

經濟部水利署出國報告（出國類別：進修）

聯合國水利環境教育學院

洪災風險管理

UNESCO-IHE

Flood Risk Management

服務機關：經濟部水利署第六河川局

職稱姓名：副工程司 鮑俊宏

派赴國家：荷蘭

出國期間：103年6月8日至29日

報告日期：103年9月

目 錄

頁 次

摘 要	I
第一章 UNESCO-IHE 簡介	1
第二章 受訓課程內容	4
2.1 課程目的	4
2.2 課程大綱	4
2.3 授課師資	5
2.4 參與學員	6
第三章 課程簡介	8
3.1 洪災風險管理簡介	8
3.1.1 洪災種類	8
3.1.2 面臨洪災之因應架構	8
3.1.3 災前因應作為	9
3.1.4 災中操作	9
3.1.5 災後檢討策進	9
3.1.6 洪災風險管理措施	10
3.1.7 洪災風險及防洪支出循環	10
3.2 洪災風險分析	11

3.2.1	風險之定義	11
3.2.2	風險因子之意義	12
3.3	暴洪分析	12
3.3.1	暴洪之定義	12
3.3.2	暴洪預報系統架構	13
3.3.3	暴洪特徵	13
3.3.4	暴洪之管理	14
3.3.5	暴洪之管理工程方法	14
3.3.6	暴洪之管理非工程方法	15
3.4	洪災風險管理的不確定性	15
3.4.1	不確定性的組成	15
3.4.2	自然變數之不確定性	15
3.4.3	知識之不確定性	16
3.4.4	決策之不確定性	16
3.5	氣候變遷與洪災風險管理	16
3.6	洪災風險管理措施	17
3.7	洪災風險圖資	22
3.7.1	洪災風險概念	22

3.7.2	洪災風險圖類型	22
3.7.3	建立洪災風險圖	23
3.8	實機學習製作洪災風險圖	24
3.9	荷蘭治水政策	26
3.9.1	荷蘭政府架構	26
3.9.2	荷蘭水利委員會	28
3.9.3	荷蘭三角洲水利委員會	30
3.9.4	政策檢視循環	33
3.9.5	與海爭地	33
3.9.6	須德海(Zuiderzee)計畫	34
3.9.7	三角洲計畫(Delta Works)	35
3.9.8	還地於河(Room for river)	40
3.10	現地參訪-馬仕朗防潮閘(Maeslant Barrier)	44
3.10.1	興建緣由及過程：	44
3.10.2	防潮閘構造	46
3.10.3	防潮閘操作過程	47
第四章	心得與建議	49
4.1	心得	49

4.1.1	荷蘭政府治水思維	49
4.1.2	荷蘭水利委員會	49
4.1.3	荷蘭政府治水政策	49
4.2	建議	50
4.2.1	增進與 UNESCO-IHE 交流	50
4.2.2	揭露區域洪災風險圖	50
4.2.3	治水計畫相互配合	50
4.2.4	治水計畫應為上位計畫	51
4.2.5	台灣經驗不比國外差	51
	參考文獻	52
	參訓證明	53

摘 要

聯合國教科文組織水利環境教育學院(UNESCO-IHE)位於荷蘭台夫特(Delft)，為世界上最大的水教育機構，也是聯合國各組織中唯一被授權可以授予以理學碩士學位的機構。此機構於6月10日至6月27日開設「洪災風險管理(Flood Risk Management)」三週短期課程教授荷蘭及歐洲地區洪災風險管理的實務經驗、最新科技的淹水模擬軟體、以及現地於馬仕朗防潮閘(Maeslant Barrier)參訪。

課程安排以介紹洪災風險、洪災損失及脆弱度、洪災風險地圖、洪災風險管理措施等室內課程，同時聘請具有實務經驗的講師分享荷蘭及歐洲等地區防洪之政策與作為，並配合水利設施現地參觀以瞭解水利工程於實務之應用；本課程約有三分之二的時間用於淹水模擬軟體之教學，每位學員以電腦實機操作HEC-RAS、Sobek等軟體進行淹水模擬，並利用Arc-GIS商用軟體製作出洪災風險地圖。

藉由本次短期課程及實務面的交流，可以瞭解荷蘭政府將治水議題視為上位計畫，從其政府組織中設立水利委員會(Water Boards)便窺知一二，與土地開發相關之相關計畫必須要通過該地區水利委員會之核准，才得以執行；水利委員會另可針對民眾賦以水稅，以維持其水源之品質以及堤防的養護費用。如需新建堤防時，受到新建堤防保護之對象則必須與中央、地方政府、水利委員會共同負擔相關建造費用，且擁有腹地較大者必須負擔較多的費用，以符合公平原則。

綜觀荷蘭政府幾世紀以來重要治水政策如1920年須德海(Zuiderzee)計畫，1953年三角洲計畫(Delta Works)、2007年還地於河政策(Room for river)。荷蘭政府治水政策常以數十年為單位推動一個主要政策，經五至十年的政策規劃，五至十年的充分討論，五至十年的方案執行，五至十年的檢討修正，五至十年的修正執行，才算一個政策的完整推行，其中歷經執政黨派的改朝換代，新舊任總理更迭等等，均不影響政策大方向的推行，也不得不佩服荷蘭政府對於治水政策的

縝密與決心。

關鍵字：洪災風險管理、荷蘭、還地於河、馬仕朗防潮閘

第一章 UNESCO-IHE 簡介

UNESCO-IHE 水教育學院(Institute for Water Education)是一家進行水教育的國際院校，成立於 2003 年，脫胎於原 IHE 學院。IHE 學院從水利工程國際課程(成立於 1957 年)發展而來，1976 年該課程更名為水利和環境工程國際學院(IHE)。UNESCO-IHE 外觀如圖 1 所示，位於荷蘭的代爾夫特市(Delft)，由所有聯合國教科文組織成員國共同擁有。由聯合國教科文組織和荷蘭政府共同成立，屬於聯合國教科文組織的機構。



圖 1 UNESCO-IHE 外觀

學院完全靠預算外資金進行運作，代表了聯合國教科文組織內部一種新穎獨特的模式，即通過創新的企業方式確保資金來源。該學院是世界上最大的水教育機構，是聯合國系統中唯一被授權可以授予以理學碩士學位(MSc)的機構。UNESCO-IHE 在強化其他院校和研究機構的成果、增加水領域專業人士的知識技能方面起到了重要的作用。聯合國教科文組織的成員國可以在人力資源和機構能力培養方面獲得

UNESCO-IHE 提供的知識和服務，對於實現千年發展目標、約翰內斯堡實施計劃(21 世紀議程) 和其他全球水目標的努力具有極其重要的意義。

UNESCO-IHE 的功能包括：

- 1.在制定水教育碩士研究生項目和職業再教育的國際標準方面發揮領導作用。
- 2.為發展中國家提供能力建設培訓。
- 3.提供教育、培訓和研究項目。
- 4.在世界範圍內建立並管理教育、水領域機構和組織的網路。
- 5.作為聯合國教科文組織成員國和其他利益相關者的「政策論壇」。
- 6.提供水教育方面的專業知識和建議。

自 1957 年成立之日起，IHE 已為來自 160 個國家、超過 13,500 名專業人士（包括工程師和科學家）提供了碩士研究生教育，幾乎涵蓋了所有發展中國家/轉型國家。已有超過 50 位博士研究生從學院畢業，並在世界範圍內實施了大量研究和能力建設項目。

UNESCO-IHE 為全球水利專業教學學院，位於台夫特(Delft)地區，該地區本身為荷蘭一個重要的水利產業發展地，緊鄰的 Deltares 亦為一個重要的水利研究機構、鄰近的 TU Delft 為荷蘭著名的大學，學術研究能力亦備受肯定。荷蘭將其水利工程技術輸出，台夫特為其一個重要根據地，尤其 UNESCO-IHE 更為一個重要的據點，而台灣與 UNESCO-IHE 的交流並不算頻繁，未來水利事務如需拓展國際視野以及技術學習等，可考量 UNESCO-IHE 作為一個重要對象。

本(103)年由經濟部水利署第六河川局副工程司鮑俊宏，於 103 年 6 月 10 日至 27 日至 UNESCO-IHE 參加「洪災風險管理」短期課程。



圖 2 洪災風險管理課程教室1



圖 3 洪災風險管理課程教室2

第二章 受訓課程內容

2.1 課程目的

- (一)瞭解並得以說明洪災風險管理的主要原則。
- (二)認識洪水風險管理的水利科技工具。
- (三)吸收荷蘭洪災風險管理的知識。
- (四)理解洪水預報、預警之不確定性。
- (五)操作不同的圖資軟體及洪水模式。
- (六)藉由實際操作，建置洪災風險地圖。

2.2 課程大綱

表 1 課程大綱

編號	課程	內容說明
1	洪災風險管理簡介	簡介洪災風險管理概念
2	洪災風險分析	洪災風險分析模型架構及內容
3	暴洪分析	說明暴洪特徵及其因應作為
4	洪災風險管理的不確定性	不確定性組成、分析系統、如何評估
5	氣候變遷與洪災風險管理	說明氣候變遷與洪災風險管理關係

6	洪災風險管理措施	以虛擬城鎮說明洪災風險管理的工程措施
7	洪災風險圖資	概念、洪災風險圖之建立與應用
8	實機學習製作洪災風險圖	藉由HEC-RAS、Sobek、ARCGIS 軟體操作，製作洪災風險圖
9	荷蘭治水政策	了解須德海計畫、三角洲計畫、還地於河政策
10	現地參訪-馬仕朗防潮閘 (Maeslant Barrier)	前往解說中心了解興建緣由以及運作實務

2.3 授課師資

課程由UNESCO-IHE洪災風險管理學程Dr. Bhattacharya 教授為召集人，並邀請相關專家予以教學，師資如下：

(一) Dr. Bhattacharya

課程召集人，UNESCO-IHE 博士，現於 UNESCO-IHE 洪災風險管理學程授課，主要講授洪災風險管理概論、洪災風險圖概念及建置實務。

(二) Dr. Samuels

英國眾多政策制定主要參與者，主要講授洪災風險分析模式及其不確定性、英國洪災風險管理長期規劃。

(三) Dr. Werner

參與許多歐盟研究計畫，主要講授洪災損失及脆弱度。

(四) Dr. Klijn

荷蘭眾多政策制定主要參與者，講授荷蘭洪災風險管理政策；及還地於河政策及案例。

(五) Dr. Kun Yan

UNESCO-IHE 博士生，主要協助數值模式電腦教學。

(六) Robert Slomp

荷蘭公共工程及水管理總司相關部分工程司，為政府公務員，說明荷蘭水利委員會及政府治水政策的擬定與推行。

2.4 參與學員

學員計45人，除7位短期研習課程學員外，其餘均為UNESCO-IHE的碩士班學生，來自於不同學程，包含洪災風險管理、水利科技、水資源管理、水利工程及流域發展等學程(照片如圖4、圖5)。



圖 4 參訓學員合照



圖 5 與課程召集人之合照

第三章 課程簡介

3.1 洪災風險管理簡介

3.1.1 洪災種類

- Riverine/fluvial (floods large areas in lower catchments are affected, usually slow rise, more on material damage)
- Pluvial floods (much influence on usually urban areas)
- Flash floods (localised, fast)
- Coastal floods (storm surges, huge area may be affected)

