

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫：水庫洩洪劇烈沖刷河床對洪水位影響計算模式之研 發 (1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2625-Z-009-004-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學土木工程學系

計畫主持人：葉克家

計畫參與人員：林恩添，陳仕哲

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

水庫洩洪劇烈沖刷河床對洪水位影響計算模式之研發(一)

計畫編號：NSC 92-2625-Z-009-004

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

總計畫主持人：蔡長泰

子計畫主持人：葉克家

計畫參與人員：林恩添、陳仕哲

一、摘要

天然河道常為主深水槽及其相鄰之洪水平原所構成之複式河槽在洪水時期，兩側高灘地遭淹沒，水流之流況相當複雜，如同時考量河床之變動，則流況將更形複雜。台灣河川斷面亦多屬複式斷面，如何讓水庫洩洪所造成河床劇烈沖淤下之洪水安全通過所設計之流路，以確保沿岸居民生命財產於無虞，實屬刻不容緩之研究課題。

本計畫分三年進行，其最終目的為有效評估主槽沖刷、高灘地淤積量及考量底床變動情形下之洪水位與定床時之差異。第一年(本年度)為EFA模式之建置、擴充與測試，係以實驗室流場案例檢驗模擬結果精度，並完成水庫洩洪對單槽砂質河床沖刷計算模式之研發。

關鍵詞：複式斷面、洪水位壅高、EFA模式

Abstract

The cross section of a natural river is usually composed of a deep main channel and adjacent shallow floodplains. During flood season, the floodplains would be inundated. The flow condition in the compound channel is very complex, especially under the consideration of sediment transport on the mobile bed. In Taiwan, rivers are composed of compound section. The assurance of the reservoir emitted flood can safely pass through the designed channel to keep the property and safety of residents is a study topic demanding.

The study is proceeding in three years, and the final goal is to effectively evaluate the compound-channel scouring and deposition and the flood stage variation by taking sediment transport into account. In the first year, the EFA model will be setup, and expanded; through the laboratory data the accuracy of simulation results will be checked, and the degradation of the main channel by the flood released from the reservoir will also be studied.

Keywords: compound channel, flood stage block-up, EFA model

二、緣由與目的

豪雨洪水雖可能氾濫淹水成災，但也帶來寶貴之水資源，可儲蓄利用。故總計畫之目標為建立河系多水庫洩洪操作之相關計算模式及展示系統，構成水庫洩洪防淹決策支援系統，以減免豪雨期間水庫洩洪及河系洪水對中下游洪氾淹水之損失，進而儲蓄洪水以供利用。

天然河道常為主深水槽及其相鄰之洪水平原所構成之複式河槽，水流之流況相當複雜，尤其本省河川之中下游河道多屬複式斷面，平時中低水時期僅於主深水槽中有水流動，但是在洪水時期，兩側高灘地亦遭淹沒。Knight等(1983、1987)、Wormleaton及Merrett(1990)指出當洪水平原之水深較低時，主深水槽及洪水平原兩者間極大之流速差異將使得主深水槽與洪水平原之交界面產生較強之剪力層以及明顯之動量交換。洪水平原除可提供水流蓄存之空間外，亦可作為其流動之通道。

複式斷面之水理乃屬三維之複雜流場，就簡化之二維數值演算而言，洪水漲

退過程中，水位將通過主深水槽與高灘地之交界，此牽涉乾濕點計算之技巧與可能發生數值不穩定現象。如進一步考慮泥砂輸運及河床變遷行為，則將使問題更形複雜。本研究欲探討主深水槽及洪水平原間流量及輸砂量交換機制，及其對床形與洪水水位之影響，因此須研發水平二維動床模式。計畫主持人在交大研發之二維顯式有限解析法模式，在定床水理方面已有頗成熟之成果(Hsu et al., 2000)，在動床方面亦持續改良中(葉與沈, 2000)。上述之二維數模並未對複式斷面河道在主深水槽與高灘地交界處特殊之水理及輸砂行為有所考量，因此在實際應用上有其限制。為正確合理地模擬實際河川中之流況及沖淤趨勢，發展一具有模擬複式斷面河床能力之二維數值模式以為探討此問題之工具亦屬必須。

洪水對於砂質河床常有劇烈之沖淤作用，特別是對主槽之沖刷常頗劇烈。因主槽與兩側高灘地流速差異大，主槽沖刷之泥砂易淤積於高灘地，因而抬高洪水水位，增加溢流氾濫的潛勢，在河道之出口也易堵塞排水系統。因此必需演算洩洪水流可能增加的主槽沖刷及高灘地淤積的程度，以評估對洪水位的影響。據此，本研究將於第一年度先探討洪水對單一河槽砂質河床沖淤之機制，以便後續掌握複式斷面劇烈淤積對洪水位壅高之影響。

