

固床工於河川棲地改善之數值研究

王傳益⁽¹⁾ 薄榮鋼⁽²⁾ 張耿偉⁽²⁾ 李昱廷⁽²⁾

摘要

過去河川治理規劃藉由各種橫向與縱向水工結構物來調整水流，目的在於防止縱、橫向侵蝕以穩定溪床與泥砂的輸送。隨著近年來對於河川生態保育意識的覺醒，吾人發現過去的工法忽略溪流生態的重要性，因此本文希望在工法上予以改善。欲創造出更適合溪流生物棲息之生活環境，必先將治理工法加以調整，使其對生態環境之破壞性降至最低。本研究利用 BOSS 公司之 SMS 模式(Surface Water Modeling System)，針對不同水力條件下之固床工型式與設置間距進行模擬，期能於考量安全與生態之條件下，提出固床工之最佳配置模式。

經研選模式以 RMA2(Resource Management Associates) 模擬流況，可獲致較精確之結果。藉由該模式分析結果顯示，鋸齒式固床工較傳統式固床工之消能與整流效果為佳。整體而言，於中高流量流況下，鋸齒式固床工間距為 4 倍河寬間距時，棲地流況歧異度最高，此結果與物理實驗結果一致。當固床工鋸齒間距為鋸齒寬度之 0.5 倍時，亦可獲致相似之結果。以上述模式配置固床工，較能營造多樣化的棲地環境，有利於水中生物之生存。

(關鍵字：SMS 模式、鋸齒式固床工、流況歧異度)

Numerical Simulation of the Improvement in River Habitat of Consolidation Work

Chuan-Yi Wang, Jung-Kang Po, Keng-Wei Chang, Yu-Ting Lee

Associate Professor, Master, Department of Hydraulic Engineering,
Feng Chia University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C

ABSTRACT

River regulation structures have been placed to prevent the lengthwise and transverse erosion, and to stabilize the river bed and the soil delivery in the past. However, limited attention was placed on the river habitats. The prevention works need to be revised to create an environment suitable for the organism, and to minimize the depredation on the environment. The objective of this study was to conduct simulations using SMS Model (Surface Water Modeling System) developed by the BOSS Company to search for the optimum arrangements of the consolidation works with consideration of both safety and ecological conditions.

It was found that relative accurate flow phenomena can be simulated using RMA2 (Resource Management Associates) model. The results of the simulations indicated that the saw-tooth

(1) 逢甲大學水利工程學系副教授

(2) 逢甲大學土木及水利工程研究所碩士

consolidation work was a better tool for energy dissipation and flow regulation than the conventional consolidation work. In general, highest flow diversity was observed for a saw-tooth consolidation work with an interval 4 times of the channel width, and which also coincides with those of physical experiment. Similar results were obtained when the saw interval of the consolidation work was half of the saw width. The above consolidation work arrangements can provide multiplicity of stream habitat, and form a better river habitat environment for aquatic creatures.

(**Keywords:** SMS Model, saw-tooth consolidation work, flow diversity.)

一、前言

隨著生態保育意識興起，水工結構物除在安全之考量下，亦須融入生態因子，以減低對棲地環境與物種生存動線的衝擊，並維持棲地生態的多樣性，達成水路域棲地廊道完整性之生態目標。水利工程師扮演人與大自然之間的協調角色，設計水工結構物時，需考量河川棲地環境之物種特性，營造較接近生物生存的棲地環境，以增進生物多樣化與豐富度。

近年來鑑於數值模式的發展及計算機處理能力大幅提昇，計算解已具相當精確度，工程界也常用來模擬流體行為，諸如橋墩淹塞、迴水、潰壩分析...等。由於 SMS 模式 (Surface Water Modeling System) 在建立模型上操作簡便，對於網格控制容易且能立即獲得模擬結果，因此本研究選用該模式，模擬渠道施設固床工時之流況變化，據以分析流場水位、福祿數、速度梯度等水力因子，以瞭解固床工與河川棲地間之關係。

二、模式介紹與理論分析

1. 模式介紹

SMS(Surface Water Modeling System) V6.0[6] 模組包含 TABS-MD (RMA2 , RMA4 , SED2D-WES) , HIVEL2D , FESWMS , ADCIRC , CGWAVE , STWAVE , WSPRO 等模式，具有前處理及後處理功能之地表水模式系統，本研究僅就水理模式部分進行探討。

TABS-2 係美國陸軍工兵團航道試驗所 (Department of the Army, Waterways Experiment Stations, Corps of Engineers) 於 1972 1984 年發展出來之二維變量流動床數值模式 (Open-Channel Flow and Sedimentation, 簡稱 TABS-2) 包含三個基本計算程式：二維明渠變量流模式 (RMA2) 、二維明渠變量流輸砂模式 SED2D-WES 及水質污染傳輸模式 RMA4。在此針對 TABS-2 模式系統之二維明渠變量流模式、FESWMS 與 HIVEL2D 模式做一介紹與說明。

(1) RMA2[8]

本模式原由 Resource Management Associates (簡稱 RMA) 之 W.R. Norton, I.P. King 及 G.T. Orlob 於 1973 年發展完成，後經 WES 改良並增加處理乾濕網格功能而納入 TABS-2 模式中。本模式據根據葛樂金 (Galerkin) 殘值權重理論的有限元素法及 Newton-Raphson 疊代法求解，根據水深平均理論線性方程式 (Navier-Stokes equations) 用來推求水深，其中摩擦力係以曼寧公式或蔡斯公式計算；紊流特性乃以渦流黏滯性係數 (eddy viscosity coefficient) 定義之。此方程式中可忽略柯氏力與風力的影響。邊界可以滑動 (slip) 或非滑動 (non-slip) 方式處理，邊界條件可為水位、流速或流量。

