

大甲溪西勢海堤防潮閘門流量係數現地試驗研究

詹勳全⁽¹⁾ 黃錦邦⁽²⁾ 陳右錚⁽³⁾

摘 要

本研究以大甲溪西勢海堤 0k+355 處之防潮閘門出流狀況，利用退潮變化觀測不同內外水位差之影響，及颱風期間高流量之條件，對水流通過閘門之流量係數進行檢討與分析，研析過程考慮上下游不同水位與流況，以現場觀測之方式進行檢定，探討水理條件、閘門尺寸對防潮閘門流量係數之影響，以供未來防潮閘門規劃設計之參考。

現地試驗結果發現，內外水位差較小時，閘門尺寸對流量係數影響不大。隨水位差上升，小型閘門流量係數亦隨之上升，而大型閘門由於單位重較重，流量係數上升較慢，其現地觀測值較理論值為低，較易產生內水雍高之風險。在設計時宜擴大閘門開口寬度，以符合實際通洪容量需求，或者增加起閉輔助設施，透過增加開度方式，使閘門流量係數予以提升。此外，設計之閘門水流條件內外水位差較小時，需考慮水位變動之影響，由於外水震盪瞬間高過內水時，將造成出流不連續，適度降低設計流量係數，藉以提高設計之安全性。

(**關鍵詞**：防潮閘門、流量係數、現地試驗)

Field Experiments on Discharge Coefficient of Floodgate at His-Shih Coastal Embankment, Da-Jia River

Hsun - Chuan Chan^{(1)*} Chin - Pang Huang⁽²⁾ You - Cheng Chen⁽³⁾

Associate Professor⁽¹⁾, Graduate Student⁽²⁾, Doctoral Student⁽³⁾ Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taiwan

ABSTRACT

The discharge coefficients of automatic floodgates were estimated through experimental observations of the floodgates at His-Shih coastal embankment, Da-Jia river. During the experiments, the difference between upstream and downstream water level, flow condition, and floodgate size were considered. The results are expected to be a useful reference for the planning of floodgates in the future. The effect of floodgate size on discharge coefficient was unapparent when the difference between upstream and downstream water level was small. The discharge coefficient of small

(1)國立中興大學水土保持學系副教授(通訊作者 e-mail：hcchan@nchu.edu.tw)

(2)國立中興大學水土保持學系碩士研究生

(3)國立中興大學水土保持學系博士研究生

floodgate was increased with the water level difference increased. The observed discharge coefficient of large floodgate was lower than the theoretical value due to high unit weight. Such situation might induce an increase of flood risk. In addition, the change of water level outside the floodgate might lead to flow discontinuous while the water level difference between inside and outside of the floodgate was small. In order to improve the security, the floodgate should be designed with a lower discharge coefficient than the theoretical value.

(Keywords : Floodgate, Discharge coefficient, Field experiment)

前言

台灣地區山脈縱向連綿、坡度陡峻、溪流短促，在氣候上又屬於熱帶與亞熱帶交界區，全年降雨量豐富，但大多集中於夏秋雨季，常造成雨季洪患而旱季缺水之旱澇現象。近年更由於台灣經濟的高度繁榮，經濟發展及社會變遷均極為快速，居民對於河川邊際土地與窪地使用之需求激增，原屬洪氾區之土地相繼開發，造成築堤、設置閘門、抽水站成為不得不然之措施。

閘門可能沿河川或海堤而建，亦可能為滯洪池之附屬設施，其寬從十餘公尺至數十公分，為水利工程中的重要設施。藉由瞭解不同閘門型式之水理計算條件及其優缺點，與後續相關維護管理工作，可確保防汛整體安全。防潮閘門一般設計需考慮諸多事項，Lewin(1995)提出多種閘門形式，其中懸吊式自動閘門維護成本低且不須人力操作，多用於箱涵或排污管出口，主要功能為排水及止逆；吳仲穆(2010)為了使自動閘門可適合多變的水位高度，並使機構能合宜各種管理者的使用需求，將配重設計為可調整的機動型式；沈志剛(2001)根據蘇州河口閘橋段河道水流條件，利用試驗水槽模擬漲退潮形成的潮差沖刷閘區，並針對不同水力條件下水閘沖淤

