

分析層級程序法應用於大甲溪橋樑改善綜合評估之研究

王傳益⁽¹⁾ 黃俊祥⁽²⁾ 林志遠⁽³⁾ 張仁瑋⁽³⁾ 黃上軒⁽³⁾

摘要

橋樑結構物會阻滯河道造成水流流況改變，形成河床局部沖刷現象，對結構物之基礎將會造成不良之影響，進而淘空破壞，終致落橋事件發生。因此於考量橋樑安全之前提下，如何於河川上多座橋樑中找出需改善的橋樑，並決定優先之改善順序，以得到最大效益，成為當前之重要課題。

本研究綜合國內外相關文獻，透過效度問卷分析之方式，歸納出河川橋樑改善綜合評估模式，本模式共計有四項構面 15 項評估項目，再利用專家問卷並採用分析層級程序法 (Analytic Hierarchy Process; AHP)，並以工程單位、政府機關及學術單位等三種不同領域之專家學者進行評估因子之權重分析。其後，針對大甲溪之 17 座橋樑以簡單加權法進行方案評估，加權法評估結果以中游之梅子橋為最優先改善之橋樑。本研究建立台灣河川橋樑改善之評估模式，藉以評定河川中之橋樑改善之優先次序，供相關單位橋樑工程改善時之參考。

(**關鍵字**：局部沖刷、效度問卷、分析層級程序法)

Integrated Assessment Model for Bridges Improvement in Da-Jia River by Using AHP

Chuan-Yi Wang⁽¹⁾ C.H. Huang⁽²⁾ C.Y. Lin⁽³⁾ J.W. Chang⁽³⁾ S.H. Huang⁽³⁾

Associate Professor⁽¹⁾ (Corresponding Author), Master⁽²⁾, Graduate Student⁽³⁾ Department of Water Resources Engineering and Conservation, Feng Chia University, Taichung 407, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Bridge structures could choke a channel to change the conditions of flow, forming local scouring in channel that could affect and destroy the structures' foundations causing bridges to fall down. Therefore, finding out which bridges across rivers need improvements and deciding the priorities in sequence to get the biggest benefit under the consideration of the bridge security become the current important topic. In this study, valid questionnaires of the bridges improvement assessment model with

(1)逢甲逢甲大學水利工程與資源保育學系副教授(通訊作者 e-mail : cywang@fcu.edu.tw)

(2)逢甲大學水利工程與資源保育研究所碩士

(3)逢甲大學水利工程與資源保育研究所碩士生

four perspectives and 15 criteria was firstly confirmed by several experts. Another expert questionnaire of Analytic Hierarchy Process was delivered from professional engineers, government agencies, and academic scholars. Finally, seventeen bridges of the upstream, the middle, and the downstream reaches in Da-Jia river were evaluated as the case study with the weights from AHP assessment and two alternative evaluation methods.

According to the appraisal result, the Mei-Zi bridge located on the middle stream reaches of Da-Jia river needs the prior improvement by using Simple weighted method. The model established the appraisal pattern about the improvement of river bridges in Taiwan that does not only use to judge the improved priority, but also can be served as a reference of design for relevant engineers in the future when the bridge constructions need to improve.

(Keywords: Local Scour, Valid Questionnaires, Analytic Hierarchy Process)

前言

台灣地區雨量豐沛降雨強度大且集中，每遇颱風豪雨來臨，往往造成洪水災害。洪水使得橋墩局部沖刷的情形加劇，雖然橋樑建造的材料、方法不斷的改善，以及結構應力分析的技術不斷提升，惟該等研發均係增加橋樑結構強度，對於影響橋樑安全之水文、地文等重要參數並未深入探討，以致落橋事件仍持續發生。因此對於影響橋墩安全之水文水理及地文等外在環境條件必須有全盤之瞭解，方能有重大之突破。

