

頭前溪舊港島洪氾區調適措施之研究

黃爾強⁽¹⁾ 廖仲達⁽²⁾ 劉振隆⁽³⁾

摘 要

舊港島位於頭前溪河口河川區域範圍內之河中島，其易受到河口段波浪、潮汐和洪水間之水流和泥砂輸送之影響，故在過去幾年就頭前溪河口的形態已發生劇烈的遷移。因此，經濟部水利署第二河川局為加強河口區防洪工作，實施相關頭前溪整治措施，其係依據 1999 年公告之頭前溪治理基本計畫，採用舊港島段左右股分流治理概念，且針對舊港島上居民安全，有所限制相關土地之發開使用，並建議在長遠規劃上，就島上居民應予以撤離。惟政府單位尚未進行遷村規劃之完整配套措施下，但當地居民目前搬離舊港島之意願較低，而隨著周邊都市開發，未來搬遷工程會更加困難。因此，有必要對目前舊港島現況河防安全情形，以及採用洪氾區影響情形和調適措施進行評估。

(**關鍵詞：**洪氾區、舊港島、調適措施)

Adaptation Measures for the Floodplain of Chiukang Island in The Touchien River

Er-Chaing Huang⁽¹⁾ *Chung-Ta Liao*⁽²⁾ *Cheng-Long Liu*⁽³⁾

Ph.D. Student (1) Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taiwan

Assistant Researcher (2) Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Yang Ming Chiao Tung University, Taiwan

Chief (3) Second River Management Office, Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, Taiwan

(1)國立中興大學水土保持學系 博士生(通訊作者 e-mail：d106042004@mail.nchu.edu.tw)

(2)國立陽明交通大學防災與水環境研究中心 助理研究員

(3)經濟部水利署第二河川局 課長

ABSTRACT

Chiukang Island is located in Touchien River's estuary. Influenced by the flow and sediment transport among wave, tide and flood, the morphology of Touchien River estuary has migrated dramatically in the past years. In order to enhance flood protection of the estuarine area, the Second River Management Office had implemented the regulation plan of Touchien River estuary. According to the basic regulation plan of Touchien River announced in 1999, it mentioned that the land use on Chiukang Island should be restricted for the safety of people living on the island. In addition, it is suggested that the residents on the island should move away in long-term planning. But the willingness of local residents to move away the island is very low. The difficulty of the relocating project in the future will be increased. According to the question mentioned above, it is necessary to evaluate the contents and adaptation measures of the floodplain area of Chiukang Island.

(**Keywords** : floodplain, Chiukang island, Adaptation measure)

前言

舊港島位於頭前溪河川區域內之河中島，且島上長期有民眾生活，依據民國 98 年 1 頭前溪河口段治理基本計畫，於配合措施章節敘明依水利法第 82 條規定，得限制其使用，又為保護舊港島既有村莊，島內則以洪氾區管制事項限制土地利用，以減輕洪災損失，因座落水流通行範圍，尚不適合居住，故以長期安全著想，地方政府勸導並鼓勵居民遷移，以根本解決問題，惟政府單位尚未進行遷村規劃之完整配套措施下，當地居民遷村意願甚低，河川管理單位造成在河川管理執行上恐須辦理島內建物拆除，以及相關配合措施執行之爭議。

因此，頭前溪舊港島在河防安全管理有必要檢討評估洪氾區影響之範圍，或研擬相關方案與配合措施，以解決未來可能發生之河川管理爭議及防洪安全需求。本研究蒐集基本資料進行補充鑽探調查與地下水位觀

測，並以數值模式進行現況河防安全之水理模擬分析，以提出可行之防洪改善措施及洪氾區不同重現期下洪水覆蓋範圍之影響評估，作為未來主管機關治理改善之參考。

本研究洪氾區為根據水利法第 65 條所述之：「主管機關為減輕洪水災害，得就水道洪水氾濫所及之土地，分區限制其使用。前項土地限制使用之範圍及分區辦法，應由主管機關就洪水紀錄及預測之結果，分別劃訂，報請上級主管機關核定公告後行之」。

