

魚塭區域之排洪特性與防止溢堤方案

Regional Drainage Characteristics and Overflow Prevention in a Fish Farm Area

國立臺灣大學
生物環境系統工程學系
博士生

張向寬

Hsiang-Kuan Chang

國家實驗研究院
台灣颱風洪水研究中心
副研究員

權順忠*

Shun-Chung Tsung

國立臺灣大學
水工試驗所
研究員

賴進松

Jihn-Sung Lai

國立臺灣大學
生物環境系統工程學系
教授

譚義績

Yih-Chi Tan

摘要

臺灣西南沿海魚塭養殖業發達，但魚塭區域多為低窪地區，在暴雨時常因重力排水不良加上魚塭抽排水造成排水幹線溢堤而淹水。為掌握魚塭區域排洪特性及提出淹水改善方案，本文以嘉義縣義竹鄉後鎮大排為研究區域，應用暴雨水流經理模式(SWMM, Storm Water Management Model)進行該區域水理演算，並以莫拉克颱風(2009/8)實測水位進行模式校驗。研究中以重現期 25 年設計降雨(350 mm/day)進行水理模擬，且給定魚塭抽排規則。淹水改善方案則考慮：1)堤防加高；2)設置抽水機組及 3)魚塭預先抽排等三種。模擬結果顯示魚塭預先抽排可有效防止排水幹線溢淹情況發生。魚塭若能於降雨前進行抽排降低水位，且配合低潮位時利用重力方式控制排水幹線內為低水位，之後關閉出口閘門以隔絕潮位對排水幹線水位之影響。如此將製造整體滯洪儲水空間以有效容納降雨並減少魚塭抽排至排水幹線之水量，進而防止進入排水幹線之水量超過其負荷而溢淹。研究區域僅需整體降低魚塭內 7 cm 水深及控制後鎮大排初始水位於 0 m 則可於重現期 25 年設計降雨時不發生溢淹。魚塭預先抽排改善方案為預防型作為，因此在實際操作時可參考降雨預報資料做為模擬輸入條件，以決定魚塭抽排深度，而河川管理單位則可依此逕行公布並協助預先抽排以降低災損。

關鍵詞：養殖魚塭，排洪特性，暴雨水流經理模式。

ABSTRACT

Most of fish farms in Taiwan are located near the southwest coast where the ground level is low, even lower than the sea level. Inundations often happen in typhoon event

*通訊作者，國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心，10093 台北市中正區羅斯福路 1 段 97 號 11 樓，yinwei99@ms26.hinet.net

due to flow over embankment top. The two main causes are poor gravitational drainage system and extra inflow drained from fish farms. To master the drainage characteristics in fish farm area and suggest measures of inundation prevention, the Houzhen catchment system in the Chiayi County was selected as study area. The numerical model, Storm Water Management Model (SWMM), was applied to water level simulations in the Houzhen drainage system and the measured water level data in the Morakot Typhoon were used for model calibration and validation. In this study, the 25 year return period design rainfall (350 mm) and drainage regulation in fish farm were given for all scenarios. Three measures for inundation prevention were considered: 1) raising embankment top; 2) installing pumps and 3) fish farm pre-drainage. Based on simulation results, the fish farm pre-drainage effectively prevented inundation. Lowering water level in the fish farms and keeping the low water level in the main drainage channel by gravitational drainage in low tide were performed before rainfall. The channel gate was finally closed to isolate the tide influence. Fish farm pre-drainage created enough storage space for rainfall and extra inflow from fish farms. In this area and based on the given situations, lowering water level of 7 cm in fish farms and giving initial water level of 0 m in the main drainage channel would prevent inundation as 25 year return period design rainfall occurred. Fish farm pre-drainage was a preventive way for inundation. Therefore, rainfall forecasting could be used as input data of simulations to determine the pre-drained water depth. Furthermore, river management agency would announce and assist fish farm owners to operate the pre-drainage.

Keywords: Fish farm, Inundation, Pre-drainage, Storm water management model.

一、前言

台灣地區養殖魚塭集中於西南部沿海平原或低窪地區，主要分布於彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣等縣市。2009年8月莫拉克颱風造成嘉義縣義竹鄉濱海魚塭區域嚴重淹水。圖1為後鎮大排雨量站降雨組體圖，其資料顯示最大降雨發生於8月9日，降雨強度為70 mm/15 min，其中8月6日至8月9日間總累積降雨為1,550 mm。降雨期間漁民為防止魚塭內水溢堤造成養殖魚類流出魚塭，因此抽排魚塭內積水至後鎮大排，最後後鎮大排因無法負荷過多魚塭抽排水量而溢淹。魚塭排水情況與淹水狀況如圖2至圖4所示。

由颱風事件觀察發現魚塭區域排水特性與都市地區顯著不同，而於綜合治水議題中滯洪設

設施規劃為重要防治對策，部分研究應用滯洪設施於沿海地層下陷區，並使淹水問題獲得大幅改善(水利規劃試驗所 2004)。一般農業區中水田具有涵養水資源功能，部分研究結果顯示水田的蓄留功能對於調節洪峰流量與延遲洪峰時間有相當大的助益(吳瑞賢及張家軒 1996、蘇惠珍等 2009、陳榮松等 2009、丁澈士等 2008)。然沿海區域低窪地區之魚塭亦具有滯洪功能(蔡長泰及高家俊 2003)，若考慮魚塭為滯洪池則可做為洪水控制，以減輕水患災害造成的經濟損失(鄧枝安等 2011)。魚塭區域在降雨初期或降雨量小時，降雨為魚塭所蓄存，並未排至排水幹線。然而當發生較大降雨時，漁民為維持養殖魚類生存條件或避免魚塭堤防溢堤，常以抽水機將魚塭內水排至排水幹線(陳德豪 2010)。若遇下游排水出口為高潮位或閘門操作不當而無法順利排水時，將發

