

# NETSTARS 與 HEC-RAS 水位模擬成果之比較分析

## Comparisons of Water Level Simulation Results for NETSTARS and HEC-RAS Model

謝 慧 民\*

Hui-Ming Hsieh

台灣首府大學

資訊與多媒體設計學系

助理教授

### 摘 要

河道沖刷除受水理特性、河道地形、河床質等自然因素之影響外，人為河川構造物，例如橋墩、橋台、丁壩、圍堰等，亦是導致河道沖淤之要因。評估河川的沖淤穩定，主要有水工模型試驗及數學模式分析兩種方法，有許多研究計畫已偏向以數學模式來進行模擬及評估。本研究為了了解常用沖淤模擬的一維數學模式 NETSTARS 及 HEC-RAS 的成果差異，以大甲溪萬大水庫下游河道為測試對象，進行水位的比較分析，結果顯示松林堰下游的水位差異較大，其餘相近。

**關鍵詞：**HEC-RAS、NETSTARS、水位模擬

### ABSTRACT

Except river erosion was affected by hydraulic characteristics, river topography, river bed material in nature, man-made river structures such as piers, abutments, groins, cofferdam, etc., also contributed to the result of river erosion. Two methods, hydraulic experiment and mathematical model analysis, can be mainly used to assess the stability of river erosion, and many research projects adapted a mathematical model to simulate and evaluate river erosion behaviors. In this study, we used the data of Wanda Reservoir in Tachia Creek as an example in order to understand the common erosion simulation results differences of a one-dimensional mathematical model NETSTARS and HEC-RAS. The comparisons of water level results show the bigger difference of water level in Son-Lin Weir downstream, and the similar water level in the other place.

**Keywords:** HEC-RAS, NETSTARS, Water Level Simulation

\* 通訊作者，台灣首府大學資訊與多媒體設計學系助理教授，72153 台南市麻豆區南勢里 168 號，hmhsieh@tsu.edu.tw

## 一、緒論

河道沖刷除受水理特性、河道地形、河床質等自然因素之影響外，人為河川構造物，例如橋墩、橋台、丁壩、圍堰等，亦是導致河道沖淤之要因。局部沖刷來自於水流經過結構物，常因流速加快，底床剪應力增大，導致局部沖刷較一般沖刷深度較為嚴重，水位的高低影響了沖淤結果，對河川安定甚為重要。

評估河川的沖淤穩定，主要有水工模型試驗及數學模式分析兩種分法，許多研究計畫已偏向以數學模式來進行模擬及評估。本文嘗試利用一維數學模式 NETSTARS(Lee et al., 1997 及 2003)及 HEC-RAS(USAC, 2008)進行模擬，以大甲溪上游萬大水庫下游河道為模擬評估案例，進行水位的比較分析，結果可提供模式使用者之參考。

## 二、文獻回顧

### 1.NETSTARS 模式

NETSTARS(Network Stream Tube Model for Alluvial River Simulation) 模式為台大土木系李鴻源教授及作者等人於民國 85 年開發完成，當時版本為 V1.0，後來中興顧問社的一個專案將模式包裝成 SEC-HY11，輸入資料及輸出成果使用視窗介面完成。作者也在台灣首府大學任教期間 91 年度至 93 年度申請三年國科會計畫補助完成 V2.0，除了改良功能外，也進行視窗化提供輸入資料整合、模式模擬、輸出資料存到資料庫及繪圖輸出等功能開發，並開發 ARCVIEW V3.2 的外掛模組 NETSGIS2D (GIS 繪圖後處理) 及 NETSGIS (GIS 斷面資料前處理)。其中第三年開發數位學習網站：<http://www.hmhsieh.idv.tw/xoops2/index.php>，有程式及資料免費提供下載以外，並有操作的錄影檔，提供快速學習。

本文採用 NETSTARS V2.0 及 ARCVIEW 外掛模組 NETSGIS2D 進行此項分析工作。作者也曾利用此模式對八掌溪固床工設置效果進行評估(Hsieh, 2013)。

本模式為一個擬似二維沖淤模式，凡主流、複雜河系、陡坡、緩坡、水躍、定量流及變量流之水理及相對應底床沖淤特性均可模擬，同時藉由流管之重新分配進行輸砂演算，可以反應河床橫斷面之不規則變化。一般河川輸砂模式大多以總輸砂量公式去計算輸砂量，所以在不平衡輸砂流況下會有較大的誤差，本模式採用推移載及懸浮載分開計算方式可以反映懸浮質控制之不平衡輸砂狀況。同時因具有處理節點之水理及輸砂分配能力，所以適用於一般網路型河川及水工模型試驗沖淤問題的模擬。