河川坡陡流急，流況多屬超臨界流，慣性力影響大於重力，於是河川之凹岸容易產生基礎淘空問題，且近年土地超限利用，河川用地被大量開發使用，人與水爭地，造成生態環境莫大衝擊。有關橋墩沖刷方面之研究甚多，同時也有多位學者研究獲致許多沖刷公式作為預估沖刷深度之參考，但大多為探討橋墩之局部沖刷，對於水理、地文及河道因子對於橋墩周邊之影響較無探討。

由於中央山脈阻隔，西部河川多為由東向西流，為了連結南北交通，因此於同一條河川之上下游建造數十座橋樑，為無可避免之情形。而河川上、中、下游之水文水理、地文及河道特性不同，其橋樑之安全性亦隨之而異。近年來落橋事件持續發生，如 97 年辛樂克颱風造成大甲溪后豐大橋、98 年莫拉克颱風造成高屏溪雙園大橋等數十座橋樑破壞，人民生命財產安全飽受威脅。為了確保橋樑安全，維護民眾行車安全，必須深入評估各座橋樑之安全。然而為了得到最大效益，所以要在流域上數座橋樑中找出最需改善的橋樑，決定優先改善順序，已成為重要的探討問題。由於每一座橋樑之安全性均同等重要，因此在未考慮經貿活動時之交通流量條件下，本研究將水文水理、地文及河道參數納入考量，深入探討各因子對橋墩沖刷之影響，提出較佳之橋樑改善評估模式，評定待改善橋樑優先順序，預防橋墩基礎遭淘刷而破壞，減低落橋事件造成之災害損失，供相關單位橋樑工程改善時之參考。

王傳益、黃俊祥、林志遠、張仁瑋、黃上軒:

分析層級程序法應用於大甲溪橋樑改善綜合評估之研究
個基本設計步驟，包括：(1)決定要蒐集的資訊(2)決定問題的類型(3)決定問題的內涵(4)決定問題的形式(5)決定問題的用語(6)決定問題的先後順序(7)預先編碼(Precoding)(8)決定問卷版面的編排與複製(9)預試(10)修訂與定稿。

研究方法

研究資料的蒐集方法有許多種，而問卷調查也是其中之一，而問卷設計須依據研究的目的及實際情況，設計一份適用的問卷，才能將蒐集的資料標準化，利於做直接的比較，增進資料處理的速度與正確性(黃俊英，2006)。

1. 問卷設計

問卷設計是一件具高度專業性的工作，問卷設計不當，將影響到調查結果，然而研究人員在問卷設計時必須非常小心，避免問卷設計不當而影響到調查研究結果。

問卷設計首重相關(Relevancy)和正確(Accuracy)，兩者皆為達成研究目的必須做到的基本原則(Warwick and Lininger, 1975)。「相關」係指所有蒐集到的資料或資訊都不是不需要的；「正確」係指蒐集到的資料或資訊是可靠且正確的。

問卷可依照研究主題內容結構性質分成「結構式問卷」與「非結構式問卷」兩種。結構式問卷中會包括一系列的特定問題，受訪者只須回答「是」、「否」或者在適當的位置劃記「○」、「×」符號即可，受訪者較容易填寫，普遍的接受度也較高；而非結構式問卷多半使用開放式問題，受訪者可能會因為需要填寫意見或回覆，而填上簡單的答案或不填答，敷衍了事。本研究採用結構式問卷，以利受訪者填答，增加問卷的回收率，進而增加研究的可信度。

問卷設計常要依賴研究人員的豐富的經驗與技巧(Boyd, 1985)，提出問卷設計的十

問卷設計的好壞對調查及研究成果影響甚大，而問卷設計中「決定問題的內涵」為最關鍵主軸，相對的研究者提出之評估準則也相當的重要。評估準則選取原則：

- (1)有效性(Validity)：有效性係指該指標能明確反應某一現象或概念，並適切地表達其效用。
- (2)易得性(Availability)：若某項評估準則所需資料發生取得困難、無法取得、不易實際操作或難以界定，則必須考慮放棄該評估準則或以其他評估準則替代之。
- (3)穩定性(Stability)：若希望該評估準則成為一具代表性之指標，則該準則應為眾人所認可，可適用於任何其他相似之狀況，且可依據科學方法來衡量。在不同時間、空間下，其結果亦可進行比較。
- (4)可理解性(Understandability)：評估準則應可為一般學者，專家所能理解，無須深入解釋；且進行問卷調查時，亦不會造成誤解，並容易獲得所需之資訊。

