

## 橋樑沖刷現象探討-以濁水溪西濱大橋為例

陳賜賢 台灣省水利技師公會榮譽理事長

王茂興 土木技師

### 前言

濁水溪流域歷經 921 地震及颱風豪大雨，上游大量土石遭沖刷而淤積於中下游河道，民國 98 年莫拉克颱風在中南部及濁水溪上游更造成了大量土砂災害淤積，而濁水溪自集集攔河堰以降因受限於攔河堰施設偏向下降河段，其下游河段砂石補注來源受此影響，導致其下游河川灘地流失或基礎沖刷常導致橋樑或堤防破壞，本文利用西濱大橋沖刷現場觀測資料，探討河道沖淤與橋墩址河床局部沖淤現象。

**Keywords：**建槽流量(Dominant discharge)、橋樑沖刷(Bridge scour)

### 一、西濱大橋概述

西濱大橋於 1911 年 7 月竣工，西濱大橋長 2,730 m，有 78 跨跨距 35m×78 橋長，P1 在北、P77 在南；P1 橋墩(TWD97 經度 120.290842,緯度 23.835777)E177756.617,N2637016.771、P2 橋墩(TWD97 經度 20.290656,緯度 23.835214)E177737.356,N2636954.513、P77 橋墩(TWD97 經度 120.283126,緯度 23.812528)E176957.531,N2634445.886；自西螺大橋以下之流路主要偏向北岸，尤以斷面 45(自強大橋上游)至斷面 12(西濱大橋下游)最為明顯，由下圖 1 顯示民國 93~100 年間，本河段呈現偏北下降狀態，影響北岸下海墘堤防及西濱橋墩安全。

