

混合粒徑輸砂量估算之研究

謝孟荃^[1] 黃宏斌^[2]

摘要 過去對於輸砂量模式之研究大多探討均勻粒徑之沉澱運移，對於混合粒徑者甚少討論。因此，本研究則採用混合粒徑進行輸砂量試驗並觀察試驗過程中泥砂運移現象，發現混合粒徑渠床對於不同水流作用會產生不同程度之分選或遮蔽效應。

本研究取 $\sigma = 1.5$ 當作均勻與混合粒徑之判斷標準，將本研究所從事 $\sigma = 2.54$ 之 25 組渠槽試驗數據，並配合目前國內外渠槽資料中 $\sigma > 1.5$ 之混合粒徑試驗 283 組資料，共 308 組混合粒徑試驗數據，重新迴歸分析討論，以推得一考慮單寬流量、坡度及粒徑分佈因子之臨界流量與沉澱運移模式：

$$\frac{q_c}{\sqrt{(\frac{\rho_s}{\rho} - 1)gD^3}} = 1.349 \cdot (S)^{-0.807} \cdot (D_g)^{-0.182} \cdot (\sigma)^{0.116}$$
$$\frac{q_s}{q - q_c} = 3.174 \cdot (S)^{2.134} \cdot (D_g)^{-0.248} \cdot (\frac{h}{D})^{0.513} \cdot (\sigma)^{1.335}$$

式中：

q_c =臨界流量 (cms/m) ; D_g =無因次沉澱粒徑參數 ; S =坡度 ;
 σ =泥砂粒徑分佈因子 ; q_s =推移質輸砂量 (cms/m) ; h =水深 (m) ;
 q =流量 (cms/m) ; D =泥砂粒徑 (m)

經與前人輸砂量模式進行驗證比較，可知本研究所推導出之輸砂量模式，無論在均勻或混合粒徑試驗資料上，較其他各家輸砂模式更吻合試驗數據，因此，利用本研究所推導之輸砂模式對均勻或混合粒徑均可以普遍提供良好之推估結果。

關鍵詞：混合粒徑、渠槽試驗、輸砂量。

Estimation of Mixed-Grain Sediment Discharge

Meng-Chyung Shieh^[1] Hung-Pin Huang^[2]

ABSTRACT Most experts have discussed the uniform-grain sediment transport models but few have analyzed the mixed-grain sediment transport models. Therefore, this study used mixed-grain as the material to carry out a sediment transport flume experiment and observe the motion of sediment in the process of the experiment. We could find mixed-grain in the channel-bed showed a different sorting or hiding phenomenon in the different flow discharges.

This study selected standard deviation $\sigma = 1.5$ to separate uniform-grain from mixed-grain. According to the 25 experimental data that is standard deviation

[1] 行政院農業委員會水土保持局建設組規劃設計科技士(通訊作者)
Associate Specialist, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Nantou 540, Taiwan, R. O. C. (Corresponding Author)
E-mail:mcshieh@mail.swcb.gov.tw

[2] 國立台灣大學生物環境系統工程學系教授兼水工試驗所特約研究員
Professor, Department of Bioenvironmental Systems Engineering and Hydrotech Research Institute, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, R. O. C.

$\sigma = 2.54$ of this study and 238 existing flume data that is standard deviation $\sigma > 1.5$ collected from home and abroad, we derived the models for critical discharge and sediment transport conducting unit effective flow discharge, slope and gradation coefficient by multiple regression analysis.

$$\frac{q_c}{\sqrt{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)gD^3}} = 1.349 \cdot (S)^{-0.807} \cdot (D_g)^{-0.182} \cdot (\sigma)^{0.116}$$

$$\frac{q_s}{q - q_c} = 3.174 \cdot (S)^{2.134} \cdot (D_g)^{-0.248} \cdot \left(\frac{h}{D}\right)^{0.513} \cdot (\sigma)^{1.335}$$

in which,

q_c = critical discharge (cms/m) ; S = slope, σ = gradation coefficient,

D_g = dimensionless grain parameter, q_s = sediment transport discharge (cms/m) ,

q = flow discharge (cms/m) , D = sediment grain (m), h = water depth (m)

After verification and comparison, the model of this study matched more closely with the experiment data of both uniform and mixed grain than the existing sediment transport models. Therefore, using the sediment transport model derived in this study could provide a reasonable result for estimating uniform or mixed grain sediment transport.

Key Words: mixed grain size, flume experiment, sediment discharge.

一、前言

台灣地理環境特殊、山高坡陡、河短流急，再加上颱風、豪雨頻繁等特徵，造成集水區上游常發生嚴重之沖蝕或崩塌，大量泥砂下移常造成災害。為減少泥砂所產生之災害，政府常在集水區內構築防砂壩、固床工、護岸等水土保持措施保護下游居民，而這些工程在設計之前都需要先瞭解上游坡面崩塌和河道輸砂量兩大泥砂來源。一般坡面泥砂估算已有許多專家學者和模式提出；而河道輸砂量之估算則較少有適合國內之地理特性者。

目前國內一般工程設計對於輸砂量估算多使用國外學者專家所推導之公式，但由於國外輸砂模式是以緩坡細顆粒之試驗範圍為主，除了在估算後常有低估現象外，對於陡坡粗顆粒之上游集水區河道輸砂現象是否合乎學理，亦有待研究。此外，國外學者專家大都採用均勻粒徑從事試驗，所推導出公式對於非均勻粒徑之天然河道當然無法準確推估。因此，本研究藉渠槽試驗嘗試推導適合台灣地理特性之混合粒徑輸砂量估算模式。

二、前人研究

過去對於河道或渠槽推移質沉澱運移估算模式之研究大多探討均勻粒徑沉澱運移估算模式，近年來，

開始有學者針對非均勻粒徑沉澱運移估算模式進行分析討論，茲就列舉和本研究較相關或常用之均勻粒徑輸砂量模式與非均勻粒徑輸砂量模式說明如下：

1. 均勻粒徑輸砂量模式

河道或渠槽之推移質沉澱運移估算模式甚多，但多數模式之試驗或適用條件多屬細顆粒沉澱或適用於緩流情況者，目前雖無法準確推估台灣上游河道之輸砂量，但其理論依據、模式型態及其在沉澱運移基本描述方式，仍具有相當價值。針對其推導之理論、背景及試驗範圍，本研究將其分為四類討論：

(1) 剪力型：

早期泥砂運移分析大部分受到 Du Boys 之影響，他認為渠床剪應力是發生沉澱之主要作用力，並依理論推導出以渠床剪應力形式表示之輸砂模式 (1879)。Meyer-Peter and Müller (1948) 同樣認為渠床剪應力是發生沉澱之主要作用力，並從事渠槽試驗探討水流剪應力對泥砂運移之影響，並推導得到此一輸砂模式，其模式在歐洲曾被廣泛應用。於 1984 年 Smart 認為 Meyer-Peter and Müller (1948) 之輸砂公式在坡度超過 0.03 時很明顯低估，於是從事坡度高達 20 % 之渠槽試驗，並配合 Meyer-Peter and Müller (1948) 部分試驗資料，重新迴歸