受訪者因為受到不同的專長背景以及外在環境的影響產生不同的主觀性判斷。不同的受訪者對相同問題，可能會表現出不同的意見或結論。為了使問卷結果更客觀更具代表性，至少在抽樣對象上應涵蓋不同專長的專家。此抽樣方式屬於非機率抽樣，非機率

抽樣係指無法得知母體中的每一個單位被選為樣本的機率。

按照上述原則設計問卷後，並修訂完成定稿。其後進行問卷調查訪問之動作，以蒐集相關資訊。本研究利用效度問卷評選出適合的評估準則，且最後使用 AHP 專家問卷比較出準則間的相對關係。

2. 分析層級層序法(AHP)

分析層級程序法 (Analytical Hierarchy Process, AHP) 為 Thomas L. Saaty (1971) 所創，其原先之目的是用以解決埃及國防部之應變計畫問題。旨在利用層級結構之關係，將複雜的問題由高層次 (high level) 往下層次 (low level) 逐步分解，並彙集有關決策人員進行評估，透過量化的判斷，以求得各方案之優勢比重值 (Priority)，凡該值愈大之方案，表示被採納之優先順序愈高，同時減少決策錯誤發生的風險。

典型的 AHP 決策研究架構大致是由決策目標、評估準則與選擇方案 (如圖 1 所示) 所構成；決策目標是根據決策者所要達成或完成的目標所設定，評估準則將要達成的決策目標分解成構成要素，選擇方案提供決策者從中選出最能達成決策目標的方案。

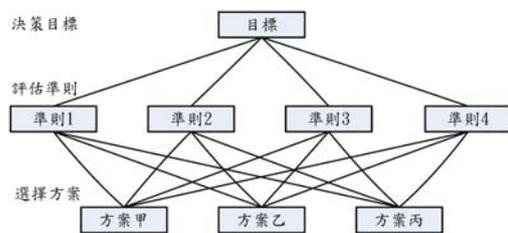


圖 1、AHP 架構圖

Fig1. Structure of AHP

AHP 法之基本假設(曾國雄與鄧振源，1989)：

- (1)一系統可被分解成許多種類 (Classes) 或成分 (Components)，並形成有向網路 (Directed network) 的層級結構。
- (2)每一層級的要素均假設具獨立性。
- (3)每一層級中的要素，可以用上一層級內某些或所有要素作為基準，進行評估。
- (4)比較評估時，可將絕對值尺度轉換成比率尺度。
- (5)成對比較 (Pairwise Comparison) 後，可使用正倒置矩陣 (Positive reciprocal matrix) 處理。
- (6)偏好關係滿足遞移性 (Transitivity)，不僅優劣關係滿足遞移性 (A 優於 B，B 優於 C，則 A 優於 C)，同時其強度關係也滿足遞移性 (A 優於 B 二倍，B 優於 C 三倍，則 A 優於 C 六倍)。
- (7)完全具遞移性並不容易，因此容許非完全遞移性之存在，唯須測試其一致性 (Consistency) 的程度。
- (8)要素的優勢程度，可經由加權法則 (Weighting principle) 而求得。
- (9)任何要素只要出現在階層架構中，不論其優勢程度如何小，均被認為與整個評估結構有關，並非檢核階層結構的獨立性。

AHP 法進行步驟內容如下所述 (鄧振源，1989)，流程如圖 2 所示。

- (1)確定評估問題

王傳益、黃俊祥、林志遠、張仁瑋、黃上軒:

