



公共工程 全生命週期的 風險管理

Risk Management in Life Cycle of Public Infrastructures

姚大鈞／Eos Rhea Metis, Ltd 首席總監

公共工程的全生命週期從初始期的概念形成與可行性研究，到建設期的規劃設計及施工建設，最終至運營期的運營維修與除役拆除，大致依序可分為三個時期與六個階段。一個全生命週期結束即是下一個全生命週期的開始。每一個生命週期中，公共工程的核心目的是為公民的必要福祉與生活品質提供設施與服務，而為達到上述的核心目的，公共工程必須達成各階段的目標，公共工程各階段的風險責任人則需盡責進行必要的風險管理以降低達成各階段目標的風險。公共工程的風險主要源自人為危害及天然危害所產生的風險，因公共工程階段性的特性不同，各類危害所產生的風險在各階段亦不相同，政府作為公共工程的最終管理人，責無旁貸地必須要求各階段風險責任人進行持續完整且有連貫性的風險管理，以達到公共工程的核心目的。本文主要闡述公共工程核心目的及目標與風險管理的連結，說明公共工程的全生命週期中各時期風險管理的要點及重要性，並從防災減損的角度提出公共工程風險管理的建議。

前言

六千年前在美索不達米亞（Mesopotamia）地區，即現今的伊拉克（Iraq）及敘利亞（Syria）區域，就已經有在幼發拉底河（Euphrates）流域興建運河灌溉系統（Canal Irrigation System）的紀錄，成為兩河文明的代表性標誌。在中國大陸距今約兩千五百年前開始建造且迄今仍然在使用的京杭大運河是現有仍具當初興建功能的古代運河之一。位於希臘約建於西元前 1190 至 1300 年，迄今已有超過三千年歷史的 Arkadiko Bridge（圖 1）是現在已知最古老且仍在使用的拱橋，雖然橋可能已不負擔當初興建的完整原始功能，然仍保有橋的人員通行基本功能。而位於台灣龍潭於 1907 年完工的魚藤坪橋（原名，即現在的魚藤坪斷橋，或稱龍騰斷橋）於地震中毀損，完全喪失當初興建的功能，卻變身為震災紀念物，成為觀光景點，轉型成不同功能的結構物。這些公共工程都是土木工程，是跨越數個世代的建設，公共工程的功能也許會隨著時間改變，但是設施結構的本體可跨越數個世代仍屹立不搖。

美國公共工程協會（America Public Works Association, APWA）對公共工程（Public Works）的定義是「公共工程結合實體的資產、管理作業、政策與人員，是政府為其公民必要的福祉及可接受的生活品質所提供並維持的結構設施與服務」（Public works is the combination of physical assets, management practices, policies, and personnel necessary for government to provide and sustain structures and services essential to the welfare and acceptable quality of life for its citizens.）。公共工程是一項資源需求較高且影響層面較廣的長期建設與服務，與一般建設不同之處在於公共工程的核心目的（Goal）是為公民的必要福祉與生活品質提供設施與服務。近年來，由於網際網路（Internet）逐漸成為人類生活必要的條件，許多政府也將網際網路的建設，包括相關的軟硬體及軟體納入公共工程的範疇。

各國的公共工程皆依據規範規劃設計施工，亦依據相關的作業規範操作營運管理，一般而言現今的公共工程設計的使用年限從數十年到百年，對於一些早



圖 1 希臘的 Arkadiko Bridge (約建於西元前 1190 至 1300 年前)

已進入已開發國家的地區，自十九世紀至上個世紀初建設完工的公共工程迄今已有百年或百年以上的歷史，許多公共工程已近除役的時限，其功能與品質安全已不符現今的要求標準，在營運與作業上存在極高的挑戰，需要進入全生命週期的下一階段。

公共工程全生命週期依作業程序大致可分為六個階段（圖 2），從初始期的形成概念需求到可行性評估分析，在建設期進一步開始規劃設計到施工建設，至運營期進行的運營維修及到達設計使用年限時，必須進行的除役拆除作業，並於工程原址形成新的概念需求，重複開始新的生命週期循環。公共工程開始每一次新的生命週期循環在本質上是基於上述公共工程的核心目的，因應社會變化及政策需求賦予土地使用新的功能。