(2) FESWMS

FESWMS (1995) 由美國地質學調查中心 (U.S. Geological Survey) 發展，為一水平二維水深平均之地表水數值模式，FESWMS

由輸入資料說明模組 (DIN2DH)、水深平均水流模組 (FLO2DH) 及輸出分析模組 (ANO2DH) 所組成, 用以模擬渠道中定量或變量流況分析。

(3) HIVEL2D[7]

HIVEL2D 為二維水深平均高流速的穩態水理模式, 適用在超臨界流及亞臨界流, 本模式由美國陸軍工兵團航道試驗所發展, 採有限元素法來描述二維淺水守恆方程式, 並提供流場中因水躍所產生衝擊的傳流項穩定的數值解。在高流速水流的渠道中, 科氏力及風力影響可忽略不計。

明渠二維數值模式, 依據其物理基礎和所採用的數值計算技術, 分別適用在不同的範圍及提供不同的精度, 為達有效的數值模擬, 首先應針對模式之限制及適用範圍加以研選, 以求得一正確的數值模擬; 本研究由 RMA2、HIVEL2D 及 FESWMS, 三種模式中研選一適合實驗模型流況之模式, 用以模擬分析, 以得較詳實之模擬資料。

2.理論分析

(1)流況歧異度指標

生物的系統中, 存在著不同的或不相似的特性個體, 謂之歧異的個體, 其歧異的程度稱之為歧異度。以自然渠道而言, 流況受渠床坡度、底質條件、上游流量...等影響,

造成多樣化的棲地環境, 可將水流型態歸類為深潭(pool)、緩流(slow water)、淺瀨(riffles)、急流(rapids)、岸邊緩流(slack)、迴流(backwater)等六種流況。上述六種水流型態, 可利用流速(V)與水深(h)之比值, 也就是福祿數(Froude Number) $F_r = V/\sqrt{gh}$ 來表示; 由於岸邊緩流係因水流與岸間摩擦阻力而形成, 迴流則於溪流內橫向構造物下方常形成, 此二者常態下均存在, 不易以 F_r 及相關參數表徵, 故不加以探討。依林 (2002)[4] 的定義, 可將棲地流況分類如表 2-1。本文以辛普森多樣性指標(Simpson's diversity index) 作為固床工流況歧異度分析依據。

$$D' = 1 - \lambda$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^{S'} P_i^2 = \sum_{i=1}^{S'} (n_i / N)^2 \quad (1)$$

式中 D' = 歧異度

λ = 優勢度指數

P_i = 第 i 種流況所佔的比例

n_i = 第 i 種流況之個體數

N = 總流況數

S' = 流況數

表 2-1. 棲地流況分類表

Table 2-1. Classification of habitat flows.

型態	Fr	其他限制	型態	Fr	其他限制
淺瀨 (Riffles)	$0.255 < Fr < 1$	$b/h > 15$	深潭 (Pools)	$Fr < 0.095$	水面坡度 0 $b/h < 15$
緩流 (Slow run)	$0.095 < Fr < 0.255$	$15 < b/h < 30$	急流 (Rapids)	$Fr > 1$	不受限制

b/h : 寬深比

λ 可視為一種優勢度指數 (dominance index)，強調優勢集中程度，其值介於 0 至 1 之間。溪流棲地歧異度越大，即棲地越多樣化，能提供更多種魚類，共同活動與分享食物與空間資源(Gorman and Karr,1978)，較能滿足魚類完成不同生活期的生態需求，提供所有魚類作為躲避洪水時期的庇護場所。

(2) 模式控制方程式

RMA2 控制方程式包含連續方程式及動量方程式：

連續方程式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

x - 方向動量方程

y - 方向動量方程

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(\varepsilon_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \varepsilon_{yy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial z_b}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gvm^2}{(C_0 h^{1/6})^2} + (u^2 + v^2)^{1/2} - \xi V_a^2 \cos \psi + 2hv\omega \sin \phi = 0 \quad (3)$$

$$h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(\varepsilon_{xx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \varepsilon_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial z_b}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{gvm^2}{(C_0 h^{1/6})^2} + (u^2 + v^2)^{1/2} - \xi V_a^2 \sin \psi + 2hu\omega \sin \phi = 0 \quad (4)$$

式中， h ：水深

u, v ：卡氏座標 x, y 方向之流速分量

x, y ：卡氏座標

xx ：在 x 軸平面的垂直方向

yy ：在 y 軸平面的垂直方向

xy, yx ：在不同平面的剪力方向

t ：時間

ρ ：流體（水）密度

ε ：渦流黏滯性係數(亂流交換係數)

g ：重力加速度

n ：曼寧 (Manning) n 值

ζ ：風剪力係數 (經驗值)

V_a ：風速

z_b ：底床高程

ψ ：風向

ω ：地球之角轉動速率

ϕ ：當地緯度

C_0 ：係數，公制為 1.0；英制為 1.486

本模式依據殘值權重法中 (Weighted Residuals Approach) 之葛樂金法 (Galerkin method) 求解，建立有限元素模式，採用四邊形八節點元素，以二次形狀函數 (Shape function) 表示速度分量；以線性形狀函數表示水深，化簡控制方程式 (2) 至 (4) 式，對空間之非線性項以牛頓 - 拉福森 (Newton-Raphson) 法處理，時間積分使用完全隱性法。