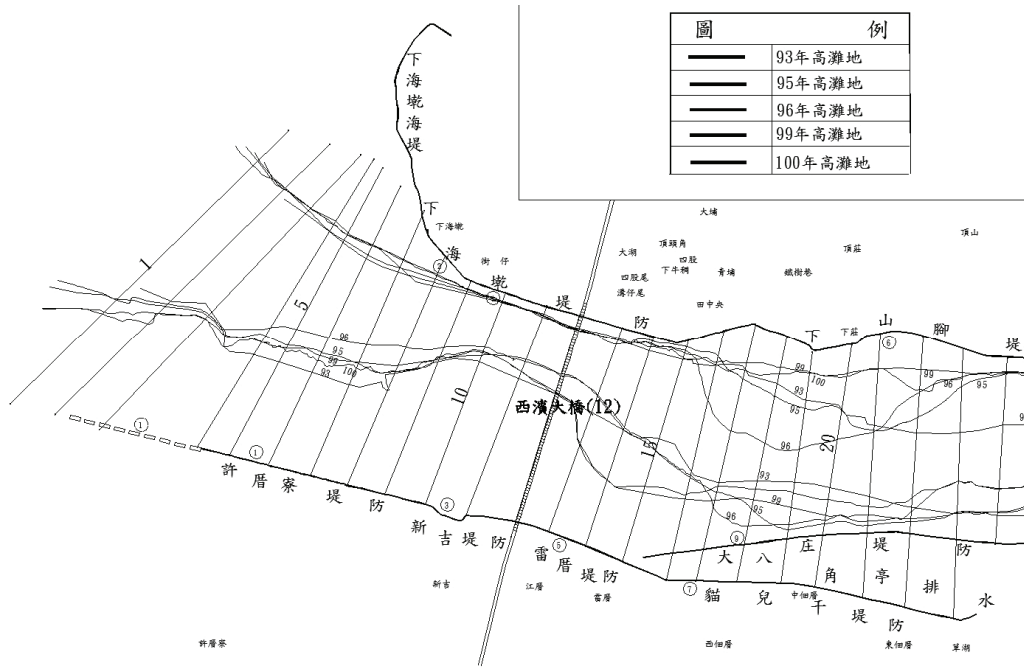


圖1 西濱大橋工址位於濁水溪大斷面12

## 二、 工址深槽沖淤變化之現象

本文以 2008 年底河道大斷面 35~12 為分析探討之起始。根據分析起始年份(2008 年)10 月底之河道地形，考慮 2009 年與 2010 年大於河床沖淤相關之建槽流量(Dominant discharge)--重現期距 1 年之洪水(Q1)[1] 系列，模擬分析河床沖淤變化情形，並藉由西濱大橋 P26 墩址河床局部沖淤現地觀測結果加以探討。西濱大橋共有 77 墩，而從左岸往右岸有橋墩 P73 至 P3 共 71 墩落在河道內，橋墩間距 35 m，投影在河道橫斷面上之橋墩寬 0.7 m，平行於流向之橋墩寬度為 2.0 m[2]，西濱大橋址之河道斷面長超過 2 km，深槽偏右側，如圖 2 所示。

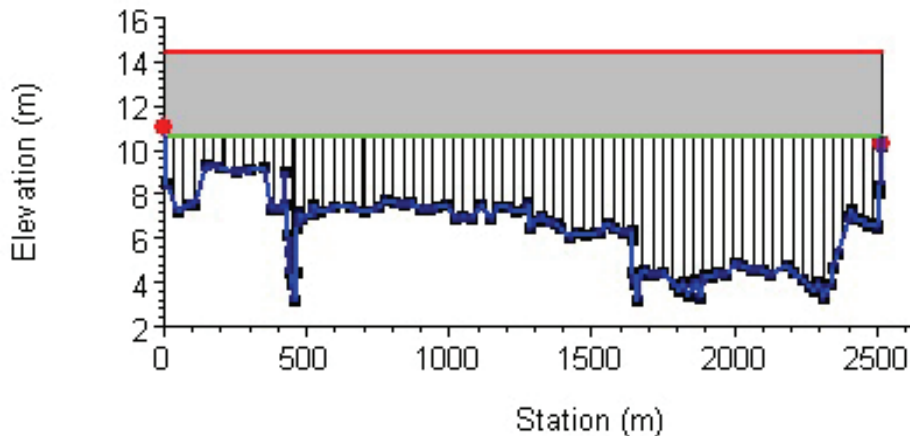


圖 2 顯示橋墩之西濱大橋址河道大斷面

註：此係應用美國工程師團HEC-RAS電腦軟體之模擬結果

河道之曼寧粗糙係數  $n$  值採用 0.027[3]，因此，模擬分析範圍之上游邊界(濁水溪大斷面 35)之入流量(如圖 3)採用 2009、2010、2011 年之  $Q1 = 2,250 \text{ m}^3/\text{s}$ [1] 以上者作為上游邊界條件，共有 87 個時系列；而 HEC-RAS 可針對小於 100 個時系列之流量作演算。

除了 2009 年流量大於建槽流量者為 8 月 8 日 4 時至 8 月 11 日 3 時外，在濁水溪西濱大橋 P26 墩址有沖淤現地量測資料且河道流量大於建槽流量之時段如下：

(1) 於 2010 年 9 月 17 至 20 日凡那比(Fanapi)颱風侵襲台灣時，而分析段河道流量大於建槽流量  $2,250 \text{ m}^3/\text{s}$  之時段為 9 月 19 日 17 時至 22 時。

(2) 於 2011 年分析段河道流量大於建槽流量  $2,250 \text{ m}^3/\text{s}$  之時段為 7 月 19 日 9 時至 17 時。

溪州大橋站有流量資料，經由電腦滑鼠點選圖 1(b)左上之水文資訊\河川流量\溪州大橋而得。因溪州大橋站、自強大橋站與西濱大橋站之集水面積[4]分別為  $2974.73$ 、 $2988.88$ 、 $3150.71 \text{ km}^2$ ，故自強大橋至西濱大橋之分析河段流量採用溪州大橋站之流量乘以係數  $(2988.88+3150.71)/2974.73/2 = 1.03$  (如圖 3 之數據乘以 1.03)。分析範圍之下游邊界條件是西濱大橋站水位資料如圖 4 所示，係使用電腦滑鼠點選圖 1 (b)左上之水文資訊\河川水位\西濱大橋而得。