方式及沖淤效果進行比較。針對不同閘門組合方式下水流的擴散，當採用不同閘門開啟方式或同一閘門開啟方式時，閘門位置不同對閘門上游水流的影響很大；朱國賢(2005)指出，常用的防淤清淤方法多以調度水源，增加港道排水量，並以自動控制閘門運行，選擇定時方式，用高速水流沖淤，利用潮汐規律、風速風向等增加水位差沖淤、以洪水連續沖淤或是清除上游淤積等。

關於自動閘門啟閉之力學分析探討，許曠顯(2006)提出對於自動閘門啟閉行為的改善對策，利用浮力與物體重心之間平衡狀態，以降低門體自重，使閘門能順利開啟，然許曠顯(2006)之研究，僅針對設計之概念進行敘述，無提出實作印證；詹翔屹(2013)以水工模型試驗，針對懸吊式自動閘門在各種流量及閘門不同單位面積重之情況，分析力矩平衡，探討開度與流量係數之變化，其試驗結果指出在閘門尚未潛沒時，流量係數幾乎不受內外水位差影響；潛沒時則呈二次曲線，潛沒程度低時流量係數與水位差成正比，潛沒程度高時則呈反比。Litrico et al.(2005)針對自由出流之情況，以動量方程式之推導及力矩平衡計算，分析閘門啟閉行為。

閘門實際設置案例如圖 1 所示，由近年現場工程師之使用經驗發現，閘門由於相關

內、外在因素影響，常常致使閘門無法正常啟閉，導致海水倒灌或洪水無法順利排出，造成下游地區淹水，使得人民生命財產遭受重大損失。本研究將針對防潮閘門內外水位差與流量係數進行現地觀察研究分析，以期供未來防潮閘門規劃設計之參考。



圖 1 閘門設置實例

Figure 1 The examples of floodgate.

研究試區

1. 試區概述

本研究以現場觀測的方式進行閘門流量係數檢討分析探討，經現場勘查中部多處閘門位址，選定大甲溪西勢海堤 0k+355 為適宜現地觀測之位址，其位置如圖 2 所示。由位

置圖可看出此處為臨海堤區閘門，平常可利用潮汐漲、退潮所形成之內外水位差使閘門自動開啟與閉合，藉由氣象局預測之潮汐，於高潮位時進行現勘，藉以評估不同閘門現場開閉情況與流量間關係，並量測閘門開度與流量之關係，颱風豪雨期間亦可利用內水側排水匯集之高流量通過閘門，推定高流量情況之流量係數。



圖 2 大甲溪流域閘門位置圖(修改自 Google)

Figure 2 Location of gate in Da-Jia river basin.

大甲溪西勢海堤 0k+355 屬臨海堤區閘門，其內水側為兩條區域排水匯流處，遇颱風豪雨時，可藉區排匯集降下的雨水，再通過閘門排至海洋，以防積水造成水災。閘門外水側為自動閘門，共有 7 門 1.5m×1.5m 及 1 門 2.5m×4.1m 之不鏽鋼自動閘門構成，2.5m×4.1m 自動閘門之內水側並設有一座梯桿式垂直啟閉閘門。外水側閘門與海岸有一天然沙灘作為緩衝距離，海浪不會直接拍打閘門，且設有出水口側牆，於現地觀測時，觀測人員可於側牆上進行觀測。外水於滿潮位時約有 100cm 高，與平時水位約有 90~95cm 之高差，內水於滿潮位時，亦與退

潮時水位有約 80cm 之高差，足以供給試驗之水量，不僅其水位差適宜現場觀測，且可同時觀測兩種不同尺寸之閘門開度與流量間關係。海堤現況如圖 3 所示。



外水平常水位

外水滿潮位



內水平常水位

內水滿潮位

圖 3 大甲溪西勢海堤 0k+355 現況
Figure 3 Photos of His-Shih coastal embankment.