其中Flash floods即為暴洪，與台灣所面臨之氣候條件多有相關。

3.1.2 面臨洪災之因應架構

RIBAMOD (EU) framework:

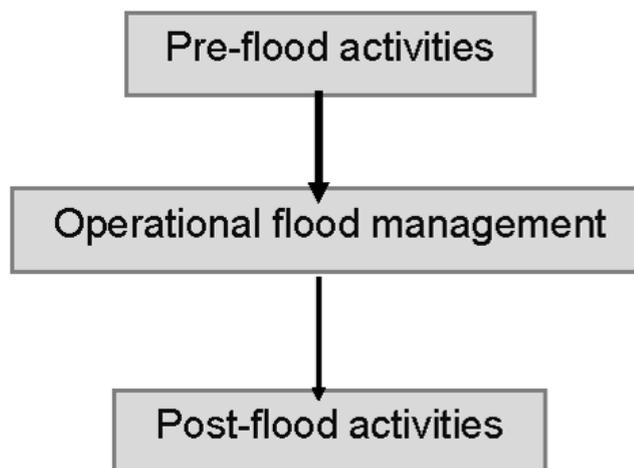


圖 6 歐洲面臨災害因應之架構

歐洲面對洪災之工作架構分為洪災來臨前的相關因應作為、災中面對洪災的操作、洪災過後的檢討作為等等，多與我國水利機關防災

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

整備、災中應變、災後檢討策進有相當異曲同工之妙。

3.1.3 災前因應作為

- Flood risk management for all causes of flooding
- Disaster contingency planning (evacuation, etc.)
- Construction of flood defence infrastructure
- Forecasting and warning systems
- Maintenance of flood defence infrastructure
- Land-use planning and management within the whole catchments
- Discouragement of inappropriate development within flood plains
- Public communication and education of flood risk and actions to take in a flood emergency

3.1.4 災中操作

- Detection of the likelihood of a flood forming (hydrometeorology)
- Forecasting of future river flow conditions from the hydro-meteorological observations
- Warning issued to the appropriate authorities and the public on the extent, severity and timing of the flood
- Response to the emergency by the public and the authorities

3.1.5 災後檢討策進

- Disaster relief
- Restructuring buildings, infrastructure and flood defence
- Recover and regeneration of the environment and the economic activities in the flooded area

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

- Review of the flood management activities

3.1.6 洪災風險管理措施

洪災風險管理措施可分為工程(structural adaptations)、非工程(non-structural adaptations)措施及零方案。工程措施如堤防、堰壩、丁壩等；非工程措施如法規、洪水預報及預警、洪災保險等；零方案如與洪水共生(living with floods)。

為避免洪災風險管理相關計畫零散化，有必要進行「整合洪災管理」(Integrated Flood Management, IFM)。它整合河川流域內的土地及水資源發展，其目標在於洪水平原利用淨效益的最大化；及洪災損失的極小化(示意如圖7)。

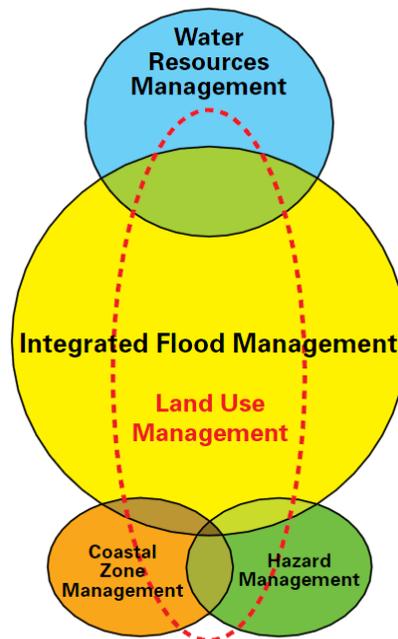


圖 7 整合洪災管理模式

3.1.7 洪災風險及防洪支出循環

大約20至50年，會經歷一次「洪災風險及防洪支出循環」(flood risk and expenditure cycle)(如圖8)，主要概念即為，若防洪已達一定程度的保護標準；或是無發生嚴重洪災，則政府降低防洪支出，此舉可能增

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

加風險，倘若再次面臨嚴重洪災，則導致災損，進而再次檢視治理計畫、增加防洪支出、降低風險…而形成一循環過程。



圖 8 洪災風險及防洪支出循環圖

3.2 洪災風險分析

3.2.1 風險之定義

風險一般可定義為：

風險=f(災害，暴露量，脆弱度)

(Risk=f(Hazards, Exposures, Vulnerability))

若將「災害」轉化為「發生災害的機率」；而將「暴露量及脆弱度」轉化為「後果」，則可將上式轉化為下式(如圖9所示)：

風險=機率*後果

(Risk=Probability*Consequence)

而所謂的「風險」，則是社會、經濟及生態發生災損的機率。

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

Risk = Probability “x” Consequence

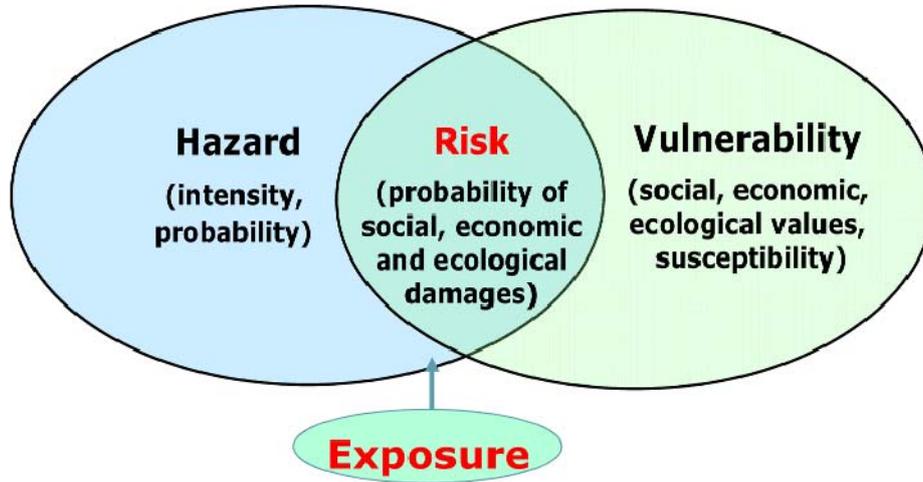


圖 9 風險定義示意圖

3.2.2 風險因子之意義

該三項因子說明如下：

- 災害(Hazards)：洪災規模及發生機率，透過洪泛圖可顯示風險區域範圍、水深及流速等。
- 暴露量(Exposure)：描述可能受災區的人類活動(如人口等)及自然環境。
- 脆弱度(Vulnerability)：承受洪災損失(如社會經濟等)的程度。

3.3 暴洪分析

3.3.1 暴洪之定義

A flash flood is a flood with rapid onset following:

- a heavy rainfall
- the failure of a dam, levee, or other structure that is impounding water
- the sudden rise of water level associated with river ice jams

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

3.3.2 暴洪預報系統架構

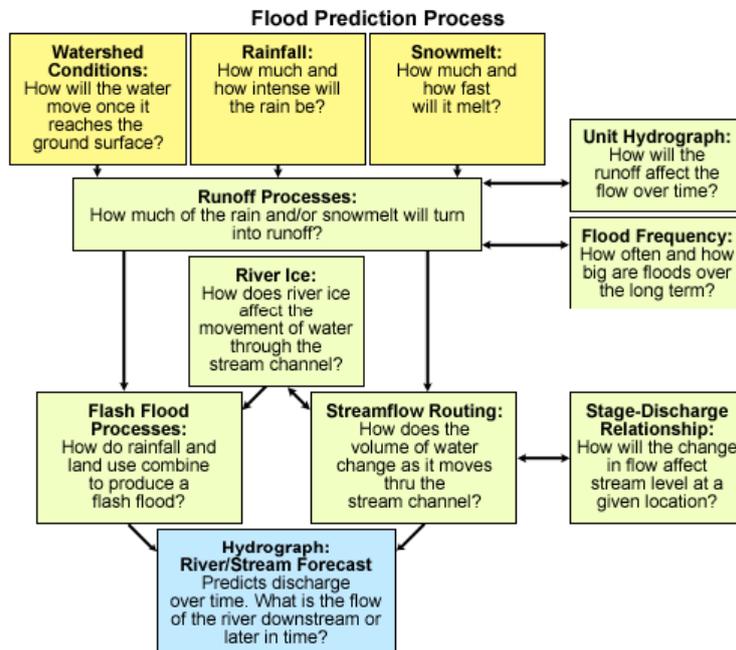


圖 10 洪水預報流程圖

3.3.3 暴洪特徵

- Mostly high precipitation intensity and rapid runoff are the most important characteristics that determine the occurrence and severity of a flash flood
- The greater the precipitation intensity, the more likely it is that significant surface runoff will be generated
- Although ground saturation increases the runoff risk, many flash floods occur when the ground is not saturated
- In some situations, runoff characteristics may be just as important as rainfall rate

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

3.3.4 暴洪之管理

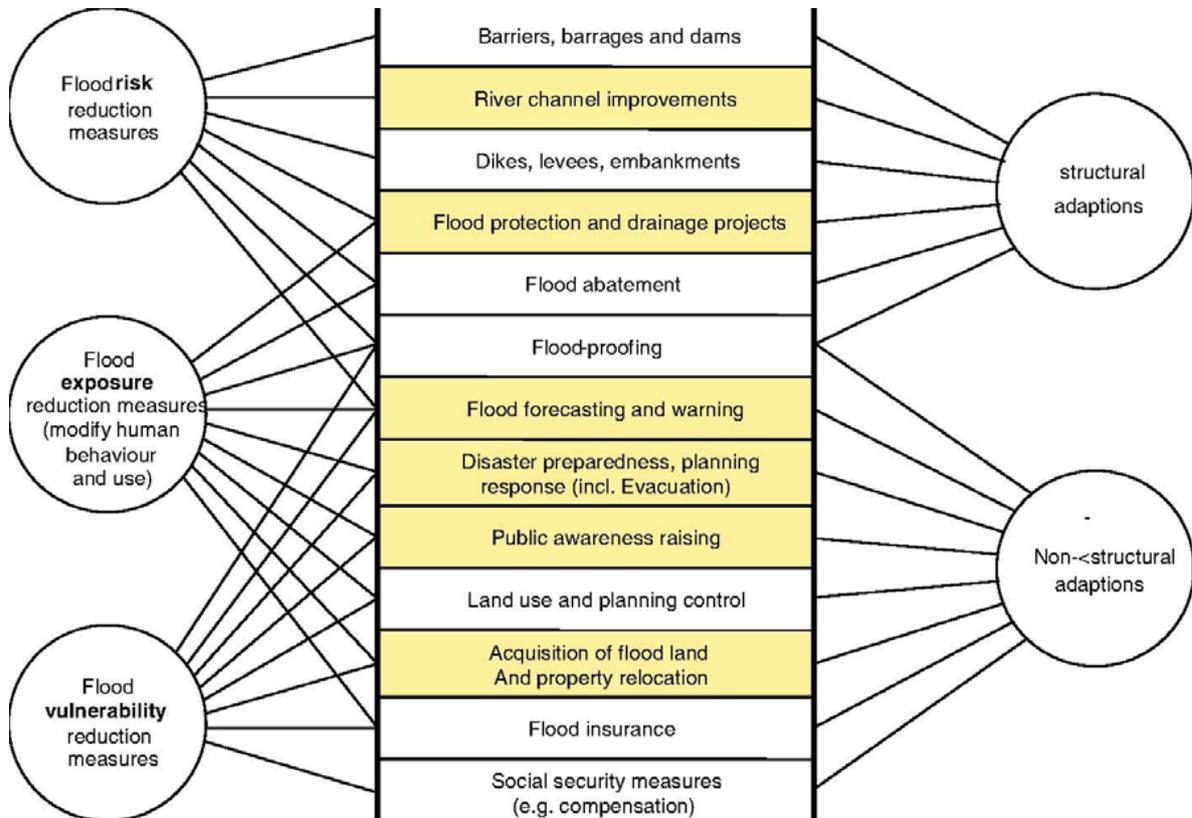


圖 11 暴洪管理示意圖

3.3.5 暴洪之管理工程方法

- Measures in the whole of the catchment area
 - to delay the speed of surface runoff
 - examples: terraced farm crops, construction of stone walls, development of forested lands and pastures
- Regulating rivers and streams
 - limiting the slope of river and streambeds
 - examples: barriers made of wood, stone, dikes, embankments
- Shaping retention
 - to increase retention capacity

