

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

水庫排放凝聚性沉澱對下游河道之影響研究(II)

A Study on the Influence of the Cohesive Sediment Released from Reservoir on Downstream River (II)

計畫編號：NSC88-2218-E-009-033

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：葉克家 教授

研究助理：許至璵

E-mail：kcyeh@cc.nctu.edu.tw

執行機構：國立交通大學土木工程學系

一、中文摘要

本計畫分三年進行，其最終目的係要發展二維顯式有限解析法動床模式，模擬無黏性或有黏性沉澱在河道上運移之情形。就本年度之預定進度而言，係針對黏性沉澱之運移為模擬對象，將懸浮載與河床載之輸運形式分開，並考慮兩者之間的交互作用、與非均勻質載所造成的篩分與護甲現象。本研究執行至今，已將無黏性沉澱動床模式擴充至黏性沉澱動床模式，將繼續執行模式之檢定與驗證。

關鍵詞：黏性沉澱、有限解析法、動床模式、非均勻質載

Abstract

This project will be executed in three years. The final target is to develop a 2-D explicit finite analytic mobile-bed numerical model for simulating cohesionless or cohesive sediment transporting in the river. As to this year, considering only the cohesive sediment, the sediment transporting is simulating in the suspended-load and bed-load modes, with the correlation between them and the sorting and armoring mechanisms being considered. Up to this time, the original cohesionless model has been extended to the cohesive mobile-bed

model, excelling the schedule, and tests on the model will carry on.

Keywords: Cohesive sediment, finite analytic method, mobile-bed simulation, non-uniform sediment

二、緣由與目的

台灣河川坡陡流急，兼以暴雨集中，對水資源之利用極為不利。為應付長時期枯水季之用水需求，興建水庫以攔洪濟枯，遂為必要之手段。然而，由於台灣地質脆弱，高含砂量入庫水流成為台灣水庫壽命不長之主要原因。減少水庫淤積以維持庫容及延長水庫壽命之方法不外為減少沈澱之入流及水庫淤積清除。就水庫淤積而言，可分為機械清淤（mechanical desilting）與水力清淤（hydraulic desilting）兩種。不論以何種形式排放其淤積之泥砂，將對下游河道帶來直接之影響。由於水庫迴水區甚長，能流至並淤在大壩前之沉澱一般均為細顆粒者，如砂、泥、與黏土。當水庫排放此類具凝聚性或黏性之沉澱時，由於濃度極高，一般牛頓流體之假設可能不再適用，亦即其運移行為不同於非黏性沉澱者。再者，在河道內往下運移時，由於河道變寬，河床坡降減緩，這些細小沉澱將有機會沈淤在河床上，亦將影響河道原有之生態環境。因此，從河道沖

淤平衡與否，以及與其有關生態環境之衝擊情形觀之，在進行水庫清淤之同時，必須考量及評估下淤河道所受之影響。

水庫排放之泥砂具有二大特性：高濃度及含有黏性。當水流含泥砂濃度過高時，其力學性質將迥異於一般低濃度之輸砂行為，而進入所謂非牛頓流體之範疇，隨之而來須考慮的有：滯度之改變、沉滓沈降速度之改變、流速剖面之改變等。有關黏性沉滓物理、化學及運移特性之探討文獻並非很多，可參考者有 Burban et al.(1990), Mehta et al.(1989), Teisson(1991), Teisson et al.(1993), Lau(1994), Kitamura(1995)等，這些文獻所探討者不外黏性沉滓之沈降速度、壓密、流變行為、沖刷及淤積等特性。

水庫排放之泥砂大多以懸浮載方式運移，因此針對本計畫須要，模式分別就懸浮載與河床載計算其質量守恒。

三、控制方程式

1. 黏性沉滓有關特性之探討

(1) 沉降速度

細小非黏性圓球體之沉降遵循 Stokes law :

$$W_s = \frac{\rho_s - \rho}{18\epsilon} gD^2$$

上式中，D = 沉滓直徑； ϵ = 運動滯度。對黏性沉滓而言，由於顆粒表面分子間之吸力，將凝聚成一團，加速沉降之速度，根據 Migniot(1989)之研究，可表為：

$$W_{s,agg} = F \times W_{s,part}$$

式中 $W_{s,part}$ = 凝聚體與單一顆粒之沉降速度；F = 凝聚因子，與粒徑之關係為：

$$F = 250D^{-1.8}$$

(2) 沉淤速率

根據 Krone(1962)之研究指出，單位面積及時間之沉淤量， $Q_d(kg/m^2/s)$ 可表為：

$$Q_d = P_d W_{s,agg} C$$

上式中， P_d 為黏性沉滓黏附於床面之機

率，可表為：

$$P_d = 1 - \left[\frac{u_*}{u_{*d}} \right]^2 \quad \text{for } u_* < u_{*d}$$

式中， u_* = 剪力速度； u_{*d} = 發生沉淤之臨界剪力速度。

(3) 沖刷速率

根據 Cormault(1971)之實驗資料，單位面積及時間之沖刷量為

$$Q_e = M \left[\left(\frac{u_*}{u_{*e}} \right)^2 - 1 \right] \quad \text{for } u_* > u_{*e}$$