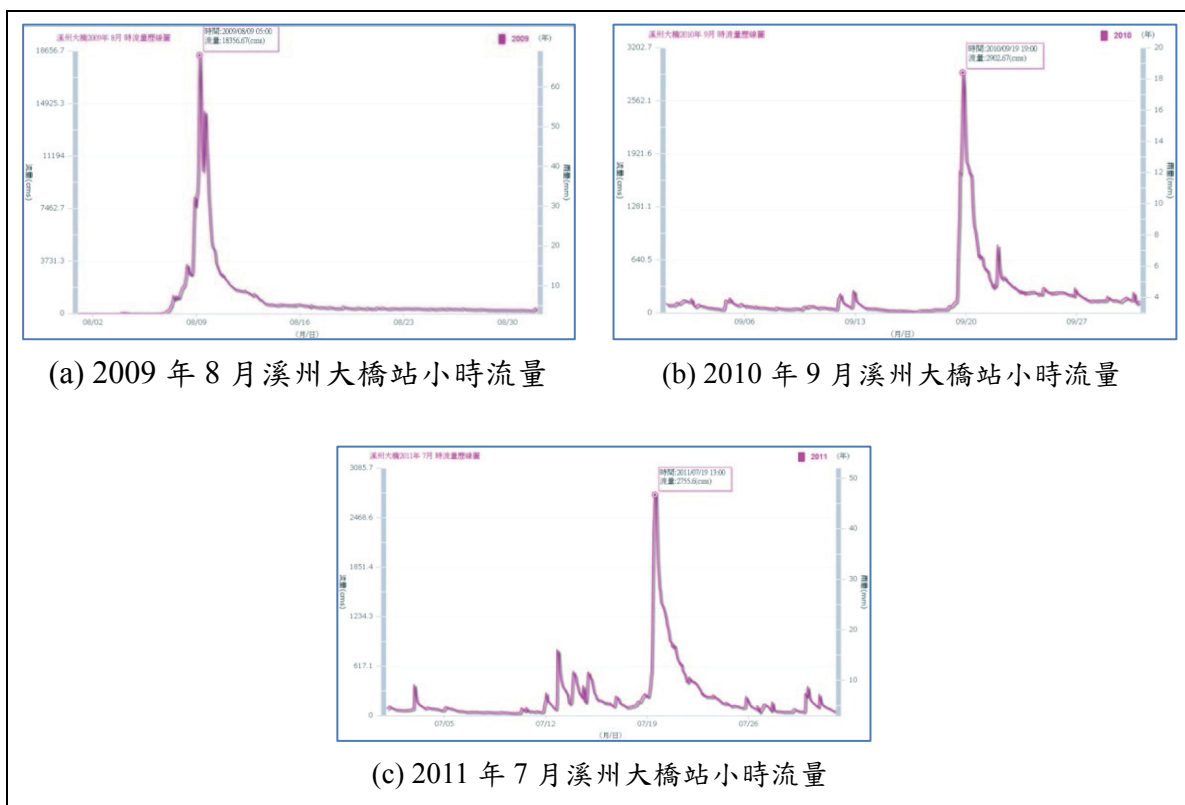


圖 3 溪州大橋站之歷時流量數據

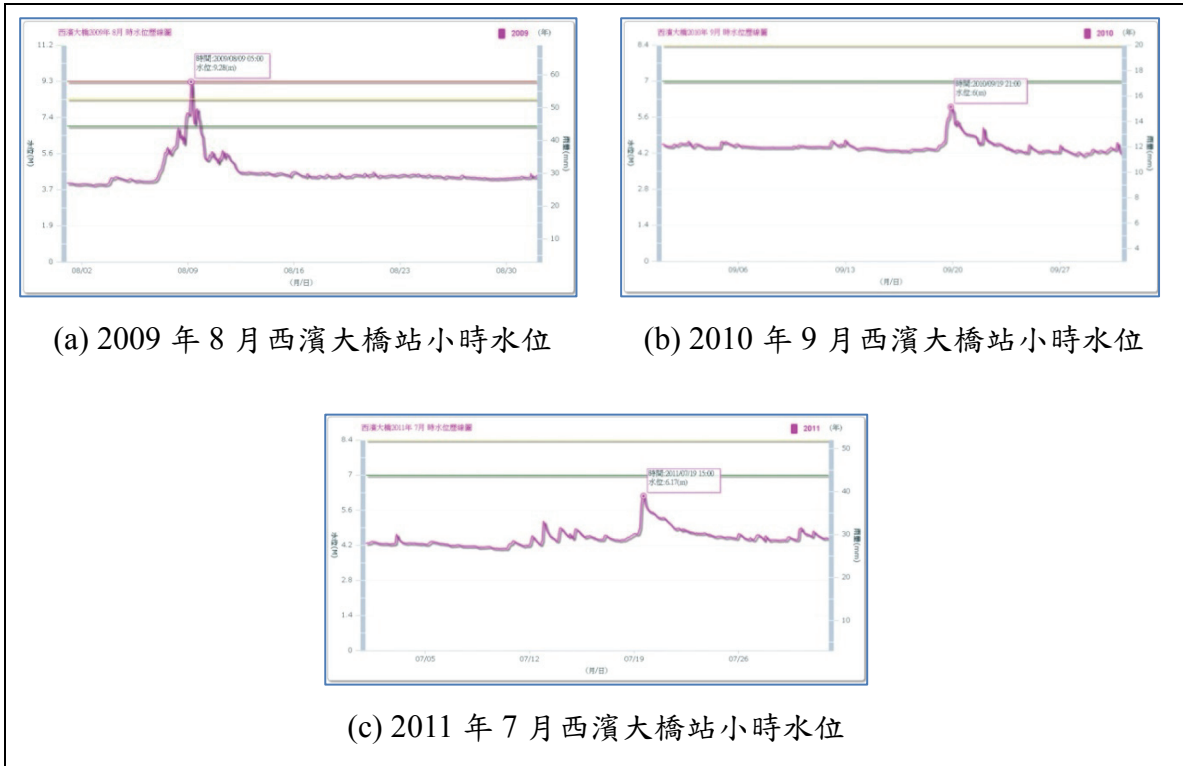


圖 4 分析範圍下游邊界條件--歷時水位數據

於 2009 至 2011 年間，分析河段最大之小時平均流量為  $18,907 \text{ m}^3/\text{s}$ ，發生於 2009 年 8 月 9 日 5 時莫拉克(Morakot)颱風(2009 年 8 月 5~10 日)侵襲台灣時，該時候之西濱大橋站實測水位為 9.28 m；根據地形與水文資料，應用 U.S. Army Corps of Engineers 之 HEC-RAS 電腦軟體建置得濁水溪河道大斷面 35 至 12 之分析模型，其三維透視如圖 5 所示。