

都市總合治水技術設計及效益評估-以鹿港為例

徐志宏

巨廷工程顧問公司
經理/水利技師

林君怡

巨廷工程顧問公司
營運長

摘要

「都市總合治水技術設計及效益評估-以鹿港為例」專題研究係透過各項總合治水設施之選用，妥適應用於本專題研究目標示範區，針對不同條件進行最高效益之技術設計，以多元化設計增加都市地區滯洪、入滲、貯留雨水、延緩地表逕流的能力，分析示範區整體之防洪保護標準提升潛能，做為未來推動之參考，亦可落實於都會區雨水下水道治理計畫之中。

我國都市防洪以雨水下水道為基礎建設，至民國 108 年底，全國雨水下水道實施率已提升至 77.03%，現階段雨水下水道建設幅度有限，然為能因應氣候變遷，提升都市整體防洪能力，國際間都市防洪趨勢亦趨多元化。

本專題研究提出建議優先著眼於「空間規劃管理」，找出區域中公有地等較為適用作為總合治水之減洪空間，再針對其相對應之減洪設施(如雨水調節池、低衝擊開發設施及海綿道路等)進行選用，以提升都市防洪保護標準，並套用於鹿港都市計畫示範區，進行淹水模擬操作，分別以一維水理模式 SWMM 及二維淹水模式 SOBEK 分析相關改善方案之淹水改善成果，並以不同之指標呈現其治理效益。

透過模擬分析成果，鹿港示範區因若干排水分區，地勢低窪並受到外水影響，雖可透過公共設施用地及分流、截流方案，來滿足 5 年再現期保護標準，然因土地利用有限，在 10 年再現期降雨下，鹿港全示範區規劃布設整體總合治水措施仍無法達成全區不淹水之保護標準，但可降低約 46% 之淹水面積與淹水體積。顯示鹿港示範區除積極推動總合治水設施外，以工程手段解決仍有其限制，應加強非工程措施之策略，以防災、避災策略為主，提前預警提升該區居民防災意識，並加速災後復原能力，提升城市韌性。

透過二維水理模式，以因應氣候變遷提升都市防洪保護標準為目標，進行示範區導入不同之土地利用技術設計方案，分別為雨水調節池、低衝擊開發及海綿

道路等三類型方案，進行排水改善，模擬成果顯示，調節池方案效果最優，其次為低衝擊開發，再其次為海綿道路。

其中雨水調節池與海綿道路所需經費高昂，因此不同示範區可依需求評估總合治水施作優序，易淹水地區應以具明顯成效之雨水調節池為主要策略，而淹水較不嚴重，但如僅須局部改善或微幅提升保護標準，建議以成本較低之低衝擊開發設施為治理重點，優先施作，既可改善微氣候，亦具有調節洪峰流量之成效，對居民而言，治水實績有感度增加，亦可提升周遭環境品質。

一、前言

本專題研究，透過各項總合治水設施之選用，妥適應用於本專題研究目標示範區，針對不同條件進行最高效益之技術設計，以多元化設計增加都市地區滯洪、入滲、貯留雨水、延緩地表逕流的能力，分析示範區整體之防洪保護標準提升潛能，做為未來推動之參考，亦可落實於都會區雨水下水道治理計畫之中。預期可在雨水下水道全面規劃治理、實施率漸次提升的同時，持續以逐步邁向海綿城市、與水共生之城市智慧水管理終極目標。

二、研究流程及方法

(一) 示範區擇定及研究流程

為能完整呈現各項總合治水設施所能帶來之效益，考量實際操作之可行性、成效評估所需具備之各項條件，本專題研究擇定鹿港都市計畫區為示範區，主要考量該都市計畫區近年淹水事件頻仍，易致災因此具有整治之急迫性，屬於具備都市防洪保護標準有待提升之都市計畫區位之條件。

本專題研究分析流程如圖 1 所示。將透過 SWMM 一維模式及 Sobek 二維模式，分別進行示範區淹水模擬分析，透過一維、二維模式分析各項設施施作後之淹水改善效益。

三、鹿港都市計畫區示範效益評估

彰化縣鹿港溪是鹿港鎮內排水主要匯流的地方，而鹿港老街地勢低窪，逢雨必淹，近年政府積極辦理鹿港溪整治工程，同時為配合鹿港鎮都市計畫區整體區域規劃目標，整合區域排水改善成果，進行整體排水系統檢討，彰化縣政府爰於 108 年辦理「彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃」，針對鹿港鎮都市計畫區之雨水下水道系統進行全面調查及檢討規劃，同時研擬改善方案，提升災害防護，

健全都市計畫區內之整體排水系統。

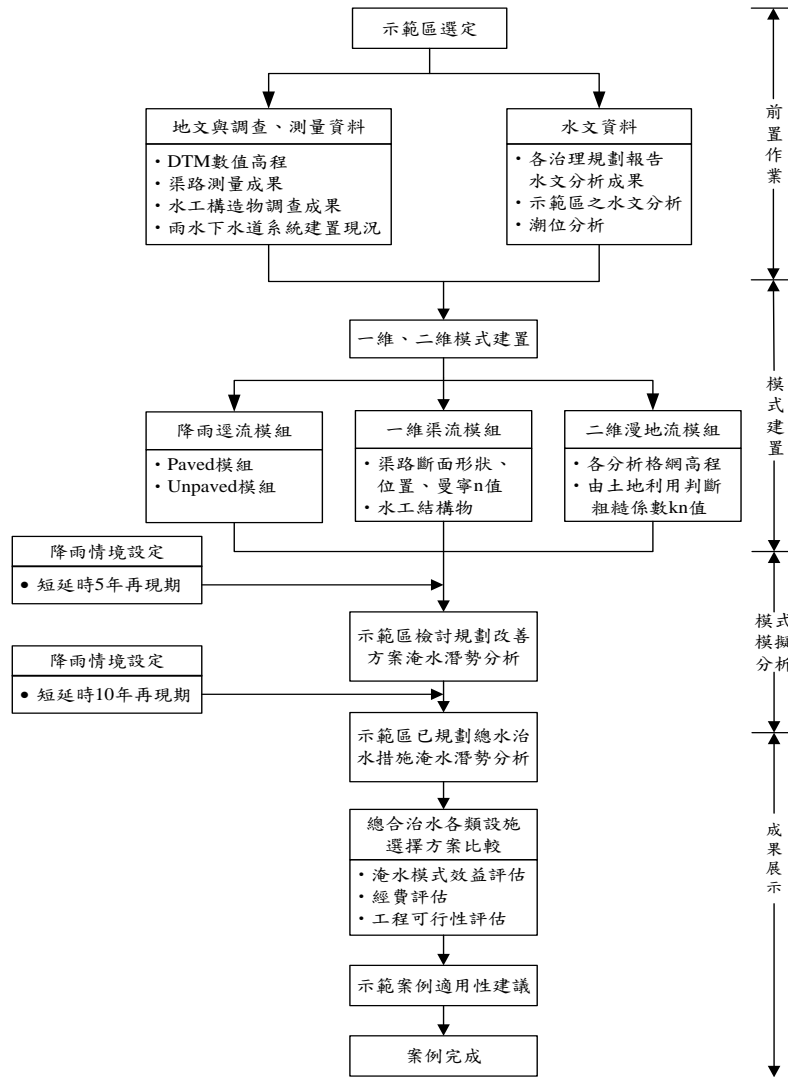


圖 1 專題研究流程圖

(二) 鹿港基本資料蒐集調查

1. 地理與地形地勢

都市計畫區位於彰化縣鹿港鎮，計畫範圍位於變更鹿港福興都市計畫區(第三次通盤檢討)，另並將計畫區之外圍集水區(52.3 公頃)一併納入考量，合計總檢討規劃面積約 505.15 公頃。「鹿港福興都市計畫區」行政區域包含 21 個行政里(如圖 2)。鹿港福興都市計畫區位於彰化平原上，地勢平坦，沿海為海埔新生地，主要作為魚塭使用，計畫區平均高程介於 0m~15m，計畫區等高線如錯誤! 找不

到參照來源。所示。

2. 區域地質

區域地質主要為礫石、砂及粘土所組成，土壤屬粘板岩老沖積土，中至細質土，排水情形不完全，土壤反應為中鹼至微鹼性，詳圖 4。

3. 水系分布

鹿港都市計畫區位於顏厝排水支流港後排水南側及舊鹿港排水間之區域，另顏厝排水支流南分圳則穿越都市計畫區中心區域。計畫區周邊主要明渠排水路包含「顏厝排水」、「顏厝排水支流「港後排水」及「南分圳排水」、「舊鹿港溪排水」、員林大排支流「橋頭二排(舊稱橋頭第一排水)」等，相關排水路名稱、長度、集水面積及位置詳表 1 及圖 5 所示。

4. 地下水與地層下陷

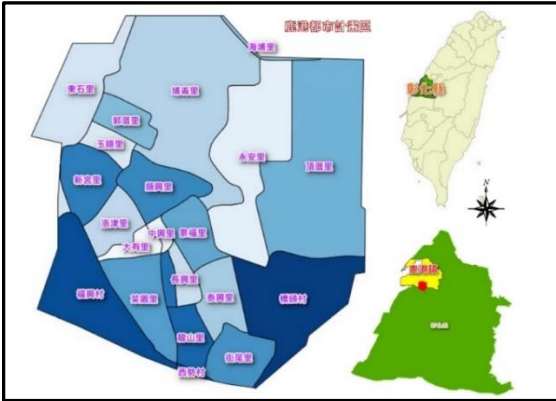
(1) 地下水

參考經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統資料顯示，鹿港福興都市計畫區附近設置 3 個不同井深之觀測井為洛津(1)(2)(3)，相關計畫區附近現有地下水位觀測井詳表 2，各站地下水日水位及位置詳圖 6 所示，計畫區洛津(1)地下水井 5 月份最高水位達 1.52m，顯示雨季汛期間地下水位過高，可能影響雨水下水道之排水功能。