分析理論

前台灣省政府水利處(現為水利署)於 1998 年出版之「防洪閘門操作與維護手冊」，將閘門依啟閉裝置分為四類，包括：油壓式、電動機式、手動式及自動式。本研究推估通過閘門之流量時以自動閘門為主，針對自動

閘門推估流量所需之流量係數進行檢討分析，研析過程考慮上下游不同水位與流況，以下就自動閘門之流量估算方式進行彙整。

自動閘門由內外水位自動控制，外水位高於內水位閘門關閉、內水位高於外水位閘門開啟，閘門開啟後水流通過自動閘門，此時閘門開度依水流條件自動調整，加上閘門內外水位差不同，可能出現之情況包括：自由堰流：內、外水位均低於閘門頂，外水位低於門扇底；潛沒堰流：內、外水位均低於閘門頂，外水位高於門扇底；自由閘流：內水位高於閘門頂、外水位低於閘門頂，箱涵內部水流仍有自由液面；管流：內、外水位均高於閘門頂，箱涵內部水流無自由液面。

參考前台灣省政府水利處(現為水利署)水利規劃試驗所於 87 年「區域排水規劃」，不同情況下，通過自動閘門之流量估算方式分別如下所示，各流況之示意圖則繪如圖 4：

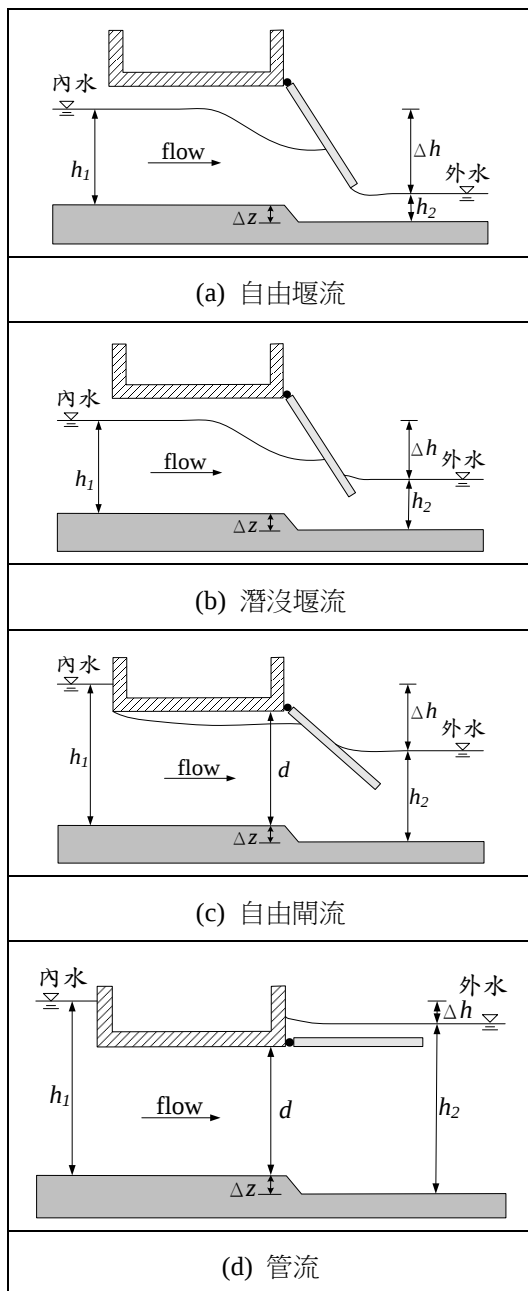


圖 4 流況示意圖

Figure 4 Sketch of flow conditions.

潛沒堰流：

內、外水位均低於閘門頂，且內、外水

位相當而為潛流時，通過閘門水流屬潛沒堰流，其流量公式如下：

$$Q = C_{d2} B \sqrt{2g\Delta h} \left(h_1 - \frac{\Delta h}{3} \right) \quad \text{式 中：}$$