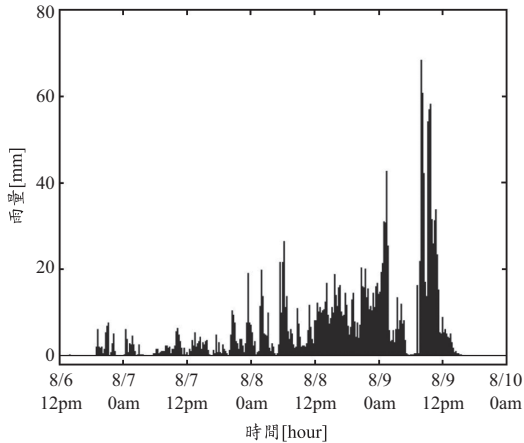


圖 1 莫拉克颱風之雨量組體圖：後鎮大排出口站



圖 2 後鎮大排周邊魚塭排水狀況

生排水幹線內水位超越堤防頂而使魚塭區域發生淹水。因此本研究因應沿海魚塭區域特殊產業型態、地文特徵、排洪特性，且應用滯洪概念提出預防魚塭區域淹水方案。

魚塭區域排洪特性與集水區地形特性、排水出口閘門操作、潮位、養殖魚種及魚塭抽排操作方式有關。為掌握魚塭區域排洪特性及提出淹水改善方案，本研究將以嘉義縣義竹鄉沿海之後鎮大排作為模擬分析區域，研究中蒐集魚塭區域地文資料、平時與颱風事件之降雨量及排水幹線內水位觀測資料，並調查魚塭之抽排操作特性。研究中利用暴雨水流經理模式(SWMM, Storm Water Management Model)模擬魚塭蓄洪與抽排及排水幹線水理(Tsirikintzis *et al.* 2003)，進而研擬淹水改善方案，包括魚塭預先抽排、排水幹線堤防加



圖 3 莫拉克颱風時後鎮大排水位高於周邊魚塭水位



圖 4 莫拉克颱風時後鎮大排周邊淹水情況

高及排水幹線出口設置抽水站。最後提出實際操作方式，以作為管理單位防災應變參考依據。

二、研究範圍與現場調查

本研究區域為嘉義縣義竹鄉後鎮大排，其位置如圖 5 所示，全長為 4 km，渠寬為 5-18 m，上下游邊界之渠底高程分別為 -0.35 及 -2.2 m。部分渠道因淤積而產生逆坡。後鎮大排大排兩側堤防高度不一，平均堤頂高程為 1.5 m，而高程最低為 1.04 m。圖 6 為後鎮大排集水區及魚塭調查區域，後鎮大排上共設有 24 個斷面。魚塭調查區域於編號 05 與 09 間兩岸。後鎮大排集水區總面積為 3.73 km²，其中魚塭總共約 487 口，面積為 3.46 km²，佔整個集水區面積 88%，其餘區域則為排水路、道路與房舍。

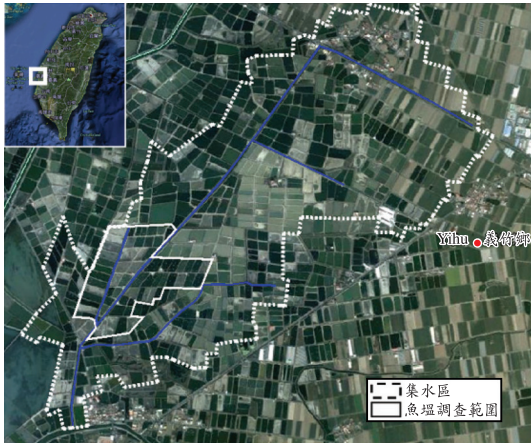


圖 5 嘉義縣義竹鄉後鎮大排與魚塢範圍

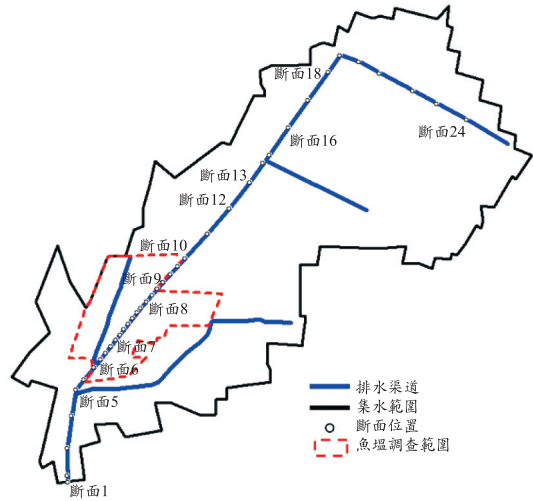


圖 6 魚塢調查區域及後鎮大排各断面位置

研究區域內養殖魚種多樣，主要以淡水或半鹹水養殖為主，養殖魚種包括虱目魚、鰻魚、吳郭魚、白蝦、鱸魚、草魚、大頭鯪。多數魚種可以淡水養殖或馴化後以低鹽度方式養殖。根據現場調查得知，本區域養殖魚種不受降雨導致之鹽度變化。然而若過多降雨導致魚塢內水溢流使養殖魚流失，此情況將造成養殖戶嚴重損失。調查區域內魚塢平均養殖水深約為 1-1.5 m，魚塢堤頂高度距魚塢水面為 1-1.5 m。然而於莫拉克颱風事件後，大部分漁民對所屬魚塢堤岸進行加高，使得魚塢水面距塢堤高度達 1.5-2.5 m。研究區域內魚塢養殖池面積為 3,000-5,000 m²，漁民視養殖池大小配置抽水馬達，其原則為面積 3,000 m² 配置 1 組 5HP 或 2 組 2HP 之抽水馬達，而面積為 5,000 m² 以上則使用 2 組 4HP 抽水馬達，排水管直徑為 4.5 in。為節省電力費用常以暗管連通數個養殖池。水利規劃試驗所於 2009 年於後鎮大排出口閘門設置自計式水位計(資料擷取頻率為 15 min)與雨量計(譚義績等 2010)。後鎮大排出口閘門外平均高潮位為 1.03 m，平均低潮位為 0.1 m，其潮差為 0.93 m。