steady flow 分析結果顯示，流量為  $18,907 \text{ m}^3/\text{s}$  情況之平均流速為 2.62~2.63 m/s，Froude number 為 0.48~0.49。

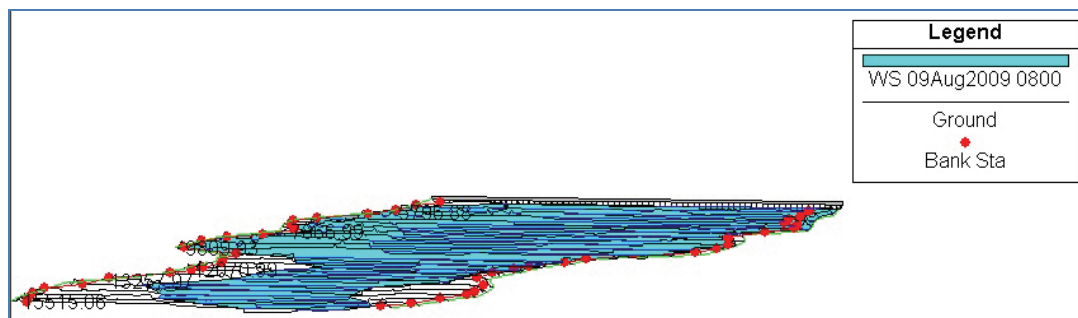


圖 5 沿河道往下游看西濱大橋與其上游河道之三維透視圖

註：此為應用 HEC-RAS 軟體之模擬結果

根據分析河段之河床質代表粒徑  $D_{95} = 0.761 \text{ mm}$ 、 $D_{50} = 0.384 \text{ mm}$ [5]，以及垂直與平行於流向之橋墩寬分別為 0.7 m、2.0 m[2]，應用 HEC-RAS 電腦軟體 steady