為達到公共工程的核心目的，在公共工程全生命週期的每一階段皆須達成該階段的核心目標（Objective），一般公共工程在全生命週期的各個階

段，其核心目標皆不相同（表 1），但是所有的核心目標皆是為順利完成初始期於概念形成時所設定的功能而訂。換言之，依序達成公共工程各階段的核心目標，即可達到公共工程的核心目的並滿足原定土地使用的功能。在完成一個公共工程生命週期的循環後，即應視當時的需求開始新的生命週期循環並形成新的土地使用概念與功能。

風險管理概述

ISO31000 (CNS31000)^[1] 中「風險」(Risk) 的定義為「不確定性對（達成）目標的效應」(Effect of uncertainty on objectives)，說明風險的本質為不確定性，而且是針對需達成目標所產生的效應或影響，進而言之，必須有需要達成的目標且是否達成目標有不確定性，這些不確定對於達成目標的影響就是風險。討論風險必須先確認目標，沒有明確的目標，風險的討論可能就失去意義。ISO31000 (CNS31000) 對風險管理的定義為「針對風險所進行引導與控管組織的整合作業 (coordinated activities to direct and control an organization with regard to risk)」。任何有意義的組織皆有其成立的目的，為達到組織的目的，組織可能有分項或分階段需要達成的目標，藉由達成分項及階段性的目標，組織方得達到其原定的目的。而是否達成目標的不確定性，即這些不確定性的影響效應，為組織在達成特定目標的風險。風險愈高，組織達成目標的不確定性愈高，影響也愈大；若是組織無法達成既定的目標，達到組織原定目的的可能性亦將受到影響，所以組織為降低達成目標的不確定性及影響以順利達

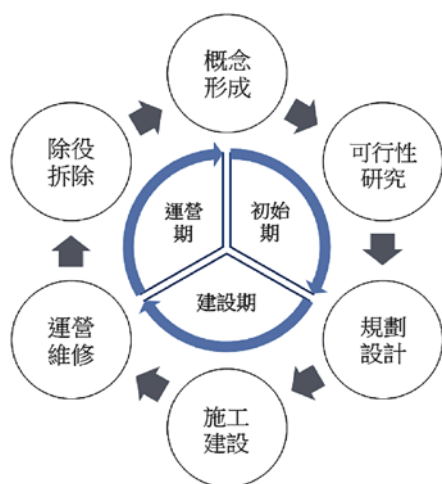


圖 2 公共工程的全生命週期

表 1 公共工程生命週期個階段目標

時期	階段	作業內容	核心目標
初始期	概念形成	根據需求設定土地使用的功能 根據土地使用功能形成建設的概念	公共工程基本功能滿足需求
	可行性研究	可達到土地使用的功能 確認功能及建設概念具體可行 有可接受的本益比	如期完成相關評估及完整的可行性研究報告
建設期	規劃設計	具體化所有的功能 形成具體化的實施計畫	如期完成可據以施工建設的完整合規且內容正確的文件
	施工建設	執行實施計畫完成建設	如期如質如量如價完成施工建設與驗收
運營期	運營維修	操作管理設施 確保所有功能完整運行（達到土地使用的核心目的）	維持完整功能正常運行至除役
	除役拆除	還原土地至建設期前狀態 準備設定新土地使用功能的前置作業	還原土地至近於初始狀態

到既定目的，必須進行風險管理。

風險一般的操作型定義可以「機率與後果的組合」為之。機率為不確定性的量化指標，後果為影響效應的具體說明，結合機率與後果可提供風險管理者較為具體的風險圖像，有助於風險的闡述及風險管理作業順利進行。然而風險管理者需要深入瞭解風險事件（Event）後果及相對應機率的內涵與意義，方得合理進行正確的風險分析評估工作。

公共工程在其全生命週期中各階段可能發生的風險事件大致源於人為危害（Anthropogenic Hazards）及天然危害（Natural Hazards）所導致的災害事件，或源於兩者的複合式危害（Convoluting Hazards）事件。災害事件可能於任一階段發生，導致影響達成公共工程建設目標的後果。狹義而言，公共工程的風險管理即為公共工程的災害風險管理；廣義的風險管理則可擴及至創造公共工程建設的價值。本文將以討論公共工程的災害風險管理為主。