三、研究方法

本研究採用顯式有限解析法(EFA)進行控制方程式之離散化。在移流項所控制之淺水波流場，EFA 法有其推導容易及精度良好之優點，且此法在計算流力方面之應用已證明成果相當不錯。本研究將所發展之模式曾應用至多種定床流場之模擬，並引用試驗資料來加以驗證，模擬結果頗令人滿意。

本研究以有限解析法模式為基礎，以無黏性沉滓為對象，將懸浮載與河床載分開計算並考慮其間交互作用之機制，以及非均勻沉滓河床之篩分與護甲機制。先探討洪水對砂質河床主槽之沖刷機制，繼而將模式擴充至洪水對砂質高灘地之淤積機

制，使其兼具洪水對砂質河床主槽沖刷與高灘地淤積之計算能力，最後則將探討複式斷面河道劇烈淤積對洪水位壅高之影響，各階段建置完成，皆將以實驗資料進行率定驗證，定應用於曾文溪曾文水庫洩洪之研究。

四、控制方程式之推導與擴充

動床含砂水流之控制方程式可分為兩部分，即水流與輸砂兩部分，其各自水深方向平均後之二維方程式，為便於表示起見，寫在卡氏座標上之形式為：

水流方程式：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + p_r \frac{\partial Z_b}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial(h + Z_b)}{\partial x} \quad (2)$$

$$-\frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial(\tau_{xx}h)}{\partial x} + \frac{\partial(\tau_{xy}h)}{\partial y} \right]$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial(h + Z_b)}{\partial y} \quad (3)$$

$$-\frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial(\tau_{xy}h)}{\partial x} + \frac{\partial(\tau_{yy}h)}{\partial y} \right]$$

輸砂方程式：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = -\frac{1}{\rho h} \frac{\partial(Q_1 h)}{\partial x} \quad (4)$$

$$-\frac{1}{\rho h} \frac{\partial(Q_2 h)}{\partial y} + \frac{S}{\rho h}$$

$$\rho_s(1-p_r) \frac{\partial(\beta E_m)}{\partial t} + \frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + S - S_f = 0 \quad (5)$$

$$\rho_s(1-p_r) \frac{\partial Z_b}{\partial t} + \sum_{i=1}^k \left[\frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} + S \right]_k = 0 \quad (6)$$

上述諸式中， h =水深； $u, v=x$ 及 y 方向水深平均之流速； p_r =河床交換層內之孔隙率； Z_b =河床高程； g =重力加速度； $\tau_{bx}, \tau_{by}=x$ 及 y 方向之底床剪應力； ρ, ρ_s =水及沈滓之密度； c =水深平均之懸浮質濃度； S =沈滓交換速率； β =某一顆粒之組成百分比； E_m =交換層厚度； $q_{bx}, q_{by}=x$ 及 y 之河床載通量； S_f =交換層底部之源項； k =代表不粒徑之數目； τ_{xy} =水深平均有效剪應力(effective stress)之分量，可表為

$$\tau_{xy} = \frac{1}{h} \int_{Z_b}^{Z_b+h} \rho \bar{u}' \bar{v}' dz \quad (7)$$

上式中， $-\rho \bar{u}'\bar{v}'$ 為雷諾剪應力。另 Q_1 及 Q_2 為

$$Q_i = q_i + \frac{1}{h} \int_{z_b}^{z_b+h} \rho(\tilde{c} - c)(\tilde{u}_i - u_i) dz \quad i=1,2 \quad (8)$$

上式中， q_i = i 方向某一粒徑懸浮質之擴散通量； \tilde{c} = 懸浮質濃度； \tilde{u}_i = i 方向之流速。

五、數值方法

本模式採用顯式有限解析(explicit finite analytic)法求解水流動量方程式。該法係由 Dai(1994)提出用於求解 Navier-Stokes 方程式，而本研究將其應用在具自由水面之二維渠流上。其原理為將動量方程式之移流項保留在等式左邊，而擴散項及源項移至等式右邊，並視為已知；然後藉助特徵曲線法之觀念，決定擾動波傳播之方向，而據以推得待求格點上於該時刻之未知變量 (u 及 v) 與其周圍相關格點前一時刻已知變量之關係式。其後藉助連續方程式，求解水深 (h)，並來回疊代，直至收斂為止。根據 Dai(1994)之分析，本方法在空間上為二階精確，而時間上為一階精確。由於係顯式法，故時間增量 (Δt) 由 Courant Condition 來決定。

在輸砂方程式之數值求解方面，先將 (4) 式以特徵曲線法予以離散化，然後與經有限差分法離散化之 (5) 及 (6) 式同時求解。由於係非線性代數式，經線性化後，利用 Newton-Raphson 法疊代求得變數之增量 Z_b ， c_i ， β_i ， $i=1,2,\dots,k$ 。

六、動床模式率定案例

模擬案例係採自 Suryanarayana (1969) 之水槽動床實驗，經考量後，研採均質粒徑淤積案例 run21、均質粒徑沖刷案例 run24。以下茲就模式演算設定參數分述如後。