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

- examples: retention reservoirs
- River conservation
- improve river conservation

3.3.6 暴洪之管理非工程方法

Non-structural measures play an essential role

- Flash flood forecasting and warning system
- Awareness raising: Raising preparedness and awareness are essential factors to make non-structural measures more efficient (advocate participatory approach)
- Land use planning: maintain natural protection, discourage developments that increase the risk

3.4 洪災風險管理的不確定性

3.4.1 不確定性的組成

不確定性主要來自於缺乏相關知識及能力，量測或計算估計和實際值(真值)的差異。它包含了自然變數(natural variability)、知識不確定性(knowledge uncertainty)及決策不確定性(decision uncertainty)。

3.4.2 自然變數之不確定性

如氣候或天氣、暴潮或湧浪、植物生長、空間變數、河道地形、構造物導致的無效通水範圍、二項式的影響(例如黏滯力等)。

自然變數的特性如下：

- 是對於防洪系統的外部壓力
- 無法控制
- 新的知識仍無法增加我們管理自然變數的能力

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

- 相關歷史資訊(如歷年災損等)，可協助了解自然變數的可能範圍

3.4.3 知識之不確定性

知識之不確定性可分為「統計模型(statistical models)」及「過程模型(process models)」。

- 統計模型概略可以分成兩類，第一類是「統計模型的不確定性」，在於選擇不同的機率分布；另一類是「統計影響不確定性」，則是少量資料的外部延伸。
- 過程模型則包含了模式架構、物理模型的選擇及逼近、模式計算方法、模式參數的估計(參數率定的影響)、資料精度等。

知識不確定性，它具有下列特性：

- 是屬於內部評估方法
- 可透過增進知識、改善資料品質及電腦運算能力等，來降低知識的不確定性

3.4.4 決策之不確定性

決策不確定性(decision uncertainty)：係指決策過程中不同行為可能導致不同結果，透過相關分析，希望達成下列目標：

- 決策的穩定性(robustness)及韌性(resilience)
- 面對未來改變的調適策略
- 決策選項的可逆性

3.5 氣候變遷與洪災風險管理

氣候變遷可能導致洪災變化，進而影響洪災風險管理措施。就相關構造物而言，其可能影響方面如下：

- 橋梁：基礎受沖刷而裸露、局部沖刷、增加阻塞的潛勢
- 堤防護岸：水流沖刷流速增加、基腳沖刷、岸壁崩塌

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

- 抽水站：抽水能力、操作時間、體積等改變；可能新增加洪泛地區
- 攔河堰：堰上游的淤積、堰下游的局部沖刷
- 水壩：設計溢洪能力(如最大可能洪水)改變、水庫湧浪溢堤

另外，關於排水方面，可能衝擊如下：

- 水量方面：增加現有系統的洪水量、改變了儲蓄及入滲相對有效性、乾季時的流量減少等。
- 水質方面：增加初次沖刷(first flash)的汙染量、須考慮對於下游河道的衝擊等。

3.6 洪災風險管理措施

洪災風險管理措施，在實務上區分為工程(structure measures)及非工程措施(non-structure measures)。本文參考英國水及環境管理機構(The Chartered Institution of Water and Environmental Management, CIWEM)所提出的實務手冊(CIWEM Water Practice Manual no. 7)，以一個假設的城鎮，來說明常用工程措施。

我們假設一個城鎮位於主、支流交會上，依據洪水量分析，我們可以知道其洪泛範圍(flood limit)為何(如圖12所示)。常見的工程措施，舉例如下：

- 堤防(Embankments)
- 防洪牆(Flood walls)
- 拓寬渠道(Channel enlargement)
- 改善渠道(Channel improvements)
- 降低糙度(Reducing roughness)
- 分洪(Flood relief or bypass channel)
- 河川改道(Interceptor channel)

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

- 儲洪或滯洪(Flood storage solution)
- 發展區重新配置(Redevelopment)
- 抽水(Pumping)

以下分述工程措施：

(1)堤防(Embankments)是常見的工程措施(示意如圖12)，也可能是最簡單及最有效率的措施，堤防興建需考慮：

- 位置及尺寸
- 水文、地文及土壤
- 岸壁穩定度及地下水滲流
- 考量氣候變遷增加洪水位的調整設計

然而堤防也可能隱含一些問題，例如：

- 對於堤防所保護區域，可能需要抽水站或滯蓄洪池，來降低逕流。
- 堤防是依其保護標準來設計，若超高保護標準的洪水，可能造成溢堤。
- 經常造成視覺障礙。

因堤防施設，可能會導致上、下游河川水位抬升。對上游而言，則有迴水影響；對下游而言，則降低儲蓄洪水空間。

(2)拓寬渠道(Channel enlargement)，透過下列方式則可增加通洪能力：

- 增加斷面面積
- 降低糙度係數
- 移除丁壩
- 增加水面坡降

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

- 複式斷面

然可能造成下列環境問題，例如：

- 減少水深
- 增加流速
- 低流量時淤積增加
- 可能需要疏濬
- 河川型態重新調整
- 環境衝擊及干擾

(3)降低糙度(Reducing roughness)，可能方式如下：

- 清除岸灘植栽、雜草
- 在市區渠道使用混凝土鋪面
- 然上述方法若考慮環境層面，其接受度有待商榷

(4)分洪(Flood relief or bypass channel)：

- 係將洪水繞經洪災風險區，排放到其下游
- 需要明確的路線規劃及適合地型配合
- 上游須設置堰或閘門來分洪

(5)河川改道(Interceptor channel)：

- 可將所有洪水遠離洪災風險區，導入相鄰流域
- 適用於低窪地區
- 此法可能導致重大環境影響

(6)儲洪或滯洪(Flood storage solution)：

- 英國新開發區域普遍採取作法
- 係儲蓄開發區超出洪水量及限制排出量

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

- 可能需要控制結構
- 若設計錯誤，可能反而導致下游洪災風險增加(例如儲存空間設計不足，則影響洪峰削減效率，如圖12所示)

此外尚須考慮：

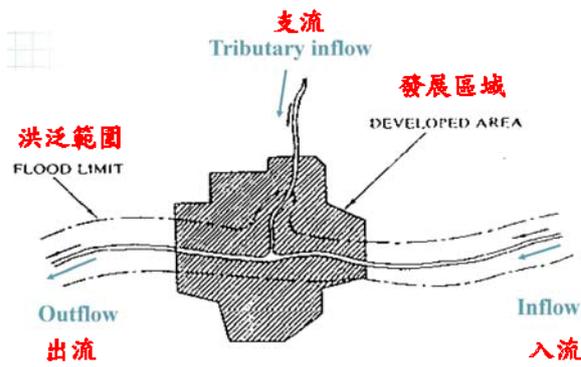
- 大範圍面積的土地需求
- 對於大流域未必可行
- 環境接受度
- 洪泛區的土地使用(例如農業區)
- 安全性

(7)發展區重新配置(Redevelopment)：若原發展區域位於高洪災風險區域，則重新配置以避災(如圖12所示)，不失為一個考量。

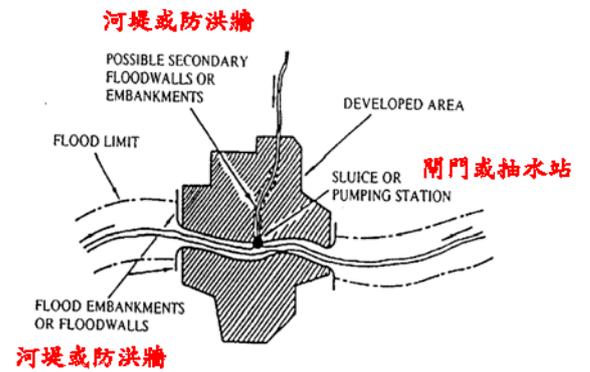
- 然該作法尚未在英國普遍接受
- 以美國為例，在1992年密西西比洪水後，推行遷移出洪泛區的政策
- 荷蘭推行還地於河(Room for the river)的政策