在控制方程式中，渦流黏滯性項 (eddy viscosity terms) 主要在描述黏滯性 (eddy viscosity) 及雷諾數 (Reynold's number) 應力項中紊流效應。

$$\varepsilon_{xx} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\partial u'v'}{\partial x} \quad (5)$$

式中， μ ：紊流動力黏滯度 (係數)

$u'v'$ ：擾動分量之乘積

三、模式檢定與結果分析

本文乃利用數值模式，模擬固床工之流況變化，並與張(2003)[4]之實驗資料比對，以研選出較適合固床工流況模擬之模式，再針對固床工之不同流量及間距條件，進行流況模擬，並藉由歧異度指標預測最適切之固床工配置模式，圖 3-1 為本文分析流程。

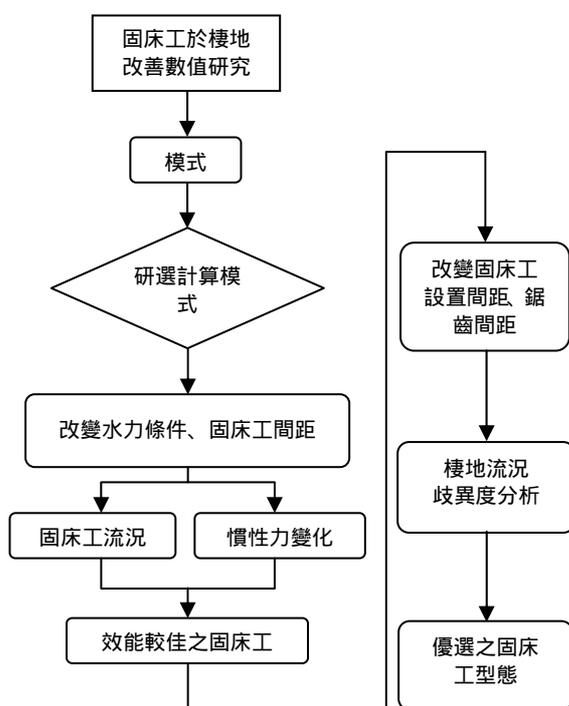


圖 3-1. 分析流程圖

Fig.3-1. Flow charts of analysis procedure.

為瞭解固床工上下游及兩固床工間之水理狀況，因此選定 A、B、C 三處分析斷面位置。斷面 A 為固床工下游 1.25 m 處橫斷面，斷面 B 為固床工間距之中間橫斷面，斷面 C 為下游固床工前 1.25 m 處橫斷面，本文以 Z-A，Z-B，Z-C 分別表之。

1. 模式檢定

根據林 (2002) [2]所提 HVEL2D 必須用以模擬超臨界流 (supercritical flow)，而本研究之模擬渠道，水體流經固床工頂部時，可能發生超臨界流況，而至 Z-B 多為亞臨界流卻適用於 RMA2，因此藉模式檢定研選一適合本研究之數值模式。

渠床及固床工網格設置，共採用八節點之二次元素 858 組及三角元素 805 組，總節點數為 4330 點。因固床工高程變化大，局部網格設置採三角元素為主。

(1)實驗室渠槽試驗條件

渠槽實驗配置如圖 3-2，水流由蓄水槽經抽水馬達抽至定水頭裝置，通過流量控制閥而至蜂巢式整流器，避免水流入渠槽中因擾動不均勻形成誤差，水體經整流消能後，以定量清水流流入渠槽試驗段。渠槽兩側邊壁為光滑玻璃及平滑的木板，且其寬深比大於 10.0，可視為二維流況，則二次流對水流的影響忽略不計，圖 3-3 為固床工配置間距示意圖。

原尺寸順直渠道全長 410 cm，寬 30 cm，高 30 cm，渠坡 $S=0.1745\%$ ，渠道中分別設置傳統式固床工與鋸齒式固床工，其型式尺寸如圖 3-4 所示，渠道自下游而向上，間距以 120 cm 等間距排列，流量為 0.0036 cms ，曼寧 n 值 $0.035 (s/m^{1/3})$ 。模式檢定條件如表 3-1 所示。

(2)模式模擬條件

模式依據相似定律放大 25 倍，以卡氏座標點匯入，匯入之模擬尺寸為：渠道全長 102.5 m ，寬 7.5 m ，渠坡 $S=0.1745\%$ ，渠道中設置固床工，渠道自下游而上間距以 30.0 m 等間距排列，流量為 11.25 cms ，數值參數分別為 $x=1.25\text{ m}$ ， $y=2.5\text{ m}$ 進行模擬。

(3)檢定結果

應用 RMA2 及 HVEL2D 模式分別模擬水深、流速及福祿數結果示如表 3-2；RMA2 與實驗值斷面 B 之誤差均在 4% 內，且流況均屬亞臨界流，故本研究採 RMA2 模式，模擬固床工對棲地流況之影響。

- (1)定水頭水箱
- (2)進水管路
- (3)蜂巢式整流器
- (4)固床工模型
- (5)蓄水槽
- (6)抽水馬達

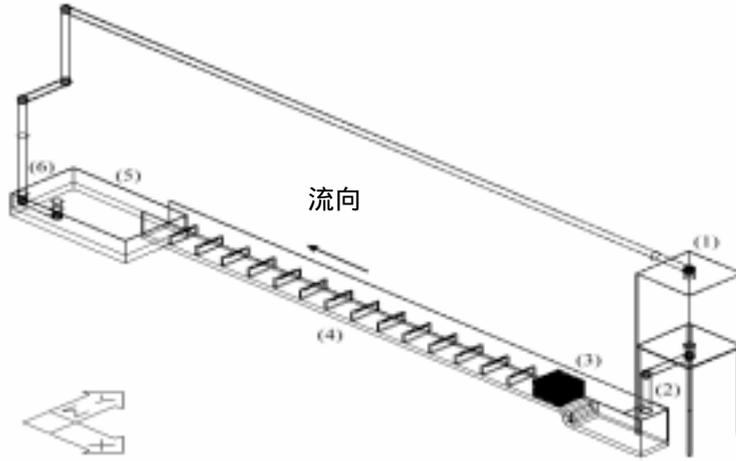


圖 3-2. 實驗配置圖

Fig3-2. Experiment model arrangement.

