被納入。建構高速公路永續經營的架構時，適性方案也必須相對的建立。換言之，每個計畫的過程可以學習，但結果無法複製。

肆、環境管理的層次

環境管理的層次可從制度面的提出，經過全生命週期的各階段考量，到技術面的落實（圖 2）。構想的提出可來自於制度面的誘因或是面對制度的規範。亦即，制度本身是一種工具，國家可透過體制、法規推動、各種評估作法的引入(例如：環境影響評估、環境差異評估、相關評估指標建立、成本效益評估等)，搭配審議制度的推動、綠色採購的推動等達成預期之成效。政策推動方向也是國家對於環境管理的重視與宣示。

整體推動策略在執行面以工程全生命週期為核心，落實永續發展及永續經營到每一個相互扣連的環節具體做法的全生命週期，包括可行性評估、選址、規劃設計、施工、營運維護管理及任務終止，在每個階段皆能以綠色環境、綠色材料及綠色工法的各種技術來達成。

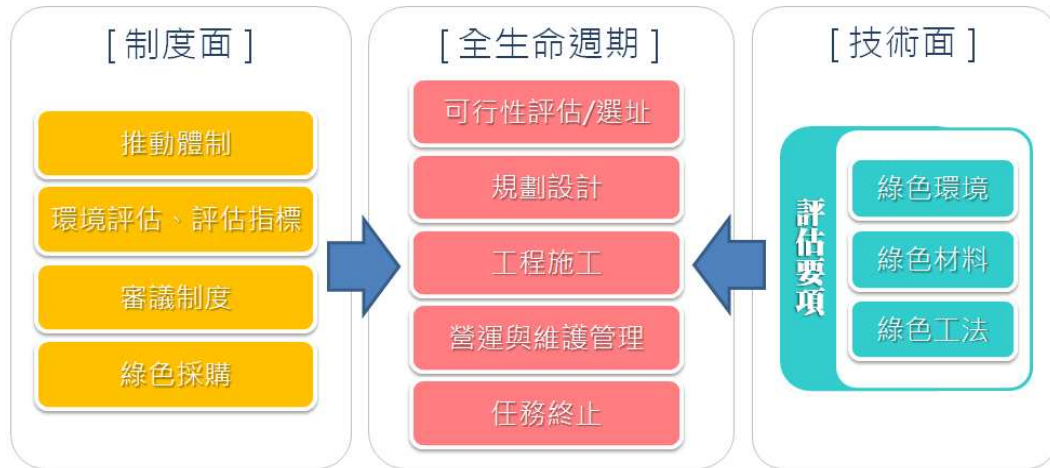


圖 2. 環境管理層次圖

資料來源：本研究繪製

伍、全生命週期的階段評估要素探討

有非常多的研究和文章（王价巨等，2011；單信瑜等，2011；詹明勇等，2011；王价巨，2010a, 2010b）都逐步在強化公共工程在全生命週期中的關鍵性議題。本文進一步加以彙整探討可以發現，在可行性評估階段，所有的方案都應被提出，零方案也是一種可能的選擇。當可行性評估通過，選址確定，地點的環境特質、社會特質及整體經濟發展的願景目標，是否與體制方向完整配合，必須回歸到規劃及設計面以清楚界定其目標，擬定影響減輕的對策。在規劃原則確定後，進而開始進行細部設計工作。最後，在施工及維護管理階段，來驗證檢討回饋前述相關特質是否能夠具體滿足整體性的發展，逐步進行監測計畫檢討反饋計畫，以檢討全生命週期是否完整涵蓋（圖 3）。在整個過程中，愈是前期的階段，對高速公路能否永續經營愈為重要；越到後續階段，因為尺度關係，越傾向補救性作為。