二、研究區域

頭前溪流域位於臺灣西北部新竹縣、市境內，北鄰鳳山溪流域，東接淡水河及大安溪流域，南有客雅溪排水及中港溪流域，上游支流上坪溪發源於雪山山脈之鹿場大山（標高 2,616 公尺），向西流動至南寮與鳳山溪出口匯流後約 500 公尺注入台灣海峽，其中舊港島位於頭前溪河口之河中島，屬頭前溪河川區域範圍內，島上長期有數百民眾於

島上生活 (約 234 戶、670 人)，其為本研究範圍，如圖 1。



圖 1 研究區域範圍圖

三、研究方法

本研究蒐集有水文資料、大斷面、地形、航拍圖及土砂等數據資料，再以補充辦理地質鑽探與液化潛勢分析，進而應用數值模式模擬分析洪水位影響，最後就專家學者、利害關係人等，透過洪氾區劃設課題不同面向指標之相關性進行問卷調查及分析，其詳述內容如下：

1. 地質鑽探與液化潛勢分析

舊港島屬頭前溪河口，其材料分布組成應受河川沖積影響，而民國 94~103 年舊港島既有鑽探資料之孔位多集中於舊港大橋沿線，以及外圍，中央區域較少，因此，本研究沿舊港島中央於上、中、下游位置分別布置鑽探孔位，分布如圖 2 所示；為瞭解舊港島沖積材料之分布特性，每孔鑽探深度以 20 公尺為基準，鑽探過程每 1.5 公尺深度進行標

準貫入試驗，劈管採樣進行土壤物性試驗，作為土層分類使用；應用標準貫入試驗所得之 SPTN 值，依據「建築物基礎構造物設計規範」，以 SPT-N 簡易方法估計基地土壤抗液化強度，綜合鑽探試驗結果繪製鑽探柱狀圖與地層剖面圖，並說明土壤抗液化強度分析結果。



圖 2 既有資料與鑽探孔位分布圖

2. 數值模式模擬分析

藉由美國密西西比大學之國家計算水科學及工程中心(National Center for Computational Hydroscience and Engineering, NCCHE)所發展出之 CCHE2D-Coast 河口模式及 CCHE2D 河道動床模式，求得海岸與河口之水動力及底床沖淤變化過程下，各重現期距下之洪水位範圍。

3. 問卷調查法(Questionnaire Survey)

問卷是一種針對問題用來統計或調查資料的表格，同時，也是用來蒐集資料的工具。就受訪者對某項事物的認知或是行為態度的問題予以調查，再以了解受訪者對社會事實的意見，並分析其行為狀況。運用問卷來蒐集資料的方法有

很多種，本研究主要以人員面談為主，其在談訪問答過程中富彈性，對受訪者不了解某些問題或用語，訪問員可加以解釋，且問卷回收率較高，而可蒐集到更完整的資訊，其執行步驟如下。

- (1) 研訂主題是否適合用問卷分析之內容。
- (2) 設計問卷收集資料方式（單選、複選、問答...等等）。
- (3) 選擇問卷調查之族群與樣本抽樣方式。
- (4) 資料輸入、整理與數據分析。
- (5) 針對分析結果進行理解、解釋與洞察。
- (6) 針對問卷調查主題進行結論與推論。

四、結果與討論

1. 鑽探與土壤液化分析結果

歸納鑽探調查結果，各孔位地層分布約分四層，第一層約有 0.5 ~ 2.7 公尺粉土質細砂，第二層為 7.4 ~ 9.7 公尺卵礫石，第三層為 6.0~ 9.9 公尺粉土質細砂，第四層則為卵礫石層或粉土質黏土（厚度未知），如表 1。