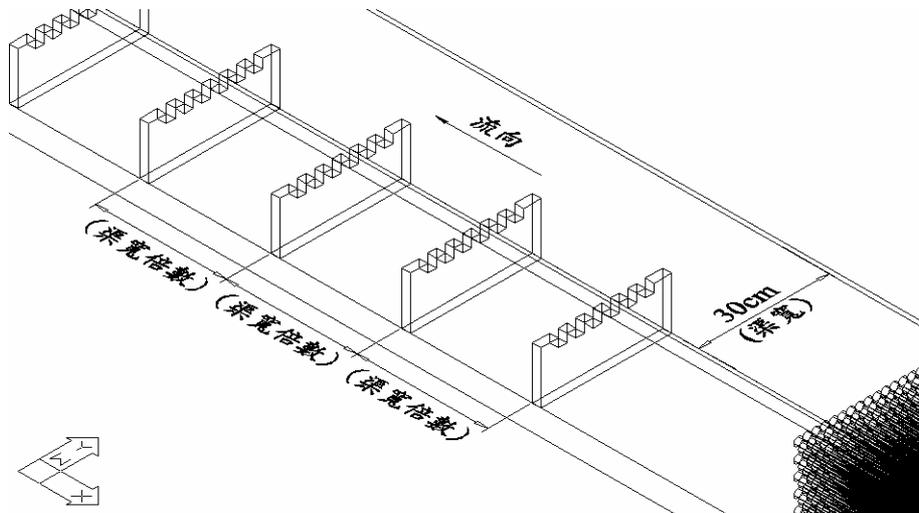
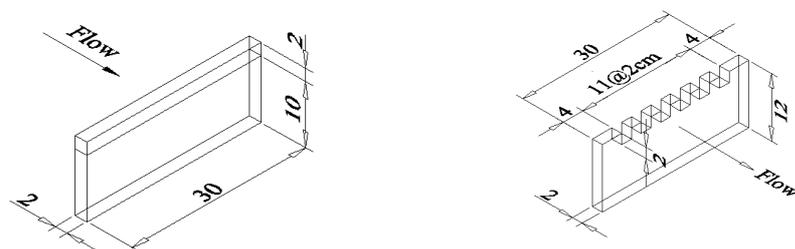


圖 3-3. 固床工配置示意圖

Fig3-3. consolidation works arrangement.



(a) 傳統式固床工模型示意圖(單位 : cm) (b) 鋸齒式固床工模型示意圖(單位 : cm)
 (a) conventional consolidation work (b) saw-tooth consolidation work

圖 3-4. 傳統式與鋸齒式固床工示意圖 (單位 : cm)

Fig3-4. Model of consolidation work. (unit : cm)

表 3-1. 模式檢定條件

Table 3-1. Conditions of model calibration.

渠道試驗條件					
固床工	Q (cms)	Manning n ($s/m^{1/3}$)	S (%)	Z (模擬斷面)	D (河寬倍數)
	0.0036	0.035	0.1745	A、B、C	4

表 3-2. 模式模擬誤差

Table 3-2. Simulation error of model.

類別	水深(%)		流速(%)		福祿數(%)	
RMA2	-2.18	1.67	2.81	2.86	1.41	3.62
HIVEL2D	2.66	4.23	51.57	54.32	52.38	54.92

2. 結果分析

鋸齒式固床工因形狀變化較傳統式固床工複雜，水流通過時受到擾動較大，流速、水深之變化亦隨鋸齒形狀而改變，圖 3-5a 至 3-5b 為模式計算之結果，圖中顯示通過鋸齒式固床工之流線較不規則流況變化較大，反之傳統式固床工流線較單調。

3. 固床工之消能效果

流速為河床沖淤變化之主要因子，低流速對底床泥砂的運移能力較小，因此動床變化並不顯著，固床工藉由階梯式排列而削減能量，達到穩定河床的功能。鋸齒式固床工在 $Q = 11.25 \text{ cms}$ 時，其流速介於 0.7454

$0.8790(m/s)$ ，福祿數介於 $0.1775 \sim 0.2211$ ，皆小於傳統式固床工，以消能的觀點可推論鋸齒式固床工之效果較傳統式固床工為佳。

4. 固床工之流心控制

渠道流況受渠底形狀等諸多因子影響而改變，造就多樣化之棲地型態供水中生物棲息、覓食所需，圖 3-6a 至圖 3-7d 係探討不同流量(Q)與配置間距(D)條件下，傳統式與鋸齒式固床工之福祿數變化率，圖 3-8a 至圖 3-8d 顯示在鋸齒式固床工上下游(斷面 A、C)，其左右岸邊壁附近福祿數明顯遞減，亦即渠道兩旁所受之慣性力影響減小，研判對於岸坡之沖刷力減低，因此鋸齒式固床工較

傳統式固床工之流心控制為佳，有較佳的保護作用。

由圖 3-6a 至圖 3-6d 可知低流量 ($Q_1=3.75\text{cms}$) 時，福祿數變化率約為-11.5

4.7%，高於高流量 ($Q_3=11.25\text{cms}$) 時福祿數變化率 (-6.7 3.6%)，顯示鋸齒式固床工在低流量狀況下，更能有效地將流心控制在渠道中央。

