

HEC-RAS 模式在野溪水理演算之應用與探討

林永峻^[1] 丁振章^[2] 鄒宗儒^[3] 李鴻源^[4] 賴進松^[5] 黃杰立^[6]

摘要 近年來各項工程水理相關設計除安全考量外，亦應儘量符合自然生態工法之需求。採用較合理且簡便的水理演算模式，可有效地進行河道斷面及工程佈置之設計規劃。美國工兵團之 HEC-RAS 模式，考慮實際河道斷面幾何特性及糙度，且可考量水工結構物（如橋墩、橋台、涵洞等）造成之效應，具備較完善之水理計算能力。本研究採用 HEC-RAS 模式，針對台北縣雙溪鄉丁子蘭坑溪之第一至三期整治河段進行水理計算；同時進行水工模型試驗，試驗成果與水理演算模式模擬結果相互比較分析，並獲得良好之比較成果；由成果可說明 HEC-RAS 模式可作為野溪水理計算之良好工具。

關鍵詞：HEC-RAS 模式、水工結構物、水工模型。

Application and Verification of the HEC-RAS Model in a Stream

Yong-Jun Lin^[1] Zhen-Zhang Ding^[2] Tsou-Tsung Ju^[3]
Hong-Yuan Lee^[4] Jihn-Sung Lai^[5] Chieh-Li Huang^[6]

ABSTRACT Except for the safety consideration, hydraulic design should satisfy the demands of the ecological point of the view. A robust and user-friendly hydraulic computational model can effectively speed up hydraulic engineering design and layout. The HEC-RAS model was developed by the Hydrologic Engineering Center of the U.S. Army Corps of Engineers. This software allows the user to perform one-dimensional hydraulic computation based on various geometric characteristics, roughness of river sections and effects of hydraulic structures in a river. The Tin-Chi-Lan-Kan Creek located in Taipei County is selected as a study site. An experimental study is also conducted by constructing the physical model for this site. The measured water levels are compared with the calculated results by the HEC-RAS model. The applications of HEC-RAS model in the Tin-Chi-Lan-Kan Creek

-
- [1] 國際水利環境學院副研究員
Associate Research Fellow, Taiwan International Institute For Water Education, Taiwan, R.O.C.
- [2] 行政院農業委員會水土保持局南投分局局長
Director-General, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Nantou Branch, Taiwan, R.O.C.
- [3] 行政院農業委員會水土保持局保育治理組科長
Division Head, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Conservation Management Division, Taiwan, R.O.C.
- [4] 國立台灣大學土木系教授暨國際水利環境學院院長
Professor, Department of Civil Engineering at National Taiwan University and Superintendent, Taiwan International Institute For Water Education, Taiwan, R.O.C.
- [5] 國立台灣大學水工試驗所研究員暨生物環境系統工程學系兼任副教授（通訊作者）
Research Fellow, Hydrotech Research Institute and Associate Professor, Department of Bioenvironmental Systems Eng., National Taiwan University, Taipei City, 106, Taiwan, R.O.C.
E-mail: jslai525@ntu.edu.tw
- [6] 國際水利環境學院工程師
Engineer, Taiwan International Institute For Water Education, Taiwan, R.O.C.

demonstrate its effective potential of applying in the upper land streams.

Key Words: HEC-RAS model, hydraulic structure, physical model.

一、前言

進行野溪工程之規劃和治理時，受到水文、地文、保全對象及土地取得難易程度等因素影響，需進行水理演算以為方案選用之參考。一般水理演算常以曼寧公式為主要之計算公式，因其無法考量河道水流之複雜斷面特性，使得演算結果較適於定型渠道設計時使用。美國工兵團（U.S. Army Corps of Engineers）水理演算模式 HEC-RAS（hydrologic engineering center-river analysis system）為一廣泛使用之一維水理演算模式，無論是簡易河道或是複雜河道、單一河道或是網狀河道、自然渠道或是人工渠道、定量流、變量流演算及是否包含水工結構物等情況，皆可簡便快速演算其水理狀況。在國內外常利用 HEC-RAS 程式計算中、下游河川的水理現象（Gary *et al.* 2003）；然而在河川較上游坡地較陡的野溪治理部份，雖已有初步應用，但尚無完整之分析探討，特別是 HEC-RAS 與曼寧公式之比較，或是考慮野溪中水工結構物存在之影響等。