(8)抽水(Pumping)：

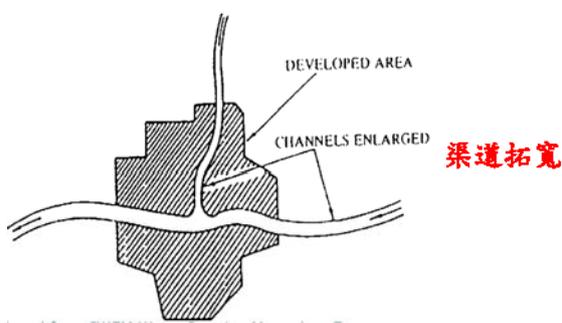
- 對於較小面積及體積水體，較為有效
- 廣泛使用於排水系統不良及低窪地區



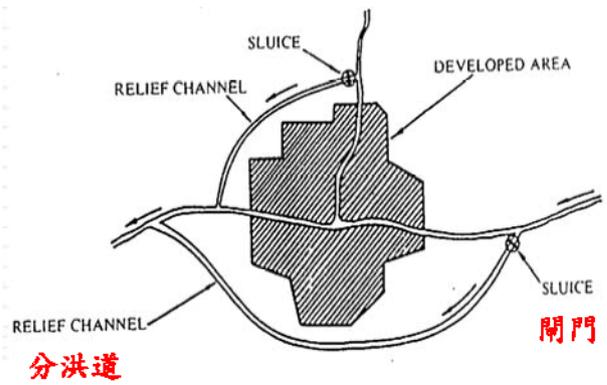
(a) 假設城鎮示意圖



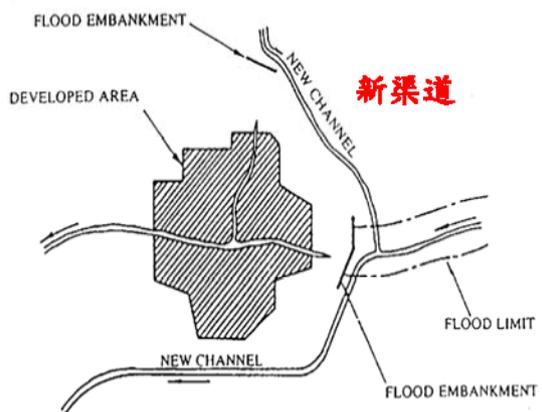
(b) 堤防、防洪牆、閘門或抽水站



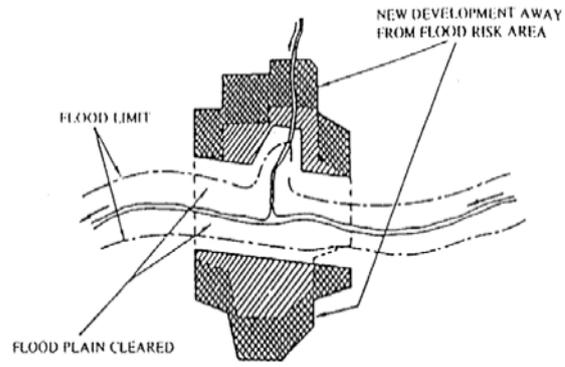
(c) 渠道拓寬



(d) 分洪



(e) 改道



(f) 發展區重新配置

圖 12 暴洪管理示意圖

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

3.7 洪災風險圖資

3.7.1 洪災風險概念

- 洪災風險管理主要目標如下：
 - 降低目前風險：採取現況工程措施或非工程措施。
 - 降低未來可能增加風險：採取合宜措施(例如透過土地使用管理等)。
 - 適應未來改變(例如人口成長等)。
- 為有效進行洪災風險管理，對於目前及未來洪災及風險，須了解相關知識：
 - 洪水類型
 - 極端洪水發生機率
 - 洪災規模
 - 淹水深度
 - 流速
 - 後續影響

3.7.2 洪災風險圖類型

為有效管理洪災風險，洪災風險圖(flood risk mapping)是必要的工具。它提供有關災害、風險及脆弱度相關資訊，呈現不同規模洪災下影響程度。洪災風險圖有不同類型，舉例如下：

- 洪災計畫圖(flood maps)：標示可能洪泛區域。
- 洪水災難圖(flood hazard maps)：包含洪水類型、洪泛水深、流速、道路網及避難路線等。
- 洪水風險圖(flood risk maps)：標示可能受災居民數量、洪水防禦措施及可能影響之社經活動等。

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

3.7.3 建立洪災風險圖

洪災風險圖，依對象大致可區分為河川地區及海岸地區。有關河川洪災風險圖，其建立流程如下：

- 準備數值地形資料(DTM)：有多種解析度資料可提供下載，例如SRTM 模式庫可免費下載90公尺*90公尺DTM；而ASTER則可提供30公尺*30公尺DTM。若須高精度DTM 資料，則可透過LiDAR等方式獲得。水面以下的地形資料，則輔以大斷面測量資料加以修正。
- 建立水文模型(Hydrological modelling)：透過降雨-逕流模式，用以推估不同重現期距的洪水量。
- 建立水理模型(Hydraulic modelling)：可使用如SOBEK、MIKE11、HEC-RAS等模式模擬，提供不同洪水事件下之洪泛水位高度、洪水深度及流速等資訊。
- 建立洪泛模型(Inundation modelling)：依前述水理模型模擬成果之洪泛水位高度；再配合地形，則可建立洪泛圖。
- 蒐集社經資料(Socio-economic data)：
 - (1)人口資料：需要高解析度的人口資料，在歐洲，人口資料一般是結合郵遞區號，因此可透過郵遞區號獲得人口資料，若未能取得，則可以土地使用資料替代。
 - (2)經濟資料：同人口資料，可透過郵遞區號獲得，若未能取得，亦可以土地使用資料替代。
 - (3)維生系統資料：包含通訊、能源、水資源、下水道、醫療、教育機構等，亦可透過郵遞區號獲得。
 - (4)可能致災資料：例如化學公司、瓦斯公司、核電廠等。
 - (5)其他資料：例如文化古蹟資料、歷史洪災資料等。
- 建立地圖：結合洪泛圖及社經資料，則可成為洪災風險圖。另

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

可依不同水文量，建立不同重現期距的洪災風險圖。

3.8 實機學習製作洪災風險圖

本次短期研習課程，以 Baxter Rive 為範例，依序練習如何製作洪災風險圖，其步驟如下：

- 相關軟體準備
- 利用 Arc-GIS 建立數值地型模型(digital terrain map, DTM)
- 建立 HEC-RAS 模型
- 製作洪泛圖(flood inundation map)
- 製作洪泛範圍及淹水深度圖(flood extent and depth map)
- 增加洪水速度(velocity)圖層
- 增加洪水拖曳力(drag force)圖層
- 製作洪水危險圖(flood danger map)
- 增加人口資料(population)圖層
- 增加脆弱度圖層(例如脆弱設施、交通運輸、高風險設施、環境等)
- 增加防洪措施(flood defences)資訊
- 增加經濟風險(economic risk)資料
- 出圖產製報告

上述步驟大略可區分為四大部分，分別為：

- 利用 Arc-GIS 建立數值地型模型(digital terrain map, DTM)
- 建立 HEC-RAS 模型
- 製作洪泛圖(flood inundation map)
- 增加不同圖層於洪災圖

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

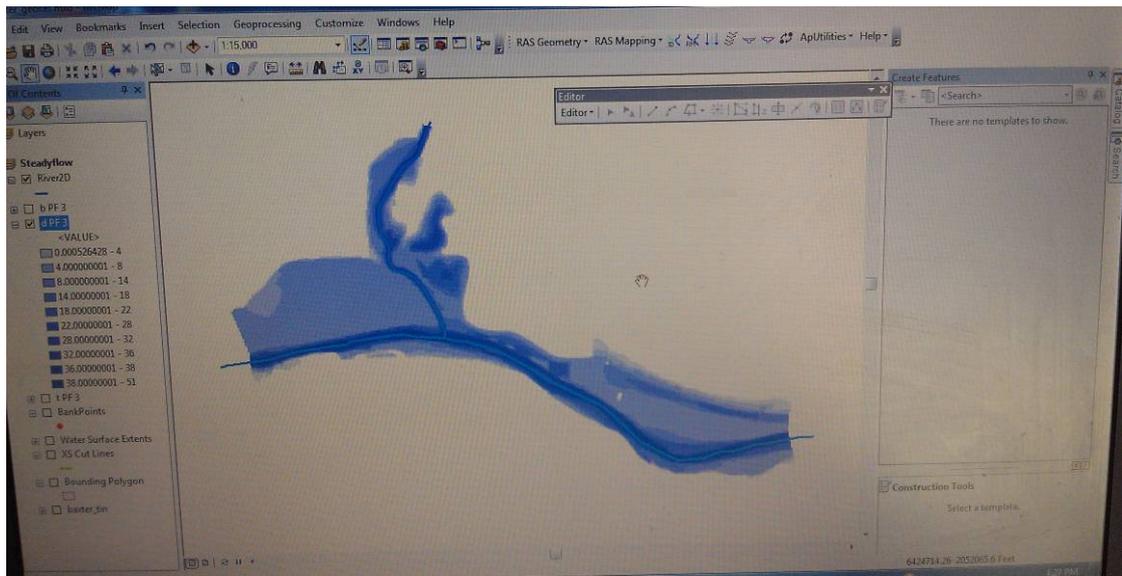


圖 13 軟體模擬圖



圖 14 實機操作上課情形

上機實作全為軟體操作教學，佔課程三分之二之時間，絕大部分為Arc-GIS、HEC-RAS、Sobek等軟體操作教學，於此不特別敘述。

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

3.9 荷蘭治水政策

3.9.1 荷蘭政府架構

荷蘭全國面積約41,500平方公里，其中有18%是水，人口約1,640萬，平均人口密度為每平方公里465人，境內有4條主要河流：埃姆斯河(Ems)、萊茵河(Rhine)、馬斯河(Maas)、及須耳德河(Schelde)。以行政區域來看，荷蘭分為12個省級政府，441個市級政府；另外荷蘭全國共有26個水利委員會(Water board，如圖15)，負責水利設施、防洪、道路及水路與水污染防治等工作，並向收益者徵收水利費及廢污水費。



圖 16 荷蘭水利及水資源管理權責分層示意圖

3.9.2 荷蘭水利委員會

荷蘭水利委員會(water boards, Netherlands) 係最老的民主型態的組織(約自13世紀起)、連結同行者共同抵禦洪水、最初的任務為洪患防護及排水，在1950年時全荷蘭約有2,500個水委員會，目前剩26個，員工數1,100人，水利委員會另可針對民眾賦以水稅，以維持其水源之品質以及堤防的養護費用。如需新建堤防時，受到新建堤防保護之對象則必須與中央、地方政府、水利委員會共同負擔相關建造費用，且擁有腹地較大者必須負擔較多的費用，以符合公平原則。每年20億歐元稅金，幾乎可達財政自主。95%預算來自於稅收如向污染者徵收污染稅，其餘來自國家或縣府財政。

水利委員會由當地居民代表、企業代表、土地所有者代表及房地產擁有人代表等組成，架構如下(如圖17)：

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

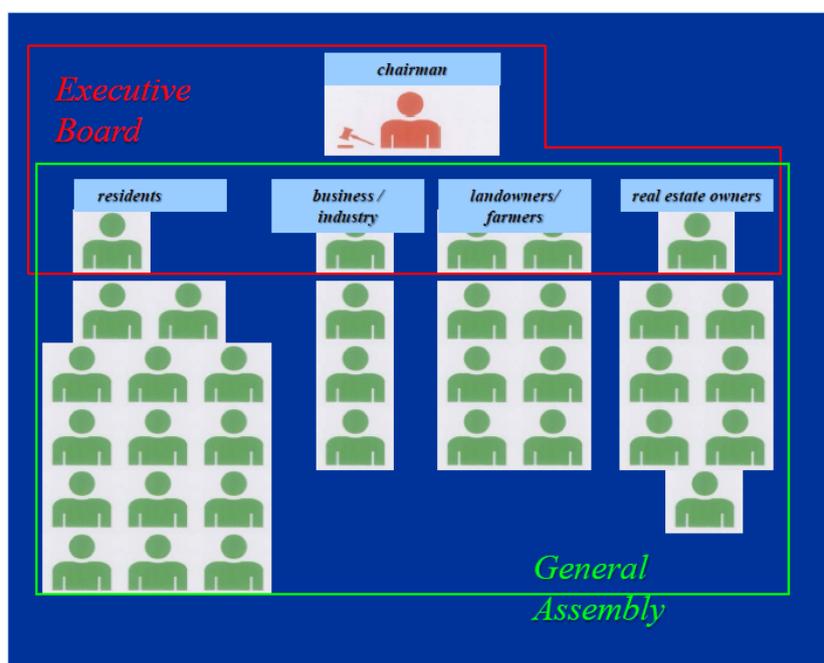


圖 17 荷蘭水利委員會組織圖

演變至今，水利委員會目前主要任務為：flood protection洪水保護(海岸及河川防護工作)、surface water quantity地表水量確保(控制水位、維護河川及運河)、water quality 水質確保(污水處理、生態基流等)、upgrading water system提升水系統(氣候變遷造成極端降雨，尋求新的方法去除過多的水)。在政府組織架構如下圖18：