flow-Bridge scour 模組分析得 2009 年 8 月 9 日 5 時之莫拉克颱風時期尖峰流量 18,907 m<sup>3</sup>/s 引致墩址河床局部冲刷深度分布如圖 6 所示，冲刷深度為 1.13~2.05 m，且 P26 墩址冲刷 1.99 m 深，惟因 2009 年未辦理橋墩址河床局部冲刷之現地量測，因而無實測值可供比對。

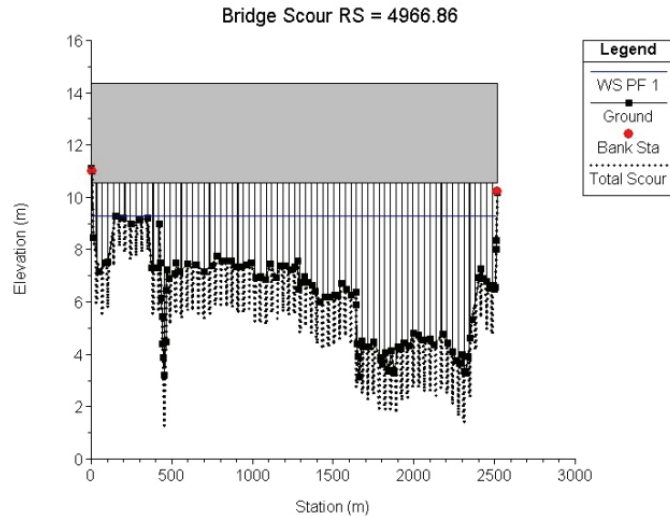
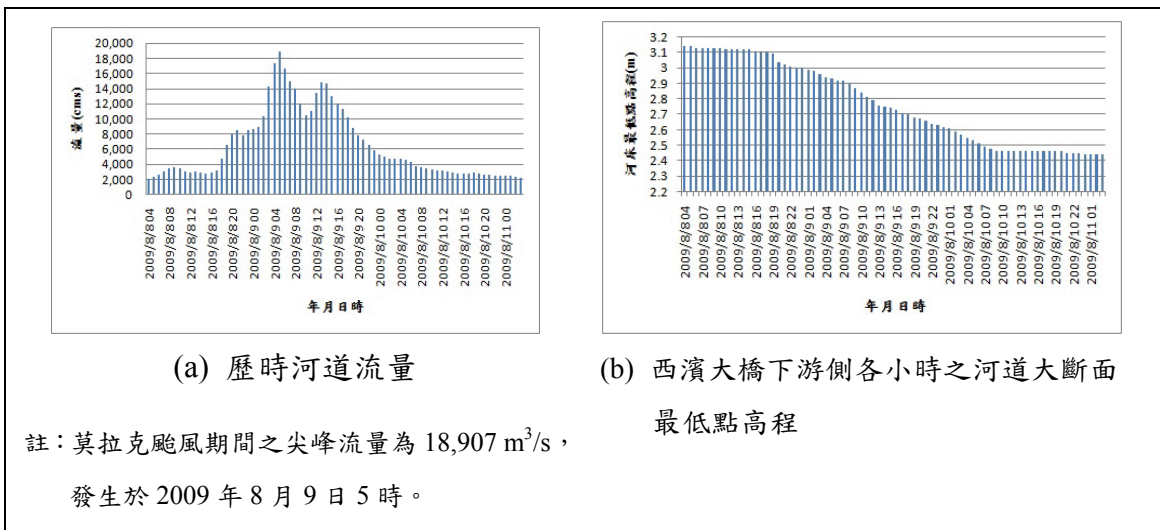