三、水理模式之介紹與驗證

本研究採用美國環保署(EPA U.S.)所發展之暴雨水流經理模式(SWMM, Storm Water Management Model)。SWMM 模式主要依據變量流理

論，以一維連續方程式與動力波理論為基礎，依水流特性將模式分成地表逕流(RUNOFF)與排水幹管輸水(EXTRAN)兩部份。地表逕流模組可模擬排水系統集水區內每一集水分區之降雨逕流歷線。排水幹管輸水模組為動態水理演算模式。地表逕流為雨量降落地面後，流入各排水幹管前之水流狀況。模擬方式是經由動力波逕流演算，計算匯入各排水渠道断面節點之流量歷線。幹管輸水部份則是利用疊代法求解動力波方程式，計算各排水幹管系統水位流量及溢出断面節點流量歷線。因此在模擬一般區域排水系統時，將各断面節點次集水面積、降雨資料及次集水區地文資料輸入地表逕流模組，計算匯入各排水渠道断面節點水流流量歷線，再由幹管輸水模組計算排水幹管水位流量以及溢出断面節點之流量。模擬本研究區域時，則將降雨量直接輸入魚塢，由魚塢抽水機抽排至各排水渠道断面節點，再利用幹管輸水模組計算排水幹管水位流量以及溢出断面節點流量。

SWMM 模式依水流特性分別給予合理假設以簡化方程式。關於管路水理演算係採用一維變量流理論。根據變量流方程式：

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

表 1 各種管路與渠道粗糙係數表

溝(管)渠種類		使用材料	粗糙係數 n 值
排水管	直徑 ≥ 0.60 公尺	鋼筋混凝土	0.013
	直徑 < 0.60 公尺		0.015
U 型溝		混凝土或 鋼筋混凝土	0.016
矩形箱涵		鋼筋混凝土	0.015
梯形明溝		漿砌卵石(抹面)	0.014
		漿砌卵石(未抹面)	0.025
鋼筋混凝土護岸		鋼筋混凝土	0.015
玻璃纖維管(FRP)			0.010

資料來源：內政部營建署「市區道路工程規劃及設計規範之研究」(2008 年 3 月)

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} = S_0 - S_f \dots\dots\dots (3-2)$$

式(3-1)及(3-2)為無側流情況下一維緩變量流連續方程式及動量方程式，式中 Q 為流量， x 為沿水流方向座標， V 為斷面平均流速， y 為水深， t 為時間， g 為重力加速度， n 為曼寧糙度係數， R 為水力半徑， S_0 為渠底縱向坡度， S_f 為能量坡度，利用曼寧公式計算可得 $S_f = \frac{V^2 n^2}{R^{4/3}}$ 。

魚塢區域排水系統模擬分析前需先蒐集以下資料：1)排水渠道斷面位置及形狀；2)魚塢面積與塢堤高度；3)魚塢養殖水深、養殖魚種及其生存條件、抽排水流方向及抽排操作原則；4)實測雨量資料、實測排水渠道水位資料、排水渠道出口潮位及設計雨型資料。魚塢區域內雨量及水位為實測資料(譚義績等 2010)。魚塢分佈情形及面積則依航照圖估算。魚塢各養殖池蓄水狀況、連通方式、抽排流向與抽排馬力，則根據現地調查結果進行模式設定。模式內設定魚塢內初始水深為 1.2 m，可蓄水高度為 2 m。當水位超過 1.4 m 時開始抽水至排水幹線。

模式中主要調整渠道曼寧糙度，其初始值可依照調查結果及參考表 1 給定，再依模擬結果與量測水位進行比較並渠道曼寧糙度調整。本研究驗證案例包括未降雨情況與颱風事件，首先

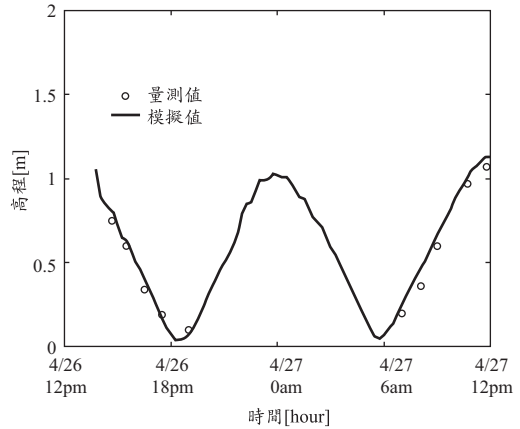


圖 7 未降雨時斷面 13 處量測與模擬水位比較 (2010 年 4 月 26-27 日)