1. 初始渠道幾何資料

模擬渠道為一矩形試驗水槽，長 18.3 公尺、寬 0.6 公尺，渠道上游處裝置一加砂器，下游末端裝置一沉滓

收集器，渠道沿程每隔 0.305 公尺佈一底床高程量測點，每 1.525 公尺佈一水面線量測點。數值模擬之渠道長為 15.25 公尺，計算格點採用 (51×5) 格網點。各斷面之底床高程係以實驗起始時間所量測之底床高程作為初始底床高程。

2. 初始底床質資料

均質粒徑案例部分，其底床粒徑均採 $D_{50} = 0.45 \text{ mm}$ 。

3. 粗糙係數

曼寧 n 值以數值試驗率定之，均質案例之曼寧 n 值研採 0.017。

4. 上游入砂濃度

淤積案例中之上游入砂濃度，經換算可得 run21 為 409 ppm。沖刷案例的部分則皆為清水沖刷，上游入砂濃度為 0 ppm。

5. 孔隙率

孔隙率係根據淤積案例中，假設所有上游入砂皆落淤於渠道中，估算入砂體積與實際落淤於渠道體積之比值，再以 1.0 扣除此比值，即為孔隙率。沖刷案例由於缺乏淤積鋒面可供推算，乃採估計值為 0.3。

6. 指標層厚度

此次率定案例採用 1 mm 時，模擬結果最佳。

7. 各案例流量及下游水深資料

Run21 上游入流量為 0.0236 cms/m，下游水深 0.2565 m；Run24 上游入流量為 0.0194 cms/m，下游水深 0.249 m。

七、動床模式率定結果

1. 均質淤積案例 (run21)

案例 run21 模擬時間於 1 小時、2.5 小時、4.5 小時、7 小時以及 10 小時之渠道沿程模擬結果。由模擬結果得知，EFA 模式除於水面線之水理演算有相當之準確度外，於淤積鋒面之模擬亦頗接近實測值，如圖 1~3 所示。

2. 均質沖刷案例 (run24)

案例 run24 模擬時間於 1 小時、2.5 小時、4.5 小時、7 小時以及 10

小時之渠道沿程模擬結果。由模式於各個模擬時段，均有良好之模擬結果。本案例沖刷初期河床載之作用遠較沖刷末期為大，與沖刷過程中，渠道坡度漸緩之現象相符如圖 4~6 所示。

八、單槽定床及動床洪水位差異模擬

目前河川設計洪水位均以一維定床水理模式加以模擬而得，並未對洪水通過時造成河床劇烈沖淤後洪水位之改變有所評估。本項工作，則在探討定床與動床情況下，可能造成之洪水位差異，以下將率定案例作為標準案例為上游入流量(0.0236cms/m)、粒徑大小(0.45mm)，另於run21 案例上游入流懸浮載濃度(409ppm)，測試加大上游入流量為標準案例之 2~3 倍(0.0472cms/m、0.0708cms/m)、加大粒徑大小為標準案例之 2~3 倍(0.9mm、1.35mm)，另於run21 案例探討加大上游入流懸浮載濃度為標準案例之 2~3 倍(818ppm、1227ppm)。

1. 均質淤積案例 (run21)

此標準案例為一淤積案例，在上游端有較多的堆積，但在流量增大的情況下，其底床沖刷越激烈，導致底床相對下降，故水面線高程相對下降，如表 1、2 與圖 7、8 所示。此外於標準案例之流量下，依序加大粒徑大小的情況下，由於較大的粒徑就有較快的的沉降速度，因此上游端的淤積相對較多，所以上游水位相對提高許多，而在加大粒徑，其底床沖刷越緩和，底床變化程度逐漸變小，也會導致水面線高程逐漸抬高，如表 3、4 與圖 9、10 所示。另於run21 為淤積案例，在依序加大上游入流懸浮值濃度值，因此當上游入流懸浮值越高時，淤積量也越多，底床高程也將越高，所以水面線高程也將逐漸抬高，如表 5、6 與圖 11、12 所示。

2. 均質沖刷案例 (run24)

此標準案例為一沖刷案例，所以在流量增大的情況下，其底床沖刷越激烈，導致底床相對下降，故水面線高程相對下降，如表 7、8 與圖 13、14 所示。此外於標準案例之流量下，依序加大粒徑大小的

情況下，其底床沖刷越緩和，底床變化程度逐漸變小，故水面線高程逐漸抬高，如表 9、10 與圖 15、16 所示。

九、結論

1. 本研究發展的數值模式與所收集之實驗水槽動床資料進行率定比較之下，率定結果與實驗資料除定性之趨勢一致外，定量上亦達相當之準確度。

2. 單槽定床及動床洪水位差異模擬，發現定床與動床情況下，於淤積案例情況下，在流量增大的情況下，底床越刷越深，使得洪水位可以相對降低；另外於加大粒徑的情況下，其底床沖刷越緩和，底床變化程度逐漸變小，故水面線高程逐漸抬高。另外於淤積案例下，依序加大上游入流懸浮值濃度值，底床高程也將越高，水面線高程也將逐漸抬高。