圖 6 莫拉克颱風流量 18,907 m<sup>3</sup>/s 引致橋墩址河道斷面局部冲刷深度分布  
註：河床冲刷深度(Total Scour)如圖上之虛線所示

根據河床質粒徑、2008 年 10 月底之濁水溪大斷面 35 至 12 之實測河道地形、大於建槽流量 2,250 m<sup>3</sup>/s 之實測河道歷時流量等資料，應用 HEC-RAS 電腦軟體進行 sediment transport analysis 結果，於莫拉克颱風期間，大於建槽流量 2,250 m<sup>3</sup>/s 之 2009 年 8 月 8 日 4 時至 11 日 3 時之小時系列河道流量如圖 7(a)所示，分析得相應之西濱大橋下游側之河道大斷面 12 最低點高程歷時變化情形如圖 7(b)，其顯示河道流量小於 4,000 m<sup>3</sup>/s 時段之大斷面河床高程無明顯變動。



註：莫拉克颱風期間之尖峰流量為 18,907 m<sup>3</sup>/s，  
發生於 2009 年 8 月 9 日 5 時。

圖 7 莫拉克颱風期間河道流量與西濱大橋下游側河道最低點高程之歷時變化

從 2010 年 9 月 19 日 18~22 時之歷時河道流量雖大於建槽流量但均小於 2,990 m<sup>3</sup>/s，如圖 8(a)所示，相應之各小時西濱大橋 P26 墩址實測局部沖刷深度變動量如圖 8(b)，各小時之河道流量與沖淤量變化之相關係數(Correlation coefficient) 僅 0.0007 表示無具體關連；至於 SEC-RAS sediment transport analysis 所得之西濱大橋下游側之河道大斷面 12 最低點高程則維持 2.44 m 不變。因此，小於 2,990 m<sup>3</sup>/s 之河道流量雖對河道大斷面沖刷作用不明顯；惟該等流量仍引致 P26 橋墩址產生達 0.256 m 深之局部沖刷與達 0.059 m 深之局部淤積。