本模式水理模擬分定量流、迴水演算與變量流三種演算法，定量流模式 (Steady-Energy) 係根據一維能量方程式配合節點連續關係差分求解，求得水位及流量值，主要取自 BRALLUVIAL 模式有關水理部份理論；變量流模式 (Unsteady-Momentum) 係根據 de Saint Venant 之一維渠道變量流連續及動量方程式再配合節點連續關係差分求解，求解水位及流量值，主要採用 CHARIMA 模式的水理理論及解法；迴水演算方面，係採用 GSTARS 模式水理部份加入網路節點處理修改而成，具有處理陡坡及水躍的功能，其適用範圍較廣。

輸砂模擬以水理模擬所得河川網路的水位、流量配合流管理論分成多個流管，假設所分的每條流管在已知斷面輸水能力均相同，並分別計算輸砂量，再代入輸砂連續方程式中求解每條流管中平均底床沖淤情形。因每個時段流量並非固定，所以每次流管分配的邊界也會有所不同，如此即可模擬橫向不規則的河床沖淤變

化(此功能 HEC-RAS 模式沒有提供)。其中輸砂量計算又可分由輸砂公式直接計算總輸砂量及推移載、懸浮載分開計算後再合併為總輸砂量兩種方法,尤其在高懸浮載的河川或不平衡輸砂現象明顯的區域即需使用後者來計算方能符合實際物理現象。

水理演算中的迴水演算可用來計算亞臨界流、超臨界流或兩者混合的流況(如水躍)。若流管數目選擇 1,則所計算的底床變化成果將類似於 HEC-RAS 模式。含主支流及局部點側流之河川系統流況及相對應底床變化均可利用 NETSTARS 模擬。節點處理是河川系統模擬的重點,由節點(nodes)連接許多河段(links)可形成河川網路系統,同時也透過節點傳遞各河段的水理及輸砂特性。

NETSTARS 具有 GSTARS 分流管執行輸砂演算的功能。流管數目為使用者在輸入時即選定,在計算過程中流管數目應相同。同時因水力的篩選作用,在不同的時間粒徑組成均不同,因此本模式具有模擬篩選及護甲作用之功能。

在計算過程中濕周的區域乃是可能發生沖淤的範圍,在輸入資料中更可控制每個斷面最低沖刷高程、寬度及最高淤積高程,以防止特殊之沖刷(如底部人工結構物)或淤積(如排砂工)條件。大部份河川上游邊界入砂量之實測資料甚少,以採用流量、輸砂量率定曲線為最多。下游邊界懸浮載濃度則由濃度梯度或濃度值來控制;下游邊界輸砂量則由輸砂公式計算求得,不需加以控制。模式需檢定的參數有河道曼寧  $n$  值、流管數、上游輸砂量率定曲線、可沖刷層厚度、輸砂公式等。以下為本模式之假設及限制:

1. 對河川蜿蜒橫斷面上因二次流作用造成之泥砂偏向分佈的情況不適用。
2. 對河川垂直向之二次流無法模擬。

3. 河床床形(bed form)變化也不做預測。
4. 在水理計算中,斷面浸水區均假設為動床部份,所以在每個時距每個流管的浸水區內底床做均勻的沖淤變形,並藉由每個演算時距內重新計算流管邊界來反映不均勻的底床橫向變化。
5. 由於總輸砂量公式只適用於輸砂平衡之狀況下,為反映懸浮質運動的機制,本模式將懸浮質運移行為從總輸砂量公式中分離出來,以較合乎懸浮載運動現象之對流擴散方程式來模擬,可適用於不平衡河段之沖淤模擬。
6. 糙度係數的表示可由資料檔輸入設定,也可用河川流量的函數計算代替,或由半經驗式計算求得,在缺乏資料時可先由公式計算其概略值再行檢定或修正。
7. 若要求精度高而調小  $t$  時,所有演算所使用的邊界條件,程式會在歷線資料內自動做線性內插計算。

NETSTARS 模式需要水理及輸砂模擬的邊界條件、河道斷面地形及粒徑等資料,所以需整理的模式輸入檔相關資料如下:

1. 河系斷面位置分佈圖。
2. 河系每一橫斷面測量點位置對應高程(X, Y)資料。
3. 斷面累距。
4. 各斷面糙度係數(如曼寧  $n$  值)。
5. 河系水力邊界條件(上游流量、下游水位及側流)。
6. 各斷面粒徑組成資料。
7. 河系輸砂量邊界條件(上游實測懸浮載或率定曲線)。

模式試跑過程中依資料的收集程度,有檢定參數及驗證成果等步驟,需要分析及決定的資料如下:



1. 參數檢定、模式精度驗證(有二次以上之大斷面測量資料)。
2. 決定流管數。
3. 決定可沖刷層厚度(倍數  $ALT \times$  最大粒徑)。
4. 水理(是否感潮)及輸砂計算方法。
5. 輸砂公式選擇。
6.  $\Delta X$  已知, 決定  $\Delta T$ 。
7. 決定糙度係數(檢定或用規劃值)。

## 2. HEC-RAS 模式

HEC-RAS 模式係美國陸軍工程師團水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, 簡稱 HEC)為河川模擬分析而開發之電腦程式系統(River Analysis System), 這一系統模式可用以模擬一維網狀河川之定量流、變量流及河道的輸砂演算。2008 年 5 月美國陸軍工程師團水文工程中心發行 HEC-RAS 4.0 正式版本, 此版本除改善自 4.0 Beta 版本發行近兩年所反映的問題, 並改進了若干 3.1.3 版本之問題; 4.0 正式版本在功能上主要增加了動床輸砂模擬分析(Sediment Transport/Movable Bed Analysis)、河床沖淤分析(Sediment Impact Analysis Method, SIAM)、水質分析、閘門開啟關閉設定、滿管壓力流模擬、泵浦啟動關閉設定、河道設計/修正工具、地理資訊系統參照工具(Geo-Referencing Tools)等功能。HEC-RAS 為一整合型軟體系統, 此系統包括圖形使用者介面, 水理分析子程式(定量流及變量流子程式)、數據儲存與管理、圖表製作與資料彙整等功能。HEC-RAS 為一維水面線演算模式, 適用於河床坡度小於 10% 之定量緩變流, 可處理亞臨界流、超臨界流及混合流之水面剖線演算, 亦具有模擬變量流的功能。本模式可模擬橋樑、涵洞、堰、排洪道等水工結構物對水流之影響, 其中模式對水流流經

橋樑之模擬, 依其型態可分為低水流況、壓力流及堰流, 廣泛為國內實務使用。

HEC-RAS 系統包含三種一維水力分析組成: (1) 穩態流水面線剖面計算 (2) 非穩態流的模擬 (3) 移動式邊界沖積物傳輸的計算。HEC-RAS 建立一個水力模型有五個主要步驟:

1. 開啟一個新的 Project: 用 HEC-RAS 建立一個水力模型的第一步就是幫 NEW PROJECT 輸入一個主題, 在 FILE 選單下選擇 New Project 建立專案。
2. 輸入幾何資料: 下一步是輸入所需的幾何資料, 包含河川系統(河系圖解)的相關資訊, 斷面資料和水工建築物資料(橋樑 按渠 堰等)。從 HEC-RAS 視窗的選單中, 選取 edit 中的 Geometric Data, 即可輸入幾何資料。
3. 輸入流況資料和邊界條件: 當輸入幾何資料後, 使用者可以輸入穩態流或非穩態流資料, 輸入流況資料的類型取決於被分析的類型。假設為穩態流分析, 選擇 HEC-RAS 主選單下的 Edit 進行資料輸入。
4. 執行水力計算: 當所有幾何資料和流況資料輸入後, 開始執行水力計算, 如前面所述, HEC-RAS 中, 有三種計算類型: 穩態流分析、非穩態流分析、水力設計函數。使用者可從主選單中的 Run 中, 選擇任何可行的水力分析。
5. 檢視和列印結果: 當模型完成了所有的計算後, 使用者就可以開始檢視結果, 在 View 選單之下, 提供了數種檢視的特殊功能, 選項包含: 斷面圖、剖面圖、率定曲線圖、3D 透視圖等。