於沖刷案例情況下，在流量增大的情況下，其底床沖刷越激烈，導致底床相對下降，故水面線高程相對下降；另於標準案例之流量下，依序加大粒徑大小的情況下，其底床沖刷越緩和，底床變化程度逐漸變小，故水面線高程逐漸抬高。

3. 第二年之工作將接續上年工作，繼續針對砂質河川主槽與高灘地間之泥砂交換機制進行探討，由所蒐集之資料進行相關文獻回顧與檢討，並從中選取較合宜之機制進行建構。此外，對於主槽與高灘地交界附近流場及輸砂在數值計算上可能遭遇之不穩定情形，亦將加以探究與解決。

就實驗室較規則之複式渠槽之定床及動床試驗資料進行數模，以瞭解斷面形狀、底床變動對水位之影響情形。

十、參考文獻

- [1] Dai, W. (1994). "Numerical solutions of unsteady Navier-Stokes equations using explicit finite analytic Scheme." Ph.D. Thesis, the Univ. of Iowa, Iowa City, Iowa.
- [2] Hsu, C. T., Yeh, K. C., and Yang, J. C.

(2000). "Depth-averaged 2-D curvilinear explicit finite analytic model for open-channel flows." Inter. J. for Numerical Methods in Fluids, 33, 175-202.

[3] Knight, D. W., and Demetriou, J. D. (1983). "Flood-plain and main channel flow iteration." J. Hydr. Engrg., ASCE, 109(8), 1073-1092.

[4] Knight, D. W. and Sellin, R. H. J. (1987). "The SERC flood channel facility." J. Instn. Water and Envir. Mgmt., 1(2), 198-204.

[5] Suryanarayana, B. (1969), "Mechanics of Degradation and Aggradation in a Laboratory Flume", thesis presented to Colorado State University, at Fort Collins, Colorado, in 1969.

[6] Wormleaton, P. R., and Merrett, D. (1990). "An improved method of calculation of steady uniform flow in prismatic main/flood channel plain section." J. Hydr. Res., 28, 157-174.

[7] 葉克家、沈澄宇(2000), 「水庫排放凝聚性沈澱對下游河道之影響研究」, 國科會精簡報告

表 1 Run21 底床高程 單位:m

	距離	定床	1小時	差值	2.5小時	差值	4.5小時	差值
Q	4.28	0.178	0.226	0.048	0.203	0.025	0.213	0.035
2Q	4.28	0.178	0.191	0.013	0.197	0.019	0.202	0.024
3Q	4.28	0.178	0.182	0.004	0.178	0	0.176	-0.002
Q	8.26	0.182	0.215	0.033	0.18	-0.002	0.186	0.004
2Q	8.26	0.182	0.177	-0.005	0.188	0.006	0.192	0.01
3Q	8.26	0.182	0.173	-0.009	0.17	-0.012	0.167	-0.015
Q	12.2	0.186	0.204	0.018	0.184	-0.002	0.183	-0.003
2Q	12.2	0.186	0.175	-0.011	0.177	-0.009	0.182	-0.004
3Q	12.2	0.186	0.164	-0.022	0.161	-0.025	0.159	-0.027

註:1小時是指動床模擬1小時的底床高程,差值=動床底床高程-定床底床高程

表 2 Run21 水面線高程 單位:m

	距離	定床	1小時	差值	2.5小時	差值	4.5小時	差值
Q	4.28	0.267	0.28	0.013	0.262	-0.005	0.267	0
2Q	4.28	0.289	0.279	-0.01	0.282	-0.007	0.286	-0.003
3Q	4.28	0.311	0.291	-0.02	0.288	-0.023	0.286	-0.025
Q	8.26	0.265	0.27	0.005	0.264	-0.001	0.262	-0.003
2Q	8.26	0.283	0.276	-0.007	0.273	-0.01	0.276	-0.007
3Q	8.26	0.304	0.281	-0.023	0.278	-0.026	0.277	-0.027
Q	12.2	0.26	0.262	0.002	0.26	0	0.26	0
2Q	12.2	0.27	0.268	-0.002	0.265	-0.005	0.267	-0.003
3Q	12.2	0.285	0.27	-0.015	0.268	-0.017	0.268	-0.017

註:1小時是指動床模擬1小時的水位,水位差=動床水位-定床水位

表 3 Run21 底床高程 單位:m

	距離	定床	1小時	差值	2.5小時	差值	4.5小時	差值
D	4.28	0.178	0.226	0.048	0.203	0.025	0.213	0.035
2D	4.28	0.178	0.178	0	0.194	0.016	0.217	0.039