分析層級程序法應用於大甲溪橋樑改善綜合評估之研究
接著將 n 個要素比較的衡量結果，置於

矩陣的上三角形，而下三角形是上三角形部分相對位置數值的倒數。而要素自己本身的比較在矩陣則為 1，即可完成成對比較矩陣。

本研究為河川橋樑改善綜合評估模式之建構，目的在於探討如何在流域上數座橋樑中決定優先改善順序，以及各評估準則之相對權重，提供未來決策者判斷參考之用。

(2)決定評估因素

透過效度問卷彙整學者專家之意見，針對欲評估之問題及因素，討論統整出影響橋樑安全之評估準則。

(3)建立層級架構

根據 Saaty(1980)的定義，此種結構乃是將我們對問題所認定之要素(Entities)組合成幾個互斥的集合，而形成上下「隸屬」的層級關係。如此較容易看出層級中各個要素與其他要素間的相對重要程度。利用層級來分析問題，是由高的層級往下進行，以上一層的評估準則為基準來分析其下的各要素，而不是將各層級的要素直接的進行比較分析。

(4)建立成對性比較矩陣

成對比較矩陣之建立，在於求取要素間相對的重要程度。在某一個層級之要素，以上一層級某一個要素為評估準則下，進行要素間的成對比較。若有 n 個要素，則必須進行 C_2^n 比較。

AHP 是採用比率尺度做為衡量成對比較矩陣的衡量尺度，所謂比率尺度就是尺度的數值是可以加減乘除的，且有固定的原點，在自然科學方面最常應用。基本上劃分為同等重要、稍重要、頗重要、極重要和絕對重要等五項，再加上另外的四個尺度，介於每兩者之間的強度，總共可以區分為九個尺度，而分別給予 1 至 9 之比重(Saaty, 1980)。

(5)計算特徵向量 (Eigenvector) 與特徵值 (Eigenvalue)

為瞭解本研究所建立模式的一致性，及各要素間之相對權重，成對比較矩陣建立後，即可利用數值分析求得特徵向量與特徵值。AHP 以特徵向量與特徵值來代表各評估因素間之優先性及檢定矩陣之一致性。

(6)一致性檢定

為了確認受訪者的填答資料於模式建立之成對比較時想法一致性是否一致，必須進行一致性檢定，避免建構出不良的模式。AHP 採用一致性指標(Consistency Index ; C.I.)及一致性比率(Consistency Ratio ; C.R.)來衡量成對比較矩陣的一致性。其定義如下：

(a)一致性指標(C.I.)：由矩陣元素 (a_{ij}) 其微量變動，量測最大特徵值 (λ_{max}) 與矩陣元素 (n) 二者的差異程度可作為判斷一致性程度高低的評量準則；檢定上，若 $C.I. \leq 0.1$ ，則該成對比較矩陣具有令人滿意之一致性，且 C.I.值愈小愈具一致性(Saaty, 1994)。

(b)一致性比率(C.R.)：C.I.受矩陣階數及名目尺度的影響，隨機矩陣之 C.I.稱為隨機指標(R.I.)，其值隨矩陣階數增加而增加。C.R. 為 C.I.與 R.I.之比值，若 $C.R. < 0.1$ ，則其一致性程度達到可接受的範圍。

(7)專家偏好整合

群體決策時，因專家偏好有所不同，因此對準則要素或計劃方案優勢權重也相對不同，所以要對各專家決策進行整合。專家決策可利用幾何平均數、算術平均數與多數決法進行整合，本研究則是利用幾何平均數來統合專家決策。

(8)最適計畫或方案決定

專家資料要符合一致性檢定的要求後，即可利用運算程式計算，就可以決定各層級的準則要素或計劃方案之優勢權重，再經由整體層級準則考量下，而得到最終目標或方案之優勢權重，優勢權重越大，表示該目標或方案越需要重視。