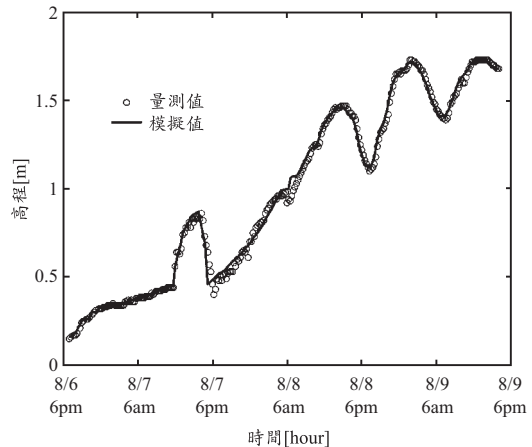


圖 8 莫拉克颱風時斷面 1 處(下游出口閘門處)量測與模擬水位比較

模擬條件為未降雨情況且出口閘門開啓(受潮汐影響)之狀況。下游邊界為後鎮大排出口外水位資料(2010/4/26-27)，比較斷面 13 位置模擬與實測水位，如圖 7 所示，比較結果顯示兩者水位接近。颱風事件模擬案例則考慮莫拉克颱風事件，降雨量資料如圖 1 所示並做為輸入條件，並假設集水區內為均勻分佈降雨，下游閘門操作設定則依當時現場操作狀況，分成閘門開啓及關閉兩部份。圖 8 為下游出口閘門上游側水位模擬結果與時實測水位比較。在 8 月 7 日 12 時前下游閘門為關閉，因此後鎮大排水位持續上升，8 月 7 日

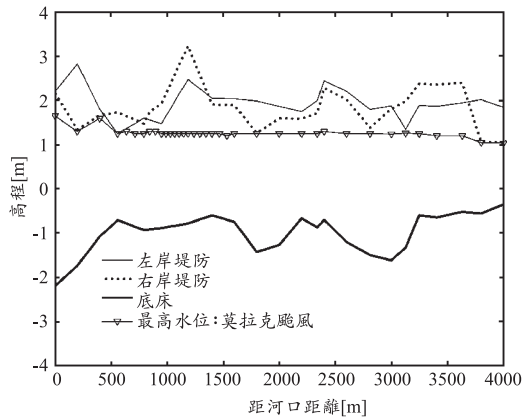


圖 9 莫拉克颱風時各斷面最高水位水面線

12 時附近水位發生明顯跳動，其原因為閘門開啓但 5 小時後又再次關閉，直至 8 月 8 日 12 時後閘門才再度開啓，之後水位除持續升高外亦受外水潮汐影響。由模擬結果顯示模擬水位與實測水位一致，亦表示各參數之設定可適切反應現場狀況。圖 9 為後鎮大排內各斷面最高水位水面線模擬結果，其顯示多處水位高程與左右岸堤頂高程重疊，此表示該處發生溢流，經比對發現溢堤位置與現場調查結果相同。以上模式驗證結果顯示水理模式 SWMM 可充分反應現場後鎮大排於颱風事件時之水理現象。

四、魚塢區域排水特性模擬分析

為了解魚塢區域排水特性與一般都市地區排水特性差異，並分析後鎮大排出口受潮汐影響，故以重現期 25 年之降雨量為輸入條件(區域排水設計標準)。假設三種不同下游邊界條件：a)自由跌水；b)固定低潮位及 c)固定高潮位。一般都市地區排水與魚塢區域排水之差異為降雨至地面後並無儲蓄功能，且水流直接匯入排水幹線。

本研究中一般都市地區排水集水區之面積與後鎮大排集水區相同，但將魚塢區域以一般次集水區替代，並使用 SWMM 模式中 RUNOFF 模組先行輸入降雨量以計算匯入各排水渠道斷面節點逕流量歷線。於模擬魚塢區域排水時，則將降雨量直接輸入魚塢，再由魚塢內抽水機抽排至

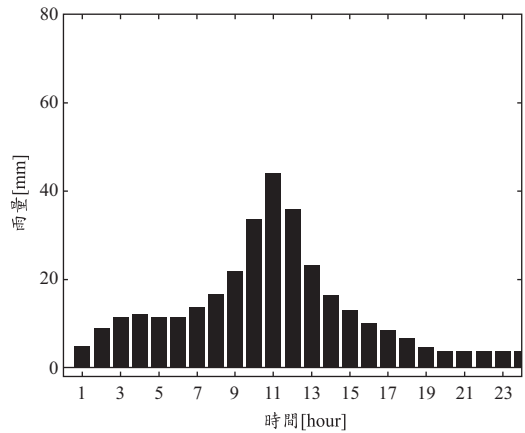


圖 10 後鎮大排集水區重現期 25 年設計降雨組體圖

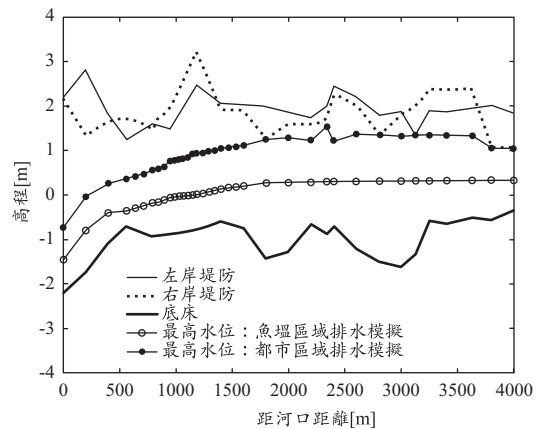


圖 11 下游邊界為自由跌水時各斷面最高水位剖面線

後鎮大排中設定之各節點。最後兩者皆由幹管輸水模組計算後鎮大排水位、流量及節點處溢流量。

本研究採用嘉義縣溪口雨量站資料[2]，其重現期 25 年 24 小時之設計降雨組體圖如圖 10 所示，總降雨量為 350 mm，而最大尖峰降雨強度為 47 mm。後鎮大排內初始水位為 0 m。研究中分別模擬三種不同邊界條件時魚塢區域與一般都市地區排水特性。圖 11 為自由跌水下游邊界時之各斷面最高水位剖面線模擬結果。模擬結果顯示一般都市地區排水部份斷面位置之最高水位已與堤防高程重疊，此表示該處發生溢流，但

