

# 因應氣候變遷洪災韌性提升策略建構(2/2)

## Construction strategies for flood resilience enhancement under climate change (2/2)

主管單位：經濟部水利署

游保杉 <sup>1</sup>	盧沛文 <sup>2</sup>	郭振民 <sup>1</sup>
Yu, Pao-Shan	Lu, Pei-Wen	Kuo, Chen-Min
陳明陀 <sup>3</sup>		楊道昌 <sup>1</sup>
Chen, Ming-Tuo		Yang, Tao-Chang

<sup>1</sup> 國立成功大學水利暨海洋工程學系

<sup>2</sup> 國立彰化師範大學地理學系

<sup>3</sup> 禾唐工程顧問有限公司

### 摘要

在氣候變遷影響下極端降雨發生頻率與規模有增強之趨勢，近年極端降雨已有多次超過現有水利排水工程設計標準，再加上未來都市人口增加與土地持續發展，提升洪災韌性勢在必行。提升洪災韌性的策略需考量國土規劃、政府部會政策分工與推動，及民眾需求等不同層面，其影響相當廣泛。相關策略之研提與規劃，除以專業角度進行規劃設計外，需先瞭解民眾意願與模式模擬成果，據以提供政府部門相關政策之規劃、調整，並達成政策與民眾需求之平衡，協助地方政府實現公私協力的目標，進而積極面對洪災的威脅，提升城市之洪災韌性能力。

本計畫參考國際文獻與荷蘭鹿特丹水廣場之工作坊經驗，建構洪災韌性提升策略架構五階段。洪災韌性提升方案之規劃與研擬，應依據此架構於前期階段邀請民眾參與並融入其意見，避免最終方案底定時發生因民眾反對而窒礙難行之窘境。而洪災韌性提升策略架構五階段包含：「洪災成因分析」、「韌性提升方案建立」、「民眾參與」、「方案成效模擬與評估」，以及「研提方案與推行」。本計畫依據此架構與步驟，以臺南市安南區總頭地區為案例，進行洪災韌性提升方案規劃，並透過水利專業、政策推動與在地對談等三場工作坊，探討以抵抗的道路加高工程方式，或以韌性土地管理的種水方式，分析合適之在地滯洪推動方式。最終提出以「種水於田」之方式並配合相關配套措施以推動在地滯洪，種水是可行且較具永續性之方法，但同時也需考慮獎勵金計算方式(如種水量以每度5元進行獎勵、種水面積考量累進費率之設計)、政策推動制度面之調整、種水地區衍生效益(水質與水資源再利用)規劃等問題。

**關鍵詞：**洪災韌性、氣候變遷、近自然解決方案

## Abstract

The enhancement of flood resilience is the only way to overcome the effect under climate change. The national spatial plan, the cooperation among ministries and public demand should be considered in the strategies. Thus, we should build the bottom-up procedure to propose complete strategies. This project is aim to develop the strategy to enhance the flood resilience and response to climate change in the two-year period. The framework was proposed to form the procedure of making flood resilience strategy. The framework consists the professional engineering design and public willing to balance the deficit between public and government. The flood resilience enhance methods will be tested in the demonstrated inundation area, that considering the public demands, and engineering or non-engineering methods, to enhance the flood resilience.

This year: Based on the design in the first year, the strategies will focus on solving the possible flooding disaster under climate change and extreme climate. The design should be adjusted or improved based on the response of public, urban planning to enhance the flood resilience. Moreover, the strategy implementation will be discueesd to identify the difficulty and the possible influence to nearby area. The cooperation among Ministries should be also discussed to implement the flood resilience strategies smoothly.

This project has proposed a more reasonable method for extreme rainfall setting to simulate the extreme flood under climate change. With this extreme flood, the suitable resilience measure with engineering and non-engineering methods can be conductd to enhance the flood resilience. The Fault Tree Analysis(FTA) was conducted for the causes of flood disastersd. And then, the appropriate corresponding resilience measures can be selected based on the needs survey from the residents (with the method of focus group interview or Workshop). After this, the localization of flood resilience improvement plan will be further carried out in the future.

The current main couses of flooding is poor drainage system in the demonstration area: Zongtou region of Tainan City. Baes on the FTA, and the analysis results of public demand and sensing assessments, the strategies can plan in these way: 1. Set up retarding basin in a single location, 2. wide range detention area in abandon farmland, 3. increase detention space in the farmland, 4.detention in the park or public land, 5. elevation raisen for the main street, to satisfy what the people needs: 1. home is not flooded, 2. alternative routes can passable, 3. depth of flooding water is under 30 cm. But "set up retarding basin in a single location", "increase detention space in the farmland" and "detention in the park or public land" were found to be ineffective after flooding simulations. Therefore, the follow-up will focus on "wide range detention area in abandon farmland" and "elevation raisen for the main street" to further handle three workshops including water conservancy, policy promotion, and local dialogue. In the end, it's considered feasible and more sustainable to use the method of "flood detented in lowlands" and related supporting

measures to carry out local detention. And it's necessary to consider issues such as the calculation method of the award, the adjustment of the policy promotion system, and the derivative benefit planning of the flood detented area. In the future, it should continue getting into a conversation with the people through workshops and adjust the planning content in a rolling manner for the promotion of local detention.

**Keywords : flood resilience, climate change, nature-based solution.**

## 一、前言

臺灣是多自然災害的國家，尤其面對氣候異常導致洪災威脅持續增加，自民國89年以來歷經多次風災，特別在民國98年莫拉克颱風及民國107年0823熱帶低壓豪雨的重創下，造成嚴重的生命財產損失。水利署長期投入相當多的人力、財力來提升地方區域排水能力，目前已經大量減少在工程設計標準下的可能淹水面積。然而面對氣候變遷的衝擊，世界各地已經正在面臨極端氣候帶來洪災的衝擊，極端氣候帶來的降雨強度已經超過目前我們工程與非工程的防治標準，因此必須強化對於面對洪災時的韌性能力，以積極面對氣候的不確定性。洪「災」雖然難以避免，但是透過洪災的韌性檢討與提升過程，期待可以大幅減低「害」的產生，並且能從過去的災害經驗中學習成長，提升到更高程度的韌性水準。韌性的提升過程除了需要瞭解自身不足之處以提出韌性解決方法之外，還要能由下到上的協力合作才能推動成功。