表 1 鹿港都市計畫區鄰近排水屬性表

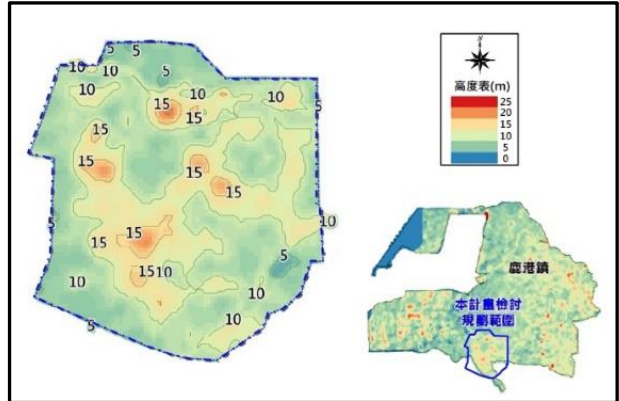
排水名稱	排水長度(km)	集水面積(km ²)	排水屬性
顏厝排水幹線	3.14	9.3	縣管區域排水
港後排水支線	2.68	1.75	縣管區域排水
南分圳排水支線	3.44	4.35	縣管區域排水
舊鹿港溪排水	2.8	3.6	縣管區域排水
橋頭二排支線	3.44	3.8	縣管區域排水

資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。



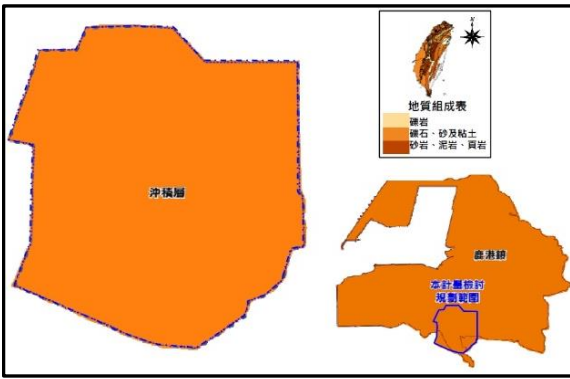
資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 2 鹿港都市計畫區地理位置圖



資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 3 鹿港都市計畫區高程圖



資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 4 鹿港都市計畫區地質分布圖



資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 5 鹿港都市計畫區排水水系分布圖

表 2 鹿港都市計畫區地下水觀測站及水位統計表

地下水分區	觀測站種類	井號	地下水井名稱	井頂高程(m)	井深(m)	年最低日水位(m)	年最高日水位(m)	座標	紀錄年份
濁水溪沖積扇	自記	07020111	洛津(1)	4.5	38.0	-0.18	1.52	X:191220 Y:2661365	1997~2014
		07020121	洛津(2)	4.4	128.0	-4.7	-1.63		
		07020131	洛津(3)	4.4	204.0	-4.75	-2.4		

資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

(2) 地層下陷監測

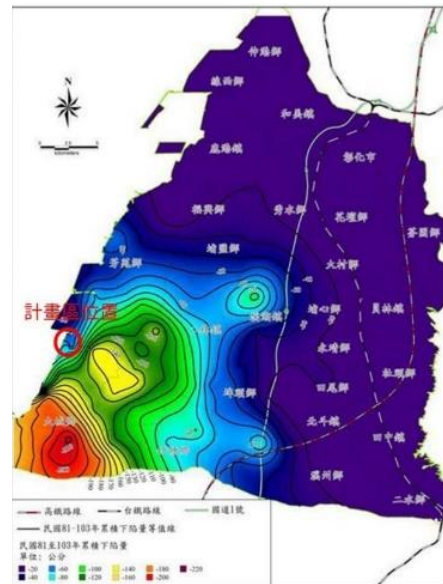
參考經濟部水利署 103 年度「多元化監測及整合技術應用於台北、彰化及雲林地區地層下陷監測」報告(經濟部水利署 103 年 12 月)，彰化縣西南方沿海屬嚴重地層下陷區域，最為嚴重之區

域為大城鄉周邊。本專題研究區在嚴重地層下陷區域中尚屬外圍，詳圖 7 所示，在報告中 81 年至 103 年累積下陷量屬於-2 公分區塊，故仍有賴政府及相關機關對本區域持續監測及整治，以減緩地層下陷的趨勢。



資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 6 鹿港都市計畫區地下水測站位置圖

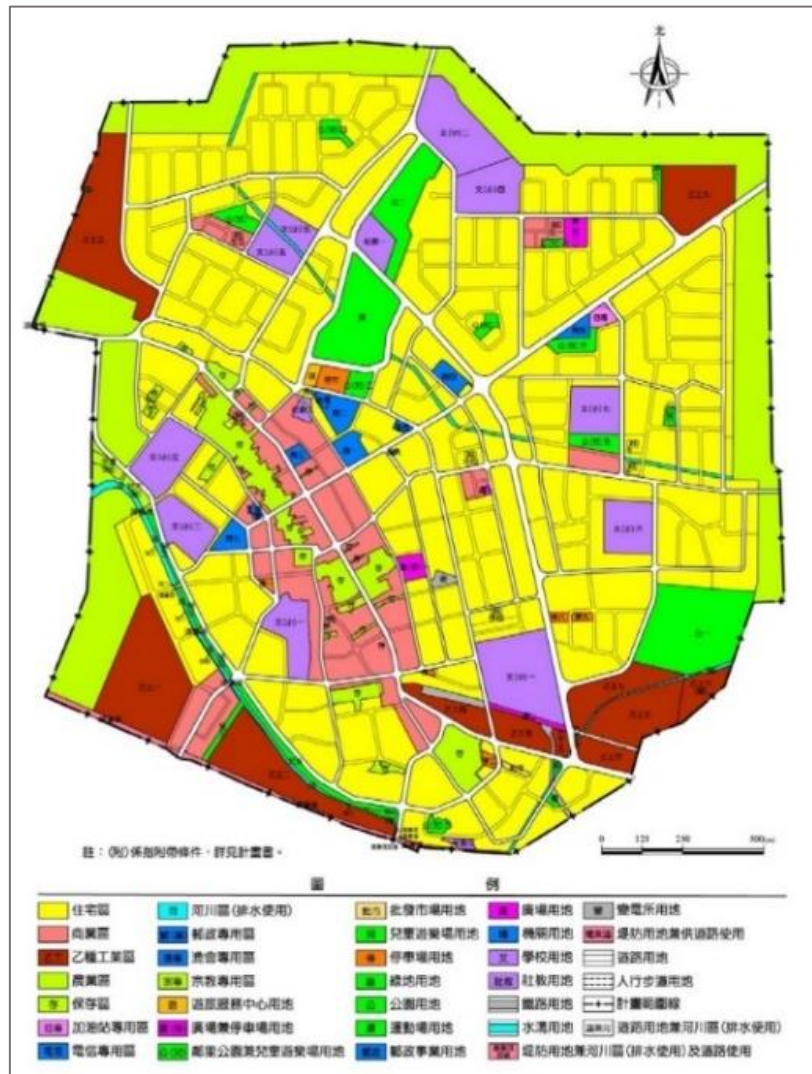


資料來源：103 年度多元化監測及整合技術應用於台北、彰化及雲林地區地層下陷監測。

圖 7 彰化縣累積地層下陷總量分佈

5. 都市計畫

鹿港福興都市計畫於民國 44 年 5 月公告實施，期間於民國 60 年 8 月發布實施鹿港福興擴大書計畫，民國 75 年 1 月發布實施變更鹿港福興都市計畫(第一次通盤檢)案，第二次通盤檢討案於民國 93 年 5 月發布實施，民國 104 年辦理第三次通盤檢討暨都市計畫書圖重製(第一階段)。最新計畫區土地使用分區詳圖 8 所示，茲將變更鹿港福興主要計畫(第三次通盤檢討)案內容說明如下。計畫目標年為民國 125 年，計畫人口數 65,000 人，計畫面積為 452.58 公頃，居住密度每公頃約 270 人。計畫區域東起福興鄉第 6 號公墓，西至中廣電台，南到員林大排，北以文(中)二之國中預定地為界。



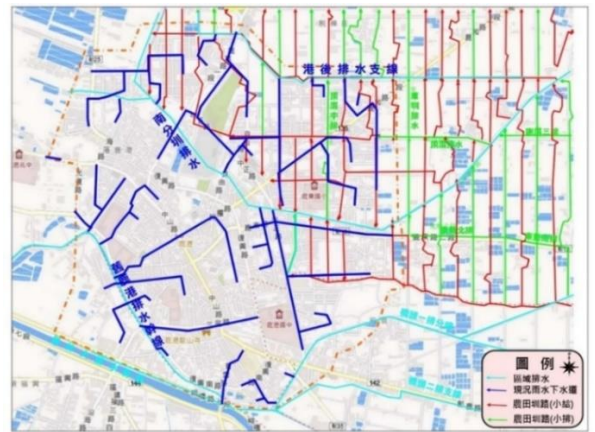
資料來源：鹿港福興主要計畫第三次通盤檢討暨都市計畫書圖重製(第一階段)(104年)，彰化縣政府建設處。

圖 8 鹿港都市計畫區土地使用分區圖

6. 灌溉圳路及農田排水系統

鹿港計畫區內灌溉溝渠管轄單位權屬為彰化農田水利會之鹿港工作站，主要為水門維護管理、小組圳路之維護管理、灌溉計畫擬定及執行、水質監視處理等工作項目。

鹿港計畫區內農田排水路為頂層中排、頂層排水尾水路，頂層中排排水路上皆已路面加蓋；區內灌溉圳路主要源於頂層分線給水路及頂層分線給水路，現今計畫區內已無灌溉需求，僅計畫區外上游及下游非都市計畫區仍有灌溉之需求，進入計畫區外圍集水面積約 52.3 公頃，灌溉系統與周邊區排、下水道系統及灌溉系統之整體平面位置套繪圖詳圖 9 所示。