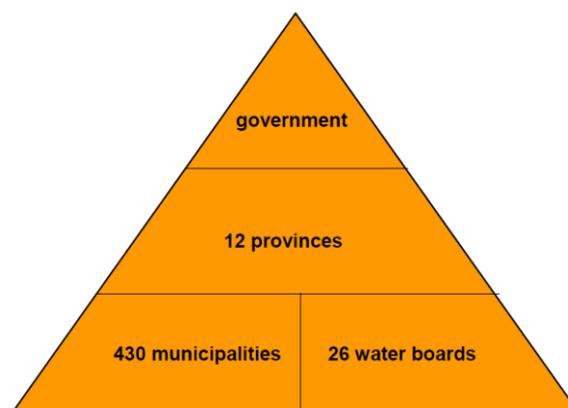


圖 18 荷蘭政府水利相關組織架構

總結荷蘭水委員會幾個流域綜合管理特點如下：

- 考量到水質與水量帳戶管理
- 關心生態面

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

- 加入利害關係人
- 利用經濟手段
- 與自治市及其他政府單位合作

3.9.3 荷蘭三角洲水利委員會

多德勒克市（Dordrecht）所在地的荷蘭三角洲水利委員會（Waterschap Hollandse Delta）轄區主要位於馬斯河流域下游三角洲南側（如圖19），擁有超過550名員工，每年執行預算約1.31億歐元，業務範圍包括轄區內堰壩等防洪建造物、水質監測及改善、市區外道路（主要位於圩田和堤防，總長度約1,600公里）的維護、及下水道廢污水處理等。



圖 19 荷蘭三角洲水利委員會轄區範圍圖

對於多德勒克市的防洪管理，荷蘭三角洲水利委員會的主要工作包括既有市區防洪構造物的檢查、維護、更新及洪水監測與應變等（如圖20），對於位於市區主要防洪構造物外之區域，除設置防洪擋水板（Flood board）及每年測試擋水功能、舉行防洪演習及宣導洪泛意識外（如圖21），並於辦理都市區域更新時，導入都市防洪管理工作

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3



圖 20 河川疏濬工程實景照片



圖 21 水利委員會堤防巡查、預警、應變及防汛演練模擬

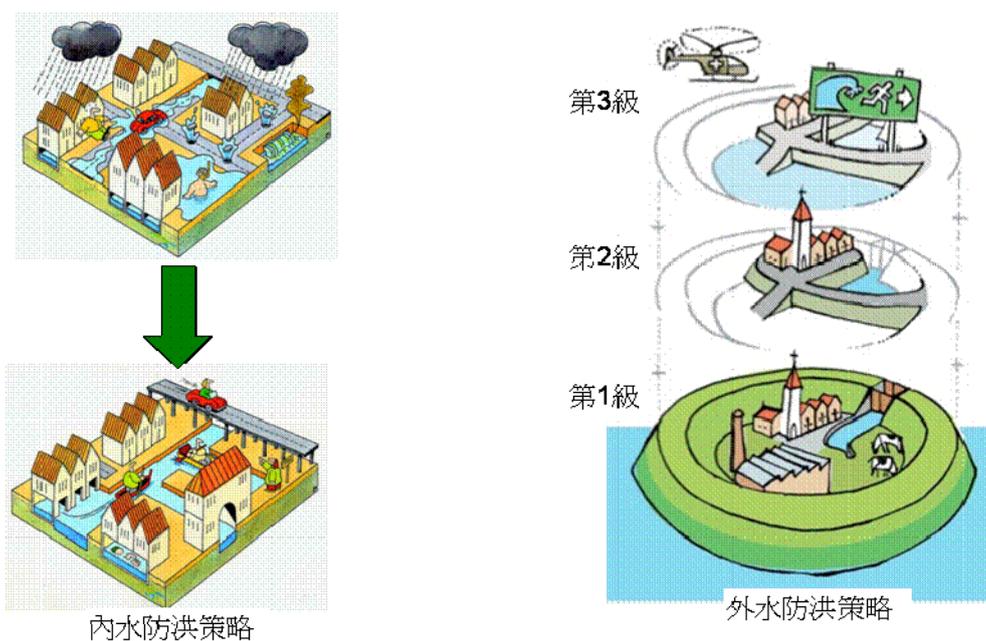
荷蘭三角洲水利委員會未來針對鹿特丹地區至多德勒克市地區，將持續進行堤防的更新改建、重要河段水壩、水閘及活動閘門新建等（如圖22），以達到更高的防洪標準。對於洪水風險的管理，則導入多層級的防洪安全概念（如圖23），包括第1級的防洪保護（堤防等構造物）、第2級的減災措施（市區滯洪）、及第3級的減災措施（防災撤離應變計畫）。在研擬及制定相關水利策略時，除原本的權責單位

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

如水利機關、市政府及防災機關外，並納入公私部門相關單位、學術或研究機構、及民眾參與等，討論包括合理成本下的最佳防洪安全設計、內外水的處理、市區發展的既有及更新等議題。



圖 22 鹿特丹地區至多德勒克市地區防洪設施計畫圖



※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

圖 23 多德勒克市內外水多層級的防洪安全概念

3.9.4 政策檢視循環

訂定保護標準為250年至10000年；及堤防採取風險管理。荷蘭採取政策檢視循環(Dutch review cycles)(詳圖24)，對於堤防每5年進行安全評估(safety assessment)，包含堤防負載、檢查、管理及維修等；並每15~50年，進行政策評估(policy assessment)，包含考量社會經濟發展、策略評估及風險評估等。

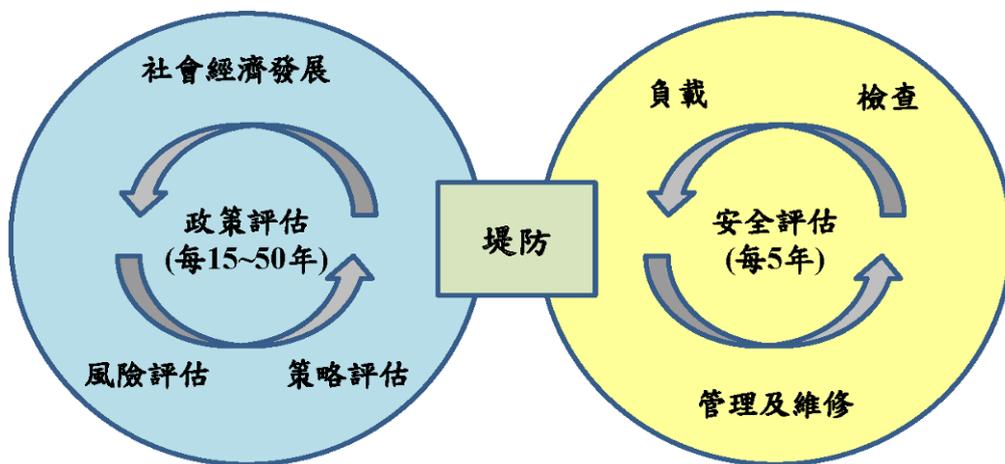


圖 24 荷蘭政策檢視循環圖

3.9.5 與海爭地

荷蘭北方與西方濱臨北海全國有1/3的土地在海平面以下，因為全國最高點只有距離海平面以上321公尺，是名符其實的西北歐低地國(The Netherlands的原意就是低地)，這是由於受到早期冰川活動與後續流水的侵蝕，不僅塑造出大片窪地的地表特徵，甚且當冰層融化之後，海平面升高而使屬於較重的砂礫和黏土之現今荷蘭西部地區下沉，故為因應有一半的國土位在高水位河流及北海海平面之下的不利地理條件。第一批來到荷蘭北岸定居的異教徒生活還是很清苦，就算他們逃過了由週期性洪水引起的飢荒或是水災，到處搶劫的維京人還是會把他們當成奴隸帶走，一千年以前，住在內陸沙丘和沼澤的居民以極少的耕地和放牧維生，羅馬帝國崩潰後，各族之間的戰爭迫使許多人

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

往海邊遷移，尋找平靜的生活，遷移到現在北方的格羅寧根省(Groningen)和菲士蘭省(Friesland)的人們，必須學會與海潮和平相處，人們無法阻擋海洋，唯一的方法只有填土。

在第10~16世紀初，曾經發生過多次的洪水，造成無數的傷亡，經過這些世紀以來，荷蘭人運用堰堤、運河、海埔新生地(polder)、風車和大規模防波堤的結果，使60%以上的人口免於經常遭受水患之苦。值得一提者，在與海爭地以增加生存空間的過程中，串連成組的風車就成為海埔新生地上將水從排水溝抽離至大運河的特有產物(如圖25)。

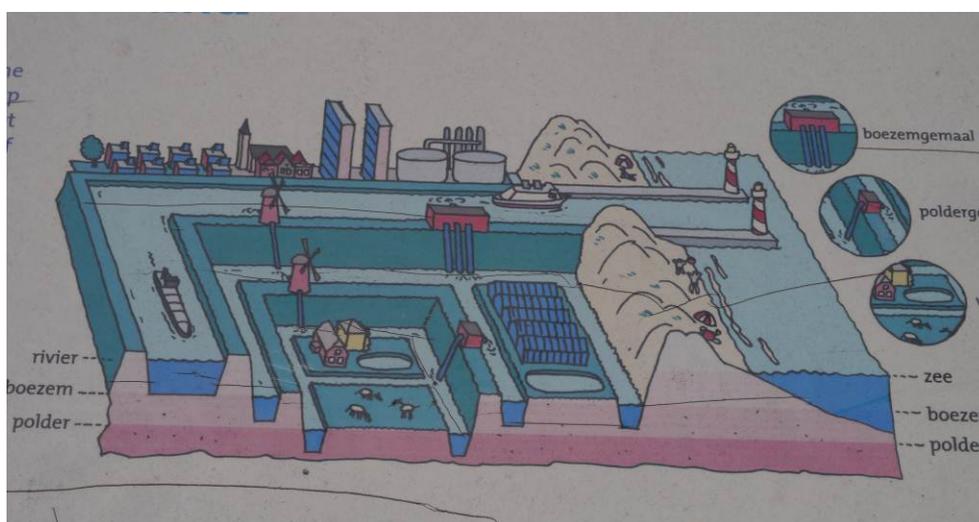


圖 25 利用風車抽除低地排水示意圖

3.9.6 須德海(Zuiderzee)計畫

須德海(Zuiderzee)原為荷蘭內海，與北海相連，以填海造為目的，西元1667年由漢狄克·史蒂文(Hendrick Stevin)提出興建長堤將北海與須德海隔開之構想。1891年西元1891年由雷李(Cornelius Lely)提出具體計畫：築一道30公里長的堤防，連接北荷蘭和菲仕蘭二省。1916年須德海水災致使阿姆斯特丹受害嚴重，促使計畫落實執行。1932年，用來阻隔南海與北海長達32公里的「Afsluitdijk」堤壩正式完工，創造出巨大的Ijsselmeer人工湖，荷蘭政府更以此為基礎，將Ijsselmeer湖進一步整併為Zuiderzeewerken計畫的一環，向海爭地並創造出面積達2,500平方公里的低窪開拓地(如圖26)。