表 1 鑽探孔地層土質表

孔位1	土質
0.0 ~ 0.2m	混凝土

0.2 ~ 1.0m	卵礫石
1.0 ~ 1.5m	灰色粉土質細砂
1.5 ~ 9.0m	卵礫石
9.0 ~ 18.9m	灰色粉土質細砂夾黏土
18.9 ~ 20.0m	卵礫石
孔位2	土質
0.0 ~ 0.5m	卵礫石
0.5 ~ 2.3m	棕色粉土質細砂
2.3 ~ 12.0m	卵礫石
12.0 ~ 18.0m	灰色粉土質細砂
18.0 ~ 20.0m	卵礫石
孔位3	土質
0.0 ~ 1.3m	棕色粉土質細砂
1.3 ~ 1.7m	卵礫石
1.7 ~ 4.1m	灰色粉土質細砂
4.1 ~ 11.5m	卵礫石
11.5 ~ 19.0m	灰色粉土質細砂
19.0 ~ 20.0m	棕灰色粉土質黏土

鑽探時於各孔位均埋設地下水位觀測井，枯水期時段，孔位 1、孔位 3 之地下水位變動明顯受潮位變化影響，孔位 2 則受潮位影響較不明顯；而當降雨有河川流量時，孔位 1 與孔位 2 之水位變化較大：

孔位 1 (孔口高程 EL.4.42 m): 平時地下

水位高程最高 EL.1.99 m，最低 EL.1.06 m，地下水位深度介於 2.43 ~ 3.36 m，地下水位最大差異為 0.93 m。當有河川流量時，地下水位高程最高 EL.4.54 m。

孔位 2 (孔口高程 EL.4.43 m)：平時地下水位高程最高 EL.1.05 m，最低 EL.0.93 m，地下水位深度介於 3.38 ~ 3.50 m，地下水位最大差異為 0.12 m。當有河川流量時，地下水位高程最高 EL.2.15 m。

孔位 3 (孔口高程 EL.3.18 m)：平時地下水位高程最高 EL.1.21 m，最低 EL.0.54 m，地下水位深度介於 1.97 ~ 2.64 m，地下水位最大差異為 0.67 m。當有河川流量時，地下水位高程最高 EL.1.63 m。

本研究針對地質鑽探調查所得資料進行液化潛能評估，於鑽探工作中進行 SPT-N 試驗，因此，採用簡易 SPT-N 分析法之 Seed (1985)簡易經驗法、日本道路協會簡易經驗法進行分析與比較：

孔位 1：Seed (1985)簡易經驗法結果顯示本孔無液化潛能，但日本道路協會 (JRA)簡易經驗法顯示深度 11.5 ~ 16.5 公尺之顆粒性土壤具有液化潛能，屬於低潛勢。

孔位 2：Seed (1985)簡易經驗法、日本道路協會 (JRA)簡易經驗法均結果顯示本孔無液化潛能。

孔位 3：Seed (1985)簡易經驗法結果顯示本孔無液化潛能，但日本道路協會 (JRA)簡易經驗法顯示深度 2 ~ 4 公尺、11.5 ~ 13 公尺、16 ~ 17.5 公尺之顆粒性土壤具有液化潛能，接近表層之土層發

生液化其潛勢較高，土層厚度約 2 公尺。

依試驗資料顯示，現況舊港島島內(孔位 2)無液化潛能或屬於低潛勢，環島護岸(孔位 1)周邊屬低潛勢，其他區段無液化潛能。

2. 數值模擬分析成果

本研究以民國 106 年 7 月地形資料，藉由 CCHE2D-Coast 河口模式與 CCHE2D 河道動床模式，作為水理相關分析之工具。而檢定驗證案例模擬上游流量與下游潮位之條件，如圖 3、圖 4。