### 三、萬大水庫下游河道資料整理分析

萬大(霧社)水庫下游河道分析範圍地理位置如圖 1 右上角的紅色範圍,相對應之斷面位置如圖 2 所示,從霧社水庫一直到武界水庫,模擬範圍與斷面套繪如圖 3 所示。

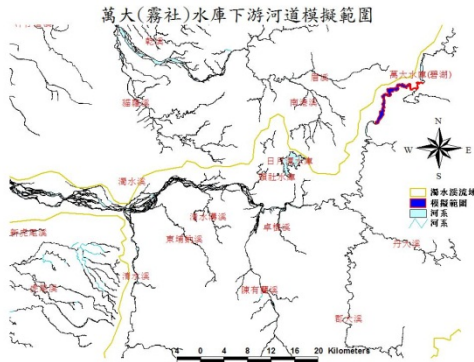


圖 1 霧社水庫下游河道分析範圍地理位置

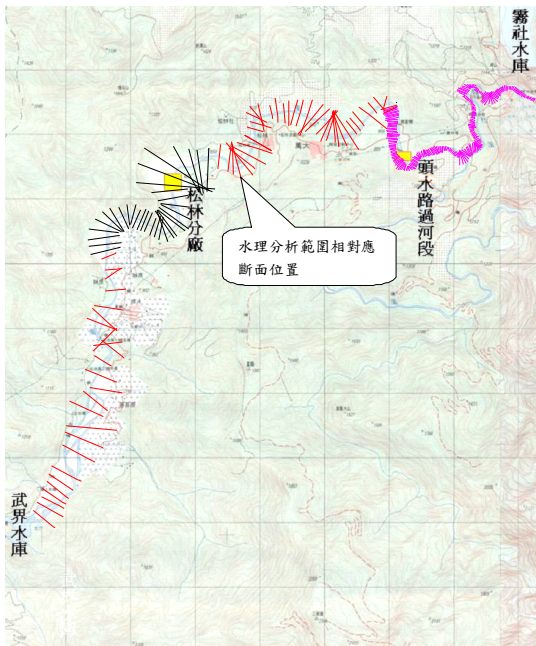


圖 2 水理分析斷面位置圖



圖 3 水理分析模擬範圍及斷面套繪圖

所蒐集之斷面為民國 96 年大斷面測量資料,由於原始斷面總數為 333 個,計算懸浮載濃度需要整個河段求解,斷面越多計算時間越久,因此將此模擬範圍分為三個河段以方便計算,劃分成果如圖 4,其中第一河段模擬範圍與斷面套繪如圖 3 所示;第二河段模擬範圍與斷面套繪如圖 5 所示;第三河段模擬範圍與斷面套繪如圖 6 所示,其中松林堰(約在斷面編號 9300 的位置)當時正在施做中,預期完工後會很快淤滿,松林堰附近的原始地形如圖 7,預估可能淤積長度向上游延伸約 2 公里進行斷面資料的修改。