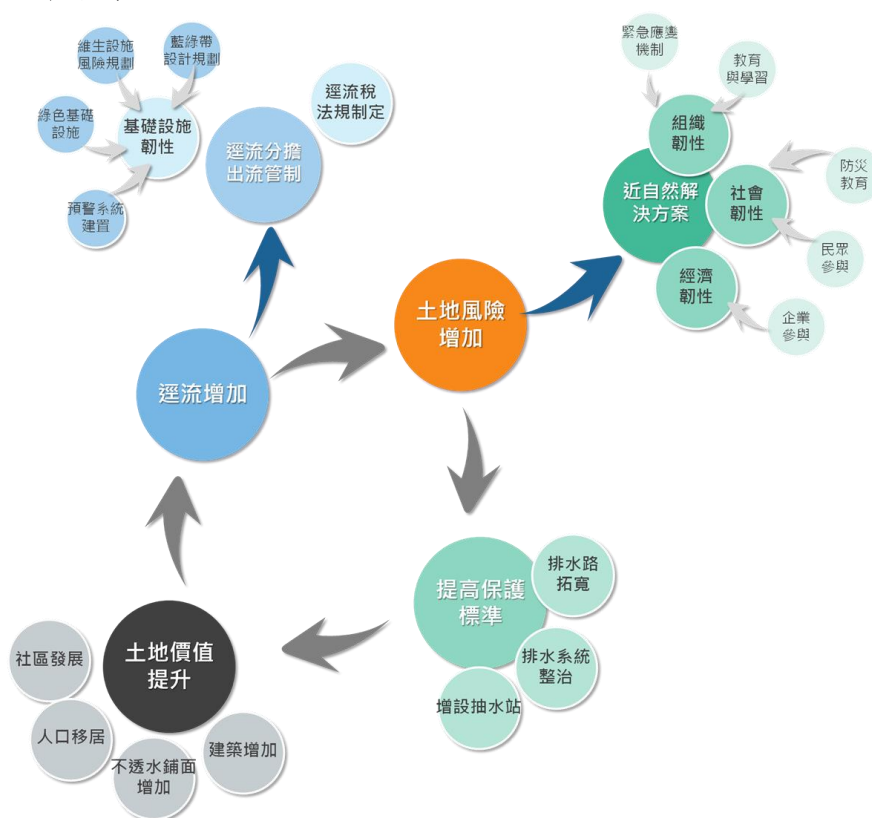
基此，本計畫致力於洪災韌性提升方案與相關政策之研提，建立其策略規劃與研訂所需考量之步驟，以供後續推行之依循。然而，相關洪水韌性策略之研提與規劃所牽涉的層面相當廣泛，必須針對民眾需求、洪災韌性策略形成、及策略推動等程序加以溝通協調才能獲得最佳的解方，其程序由下到上的需求建議，再由上到下的策略推動所組成。本計畫以兩年工作期程(民國108至109年)研擬洪災韌性提升策略建構步驟。於第一(108)年度，結合民眾需求與治水手段，擬定不同土地使用方式下通用的洪災韌性策略，其目標鎖定在災時有限度的容許洪水進入(蓄洪)，同時能在災後可以加速退水，不影響民眾生活作息。本(109)年度，將進一步針對極端氣候可能造成的影響，進一步提出對應的洪災韌性提升方案，同時延續第一年度所建立的民眾感知與淹水模擬，在不同的洪災韌性方案與民眾可接受條件下辨識出合適的推動方案與規劃設計，同時針對法規、工程、國土規劃與民眾影響等面向提出推動之做法，並具體提出各部會推行時之分工架構，提供後續推動之參考。

## 二、策略建構階段與步驟

臺灣城市大多面臨「治水工程施作後，降低了土地淹水風險，但隨之而來的卻是土地價值的抬升，土地再次進一步開發利用而造成淹水風險進一步提升」的循環(如圖1)，在水利工程施作具有其限制性(如成本考量)的前提下，如何將韌性的相關因素納入，以打破這樣的循環，為本計畫之考量重點之一。

然而，「韌性」一詞廣泛應用於各領域(包含生態、社會、經濟、社會-生態、災害、災害管理等)，其定義亦有所不同。韌性之探討大致遵循著同一大方向：除考量災害損失程度、災害對社會經濟衝擊，與災後恢復能力(Folke et al., 2002)外，甚至需考慮災前整備、災中應變與災後重建之能力(Bruneau et al., 2003; Cutter et al., 2008)，以達避災、減災、適災、恢復之效果。聯合國國際減災策略組織(UNDRR, 2002)亦從綜合性觀點提出韌性之定義為：「系統、社區或社會對抗或調整，以獲得一個可接受狀態之能力。其決定在社會系統，可自我組織、提升學習、調適及災害恢復能力」。因此韌性評估與強化之架構建議從綜合性角度整體探討(即涵蓋組織、基礎設施、社會、經濟、社區資本等層面)(Cutter et al., 2010)。

參考A Methodology to Define Flood Resilience (J. Tourbier, 2012)所述，洪災韌性應包含空間、結構、社會，以及風險管理等四層面，而本計畫所探討之洪災韌性定義係屬空間層面之部分：「透過洪氾區劃分與城市綠化管理方式，將洪水蓄滯於低窪地，以提升空間上的洪災韌性。其作法可採用：永續城市排水系統(SUD's)、最佳管理作業(BMP's)，或低衝擊開發(LID)」，其探討內容聚焦於「如何透過基礎設施(包含灰色與綠色工程)使洪水造成的危害最小化」。針對上述韌性評估中組織、社會、經濟等層面之因素本計畫則暫不進行細部探討。



洪災韌性提升策略之建構，本計畫參考Natural and Nature-Based Flood Management: A Green Guide(World Wildlife Fund, WWF, 2017)及本團隊第一年度研究，修正繪製如圖2，將「提升洪水韌性策略架構」分為五個基本階段：「洪災成因分析」、「韌性提升方案建立」、「民眾參與」、「方案成效模擬與評估」，以及「研提方案與推行」，茲將各階段內容與其執行步驟說明如后。



圖2 洪災韌性提升策略建構之架構圖

## 2.1 洪災成因分析

首先第一階段「洪災成因分析」包含兩項步驟：現況調查與分析，以及瞭解淹水特性。其中，步驟一：現況調查與分析，係瞭解研究區域防洪體系並整理淹水原因，進而於步驟二：瞭解淹水特性，掌握相關治理計畫狀況及防洪缺口，並設定降雨情境(包含氣候變遷下之極端降雨)，以於後續階段可在此基礎之上研提洪災韌性提升方案。

### 1. 現況調查與分析

推動研究區域的洪災韌性提升作業之前，應先瞭解研究區域的關鍵基礎問題，包括防洪體系－研究區域環境現況、鄰近排水路治理現況，以及防洪缺口－淹水情形與淹水原因。

### 2. 瞭解淹水特性

本步驟需掌握相關治理計畫狀況及防洪缺口，同時設定降雨情境(包含氣候變遷下之極端降雨)，以利淹水特性之瞭解。此外，為能釐清各類洪災特性及可採取之因應對策，可將研究區域依社區類型：都會型、鄉村型、沿海型，及洪災型態：外水溢堤型、內水無法排出、排水系統不佳、地勢低窪進行洪災成因分析。

## 2.2 韌性提升方案建立

第二階段「韌性提升方案建立」包含兩項步驟：洪災韌性提升方案彙整，以及非工程措施考量。步驟一：洪災韌性方案彙整，係綜整各種可適用之專業方案以供後續與民眾交流討論時參考使用。步驟二：非工程措施考量，當工程措施未如預期提升洪災韌性時，需考量其它軟性方案。

### 1. 洪災韌性方案會整

藉由第一階段確定研究區域的初步目標後，接著應確定洪水韌性提升的可能方向。在這階段，將進行洪災韌性提升方案的篩選，依照研究區域淹水特性、地理環境、人文環境等條件，初步選擇可適用於研究區域，且未來可能被落實的洪災韌性提升方案。而

方案的類別可區分為三大類：灰色工程、綠色工程、非工程。洪災韌性方案應檢視是否有未完備之灰色工程，並加入綠色工程來提升其洪災韌性。其中，由於國內外文獻並未針對灰色工程、綠色工程、非工程等名詞進行明確之定義，故本計畫嘗試針對前述名詞定義如后。灰色工程：因應防洪需求，於地上或地下所施作之工程構造物。綠色工程：因應防洪需求，且在灰色工程基礎上，考量NBS概念於地上或地下所施作之項目。

## 2. 非工程措施考量

面對氣候變遷極端降雨的衝擊下，綠色工程未必能如預期的提升研究區域的洪災韌性，此時應考量非工程措施，透過警戒與防災體制的規劃、對民眾的教育與宣導、適當的土地利用規劃等非工程措施的導入，提升研究區域之洪災韌性。非工程措施本計畫嘗試定義為：因應防洪需求，透過管理層面進行的人為措施，如緊急避難規劃、防水閘門的架設、防洪相關軟體開發與補助措施等。