上式中， u_{*e} = 為發生沖刷之臨界剪力速度，M 為經驗係數，藉由實驗得：

$$M = 0.55 \left(\frac{C_s}{1000} \right)^4$$

式中， C_s 為露頭淤積(outcropping deposit)之濃度(g/l)。

(4) 流變特性

黏性沉滓之流變(rheology)性質在定義對水流之阻力、變形、以及組成結構上之變化等。與流變行為有關之參數頗多，如沉滓濃度、鹽度、礦物組成、有機物質之種類 pH 值等，但甚難就每個參數逐一考量。現有之流變關係式有牛頓流體、賓漢(Bingham)流體 假塑性(pseudo-plastic)或膨脹(dilatant)流體及假塑性與降伏剪力結合之流體。

根據前人調查結果，黃河中游河段之高濃度含砂水流可視為賓漢流體。另根據大陸許多學者之研究，賓漢降伏剪力與塑性滯度均與沉滓之濃度有密切關係，因而有許多形式之迴歸公式可供參考。這些公式如欲引至台灣河川，則需利用現場調查資料加以檢定。

2. 黏性沉滓模式之建立

根據上述，由於河道中黏性沉滓之存在，不僅改變沉滓沖刷機制，同時亦改變流體之流變關係，亦即從牛頓流體變為非牛頓流體。故本年度之工作重點為將有關

黏性沉澱之特性妥予評估並納入模式中，使模式再擴充為可模擬黏性沉澱運移之動床模式。

四、計畫成果自評

本年度預期完成之工作項目計有：

1. 基本資料之蒐集與整理
2. 黏性沈澱特性之探討
3. 二維黏性沈澱有限解析法模式之建立
4. 模式初步測試
5. 報告撰寫

執行進度內容完全符合預期完成之工作。

本研究在學術研究上之貢獻為，利用顯式有限解析法，配合非正交座標系統及具正交特性之調適格點產生法，發展出無黏性及黏性沈澱之二維動床數值模式，為首創之作。就二維動床數值模式研發而言，本研究提供了一功能齊全之先進模式。

在工程實務上之貢獻為，河道沖淤之研究為河川治理不可或缺之基本資料，然而目前水利機關在進行河道治理規劃時，對此問題之探討，大多停留在定性敘述階段。本研究發展之模式為水庫排淤及河川治理工程提供一經濟而可行之數值分析工具。

五、未來之工作進度與內容

唯經多方面之測試與實例模擬，方能增加數值模式的實用性，且能確切瞭解模式的適用性與限制，因此未來將著重於模式驗證與檢定的工作。此外，乾溼床變化以及超臨界流與亞臨界流交替存在的流場亦是現況河道模擬時常發生的現象，未來亦將增加此等功能，俾使所發展的數值模式能運用在更為複雜的流場。目前工作進度符合預期目標，第三年計畫內容將以此為基礎進行阿公店溪河道沖淤變化的實例模擬。

六、參考文獻

[1] Burban, P.Y. et al.(1990), "Settling speeds of

- flocs in fresh water and seawater." J. of Geophysical Research, 95 (C 10), 18, 213-18, 220.
- [2] Dai, W. (1994), "Numerical solutions of unsteady Navier-Stokes equations using explicit finite analytic scheme." Ph.D. Thesis, Univ. of Iowa, Iowa City, Iowa.
- [3] Johnson, B.H., and Thompson, J.F. (1986), "Discussion of a depth-dependent adaptive grid generator for use in computational hydraulics." Proc. of Inter. Conference in Numerical Grid Generation in CFD, West Germany.
- [4] Kitamura, Y. (1995), "Erosion and transport processes of cohesive sediment in dam reservoirs." J. of Hydrosience and Hydraulic Engrg., 13(1), 47-61.
- [5] Lau, Y.L. (1994), "Temperature effect on settling velocity and deposition of cohesive sediments." J of Hydraulic Research, 32(1), 41-51.
- [6] Mehta, A.J. et al. (1989), "Cohesive sediment transport. I: process description." J. of Hydraulic E., ASCE, 115(8), 1076-1093.
- [7] Teisson, C. (1991), "Cohesive suspended sediment transport: feasibility and limitations of numerical modeling." J. of Hydraulic Research, 29(6), 755-769.
- [8] Teisson, C. et al. (1993), "Cohesive sediment transport processes." Coastal Engrg., 21, 129-162.