Δh 為內外水位差(= $h_1 + \Delta z - h_2$, m)； C_{d2} 為潛沒堰流之流量係數，閘門介於 0.3~0.5 之間。

自由閘流：

當內水位高於閘門頂，而外水位低於閘門頂，且箱涵內部水流仍有自由液面時，通過閘門水流屬自由閘流，其流量公式如下：

式中： d 為箱涵淨高(m)； C_{d3} 為管流之流量係數，其值介於 0.6~0.8 之間，依箱涵長度及內外水位差 Δh 而定。

管流：

當內、外水位均高於閘門頂，箱涵內部水流無自由液面，通過閘門水流屬管流，其流量公式如下：

式中： C_{d4} 為管流之流量係數，其值介於 0.6~0.8 之間，依箱涵長度及內外水位差 Δh 而定。

試驗方法

1. 現地觀測儀器

$$Q = C_{d3} dB \sqrt{2g\Delta h}$$

$$Q = C_{d4} dB \sqrt{2g\Delta h}$$

為了建構水位、閘門開度與流量係數間之關係，觀測流量之過程需同時觀測內外水

位與閘門開度，通過閘門流量之現地觀測乃藉由聲波都卜勒流速儀(Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)完成，現場水位觀測透過壓力式水位計進行，閘門開度觀測則以角度規完成。

ADCP 是利用超音波測量水流流速，可同時測得該斷面不同水深位置的流速，而得到量測斷面之流速剖面，其量測原理乃依據都卜勒定律，當移動中的聲源向觀測者接近時，測得之頻率較高，聲源遠離時則測得之頻率較低，ADCP 便是使用類似原理，利用儀器在水中同時向多個方向射出聲波，由於自然界的水中都有一些懸浮顆粒(Suspended Sediment, or SS)，這些懸浮顆粒會將部分聲波反射回發射的儀器，如果這些懸浮顆粒是向著儀器接近，反射的頻率會高於發射的頻率，如果是遠離則會低於發射頻率，ADCP 藉著這種頻率的變化就可 (如圖 6 所示)，算出水流速度，流量現地觀測所使用 ADCP 為美國 SonTek 公司所生產 Argonaut-XR RS-3000，為拖曳式聲波式都卜勒三維流速流量計(如圖 5 所示)，可將其架設小艇上以拖曳的方式量測渠道之流速與水深該儀器在量測流速與水深後，可依據測得之流速與通水斷面積自動將該斷面之流量求出，其聲波頻率為 3.0MHz，垂直剖面量測層數至多可達 10 層，量測最大深度為 5 m，流速範圍： ± 6 m/s，量測精度： $\pm 1\%$ 。水位計為 HOBO U20 型壓力式水位計(如圖 7 所示)，該儀器內部的電子式感應器可量測環境中壓力與溫度的變化。其壓力量測範圍：0~30psi，精度為 $\pm 0.1\%$ ，解析度小於 0.09psi；溫度量測範圍： $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，精度在 20°C 時為 0.37°C ，解析度在 20°C 時為 0.1°C 。



圖 5 Argonaut-XR RS-3000 三維流速流量計
Figure 5 Argonaut-XR RS-3000 ADCP.



圖 6 ADCP 搭配小型載具進行閘門流量觀測
Figure 6 Observing gate flow by ADCP on a boat.



圖 7 HOBO 壓力式水位計
Figure 7 HOBO water level gage.



圖 8 日本丸井 LM-90 角度規
Figure 8 Marui Seiki, LM-90 angle gauge.

另外，自動閘門開啟過程除水位影響外，閘門開度更是影響通過流量之重要因素。一般針對垂直啟閉之閘門，其開度定義為閘門開啟時門扇底部高程與渠道之高程差，自動閘門開度之定義為閘門開啟時門扇與安裝面之夾角，垂直啟閉閘門可利用機械裝置上升之距離藉以換算開度，自動閘門市面上並無可供利用之開度計。因此，自動閘門開度乃自行設計觀測裝置，於門扇上沿裝設 L 型鐵製支撐架，欲觀測閘門開啟角度時，將角度規置於其上，則可透過角度規之讀數觀測，

推求閘門開啟角度。現場開度觀測之角度規為日本製丸井(Marui Seiki, LM-90)，量測範圍為 0~90 度，最小讀值為 1 度，其底部附磁性，觀測時可以磁性固定於 L 型鐵製支撐架上，圖 8 為日本丸井 LM-90 角度規。

2. 現地觀測儀器佈置與流程

現場試驗採用 ADCP 於閘門內水側之渠道，進行不同水位情況之流量連續觀測，觀測過程以角度規計搭配照相機記錄閘門開度，閘門內外水之水位則以壓力式水位計連續紀錄，試驗結束後以電腦讀取流量量測當時之水位，建構出不同水位差時通過閘門之流量及閘門開度，進而推得可能之流量係數。