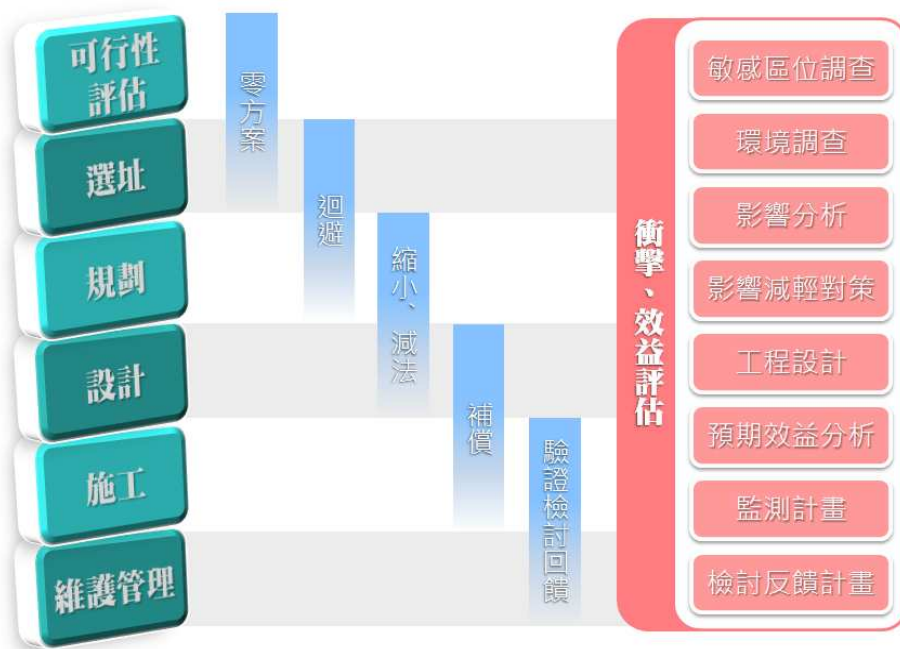


圖 3. 全生命週期階段作法與評估

資料來源：本研究繪製

一、可行性評估與選址階段

工程科技不斷突破，超高層大樓、大跨度橋樑、長隧道等高難度公共工程不斷增加，技術可行性已不再是決策的關鍵。但隨著地球天然資源的枯竭，公共建設的必要性已逐漸成為可行性評估中最重要的一環。公共工程在招標之前，即必須由主辦機關明確的檢視必需性，及此工程在整體性國土規劃或地區整體計畫中所扮演之角色，避免為建而建之非必要之設施。以目前國內大量閒置空間為例，不僅缺乏必要性評估、耗費高額經費興建，完成之後尚需額外支出大量維護管理費用。又如為了因應塞車狀況而不斷的拓寬馬路，經常鼓勵更大量的車流進入。所以交通需求之重要性、必要性、急迫性、可行性、衝突性都需要審慎的評估。

檢視台灣傳統公共工程的思維通常著重於單一成效，重「新建」而輕「養護」，並常為了減少工程費與用地費，輕忽社會成本與環境成本。實際上，公共工程的興建若缺乏詳實的整體成本效益分析就貿然執行，不僅將排擠其他重要政策，投入的大量能源與營建材料，對於國家的資源的浪費更是難以挽回。因此，可行性評估階段應提出，考量從規劃、設計、施工到維護管理的整體成本效益評估，同時考量時間軸上的現在與未來，整

體評估至少包含：

1. 環境面向，包含從地質、生態、氣候環境條件調查環境的容許程度與替代方案、特殊性及稀有性環境資源、生態敏感區、災害潛勢區、文化資產保存區域的可能衝擊和永久性破壞，並從棲地補償可行性與復原機會探討技術可行性；
2. 社會部分至少應納入社會觀感與民眾接受度，深入分析受影響人口與影響程度；
3. 經濟部分應考量服務對象的需求與服務人口、成本效益評估、實質與非實質面向的整合考量支出與效益的重要排序與時間變遷影響、工程技術的可行性與支出、維護管理的方式與可能支出等；
4. 體制部分至少應在現有的法令機制配合的基礎上，考慮社會參與機制的建立與意見回應的完整管道。