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3



圖 26 須德海(Zuiderzee)計畫示意圖

3.9.7 三角洲計畫(Delta Works)

1953年大自然毫不留情地狠狠打擊了荷蘭，該年的1月31日寒夜週末夜，強勁的冬季北海風暴加上大漲潮，海水水位突然上升超過了平均值5.6公尺，過高水位與過強風力所造成的巨大水壓，使得荷蘭西南部的海堤逐一潰壞。冰冷海水迅速湧進整個荷蘭的西南部，造成熱蘭省(Zeeland)、南荷蘭(Zuid Holland)與北布拉邦(Noord Brabant)三個省份大部分的地區都浸泡在水裡(圖27)。而這不只是淹水而已，強勁的水

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

流與海水的鹽份更造成建築、道路、鐵路、電力、電信等基礎設施的全面破壞。這場洪水直接造成1835人死亡，也間接讓230人死於風暴所引起的船難，這次的風暴之大，除了荷蘭外，鄰國比利時與對岸的英國也都產生洪水和傷亡。

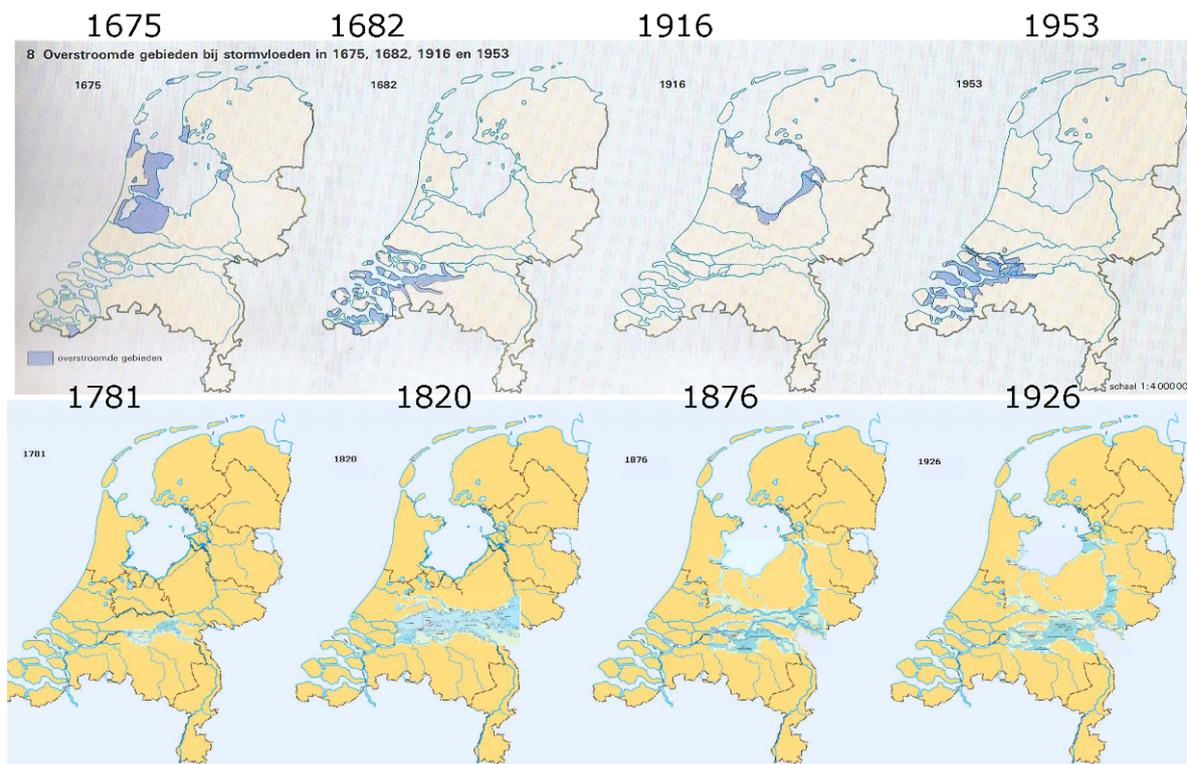


圖 27 荷蘭歷年大型洪災

由於這次大洪水，荷蘭政府開始認真思考如何永遠杜絕水患，他們迅速地成立特別委員會，檢討舊有的水利設施與計畫，然後提出了新的「三角洲計畫」(Delta Plan)，並於1958年開始進行世界知名的「三角洲工程」(Delta Works)。這個三角工程，包括了在Oosterschelde、Haringvliet與Grevelingen等三大出海口建立第一防線的大壩，以及在河流較上游處興建第二、第三防線的大壩。由於洪水有兩種，包括從海邊沖進來的，以及從上游沖下來的，當前者發生時，水壩壩體必須能夠緊密且堅固地阻隔內部水域與外海，當後者發生時，水壩必須要能夠打開讓水迅速排出去。更者，每座水壩的坐落處的工程條件以及需求不同，有些地方跨距較小，有些地方跨距超大，有些地方只需要考慮到阻水與排水，有些地方還需要考慮到船隻的進出，畢竟三角洲工

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

程最北端所欲保護的就是荷蘭的重要港口鹿特丹(圖28)。



圖 28 三角洲主要建設及其興建年份

由於此工程是世界前所未有的龐大與複雜，故絕不能只用「頭痛醫頭、腳痛醫腳」的心態進行，而是需要完整且縝密的整體思考，以及在工程前之廣而深入的調查與分析。根據統計，三角洲工程的全部經費中，有15%是用在研究與設計上的，這也就是說，若全部工程花了1000億，其中有150億是花在專家學者與工程師的紙上作業，也唯有如此重視工程前的準備，才能確保工程的順利完工與完工後的持久性。由於工程太過龐大，所以分成許多階段完工，每完成一個階段，則代表荷蘭的國土多了一層保護；雖然前期工程完成後已經產生顯著效果，但荷蘭政府不會心存僥倖，仍然有耐心地按照計畫完成所有的後期

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

工程。由於這是先驅性的工程，在施工時間，專家學者與工程師們仍須不斷調整設計，甚至以新的工法和觀念取代原先的計畫方式。1997年時，三角洲工程終於大致完工，這個持續將近40年的工程，建造了總長度約16,500公里的堤防霸體，其中一成半是主霸體，八成五是附屬霸體。而這些霸體也往往不只是霸體，它們還扮演著更多角色，就西部靠海的第一線工程來說，它們除了可阻擋強勁海潮、排放河水或讓船隻通過之外，它們亦是連接出海口三角洲各島之間的橋樑，成為荷蘭西南部的交通要道(如圖29)。如果我們說此三角洲工程是個防洪的「百年大計」工程，那其實是一種羞辱。在此工程的規劃時，水利專家學者們即提出了一套「三角洲規範」(Delta Norm)，此規範訂定了水壩設計強度的最低標準。根據該規範就抵抗「海洪」(sea flooding)的堤防霸體來說，在北荷蘭與南荷蘭的設計必須能阻擋每10,000年才發生一次的海洪，在其他地區則必須能阻擋每4,000年才發生一次的海洪，而部分有高低落差的過渡地帶也需能阻擋每2,000年才發生一次的海洪；而就抵抗「河洪」(river flooding)的霸體來說，因為淡水所造成的損害會比海水少，所以設計標準較低，但在南荷蘭地區也要設計到能阻擋每1,250年發生一次的河洪，其他地區則是能阻擋每250年發生一次的河洪。因此，說這個三角洲大壩工程是個「千年大計」工程絕對不為過，美國工程師協會更將荷蘭的三角洲工程喻為現代「世界第八大奇觀」之一。



圖 29 1916年(左)至2008(右)年荷蘭國土之改變

尤其是1997最後完工的「馬仕朗防潮閘」(如圖30)，控制360公尺寬的水道，就靠兩座等同巴黎鐵塔高度的水閘。當偵測海平面上升到三公尺的大潮或風暴，就會由DSS(Decision & Support System)系統全自動開啟，避免人為疏失，大水門可以攔阻海平面上升五公尺，如果海平面上升超過五公尺，那是非常高的水位，預計一萬年才會發生一次，荷蘭所謂萬年防洪，就是靠22公尺高閘門來保護。荷蘭人認為斥資約一千億歐元耗時40餘年進行築堤蓋閘門的三角洲計畫，是值得投資的，相對的也是荷蘭人住在低地三角洲的代價。

大自然變化難測，三角洲工程的最後一道防線，也是確保不會水淹鹿特丹的前哨保衛站，但水閘高度有限，海平面上升卻是未知，人定能不能勝天，這個世紀將不斷面臨考驗。

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3



圖 30 馬仕朗防潮閘

3.9.8 還地於河(Room for river)

1. 緣由

1993年荷蘭林堡省(Limburg)的瑪斯河谷(Maas)發生嚴重水患，這次的大水震驚了這個以「與水爭地」聞名於世的國家，超過180平方公里的土地（大於高雄市）積水1.5公尺，共8,000多居民強迫疏散，財物損失超過一億歐元，荷蘭立即成立了皇家委員會調查這次的水患，隔年一月報告出爐，委員會提出水利專業的建議：疏浚河床，設立滯洪區和加蓋堤防，委員會確信藉由他們的方案，瑪斯河谷可以確保250年的洪水頻率。隔兩年的一月，老天爺給荷蘭人一次更大的教訓，同樣在林堡省發生更嚴重的水患，嚴重程度更甚於前年，24萬居民被疏散。水患之後，荷蘭政府立即的反應，是再加高加長堤防，並加速疏濬，但卡在經費與技術的問題，這些計畫並不如預期的順利。而更令人疑惑的是，隨著氣候變遷的加劇，到底多少年的洪水頻率才算安全？這讓荷蘭人開始思考他們是不是對自然不夠了解，如果單靠水利技術無法解決這些問題，那替代方案是什麼？最重要的是，這也似乎意味

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

著，長期以來以「對抗」水災為思維主軸的「三角洲計畫(Delta work)」應該有所改變。還地於河觀念就在這樣的脈絡下展開，這個觀念不只改變荷蘭也改變了全世界的治水方式，統合在這樣的觀念之下，荷蘭人重新反思所有的計畫。

荷蘭政府於 1996 年通過防洪法(flood protection law)，主要內容如下：

- 訂定保護標準
- 每 5 年，重新檢討設計的水利參數(例如計畫洪水量等)
- 每 5 年，根據更新的水利參數，重新檢討防洪工程
- 向議會報告

然而 2001 年萊茵河發生大洪水，使得計畫洪水量從原本 15000(cms)提升至 16000(cms)，為此，傳統防洪思惟須加以改變，因此荷蘭政府在 2007 年，提出新的政策方向，即「還地於河」。該政策精神如下(如圖 31)：