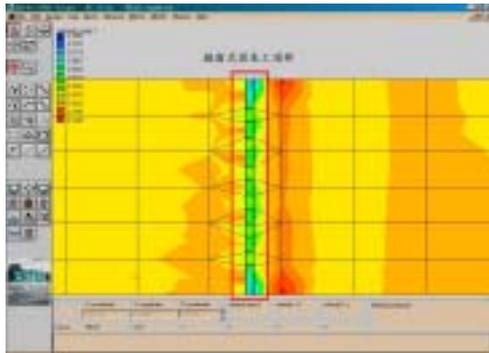


圖 3-5a. 鋸齒式固床工頂部流速分布

Fig3-5a. Velocity distributions at the top of saw-tooth consolidation work.

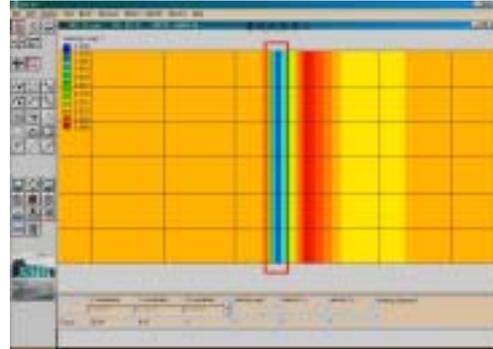


圖 3-5b. 傳統式固床工頂部流速分布

Fig3-5b. Velocity distributions at the top of conventional consolidation work.

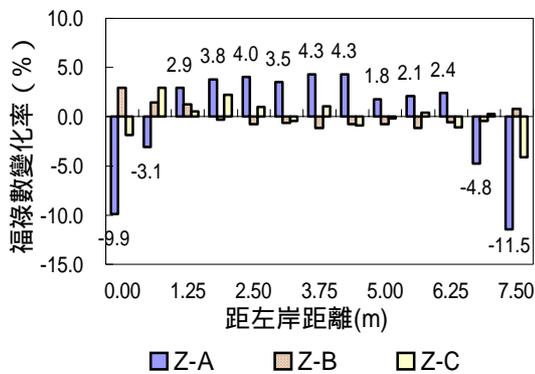


圖 3-6a 鋸齒式固床工福祿數變化率 (Q_1D_1)

Fig3-6a. Froude number variances with different cross sections of saw-tooth consolidation work. (Q_1D_1)

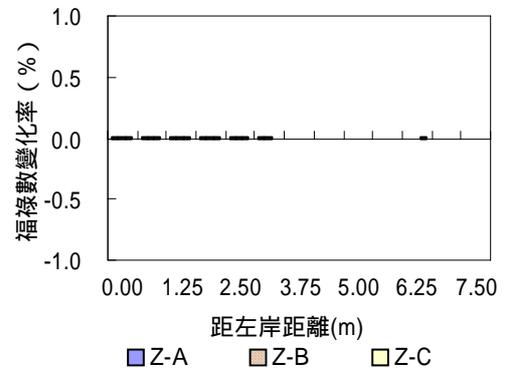


圖 3-7a 傳統式固床工福祿數變化率 (Q_1D_1)

Fig3-7a. Froude number variances with different cross sections of conventional consolidation work. (Q_1D_1)

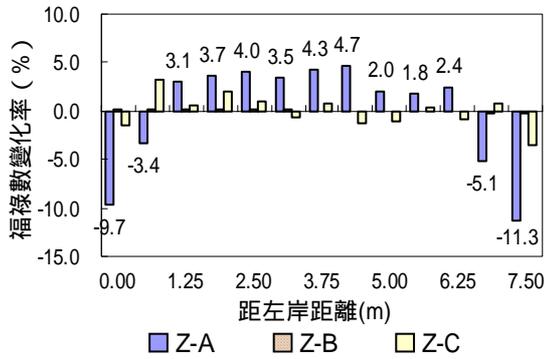


圖 3-6b. 鋸齒式固床工福祿數變化率 (Q1D3)
Fig3-6b. Froude number variances with different cross sections of saw-tooth consolidation work. (Q1D3)

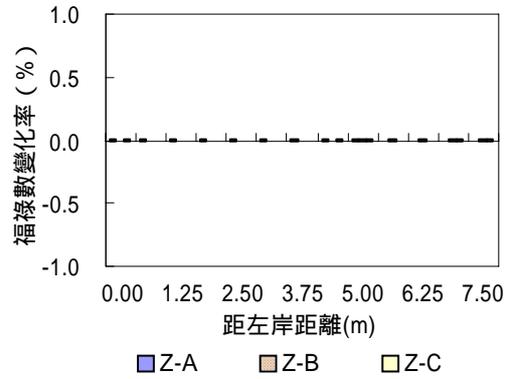


圖 3-7b. 傳統式固床工福祿數變化率 (Q1D3)
Fig3-7b. Froude number variances with different cross sections of conventional consolidation work. (Q1D3)

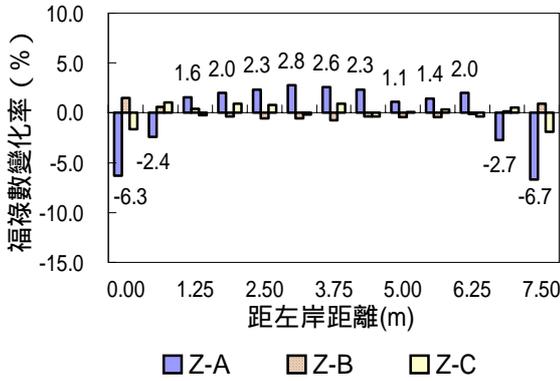


圖 3-6c. 鋸齒式固床工福祿數變化率 (Q3D1)
Fig3-6c. Froude number variances with different cross sections of saw-tooth consolidation work. (Q3D1)