現地觀測進行時現場儀器佈置示意圖如圖 9 所示，壓力式水位計兩具分別架設於 2.5m×4.1m 自動閘門內水側導流牆(距離箱涵入口約 2.0m)與外水側閘門側牆(距離自動閘門出口約 4.0m)，水位計架設處並設置塑膠管確保觀測時水位穩定，水位計架設位址確定後，利用已知堤防高程引測水位計架設位址底床高程值，以壓力式水位計測得水深資料，即可記錄試驗過程內、外水水位，藉以計算內、外水高程差。

由於觀測地點屬感潮區，現場水位與流況受潮汐影響嚴重，流量觀測過程需要迅速且確實。由閘門流量現場觀測之過程可知，利用 ADCP 觀測通過 2.5m×4.1m 之大型閘門於 2 分鐘內即可完成整個觀測作業，由於觀測過程所需延時小，可減低觀測排水過程變量流所造成之誤差，與傳統普萊斯流速儀相較，本研究採用 ADCP 觀測流量，具有觀測快速與觀測測點流速樣本多之優點。

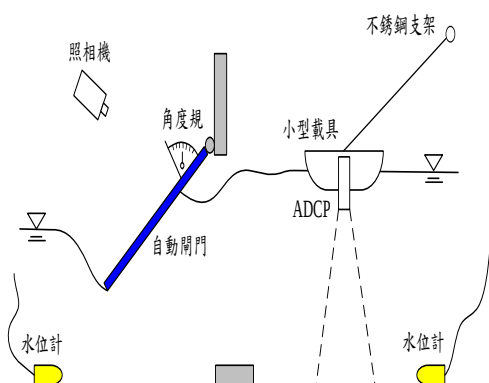


圖 9 觀測儀器佈置

Figure 9 Schematic diagram of instrument setting.

結果與討論

現場觀測共進行四個測組，分別於 2012 年 5 月 26 日、2012 年 6 月 4 日、2012 年 6 月 20 日及 2012 年 8 月 3 日，第一與二測組利用現場退潮過程內外水位所形成之潮差進行，第三與四測組利用泰利(Talim)颱風與蘇拉(Saola)颱風期間降雨集流於排水渠道所形成之高流量進行，觀測過程內外水位變化如圖 10~圖 13 所示，圖中箭頭代表觀測進行時間，代號 L 為進行現場 4.1 公尺 x 2.5 公尺大型閘門通過流量觀測，代號 S 為進行現場 1.5 公尺 x 1.5 公尺小型閘門通過流量觀測。閘門開度、內外水位及流量觀測成果詳列於表 1 中。

圖 10 為第一測組現場觀測水位變化，利用退潮過程進行通過閘門之流量觀測，觀測進行時閘門皆為潛沒流況，其內外水位差約為 0.01m，現場觀測之流量係數介於 0.19~0.26 間，與詹翔屹(2013)水工模型試驗推估之流量係數約為 0.23，相去不遠；圖 11 為第二測組流量觀測現場水位變化，閘門內

外水位差介於 0.03~0.06m 間，測組閘門包含 L 與 S。由表 1 中可見，在水位差相近情況下，S 閘門開度約為 L 閘門之兩倍，皆於 0.1~0.15 附近。將流量係數與室內模型試驗值(詹，2013)比較，模型試驗值則在 0.3~0.4 間，試驗與現場觀測之落差可能為觀測進行當日現場風速較高，外水側水位變動較大，在排水流出過程水位變動情況，使外水位出現瞬間高於內水位，閘門出現時而開啟、時而關閉之情形，由於觀測過程中出流不連續導致流量係數下降低於水工模型試驗值，然此現象可供在實務設計時借鏡，當設計之閘門無因次化內外水位差較小時，需考慮水位變動之影響，適度降低流量係數，以提高設計之安全性。