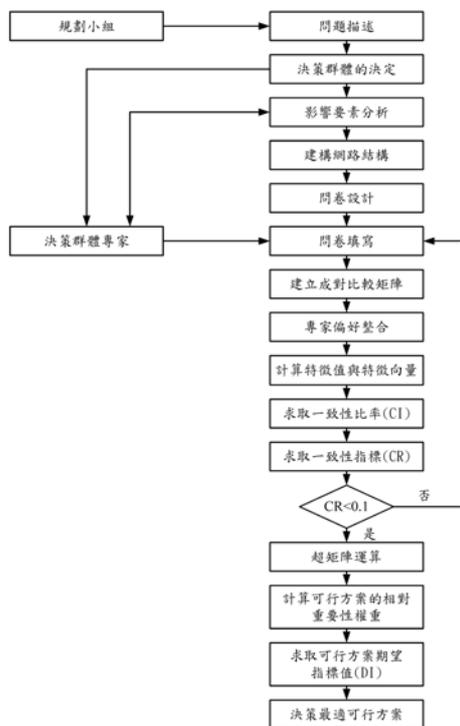


圖 2、AHP 決策流程圖

Fig2. Flow chart of AHP decisionmaking

橋樑改善綜合評估模式與案例 分析

本研究應用分析層級程序法來評估河川橋樑改善順序，首先利用效度問卷確定評估準則與問卷形式後，透過專家問卷調查各評估準則之相關性，並將結果統整而取得各評估準則之權重值。

1. 效度分析

於橋墩文獻回顧探討中，初步擬定河川橋樑改善綜合評估模式之指標與準則，但為了瞭解此等指標與準則是否適用於該模式之評估，本研究透過效度分析問卷方式，確認橋樑改善順序評估之四大構面與 15 項評估準則(詳如表 1)。

表 1、橋樑改善順序評估準則及層級關係

Table1. Evaluation criteria of bridge improved priority and hierarchy relationship

評估指標	評估構面	評估準則
河川橋樑改善綜合評估模式	橋墩	跨度配置與距離
		橋墩結構型式
		基礎裸露程度
	水理	橋墩形狀
		單寬流量
		水流深度
	地文	水流攻角
		地質
		中值粒徑與泥砂臨界 啟動流速
		底床質幾何標準偏差
		河床平均坡度
	河道	斷層帶
		河道變遷情形
		河道整治情形
		上下游水工構造物種類及位置

王傳益、黃俊祥、林志遠、張仁瑋、黃上軒:

分析層級程序法應用於大甲溪橋樑改善綜合評估之研究
面、地文構面與河道構面等四項。將相對權
重值以學術單位、政府機關、工程單位與全
體共四領域分類，判別不同領域是否於重要
性認知上之差異性，詳如表 2 所示。利用分
析層級程序法計算各評估構面與評估準則之
相對權重後，再依評估構面與準則之層級關
係，將第一層級評估構面之相對權重與第二
層級評估準則之相對權重相乘，最後求得評
估準則之絕對權重(加權值)表 3 所示。

表 3、評估準則之絕對權重值

Table3. Absolute weighted value of evaluation criteria

評估準則		學術單位	政府機關	工程單位	全體
橋墩	跨度配置與距離	0.114	0.246	0.126	0.166
	橋墩結構型式	0.083	0.134	0.099	0.112
	基礎裸露程度	0.136	0.092	0.092	0.108
	橋墩形狀	0.075	0.086	0.042	0.067
水理	單寬流量	0.134	0.139	0.133	0.141
	水流深度	0.068	0.072	0.078	0.076
	水流攻角	0.080	0.032	0.084	0.059
地文	地質	0.040	0.049	0.034	0.045
	中值粒徑與泥砂臨界啟動流速	0.036	0.034	0.036	0.038
	底床質幾何標準偏差	0.022	0.019	0.026	0.024
	河床平均坡度	0.043	0.014	0.040	0.028
	斷層帶	0.036	0.012	0.067	0.029
河道	河道變遷情形	0.048	0.032	0.075	0.049
	河道整治情形	0.047	0.024	0.039	0.034
	上下游水工構造物種類與位置	0.039	0.017	0.029	0.025