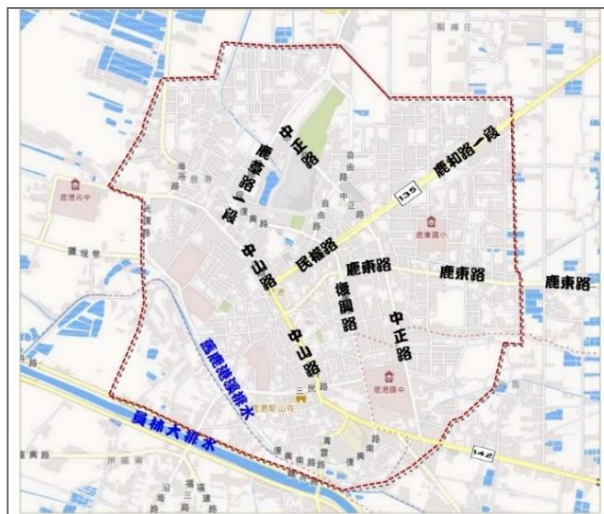


資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 9 鹿港都市計畫區灌溉圳路分布圖

7. 交通系統

鹿港福興都市計畫區主要南北向道路為中正路、縣道 142(中山路)，東西向有縣道 135(鹿和路一段)、鹿東路，整體而言計畫區之聯外交通路網綿密、十分方便，計畫區主要道路交通系統圖詳圖 10 所示。



資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 10 鹿港都市計畫區交通系統圖

8. 計畫區淹水紀錄及淹水原因探討

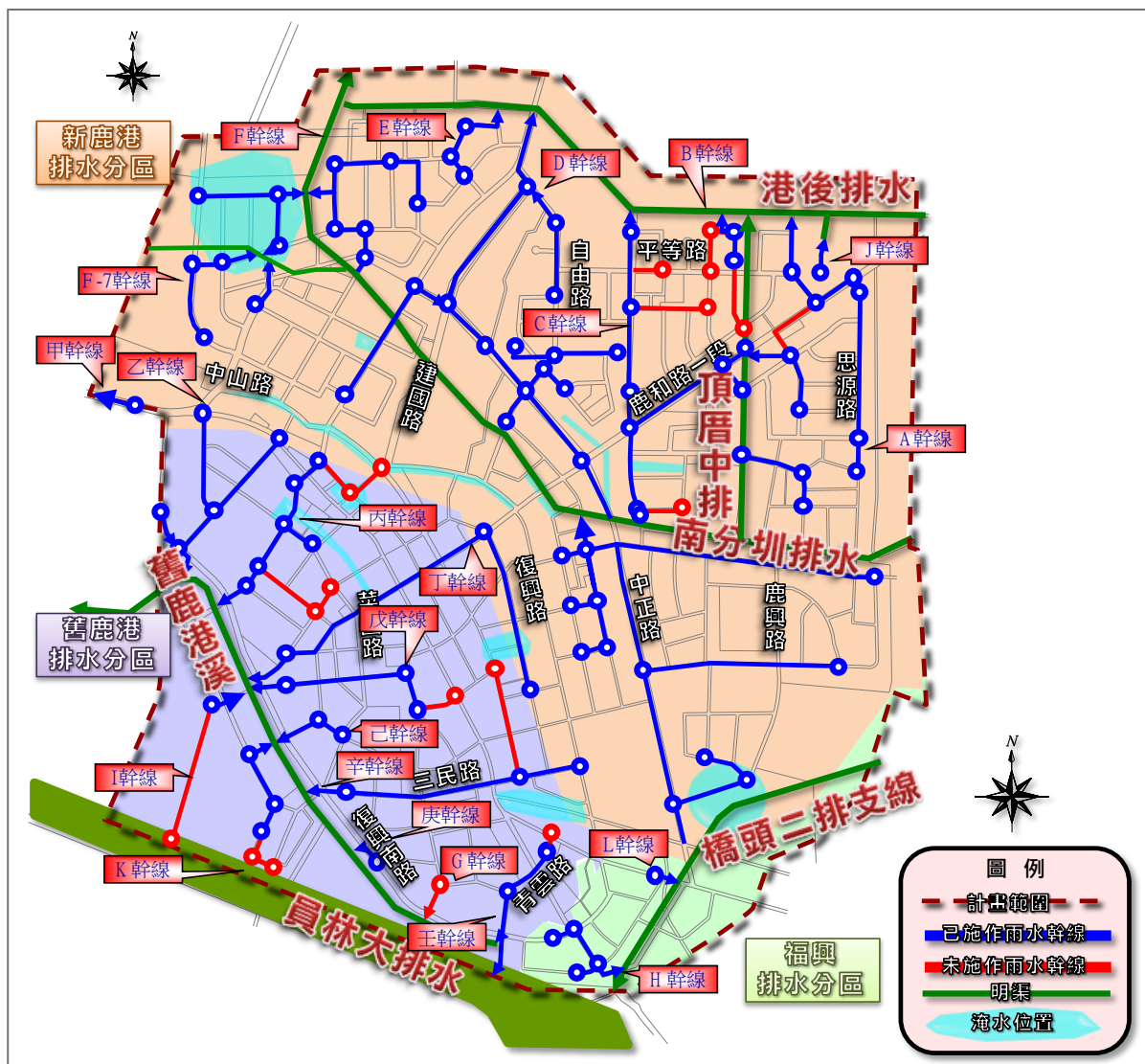
鹿港都市計畫區歷史淹水災情紀錄詳表 3，淹水位置詳圖 11 所示。計畫區內近年除了 88 風災之外，較近期淹水災情發生於 104 年杜鵑颱風及 106 年 6 月 17 日之凌晨暴雨。本區域主要淹水原因大

致可分為三項：

表 1 鹿港區近年颱風豪雨淹水事件統計表

時間	淹水深度	淹水範圍
民國 98 年 8 月 8 日莫拉克颱風	約 10~70 cm	中興里、泰興里、東石里、郭厝里、玉順里、新宮里
民國 104 年月日杜鵑颱風	約 30~40 cm	永安里
民國 106 年 6 月 17 日暴雨	約 70~80 cm	中興里、新宮里、永安里、

資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。



資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 11 鹿港都市計畫區近年淹水範圍圖

(1) 無雨水下水道幹線系統：復興路整段因無施作雨水下水道幹

線，每當颱風豪雨來臨時，復興路上周邊側溝應來不及排除，即溢淹至路面，淹水深度最嚴重達 30~40cm。

- (2) 地勢低窪，內水無法排出：計畫區內有多處地勢低窪區，如民俗 4 館前、新祖宮前公會堂等，每逢颱風豪雨時，即造成溢淹情形，淹水深度最深達 70~80cm，新祖宮前公會堂現況為蓄水池使用，蓄水容量約 60m³，底下備有 4 台共約 0.06cms 沉水式抽水機供抽水及一台 0.07cms 移動式抽水機。
- (3) 外水位過高：南分圳排水受下游顏厝橡皮壩制水影響，導致計畫區內南分圳水位長時間壅高，每逢颱風豪雨時，南分圳來不及排除及溢淹至各上游排水路，造成地勢低窪區淹水情事，如鹿和路一段 7 巷 8 巷、東興路 300 號、郭厝巷 140~148 號等，淹水深度最深達 30~40cm。

(三) 鹿港 SWMM 模式現況模擬成果

本專題雨水下水道檢討規劃擬採用合理化公式搭配曼寧公式進行檢討規劃，並以 SWMM 進行二次校核，以地表逕流(Runoff)及幹線輸水(Extran)模組檢核雨水下水道系統之排水功能，以確認各管段之通水能力均能達到預期之保護標準。

依據「彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告」說明，雨水下水道靜態檢核之計畫出口外水位採各都市排水 5 年計畫洪水水位，動態模擬之外水位參考民國 97 年「彰化北部地區綜合治水檢討規劃」南分圳排水、後港排水、橋頭二排、舊鹿港溪、員林大排水之 10 年保護標準計畫水位為依據。

以靜態水理檢核成果，即合理化公式配合水力演算公式(曼寧公式)進行現況雨水下水道進行水位檢核，成果顯示外水位高於設計水位者比例甚高。鹿港都市計畫區 SWMM 模示建置示意如圖 12。

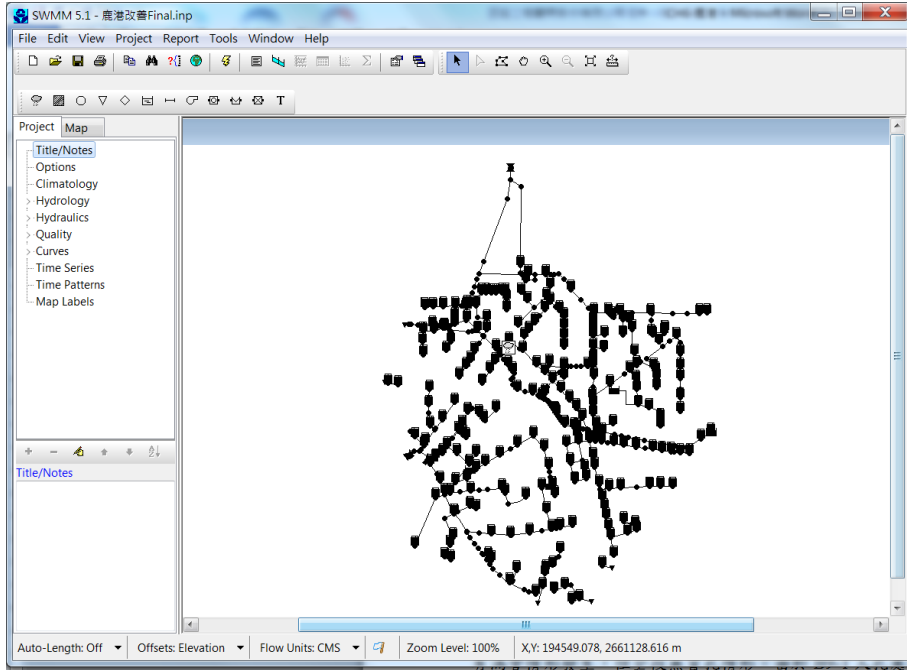


圖 12 鹿港 SWMM 模示建置成果示意圖

以 SWMM 水理分析模式對各管渠以 1 年及 5 年再現期距暴雨條件配合計畫洪水位針對通水能力進行分析，並將排水系統承納 5 年再現期流量時，人孔是否會出現冒孔情形，各再現期距檢核成果與實際淹水紀錄範圍製圖表示，成果如圖 13。