## 2.3 民眾參與

第三階段「民眾參與」包含兩項步驟：感知評量以及需求調查。步驟一：感知評量，係用以瞭解民眾對於洪災容受力與感知程度進行提案的調整。步驟二：需求調查，係就個別洪災韌性提升方案進行調查，瞭解民眾面對淹水情境之偏好與選擇。

### 1. 感知評量

隨著資通訊科技服務的發展，創造了對「使用者」更廣泛，社群化的理解，以及提供了跨時空尺度下探討環境-社會的契機。社群的去地域性使其對象不再受限於在地居民，而是因特定議題所聚合的群體。網路使用者(社群成員)在網路上評價以表達其感知的可能，在群眾外包的概念下搜集社會評價所建立的資料庫，除了呈現大眾，一般性的社會價值，也可以在適地性服務的概念下提供推播通知與資訊傳遞的加值服務。現有的研究計畫都已經證明這樣的技術應用在社會評價上的可行性。

基此，以資通訊科技結合群眾外包與用戶生成內容的概念下，發展一套用於城市空間特性動態指認與加值的系統，開放市民智慧共同參與在都市空間活化的決策過程當中，開創出智慧社區<sup>註1</sup>乃至於智慧城市在空間成型與治理的創新途徑。因此，藉由感知評量可以瞭解民眾對於洪災容受力與感知程度以作為提案與調整的依據。

### 2. 需求調查

韌性的提升的成敗取決在民眾的接受度與參與程度，任何的洪災韌性提升方法，不論是工程或是非工程手段，若是不能符合民眾的需求，都將無法呈現韌性提升的效果。民眾需求的調查，可透過訪談、工作坊等交流方式進行，以瞭解民眾面對淹水情境之偏好與選擇。此外，需求調查亦須考量專業領域人士的意見，以便於後續地方政府推動作業的運行。

## 2.4 方案成效模擬與評估

第四階段「方案成效模擬與評估」包含兩項步驟：淹水數值模式建置，以及韌性方案成效評估。步驟一：淹水數值模式建置，係針對研究區域建置淹水模擬模式，以瞭解地表淹水情況。步驟二：韌性提升方案成效評估，係以模式模擬評估相關初步方案成效，以供民眾參考並選擇最適切的方案使用。

### 1. 淹水數值模式建置

藉由淹水數值模式的輔助，可檢視各種洪災韌性提升方案對研究區域所帶來的效益，且具有視覺化的呈現，便於後續與民眾討論時使用。基此，淹水模式需具備可處理研究區域現況排水能力、分析現況淹水情形、探討排水不良原因、評估韌性提升方案之改善效果與設施規模，據以選用合宜之模式進行淹水模式的建置。

### 2. 韌性提升方案成效評估

研究區域淹水模式建立後，配合階段三民眾選擇之洪災韌性提升方案，透過模式模擬評估其成效，並透過數據化與視覺化的呈現，以供民眾檢視並進一步討論調整方向。

## 2.5 研提方案與推行

第五階段「研提方案與推行」包含兩項步驟：評估方案推行困難處，以及研擬各部會分工。步驟一：評估方案推行困難處，需瞭解不同方案可能面臨之問題(包含法規、工程、國土、民眾等面向)及連動影響，據以進一步研提其推行方式。步驟二：研擬各部會分工，需針對各方案與具體措施進行各部會分工研擬，以利推行。

### 1. 評估方案推行困難處

此步驟主要係將階段四所提出民眾接受的提升方案，進一步分析可能面臨之問題、推動之難處，以及方案推行後是否會對鄰近地區造成影響，以避免方案推行時礙於法規限制、工程條件、國土規劃或鄰近地區民眾反對等問題而造成方案無法推行。

### 2. 研擬各部會分工

透過前述步驟鎖定最終之推行方案，釐清可能之跨部會合作項目，據以擬定分工項目，同時釐清權責。

## 三、案例示範

本計畫以臺南市安南區總頭地區(包含總頭社區及總頭寮工業區)為案例，進行前述洪災韌性提升策略建構五階段與各步驟之操作示範。

### 3.1 洪災成因分析

#### 1. 洪災示範區現況調查

本計畫選定之洪災示範區總頭地區，包含總頭社區及總頭寮工業區。該區域地勢呈東北向西南傾斜，歷年來因為安南區地勢平坦，加上土地開發逕流量增加，排水系統未能全面配合整治，排水路通洪斷面及堤岸高度不足，排水坡度平緩，因此地勢較低窪地區排水不易，加上下游地勢較低，又該區域位屬感潮河段，排水路易受鹽水溪排水之外水頂托，其先天排水條件較差，重力排水困難，而部份支、分線排水路下游地區之農田或村落由於地勢低且排水設施不完善，每逢颱風、豪雨時極易導致窪地、區內道路及住家淹水。

0823熱帶低壓豪雨時因東側的六塊寮排水溢堤，總頭社區淹水深度約0.3~0.8公尺最深及腰，總頭寮興安宮的廟埕淹水，且南側十三佃積淹嚴重，致水位回堵，加上南側黃昏市場排水回流，社區北側長溪路三段跟台江大道路口積淹車子無法通行，南側道路亦因十三佃嚴重積淹水封路，造成交通中斷；總頭寮工業區則淹了三個多小時，水深約



0.3~0.5公尺，所幸並未淹進廠房。

研究區域位於鹽水溪支線海尾寮排及六塊寮排水兩集水區中間，0823熱帶低壓豪雨淹水原因包含：(1)六塊寮排水溢流、(2)內水排水系統不良(僅有側溝)、(3)南側十三佃積淹嚴重及南側黃昏市場的水回流，內水無法依地勢排出、(4)台江大道阻隔效應(總頭寮工業區內水無法排出)、(5)鹽水溪外水高漲，外水高漲內水無法排出，四草潮位站於暴雨期間出現滿潮，潮位約1.17公尺、(6)降雨量超過排水設計標準：安南雨量站24小時累積雨量435.5毫米，超過20年重現期、(7)現有抽水站距離總頭地區太遠，未能進行抽排(且外水位高)。

基於上述淹水情形與淹水原因，臺南市總頭地區之防洪缺口可整理為3點：(1)地勢低窪內水不易排出、(2)南側積淹，內水無法排出、(3)村落排水蒐集系統不良。

## 2. 極端情境設定

為挑選總頭地區之歷史極端降雨事件，首先以安南雨量站之歷史雨量觀測資料(1992年~2020年)，進行極端降雨門檻之設定。統計延時24小時累積雨量達80 mm(中央氣象局降雨分級達豪雨程度)之降雨事件，並計算其平均與標準差可得延時24小時極端降雨門檻為264.1 mm。

由安南站歷史雨量資料中挑選延時24小時累積降雨量達此門檻者，進一步針對延時2、6、12、18小時各別計算其極端降雨門檻，並篩選達門檻之歷史降雨事件。最後篩選結果發現2009年莫拉克颱風同時滿足延時24、18小時之極端降雨門檻，2005年0612豪雨事件則同時滿足延時24、6、2小時之極端降雨事件門檻。

歷史極端降雨事件挑選，建議鄉村型之地區則以滿足長延時極端降雨門檻較多者為主，如莫拉克颱風；都會型之地區則以滿足短延時極端降雨門檻較多者為主，如0612豪雨事件。故臺南市總頭地區建議以莫拉克颱風為極端降雨事件，其延時24小時最大累積雨量為454.5 mm。同時，對照安南站延時24小時雨量頻率分析結果，莫拉克颱風延時24小時累積雨量約為頻率年25年之雨量。