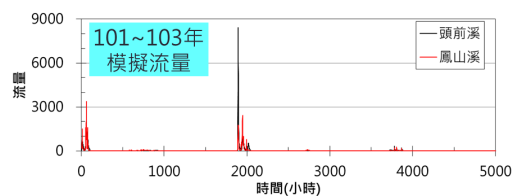


圖 3 模擬案例上游流量邊界條件歷線圖

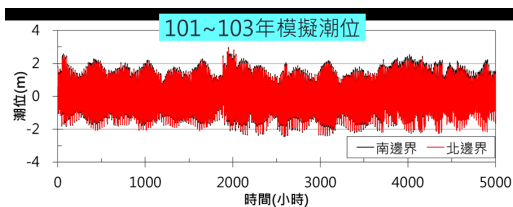
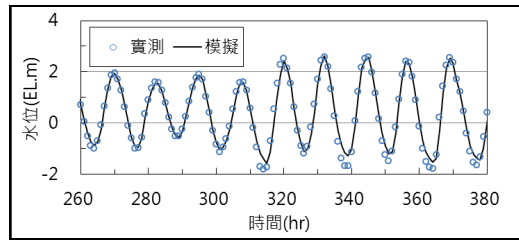
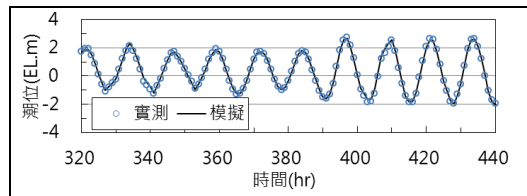


圖 4 模擬案例下游潮位邊界條件歷線圖

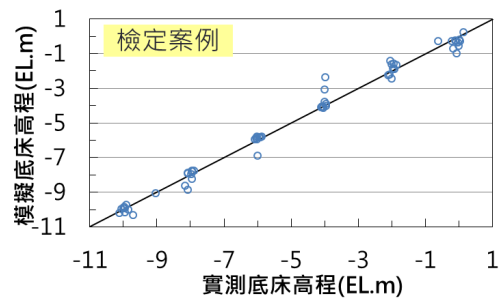
CCHE2D-Coast 動床輸砂模式檢定驗證成果可知，其具有模擬河口段底床沖淤、海潮流、水位等特性之能力，檢定驗證結果良好，可應用於舊港島洪氾區劃設之水理相關分析，如圖 5。



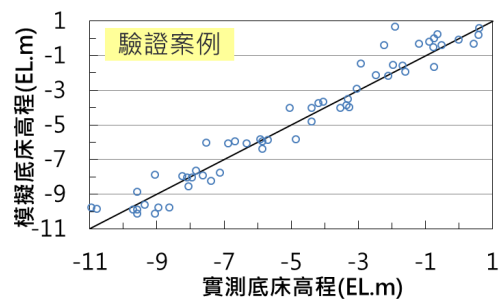
(a) 新竹漁港檢定案例模擬與實測潮位比較



(b) 新竹漁港驗證案例模擬與實測潮位比較



(c) 檢定案例鄰近海岸近岸底床高程模擬與實測誤差圖



(d) 驗證案例鄰近海岸近岸底床高程模擬與實測誤差圖

圖 5 頭前溪河口及鄰近海岸 CCHE2D-Coast

動床輸砂模式檢定驗證成果圖

舊港島島內水理分析成果，以島頭位置為控制基準點，考慮 Q_{100} 重現期距流量之洪水位 (約 EL.6.48 公尺)，及島頭環島護岸現況高程 (約 EL.4.94 公尺)，獲得不同分級流量下之基準洪水位，分別為 EL.5.0 公尺與 EL.6.5 公尺。再根據舊港島內之地形高程，繪出相對島內高程之洪水所及範圍，在基準洪水位 EL.5.0 公尺下，舊港島多數區域仍皆有洪氾情形；在基準洪水位 EL.6.5 公尺下，舊港島全島皆為淹沒，如圖 6、圖 7。



圖 6 Q_{20} 基準洪水位下之無洪氾範圍



圖 7 Q_{100} 基準洪水位下之無洪氾範圍

3. 問卷調查與分析成果

本研究所之問卷係針對非舊港島在地

居民與在地居民兩群組分別統計，以瞭解不同群組對舊港島未來規劃之意向，即維持現況(管制辦法不變，洪水時撤離避難)、在地居民遷移(若已規劃遷移場址)、劃設洪氾區調降管制(洪水時仍須撤離避難)及設高規格環島堤防，土地墊高。