資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

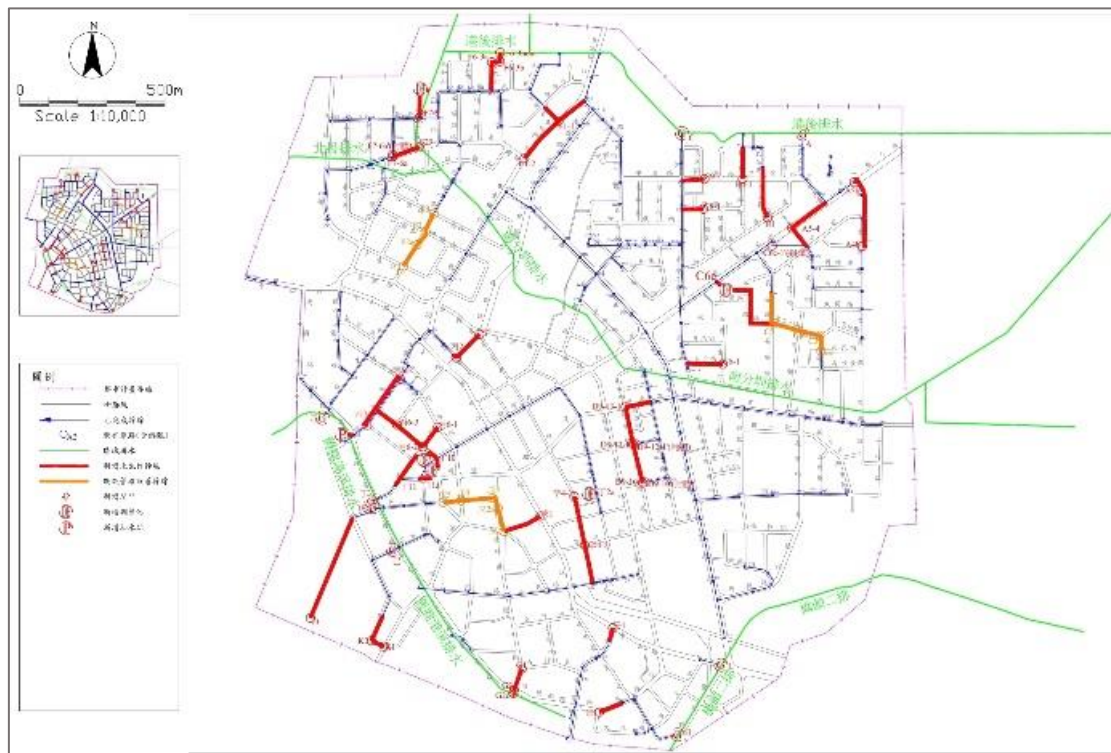
圖 13 鹿港地區雨水下水道現況 SWMM 模擬成果

(四) 鹿港檢討規劃改善方案 SWMM 模式效益評估

本專題針對檢討規劃改善方案布設後之排水情形，進階分析 SWMM 水理模式之幹管排水狀況，並且針對檢討規劃方案建置二維水理模式以分析評估整體治水成效。

鹿港示範區改善方案以「幹線尺寸改善」、「增設疏洪箱涵」、「增設雨水調節設施」、「增設自動閘門」等策略擬定，另針對局部低窪及地表排水不良處，擬定增設側溝建議改善方案，依據現況淹水位置，研擬之相關改善方案工程位置詳圖 14 所示，其他幹線及其支線如以 SWMM 動態模擬 5 年無論有或無外水位情況下，通水能力均足夠，則暫不改善。

依檢討規劃系統完成後，以 SWMM 模式進行改善後水理分析，擇定各幹線系統原本人孔冒水路段實際人孔(編號如圖 15 所標示)，將估算其洪峰流量降低效果與估算減少溢淹量體之結果，統計綜整列於表 4。整體而言，大部分幹線經過改善後，均已降低滿管流況、下游人孔冒水量亦減少，減少幹線排水負荷。



資料來源：彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃(民國 108 年)期末報告。

圖 14 鹿港地區雨水下水道改善方案示意圖

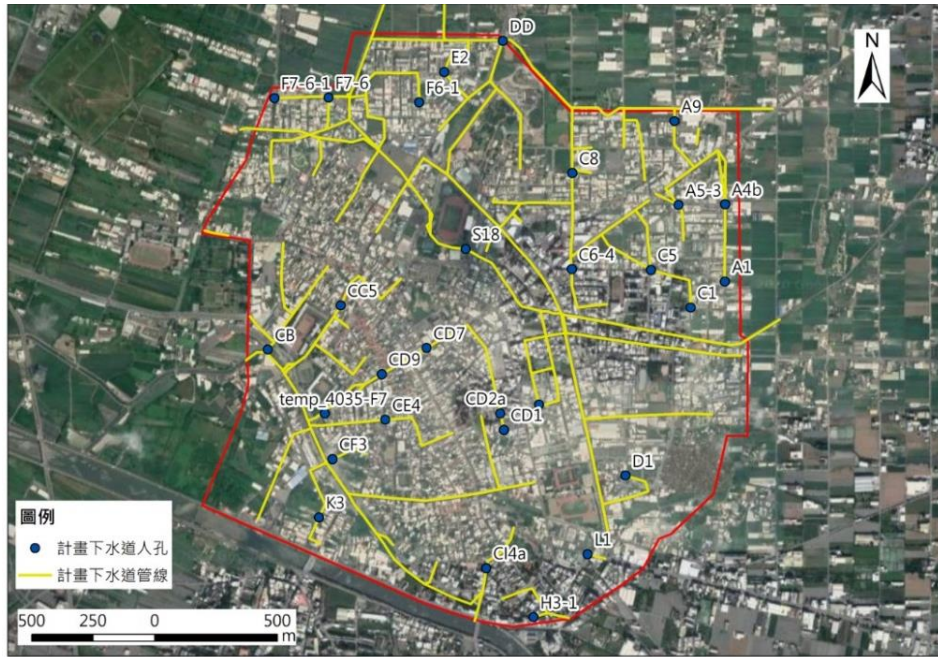


圖 15 鹿港模式模擬成果之人孔編號示意圖

(五) 鹿港二維水理模式建置

本示範區二維水理模式建之各項參數設定說明如下：

1. 下水道資料

以鹿港示範區一維下水道人孔及管線資料，繪製基礎圖資如圖 16。

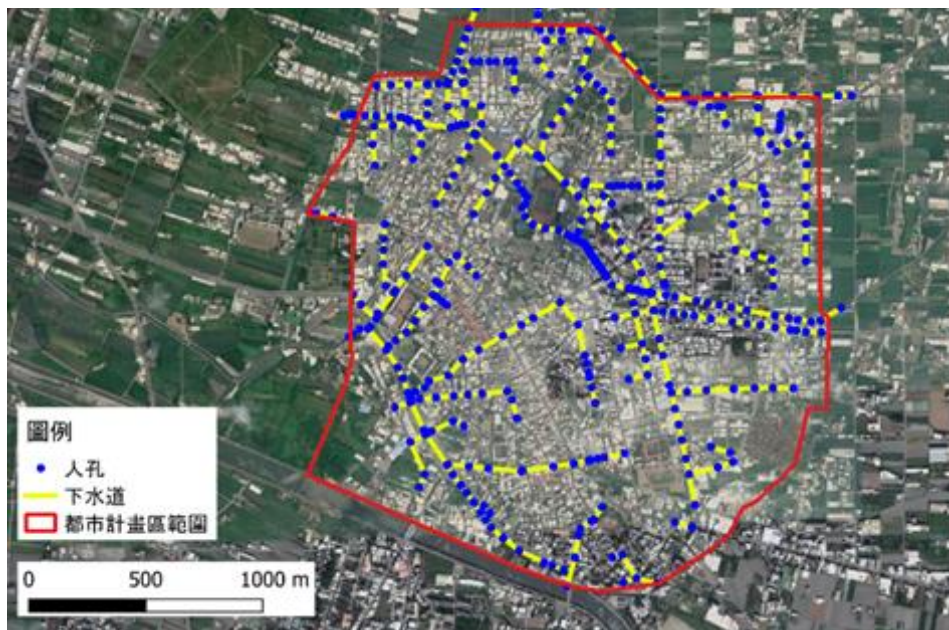


圖 16 鹿港都市計畫區管線及人孔分佈

表 4 鹿港示範區改善方案 SWMM 模式效益評估統計表

A 幹線：A4b				
現況	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	減少冒孔量(m3)	最高水深(m)
現況	2.18	00:50	-	1.66
方案配置後	0.79	00:50	-	1.15
差異	-1.39	-	1580	-0.51
差異百分比	-64%	-	-	-31%
C 幹線：C5				
現況	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	減少冒孔量(m3)	最高水深(m)
現況	0.89	00:40	-	2.00
方案配置後	0.82	00:40	-	1.95
差異	-0.07	-	1010	-0.05
差異百分比	-8%	-	-	-3%
D 幹線：D9-10				
現況	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	減少冒孔量(m3)	最高水深(m)
現況	0.81	00:40	-	1.69
方案配置後	0.60	00:40	-	0.93
差異	-0.21	-	850	-0.76
差異百分比	-26%	-	-	-45%
E 幹線：E2				
現況	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	減少冒孔量(m3)	最高水深(m)
現況	0.76	00:40	-	1.54
方案配置後	0.40	01:00	-	1.30
差異	-0.36	00:20	960	-0.24
差異百分比	-47%	-	-	-16%
乙 幹 線：CB2a				
現況	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	減少冒孔量(m3)	最高水深(m)
現況	0.70	00:40	-	1.96
方案配置後	0.25	00:40	-	1.78
差異	-0.45	-	510	0.18
差異百分比	64%	-	-	-9%
丙幹線：CC5				
現況	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	減少冒孔量(m3)	最高水深(m)
現況	5.01	00:55	-	1.96
方案配置後	1.31	00:45	-	1.81
差異	-3.7	-	7360	-0.15
差異百分比	-74%	-	-	-8%
丁幹線：CD9				
現況	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	減少冒孔量(m3)	最高水深(m)
現況	2.35	00:40	-	1.96
方案配置後	3.56	00:45	-	2.18
差異	1.21 (道路墊高)	-	1620	0.22 (道路墊高)
差異百分比	151%	-	-	110%
戊幹線：CE7				
現況	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	減少冒孔量(m3)	最高水深(m)
現況	1.74	00:40	-	1.23
方案配置後	1.20	00:45	-	1.04
差異	-0.54	-	490	-0.19
差異百分比	-31%	-	-	-15%