相對的，不同替代方案可能產生的風險及未來可能需要投入之成本，都應納入考量，以做為後續規劃設計階段的重要參考依據。例如：危害-風險-脆弱度分析就是一個有用的工具。以危害而言，應納入各候選位址每一路段可能發生的週期性危害(特定時間、特定地點的所有災害潛勢)和非週期性危害(不定時間、不特定地點)。總體脆弱度演進的過程，必須考量各地點及其相對利益相關者的基本條件，探討實質環境(危險區位、危險設施或危險土地使用條件)及非實質環境的脆弱度(經過地區的利益相關者之生活艱陋條件、社區組織缺乏、低所得邊緣族群、可能造成特殊風險的社區或社群等)。暴露過程必須考量地方組織的人力資源、相關技術、地方的社會經濟條件等。

再者，選址亦是一項重要的工作。許多的選線不當，不僅將工程主體置於危險的境地，危及使用者的安全，增加後續成本，更可能進一步破壞自然環境，造成生態系統的破壞。近十餘年來，台灣很多災害的考驗，受損的道路、橋樑與建築均顯示了公共工程在面對重大天然災害時的脆弱，也凸顯了減災、避災的重要性。因此，資源管理概念(resource management)的早期介入指導選址，利用土地使用策略、強化洪氾區管理、環境敏感區(生態敏感、災害潛勢、文化地景等)的擴大與整體考量、環境緩衝區、還地於水等作法，可以更有效的取代施工規範或結構強化的抵抗性或補償

式作法。

環境中敏感區位的調查，應該明確包括生態環境敏感區域、文化資產敏感區域及災害衝擊潛勢區域。疏忽自然生態環境敏感性將使環境品質下降與劣化；忽略人文生態環境將使公共工程之目標失焦，更可能因此必須投入更多資源以彌補環境破壞所造成之損失。以台灣目前體制與法令的發展狀況而言，文化資產方面已有文化資產保護法的規範及歷史保存區的劃設等；災害潛勢區也已有明確的劃定與規範；但生態環境保育層面，在實務面，公共工程在生態資源面向應就空間、時間、物質、能量與多樣性等分析各單項與其項目間互相牽動的關連性。在人文環境部分，國內的經濟發展趨於成熟，社會亦日益多元化，民眾的民主意識與法律知識提高，對人文和生態的關懷也逐漸提升。因此，全生命週期的各階段均應納入利害相關人意見。例如；在開發前納入利害相關人的需求，可做為開發規模之參考，在開發中降低對利害相關人的衝擊，開發後亦能促進利害相關人的共同利益。如此可進一步確保符合多數人利益，且不損及受影響較大的利害相關人權益，達到保護環境與永續經營的目標。

二、規劃設計階段

規劃與設計對工程決策有舉足輕重的地位，重點工作包括：路線確認及工程技術選定、衝擊因應對策的整體規劃、回顧「可行性評估階段」之重要課題及依該階段之分析結果，縮小範圍至目標物種或較敏感區域。

規劃應有前瞻性、整體性。工程師在執行工程計畫之規劃設計時，必須廣泛蒐集工程相關之氣象、水文、環境、地理與地質、社會經濟人文等相關資料，以便進行詳細分析。唯有取得足夠之資料才能充分了解工程所面臨的災害衝擊與風險，以利在規劃設計時，透過專業之資料蒐集與研判、詳盡的之工址調查、創新與嚴謹之工程設計、準確之風險評估、嚴格之施工品質管理等，提高面對災害的承受力、降低工程本身與民眾的風險等均為重要任務。

即使是已通過可行性評估的區段，也有可能產生不同的衝擊，如果能確實甄選優良規劃設計廠商，品質問題實已解決大半。然而，政府對於甄選設計監造之能力仍然不足，評選機制仍有漏洞，致使設計品質管制無從落實（郭學書，2006）。再者，過去許多工程因應業主機關之要求，在選址、定線、甚至於是工程規模與型式選擇時，受到許多不合理的限制，經

費不足經常導致無法更適當的因應災害，進行避災、減災設計，就會增加包括提高規劃設計費用、工程固定成本、營運維護成本等。此外，工程師進行規劃階段對於社會經濟條件的評估往往較為粗糙，對於未來工程使用狀況受區域發展與人口、經濟成長的影響，均未能詳細評估。另一方面，工程開發及工程完工後導致的社會經濟變化可能引發的自然環境變化對未來工程本身的影響亦甚少著墨。