為合理反應氣候變遷之影響，本計畫以NCDR提供之動力降尺度資料(2020年5月版本)進行分析，包含1組基期及4組氣候變遷之雨量資料；氣候變遷情境為AR5 RCP8.5，基期時間為1980~2015年，氣候變遷時間則為2039~2065年。本計畫挑選距離臺南市總頭地區較近之兩個點位(臺南市安南區總頭寮、臺南市安南區海寮)，各別針對基期資料，以及4組氣候變遷雨量資料進行頻率分析，藉以計算不同延時(24小時與48小時為主)下，氣候變遷各重現期雨量相較於基期雨量之變化比例，作為後續極端降雨之放大倍率。

經計算，重現期25年臺南市安南區總頭寮與海寮延時24小時，氣候變遷雨量變化比例平均分別為1.43與1.57，本計畫將兩者平均計算作為臺南市安南區總頭地區極端降雨事件之放大倍率，即為1.5倍。基此，後續之淹水模擬雨量，建議採臺南市安南區25年重現期之雨量放大1.5倍，作為氣候變遷影響下之極端降雨，並用於後續淹水模擬使用。

## 3. 淹水潛勢分析

淹水模擬為節省時效，DEM二維網格之設定，係以內政部衛星測量中心製作1 m × 1 m高精度 DEM，粗化而成 20 m × 20 m做為地形網格資料，待方案確立後再採1 m × 1 m精度模擬，而DEM粗化之方法，係以選用粗化後之網格範圍內，出現最多次之高程網



格數值資料，作為粗化後之網格高程代表值。

為瞭解後續韌性提升方案納入時，是否造成淹水風險轉移的現象，再加上安南區地勢呈東北向西南傾斜，且總頭寮南側十三佃在0823熱帶低壓豪雨時積淹嚴重，故將模擬範圍向南邊擴張到十三佃地區，向北擴張到安南區長安里。淹水模擬模式以歷年造成總頭地區淹水情形嚴重之事件進行驗證後，以鹽水溪排水10年重現期距一日暴雨之降雨歷線，配合下游邊界條件出海口7~10月大潮平均高、低潮位歷線，及參考實際豪雨期之歷線為下游邊界條件，藉以模擬現況排水系統排水能力及淹水情形如圖3。

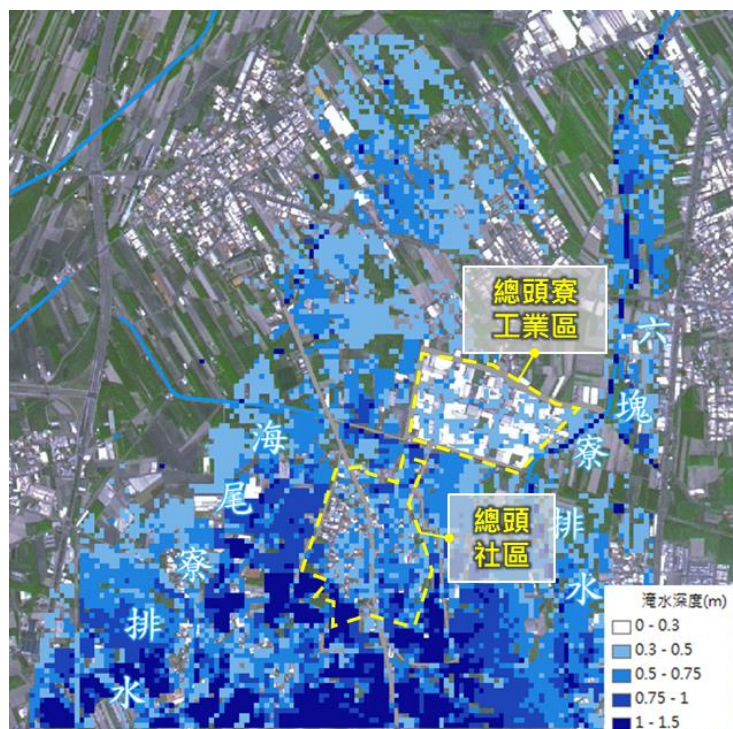


圖3 總頭地區及附近區域現況淹水潛勢圖

### 3.2 韌性提升方案建立

臺南市總頭地區面臨之洪災成因包含兩種：(1)外水溢堤以及(2)排水系統不佳。外水溢堤部分，可透過現有規劃工程進行洪水韌性提升；排水系統不佳部分，需透過洪災成因故障樹分析，並配合民眾面對洪水影響時所關心之重點，篩選可適用之洪災韌性提升方案，據以進行細部規劃。藉由本計畫建立之排水系統不佳故障樹分析總頭地區排水系統問題，造成洪災之原因主要為(1)下水道管徑不足、(2)上游來水過多。且總頭地區之地點類型屬鄉村型，可將適用之工程設施或方法羅列如后：移動式防洪擋板、臨時提防\_太空包、充氣式擋水牆、沙包、排水構造物維護、提高路緣高度、滯洪池、水廣場、廢棄下水道再利用、生態滯留區、綠屋頂、綠牆壁、雨撲滿、球場下方蓄水、路間滯水綠帶、路旁集水溝渠、道路綠地滯水、透水鋪面、排洪通道、排水系統、導水溝渠、增加下水道容量、抽水站、雨汙水分離等。

為瞭解民眾實際需求，以及民眾對於政策、方案及相關辦法之偏好，本計畫透過訪談之方式進行，並導入感知評量系統之操作，進行風險辨識分析，據以平衡民眾需求與工程施作的界線，避免工程需求被民眾的意見無限放大。概括而言，民眾面對洪

災影響時所關心之重點為(1)可通行的道路、(2)閒置用地的有效利用、(3)農地淹水對民眾生活影響不大，可嘗試規劃利用、(4)主要聯絡道路保持暢通，依據此關鍵需求進一步篩選出優先適用方法為：道路綠地滯水、提高路緣高度、土地利用空間規劃、水廣場、滯洪池等五項，綜整而言即總頭地區在一般降雨情境下，其洪災韌性提升方案可規劃以在地滯洪為方向(如圖 4)。

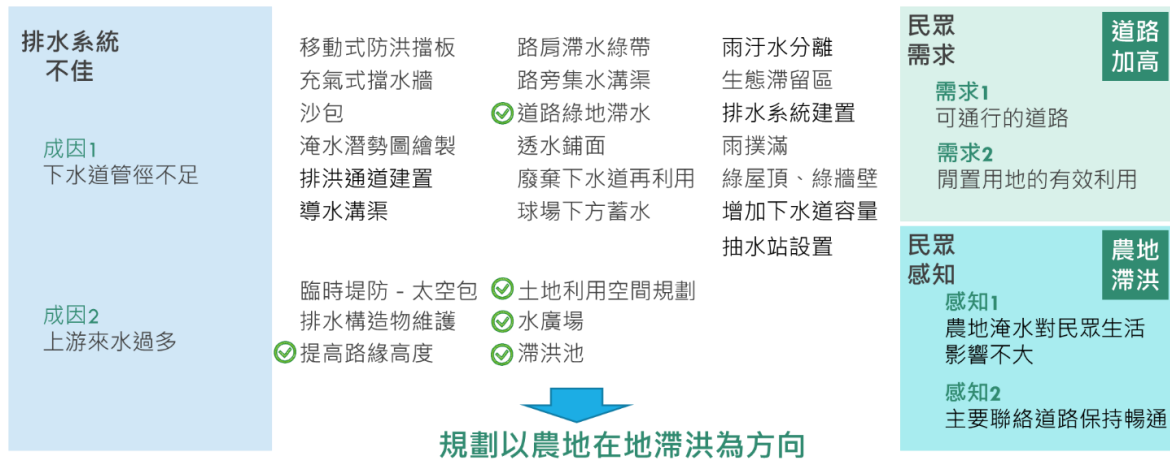


圖4 在地化韌性方法篩選與設計方向


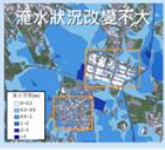
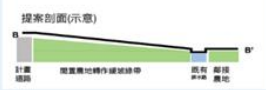
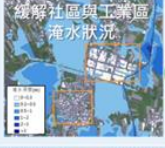