圖 4 霧社(萬大)水庫下游模擬河段編號

NETSTARS 與 HEC-RAS 水位模擬成果之比較分析

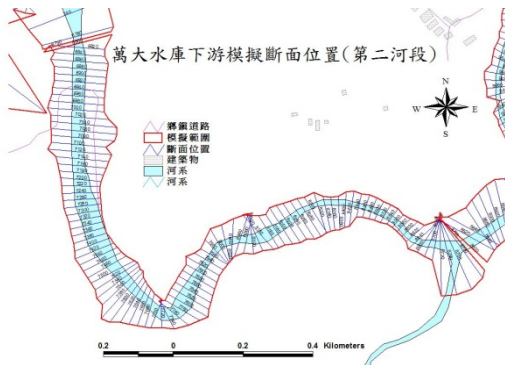


圖 5 第二河段水力分析模擬範圍及斷面套繪圖

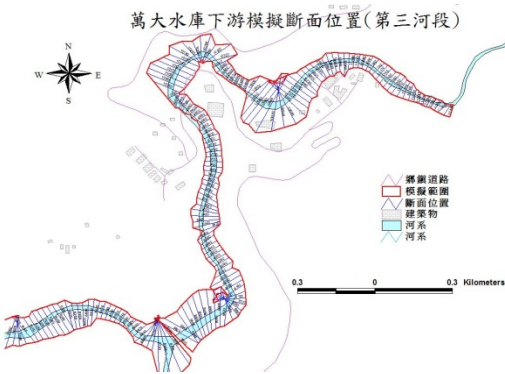


圖 6 第三河段水力分析模擬範圍及斷面套繪圖

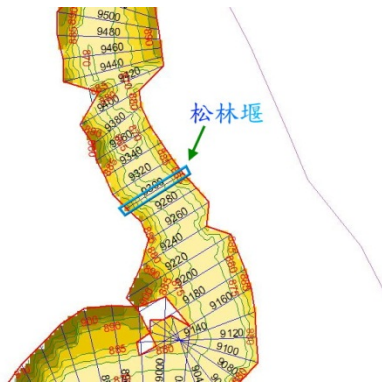


圖 7 松林堰附近的原始地形圖

四、成果與討論

為了了解 NETSTARS 與 HEC-RAS 水位計算成果的差異，在加入松林堰且淤滿狀態模擬下游河道的洪水水位，10 年及 50 年洪水下游水位為 766.74 公尺，其餘頻率洪水下游水位為 770.4 公尺，10 年、50 年、100 年、200 年、500 年、1000 年頻率洪水流量之洪水水位比較分別如圖 8 至圖 13 所示。結果顯示水位計算在松林堰下游差異比較大，其餘相近。觀察斷面通水面寬，在累距 12,969M 處，斷面 7720

附近突然束縮，通水面寬為原來的一半，所以上游面有壅水現象，但是 NETSTARS 比 HEC-RAS 算的結果更高。結果顯示 NETSTARS 與 HEC-RAS 的水位大致差異不大，除了有些超臨界與亞臨界流況交替的部份成果不同外，大都相近。整體而言，個別模式不同頻率的計算成果，其趨勢也相一致；因此比較兩模式水位差異性的趨勢也雷同。