實際上，規劃時期就應預先掌握方案的可能風險，設法依據專業在規劃設計階段透過風險評估與本益比，討論各種替選方案，以利規劃方案最適當的選擇。因應對策就應該適時的反應在工程圖說、施工計畫、維護管理機制及追蹤評估的整體設計上。同時，此階段應考量民眾參與機制，將能更有效的找出政策的方向與化解未來不必要的爭議。同時，應以敏感區的概念，整體考量地區之氣候、土壤特性、目標物種分佈特性及活動範圍等，納入生態核心區保護的概念，考慮以迴避（Avoidance）、減輕（Mitigation）、補償（Compensation）的生態補償程序，一方面達成交通建設的需求，另一方面也應確保棲地連結及動物移動廊道，避免棲地破碎化，降低動物遭受 Road-Kill 機率，降低工程建設對生態環境之衝擊。

設計時，應該更細緻的思考各個面向的可能作法。例如，以擋土牆及邊坡保護型式為例，應考量基本作為與積極性作法。基本作為部分，道路選線時優先避免坡度過陡及地質不穩定之區域，減少邊坡開挖，降低對於穩定邊坡的擾動，並避免對於工址周邊與鄰近地區之突增之環境負荷；積極性作為是在滿足安全需求後，進而以生物多樣性與營造多孔隙環境，在安全許可的範圍內，增加天然材料的應用，並進行生態環境保育。景觀優化、植栽綠化、雨（廢）水回收系統、生態池、複層植栽、植物緩衝帶、滯留/貯留設施等，都需因地制宜，使用當地的材料和物種，並加強對動植物棲地的維護。

上述作法除了能夠去除、消滅、防止或控制非點源污染外，植栽的使用更具有積極的固碳效果。相關研究指出，闊葉大喬木每平方公尺 1 年能減少 900 公斤的二氧化碳，每半世紀就能吸收 45000 公斤的二氧化碳；綠牆及綠圍籬每年每平方公尺（ m^2 ）可降低 100 公斤的二氧化碳排放量。若要使用人造材料，也應優先使用採用高強度、高性能混凝土或其他高效能材料或作法，提高材料效率，減少結構尺寸。

在設備的選擇上也應慎重選擇。道路沿線照明機具的數量與光波長特性等因素，會影響夜行性昆蟲之行為及棲息方式。照明設施可選用低誘蟲及收斂式光源達到降低影響產生之目標。其餘如減少及矮化照明設施、遮光板或綠籬的設置、照明技術研發等亦可將影響降低。

三、施工營造階段

執行與落實規劃設計內容及持續滾動式檢討及修正為此階段重要的工作。然而，施工階段也是道路工程對環境衝擊最直接、居民抗爭最多之階段。政府應確實扮演監督者的角色，落實相關環境保護對策、建立自主檢查機制、執行環境監測計畫、研擬緊急應變管理流程。從落實三級品管著手，以提升工程施工品質，並藉由持續辦理教育訓練，強化施工者之認知。

施工過程中，一方面採用自動化施工方式或是高效率的機具設備，以提高施工速率。工地所使用的照明、運輸、用水、供電等臨時設施也應採用永續經營之設備，將能源作最有效之利用。另一方面，亦以減輕開挖影響的施工圍籬設置、動物通道設置等方法，進行工區的樹木保存與棲地保護，維護工程附近生態環境。再者，營建剩餘土石方與廢棄物應予現地減量與再利用，減少運輸所消耗的能源。表土具豐富營養價值，用以保護原生種子及生物，透過表土收集、表土保存及表土回填的程序，將能減少土方資源之耗費。這些工作對於環境保育與公共安全都有正面助益。

就一般工程而言，挖填平衡以減少土方外運有其在環境保護之價值，但是，應該更強調地形地貌變動最小化。多餘土方與不足土方均有害於地球環保，土方挖填作業應減小規模與面積，配合水土保持等措施，方能減輕環境污染。