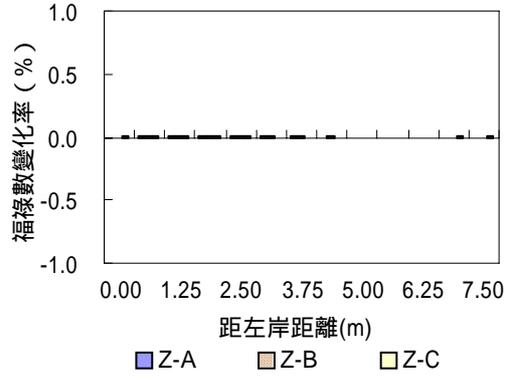


圖 3-7c. 傳統式固床工福祿數變化率 (Q3D1)
Fig3-7c. Froude number variances with different cross sections of conventional consolidation work. (Q3D1)

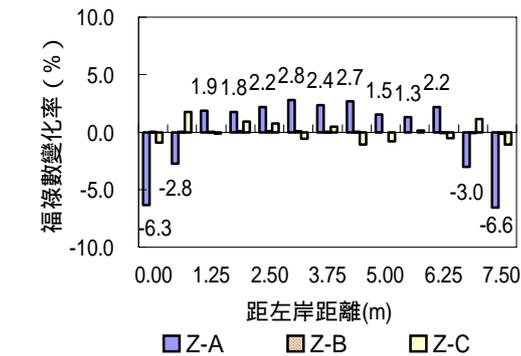


圖 3-6d. 鋸齒式固床工福祿數變化率 (Q3D3)
Fig3-6d. Froude number variances with different cross sections of saw-tooth consolidation work. (Q3D3)

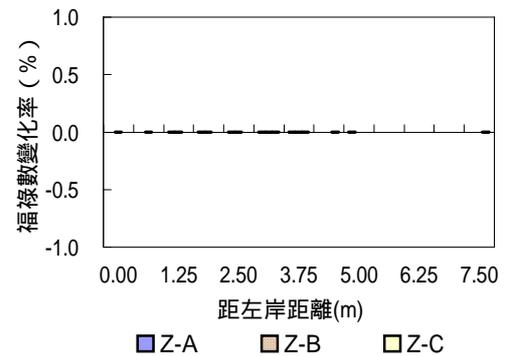


圖 3-7d. 傳統式固床工福祿數變化率 (Q3D3)
Fig3-7d. Froude number variances with different cross sections of conventional consolidation work. (Q3D3)

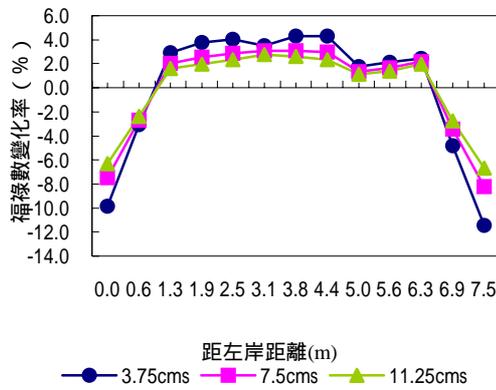


圖 3-8a. 鋸齒式固床工福祿數變化率 (D1Z-A)
Fig3-8a. Froude number variances with different cross sections of saw-tooth consolidation work. (D1Z-A)

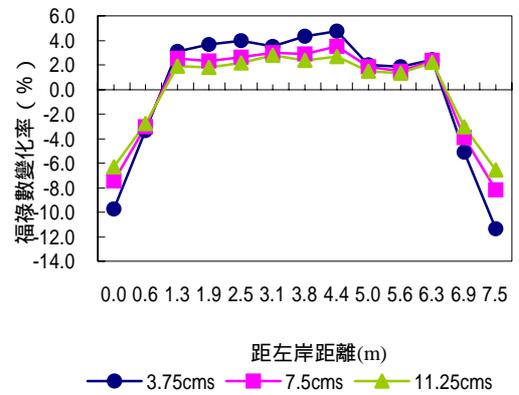


圖 3-8b. 鋸齒式固床工福祿數變化率 (D3Z-A)
Fig3-8b. Froude number variances with different cross sections of saw-tooth consolidation work. (D3Z-A)

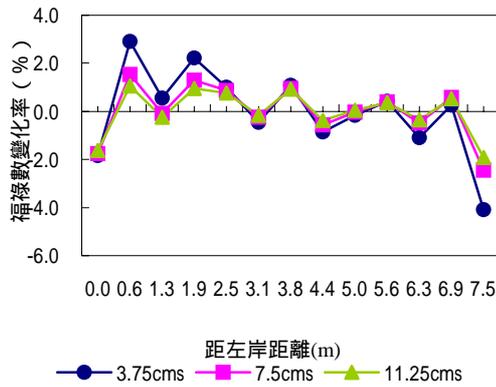


圖 3-8c. 鋸齒式固床工福祿數變化率 (D1Z-C)
Fig3-8c. Froude number variances with different cross sections of saw-tooth consolidation work. (D1Z-C)