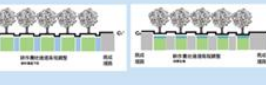
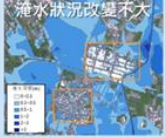
本計畫針對前述 5 項在地滯洪方法為設計方向，規劃相關滯洪方式如：(1)滯洪池：於選擇適當農地進行單一位置滯洪池設置；(2)土地利用空間規劃：則考量利用大面積未作耕作之農地進行大範圍農田滯洪，或(3)增加耕作土地內的滯洪空間；(4)水廣場：研究區域中以公有用地或公園進行滯洪設計與規劃；(5)道路綠地滯水及提高路緣高度：以道路加高之方式引導洪水滯留於規劃之農地中，進行短暫滯洪。

然而，本計畫依據臺南市都市計畫中針對總頭社區與總頭寮工業區之土地管理方面，總頭社區與總頭寮工業區其面積比例最高為農業區、乙種工業區、住宅區。基此，進一步針對前述 5 項在地滯洪方法：(1)單一位置設置滯洪池、(2)大範圍農田滯洪、(3)增加耕作土地內的滯洪空間、(4)公有用地或公園進行滯洪規劃、(5)道路加高等項進行成效評估與篩選。其中以大範圍農田滯洪所「創造 0.5m 蓄洪空間」的方式較可有效將總頭寮工業區及總頭社區淹水深度降至 30cm 以下(如表 1)。而大範圍農田滯洪考量多種施作方式與推行方式(如圖 5)，其中以「利用主要道路加高形成路堤，使多餘的逕流自然流入選用地中」或以「選用地點進行農地種水」的方式，來達成創造 0.5m 蓄洪空間的目的，可同時滿足民眾遇到洪災影響時，仍可保有逃生路線之需求，並將多餘的逕流導入閒置農地中。

故本計畫初步規劃總頭地區部分道路進行加高 0.5m，並於適當地點作為在地滯洪區，增加滯洪空間，並配合抽水站以利洪災後可快速排水，規劃範圍與構想如圖 6。同時利用 SOBEK 進行淹水模擬(如圖 7)，一般降雨情境下，可降低總頭寮工業區與總頭社區之淹水面積，與淹水時間彙整如表 2。同時，韌性提升方案的納入，透過總頭寮工業區與總頭社區之上游、下游控制點淹水點之水位前後比較，其水位歷線並無明顯變化，即並未對鄰近區域造成淹水風險轉移的狀況。



表1 各農地滯洪方法設計與成效模擬

方案名稱	剖面示意圖	施作設定	模擬結果
傳統單一位置滯洪池		<ul style="list-style-type: none"> <li>挖深 3m</li> <li>使用面積約3.2公頃</li> <li>滯洪體積約9.6萬m<sup>3</sup></li> </ul> <small>註：總頭地區地表高程約3.2~3.5m，下挖3m不受地下水影響</small>	
大範圍農田滯洪		<ul style="list-style-type: none"> <li>挖深 0.5m</li> <li>使用面積約40公頃</li> <li>滯洪體積約20萬m<sup>3</sup></li> </ul>	 
增加耕作土地內的滯洪空間		<ul style="list-style-type: none"> <li>邊界挖深 1m</li> <li>使用面積約2.8公頃</li> <li>滯洪體積約2.8萬m<sup>3</sup></li> </ul>	



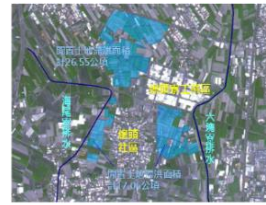
農地滯洪 施作方式與推行方式評估(粗估)

1. 怎麼做可大範圍創造0.5m的蓄洪空間?

- 滯洪處挖深0.5m
- 滯洪處淺挖0.1m，並將土方用來加高田埂

2. 怎麼推行? 補助? 補償?

- 休耕、採休耕補助+鼓勵補助(參考宜蘭的補助方案-未推行)
- 維持原耕作方式，並採天然災害補償×倍數(獎勵延後放水)



使用面積：45.56公頃

施作與推行方式組合	施作費用(1次性)	獎勵補助(每年支出)	淹水補償	面臨困難
挖深0.5m，配合休耕	113,900千元 <small>500(元/m<sup>2</sup>)×(45.56×10,000×0.5)m<sup>2</sup></small>	1,959千元 <small>(34,000 + 9,000)(元/公頃)×45.56</small>	-	地主意願、政府財源、土方放置及管理問題
挖深0.1m並加高田埂，配合休耕	22,780千元 <small>500(元/m<sup>2</sup>)×(45.56×10,000×0.1)m<sup>2</sup></small>	1,959千元 <small>(34,000 + 9,000)(元/公頃)×45.56</small>	-	地主意願、政府財源
挖深0.1m並加高田埂，維持原耕作方式	22,780千元 <small>500(元/m<sup>2</sup>)×(45.56×10,000×0.1)m<sup>2</sup></small>	-	1,066千元 <small>(18,000×1.3)(元/公頃) × 45.56</small>	地主意願、政府財源
主要道路加高形成路堤	約80,000千元 <small>以進路6km長</small>	-	1,066千元 <small>(18,000×1.3)(元/公頃) × 45.56</small>	政府財源

土方開挖單價：粗估500元/m<sup>3</sup>

補償金額參考行政院農委會「農地辦理生產環境維護措施作業規範」，及「天然災害現金救助項目及額度」

旱作休耕補償：34,000元/公頃；鼓勵補助：9,000元/公頃

稻米天然災害補償：18,000元/公頃；獎勵延後放水倍數：1.3倍(或1.x倍)

圖5 農地滯洪施作方式與推行方式初步評估



圖6 總頭地區道路加高與在地滯洪區規劃圖

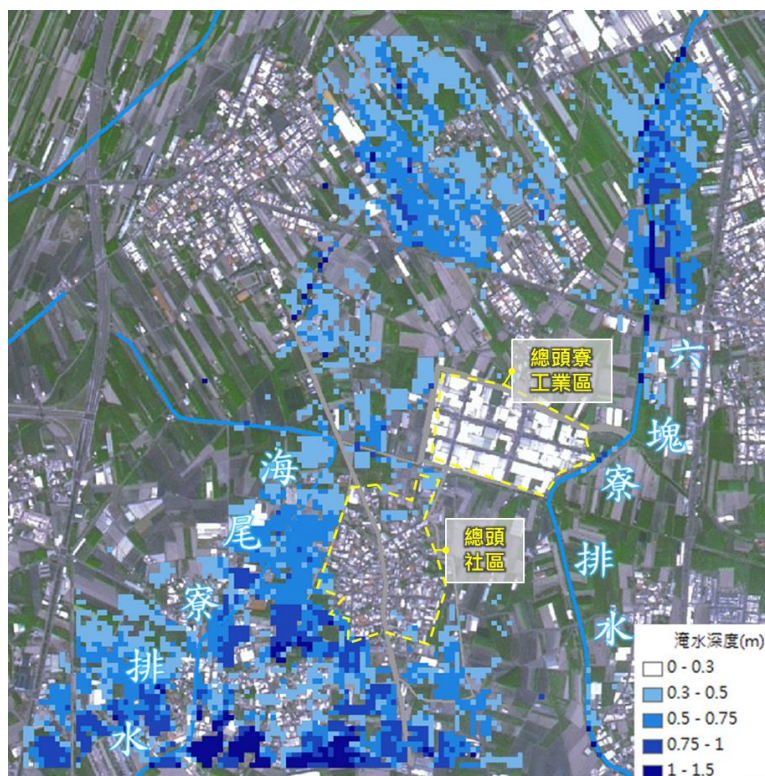


圖7 納入洪災韌性提升方法後總頭地區與附近區域之淹水潛勢圖

表2 韌性提升方案淹水數據比較

統計項目	方案別	總頭寮工業區	總頭社區
淹水面積	水利現況規劃	8.24 公頃	19.16 公頃
	韌性方案	0.04 公頃	1.36 公頃
淹水時間	水利現況規劃	19 小時	23 小時
	韌性方案	0 小時	12 小時
最大淹水深度	水利現況規劃	0.83m	1.46m
	韌性方案	0.11m	0.3m