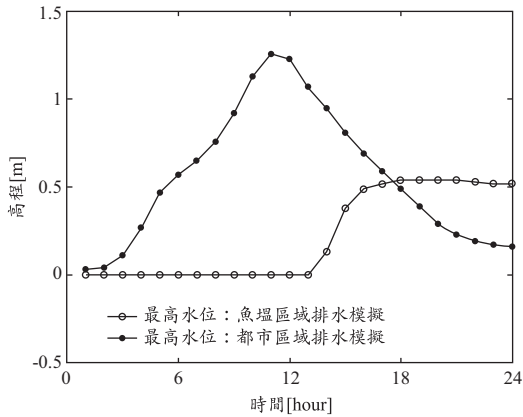


圖 12 下游邊界為自由跌水時斷面 5 之水位歷線

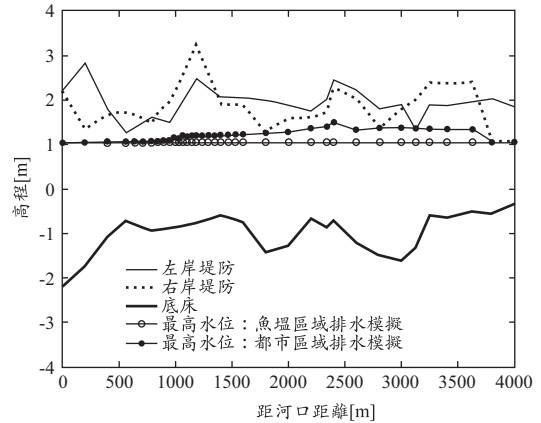


圖 14 下游邊界為高潮位時各斷面最高水位水面線

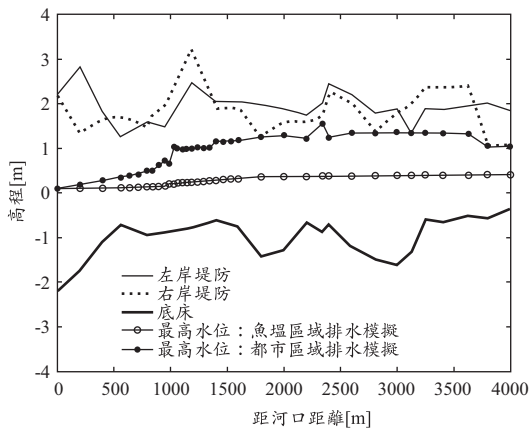


圖 13 下游邊界為低潮位時各斷面最高水位水面線

若考慮該區域為魚塭時其最高水位較一般都市地區低約 1 公尺，且發生無溢流。圖 12 為斷面 5 水位歷線模擬結果，其顯示一般都市地區在降雨開始後地表逕流入後鎮大排中，且水位持續上升直至降雨尖峰(第 11 小時)後才逐漸下降。然考慮魚塭區域時，其水位歷線約於第 13 小時後才開始上升，但因魚塭抽水機持續抽排，因此水位達最高水位後維持穩定之水位，兩者最高水位相差 0.75 m。圖 13 為固定低潮位下游邊界時之各斷面最高水位模擬結果。模擬結果顯示一般都市地區時部份斷面最高水位與堤防高程重疊，此表示發生溢流，然考慮該區域為魚塭時其最高水位因受下游固定低潮位影響，後鎮大排內

之水位維持於 0 m，且無溢流現象發生。圖 14 為固定高潮位下游邊界時之各斷面最高水位模擬結果。模擬結果顯示一般都市地區時部份斷面最高水位與堤防高程發生重疊，此表示發生溢流，然考慮該區域為魚塭時其最高水位因下游固定高潮位影響，後鎮大排內之水位維持於 1.05 m，且僅於上游斷面位置發生溢流。

綜合以上模擬結果，魚塭區域在降雨初期暫時蓄積雨水具有滯洪池用，直至魚塭開始抽排後始有流量流入後鎮大排，因此相較於一般都市地區時可舒緩排水幹線於尖峰降雨時之排洪負擔。此外後鎮大排內水位受潮汐影響甚大，若出口為自由跌水邊界條件，水流可順利排出。但當受高潮位時水流無法順利排出，若加上魚塭抽排，則使後鎮大排內水位達堤防頂高程而發生溢流與淹水現象。以上模擬案例發生溢堤位置皆於距後鎮大排出口上游 1800、2810、3800 及 4000 m 處，此四處之右岸堤防為後鎮大排較低處，因此水流易由此處溢流。

五、淹水改善方案設計與模擬結果分析

由第四節模擬結果可知，魚塭區域於降雨初期可蓄積雨水，當魚塭內水位上升至抽排標準時，才進行抽排將多餘蓄水排入後鎮大排。然而後鎮大排內水位明顯受出口潮位影響。因此遇颱風時後鎮大排出口閘門應關閉以隔絕外水位影響。為改善研究區域內排水狀況，在重現期