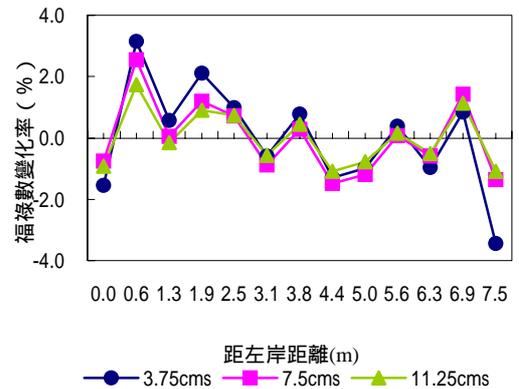


圖 3-8d. 鋸齒式固床工福祿數變化率 (D3Z-C)
Fig3-8d. Froude number variances with different cross sections of saw-tooth consolidation work. (D3Z-C)

5. 棲地流況歧異度

由物理棲地環境指標，探討固床工於設置間距、鋸齒間距與水力條件改變時，所產生之棲地多樣性。若均勻度愈小則歧異度愈大，表示棲地環境較為多樣性，適合水生物種生存；反之，則棲地組合單調，對原生物種可能造成影響。本研究採用辛普森法進行棲地流況歧異度之分析。

選取範圍自上游起算.75m~71.25m 間之距離，涵蓋固床工1倍渠寬間距者7座，2倍渠寬間距者3座，3倍渠寬間距者2座，4倍渠寬間距者1座，渠寬方向每1.25m 擷取1點共7點，順流方向每2.5m 擷取1點共24點，合計168個測點。

當坡度較陡 ($S_2=3.49\%$) 時，未設置固床工 (即0倍渠寬間距) 之流況歧異度與2至4倍固床工設置間距相當，惟在考量控制流心與消能效果下設置固床工有其必要性，當中

高流量 ($Q \geq 7.5\text{cms}$) 流況，以固床工配置間距為2至4倍渠寬之歧異度較高，較可營造豐富之棲地型態，詳如圖3-10b所示。在相同流況條件下，2倍間距以上之流況歧異度變化幅度不大，幾至水平，由工程經濟觀點考量設置4倍間距鋸齒式固床工，可獲致較高之流況歧異度，營造有利於生物之棲地環境。上述數值模擬結果與張 (2003) [4]之水工實驗結果驗證相符，本研究進一步分析鋸齒間距與流況歧異度之關係。

由圖3-10a中可知緩坡 ($S_1=0.1745\%$) 時，僅3倍河寬間距固床工之流況歧異度變化較為顯著，在不同流量條件下緩坡創造多樣化棲地型態之效果不明顯，但藉由改變固床工頂部之鋸齒間距 (圖3-9) 縮小為 $0.25r$ (r 為鋸齒寬) 及 $0.5r$ 時，較固床工設置間距在1倍之流況歧異度大幅提昇，如圖3-11a至3-12a所示。整體而言，當固床工設置間距為4倍時，鋸齒間距為鋸齒寬之 0.5 倍之流況歧異度為最高。

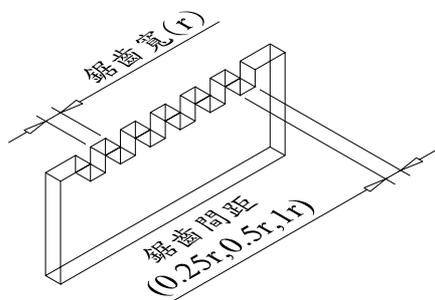


圖3-9. 固床工鋸齒間距示意圖

Fig3-9. The saw-tooth interval of the consolidation work.

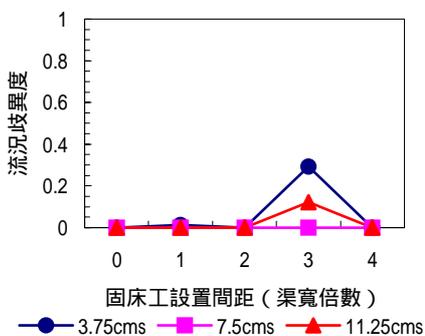


圖3-10a 流況歧異度與固床工配置關係圖(鋸齒式 1r S1)
Fig3-10a. Relationship between arranged interval and diversity of flow. (saw-tooth 1r S1)

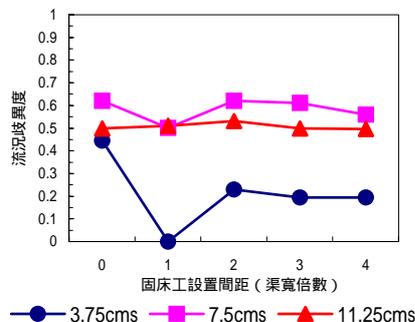


圖3-10b 流況歧異度與固床工配置關係圖(鋸齒式 1r S2)
Fig3-10b. Relationship between arranged interval and diversity of flow. (saw-tooth 1r S2)

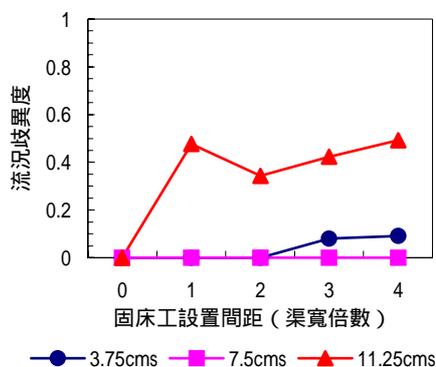


圖 3-11a. 流況歧異度與固床工配置關係圖
(鋸齒式 0.5r S1)

Fig3-11a. Relationship between arranged interval and diversity of flow. (saw-tooth 0.5r S1)