2. 二維地形資料

本專題依據過去執行水利署製作淹水潛勢圖資計畫之經驗，考量高精度之 DEM 有機密資料之安全性考量，而以 10 公尺×10 公尺精度進行模擬，在模擬時間及模式成果展現等綜合考量，可得到合理且具參考價值之模擬成果，且可提供其他單位研究引用分析，因此本專題以內政部衛星測量中心製作之 5 公尺×5 公尺高精度 DEM，粗化而成 10 公尺×10 公尺做為地形網格資料，而 DEM 粗化之方法，係以選用粗化後之網格範圍內之高程網格數值資料之平均值，作為粗化後之網格高程代表值，成果如圖 17。

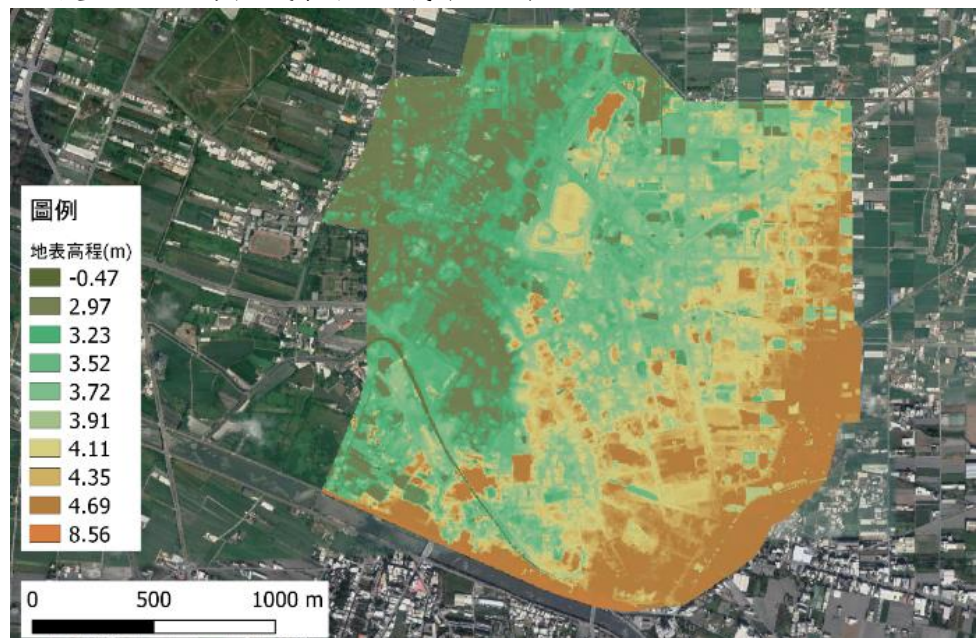


圖 17 鹿港都市計畫區數值高程模型

3. 水文資料及邊界條件

水文資料主要輸入降雨資料，檢討規劃方案之模擬係以試範圍 5 年再現期短延時暴雨雨型做為模式雨量資料，而考量因應氣候變遷所能提升之保護標準，則以計畫區 10 年再現期短延時暴雨雨型做為模式雨量資料。

4. 邊界劃設及邊界條件設定

本示範區邊界設定係以都市計畫區為邊界進行設定，邊界條件設定則延續 SWMM 一維水理模式，鹿港位於濱海地區，因此除各排水系統在雨水下水道出口處之計畫洪水位為各幹線之邊界條件外，排入台灣海峽之舊鹿港溪外水位，係以平均最大潮位進行邊界條件之設定。

5. 模式建置成果

整體模式 SOBEK 建置結果，如圖 18 所示。

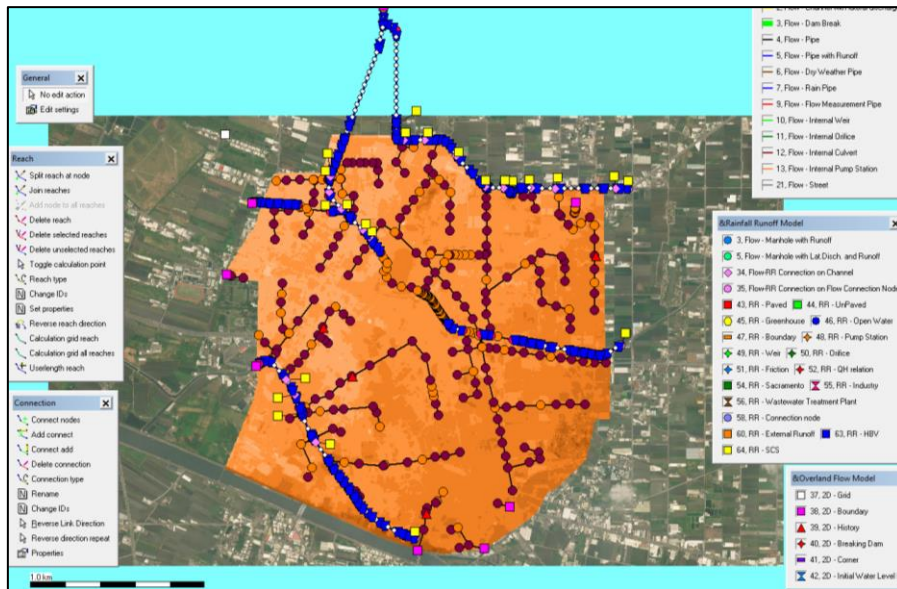


圖 18 鹿港都市計畫區 SOBEK 模式建置成果示意圖

6. 現況淹水模擬成果圖

依據 SOBEK 模式模擬在 5 年再現期降雨下，淹水情形如圖 19 所示。

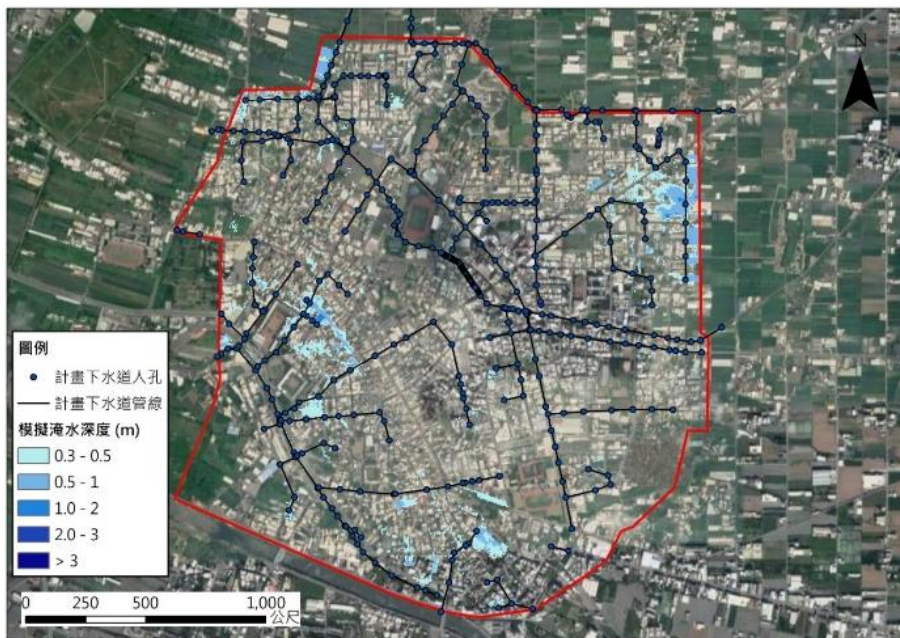


圖 19 鹿港雨水下水道現況淹水模擬圖(5 年再現期)

7. 檢討規劃淹水模擬成果圖

經檢討規劃改善方案施設後，模擬在 5 年再現期降雨下，鹿港

示範區現況淹水情形，如圖 20 所示。

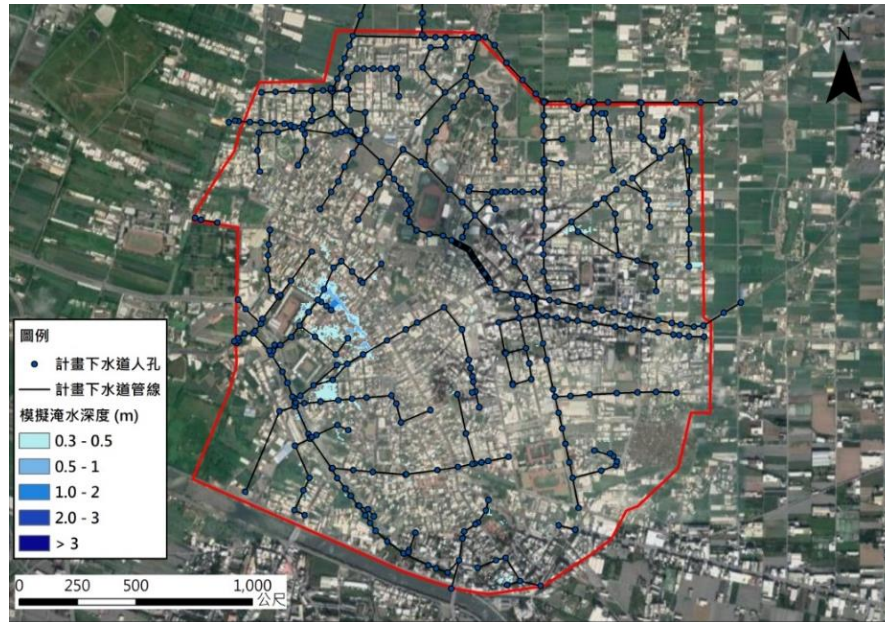


圖 20 鹿港檢討規劃改善方案淹水模擬圖(5 年再現期)

(六) 鹿港總合治水技術設計方案效益評估

鹿港示範區經檢討規劃改善方案後，已能提升幹線整體防洪能力，符合 5 年重現期保護標準，然為能因應氣候變遷，本研究分兩階段，第一階段透過區分不同類型總合治水技術設計方案，因應氣候變遷提升都市防洪保護標準之情境下，分別進行效益評估，分析各種方案之都市防洪改善效益，再透過分析成果，提出示範區導入總合治水之理想模型，透過額外之總合治水技術設計，分析本示範區未來能夠提升防洪保護標準之潛力。