25 年 24 小時設計降雨量及後鎮大排內初始水位為 0 m 之條件下研擬改善方案。

為防止後鎮大排溢堤淹水使養殖魚貨流失，漁民常自行增加堤防高度，尤其於過去淹水事件後堤防高度皆大幅增加。但根據現地訪查結果顯示，儘管堤防持續加高但淹水事件依然頻繁發生。因此改善方案 1 將考慮堤防加高對淹水防治之效果。再者流域管理單位常針對易淹水區域於颱風期間前佈設抽水機或興建固定式抽水站，以期增加區域排水效率。然而限於抽水機佈設數量與抽水效能，可排出水量則有所限制。為了解抽水機對於魚塢區域淹水防治效果及要求，故於改善方案 2 中考慮抽水機之操作。提高堤防高度及以抽水機加速排水為魚塢區域常見之淹水防治方式，屬於工程方法。然研究中已證明魚塢蓄積雨水特性之非工程手段可延遲後鎮大排水位上升速率與高度。若能善用此特性則可有效紓解後鎮大排承載降雨及抽排水量，因此改善方案 3 將考慮如何增加魚塢蓄積降雨之能力與討論其溢堤淹水改善程度。以下則針對各改善方案與模擬情境進行說明。

改善方案 1：提高後鎮大排左右岸堤防高度。此改善方案之情況為魚塢不預先進行排水(魚塢內初始水深為 1.2 m，水位達 1.4 m 時進行抽排)且於降雨前將出口閘門關閉，提高堤防高度為增加後鎮大排容積以容納魚塢抽排水量。模擬情況為以試誤方式訂出不發生溢堤之最低堤防高度。後鎮大排內之初始水位為 0 m。

改善方案 2：於後鎮大排出口處設置抽水機，並在降雨前關閉出口閘門，先行抽排使後鎮大排內水位降至 -0.5 m，以增加後鎮大排容積以容納魚塢抽排水量，但魚塢不預先進行排水。待降雨後魚塢水位上升至抽排標準後再啟動抽水。其目的為測試僅以抽水機操作方式防止溢堤淹水之成效並以試誤方式決定不發生溢堤之抽水機最低排水量。

改善方案 3：在降雨發生前且後鎮大排出口處為低潮位時開啓出口閘門，然後進行魚塢內預先抽水。待魚塢抽排完畢後維持後鎮大排水位於 0 m 且關閉出口閘門。其目的為使魚塢內水位下

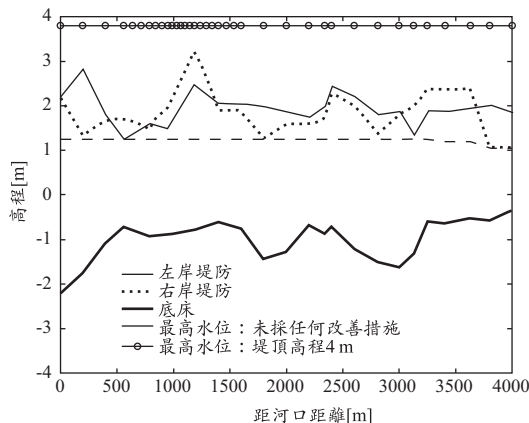


圖 15 堤防加高前後之各斷面最高水位水面線(改善方案 1)

降，增加魚塢蓄積雨水能力，以減少魚塢抽排至後鎮大排之水量。為了解魚塢預先抽排成效，分別模擬魚塢水位預先下降 5、7 及 10 cm 時(魚塢內初始水深為 1.2 m)，後鎮大排內水位變化。

圖 15 顯示改善方案 1 之後鎮大排各斷面最高水位水面線模擬結果。若欲於重現期 25 年 24 小時降雨量情況下不發生溢堤淹水，則為所有堤防高程需加高至 4 m。此情況下之最高水位則為 3.8 m。此模擬結果所得之最低堤防高度已遠高於目前後鎮大排最高堤防頂(3.22 m)，且如此高度堤防內若蓄積魚塢抽排水，魚塢內之抽水機功率則隨著蓄水高度增加而增加。此外如此高之堤防於工程實務上亦不恰當。

圖 16 為顯示改善方案 2 之後鎮大排各斷面最高水位水面線模擬結果，也就是僅靠抽水設施避免溢堤淹水。研究中考慮水利署常使用之移動式抽水機，如圖 17 所示，其最大抽水量為 0.35 m³/s。若設置 3 組移動式抽水機，其最大抽水量共 1.05 m³/s，後鎮大排中下游段之水位產生些許下降，雖較採取任何改善方案前有所改善，但距離出口 3800 及 4000 m 處仍發生溢流。若持續增加抽水機組並欲達到所有位置皆不發生溢堤情形，經以試誤法後可知最低抽水量為 3.1 m³/s，也就是最少需要 9 台抽水機組，此時後鎮大排內最高水位 0.88 m。然而流域管理單位可否提供充足之抽水機組以供調配則為其限制條件。

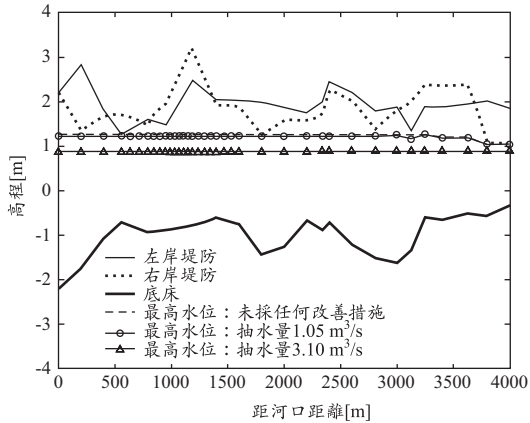


圖 16 抽水機設置前後之各斷面最高水位水面線 (改善方案 2)