3D	4.28	0.178	0.178	0	0.185	0.007	0.219	0.041
D	8.26	0.182	0.215	0.033	0.18	-0.002	0.186	0.004
2D	8.26	0.182	0.182	0	0.182	0	0.182	0
3D	8.26	0.182	0.182	0	0.182	0	0.182	0
2D	12.2	0.186	0.186	0	0.186	0	0.186	0
D	12.2	0.186	0.204	0.018	0.184	-0.002	0.183	-0.003
3D	12.2	0.186	0.186	0	0.186	0	0.186	0

註:1小時是指動床模擬1小時的底床高程,差值=動床底床高程-定床底床高程

表 4 Run21 水面線高程 單位:m

	距離	定床	1小時	差值	2.5小時	差值	4.5小時	差值
D	4.28	0.267	0.28	0.013	0.262	-0.005	0.267	0
2D	4.28	0.267	0.267	0	0.263	-0.004	0.266	-0.001
3D	4.28	0.267	0.267	0	0.264	-0.003	0.265	-0.002
D	8.26	0.265	0.27	0.005	0.264	-0.001	0.262	-0.003
2D	8.26	0.265	0.265	0	0.265	0	0.264	-0.001
3D	8.26	0.265	0.265	0	0.265	0	0.265	0
D	12.2	0.26	0.262	0.002	0.26	0	0.26	0
2D	12.2	0.26	0.26	0	0.26	0	0.26	0
3D	12.2	0.26	0.26	0	0.26	0	0.26	0

註:1小時是指動床模擬1小時的水位,水位差=動床水位-定床水位

表 5 Run21 底床高程 單位:m

	距離	定床	1小時	差值	2.5小時	差值	4.5小時	差值
P	4.28	0.178	0.226	0.048	0.203	0.025	0.213	0.035
2P	4.28	0.18	0.182	0.002	0.22	0.04	0.234	0.054
3P	4.28	0.18	0.198	0.018	0.233	0.053	0.252	0.072
P	8.26	0.182	0.215	0.033	0.18	-0.002	0.186	0.004
2P	8.26	0.186	0.184	-0.002	0.183	-0.003	0.215	0.029
3P	8.26	0.186	0.184	-0.002	0.209	0.023	0.229	0.043
P	12.2	0.186	0.204	0.018	0.184	-0.002	0.183	-0.003
2P	12.2	0.182	0.182	0	0.182	0	0.186	0.004
3P	12.2	0.182	0.182	0	0.182	0	0.208	0.026

註:1小時是指動床模擬1小時的底床高程,差值=動床底床高程-定床底床高程

表 6 Run21 水面線高程 單位:m

	距離	定床	1小時	差值	2.5小時	差值	4.5小時	差值
P	4.28	0.267	0.28	0.013	0.262	-0.005	0.267	0
2P	4.28	0.267	0.266	-0.001	0.266	-0.001	0.279	0.012
3P	4.28	0.267	0.262	-0.005	0.274	0.007	0.294	0.027
P	8.26	0.265	0.27	0.005	0.264	-0.001	0.262	-0.003
2P	8.26	0.264	0.264	0	0.263	-0.001	0.264	0
3P	8.26	0.264	0.264	0	0.258	-0.006	0.274	0.01
P	12.2	0.26	0.262	0.002	0.26	0	0.26	0
2P	12.2	0.26	0.26	0	0.26	0	0.258	-0.002
3P	12.2	0.26	0.26	0	0.26	0	0.259	-0.001

註:1小時是指動床模擬1小時的水位,水位差=動床水位-定床水位

表 7 Run24 底床高程 單位:m

	距離	定床	1小時	差值	2.5小時	差值	4.5小時	差值
Q	4.28	0.283	0.274	-0.009	0.264	-0.019	0.253	-0.03
2Q	4.28	0.283	0.256	-0.027	0.229	-0.054	0.207	-0.076
3Q	4.28	0.283	0.238	-0.045	0.2	-0.083	0.174	-0.109
Q	8.26	0.26	0.261	0.001	0.255	-0.005	0.247	-0.013
2Q	8.26	0.26	0.245	-0.015	0.223	-0.037	0.207	-0.053
3Q	8.26	0.26	0.227	-0.033	0.198	-0.062	0.177	-0.083
Q	12.2	0.233	0.234	0.001	0.231	-0.002	0.227	-0.006
2Q	12.2	0.233	0.218	-0.015	0.203	-0.03	0.191	-0.042
3Q	12.2	0.233	0.2	-0.033	0.181	-0.052	0.165	-0.068