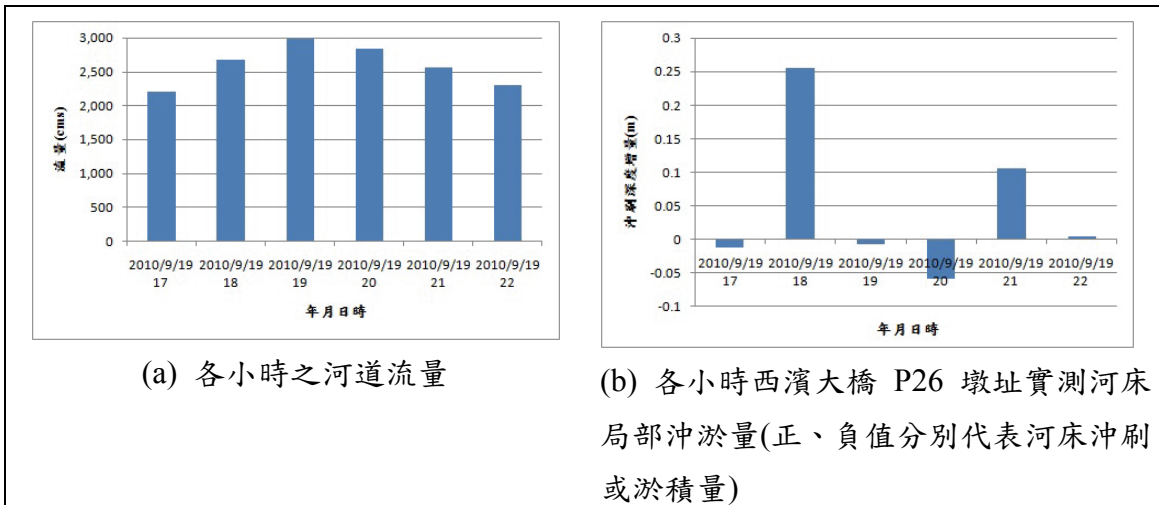


圖 8 大於建槽流量之 2010 年各小時河道流量與橋墩 P26 址河床局部沖淤量

註：此期間為 9 月 19 日 17~22 時，係 2010 年河道流量大於建槽流量之唯一期間。

於 2011 年 7 月 19 日 9~17 時，小於 2,869 m<sup>3</sup>/s 之河道流量與西濱大橋 P26 墩址河床局部實際觀測沖淤量如圖 9，兩項數值變化之相關係數為 0.09 表示無具體關連，局部沖刷時變動量甚快與整體沖刷趨勢關連性不大，即該橋墩址各小時局部沖淤量與河道流量之變化相關性低；而應用 SEC-RAS 軟體之 sediment transport analysis 所得之西濱大橋下游側之河道大斷面 12 最低點高程變動小，19 日 9~17 時之河床高程為 2.44~2.43 m。

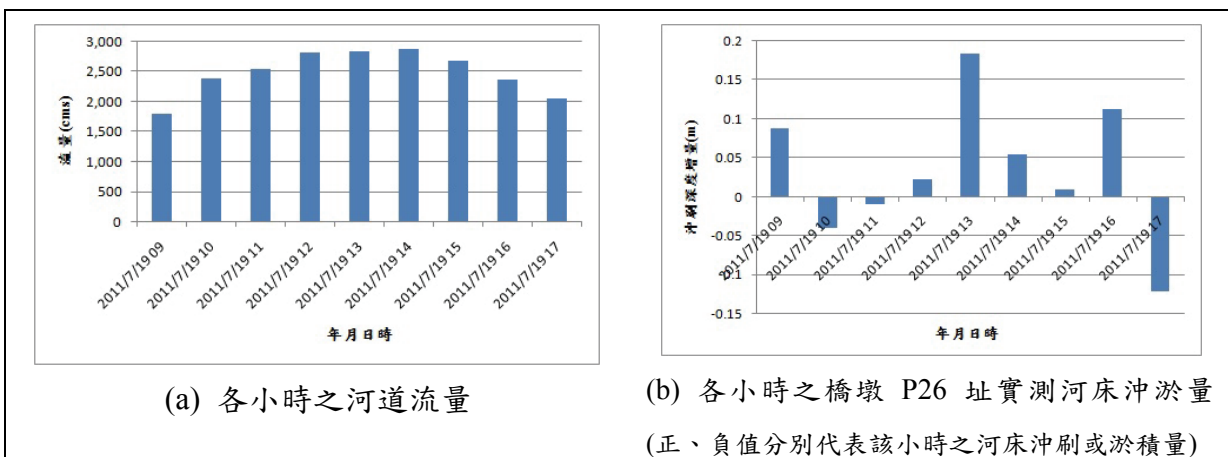


圖 9 大於建槽流量之 2011 年各小時實測河道流量與橋墩 P26 址河床沖淤量

註：此期間為 7 月 19 日之 9 至 17 時，係 2011 年河道流量大於建槽流量之唯一期間。

於 2008 年底與 2012 年底西濱大橋下游側之濁水溪實測河道斷面 12 比較如圖 10，其顯示於 4 年期間該斷面右側淤積，中央與左側沖刷。因 HEC-RAS 軟體之 sediment transport analysis 僅能針對少於 100 個時段之河道流量，而由 2008 年底至 2012 年底大於建槽流量者達 167 個時段，HEC-RAS 無法全部加以模擬；因此，本模擬分析僅迄 2011 年 7 月 19 日 17 時如圖 9(a)，共有 87 個時段。