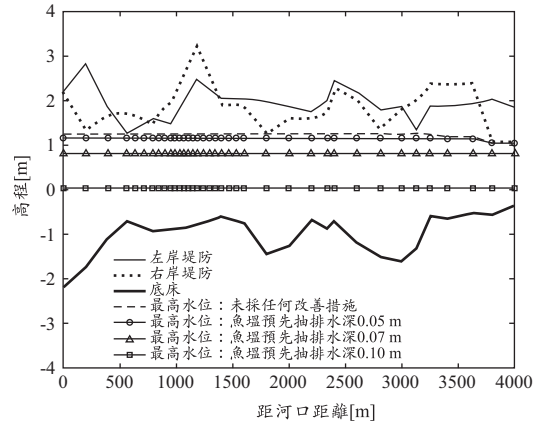


圖 18 魚塢預先抽排操作模擬之各斷面最高水位水面線(改善方案 3)



圖 17 水利署所配置之移動式抽水機(每一台最大抽水量為 $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$)

圖 18 為魚塢水位預先下降 5、7 及 10 cm 後後鎮大排各斷面最高水位水面線模擬結果，也就是改善方案 3 之結果。模擬結果顯示若魚塢不進行預先抽排而待蓄積雨水至排水要求時再將多餘雨水抽排至後鎮大排，其後鎮大排中之最高水位為 1.25 m。因此整個降雨過程中後鎮大排距離出口 560、1800、3800 及 4000 m 上游處(第 5、11、23 及 24 斷面)發生溢流，且距離出口 2810 及 3130 m 上游處(第 17 與 19 斷面)之水位亦接近堤岸頂。最早發生溢流之位置為距離出口上游 3800 m 處，且發生時間為開始降雨 17 小時後。以上溢流位置之右岸堤防高程較低，原本就是發

生溢流之高潛勢區。然而模擬結果表示，魚塢若預先抽排以降低水位，可大幅降低降雨期間後鎮大排之水位。降低魚塢水位 5、7 及 10 cm 則後鎮大排內最高水位分別為 1.16、0.81 及 0.04 m，相較於無預先抽排狀況則後鎮大排水位可分別降低 9、44 及 121 cm。以上三種預先抽排情境皆不會發生溢堤，因此魚塢預先抽排增加魚塢蓄洪功能，並減少魚塢抽排至後鎮大排之水量，以有效防止後鎮大排因無法蓄積抽排水所造成的溢堤淹水，但預先降低魚塢水位多寡則依降雨量而定。

由以上改善方案模擬結果顯示，增加後鎮大排堤防高度與出口抽水機組雖可防止溢堤淹水，但其要求條件高，而所需花費也隨之增加。若以魚塢預先抽排配合後鎮大排水位控制，則可藉由微量降低魚塢水位及出口閘門適當關閉時機，增加魚塢與後鎮大排內之蓄水容量，進而避免後鎮大排溢堤淹水。此外魚塢預先抽排方式也可大幅節省工程手段之花費。

六、案例操作與應用

魚塢預先抽排之改善方案為預防型作為，以防止後鎮大排無法承載魚塢抽排量時發生溢堤淹水。此改善方案依照設計標準進行模擬(重現期 25 年降雨)，然實際預先抽排操作需要以可能發生降雨量進行調整，也就是預先抽排操作需參考

表 2 各降雨預估值之防洪之操作方法

24 小時總降雨量	防洪之操作方法	備註
300 mm	魚塭水位預先抽排下降 5 cm。	所有操作方法皆在暴雨前，關閉排水幹線出口閘門，先行抽排幹線內之水位至 0 m 為止，待降雨水位開始上升後再開始啟動抽水。每台抽水機抽水量為 0.35 m ³ /s。
350 mm	魚塭水位預先抽排下降 10 cm。	
400 mm	魚塭水位預先抽排下降 10 cm，並在出口處設置 1.5 m ³ /s (約 5 台) 抽水機進行抽排。	
450 mm	魚塭水位預先抽排下降 10 cm，並在出口處設置 4.0 m ³ /s (約 12 台) 抽水機進行抽排。	

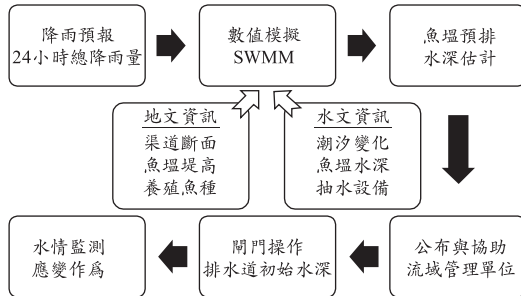


圖 19 魚塭預先抽排操作流程

降雨預報資料做為整體模擬輸入條件。

魚塭預先抽排操作流程如圖 19 所示。在降雨發生前依據 24 小時總降雨量預報推求降雨歷線，並根據已建立之地文條件(如渠道底床高程、堤頂高程與魚塭抽排位置)與水文條件(渠道內水位、魚塭內水位與出口潮位)為邊界條件進行水理模擬，以決定預報雨量所對應之魚塭預先抽排量與降低水深。再由流域管理單位發佈預先抽排水深並協助魚塭管理者進行預先抽排操作。最後配合出口閘門操作將後鎮大排內水位降至要求水位並關閉出口閘門。

為提供預先抽排操作快速參考，考慮後鎮大排初始水位為 0 m，進行 24 小時總降雨為 300-450 mm 時預先抽排操作水理模擬。各總降雨量之預先抽排操作方法如表 2 所示。當 24 小時總降雨量小於 300 mm 且排水幹線水位為預設 0 m 時，魚塭依照原有程序進行抽排，並不會發生淹水。當 24 小時總降雨量介於 300 mm 與 450 mm 之間，建議依照表 2 方法進行抽排操作。當 24 小時總降雨量達 300 及 350 mm 時，分別預先抽排 5 及 10 cm 水深。經由現場調查及考慮養殖魚