進一步，採用極端降雨之放大倍率，作為氣候變遷影響下之極端降雨，以25年重現期之雨量乘以1.5倍，進行現況及韌性提升方案納入後淹水模擬淹水面積、淹水時間，及最大淹水深度並彙整如表3，可見納入韌性方案後仍有淹水情形且淹水時間長，因此極端氣候條件下，需配合其它非工程措施(如移動式防洪擋板之架設)以進一步減輕洪水造成之影響，並提升民眾耐淹力之觀念。

表3 極端情境之韌性提升方案淹水數據比較

統計項目	極端情境方案別	總頭寮工業區	總頭社區
淹水面積	水利現況規劃	16.36 公頃	23.8 公頃
	韌性方案	0.32 公頃	5.64 公頃
淹水時間	水利現況規劃	24 小時	24 小時
	韌性方案	7 小時	23 小時
最大淹水深度	水利現況規劃	1.00m	1.51m
	韌性方案	0.41m	0.80m

### 3.3 在地協商溝通

洪災韌性提升方案的推動，透過關鍵課題確認後，仍需依循國土規劃之原則，研擬



其韌性提案，再進一步透過工作坊或訪談的方式進行在地協商溝通，除諮詢相關專業者的意見與看法外，並再次與民眾溝通討論，期望透過此方式達到地方民眾認同專業規劃，以及專業人員認同地方需求，以達到韌性共好的雙贏局面，利於後續規劃韌性提升方案於法規面、工程面、民眾影響面之推行方式。

然而，在地協商溝通是群體的事，所包含的對象，絕不僅止於居住於方案所在地周邊的社區與鄰里居民，與執行方案相關之專業者及利害關係人，都應該被納入協商溝通的範疇，藉由廣泛的意見吸納，知識分享與經驗交流，建立不同立場對話的機制，建立具共識的「在地」方案，以及被各方所接受(approve)的政策推行方向與先後順序。

在地協商溝通的規劃流程如圖8所示，建立在所確立之、具共識的「農地滯洪」，「道路加高」策略上。本計畫以探討並建立「執行面」上的共識與操作建議為主要課題，透過水利專業者對談，政策對談，與在地對談等三場工作坊，瞭解不同利害關係人對提案的想法與意見，逐步彙整收斂，建立可執行的共識，期望透過此方式達到地方民眾認同專業規劃，以及專業人員認同地方需求，以達到韌性共好的雙贏局面，為後續方案發展推動奠基。

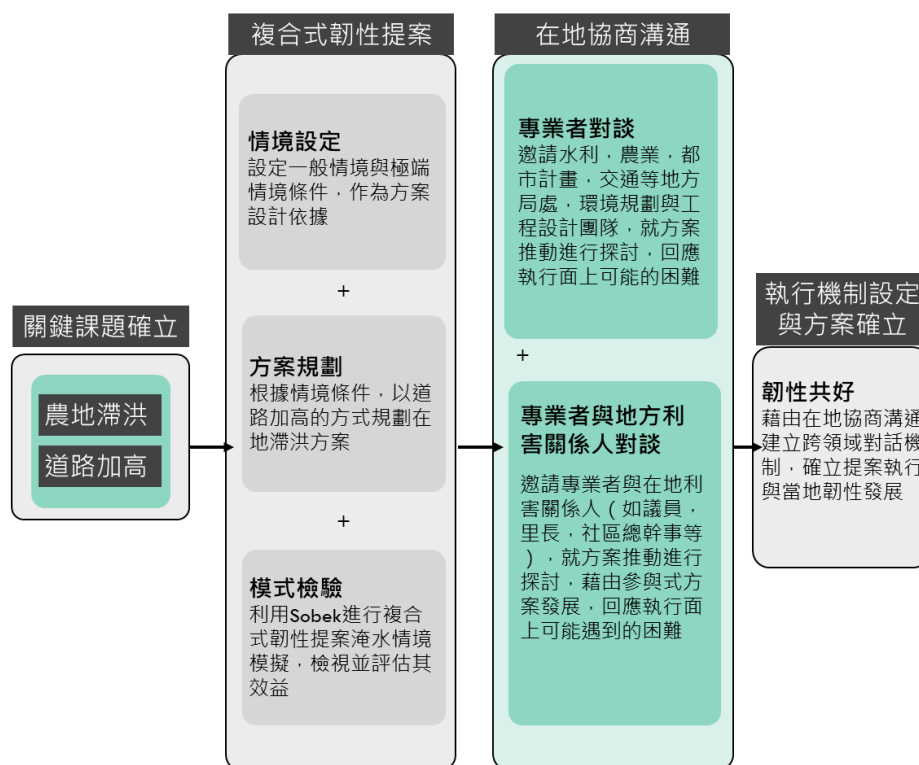


圖8 總頭地區洪災韌性提升方案推動規劃流程

本計畫藉由工作坊蒐集專業者及民眾對於方案的選擇、可以改善的地方以及可行性，以瞭解設計方案在執行面的可能困難點，並收斂出利益關係人和水利專業者的共識。且實際操作工作坊也能建立跨領域對話機制，為後續推動方案奠定基礎。工作坊分作三場辦理，各場聚焦主題分別為「水利對談—方案效益分析」、「政策對談—種水策略發展與可行性建議」和「在地對談—多元土地管理與在地落實」。工作坊辦理流程與步驟說明如表4。三場工作坊雖然獨立舉行，每一場有單一主題，但彼此之間有重要的連結。第一場工作坊的結論將作為規劃第二場工作坊的參考，第二場工作坊的討論也會延續到第三場工作坊。且工作坊的討論會逐步將討論收斂，從盤點設計方案到聚焦種水方

案。綜整各場工作坊結論與討論結果(表5)，以下將分別針對在地滯洪種水建議方案在工程方面、國土與政策方面、地方發展方面依序說明工作坊執行、聚焦與分析成果。

表 4 工作坊操作流程與步驟






步驟示意圖	步驟細部說明
 分群邀請	為聚焦討論方向，三場工作坊分為水利專業、政策專業和在地對話，將依場次主題分群邀請特定的水利領域專業者和地方利害關係者。
 執行方案說明	首先由團隊向受邀者簡要說明設計方案的內容，除了包含方案的執行大綱、成本和效益，更要傳達「韌性共好」的概念，以引導受邀者盤點設計方案。
 與會者建議	由受邀者針對團隊所規範的問題，在便利貼寫下以自身觀點出發的意見。
 會後回饋晤談	會後受邀者可以與團隊分享自己對設計方案的想法，或是拋出對韌性議題的疑問，讓受邀者有機會將自己的回饋更清楚地表達。
 設計方案改良	團隊將收到的意見經過主題性分析，歸納成對改進設計方案有意義的參考資料。