註:1 小時是指動床模擬 1 小時的底床高程, 差值=動床底床高程-定床底床高程

表 8 Run24 水面線高程 單位:m

	距離	定床	1 小時	差值	2.5 小時	差值	4.5 小時	差值
Q	4.28	0.283	0.316	-0.003	0.309	-0.01	0.301	-0.018
2Q	4.28	0.283	0.322	-0.015	0.3	-0.037	0.287	-0.05
3Q	4.28	0.283	0.322	-0.026	0.296	-0.052	0.282	-0.066
Q	8.26	0.26	0.296	0.001	0.292	-0.003	0.286	-0.009
2Q	8.26	0.26	0.301	-0.014	0.285	-0.03	0.275	-0.04
3Q	8.26	0.26	0.299	-0.032	0.282	-0.049	0.272	-0.059
Q	12.2	0.233	0.273	0.002	0.271	0	0.268	-0.003
2Q	12.2	0.233	0.275	-0.015	0.268	-0.022	0.262	-0.028
3Q	12.2	0.233	0.274	-0.031	0.266	-0.039	0.261	-0.044

註:1 小時是指動床模擬 1 小時的水位, 差值=動床水位-定床水位

表 9 Run24 底床高程 單位:m

	距離	定床	1 小時	差值	2.5 小時	差值	4.5 小時	差值
D	4.28	0.283	0.274	-0.009	0.264	-0.019	0.253	-0.03
2D	4.28	0.283	0.276	-0.007	0.269	-0.014	0.26	-0.023
3D	4.28	0.283	0.279	-0.004	0.274	-0.009	0.269	-0.014
D	8.26	0.26	0.261	0.001	0.255	-0.005	0.247	-0.013
2D	8.26	0.26	0.262	0.002	0.258	-0.002	0.252	-0.008
3D	8.26	0.26	0.262	0.002	0.261	0.001	0.257	-0.003
D	12.2	0.233	0.234	0.001	0.231	-0.002	0.227	-0.006
2D	12.2	0.233	0.234	0.001	0.233	0	0.23	-0.003
3D	12.2	0.233	0.234	0.001	0.234	0.001	0.232	-0.001

註:1 小時是指動床模擬 1 小時的底床高程, 差值=動床底床高程-定床底床高程

表 10 Run24 水面線高程 單位:m

	距離	定床	1 小時	差值	2.5 小時	差值	4.5 小時	差值
D	4.28	0.319	0.316	-0.003	0.309	-0.01	0.301	-0.018
2D	4.28	0.319	0.317	-0.002	0.312	-0.007	0.306	-0.013
3D	4.28	0.319	0.319	0	0.316	-0.003	0.312	-0.007
D	8.26	0.295	0.296	0.001	0.292	-0.003	0.286	-0.009
2D	8.26	0.295	0.297	0.002	0.294	-0.001	0.29	-0.005
3D	8.26	0.295	0.297	0.002	0.296	0.001	0.294	-0.001
D	12.2	0.271	0.273	0.002	0.271	0	0.268	-0.003
2D	12.2	0.271	0.273	0.002	0.272	0.001	0.27	-0.001
3D	12.2	0.271	0.273	0.002	0.273	0.002	0.272	0.001