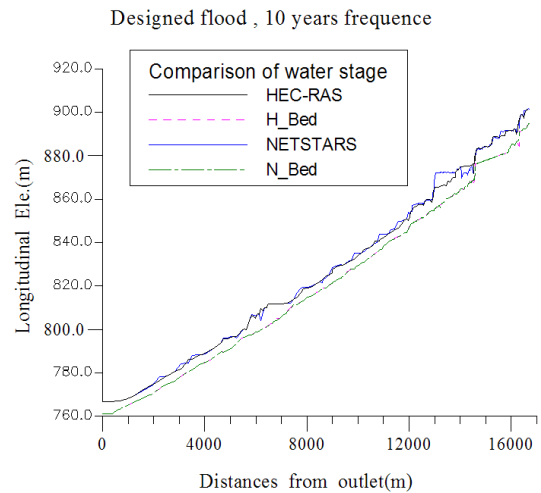


圖 8 下游河道 NETSTARS 與 HEC-RAS 之 10 年頻率水位比較圖

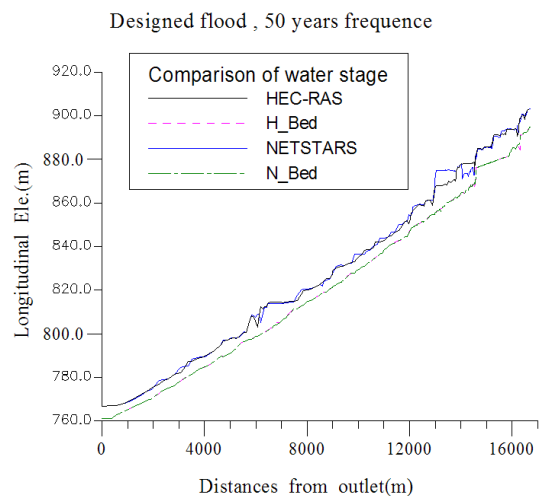


圖 9 下游河道 NETSTARS 與 HEC-RAS 之 50 年頻率水位比較圖



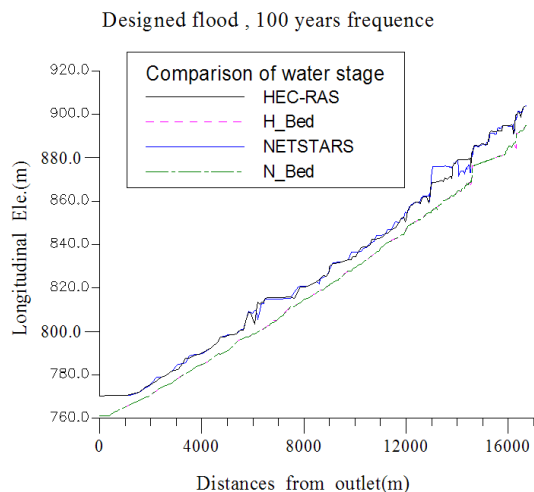


圖 10 下游河道 NETSTARS 與 HEC-RAS 之 100 年頻率水位比較圖

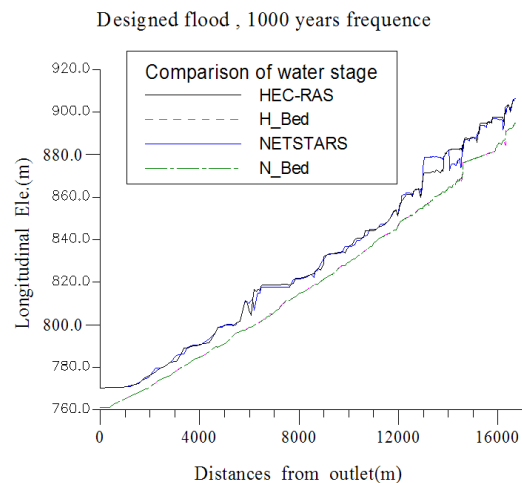


圖 13 下游河道 NETSTARS 與 HEC-RAS 之 1000 年頻率水位比較圖

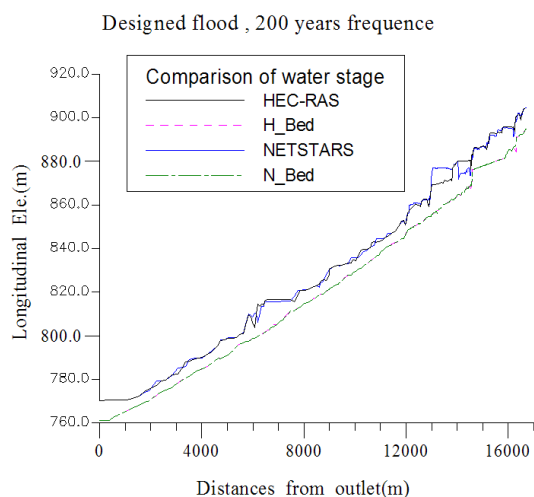


圖 11 下游河道 NETSTARS 與 HEC-RAS 之 200 年頻率水位比較圖

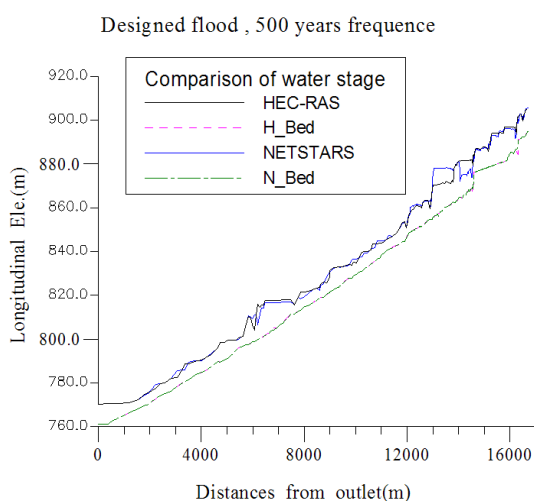


圖 12 下游河道 NETSTARS 與 HEC-RAS 之 500 年頻率水位比較圖

## 五、結論

本文主要探討 NETSTARS 與 HEC-RAS 水位模擬成果的差異，以萬大水庫下游河道為測試對象，由計算成果發現，在有堰的情況下，堰下游的水位差異較大，NETSTARS 有較高的水位值。整體而言，不同頻率年洪水模擬的水位差異的趨勢均雷同。

## 參考文獻

1. US Army Corps of Engineers (USACE), HEC-RAS hydraulic reference manual, 2008.
2. US Army Corps of Engineers (USACE), HEC-RAS v4.0 user's manual, 2008.
3. Lee H. Y., Hsieh H. M., Yang J. C., and Yang C. T. 1997, Quasi-Two-Dimensional Simulation of Scour and Deposition in Alluvial Channels, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 123, No. 7, pp. 600–609.
4. Lee H. Y. and Hsieh H. M. 2003, Numerical Simulations of Scour and Deposition in a Channel Network, *International Journal of Sediment Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 32–49.
5. Hsieh H. M., Luo C. R., Yang J. C., and Chen R. F., 2013, "Numerical study of the effects of check dams on erosion and sedimentation in the Pachang River", *International Journal of Sediment Research (IJSR)*, ISSN: 1001-6279, Vol. 28, No. 3, pp.304-315.

投稿 103.04.15  
修改 103.04.17  
定稿 103.04.25