非舊港島在地問卷調查中（公務單位、顧問公司、學術單位），調查樣本數為 15 份，有 44%為軍公教、56%為研究人員，教育背景 100%為研究所以上。對於居住或使用的土地，因已多年無洪災，有 56%不覺得現行管制辦法過於嚴格，有 78%願意完全自行承擔風險與損失。若政府與企業未來推動洪災保險，有 89%願意投保。對於未來擬採行之洪氾區管制辦法，有 67%認為與現行河川管理辦法存在競合關係，亦有 67%認為洪氾區之分級管制辦法可較傳統管制辦法更具彈性。舊港島未來規劃政策方案方面，有 11%偏好舊港島維持現況、56%偏好在居民遷移、33%偏好劃設洪氾區調降管制、0%設高規格環島堤防，土地墊高。

舊港島在地居民之間卷調查中，調查樣本數為 50 份，100%居住當地 15 年以上，100%親眼目睹舊港島遭洪水淹沒或淹水超過 50 公分之事件。60%認為舊港島未來有可能遭洪水完全淹沒。100%聽過頭前溪舊港島洪氾區管制事項，100%認為現況管制辦法不合理。60%有考慮遷移舊港島，以尚保有私有地與住宅為是否遷移舊港島之主要原因者有 37.5%為最高。舊港島未來規劃

政策方案方面，有 0%偏好舊港島維持現況、0%偏好在居民遷移、20%偏好劃設洪氾區調降管制、80%設高規格環島堤防，土地墊高，如圖 8、9。

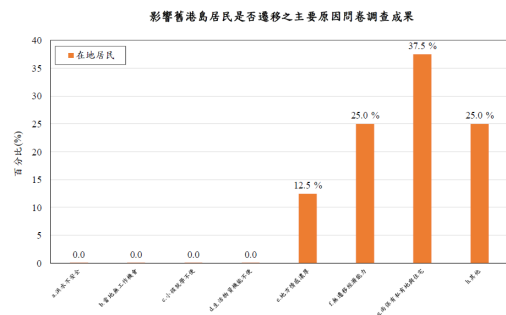


圖 8 是否遷移之主因問卷調查成果

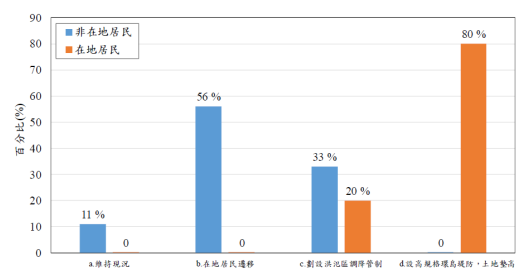


圖 9 未來規劃政策問卷調查成果

4. 洪氾區調適措施探討

因應舊港島之河中島特性，考慮在地人文歷史價值、公眾參與互動、防災減災標的等層面，以減少洪災發生，在洪氾區管制可執行及落實之前，本研究提出八項調適措施，如圖 10：

確保並檢討改善治理工程之成效：近十年雖頭前溪較無大型洪水發生，治理工程尚可達到河口段相關工程規劃預期之減洪、減淤效益，疏濬與堤防工程使河口段滿足 Q100 設計流量之防洪保護標準，治理計畫相關內容應持續確保維

護並檢討改善。

培育防災減災志工組織：目前防災減災志工組織多由舊港島在地民眾所組成，並由水利署第二河川局與新竹市政府協助防汛之相關教育與宣導說明等事項。而為強化深耕防災觀念，可招募培育相關社群團體、企業團體、大專院校、公私部門等單位組成之防災減災志工組織，並涵蓋環境、科技、教育、人文等，藉由不同背景特性之成員交互啟發，讓民眾瞭解台灣屬實處於高洪災風險之極端環境，提升人民環境教育與防災之概念。