第三測組於颱風豪雨期間進行，觀測期間適逢退潮階段，觀測進行時閘門皆為潛沒流況，現場水位因雨量減小在觀測後期水位略微下降，現場觀測水位變化如圖 12 所示，內外水位差約在 0.12m。此例中，S 閘門之開度約為 L 閘門之 1.5 倍，閘門開度隨內外水位差上升，其成長雖非線性，但小型閘門開度仍遠較大型閘門大。現地觀測之流量係數與模型試驗值比較，其值皆相近或略小於，其中 S 閘門之流量係數與水工模型試驗較為一致，而 L 閘門推測由於單寬重較高，在相應之內外水位差下，無法達到與模型試驗閘門相等之開度，由於開度降低的情況下，導致流量係數減低。

第四測組於蘇拉颱風豪雨期間進行，觀測期間適逢退潮階段，現場水位變化繪如圖 13，觀測進行時閘門皆為潛沒流況，觀測時現場大型閘門受漂流物堆積影響，無法進行流量觀測，僅針對小型閘門進行流量係數檢

定觀測作業，小型閘門之內外水位差約在 0.12~0.16 公尺，流量係數在 0.5~0.6 間，與模型試驗結果相符合。

由現場流量係數檢定試驗結果可知，原則上水位差越大，閘門開度與流量皆越大，流量係數亦隨之增大，但在水位差 0.05m 附近時，其值反而下降，而後再次上升。小型閘門單寬重量較輕，遇水流通過時易於開啟，易達到與水工模型試驗閘門相仿之開啟程度，在水位差較低時，小型閘門開度可達大型閘門之 2 倍，隨水位差上升，其開度仍可達大型閘門之 1.5 倍；大型閘門設計之初顧及門體之安全，採用較多之橫樑與縱樑，導致門體之單位重量較重，水流通過時開啟之角度較小，閘門對水流造成額外阻力，以同樣方式設計，將提高排水不及之風險。建議大型閘門施作時，可以改變配重設施，透過增加開度方式，提升閘門流量係數，增加排水效率，使內水側之渠道水量能快速排除。

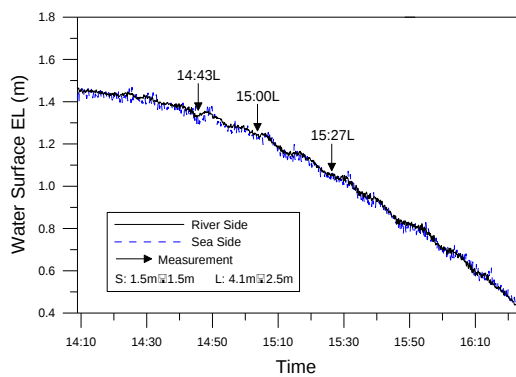


圖 10 第一組現場觀測水位變化
Figure 10 The water level changes of the first observations.

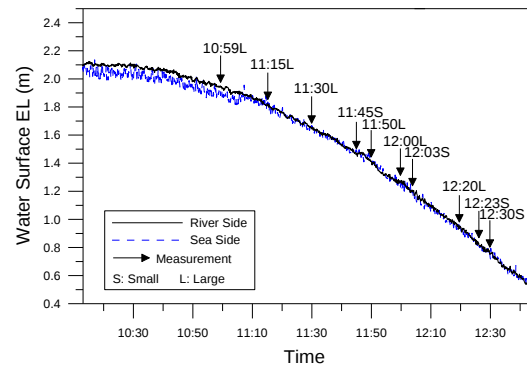


圖 11 第二組現場觀測水位變化
Figure 11 The water level changes of the second observations

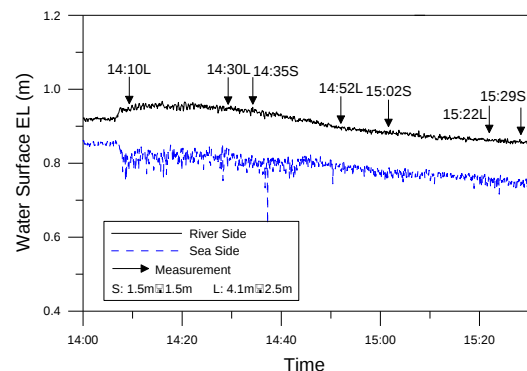


圖 12 第三組現場觀測水位變化
Figure 12 The water level changes of the third observations.