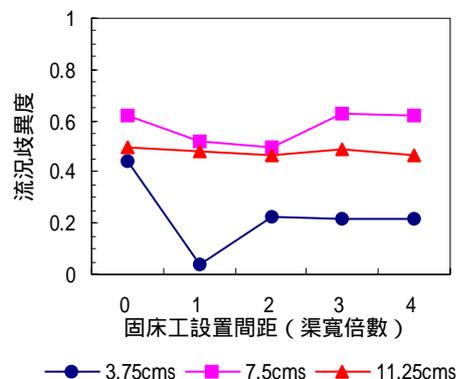


圖 3-11b. 流況歧異度與固床工配置關係圖
(鋸齒式 0.5r S2)

Fig3-11b. Relationship between arranged interval and diversity of flow. (saw-tooth 0.5r S2)

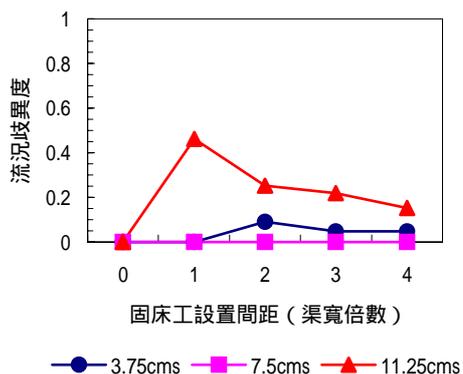


圖 3-12a. 流況歧異度與固床工配置關係圖
(鋸齒式 0.25r S1)

Fig3-12a. Relationship between arranged interval and diversity of flow. (saw-tooth 0.25r S1)

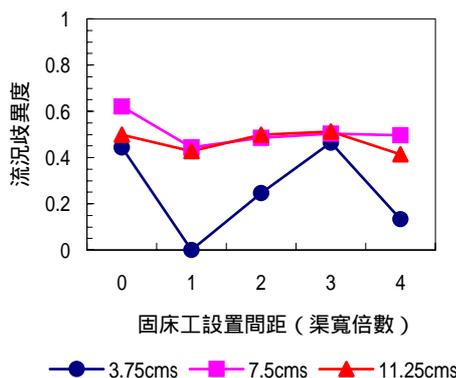


圖 3-12b. 流況歧異度與固床工配置關係圖
(鋸齒式 0.25r S2)

Fig3-12b. Relationship between arranged interval and diversity of flow. (saw-tooth 0.25r S2)

四、結論與建議

本研究利用 SMS(Surface Water Modeling System)數值模式，針不同之水力條件下之固床工型式與配置間距進行模擬，提出兼顧安全與生態多樣性功能的固床工及設置間距。綜合本文研究，獲致以下結論並提出相關建議。

1. 結論

- (1) 固床工頂部雖產生超臨界流，但其上下游各斷面多為亞臨界流況，經分析結果，採 RMA2 模式進行流況模擬，可獲致較精確之結果。
- (2) 鋸齒式固床工下游斷面之流速均小於傳統式固床工，以消能效果而言，鋸齒式固床工優於傳統式固床工。
- (3) 鋸齒式固床工設置處上下游，控制流心效果較傳統式固床工為佳。

- (4) 較陡坡度且於中高流量流況下, 鋸齒式固床工以 4 倍河寬間距之流況歧異度較高, 較易營造多樣化之棲地環境, 有利於水中生物之生存, 此一結果與張 (2003) [4]之水工實驗結果一致。
- (5) 藉由改變固床工頂部之鋸齒間距為鋸齒寬之 0.5 及 0.25 倍時, 配合固床工設置間距在 1 倍時之高流況, 流況歧異度可獲得大幅提昇。
- (6) 整體而言, 當固床工設置間距為 4 倍時, 鋸齒間距為鋸齒寬之 0.5 倍之流況歧異度為最高。

2. 建議

- (1) 網格設計的疏密, 關係著模式的精確度, 但鑑於野外測量作業之方便性考量, 建立一符合生態流況演算的尺度, 有賴於後續研究者更深入的探討。
- (2) 鋸齒式固床工的形式尺寸可視流況來調整, 方可創造出真正適切的棲地型態, 冀望接續之研究者能針對固床工之鋸齒尺寸作探討。
- (3) 計算機處理能力與日漸增, 惟水理模式仍以二維運算為主, 對模擬實際流況而言尚有差距, 因此研發三維模擬模式亦為一研究重點。

誌謝

本文承蒙 行政院國家科學委員會 (NSC92-2211-E-035-030)的補助, 方得以完成本研究, 謹此致謝。

參考文獻

1. 生態工法技術手冊 (2000) 經濟部水資源局。
2. 林佳蓉(2002) “明渠二維水理模式之應用評估研究” 國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
3. 林秉賢 (2002) “橫向堆石群對溪流生態棲地流況之影響” 逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文。
4. 張耿偉 (2003) “固床工型態對河川棲地影響之研究” 逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文。
5. 薄榮鋼 (2003) “固床工對棲地流況影響之數值研究” 逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文。
6. Copyright(1998) "SMS6.0 Tutorials" Brigham Young University - Environmental Modeling Research Laboratory.
7. Copyright (1997) "HIVEL2D v2.0 Users Manual", Waterways Experiment Station.
8. Copyright (2000) "Users Guide To RMA2 WES Version 4.5", Us Army, Engineer Research and Development Center Waterways Experiment Station Coastal and Hydraulics Laboratory.

93 年 02 月 08 日 收稿

93 年 03 月 13 日 修改

93 年 03 月 18 日 接受

王傳益、薄榮鋼、張耿偉、李昱廷：固床工於河川棲地改善之數值研究