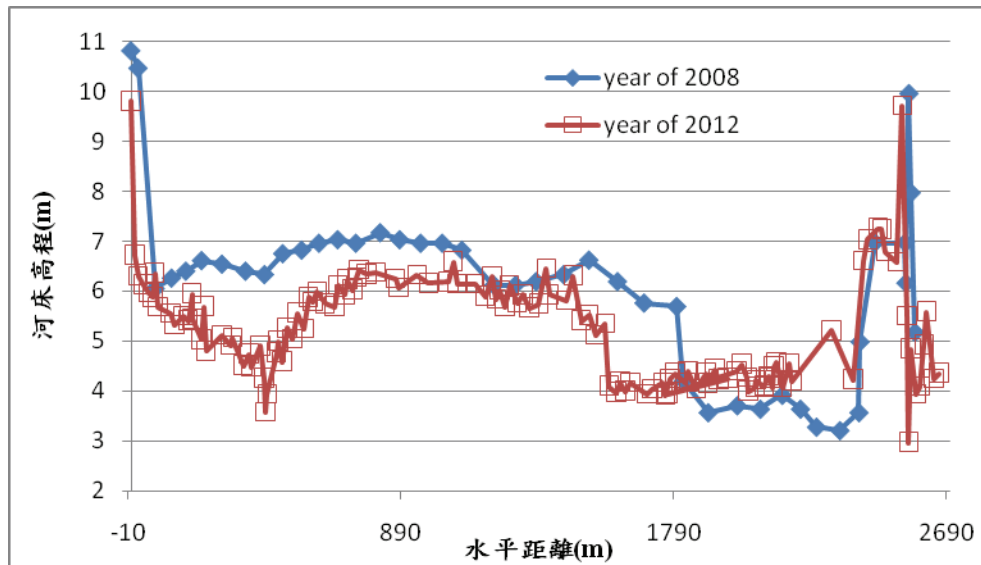


圖 10 濁水溪 2008 年與 2012 年實測河道斷面 12 之比較

資料來源：經濟部水利署網站

### 三、 結論與建議

由上所述，對橋墩工址之實測河床局部沖刷深度係計其時變量，即每小時之河床沖刷深度或淤積深度。於河道流量為 2,000~3,000 m<sup>3</sup>/s 時，橋墩址河床即有顯著之局部沖淤現象；而河床淤積係因從上游帶來泥砂下沉所引致。惟對河道大斷面，於河道流量大於 4,000 m<sup>3</sup>/s 時，顯現在河道大斷面最低點高程變動之整體性河床沖淤現象才會顯著。

河道 sediment analysis 包含計算水流輸送泥砂之能力；若來自上游水流所輸送之泥砂量小於目前斷面之水流輸送泥砂能力，則水流會進一步擷取及輸送該斷面之河床質，而造成該斷面之河床沖刷；反之，若從上游來之水流攜帶泥砂量大於該河道斷面之水流輸送泥砂能力，則從上游來之泥沙會有一部分沉積在該斷面之河床上。另一方面，橋墩址之河床局部沖刷係橋墩引致之渦流所造成，一般係採用經驗公式，例如，HEC-RAS 軟體 Bridge scour 分析所用之科羅拉多州立大學方程式(CSU's Equ.)，其所得者為河床局部沖刷量之最大值(即設計值)；惟有時會因上游來砂沉積，而引致橋墩址河床淤積而非沖刷。橋墩址河床現地量測得之該小時沖刷深度減去前一小時沖刷深度；若是正值則為該小時之河床沖刷量，若是負值則為該小時之河床

淤積量，此可與根據前一時刻河道地形建置模型之 HEC-RAS 軟體 steady flow \ Bridge scour 分析結果相比對；橋墩址各小時局部沖淤量與河道流量之變化及整體沖刷趨勢相關性低；可能原因為無前一時刻之河道地形資料，而是數月前或數年前之地形資料，因此，所得結果會有落差。

參考文獻：

1. Benson, M.A. & D.M. Thomas, A definition of dominant discharge, Bulletin, International Association of Scientific Hydrology, 1966.
2. 侯鈞哲，重力式壓電片沖刷監測預警系統，國立中央大學碩士論文，2011。
3. 台灣省水利處河川第三勘測隊，濁清水溪河川區域勘測報告，1998。
4. 臺灣水文年報，經濟部水利署。
5. 張侑瑛，濁水溪下游河段低水流況下推移載於總輸砂量之比例---以自強大橋處為例，逢甲大學碩士論文，2012。
6. 陳明正 張淑平公路總局西濱大橋沖刷實測資料 2014。

投稿 104.04.24  
校稿 104.05.11  
定稿 104.05.18