2. 評估準則與權重建構

依據經效度問卷評選出之評估構面與準則設計問卷，透過問卷讓各領域之專家進行評估準則之相互比較，本研究以 AHP 專家問卷形式，建立各層級評估準則間之相對重要性評估表，以求取各準則之間的權重關係。

本研究針對學術單位、政府機關、工程單位與全體四種領域之資料統整進行權重分析，由於不同領域之專家學者，其知識背景與工作環境的不同，因此使用專家問卷方式藉以瞭解各領域之專家學者對各評估準則的重視程度與差異。

將回收問卷先依其領域不同加以分類，進行一致性之檢定，C.R.值小於 0.1 即為有效問卷，經檢定結果回收有效問卷 53 份，四大構面及 15 項評估準則均通過一致性檢定。再將學術單位、政府機關、工程單位與全體四種領域問卷，將其利用幾何平均數加以統合求得評估構面與評估準則共識值，其後將共識值應用於權重分析。

表 2、四大構面之相對權重值

Table2. Relative weighted value of four perspectives

評估構面	學術單位	政府機關	工程單位	全體
橋墩	0.408	0.557	0.359	0.453
水理	0.281	0.243	0.295	0.275
地文	0.177	0.128	0.203	0.164
河道	0.134	0.072	0.143	0.108

將通過一致性檢定之評估構面與評估準則共識值資料，利用 Super Decisions 軟體，計算各評估構面與準則的相對權重，進而求得權重值。評估構面包含橋墩構面、水理構

3. 案例分析

大甲溪流域位於台灣西部，上游發源於雪山山脈之次高山及中央山脈之南湖大山等群嶽，幹流由東往西橫貫台中縣境，於大甲與清水間注入臺灣海峽。流域面積 1,235.73 平方公里。大甲溪幹溪全長 124.2 公里，平均坡降為 1/60。大甲溪因流域上、中游河床陡峻且落差大，水量豐沛使其為台灣水資源蘊藏最豐富的河川。但隨著氣候的變遷，造成洪水期間水流強度的增強，進而影響到河床上橋墩基礎結構之安全性，本研究將以大甲溪流域內橋樑進行評估。確定橋樑改善順序評估因子之權重後，本研究以實際案例進行分析，選定大甲溪做為研究對象，排除橋樑上之經貿活動通行率，希望經由橋墩、水

理、地文與河道等構面，評估大甲溪橋樑改善順序，以提供日後研究者或相關單位橋樑工程改善之依據。

由於國內較無橋樑改善之相關資料，且國外亦無橋樑改善相關研究，故本研究進行案例分析時，須將案例資料標準化，以利於最終決策之運算。以下案例各評估準則之相關資料，引用經濟部水利署(2005)，「大甲溪石岡壩下游河段河床穩定分案之研究」之報告及現場勘查彙整而得(詳如表 4)。將評估方案相關資料彙整後，就各項案例資料進行標準化，以利於後續方法之計算；資料數據之標準化為以該項評估準則之最佳值設為「1」，以「1」為最高等級，運算其他資料

表 4、大甲溪橋樑基本資料表

Table4. Bridge basic datas of Da-Jia river

跨河構造物	斷面編號	樁號	橋長(m)	橋寬(m)	備註
西濱公路橋	1-1	1K+314	1385.66	39.00	
大甲溪公路橋	7-1	5K+366	1320.67	25.14	
海線鐵路橋	7-2	5K+514	1153.88	15.00	
第二高速公路橋	9-1	6K+793	1150.40	35.00	
高速鐵路橋	19-1	12K+888	1086.47	13.50	
中山高速公路橋	23-1	15K+458	970.00	34.00	
后豐橋	28-1	18K+345	640.76	31.00	
新山線鐵路橋	30-1	19K+645	969.40	10.50	
舊山線鐵路橋	32-1	20K+782	381.48	5.42	
埤豐橋	35	21K+218	380.40	11.05	
長庚橋	38	24K+355	400.78	13.20	
梅子橋	43-1	27K+509	413.23	4.57	
東勢橋	47-1	29K+658	564.71	30.12	
龍安橋	57	40K+027	260.25	9.30	
天福大橋	62	43K+303	155.44	8.56	
裡冷橋	73-1	54K+975	120.96	13.53	*
松鶴橋	79-2	58K+213	120.28	13.78	*
篤銘橋	88	62K+096	92.31	8.17	
谷關橋	92	63K+731	90.44	8.42	