改善島內排水系統與排水能力：依據地下水水位觀測井與現勘結果，顯示島內在一般降雨及非汛期洪水來臨時，地面仍有積淹水或地下水水位飆高之情形，若遭遇河口滿潮或河川水位升高情形，恐將增加島內排水系統之負擔，增加淹水風險。且未來氣候變遷條件下將使河口段之水文特性增加不確定性，故針對舊港島內之排水系統與排水能力，進行相關監測與分析研究，如加裝淹水感測器等，以瞭解不同情境下之排水特性，規劃島內相關鋪面改善方案或提升自然入滲之能力，確保舊港島內減少積淹水發生。

提升住宅與相關設施滯洪能力：舊港島於島尾處設有一調節滯洪池，島內亦有多處以砌石或自然綠地構成之滯洪區域，可持續維護管理，並於相關環境營造規劃採用天然之入滲材料，以提升島內滯洪能力。

強化防洪與動態監測技術：隨著物聯網時代來臨，透過動態監測技術資料擷取及通訊能力，連結實體物件與監測數據，進行各種控制、監測、預警及管理，有助於防災減災提升洪氾管理之效益。

建置洪災通知警示與預報系統：藉由整體物聯網之架構，可串接末端邊緣之監測與觀測資料。

環境營造與生態復育：推行環境教育與生態復育場址，結合在地舊港之特色，活絡當地之願景風貌。

落實洪氾管理及公眾參與：藉由不同組織部門之整合，結合在地民眾與公眾參與，共同營造舊港島之願景風貌。



圖 10 舊港島洪氾區各分區調適措施

五、結論與建議

對於舊港島洪氾區推行調適策略之可行性評估成果說明如下：

1. 安全可行性方面，現況舊港島洪水期間須有疏散撤離計畫， Q_{20} 水位接近環島護岸高程， Q_{100} 有全島漫淹情形，若規劃舊港島為洪氾區，提升河防安全為首

要條件，短期推動調適措施，始能確保頭前溪河口段之安全，另經評估舊港島內無土壤液化潛勢。

2. 社會可行性方面，以地方訪談與問卷調查瞭解民眾與各單位之意向，舊港島劃出河川區域並布置堤防保護與多數當地民眾意向符合；而非在地居民單位訪談與問卷調查，則以舊港島建議遷村不宜居住者之意向較多。
3. 公益可行性方面，因舊港島內多為私有地，劃設洪氾區後調降現況之管制辦法，相對現況長期後具有經濟提升之潛能。
4. 財務可行性方面，藉由公務單位訪談與收集相關資料，舊港島調適措施持續推動、新設環島堤防工程、島內土地墊高或改良、水上住宅興建等，尚須相關財務預算始可讓計畫區維持洪氾區管制。

舊港島位於新竹市行政區內，仍有 6 百餘位居民居住事實，遷村規劃隨時空改變，執行困難度增高，舊港島現況之管制模式以河川區域管理為原則，配合市府疏散撤離、收容等零傷亡為目標，但遇洪災風險致人民發生傷亡，仍會遭各界責難。舊港島洪氾區管制措施之推動，促使各相關單位正視並釐清主管機關所應承擔之有限責任，作為後續洪災相關管理之參考準則。

綜上，未來政策主軸為主要為因應氣候變遷影響，以流域調適規劃為手段，其並無排斥洪氾區劃設，故短期應以強化舊港島之河防安全為目標，提升在地居民之安全，推動舊港島洪氾調適措施，與各單位及在地民

眾逐步溝通研商，由下而上形塑相關共識政策，持續滾動檢討修正，以作為提升舊港島居住安全之參考。

誌謝

本研究承蒙經濟部水利署第二河川局經費資助，並提供相關數據資料，使本研究得以順利執行，謹致謝忱。

參考文獻

1. 台灣省水利局(1991),「頭前溪河口段治理基本計畫(大斷面六至河口)」。
2. 逢甲大學 E 化程度-問卷調查的方法 <https://sites.google.com/a/mail.fcu.edu.tw/d9725015mvastatfcu/you-zhi-bao-gao/can-kao-wen-xian/wen-juan-diao-cha-de-fang-fa>。
3. 歐善惠，許泰文，臧效義，方介群，廖建明(1999)，「應用 SWAN 波浪模式推算台灣附近海域颱風波浪之研究」，第二十一屆海洋工程研討會論文集，第 87-95 頁。
4. 蔡丁貴、簡振和(2001)，「感潮河段水位流量關係之建立及應用」，國科會專題研究報告。
5. 經濟部水利署第二河川局(2013)，「頭前溪水系本流治理規劃檢討—水文分析報告」。
6. 經濟部水利署第二河川局(2013)，「桃竹苗海岸斷面監測調查計畫」。