就施工品質而言，工程師的素質與責任感是工程品質良窳的重要關鍵。監造者不僅必須監督營造廠按圖施工，亦必須有能力發現規劃與設計不良的問題，扮演設計單位與施工單位的有效平台。

四、營運維護管理階段

維護管理為全生命週期中時間持續最久的階段，但是，此階段在過去舊工程思維中經常被忽略。以往，工程驗收後，常因缺乏長期維護與管理機制，導致設施壽命縮短，各種預期及非預期的磨耗或損壞層出不窮，造成安全上的問題。因此，適當且良好的維護與管理，將有助於延長工程構

造物之壽命，並降低工程造物因失修而造成危及民眾性命之安全問題，相關工作包含：維管標準作業程序建立、經常性性能檢核與評估、延壽方案的計畫與執行等，應有適當的組織與合理的經費編列。由於工程驗收後，會回到主辦機關管理，故此階段之工作，政府部門責無旁貸。

公共設施皆有其服務年限，若能有效執行維護工作並建立經常性之性能評估作業，定期檢討分析維護作法與成效，將能有效延長設施壽命。當設施壽命將屆，或是面臨服務效能降低情況時，投資經費延長服務年限並提高效能，或拆除重建，需要完整且詳實的評估，並就設施的重要性及必要性排定優先順序，方能將政府投資作最有效分配與利用。只是，目前仍有資料欠缺、未盡完善或資訊未公開透明等問題。少數機關已針對所轄重要公共設施建置有相關管理資訊系統，例如：交通部之橋樑管理系統等，惟仍有許多設施欠缺相關資料、資料內容未盡完善或資訊未能公開透明，故首要工作應整合檢討現有各類工程維護管理資料庫，建立既有公共設施盤點制度，並透過三級品管手段，定期或不定期查核各機關填報及維護情形，並將系統維護經費納入年度經常性支出。

陸、結論與建議

全球暖化、氣候遽變所導致的環境趨勢，讓永續發展的困難度持續增加。近年來的重大災變顯示，交通建設從全生命週期進行整體性考量將是邁向永續經營與永續發展的必要作法。然而，有些工作仍應在對應過程中持續努力，分別說明如下。

一、新思維的建立

環境趨勢讓永續發展的困難度持續增加，心態才是根本問題。傳統舊觀念（例如：人定勝天等），都使我們面對了非常多的惡果，永遠不要把自己和他人置於險境。未來，以永續經營的作法出發，針對每一個個案都嚴肅面對，確認主要的保護對象及內容，追求與環境共存、共榮，確保地球整體環境的永續發展，才是追求國道永續經營應有的思考方向。

二、國土計畫下的公共建設規劃

可行性評估和選址是永續經營最重要的階段，這個階段的依據應該是

更上位的國土總體發展計畫。缺乏國土計畫引導的選址必然無法完整考量持續發展的需求，這也是臺灣目前最大的隱憂。

三、政策的支援

所有好的作法都應進入政策的決策體系，並導引決策。永續發展、永續經營等都需要有遠見的政府具有未來性的政策思考支援。相對的，國道永續經營是否能夠具體推動，就端賴政府政策支援的行動力了。

四、有硬體也要有軟體

硬體的設施可以看到實質成效，軟體的制度、規範、管理方式等「非實質」面向的擬定與執行更是邁向永續經營之路最容易被忽略的關鍵因素。

五、公共工程相關的跨領域整合

完成一件公共工程的過程中，除了土木之外，還有諸如都市規劃、環境工程、機械、生態、材料等等不同領域都參與完成的各個階段。然而，面對未來環境及氣候的挑戰，各自獨力進行的方式已無法滿足永續經營及永續發展的需求。未來，也有更多的領域，例如：物理、化學、生物學、環境醫學等都應逐步納入。特別是，從以往的經驗發現，有很多所產生的問題都來自於不同領域界面的整合出現狀況所導致，所以，整體性的思考和整合，並結合各個階段的努力，將會是未來公共工程邁向永續發展非常重要的工作。