註：* 為該橋樑未落墩於河道

王傳益、黃俊祥、林志遠、張仁瑋、黃上軒:

之相對分數，分數愈高者，代表橋墩改善之順序愈優先。

利用 Super Decision 軟體（由 saaty 及其團隊開發之免費軟體）求得橋樑改善評估準則之相對權重，再將各評估構面與評估準則之權重值相乘，得到絕對權重，最後以標準

分析層級程序法應用於大甲溪橋樑改善綜合評估之研究
化之評估準則資料分數相乘，即可得到橋樑改善順序總分。將學術單位、政府機關及工程單位等全體依「河川橋樑改善順序評估模式」之各項準則得分，分數愈高代表該座橋樑較需要改善。再經加權計算後將評選結果示如表 5。

表 5、大甲溪橋樑加權總分與排序

Table5. Weighted scores and priority of Da-Jia river bridges

全體			學術單位			政府機關			工程單位		
排名	橋名	總分	排名	橋名	總分	排名	橋名	總分	排名	橋名	總分
1	梅子橋	0.663	1	梅子橋	0.676	1	梅子橋	0.681	1	梅子橋	0.644
2	埤豐橋	0.568	2	埤豐橋	0.582	2	谷關橋	0.564	2	埤豐橋	0.581
3	谷關橋	0.529	3	海線鐵路橋	0.536	3	埤豐橋	0.561	3	海線鐵路橋	0.555
4	海線鐵路橋	0.522	4	第二高速公路橋	0.515	4	新山線鐵路橋	0.529	4	第二高速公路橋	0.544
5	新山線鐵路橋	0.513	5	新山線鐵路橋	0.513	5	篤銘橋	0.522	5	大甲溪公路橋	0.515
6	后豐橋	0.495	6	后豐橋	0.508	6	長庚橋	0.508	6	高速鐵路橋	0.507
7	篤銘橋	0.479	7	谷關橋	0.503	7	中山高速公路橋	0.506	7	新山線鐵路橋	0.499
8	大甲溪公路橋	0.472	8	大甲溪公路橋	0.491	8	海線鐵路橋	0.503	8	后豐橋	0.496
9	第二高速公路橋	0.471	9	舊山線鐵路橋	0.485	9	龍安橋	0.488	9	谷關橋	0.483
10	長庚橋	0.469	10	高速鐵路橋	0.472	10	后豐橋	0.482	10	東勢橋	0.454
11	高速鐵路橋	0.465	11	東勢橋	0.456	11	天福大橋	0.479	11	舊山線鐵路橋	0.454
12	龍安橋	0.465	12	天福大橋	0.449	12	西濱公路橋	0.459	12	長庚橋	0.453
13	天福大橋	0.461	13	龍安橋	0.449	13	東勢橋	0.446	13	龍安橋	0.436
14	中山高速公路橋	0.457	14	篤銘橋	0.449	14	高速鐵路橋	0.442	14	篤銘橋	0.436
15	東勢橋	0.453	15	西濱公路橋	0.447	15	大甲溪公路橋	0.440	15	中山高速公路橋	0.433
16	西濱公路橋	0.446	16	長庚橋	0.433	16	第二高速公路橋	0.401	16	天福大橋	0.430
17	舊山線鐵路橋	0.424	17	中山高速公路橋	0.411	17	舊山線鐵路橋	0.357	17	西濱公路橋	0.427

結論與建議

本研究彙整之橋墩冲刷相關文獻與專家學者專業知識，藉由效度問卷與專家問卷建立了河川橋樑改善綜合評估模式，並將模式應用於實際案例，以大甲溪 17 座橋樑為評估對象，獲致以下之結論與建議。