類最低生存水深可知，目前研究區域內魚塭平均最大抽排水深為 10 cm。因此若 24 小時總降雨量達到 400 mm 時，僅利用預先抽排方式則將使魚塭水深過低，所以必須配合抽水機排除排水幹線內過多水量，也就是預先抽排水深 10 cm 配合 1.5 m³/s 抽水機(約 5 台 0.35 m³/s 抽水機)。當 24 小時總降雨量達到 450 mm 時，則抽水機抽水需達到 4.0 m³/s (約 12 台 0.35 m³/s 抽水機)。然而考量整體抽水機調度，流域管理單位可能無法提供，因此建議當 24 小時總降雨量達到 350 mm 時管理單位需進行該區域安全疏散。

魚塭預先抽排操作成功之重要因素為魚塭管理者與水利管理單位之配合程度。水利管理單位可依照降雨預報進行魚塭抽排水深評估與後鎮大排內各閘門操作，但若部分魚塭管理者無法配合魚塭預先抽排操作且任意排出魚塭內多餘水量則易發生後鎮大排水位過高而溢堤及造成該魚塭地區淹水。如此部分配合不良之缺失將使魚塭預先抽排操作失敗，且經濟損失將由整理魚塭管體者承擔，因此為使魚塭預先抽排操作發揮最大效益，建議水利管理單位成立工作小組進行降雨預報接收與水理數值模擬，並對魚塭管理者舉辦公開說明並定期進行通報程序與抽排操作演練，以期魚塭預先抽排操作順暢。

七、結論與建議

臺灣沿海養殖魚塭常於暴雨時因重力排水不良排水而發生排水幹線溢堤與淹水。本研究以嘉義縣後鎮大排為研究區域，利用 SWMM 數值模式模擬莫拉克颱風與重現期 25 年設計降雨量時之後鎮大排水位。以下則為本研究之結論。

1. 魚塢於降雨初期蓄積雨水具有滯洪功能，可減少排水幹線排洪負擔及延長淹水應變時間。
2. 沿海魚塢區受潮汐影響甚大，若出口閘門開啓且遇高潮位時將使外水倒灌進入排水幹線，造成水流無法排出與排水幹線水位上漲。
3. 魚塢預先抽排為低成本且有效預防排水幹線溢堤與淹水之操作。魚塢預先抽排方式為於降雨前降低魚塢水位，且配合出口閘門關閉，如此可有效增加魚塢滯洪能力。
4. 配合降雨預報資料，在降雨前根據水理模擬結果進行魚塢預先抽排操作與出口閘門關閉，可有效增加魚塢滯洪量能力，並預防排水幹線溢堤情況發生。此外若能配合排水幹線定期清淤、部分堤防加高及臨時抽水機組調度，將更有效降低魚塢區域淹水狀況。
5. 預先抽排操作為預留空間承載降雨，然因魚種有最低生存水深，因此預先抽排操作有其限制。根據本研究針對嘉義縣後鎮大排鄰近之魚塢之排水特性調查，其最大可預排水深為 10 cm。
6. 為考慮不同養殖魚種，未來需考量高鹽度養殖魚塢情況，並依其生存條件鹽度與不同降雨情境研擬有效排水改善措施。
7. 增加集水區內魚塢及排水渠道之自動化水情監測設備(如水位及雨量)，以即時掌握降水情資訊並提供現場水情資訊予數值模擬。建立即時水災應變系統，以降低災損。
8. 程學報，54(1): 56-69。
2. 水利規劃試驗所(2004)，綜合治水與滯洪設施整合利用研究，經濟部水利署。
3. 吳瑞賢、張嘉軒(1996)，水田對逕流系統之影響評估，農業工程學報，42(4): 55-66。
4. 陳榮松、楊國賢、王國樑、張清節(2009)，水筒模式應用於水稻梯田降雨－逕流之研究，農業工程學報，55(3): 88-100。
5. 陳德豪(2010)，豪雨期間魚塢排水特性之研究及其對區域排水系統之影響評估，國立臺灣大學生物環境系統工程學系，碩士論文。
6. 蔡長泰、高家俊(2003)，地層下陷區土地利用對淹水潛勢影響之研究(III)，經濟部水利署。
7. 鄧枝安、蔡允棟、林文賜(2011)，嘉義縣熬鼓濕地環境保育與休閒產業開發方案評估之研究，水保技術，6(1): 31-44。
8. 譚義績、侯文祥、賴進松(2010)，沿海魚塢養殖區之排水觀測與排洪特性研究，經濟部水利署水利規劃試驗所。
9. 蘇惠珍、林浩亦、謝治宇(2009)，台灣地層下陷濕地化進行產業轉型初步研究，農業工程學報，55(1): 7-17。
10. V.A. Tsihrintzis, G.K. Sylaios, M. Sidiropoulou, E.T. Koutrakis (2007). Hydrodynamic modeling and management alternatives in a Mediterranean, fishery exploited, coastal lagoon. *Aquacultural Engineering* 36: 310-324.

參考文獻

1. 丁澈士、李易蒼、蔡欣恬、簡銘成、簡新洋、張祥仁(2008)，半感潮性濕地水文系統與滯洪可行性研究-以大鵬灣鵬村濕地為例，農業工

收稿日期：民國 101 年 3 月 2 日
 修正日期：民國 101 年 4 月 13 日
 接受日期：民國 101 年 4 月 19 日