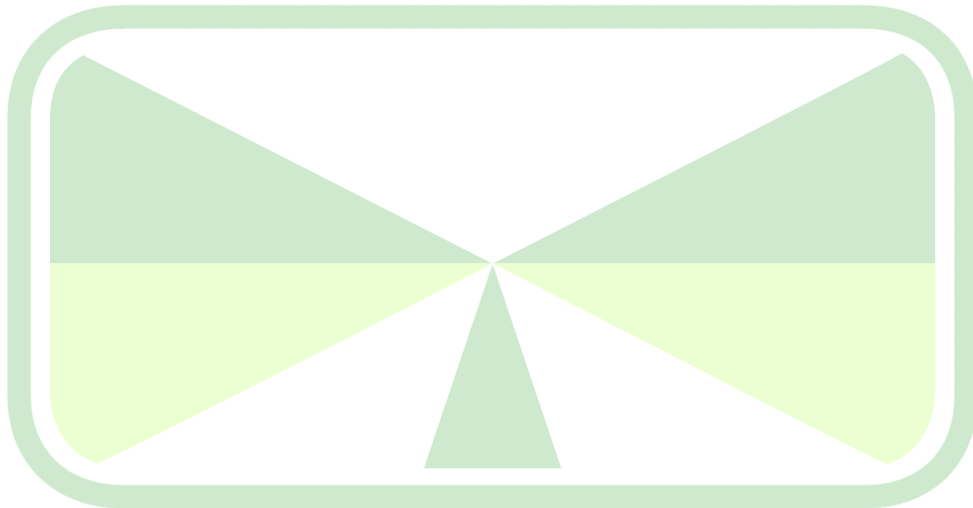
六、採購制度的適宜性

政府採購法從防弊原則對於採購有嚴格的規範，也讓所有的承辦人員為了尋求自保寧可放棄許多彈性的規定。這樣的惡性循環也讓很多積極性的作為和新的材料無法納入使用。再者，低價搶標的結果也讓品質提昇成為空談，更增加致災的潛在風險。長此以往，對於國道的永續經營必然增加了更多的阻礙。採購制度的改良也是值得推動的方向。

七、材料科技的研發與納入

永續經營是必走的路，產業結構已在轉變，國家也投注了非常多的經費在相關科技的研發上。未來，綠建築、生態規劃的概念和太陽能發電、

發光二極體（LED）、風力發電、生質燃料等新材料科技的持續研發都應納入公共建設的使用中，由公共設施做為模範，引領相關領域更健全的發展。



參考資料

- 公共工程委員會(2001)，〈公共建設永續經營管理維護制度之研究〉，研究單位財團法人台灣營建研究院。
- Miyamoto, K. (2006) Sustainable Urban Planning based on Integrated Land-Use and Transportation Models. Presented at Asian Development Bank.
- 王价巨、李顯掌、徐肇昕(2011) 公共工程全生命週期節能減碳之概念。公共建設之永續性思維與作法—從綠色內涵到節能減碳， p.3-1～p.3-27。行政院公共工程委員會發行。(ISBN 978-986-02-7919-1)
- 單信瑜、黃于玻、邱英浩(2011) 公共工程規劃設計節能減碳之參考準則。公共建設之永續性思維與作法—從綠色內涵到節能減碳， p.4-1～p.4-62。行政院公共工程委員會發行。(ISBN 978-986-02-7919-1)
- 詹明勇、廖肇昌、顏宏哲(2011) 公共工程施工與維護管理準則。公共建設之永續性思維與作法—從綠色內涵到節能減碳， p.6-1～p.6-30。行政院公共工程委員會發行。(ISBN 978-986-02-7919-1)
- 王价巨(2010a) 打造具備綠色環境思維的公共工程：可行性評估階段的探討，永續公共工程入口網，行政院公共工程委員會。
(<http://163.29.3.158/node/32093>) (瀏覽日期：2011/09/29)
- 王价巨(2010b) 公共工程綠色環境營造的落實：從規劃設計到維護管理，永續公共工程入口網，行政院公共工程委員會。
(<http://163.29.3.158/node/32092>) (瀏覽日期：2011/09/29)
- 郭學書(2006) 公共工程規劃設計品質評鑑指標之研究。國立成功大學建築研究所碩士論文