本研究為考量研究範圍內之迴水效應、水躍與水工結構物之水理特性，利用現場地形測量資料進行水工模型建置與試驗，將水工模型（物模）試驗模擬與 HEC-RAS 模式（數模）水理演算兩者之結果進行比較，以證明 HEC-RAS 模式應用於野溪水理計算之適用性，可作為提供野溪治理規劃設計之工具。

二、基本原理與公式

在工程應用上，曼寧公式常用來作簡單的水理計算；雖然方便，但對於複雜河道斷面、非均勻流況、具迴水效應或水工結構物影響者，則難以使用曼寧公式來進行水理計算分析。以下說明曼寧公式與 HEC-RAS 模式之基本原理與功能以及其相關限制。

1. 曼寧公式

一般在工程上水理計算常用的曼寧公式如(1)式所示：

$$Q = AV = \frac{1}{n} AR^{2/3} S_f^{1/2} \quad (1)$$

其中， Q ：河川流量(cms)、 A ：通水面積(m²)、 V ：平

均流速(m/s)、 R ：水力半徑(m)、 S_f ：能量坡降。

因曼寧公式考量的是定量均勻流，即各斷面平均流速、流量相等且不隨時間而變。對某兩相鄰斷面而言，當流量相同，且流速相同時，通水斷面積相等，若河道為定型渠道，此兩斷面水深亦相等。假設某渠道底床坡度為 S_o ，流況為定量等速流，依上述分析可知渠道內各斷面水深相等，故在渠底加上等高之水深，其水面坡度 S_w 與底床坡度 S_o 相等； S_f 之定義為能量坡降，因渠道內任兩斷面之平均流速相等，且不同位置之流速剖面相等，故能量校正係數 α 相等，所以兩斷面的速度水頭 $\alpha \frac{V^2}{2g}$ 相等，而能量水頭為渠底高程、水深與速度水頭之總和，故 $S_w = S_f$ ；又底床坡度 S_o 與水面坡度 S_w 相同，故 $S_o = S_w = S_f$ （如圖 1 所示）。一般天然河道中較難維持均勻流況，但在較短的河段內曼寧公式仍常用於推估計算能量坡降。

2. HEC-RAS 模式計算原理

美國陸軍工兵團對於水文水理模式之發展，具有悠久的歷史及相當豐富的經驗，其所發展之 HEC-RAS 河川系統分析模式，為著名之一維水理演算模式。無論是簡易河道或是複雜河道斷面、單一河道或是網狀河道、自然渠道或是人工渠道、定量流或是變量流演算、水工結構物等情況，皆可快速演算其水理狀況，已普遍為世界各地之學術機構與工程界所使用。該模式設計重點係在維持高效率之情況下，讓使用者便於使用該軟體；其具備了相當完整之計算功能、視窗化輸入介面以及圖表化輸出介面。以下針對本研究使用的 HEC-RAS 3.1.2 版的功能、基本原理，做一簡單的敘述。

(1) 模式功能

HEC-RAS 為一維水理模式，具使用者圖形用介面（GUI），其功能有：①定量流水位剖面線（steady flow water surface profiles）計算，為此模式主要功能之一，而該系統可同時處理單一河道或網狀型態的河川；另外，亦能對於亞臨界流、超臨界流和混合兩者流況（mixed flow）做水位剖面線之模擬。②變量流之模擬（unsteady flow simulation）針對變量流的一維網狀河川水理計算（包括亞臨界流與超臨界