為能因應氣候變遷，本研究以 10 年再現期降雨，做為未來防洪保護標準提升目標，以鹿港 10 年再現期時雨量 69.58mm 為情境進行模擬。鹿港示範區內現況淹水情形以舊鹿港排水分區較為嚴重，本研究以乙幹線及丙幹線二排水系統為模擬範疇，在檢討規劃改善布置基礎下，透過 3.4 節總合治水技術設計導入方法，盤點乙、丙二幹線排水分區可利用之公共設施土地，進行總合治水技術設計。

本區塊為鹿港早期開發之老街區，因此多為已開闢公共設施，且位於市街核心地帶且建物密集處，因此盤點後以機關用地、學校用地為主要可利用對象。學校操場與公園廣場，較適合規劃雨水調節池用地，機關用地與校園校舍等，則適合進行低衝擊開發設施設計，而路幅較寬之主要交通幹道則優先以海綿道路作為規劃方案。

經本專題研究評估，建議洛津國小及文開國小兩校之操場用地，分別作為乙、丙幹線之雨水調節池用地，而國小校園校舍由於均已配合縣政府推動「校園種電」計畫，於屋頂設置太陽能板，建築物部分缺乏空間另行設置低衝擊開發設施，僅文開國小北側球場用地可進行低衝擊開發設施之改造。此外，丙幹線上游之鹿港旅遊中心停車場面積較大，因此適合規劃透水鋪面與安全島入滲溝等低衝擊開發設施，另外丙幹線分區內，分別有親民路旁停車場，與小鹿兒童公園等公用設施區，雖非屬都市計畫公共設施用地，本專題研究在理想化操作原則下，亦納入該二區塊，進行透水保水設施之設計，停車場適合透水鋪面施作，兒童公園則可增加雨水花園與草溝等下凹式雨水貯留設施，設計保水量較大。海綿道路之方案規劃於中山路，路幅夠寬並且延伸至兩幹線排水分區。設計方案之位置如圖 21，布置內容建議詳表 5。

依據不同類別之技術設計，擬定示範區內三種方案分別說明如下：

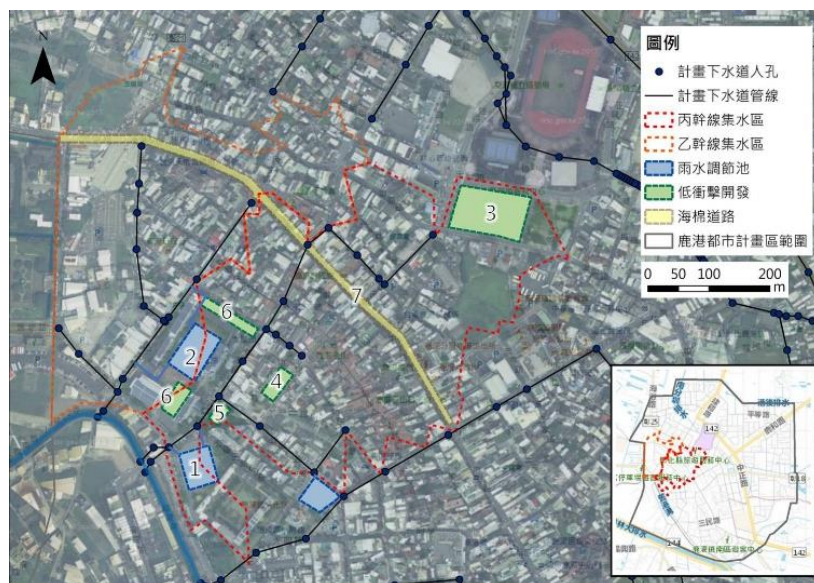


圖 21 乙、丙幹線技術設計導入方案規劃位置圖

1. 零方案：檢討規劃改善

本專題乙、丙二幹線排水分區，經檢討規劃改善方案施設後，模擬在 10 年再現期降雨下，淹水情形如圖 22 所示。成果顯示檢討規劃改善方案無法因應 10 年再現期之降雨情境，兩幹線淹水區位除分布於老街周邊，另包含幹線出口等下游地區，研判仍以外水過高、內水無法排除為主要因素。

表 2 乙、丙幹線技術設計導入方案規劃表

方案類型	排水分區	導入方案位置	土地使用分區	可利用面積(公頃)	技術設計 導入方案內容
雨水調節池	丙幹線	1.洛津國小	學校用地文(小)二	0.31	操場設置地下式雨水調節池 規劃面積：3,100m ² 調節池體積：8,000 m ³
	乙幹線	2.文開國小	學校用地文(小)三	0.41	操場設置地下式雨水調節池 規劃面積：4,000m ² 調節池體積：10,000 m ³
低衝擊開發設施	丙幹線	3.遊客中心停車場	停車場用地停六	0.85	停車場用地，設置透水鋪面及分隔島入滲綠帶 規劃面積：6,000m ² 保水體積：480 m ³
	丙幹線	4.親民路停車場	公有非公共設施	0.13	停車場用地，設置透水鋪面及分隔島入滲綠帶 規劃面積：1,300m ² 保水體積：110 m ³
	丙幹線	5.小鹿兒童公園	公有非公共設施	0.10	公園用地，設置雨水花園及草溝 規劃面積：1,000m ² 保水體積：240m ³
	丙幹線	6.文開國小球場	學校用地文(小)三	0.29	球場用地，設置透水鋪面及周邊入滲綠帶 規劃面積：2,900m ² 保水體積：270 m ³
海綿道路	乙幹線 丙幹線	7.中山路	道路用地	1.03	設置全保水系統海綿道路 規劃面積：5,140m ² 保水體積：360m ³

2. 方案一：檢討規劃改善+雨水調節池

依據本專題雨水調節池方案，以文開國小、洛津國小二校園操場設置地下式雨水調節池後，乙、丙二幹線排水分區在 10 年再現期降雨下，淹水情形如圖 23 所示。成果顯示，調節池方案大幅降低兩幹線淹水情形，尤以乙幹線下游，老街周邊市區街道，惟幹線出口之下游地區，淹水情形改善幅度較低。

3. 方案二：檢討規劃改善+雨水調節池+低衝擊開發

在雨水調節池雨水方案下，增設零星區位之低衝擊開發設施，包含北區遊客中心停車場、親民街旁停車場與小鹿兒童公園，乙、丙二幹線排水分區在 10 年再現期降雨下，淹水情形如圖 24 所示。成果淹水範圍縮減效果較不明顯。

4. 方案三：檢討規劃改善+雨水調節池+低衝擊開發+海綿道路

在雨水調節池雨水與低衝擊開發設施後，規劃中山路(民權路口至光復路口)路段進行海綿道路之鋪設，乙、丙二幹線排水分區在 10 年再現期降雨下，淹水情形如圖 25 所示。因淹水範圍縮減效果較不明顯，因此進一步比較幹線洪峰流量評估其改善效果。

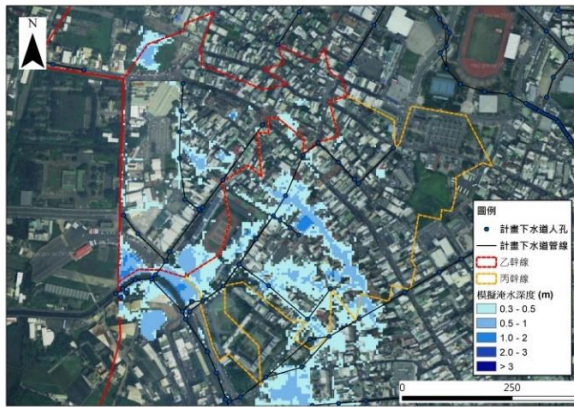


圖 22 乙-丙幹線檢討規劃改善方案淹水模擬圖(10 年再現期)

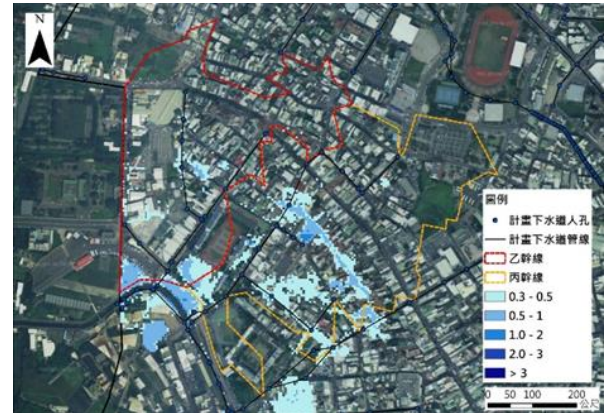


圖 23 乙-丙幹線總合治水方案一淹水模擬圖(10 年再現期)

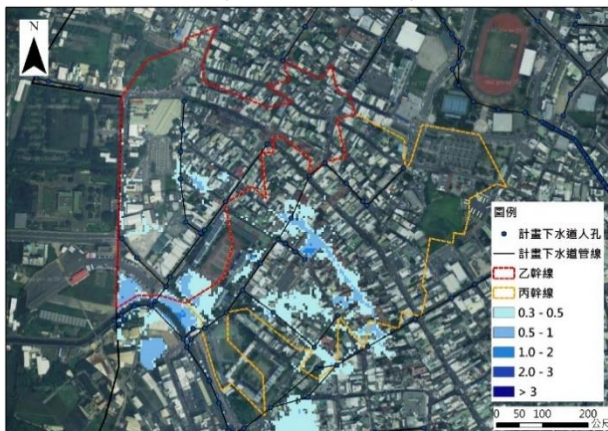


圖 24 乙-丙幹線總合治水方案二淹水模擬圖(10 年再現期)

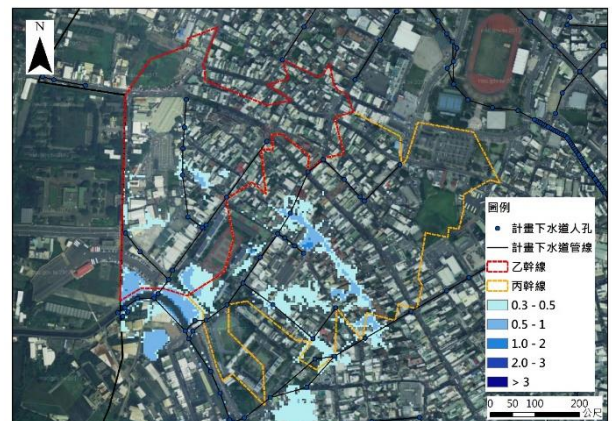


圖 25 乙-丙幹線總合治水方案三淹水模擬圖(10 年再現期)