公共工程全生命週期中的可能危害

公共工程於全生命週期中各階段的可能危害主要可分為人為危害及天然危害兩類。台灣因特殊的地理位置及地質環境，天然危害的種類極多，如氣象事件的颱風豪雨與雷擊；氣候事件的乾旱熱浪與野火；水文事件的洪澇及土石流；地球物理事件的地震海嘯及火山山崩；宇宙事件的隕石墜落及太陽風暴，還有地層下陷的地質危害及病毒細菌傳染病的生物危害等，這些危害皆為台灣地區公共工程在其全生命週期中的

主要天然危害。根據世界銀行 2005 年的研究^[2] 台灣的天然危害種類是全世界最多的地區之一，天然災害對社會經濟及人員安全的風險亦為全世界最高的地區之一，天然危害對於公共工程的威脅不可小覷。

在人為災害方面如社會相關的犯罪與騷亂事件、管理不當、政治經濟不穩定及政府財務困難、網路攻擊及人因相關的疏失遺漏與錯誤、或是因設備故障或管線破壞導致的火災爆炸、材料問題及設施毀損與人機界面問題等皆可能在公共工程的任何階段造成災害。

危害與災害

危害是潛在損害的源頭（A source of potential harm），但是不一定會造成災害。危害造成災害的第一步是需要發生危害事件，並且具體影響公共工程（圖 3），如颱風事件形成且暴風半徑涵蓋公共工程所在位置。進一步危害事件的特性必須對公共工程造成威脅，例如淹水對於高架橋的影響有限，但是對於地下的捷運系統則有明顯的威脅，此時災害或損失尚未發生，單一危害事件對於公共工程可能產生不同程度及不同種類的災害，並且各有相對應的機率，結合所有可能災害後果與對應的機率即為風險。而所有危害事件的風險的總和即為公共工程的風險。最後因為災害的觸動機制啟動，才產生具體災害與實質損失。災害的觸動機制如淹水高度超越未設置防洪閘門的捷運出入口高程，或是地震力超越結構現況可承受的範圍等，而這些具體災害與實質損失將造成公共工程偏離階段性目標的後果與影響。