表 5 各場工作坊簡要內容與結論

	第一場 工作坊	第二場 工作坊	第三場 工作坊
日期	民國 109 年 8 月 7 日	民國 109 年 9 月 4 日	民國 109 年 10 月 28 日
主題	水利專業	政策專業	在地對話
參與者	水利領域專業者	臺南市政府局處代表、水利領域專業者、總頭里里長	台南社區大學台江分校
焦點	盤點三種設計方案	聚焦改進種水方案	種水方案溝通
問題	Q1：最喜歡的方案？ Q2：各方案的優點？ Q3：各方案的缺點？ Q4：方案的推行建議	Q1：種水方案建議 Q2：在貴單位業務範圍中政策執行可行性建議 Q3：民眾推動相關建議 Q4：其他措施相關建議	Q1：對種水的看法 Q2：對種水範圍的看法 Q3：對種水形式的看法 Q4：種水對地方發展的可能性
結論	第三種「種水」方案最受喜愛，但也有許多細節需要再討論。	政策主導者和經費來源必須被確定，種水概念和補助形式仍需與居民溝通。	民眾認同種水方案，但細部仍須討論。

## 1. 工程方面

第一場的討論由水利專業者參與，專注於水利工程可行性和效益的建議。從討論結果可以發現，設計方案一和設計方案二是傳統的工程措施，利用道路加高作為路堤和抽水機抽水等方法減少淹水的威脅，是專業者和居民都較為熟悉的「抵抗性」方案，在現行制度面也可行。然而，第三個設計方案明顯受到更多的注目，專業者可以理解第三個設計方案採用「韌性 (Resilience)」的意義，韌性在長時間的尺度下是更具永續性的，在現階段也是具前瞻性的規劃。因此第三個設計方案是更需要被討論的方案，在本場工作坊及後續的工作坊都是討論的重心。

第三個設計方案，也就是種水方案，符合了自然解決方案 (Nature Based Solutions, NBS) 的概念，在氣候變遷、水安全、糧食安全、災害管理等社會議題上，能以自然的方式達到永續使用資源和災害風險管理的目標。種水方案僅擬加高路堤，並以淹水補助的方式鼓勵閒置農田轉作滯洪空間，讓農田在不需要被工程改變地貌的條件下有新的土地利用方式，並保有恢復農耕的彈性。在氣候變遷的時代課題下，不再只有硬體設備和工程施作是選項，而我們確實可以採用新的觀念和方法來完成災害管理又降低對自然環境的影響。

從討論中分析，我們還能瞭解種水方案是重視在地共識才能推行的方案，沒有凝聚足夠的共識並讓在地居民共同參與，種水方案的效益將大打折扣。此外，以Nature Based Solutions的方式將大幅減少工程的施作費用，而經費可以轉作鼓勵居民參與種水的回饋費用，使得種水方案在以自然解決的前提之下，也是一個盡可能與在地居民結合的提升韌性方案。

## 2. 國土與政策方面

經由第一場的討論後，我們把重心放在種水方案的改進。在上一段說明了種水方案備受期待，但因為現行制度的限制和國內經驗不足，種水方案仍然需要更多時間討論，也補足不同方面的缺漏。

在第二場的政策討論當中，我們發現了種水方案有幾個具體的缺口：首先是種水方案需要跨部門參與，以地方政府來說，至少需要水利局、農業局、都發局和交通局一同加入種水的計畫，但仍然需要選定一個主導單位，此外也有經濟部水利署和臺南市水利局的中央地方權責未定的問題。整體而言，牽涉到了種水方案尚未成熟，也使得法規內容尚未考量到種水的需求，亟需立法部門和行政部門的合作。

另外最多參與者關心的是經費的問題，包含了經費來源和補助方式。我們需要建立一個更完善的財務計畫和補助試算表，供官僚系統和地方民眾更清楚經費將如何被運用，以提升所有參與者的投入意願。

最後則是對應了本計畫的設計初衷，我們要建立的是地方共好的設計方案，必須是專業者認同地方需求，地方居民也認同專業規劃的設計方案。因此，彈性溝通和即時反應極為重要，辦理工作坊的過程是重要的溝通經驗，我們確實縮短了不同部門、專業者和地方人士對種水方案的理解差距，但仍然有必要建立一個溝通機制，確保種水方案以「地方共好」為前提繼續發展下去。



### 3. 地方發展方面

以先前訪問陳亭妃委員和吳茂成執行長的結果而言，在地滯洪是可行的，但仍有許多溝通工作必須完成。吳茂成執行長也另外提出建立市場機制的想法，值得作為延伸討論的課題。而在第三場工作坊討論的結果中，居民大多認同種水方案。種水的使用地則認為利用地勢相對低窪地進行即可，而針對種水獎勵金累計費率之設計，需注意土地面積的級距設定需再細部考量，在地民眾所擁有的土地大小，大多不足1甲(未滿1公頃)，在未來的討論需要再針對小單位土地整合的問題作細部規劃。

對於種水額外的活動，則大多圍繞在一級產業，例如：養殖、種植，或者是衍生的觀光活動。其次重要的是資源利用，轉作水資源或種電都是選項之一。延續種水空間的多元使用，團隊與居民也關心種水對於社區的幫助。除了不淹水的既定目標，在本場工作坊的對談發現居民相當重視水資源的使用，但水資源跟水質監控和環境工程密不可分，在未來的討論可嘗試加入有助於水質改善之NBS措施或方法，如：生態滯留區、雨水花園、綠間滯水綠帶、路旁及水溝渠、道路綠地滯水、生態調節溝等，並邀請環工領域的專業者參與討論。整體而言，民眾對於現行設計的方案沒有太多反對，但更細緻的土地使用、獎勵金及水質議題都有賴於更多協商討論。

基此，本計畫針對在地滯洪種水方案初步草擬以下四項推動關鍵：「滯洪區位規劃」、「經費相關規劃」、「工程相關規劃」、「推動檢核規劃」。

- (1)滯洪區位規劃：具有逕流分擔功效；具有引水與排水路；確保農地農用不違反國土計畫。
- (2)經費相關規劃：規劃獎勵金額、簽約金、價購金、累進獎勵等經費規範；確定財政來源與主辦機關權責。
- (3)工程相關規劃：政府協助推動第一次整地；確保農地土方平衡；田埂加高應注意相關工程規範。
- (4)推動檢核規劃：鼓勵土地仲介或土地開發公司加入協助推動；設置淹水深度觀測裝置與檢核措施。

而針對總頭地區目前具共識，以及未來尚需更細膩討論與規劃之項目整理如表6，以供後續推動工作參考。

表 6 總頭地區在地滯洪種水方案內容與民眾之溝通狀況

已具共識	<p><b><u>上游低地可以規劃為滯洪區</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 以農地或低地進行種水規劃</li> <li>• 種水應於保護地點上游</li> <li>• 無論廢耕或有作物的農地均可以施作</li> </ul> <p><b><u>政府協助工程規劃</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 政府協助推動第一次整地</li> <li>• 政府協助引排水路的規劃</li> <li>• 農地應注意土方平衡</li> <li>• 應有田埂加高之工程技術規範</li> </ul>
尚需持續細膩討論方向	<p><b><u>釐清經費與權責</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 獎勵金額與累進獎勵之經費規劃</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相較種電補助，種水能賺的錢少很多</li> <li>• 推動的財政經費來源</li> <li>• 主辦機關權責問題</li> </ul> <p><b>有效推動與檢核</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 可以種水的範圍由誰指定</li> <li>• 面對產權複雜的農地，是否可由土地仲介或土地開發公司加入協助推動</li> <li>• 如何檢核蓄水深度，設置淹水深度觀測裝置與檢核措施</li> <li>• 違約或臨時解約的問題</li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.4 各部會分工規劃