註:1 小時是指動床模擬 1 小時的水位, 差值=動床水位-定床水位

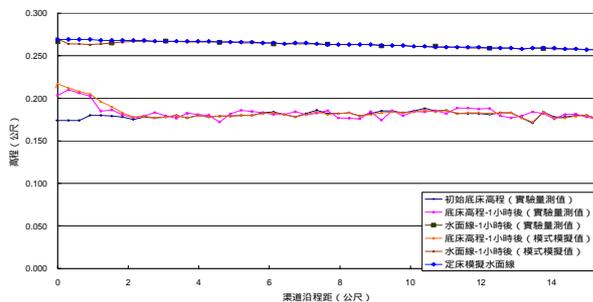


圖 1 Run21 標準案例模擬 1 小時後之結果

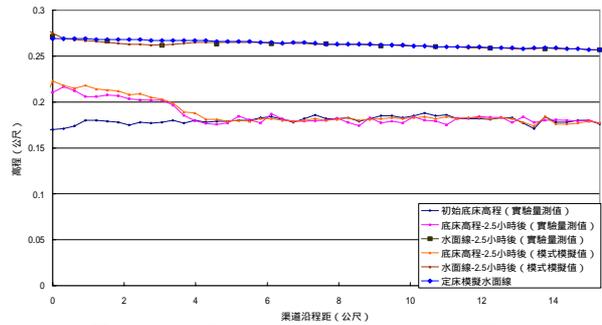


圖 2 Run21 標準案例模擬 2.5 小時後之結果

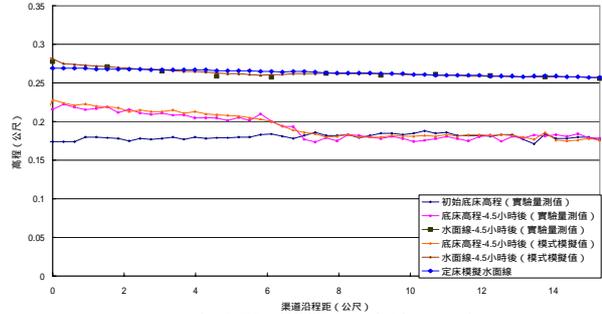


圖 3 Run21 標準案例模擬 4.5 小時後之結果

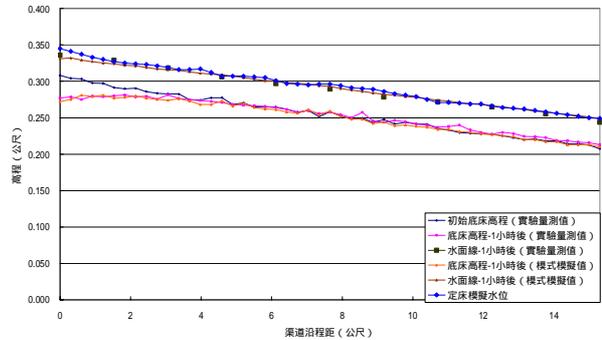


圖 4 Run24 標準案例模擬 1 小時後之結果

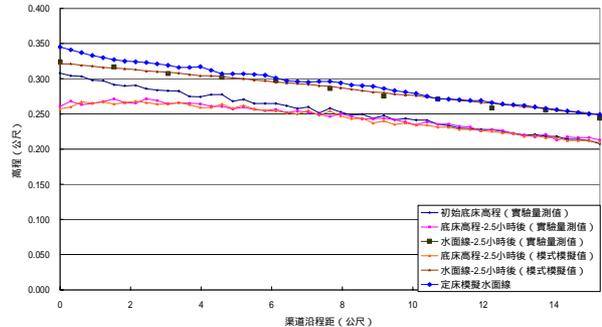


圖 5 Run24 標準案例模擬 2.5 小時後之結果

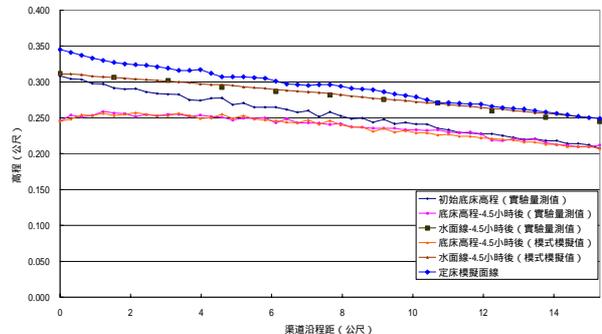


圖 6 Run24 標準案例模擬 4.5 小時後之結果

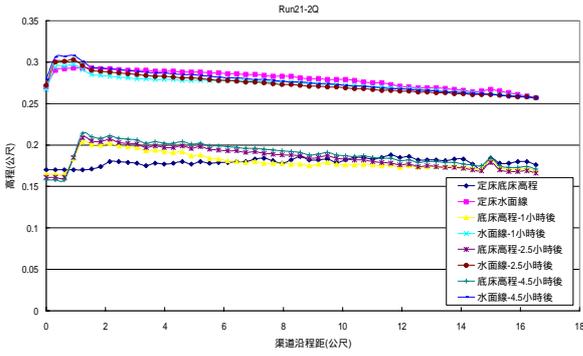


圖 7 Run21 上游流量為標準案例之 2 倍之模擬結果

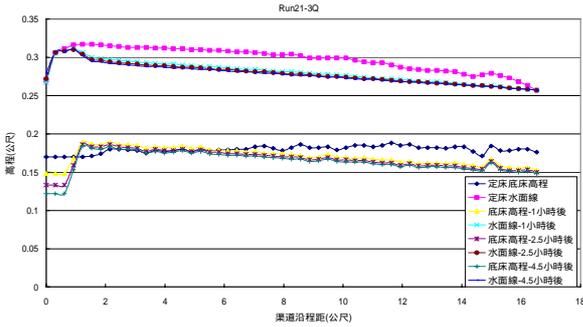


圖 8 Run21 上游流量為標準案例之 3 倍之模擬結果