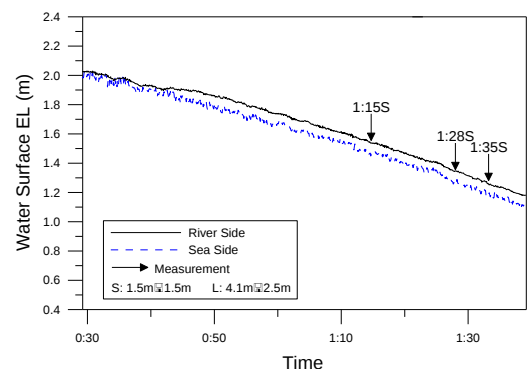


圖 13 第四組現場觀測水位變化
Figure 13 The water level changes of the fourth observations.

結論

本文以大甲區西勢海堤 0k+355 之閘門現場觀測試驗結果，由退潮過程內外水位差及颱風期間高流量之條件下，探討流量係數之變化，可歸納下列幾點結論：

1. 觀測之閘門位於河段下游，出口高程落差較小者，內外水位差較小，閘門可能多遭遇潛沒流況，且外水水位變動時，可能造成出流不連續，影響出流情況，設計排水時應考量水流條件最不利情形，即外水位最高時之流況。
2. 內外水位差距小時(以本研究觀測案例為 0.05m)，小型閘門開度為大型閘門之 2 倍，而流量係數則差異不大，且皆明顯小於水工模型試驗(詹，2013)之結果。
3. 內外水位差距大時(以本研究觀測案例為 0.1m 以上)，小型閘門開度為大型閘門之 1.5 倍，且小型閘門之流量係數與水工模型試驗結果較為一致，大型閘門則有所折減。
4. 考量大型閘門單位重較重，會導致閘門流量係數因開度縮減而降低，增加內水不及排出之風險。設計時宜注意此效應，增加配合措施，如輔助起閉裝置等，藉以增加開度，克服流量係數降低可能衍生之問題。

參考文獻

1. 水工環境防災技術研究會(2004)，水門工學，技報堂出版。
2. 朱國賢、項明(2005)，「沿海擋潮閘閘下

淤積分析與疏浚技術」，海洋工程，第 23 卷，第 3 期，第 115-115 頁。

3. 吳仲穆(2010)，「自動灌排水門創意設計之研究」，碩士論文，高雄第一科技大學機械與自動化工程所。
4. 沈志剛(2001)，「利用漲落潮水流沖刷河口閘閘區淤積」，華北水利水电學院學報，第 3 期，第 107-112 頁。
5. 許曠顯(2006)，「改善排水技術與對策之研究---以台中縣五甲流域為例」，碩士論文，逢甲大學土木工程所。
6. 詹翔屹(2013)，「自動閘門水利特性之渠槽試驗研究」，國立中興大學水土保持系碩士論文。
7. 經濟部水利署水利規劃試驗所(1998)，「區域排水規劃」。
8. Lewin, J. (1995), Hydraulic at sand valves in free surface flow and submerged outlets. Thomas Telford Services Ltd.
9. Litrico, X., Belaud, G., Baume, J. P. and Jose R. B. (2005), "Hydraulic Modeling of an Automatic upstream water-level control gate." Journal of irrigation and drainage engineering, Vol.131, No.2, pp. 176~189.