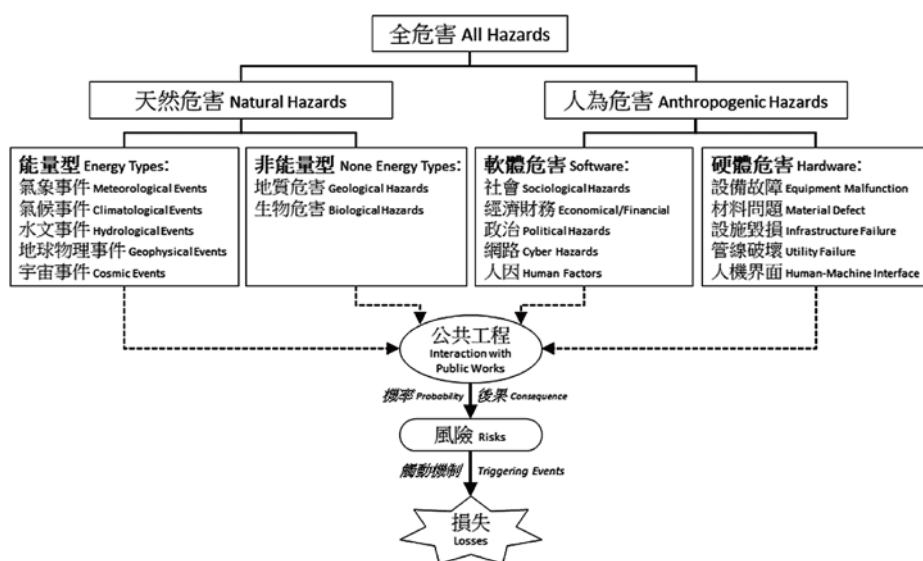


圖 3 公共工程的危害及災害發生機制

危害的後果

雖然人為危害與天然危害造成災害後所產生的後果，如人員傷亡、財物損失與時程影響等，對於不同的後果承擔人而言，可能造成不一樣有形或無形的損害（如人員傷亡對政府而言與對傷亡人員及其家屬而言是不同的損害）。然從達成公共工程核心的目的與土地使用功能而言，公共工程所設定各階段的核心目標重點是在全生命週期中確保公共工程得以依原定時程建立完整功能並順利運行至除役拆除的階段。循此，本文以下所稱公共工程的災害，係指在全生命週期中公共工程現況偏離原定該階段目標的狀態。而災害事件所造成的如人員傷亡、財物損失與時程影響等即為災害的後果。簡言之，偏離公共工程原定目標即為災害。而各種導致該偏離相關的人為危害與天然危害則為災害事件的原因，且所造成的人員傷亡、財物損失與時程影響即為災害後果。一般而言，各種危害所產生的財物損失多指直接影響公共工程的硬體設施設備功能，而人員傷亡與時程影響則多影響各類非物質性功能。

本文中將災害定義為偏離公共工程的原定目標的狀態，特別是該階段的目標，所以公共工程的災害風險即為可能偏離其目標的不確定性效應，此定義亦與 ISO31000（CNS31000）的定義一致。

公共工程的全生命週期的災害（初始期、建設期、運營期）

公共工程的全生命週期根據目前一般作業的流程可概略分為三個時期及六個階段，分別自初始期從概念形成到完成可行性評估；建設期從規劃設計開始到施工建設至交付運營；運營期則自施工完成交付試運營開始至除役拆除完畢止。從公共工程實體的角度而言，初始期主要是將土地使用的功能概念具體化並確認是否可以實行，但是建設的實體仍未形成，僅限於文字圖面概念性的描述。建設期為將文字圖面的概念性描述做成計畫並形成實體的過程，如規劃設計與各式設施設備建造安裝作業；而運營期則為所有功能運行的階段，公共工程完整功能的運行即滿足土地使用的功能，並藉此達到公共工程核心的目的。人為危害及天然危害可能於公共工程的全生命週期中各階段產生不同的影響與後果，甚至是災害，以下將分時期說明各式危害對公共工程可能造成的災害。

初始期

於初始期中的主要的工作內容是功能概念的確認與形成文字圖形的說明與評估成果，尚無實體的設施設備，所以各式危害於初始期中產生人員傷亡及財物損失的災害風險較低，在初始期因天然危害及人為危害導致的災害較少，常見的是因作業遲延導致時程相關的損害為初始期主要的災害種類。

然而雖然初始期中發生災害的風險較低，初始期的不當工作成果卻可能成為建設期與營運期中重大的危害，並於建設期或營運期中發生災害造成損失，甚至影響阻礙公共工程原定功能的正常運行。由於初始期為公共工程生命週期之始，其作業內容必須綜觀公共工程全生命週期中所有可能影響土地使用功能正常運行的問題，並於可行性評估中納入考量，建議可行的方向並確認可行性，土地使用功能概念的可行性除了建設期的技術與財務外，亦須確認營運期的資產保護、充足的管理與人員資源及維持運營所需的資源保障，甚至須更進一步規劃除役拆除所需的技術與財務可行性，方得降低後續階段的風險，成為真正的全生命週期的公共工程建設。

初始期常見可能於後續階段造成災害的人為危害主要為作業錯誤疏失或遺漏及誤判，特別在後續階段的財務、時程、社會環境的變化與天然災害風險評估的部分。此外，若是於初始期末適當考慮後續階段的公共工程所處環境的天然危害並將天然危害於建設期及營運期可能對於公共工程的影響納入可行性評估考量，則可能大幅增加建設期及營運期的天然災害風險。

建設期

建設期接續初始期工作成果，進一步將公共工程的功能概念具體化成可實施的計畫並完成建設。一般而言，相較於初始期及營運期，建設期的時間較短，但是因為設施結構處於建設階段，尚未形成完整的防護，容易因人為危害及天然危害導致災害，所以災害風險較高。