5. 效益評估

乙、丙幹線施作總合治水技術設計各方案之布置後，其流量削減情形及淹水面積變化，詳如表 6 所示。乙幹線透過方案一改善，洪峰流量削減了 52.2%。納入國小校園之低衝擊開發後，洪峰流量削減量再提升為 56.5%，增加海綿道路後之增量效益，則未反映於流量削減數據中。丙幹線亦有相同情形，透過洛津國小雨水調節池方案改善，洪峰流量削減了 21.4%，納入遊客中心、停車場及兒童公園之低衝擊開發後，削減量再提升為 28.6%，而海綿道路之效益則過小因此未能反映於流量削減數據中。惟透過淹水體積之分析，仍可得知，雨水調節池設置後淹水體積減少比例為 51.5%，增加低

衝擊開發後提升至 52.9%，而鋪設海綿道路則提升至 54.3%。

表 6 乙-丙幹線綜合治水技術設計方案布置效益比較表

效益評估項目		檢討規劃	方案一	方案二	方案三
流量		最高流量(cms)			
乙幹線	最高流量	2.3	1.1	1.0	1.0
	降低比例	-	52.2%	56.5%	56.5%
丙幹線	最高流量	7.0	5.5	5.0	5.0
	降低比例	-	21.4%	28.6%	28.6%
淹水面積		淹水面積(m2)			
0.3-0.5m		43,625	21,682	20,984	20,460
0.5-1.0m		18,325	9,108	8,814	8,594
1.0-2.0m		1,825	907	878	856
2.0-3.0m		0	0	0	0
>3.0m		0	0	0	0
淹水面積總計		63,775	31,696	30,676	29,910
減少比例		-	50.3%	51.9%	53.1%
淹水體積		淹水體積(m3)			
淹水體積總計		30,371	14,730	14,305	13,880
減少比例		-	51.5%	52.9%	54.3%

6. 經費評估

依據過往治理工程建設成本推估，將雨水調節池、低衝擊開發、海綿道路等經費，依據建設量體初步估計如表 7。評估結果顯示雨水調節池方案，因貯留量高，因此可有效降低乙幹線、丙幹線排水負擔，施工困難度以文開國小較高，因校舍圍繞操場，因此須謹慎考量地下工法結構強度及施工保護，加上鹿港地區地下水位較高，結構設計須額外考慮地下滯洪池上頂力，因此保守設計僅規劃地下一層樓之筏基進行蓄水，保守估計主體工程開挖深度約為 5 公尺，滯洪池淨高以 3 公尺設計，蓄水深度約為 2.6 公尺。

表 7 綜合治水技術設計方案布置經費估算

效益評估項目	雨水調節池	低衝擊開發	海綿道路
工程內容概述	1. 洛津國小操場設置地下式雨水調節池，規劃面積：3,100m ² 2. 文開國小操場設置地下式雨水調節池，規劃面積：4,000m ²	1. 鹿港遊客中心停車場，透水鋪面及入滲綠帶規劃面積：6,000m ² 2. 親民路停車場，透水鋪面及入滲綠帶規劃面積：1,300m ² 3. 小鹿兒童公園，雨水花園及草溝規劃面積：1,000m ² 4. 文開國小球場，透水鋪面及入滲綠帶規劃面積：2,900m ²	設置全保水系統海綿道路 鋪設面積：5,140m ²

效益評估項目	雨水調節池	低衝擊開發	海綿道路
滯洪量體/保水量體 (m ³)	1. 洛津國小調節池：體積 8,000 m ³ 2. 文開國小調節池：體積 10,000 m ³	保水總體積：1,100 m ³	入滲量：360m ³
建設經費概估	1. 210,000 仟元 2. 320,000 仟元	13,600 仟元	80,635 仟元
優劣點及影響說明	有效降低乙幹線、丙幹線排水負擔，工期長應配合學校營運	工期短，保水量有限，可提升環境品質及改善微氣候	保水量有限，經費較昂貴，施工期對周邊環境影響較大

(七) 鹿港示範區整體設計方案效益評估

依據前節操作流程，將本示範區都市計畫區可利用空間的土地供給總量及用地座落區位，篩選面積不小於 0.5 公頃之土地利用區位進行盤點，其中丙幹線內另納列現況公用土地，進行規劃設計。鹿港都市計畫區面積 452.58 公頃，其中公共設施占 108.92 公頃，占比約 24%，比例較高者以機關用地、學校用地、市場用地、廣場兼停車場用地、運動場用地為主，由於其中除機關用地、社教用地多已開闢外，鄰里公園、兒童遊樂場與市場等未開闢比例較高，再者如停車場面積較大者均為已開闢，多位於市街核心地帶且建物密集處，由於鹿港多屬早期開發之市街，避免未開闢區位現況不易調整，因此本次分析導入技術設計方案以學校、運動場、已開闢公園用地、部分開闢之機關用地為主，方案之位置如圖 26，布置內容建議詳找不到參照來源。及圖 27。



圖 26 鹿港示範區技術設計導入方案位置圖

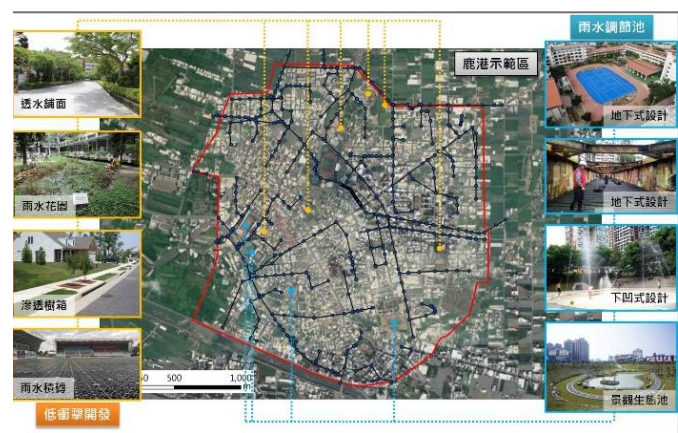


圖 27 鹿港示範區技術設計導入方案說明

表 8 鹿港示範區整體技術設計導入方案規劃表

排水分區	公設項目	編號	面積 (公頃)	現況	技術設計 導入方案規劃
D 幹線	學校用地	1.文(小)四	2.89	多已徵收，現為球場	導入低衝擊開發設施
	學校用地	2.文(小)五	2.47	多已徵收，現為球場	導入低衝擊開發設施
	學校用地	3.文(小)六	2.46	公園/球場/溜冰場	導入低衝擊開發設施
	學校用地	4.文(中)一	5.46	鹿港國中	操場用地規劃滯洪空間
	學校用地	5.文(中)二	4.58	多已徵收，現為球場	導入低衝擊開發設施
	公園用地	6.公二	3.26	鹿港生態休閒公園	導入低衝擊開發設施
乙幹線	學校用地	7.文(小)三	2.92	文開國小	操場規劃雨水調節池， 球場規劃低衝擊開發
丙幹線	機關用地	8.機二	0.91	衛生所/調解委員會	導入低衝擊開發設施
	學校用地	9.文(小)二	2.17	洛津國小	操場規劃雨水調節池
	機關用地	10.機七	0.71	圖書館 (建物部分位於丁 幹線)	檢討規劃已規劃雨水調 節池方案
丁幹線	廣場兼停車場用地	11.廣(停) 一	0.51	停車場	檢討規劃已規劃雨水調 節池方案
辛幹線	學校用地	12.文(小) 一	2.33	鹿港國小	操場用地規劃滯洪空間
南分圳排 水	運動場用地	13.運	5.29	鹿港鎮運動場	不適合規劃其他用途
丙幹線	停車場	14.公用	0.13	親民路停車場	導入低衝擊開發設施
	公園	15.公用	0.10	小鹿兒童公園	導入低衝擊開發設施

註：公共設施面積計算參照彰化縣政府「擬定鹿港福興都市計畫細部計畫書」，民國 106 年。

(八) 降雨變異下之效益評估

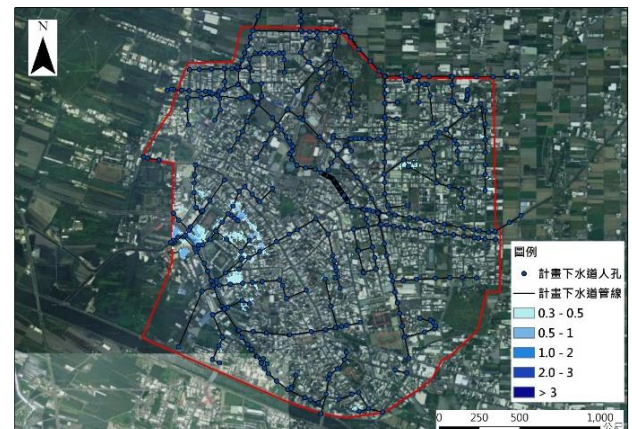
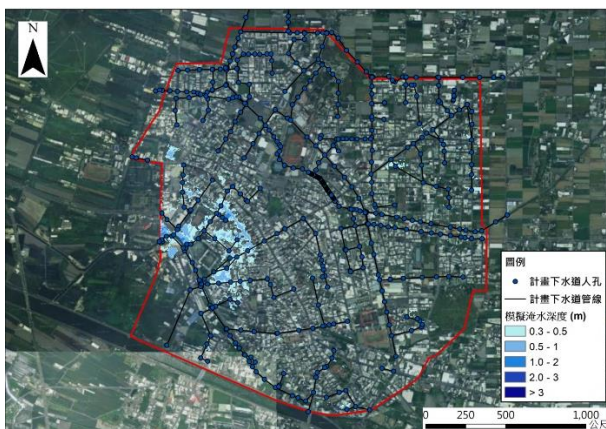
鹿港示範區導入土地利用之技術設計方案後，透過二維淹水模式 SOBEK 分析，成果如表 9 所示。在 10 年再現期降雨下，鹿港示範區全區可透過土地利用技術設計方案，可再減少約 45.7%之淹水面積及 46.5%之淹水體積，由於土地利用技術設計與幹線系統之區位相關，因此透過提升雨量之加乘，二維淹水模擬成果如圖 28。