103 年 03 月 28 日收稿

103 年 04 月 07 日修改

103 年 04 月 14 日接受

詹勳全、黃錦邦、陳右錚:大甲溪西勢海堤防潮閘門流量係數現地試驗研究

表 1 閘門開度、內外水位及流量現場觀測成果

Table 1 The observing results of opening angle, water level and discharge

流量(cms)	內水位(m)	外水位(m)	開度(°)	觀測延時(sec)	流量係數 C_d	水位差(m)	流況	觀測時間	水工試驗 流量係數 C_d	備註
0.282	1.35(退潮)	1.34(退潮)	3.5	117.73	0.19	0.01	潛沒	2012 年 05 月 26 日 02:43 PM	0.22	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.316	1.24(退潮)	1.23(退潮)	4.5	120.28	0.23	0.01	潛沒	2012 年 05 月 26 日 03:00 PM	0.22	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.290	1.02(退潮)	1.01(退潮)	4.0	150.38	0.26	0.01	潛沒	2012 年 05 月 26 日 03:27 PM	0.25	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.536	1.91 (退潮)	1.85 (退潮)	7.0	117.08	0.10	0.06	潛沒	2012 年 06 月 04 日 10:59 AM	0.39	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.433	1.77 (退潮)	1.74 (退潮)	6.5	139.94	0.13	0.03	潛沒	2012 年 06 月 04 日 11:15 AM	0.30	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.389	1.61 (退潮)	1.58 (退潮)	6.0	140.72	0.13	0.03	潛沒	2012 年 06 月 04 日 11:30 AM	0.30	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.222	1.43 (退潮)	1.40 (退潮)	10.0	39.16	0.14	0.03	潛沒	2012 年 06 月 04 日 11:45 AM	0.36	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
0.224	1.32 (退潮)	1.29 (退潮)	5.0	87.28	0.09	0.03	潛沒	2012 年 06 月 04 日 11:50 AM	0.30	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.317	1.19 (退潮)	1.14 (退潮)	5.0	84.89	0.11	0.05	潛沒	2012 年 06 月 04 日 12:00 PM	0.36	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.261	1.14 (退潮)	1.09 (退潮)	9.0	26.99	0.16	0.05	潛沒	2012 年 06 月 04 日 12:03 PM	0.45	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
0.165	0.87 (退潮)	0.82 (退潮)	4.5	109.22	0.08	0.05	潛沒	2012 年 06 月 04 日 12:20 PM	0.36	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
0.181	0.81 (退潮)	0.76 (退潮)	7.5	26.74	0.15	0.05	潛沒	2012 年 06 月 04 日 12:23 PM	0.45	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
0.162	0.68 (退潮)	0.63 (退潮)	7.5	20.51	0.16	0.05	潛沒	2012 年 06 月 04 日 12:30 PM	0.45	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
1.165	0.95 (退潮)	0.81 (退潮)	22.5	117.08	0.37	0.14	潛沒	2012 年 06 月 20 日 14:10 PM (泰利)	0.55	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
1.431	0.94 (退潮)	0.81 (退潮)	22.0	139.94	0.47	0.13	潛沒	2012 年 06 月 20 日 14:30 PM (泰利)	0.54	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
1.319	0.94 (退潮)	0.80 (退潮)	33.5	38.16	0.70	0.14	潛沒	2012 年 06 月 20 日 14:35 PM (泰利)	0.65	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
0.913	0.89 (退潮)	0.79 (退潮)	18.0	120.52	0.36	0.10	潛沒	2012 年 06 月 20 日 14:52 PM (泰利)	0.48	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
1.207	0.88 (退潮)	0.78 (退潮)	29.0	35.77	0.81	0.10	潛沒	2012 年 06 月 20 日 15:02 PM (泰利)	0.59	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
0.852	0.86 (退潮)	0.75 (退潮)	18.0	118.37	0.34	0.11	潛沒	2012 年 06 月 20 日 15:22 PM (泰利)	0.50	4.1 公尺×2.5 公尺 (L)
1.037	0.86 (退潮)	0.74 (退潮)	28.0	33.95	0.66	0.12	潛沒	2012 年 06 月 20 日 15:29 PM (泰利)	0.62	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
2.730	1.51(退潮)	1.39 (退潮)	24.0	35.82	0.54	0.12	潛沒	2012 年 08 月 03 日 13:15 PM (蘇拉)	0.52	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
2.604	1.28 (退潮)	1.15 (退潮)	22.0	37.08	0.59	0.13	潛沒	2012 年 08 月 03 日 13:28 PM (蘇拉)	0.54	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)
2.485	1.18 (退潮)	1.02 (退潮)	22.0	32.78	0.58	0.16	潛沒	2012 年 08 月 03 日 13:35 PM (蘇拉)	0.57	1.5 公尺×1.5 公尺 (S)

水土保持學報 46 (3): 1105 – 1116 (2014)

Journal of Soil and Water Conservation, 46 (3): 1105 – 1116 (2014)