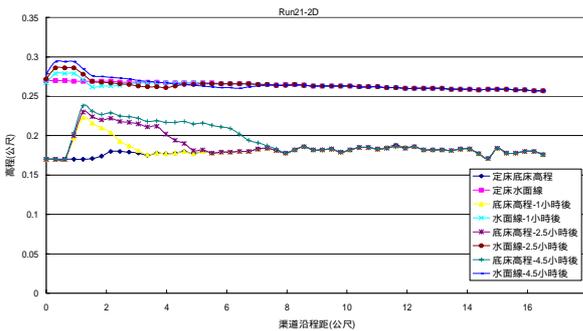


圖 9 Run21 粒徑大小為標準案例之 2 倍之模擬結果

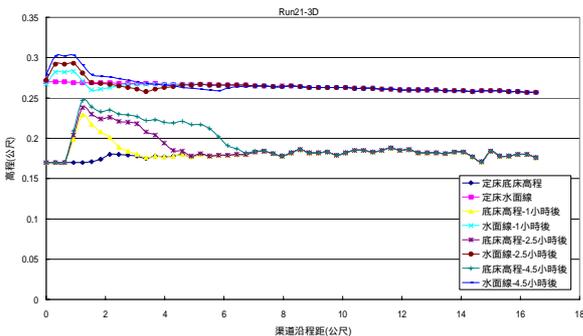


圖 10 Run21 粒徑大小為標準案例之 3 倍之模擬結果

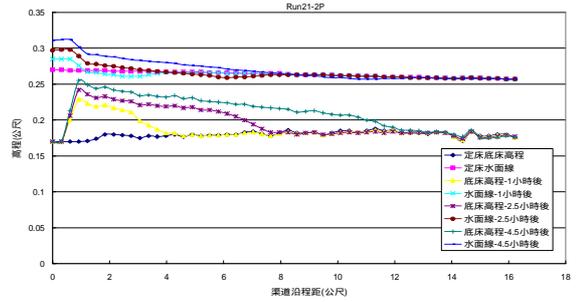


圖 11 Run21 上游入流懸浮載為標準案例之 2 倍之模擬結果

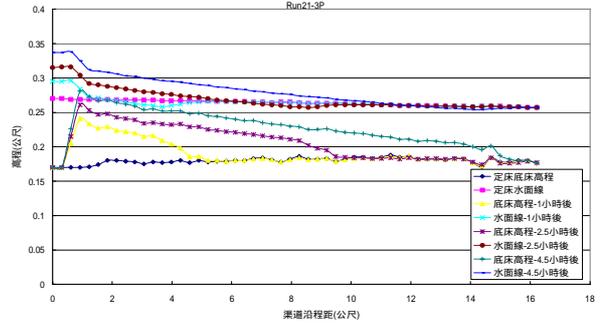


圖 12 Run21 上游入流懸浮載為標準案例之 3 倍之模擬結果

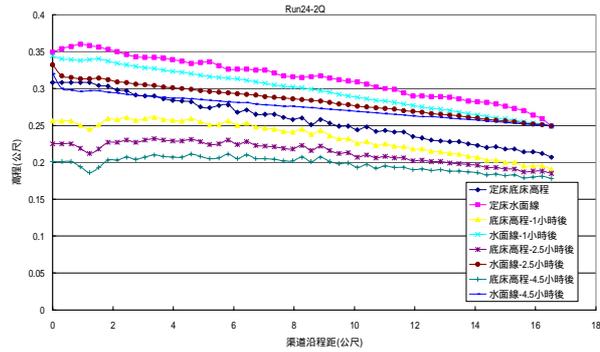


圖 13 Run24 上游流量為標準案例之 2 倍之模擬結果

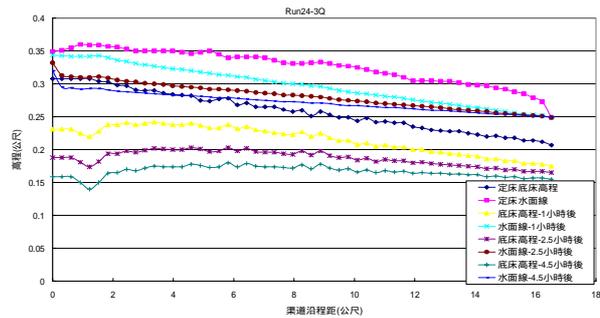


圖 14 Run24 上游流量為標準案例之 3 倍之模擬結果

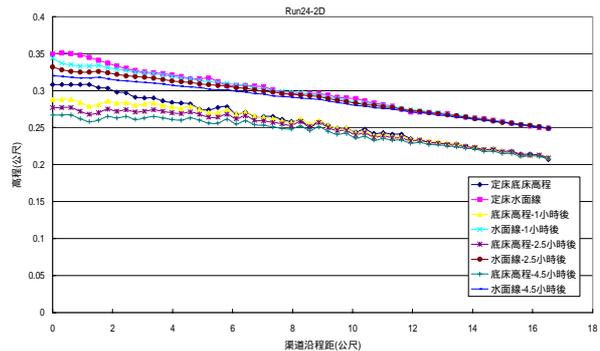


圖 15 Run24 粒徑大小為標準案例之 2 倍之模擬結果

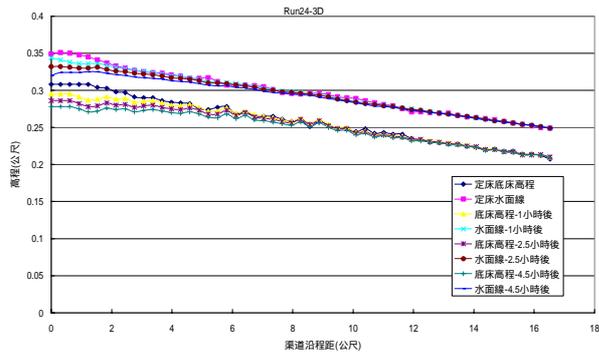


圖 16 Run24 粒徑大小為標準案例之 3 倍之模擬結果