- 不再加高堤防(除非不得已)，取而代之的，是還地於河
- 結合地貌改造
- 相對謙虛的措施(relatively humble measures)
- 目標如下：
 - 預計在 2015 年，萊茵河可容納 16000(cms)洪水量而不會發生洪泛
 - 防洪措施(工程)不僅提高安全性，也改善整體環境
 - 所增加的額外河道內空間，將保留以容納可能因氣候變遷增加的洪水量

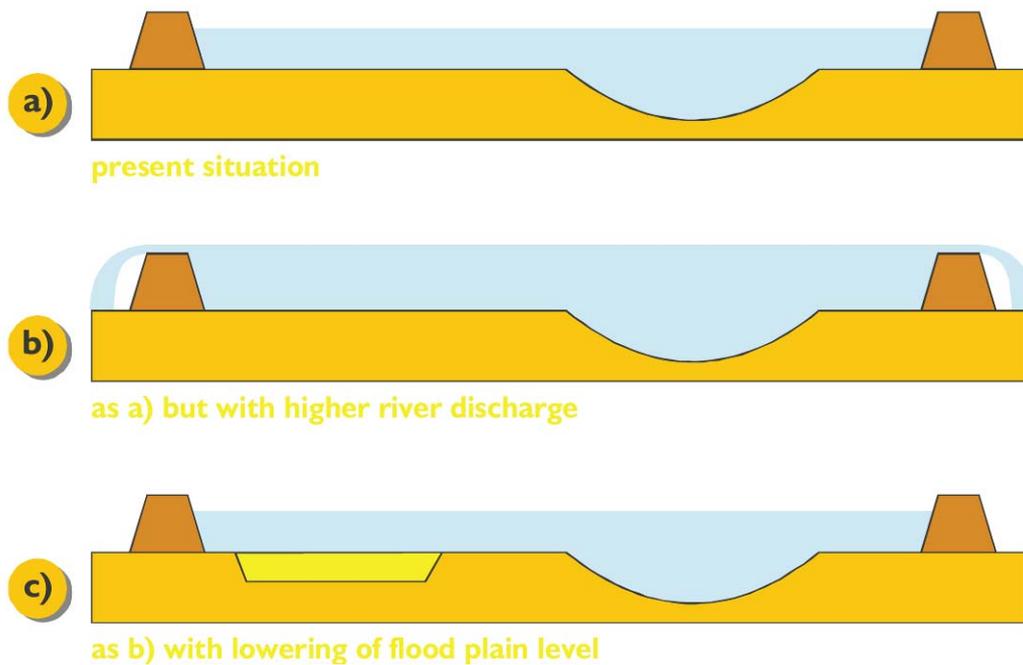
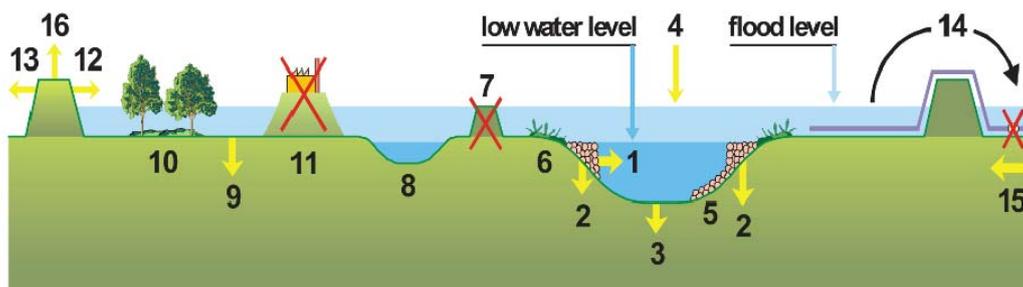


圖 31 還地於河策略示意圖

2. 還地於河措施

藉由檢討過去的防洪策略(如圖32)，例如傳統的堤防加高加強、束縮河道等，提出新的還地於河措施，如拓寬河道、分洪、降低堤防、改變堤防位置等(如圖33~37)。



- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 - narrowing of main channel | 9 - lowering of flood plain |
| 2 - lowering of groyne | 10 - nature development |
| 3 - dredging | 11 - removing of high-water free areas |
| 4 - dumping of sediment | 12 - dike reinforcement |
| 5 - permanent layer | 13 - dike repositioning |
| 6 - natural bank | 14 - retention |
| 7 - removing of summer embankment | 15 - obstruction of lateral flow |
| 8 - secondary channel | 16 - dike raising |

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

圖 32 還地於河策略示意圖

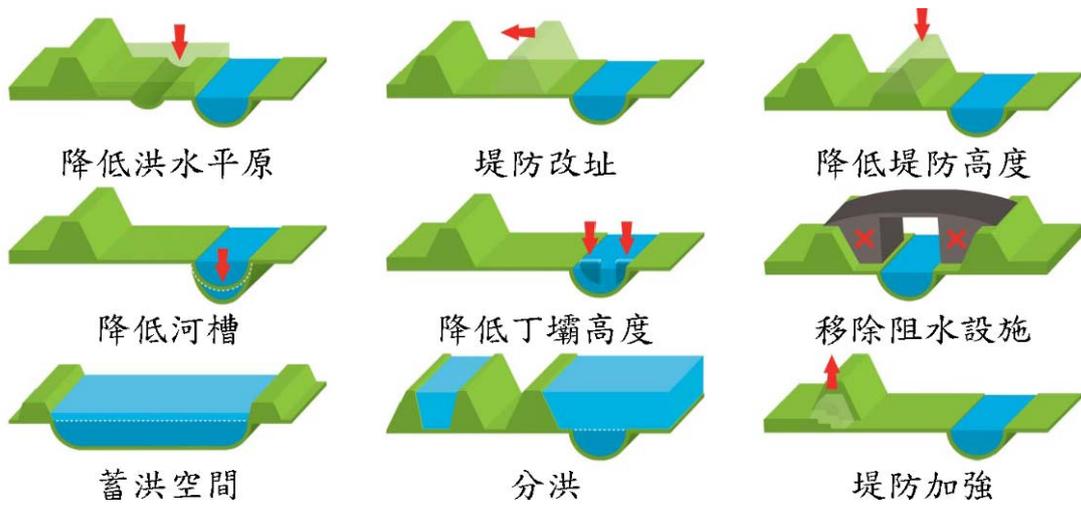


圖 33 還地於河策略示意圖



圖 34 堤防改趾示意圖

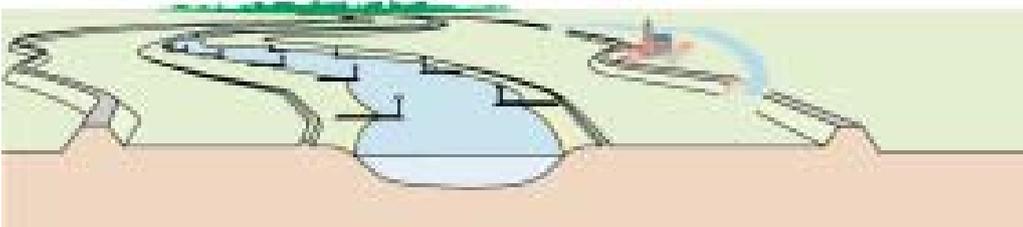


圖 35 分洪示意圖



※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

圖 36 降低洪水平原示意圖



圖 37 增加蓄洪空間示意圖

3.10 現地參訪-馬仕朗防潮閘(Maeslant Barrier)

我們參訪了位在鹿特丹附近的馬仕朗防潮閘(Maeslant Barrier)。驅車抵達了防潮閘的解說中心，包含了三角洲計畫、馬仕朗防潮閘解說(看板、模型等)、歷史洪災體驗館等；另外再到戶外實地參觀防潮閘，以及週遭環境。首先中心解說員為我們說明防潮閘興建緣由、過程及構造，以及歷年操作過程(如圖21)。



圖 38 現地解說情形

3.10.1 興建緣由及過程：

1953年荷蘭發生大洪水，導致2000多人喪生，荷蘭政府因而通過三角洲法(the Delta Act)，該法案指示對於荷蘭海岸線必須築堤保護，

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

然關於荷蘭西南部一帶(詳圖39)，因須保持鹿特丹港口的航運(即“新航道”(the New Waterway))，所以必須保持開放。1985年荷蘭政府重新檢視計畫洪水；並檢討該區域河堤，發現為因應保護標準提高，需加強堤防保護，然此項工程需到2020年才完成，因此荷蘭政府發起一項研究，考慮在新航道設置一個可移動的暴潮屏障，以抵禦洪水。

經過5家顧問公司競圖(如圖40)，最終於1989年由BMK公司獲得3.2億歐元的設計及建造費，設計概念很簡單，主要是易維護的結構、絕大部分是乾燥的，僅有少部分結構是“浮”在船塢。防潮閘於1991年興建，於1997年完工啟用。