規劃設計階段位於建設期的前期，類似於初始期的概念形成及可行性研究階段發生災害的風險較低，一般常見的如設計規畫錯誤或疏失，雖然在初始期末造成災害，卻經常於後續施工建設階段或營運期中造成災害。這些危害部分可以透過 BIM (Building Information Modeling) 或 IV&V (Independent Verification and Validation) 的方式降低災害的風險，然而仍無法完全避免災害的發生。

施工建設階段為建設期中災害風險最高且災害後果較嚴重的階段，各式的人為與天然危害皆可能於施工建設階段造成嚴重的損失。除了因前述設施結構尚未形成完整的防護，容易發生財物損失外，亦因此階段參與的人員與公司組織、設備機具、物資材料與施工界面較多，存在大量的人為危害如管理不當、設備

機具故障毀損、物資材料瑕疵缺陷、與人員錯誤疏失及其他的人因與人機界面問題，這些人為危害在歷史中曾經造成多次且嚴重施工中的災害事件。施工建設階段除了本身的風險較高外，公共工程也經常因為施工建設的品質問題，造成營運期的災害。

營運期

公共工程的營運期時間最長，可歷經數個世紀甚至是數千年。這段期間，人員管理可能更迭，部分的設施結構與設備可能仍然屹立，甚至功能運行正常，但是人文與自然環境可能已經改變，土地使用的功能也可能已經多次變化。營運期的人為危害及天然危害必然存在，一般而言天然危害是造成設施結構及設備毀損最大的原因，而設施結構與設備毀損直接導致公共工程功能運行失效，偏離營運期的目標，嚴重時可能必須啟動新一輪公共工程全生命週期的循環。天然事件如地震、颱風淹水、土石流山崩、沉陷變形、溫度變化或雷擊等亦可能於營運期造成公共工程的災害。除了天然危害，人為危害中如管理不當、維修保養不良及財務問題亦經常是提前啟動新一輪公共工程全生命週期的循環的重要原因。人為危害在一般常見如錯誤疏失與疏漏等風險必然隨時間增加外，特別是運營相關作業因長期不變的狀況下所產生的作業慣性對危害潛變視而不見，導致災害發生亦是營運期常見的風險，此外設施結構隨時間增加產生的衰變及長期運行的設備損耗、材料磨蝕、火災爆炸等是常見營運期的人為危害。

營運期除了本身的危害外，亦承接前期作業不良，甚至是錯誤疏失的危害。公共工程在營運期的管理作業上需面對並適當管理多種危害產生的風險，如何分配年度資源，滾動式管理營運期的風險，是極大的挑戰。

公共工程的風險管理

公共工程在全生命週期中將牽涉數量極大的相關單位與個人，多數為階段性的參與者，唯有土地所有權人的政府必須全程參與主導公共工程全生命週期內的事務，是最終責無旁貸的風險責任人 (Risk Owner; ISO31000/CNS31000)。換言之，政府有責任主動進行公共工程的風險管理，同時亦須要求所有參與公共工程的相關單位與個人進行風險管理。更重要的是，做為公共工程最終的風險責任人，政府必須進行公共工程全生命週期的風險管理，維持全生命週期中各階段

風險管理的連續性與連貫性，以降低各階段公共工程的風險，以確保土地使用功能的正常運行並達成土地使用的核心目的。政府主導進行的風險管理可參考表一的核心目標說明設定風險管理的目標。以下進一步說明政府做為公共工程的業主所需要進行的風險管理。

初始期的風險管理

初始期的初期由於完整的土地使用功能尚未完全確定，所以風險管理重點需要著重在降低這些不確定性並盡速確認土地使用的主要功能。後期進行可行性評估時最大的危害是資源的限制。因為資源的限制導致資訊收集的深度與廣度無法完整滿足可行性評估所需，此為認知不確定性（Epistemic Uncertainty）。此外，可行性評估的內容包含大量對於未來環境狀況的預測與判斷，這些預測與判斷的不確定性亦是公共工程的主要危害之一，此為偶然不確定性（Aleatory Uncertainty）。初始期的風險包含了認知不確定性及偶然不確定性，風險管理必須針對這兩種不確定性進行處置。