透過鹿港示範區整體導入之土地利用技術設計方案成果，可得知示範區西南隅區位導入合適之技術設計方案，效果較為顯著，模擬成果顯示鹿港示範區透過土地利用技術設計方案，以丁、丙、戊、辛幹線之流量削減，較具成效，其餘幹線則因佈設區位關係，較無法發揮其效益。以老街為例，

位於低窪地區，因此即使布設雨水調節池，仍會因外水過高、內水無法排除，導致淹水情形，但是整體淹水體積較少，淹水深度會降低。鹿港示範區之總合治水之效益指標詳見表 10，完整利用土地布設總合治水設施後，雖然無法完全滿足短延時總雨量為 10 年再現期雨量不淹水，但仍可降低一定程度之淹水風險。

表 9 鹿港示範區技術設計方案布置前後淹水面積體積統計表

淹水面積	淹水面積(公頃)		
	10 年再現期		
	檢討規劃方案	導入土地利用技術設計方案	改善程度
0.3-0.5m	9.5	5.24	45%
0.5-1.0m	3.1	1.55	50%
1.0-2.0m	0.24	0.15	38%
2.0-3.0m	0.005	0.005	-
>3.0m	0	0	-
總計	12.8	6.95	45.7%
淹水體積	淹水體積(m ³)		
	10 年再現期		
	檢討規劃方案	導入土地利用技術設計方案	改善程度
總體積	58,899	31,510	46.5%



(A)鹿港示範區技術設計方案布置前淹水模擬圖(10 年重現期)

(B) 鹿港示範區技術設計方案布置後淹水模擬圖(10 年重現期)

圖 28 鹿港示範區技術設計方案布置後模擬圖

表 10 鹿港示範區技術設計方案布置前後效益評估

項次	計術設計 效益評估指標	雨水檢討 規劃方案	新增土地利用 計術設計方案	效益評估	
1	幹線洪峰流量 (CMS)	D	3.22	1.11	削減比例 65.4%
		G	0.13	0.07	削減比例 46.33%
		乙	1.2	0.43	削減比例 64.35%
		丙	4.88	3.94	削減比例 19.23%
		丁	2.0	0.87	削減比例 56.52%
		戊	1.79	0.73	削減比例 59.32%
2	淹水面積(公頃)	12.8	6.95	削減比例 45.7%	
3	總淹水體積(m ³)	58,899	31,510	削減比例 46.5%	
4	指標點淹水 時間	丙幹線 (CC5)	210 分鐘	180 分鐘	淹水時間 縮短 30 分鐘
		丁幹線 (CD9)	75 分鐘	45 分鐘	淹水時間 縮短 30 分鐘
		戊幹線 (CE5)	85 分鐘	30 分鐘	淹水時間 縮短 55 分鐘
5	提升都市防洪調適能力 說明	增加土地利用技術設計方案，鹿港示範區雖無法達到 10 年重現期降雨不淹水，但可大幅降低淹水範圍及縮短淹水時間，仍具降低淹水風險之成效。			

本示範區之重要挑戰為地勢低窪與外水之綜合影響，如無法以工程手段解決時，應加強非工程措施之策略。非工程措施可分為災前整備，災中應變及災後復原。災前整備包含推動居民辦理自主防災社區之演練及準備，透過社區組織強化避難撤退等演練工作，推廣防水閘門、建築物透過整建機會抬高基地高程。汛期來臨前則須辦理排水路清淤、提前部屬臨時抽水機、防災人員聯繫及防災避難物資準備之各項整備工作，並強化即時預警系統及防災避難通報等決策系統，以利災中可即時應變，各項整備工作之健全，可迅速組織人力、加速災後復原速度，為未來重要治水策略。

四、結論與建議

(一) 結論

1. 都市防洪建設策略之改變

由於各縣市雨水下水道建設率持續攀升，如台北市已達 96% 以上，可提升的幅度有限。近年來以海綿城市為主軸，推動滯洪池、雨撲滿的雨水貯留設施為主。再者，因應強降雨的氣候成常態，營

建署亦持續推動都市總合治水計畫，除提升雨水下水道實施率外，也將海綿城市概念引進。各縣市政府配合中央治水政策積極推動下，未來都市防洪除持續建設雨水下水道外，將會有更多雨水調節池、低衝擊開發、抽水站延壽改善、雨水下水道延壽改善、雨水貯留設施等多元化措施，共同提升都市整體防洪能量。多元化措施執行後，都市地區防洪治理效益，將以淹水情形之改善為直觀之判斷方式。

2. 鹿港示範區檢討規劃方案與技術設計改善之模擬成效

本專題研究以一維水理模式 SWMM 及二維淹水模式 SOBEK 分析鹿港都市計畫區檢討規劃改善方案，可知透過檢討規劃施作水道改善方案，包含改管、分流等，同時規劃若干雨水調節池後，一維水理模式 SWMM 模擬成果下，鹿港地區可滿足 5 年再現期保護標準。而在二維水理模擬成果中，仍有局部地區有淹水情形。

為能因應氣候變遷，本專題研究以 10 年再現期降雨情境作為提升標準，擇定鹿港示範區積淹較為嚴重之乙、丙幹線排水分區，透過示範區導入土地利用之技術設計方案，分別以雨水調節池、低衝擊開發及海綿道路等方案，進行排水改善。模擬成果顯示，乙、丙幹線排水分區透過階段性方案，可有效降低幹線洪峰流量，並縮減淹水面積與減少淹水體積，其中又以調節池方案效果最優，其次為低衝擊開發，再其次為海綿道路。本專題研究分析後之建議與鹿港地區逕流分擔計畫評估成果一致，應先協商乙、丙幹線下游文開國小及洛津國小，利用其操場空間施作地下式雨水調節池，並可利用空間進行低衝擊開發規劃，包含國小球場、停車場及兒童公園等區位。進一步以全示範區範圍內可作滯洪使用且較易取得之土地為目標，先就中、大型公有土地、公共設施用地等予以資源盤點，導入合適之技術設計方案，包含校園操場可規劃滯洪空間、適宜規劃公共設施之低衝擊開發等，並以規劃一定之雨水貯留量體為基礎進行模式操作，成果顯示鹿港示範區透過技術設計方案，在 10 年再現期降雨下，雖無法達成全區不淹水之保護標準，但可降低約 46% 之淹水面積與淹水體積。顯示鹿港示範區以工程手段解決仍有其限制，應加強非工程措施之策略，以防災、避災策略為主，例如保全目標應裝設防水閘門、重要建物可透過改建提升建築基地高程、社區居民平時需加強社區自主防災整備工作、建構即時預警系統、提升該區居民防災意識，汛期來臨前預先做好防災整備，包含溝渠疏通、

閘門及抽水站檢修維護、抽水機組調派、物資人力盤點等工作，以加強災中應變能力及災後復原速度，以提升城市韌性。

(二) 建議

1. 現況效益評估指標之強化及精進

目前雨水下水道檢討規劃則需以 SWMM 模式模擬成果為參考指標，透過改善方案之執行達成人孔不冒水之標準，作為治水改善效益之評定基準。然透過二維水理模式，可觀察實際易積淹地區之區位，供決策單位更精確的評估土地利用方案，包含抽水站、雨水調節池、低衝擊開發等措施，是 SWMM 模式量化指標分析方式以外，可額外評估總合治水設施效益之輔助工具，提供技術設計者提出更精進之改善方案規劃參考。

建議未來推動重大治水計畫，除建設長度、雨水調節池滯洪量體、抽水站建設改善數量等量化指標，可考慮納入淹水改善面積、淹水改善體積、淹水改善時間等指標，透過二維淹水模式之分析，可量化粗估實際效益，以供相關主管機關治水決策參考。

2. 技術設計導入方案之優序評估建議

就本專題研究分析鹿港示範區之成果可看出，鹿港地區則因位於濱海，受外水位影響嚴重，因此即使公共設施用地比例較高，可利用空間較多，但因個別排水路條件差異，在低窪地區可操作改善之程度仍屬有限。本專題研究透過二維水理模式，以因應氣候變遷提升都市防洪保護標準為目標，進行示範區導入不同之土地利用技術設計方案，分別為雨水調節池、低衝擊開發及海綿道路等三類型方案，進行排水改善，成果顯示調節池方案效果最優，其次為低衝擊開發，再其次為海綿道路。其中雨水調節池與海綿道路所需經費高昂，因此不同示範區可依需求評估總合治水施作優序，易淹水地區應以具明顯成效之雨水調節池為主要策略，而淹水較不嚴重，但如僅須局部改善或微幅提升保護標準，建議以成本較低之低衝擊開發設施為治理重點，優先施作，既可改善微氣候，亦具有調節洪峰流量之成效，對居民而言，治水實績有感度增加，亦可提升周遭環境品質。

參考文獻

1. 市區道路工程規劃及設計規範，內政部營建署，民國 98 年 4 月。
2. 下水道工程設施標準，內政部營建署，民國 98 年。
3. 雨水下水道系統規劃原則檢討，內政部營建署，民國 99 年。
4. 日本都市總合治水對策考察報告，民國 101 年。
5. 都市總合治水綱要計畫，內政部營建署，民國 103 年。
6. 水環境低衝擊開發設施操作手冊，內政部營建署，民國 104 年。
7. 水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫，民國 104 年。
8. 內政部營建署都市總合治水網站，民國 108 年。網址：<http://iufm.cpami.gov.tw/>
9. 總合治水推動策略(含設施選用分析)，內政部營建署，民國 106 年。
10. 全國都市防洪保護標準相關指標訂定，內政部營建署，民國 107 年。
11. 雨水下水道系統維護管理年度訪評要點，內政部營建署，民國 108 年。
12. 內政部營建署補助直轄市及縣(市)政府辦理雨水下水道建設計畫作業要點修正草案，民國 106 年。
13. 內政部營建署都市總合治水計畫績效訪視作業要點草案，內政部營建署，民國 106 年。
14. 彰化縣鹿港鎮雨水下水道系統檢討規劃期末報告，彰化縣政府，民國 108 年。
15. 流域綜合治理計畫逕流分擔與出流管制試辦操作-以雲林縣虎尾鎮為例，經濟部水利署，民國 107 年。