藉由前述工作坊之執行與聚焦成果，針對總頭地區在地滯洪種水方案之推動執行，以及相關配套措施之分工方向與主要內容建議如表7。

表 7 在地滯洪相關分工架構建議

方案類別	分工方向	主要內容	單位
推動執行	逕流分擔規劃	有效分擔檢核	經濟部水利署
	契約與溝通	土地使用協商 行政契約簽訂	縣市政府水利單位
	細部工程設計	逕流引導措施	縣市政府水利單位 縣市政府工務單位
	農業相關政策	耕作政策調整 農業補償政策 農地種水獎勵	縣市政府農業單位
配套措施	通行道路規劃	避難道路設計 替代道路規劃	縣市政府水利單位 縣市政府都發局 交通主管機關
	建築防災與土地規劃	健全建築規範 逕流暫存措施 土地利用檢討 建物防洪規劃	縣市政府水利單位 縣市政府都發局
	校園防洪與教育	校園空間滯洪 蓄洪設計規劃 自然生態教育	縣市各級學校 縣市政府教育局
	疏散規劃與救助	掌握救援物資 救援路線規劃 弱勢民眾協助	縣市政府 縣市政府災害防救辦公室 縣市政府消防局 區公所與里長

## 四、結論與建議

### 4.1 結論

提升洪災韌性的策略需考量國土規劃、政府部會政策分工與推動，及民眾需求等不同層面，其影響相當廣泛。本年度依循提升洪災韌性策略架構五階段，除建議一套極端

降雨情境之設定方法外，亦提出完整之方案規劃通則。同時，案例分析則延續第一(108)年度所針對臺南市安南區總頭地區之洪災成因分析，以及民眾感知與需求調查之成果，進一步透過與水利專業、政策推動相關局處，以及在地民代及相關利害關係人進行座談與意見交流，調整並建立符合民眾期待之有效洪災韌性提升策略，據以建議相關推動方式及部會分工架構以供後續參考。

1. 研擬氣候變遷下極端降雨情境設定方法，並以總頭地區為例進行極端降雨情境下之淹水情勢分析：

本計畫提供建議之極端降雨設定方式，係用以探討洪災韌性提升方案在最極端之降雨情況下，可為研究區域帶來的減洪程度，據以作為後續政策或配套措施研擬之依據。極端降雨情境之設定需視研究需求與目的，決定是否採用本方法。

(1)以「平均值加上兩倍標準偏差」之方式設定研究區域之極端降雨門檻值，並配合歷史最大暴雨場次資料，篩選出在地之極端降雨事件，以找查找其總雨量對應之頻率年。

(2)以NCDR動力降尺度雨量資料進行頻率分析，計算各頻率年氣候變遷雨量與基期雨量之變化比例，作為放大歷史極端降雨事件之倍率。

(3)以總頭地區為例，當考量氣候變遷影響時，可以臺南市安南區25年重現期之雨量放大1.5倍，作為極端降雨情境之設定與考量。

2. 結合NBS方案與地方民意，研提洪災韌性提升策略建構流程，並以總頭地區為例，設計具民意基礎之洪災韌性提升方案：

(1)NBS方案施行步驟應包含：(1)定義問題、計畫範疇與目標、(2)擬定財務策略、(3)進行生態系、災害、風險的評估、(4)發展進自然風險管理策略、(5)評估成本、獲利與效益、(6)選擇與設計、(7)執行與建置、(8)監控與提供未來參考。

(2)在地化方案設計應考量地區特性、淹水規模與淹水時機，並判斷洪災發生原因，透過故障樹分析以選擇正確的NBS處理對策與方案之建立。

(3)除透過專業規劃外，同時可藉由工作坊使民眾可參與方案之設計，據以建立具體、可落實，並符合社會共同利益的方案。

(4)總頭地區為例，結合NBS方案與地方民眾意見，方案之設計以「農地滯洪」、「道路加高」為關鍵課題，朝「大範圍創造0.5m滯洪空間」為方向，規劃「種水於田」之方式推動在地滯洪。

3. 透過三場工作坊與專家及地方民眾溝通討論，以「種水於田」之方式進行在地滯洪獲得絕大多數專家與民眾之認同：

透過三場工作坊分別與水利專業、政策推動，以及在地民眾交流討論，大多對在地滯洪種水建議方案表示支持，然而需面對的問題也較為複雜。目前在地滯洪種水建議方案已具共識之部分包含：

(1)針對農地與閒置用地提出3項滯洪方式；工業區立體化更新；住宅區下沉式公園設計規劃；防水閘門與即時通報系統等方案。

(2)政府協助工程規劃：由政府協助第一次整地，並協助規劃引排水路。農地施作過程需注意土方平衡問題，及田埂加高之工程規範。

## 4.2 建議

### 1. 建立在地滯洪種水於田之具體推動方針：

- (1)種水於田未來建議可依本計畫建構之洪災韌性提升策略架構與工作坊操作方式進行討論，並建議地方政府加入與民眾之對談中，據以規劃相關種水細則與規範（如釐清經費與權責之規劃，以及有效推動與檢核規劃）。
- (2)方案之推動，除了在地民眾意願外，對於經費之規劃建議應考量在地協助推動之社會成本，並適當的考量第三方仲介業者之加入，將有助提升方案推動之效率。
- (3)建議後續可由縣市政府水利單位為主辦機關，或另案辦理推動臺南市安南區總頭地區在地滯洪之規劃，作為在地滯洪種水規劃之示範案例。

### 2. 強化建物住宅耐洪能力：

建議地方政府可針對洪災高風險地區之保全對象，配合自主防災社區之成立，推動相關住宅防洪設施補助與設置，進一步強化保全對象居住環境耐淹防洪之韌性能力，減緩淹水對於洪災高風險地區之影響。

### 3. 強化淹水模擬成效：

淹水模擬底圖未來可配合套用1m × 1m之資料，以凸顯淹水深度與道路、建築高度，藉以使民眾瞭解策略推動可帶來之減洪效益，並加深參與團購之意願。

## 參考文獻

1. 沈揚庭，盧沛文，民國 105 年，看不見的社區：邁向社區智慧的智慧社區。內政部建研所智慧化居住空間 技術專題。
2. 臺南市政府，民國 98 年，鹽水溪排水系統一六塊寮排水治理計畫。
3. 臺南市政府，民國 98 年，曾文溪排水系統海尾寮排水、本淵寮排水、新吉排水及新吉排水(安定)治理計畫。
4. 經濟部水利規劃試驗所，民國 97 年，臺南地區鹽水溪排水系統整治及環境管理規劃。
5. 經濟部水利署，民國 107 年，107 年 0823 熱帶氣壓豪雨淹水檢討報告。
6. Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., Walker, B., Bengtsson, J., Berkes, F., Colding, J., Danell, K., Falkenmark, M., Gordon, L., Kaspersen, R., Kautsky, N., Kinzig, A., Levin, S., Mäler, K. -G., Moberg, F., Ohlsson, L., Olsson, P., Ostrom, E., Reid, W., Rockstrom, J., Savenije, H. and Svedin, U. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. Stockholm, Sweden: Environmental Advisory Council to the Swedish Government.
7. UNDRR (2002). Living with Risk : A Global Review of Disaster Reduction Initiatives.
8. WMO (2018). Guide for Urban Integrated Hydro-Meteorological, Climate and Environmental Services: Part 1a: Concept and Methodology.
9. WWF (2017). Natural and Nature-Based Flood Management: A Green Guide.