針對認知不確定性的危害，風險管理的做法最直接的當然是增加資源，確認足夠的資訊進行可行性評估。然而在目前政府主計制度及公共工程預算執行的規範下，增加資源的風險管理方式對於降低風險的成效有限，所以風險管理的重點應著重於風險的辨識與說明。風險責任人需瞭解認知不確定性的風險，完整揭露資訊不足的內容及建議未來補充的方式與說明。例如土地的地質地下水資訊經常無法於初始期完整取得，但是設施的基礎及地下空間的費用受地質地下水條件影響甚鉅，可能直接影響可行性評估的結果，同時間接影響財務分析的正確性。風險責任人需確實揭露此類風險及處置建議。

關於偶然不確定性的風險，風險責任人需明確說明各項預測與判斷的基礎及依據，並說明各項誤差可接受的範圍及修正的方式。例如氣候變遷可能影響未來暴雨淹水的風險（如淹水深度及淹水頻率增加），對於淹水敏感的設施如博物館或美術館等需積極因應的公共建設，風險責任人須在可行性評估中特別針對淹水的風險分析說明淹水的深度與範圍，而不僅是暴雨洪澇的回歸期年限，主要因為氣候變遷可能大幅改變基於歷史紀錄統計所得的回歸期數據在未來環境狀態變異後的可靠性。此外，風險責任人應揭露處置偶然不確定性相關風險的建議，如博物館或美術館的基地可以填土加高或減

少地下空間的方式降低淹水洪澇的風險，亦應建議納入移動式的防洪設施如防洪閘門等做為應對實際狀況與預測有顯著差異時的風險管理措施。

風險責任人須將風險管理的費用納入可行性評估中的財務分析，並編列預算。風險責任人須瞭解風險處置費用若未編列預算，將導致無法確實執行以管理風險，而未適當管理的風險勢必成為公共工程全生命週期中的危害甚至造成災害，防災思維必須納入公共工程全生命週期初始期的風險管理中。

建設期的風險管理

建設期是公共工程實體設施結構形成的時期，亦是災害發生頻率較高的時期。規劃設計階段承接初始期的風險管理成果，將風險管理及防災的觀念具體化為設計並分析評估設計成果的風險。例如提高關鍵設施的設計標準（醫院及消防設施採用較高的抗震設計標準）或避免將電力通訊設備置於地下空間以降低洪澇的危害，將捷運高架段電力設備置於高架車站的空間內，避免置於高架墩柱底部所可能發生的水損危害，或設置電氣室的淹水警報器等。公共工程的剛性防災設計是風險管理重要的風險處置方式之一。風險責任人應要求規劃設計須加入風險管理的防災設計，並完成風險管理報告分析評估並建議施工建設階段及運營維修階段的危害處理方式。

施工建設階段的風險管理是目前在公共工程建設中較為認知接受且進行的作業。一般勞檢工安進行的環安衛（Environment, Safety, and Health, ESH）是公共工程施工作業常見的風險管理作業，但是從達成施工建設階段的核心目標（表1）之風險管理而言，目前環安衛之風險管理內容僅為施工建設階段風險管理的一部分，在工程實務上目前環安衛的管理內容仍無法適當管理許多後果較為嚴重的危害所產生的風險，例如新式但尚未被完整驗證的技術或施工設計的未知危害、地質變異與地下水的危害、施工技術不良、錯誤及疏失、與天然的危害等，仍需根據危害的特性進行客製化的風險管理。由於公共工程的型式繁多且涵蓋的專業種類極廣，工程依賴專業的程度較高，目前制式的環安衛管理對於專業技術所衍生的相關危害尚無法提供適當具體的管理成效，急需要專業的工程風險管理作業填補。政府的風險責任人應尋求專業工程風險管理服務協助進行施工建設階段的風險管理。

施工建設階段的各風險責任人承接規劃設計階段完成的風險管理相關資料，需進一步完成施工建設階段的風險管理計畫並進行風險管理。政府亦須要求其風險責任人根據施工建設階段的風險管理成果編製運營期的風險評估報告及管理建議做為完工驗收文件。