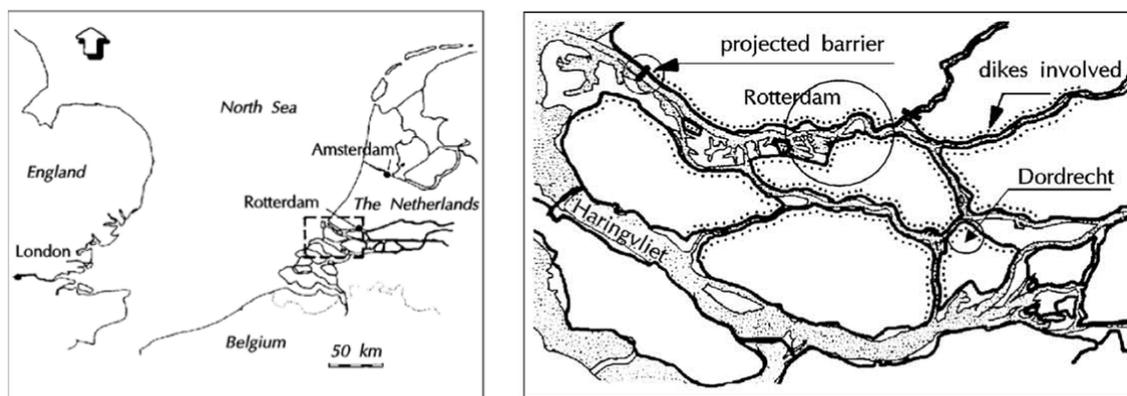


圖 39 防潮閘位置示意圖

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

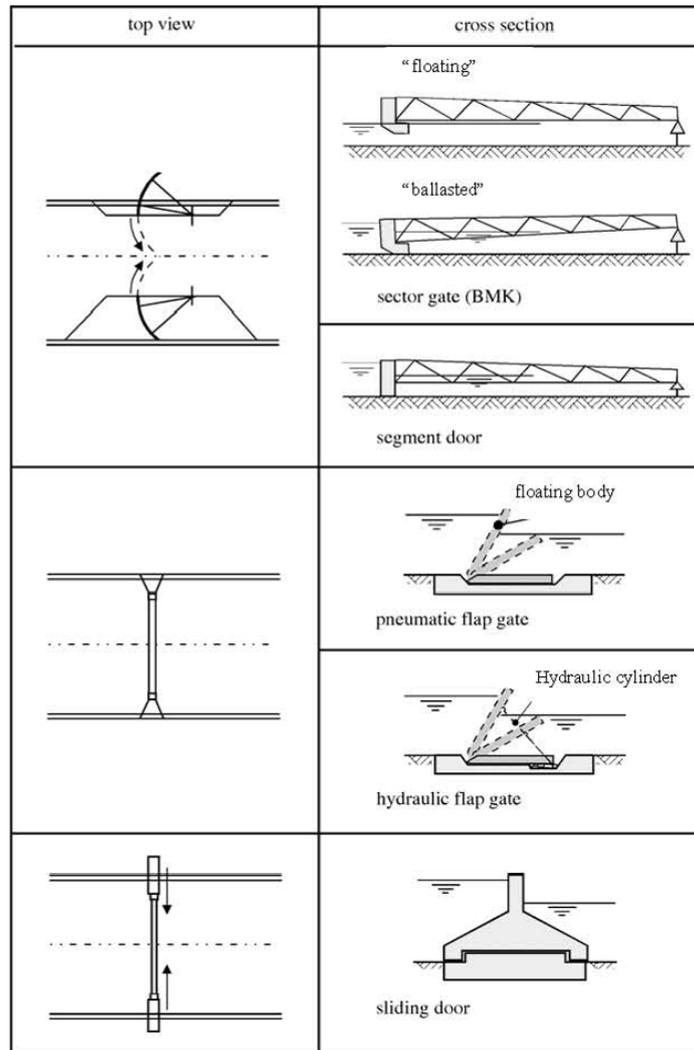


圖 40 防潮閘方案設計圖

3.10.2 防潮閘構造

其構造包含如下(如圖84 所示)：

1. 閘門：牆高22公尺，長約210公尺
2. 閘門桁架：軸長約長240公尺，是艾菲爾鐵塔高度，重量則是其4倍；高約20公尺
3. 軸承：直徑10公尺，重量約680公噸

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

4. 船塢：長約200公尺

5. 控制中心



圖 41 防潮閘空照圖

3.10.3 防潮閘操作過程

1. 平日閘門分別存放於兩側210公尺船塢中。
2. 當暴潮來臨時，如海水水位上升超過海平面3公尺時，由電腦自動啟動關閉程序。
3. 此時海水水位上升將兩側船塢中之中空閘門浮起，以鏈條驅動中空閘門進入河中。
4. 兩側中空閘門同時啟動至到達定位約需1.5小時。
5. 兩側中空閘門到達定位時，為於惡劣天候下避免相互碰撞，中間預留1公尺間隙。

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

6. 兩側中空閘門到達定位後，將水注入中空閘門中，將閘門完全沉到底部水泥基座，此時閘門底部通水斷面逐漸減少下，藉由內水位差所產生之高速水流將基座面上的底泥清除(等同排砂作用)，使閘門與底部接合更為緊密。
7. 俟外海暴潮退去後，再開啟閘門。

防潮閘啟用至今，每年9~10月間有一次例行操作演練，每次演練至少需花費150萬歐元，支付港內船隻延長停泊之費用。目前真正只關閉過兩次，其中一次是2007年，成功抵擋暴潮入侵。

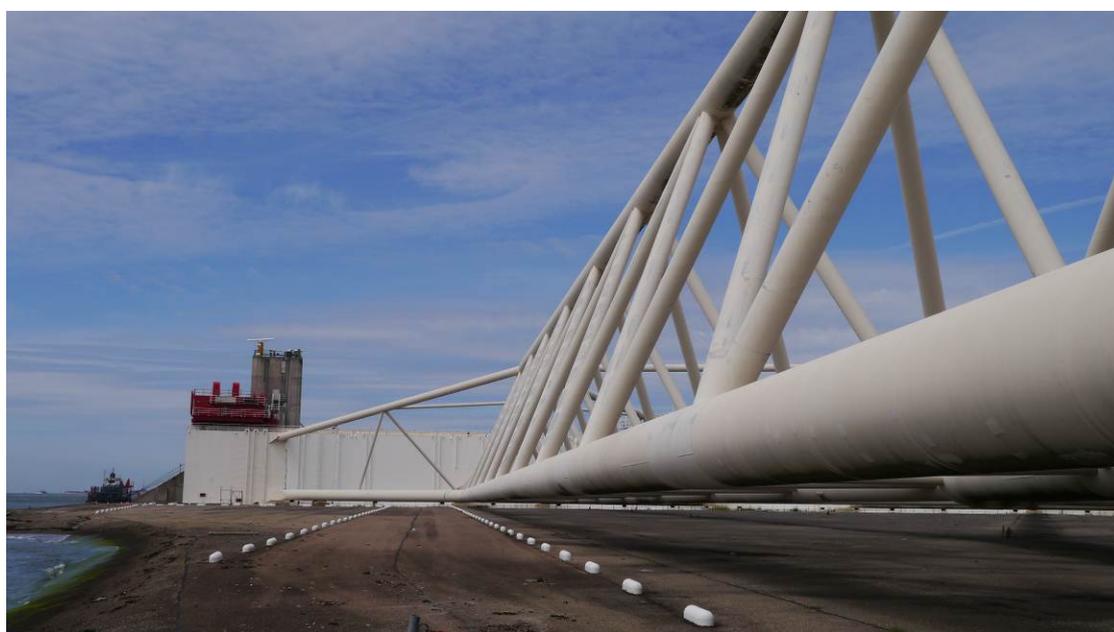


圖 42 中空的閘門桁架圖

第四章 心得與建議

4.1 心得

4.1.1 荷蘭政府治水思維

荷蘭政府以全國性思維治水，將治水議題視為上位計畫，在研擬及制定相關水利策略時，除原本的權責單位如水利機關、市政府及防災機關外，並納入公私部門相關單位、學術或研究機構、及民眾參與等，討論包括合理成本下的最佳防洪安全設計、內外水的處理、市區發展的既有及更新等議題並與民眾說明溝通，讓民眾參與，尤其重大政策的推行，更為嚴謹，讓舉國的荷蘭人，都可以很清楚、明瞭政府現今推行的治水政策為何，並接納各方不同的聲音，多次修正討論，其中歷經執政黨派的改朝換代，新舊任總理更迭等等，均不影響政策大方向的推行，也不得不佩服荷蘭政府對於治水政策的縝密與決心。

4.1.2 荷蘭水利委員會

荷蘭政府組織中設立水利委員會(Water Boards)，與土地開發相關之相關計畫必須要通過該地區水利委員會之核准，才得以執行；水利委員會另可針對民眾賦以水稅，以維持其水源之品質以及堤防的養護費用。如需新建堤防時，受到新建堤防保護之對象則必須與中央、地方政府、水利委員會共同負擔相關建造費用，且擁有腹地較大者必須負擔較多的費用，以符合公平原則，使用者付費的觀念值得我國政府借鏡。

4.1.3 荷蘭政府治水政策

荷蘭政府從早期與海爭地、須德海計畫、三角洲計畫等政策之轉變，一直到最近與水共生、還地於河等政策，再再體現出無法以人定勝天的角度治水，必須以工程手段配合非工程方法如法規、都市計畫、洪災風險資訊揭露、洪災保險等措施，使人民得以被限制保護、了

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

解自身所在地風險、轉嫁風險等手段，面對天然、原來該有的洪水。

4.2 建議

4.2.1 增進與UNESCO-IHE交流

UNESCO-IHE為全球水利專業教學學院，位於台夫特(Delft)地區，該地區本身為荷蘭一個重要的水利產業發展地，緊鄰的Deltares亦為一個重要的水利研究機構、鄰近的TU Delft為荷蘭著名的大學，學術研究能力亦備受肯定。荷蘭將其水利工程技術輸出，台夫特為其一個重要根據地，尤其UNESCO-IHE更為一個重要的據點，而台灣與UNESCO-IHE的交流並不算頻繁，未來水利事務如需拓展國際視野以及技術學習等，可考量UNESCO-IHE作為一個重要對象。

4.2.2 揭露區域洪災風險圖

為有效管理洪災風險，洪災風險圖是必要的工具，它提供有關災害、風險及脆弱度相關資訊，呈現不同規模洪災下影響程度。由於荷蘭國土有40%低於海平面，因此了解區域高程實為最基本不過的資訊，在荷蘭的洪災公開資訊網站中，藉由輸入郵遞區號便可得知該地區的高程，輔以洪災風險圖可讓民眾知道面臨的洪水威脅程度，以便能及早因應。

4.2.3 治水計畫相互配合

荷蘭政府除了整治河川亦考量海岸侵退之議題，每年抽沙養灘，補足流失的沙源，減緩其流失之速率以外，另有近幾年三角洲計畫的海岸大型養灘(Sandmotor)計畫，除補充未來十幾年的沿岸漂沙量之外，另一方面因鄰近河川建築水閘門禦潮抗浪所造成海水位的些微上升，也可能增加其侵蝕，所以三角洲計畫同時考量其可能造成的負面效應，並於Sandmotor養灘計畫中增加其親水性、遊憩性的相關功能，加

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

以宣導，使民眾、NGO、相關學者專家皆能與該計畫中獲得最大效益。

4.2.4 治水計畫應為上位計畫

荷蘭人記取歷史教訓，了解洪災帶來的巨額損失，可說是舉全國之力治水，並以治水為上位計畫，例如荷蘭政府中設有地區水利委員會，可審議其區域相關開發案，如影響防洪者，得駁回其開發計畫，這與我國政府對於治水的重視程度，有所不同。建議將治水政策視為上位計畫，甚至位階高於都市計畫，並配合法規的嚴格限制與裁罰，唯有如此，才能更有效率、更專業地完成治水政策之推行。

4.2.5 台灣經驗不比國外差

台灣遭遇梅雨、颱風之威脅，所面臨的氣候條件比歐洲艱鉅，強降雨的情況也使得應變時間縮短許多。惟台灣近幾年防災意識的提升，建立相關應變的標準作業程序，面對洪災的應變體制，已日趨成熟，台灣經驗不比國外差，短時間強降雨的應變作為，甚至可供國外作為借鏡。

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3

參考文獻

1. 李友平、徐誌國、陳明城、李亞儒 (2010) 聯合國水利和環境工程國際學院氣候變遷下綜合性水經營管理研習
2. 陳芳瓊 (2012) 聯合國教科文組織國際水利環境工程學院上游集水區綜合治理研習
3. 張逸凡 (2013) 荷蘭國際水利環境工程學院洪災風險管理研習
4. 英國水及環境管理機構 (The Chartered Institution of Water and Environmental Management, CIWEM) 實務手冊 (CIWEM Water Practice Manual no. 7)
5. 荷蘭Room for the river 網頁
(<http://www.ruimtevoorderivier.nl/meta-navigatie/english.aspx>)

參訓證明

UNESCO-IHE
Institute for Water Education



CERTIFICATE

Short Course on Flood Risk Management

This is to certify that

Chun-hung Pao

born on 27 November 1982 in Kaohsiung City, Taiwan of China

has followed and successfully completed the short course on Flood Risk Management held at UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands from 10 June 2014 – 27 June 2014.

Prof. A. Szöllösi-Nagy, PhD, DSc
Rector

Dr. B. Bhattacharya
Course Coordinator

Delft, the Netherlands, 27 June 2014

※註:部分資料引用自參考文獻 1.2.3