7. 經濟部水利署第二河川局(2014),「頭前溪河口段生態水利整體規劃及舊港島分流工效益評估研究(1/2)」。
8. 經濟部水利署第二河川局(2015),「頭前溪河口段生態水利整體規劃及舊港島分流工效益評估研究(2/2)」。
9. 經濟部水利署第二河川局(2017),「頭前溪河口輸砂對鄰近海岸之影響評估(2/2)」。
10. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2007),「頭前溪與鳳山溪匯流河口段變遷之研究(2/2)」。
11. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2008),「頭前溪河口段檢討報告(第一次修訂)」。
12. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2009),「美國國家計算水科學及工程中心河道變遷模式之引進及應用研究(3/3)」。
13. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2009),「頭前溪河口段治理基本計畫(斷面 6 至河口)(第一次修訂)」。
14. 鄧振源、曾國雄 (1989),「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)」,中國統計學報,第 27 卷第 6 期,頁 5-22。
15. Canvey Island Multi-Agency Partnership (2015) "Canvey Island 6-Point Plan".
16. EXCIMAP (2007) "Atlas of Flood Maps-Examples of 19 European Countries", USA, and Japan.
17. FEMA (2002) "Promoting Mitigation in Louisiana: Performance Analysis", available at <http://www.fema.gov/pdf/fima/performance.pdf>.
18. FEMA (2006) "Flood Recovery Guide: Advisory Base Flood Elevation for Orleans Parish, Louisiana".
19. FEMA (2011) "Coastal Construction Manual", 4th Edition.
20. Manuela De Mauro and Darren Lombroso (2009) "Hydrodynamic and loss of life modelling for 1953 Canvey Island Flood, in Samuels et al., Flood Risk Management: Research and Practice", Taylor and Francis Group, London.
21. Jia, Y. and Wang, S.S.Y. (1997) "CCHE2D model verification tests documentation. "Technical Report CCHE TR-4, Center for Computational Hydro science and Engineering, The University of Mississippi, Mississippi.
22. Jia, Y., Blanckaert, K., and Wang, S.S.Y., (2001) "Simulation of secondary flow in curved channels." Advances in Fluid Modeling & Turbulence Measurements (ed. H., Ninokata, A. Wada, and N., Tanaka), Tokyo, Japan.
23. Martin Baptist (2004) "Assessment of the effects of cyclic floodplain rejuvenation on flood levels and biodiversity along the Rhine River, River Research and Application", Volume 20, Issue 3.
24. Stephanie Jassen (2020) "On the nature based flood defence dilemma and its Resolution: A game theory based analysis", Science of The Total

- Environment, Volume 705, 25.
25. Wu, W. and Wang, S. S. Y. (2004a) "Depth-averaged 2-D calculation of flow and sediment transport in curved channels." *Int. J. Sediment Res.*, 19(4), 241–257.
26. Wu, W. and Wang, S. S. Y. (2004b) "Depth-averaged 2-D calculation of tidal flow, salinity and cohesive sediment transport in estuaries." *Intl. J. Sediment Res.*, 19(3), 172–190.
27. Wu, W. (2007) "Computational River Dynamics." Taylor & Francis, UK.

水土保持學報53 (1) 3123-3134 (2023)

Journal of Soil and Water Conservation, 53 (1) 3123-3134(2023)

111 年 12 月 13 日收稿

111 年 12 月 29 日修改

112 年 01 月 05 日接受