運營期的風險管理

運營期是公共工程生命週期中最長的時期，所有的人為與天然風險皆隨著運營的時間而增加。根據完工驗收文件中的運營風險評估及建議報告，政府於公共工程運營期的風險責任人需進行運營期的風險管理並編製執行風險管理計畫。「維持公共工程的完整功能正常運行至除役」（表1）應為營運維修階段風險管理的核心目標，風險責任人須盡責辨識所有影響達成核心目標的人為及天然危害，評估所有危害的風險且在年度的管理費用中編列適當的預算，按計畫依序處置公共工程所有的風險。

由於運營維修階段的時間長，短則數十年，長可達數百年甚至更久，風險可能產生動態變化，政府的風險責任人必須定期（每年）更新修正風險管理計畫，維持最記錄完整的風險記錄表（Risk Register）及風險處置記錄。運營維修階段內所進行的重建或部分重建、改建或部分改建、改善或升級、更新置換或維修保養工作皆應視為風險管理的一部分，並納入定期的風險評估內容。此外，必要的監測與定期檢測必須

確實執行，並將成果納入定期風險評估報告中檢討評估新增風險處置工作的必要性。

2019年10月1日位於宜蘭縣的南方澳大橋斷橋事故後國家運輸安全調查委員會於2020年11月出版的調查報告中，指出與風險有關的調查發現目前公共工程在橋樑檢測評估、養護管理及維修補強作業上的問題。這些風險相關的問題皆為運營維修階段的風險管理內容，並須於定期風險管理報告中評估並提出相應的風險處置建議，政府的風險責任人需根據風險處置建議的內容編列年度預算執行風險處置的建議，方能降低公共工程運營期事故的風險。

相較於其他階段，除役拆除階段的風險管理較為簡單，為達成「還原土地至近於原始狀態」的核心目標，風險責任人需根據運營維修階段的風險管理報告內容，辨識於除役拆除階段可能產生的危害，特別注意的主要危害為拆除作業的施工安全（如作業程序及拆除順序等）及公共工程生命週期前期階段所產生的有毒廢棄物、污染的設備設施及土壤或地下水等，風險責任人需針對這些危害及其他危害編製執行風險管理計畫以管理風險。

保險與風險管理

保險是公共工程的重要相關及參與者，在公共工程的各階段幾乎是不可或缺的參與者，於公共工程的全生命週期中，常見的保險種類如表2所示。

表2 公共工程全生命週期常見的保險

標的	保險 (Insurance)
資產	營造綜合險 (Contractor's All Risk Insurance, CAR) 安裝工程綜合險 (Erection All Risk Insurance, EAR) 電子設備綜合險 (Electronic Equipment Insurance, EEI) 商業火災綜合險 (Commercial Fire Insurance) 土木工程完工險 (Civil Engineering Completed Risk Insurance, CECR Insurance) 資訊網路安全險 (Cyber Risks Insurance) 營建機具綜合險 (Contractor's Plant and Machinery Insurance, CPM Insurance)
利潤	預期利潤損失險 (Principal's Advance Loss of Profit Insurance, ALoP Insurance) 延遲完工險 (Delay-in-Start Up Insurance, DSU Insurance)
品質	專業責任險 (Professional Liability Insurance, PL Insurance) 完工瑕疵險 (Inherent Defects Insurance, IDI) 工程保固保證險 (Maintenance Bond)
保證	投標保證險 (Bid Bond) 履約保證險 (Performance Bond) 營造契約保證險 (Construction Contract Bond) 保留款保證險 (Retention Bond) 工程預付款保證保險、工程押標金保證保險、工程支付款保證保險、工程履約保證金保證保險
責任	第三者意外責任險 (Third Party Liability Insurance) 雇主意外責任險 (Employers' Liability Insurance)

雖然保險在公共工程全生命週期的各階段皆可提供相應的產品及服務作為參與者，但是保險的本質是提供事故發生後的損失填補功能，而且是以對價的金錢提供補償。從風險管理的角度，買保險並無法減少事故發生的機率，亦無法降低事故的後果，所以保險不應視為風險管理的做法或是風險管理的一部分。然而，若是從財務的角度，保險的保障及補償可以減少財務的部分損失，所以在財務風險管理中，保險應可視為財務風險管理的一部分。