1. 結論

- (1)本研究利用相關參考文獻與資料易得性為原則，歸納橋樑改善順序之評估準則，再利用效度問卷確定評估準則，獲致橋墩、水理、地文、河道等四大構面與十五項評估準則。
- (2)利用效度問卷與專家問卷於橋樑改善綜合評估模式，問卷受訪者包括學術單位、政府機關與工程單位不同領域之專家學者，使評估準則更加客觀，提升研究成果的應用價值。
- (3)以各領域專家學者給予之構面相對權重值，學術單位、政府機關與工程單位皆給與「橋墩構面」較高的權重。以政府機關給與此構面權重值為最高，原因可能為橋墩結構之設計影響到橋樑安全，如橋樑設計若符合此河段特性，則可減少橋樑冲刷現象，進而降低橋樑破壞的風險。
- (4)以各領域專家學者給予之準則絕對權重值，全體、政府機關與工程單位想法較為一致，均認為「跨度配置與距離」、「單寬流量」、「橋墩結構型式」評估項目最為重要，而學術單位認為「基礎裸露程度」、「單寬流量」與「跨度配置與距離」為重要之

評估項目。

- (5)由絕對權重值可瞭解各領域專家學者大多都以「橋墩」與「水理」角度進行考量，而「地文」與「河道」等構面，於橋樑改善順序決策中之重要程度相對較低。
- (6)本研究案例以大甲河流域橋樑為評估對象，使用簡單加權法進行評估。簡單加權法整體評估結果最優先改善之前三座橋樑為梅子橋(斷面 43-1)、埤豐橋(斷面 35)及谷關橋(斷面 92)。

2. 建議

- (1)由於國內橋樑改善研究較少，故本研究使用簡單加權法與 AHP 法於橋樑改善評估，日後可以增加方案評選模式 ELECTRE 法、TOPSIS 法等，以提供相關單位橋樑工程改善決策時之參考。
- (2)本研究為建立河川上橋樑改善順序之模式，未來可與風險評估相結合，更可提高模式之實用性。

參考文獻

1. 經濟部水利署(2005)「大甲溪石岡壩下游河段河床穩定分案之研究」。
2. 徐慧民(2007)「應用分析網路程序法於建設公司住宅企劃方案優先順序選擇之研究」，中華民國建築學會「建築學報」，第 62 期，第 49-74 頁。
3. 陳怡如(2006)「應用 AHP 與 GIS 評估都市水災風險度—以台中市筏子溪為例」，逢甲大學水利工程學系碩士論文。

4. 陳虹遐(2004)「應用分析網路程序法於液晶電視之生態效益評估」，成功大學工業設計研究所碩士論文。
5. 許志義(1995)「多目標決策」，五南圖書出版有限公司。
6. 黃立文(2008)「七家灣溪防砂壩壩體移除順序評估模式之研究」，逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士論文。
7. 黃俊英(2006)「企業研究方法」，東華書局。
8. 鄭振源、曾國雄(1989)「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(下)」，中國統計學報，第 27 卷，第 7 期。
9. Boyd, C., (1985), "Point View: Alpha Number Brand Names", *Journal of Advertising Research*, 25(5): 48-52.
10. http://www.superdecisions.com/index_tables.php3.
11. Warwick and Lininger, (1975), "A Theory of Public Bureaucracy: Politics, Personality, and Organization in State Department", Cambridge, MA : Harvard University Press.
12. Saaty, T. L., (1980), "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, New York.
13. Saaty, T. L. and Tran L. T.,(2007), "On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the Analytic Hierarchy Process", *Mathematical and Computer Modelling*, 46: 962-975.

99 年 05 月 18 日收稿
99 年 05 月 30 日修改
99 年 06 月 09 日接受

水土保持學報 42(3) : 273-284 (2010)

Journal of Soil and Water Conservation , 42 (3) : 273-284(2010)