除了提供事故發生後的損失填補功能，保險在跨產業及全世界履行保險責任中所累積的經驗與統計資料透過適當的管道及機制，確實可以協助公共工程進行有效的風險管理並提供管理上的重要參考。除了專案服務外，保險一般可提供公共工程的服務包括課程培訓及風險查勘與改善建議，善用保險提供的風險管理相關服務可以有效降低公共工程各階段的風險，公共工程的風險責任人應邀請保險的專業人員提供有價的服務並善用保險的資源協助進行風險管理。

由於氣候變遷導致極端氣候事件發生頻率及致災強度增加已大幅增加公共工程設施與結構的安全風險，營運維修階段的設施結構遭遇致災強度的天然事件的機率增加，損失後果也較以往嚴重。以 2001 年納莉颱風對台北捷運造成的災害為例，在營運數十年內即發生回歸期 400 年的洪水事件，導致以回歸期 200 年作為洪水設計標準的台北捷運嚴重損失，營運中斷數月之久。此外許多橋梁道路水電設施在暴洪或山崩土石流事件中毀損或一般設施結構物於地震中產生震損，喪失功能不堪使用也是一例。公共工程風險責任人需瞭解公共工程的設施結構於災害事件中仍然可能產生損壞或是功能失效，保險可提供公共工程設施結構毀損後復原重建的財務支持。特別是完工土木工程保險可以提供公共工程運營期的風險責任人除了火災綜合保險外，特別是對於設施結構有較大威脅的天然危害所造成的災害損失，減輕在復原重建所需的財務負擔，應是政府在災害發生時財務風險管理上的重要資源。

結論

公共工程因特性不同，全生命週期各階段所需的專業亦不相同，各階段風險管理所需涉及的專業廣度與深度是政府進行風險管理時風險責任人極大的挑

戰，政府的風險責任人應尋求專業的協助整合風險管理所需的各項專業及處理專業間的界面問題，從防災的角度出發是風險管理的開始。2021 年 4 月 2 日台鐵 408 車次太魯閣號於清水隧道發生的事故前，若是台鐵進行公共工程全生命週期的風險管理，在建設期與運營期中任何一個風險責任人善盡風險管理的責任，辨識出施工中異物入侵軌道（顯而易見的風險）的風險並錄入風險記錄表，進行風險處置，建立如防止、監測並速報處理或減速通過的防災機制避免事故發生或降低事故發生機率及後果，即使現有的環安衛管理機制無法防止違規事件的發生，仍能避免災害的發生或至少能降低事故的後果減少傷亡。

本文主要闡述政府於公共工程建設全生命週期中作為風險責任人所需進行的風險管理，然如前所述，所有在公共工程全生命週期內參與相關的單位與個人皆須主動進行自身的風險管理，使公共工程得以順利達成其核心的目的以提供公民的必要福祉與生活品質設施與服務，同時亦能達成自身參與公共工程的目標。政府應將風險管理的內容作為風險決策（Risk-based Decision）的參考，並以目標導向（Objective Orientated）做為評量經濟方案的參考，而不應以省錢做為目標。風險管理與價值工程（Value Engineering）不同，風險管理是針對可能發生，但尚未發生的不確定事件進行管理作業。政府須認知做為公共工程風險責任人所需負的責任及應作為的事項，並應盡責管理。總結公共工程全生命週期風險管理的重點如下：

1. 政府作為公共工程的風險責任人須確保每一階段風險管理順利進行並注意各階段風險管理的連貫性；
2. 公共工程各階段的風險管理須達成階段性的核心目標，並在全生命週期中達到公共工程的核心目的；
3. 公共工程的風險與災害息息相關，防災是達成核心目標的重點；
4. 風險責任人應尋求專業的風險管理及防災服務協助確保風險管理作業的完整性、經濟性及有效性；
5. 保險雖僅能視作財務風險管理的一部分，但應善用保險的專業資源協助進行險管理。

參考資料

1. ISO31000:2018(E), "Risk management – Principles and guidelines," International Organization for Standardization (ISO).
2. The World Bank, 2005, "Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis," Disaster Risk Management Series No. 5. 