

海嘯災害潛勢地區土地利用與管制研究之可行性探討

內政部建築研究所研究報告

中華民國94年12月

海嘯災害潛勢地區土地利用與管制 研究之可行性探討

Adopting Land Use Control in Reducing Tsunami Losses: A Pilot Study

研究主持人：何明錦 副所長

協同主持人：薩支平

研究人員：曾志民

研究助理：張三軍

內政部建築研究所研究報告

中華民國94年12月

目 錄

目錄	I
圖目錄	III
表目錄	IV
摘要	VII
ABSTRACT	IX
第一章 研究緣起	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的與重要性	2
第三節 研究內容與方法	3
第四節 研究限制	6
第二章 海嘯特性和衝擊歷史	7
第一節 海嘯的形成與特性	7
第二節 世界重要的海嘯事件	8
第三節 台灣過去的海嘯	10
第四節 台灣的海嘯研究	12
第三章 都市管理海嘯之對策	23
第一節 土地規劃的海嘯管理對策	23
第二節 敷地計畫的海嘯管理對策	30
第三節 建築計畫的海嘯管理對策	35

第四節 垂直疏散與建築使用的海嘯管理對策	39
第四章 專家學者問卷：未來研究方向	42
第一節 訪談設計	42
第二節 專家學者訪談的執行	46
第三節 訪談結果整理	46
第五章 結論與建議	52
第一節 研究結論	52
第二節 對於未來研究的建議	53
附錄一 期初簡報會議紀錄	55
附錄二 專家學者諮詢名單	59
附錄三 期末簡報會議紀錄	60
參考文獻	64

圖 目 錄

圖1-1	研究流程圖	5
圖2-1	太平洋的火環 (Ring of Fire).....	7
圖2-2	海嘯波浪溯上示意圖	13
圖2-3	1901-1983年台灣東北部陸海域震央分布及地震分區.	14
圖2-4	第二個案第3波之海嘯溯上波形斷面圖	17
圖2-5	台灣東部海岸之海嘯溯上高度分布	21
圖2-6	花蓮海岸之海嘯溯上高度細部分布	22
圖3-1	敷地計畫之「避免海嘯威脅」對策示意圖	31
圖3-2	敷地計畫之「降低海嘯速度」對策示意圖	32
圖3-3	敷地計畫之「改變海嘯路徑」對策示意圖	32
圖3-4	敷地計畫之「阻擋海嘯能量」對策示意圖	33

表 目 錄

表2-1	世界最嚴重的海嘯事件	9
表2-2	各分區最大可能地震之斷層長度、垂直位移及斷層走向	15
表2-3	計算用之斷層參數	16
表2-4	鹽寮海嘯波浪計算結果	16
表2-5	鹽寮海嘯溯上計算結果	17
表2-6	東北海岸海嘯溯上模擬結果	18
表2-7	台灣各地區引起災害性海嘯之最小地震規模分布情形 ..	20
表3-1	各種開發類型之敷地計畫減災對策	34
表3-2	海嘯影響因子與解決的設計手法	38
表4-1	專家學者訪談問卷	43
表4-2	專家學者問卷之研究優先順序：類別之比較	47
表4-3	專家學者問卷之研究優先順序：垂直疏散計畫	48
表4-4	專家學者問卷之研究優先順序：制定土地資源管理法 令	48
表4-5	專家學者問卷之研究優先順序：規劃新都市土地開發 策略	49
表4-6	專家學者問卷之研究優先順序：已開發地區之管理策	

略	49
表4-7 專家學者問卷之研究優先順序：土地使用規劃與管理 策略	50
表4-8 專家學者問卷之研究優先順序：敷地計畫策略	50
表4-9 專家學者問卷之研究優先順序：建築計畫策略	50

摘 要

關鍵詞：都市防災規劃、減災、海嘯、垂直疏散

一、研究緣起

在2004年南亞發生大海嘯，造成近三十萬人傷亡；這個事件開啓了台灣進行海嘯研究的「機會之窗」。內政部建築研究所負責台灣建築與都市計畫相關的研究工作，進而引導法令與執行的規範；為因應海嘯研究的契機，針對未來研究方向進行整理與開發。

透過建築與都市規劃進行海嘯災害的管理，可經由四個層級性的管理階段：首先，透過適當法令指導土地使用規劃，影響為來的土地利用使用、區位，與強度；其次，應用建築計畫當中之敷地計畫指導基地開發；第三，檢討與管理建築計畫的建築設計；第四，確保建築管理能滿足垂直疏散計畫的執行。這四個階段的管理，必須前後契合，才能妥善降低海嘯對於都市土地利用的威脅。

二、研究方法及過程

本研究首先將國內外相關文獻進行彙整，尤其是檢討國內外在建築與都市計畫領域管理海嘯的對策，做為專家學者座談-訪談的基礎。研究的第二個工作是進行專家學者問卷與電話訪談。透過文獻回顧整理出的管理對策，詢問防災與都市管理相關學者對於這些對策的看法，以量化為主，配合主觀、質化的評估，檢討各個對策的潛在可行性與研究的優先順序，藉以提出爾後研究方向的建議。

三、重要發現

本研究發現，未來研究趨勢應著重垂直移動疏散計畫，和海岸地區土地利用法令體系的建置。由於海嘯發生機率低，潛在損失不易估計；積極規範土地使用，社會將執疑管理工作限制都市發展；相對地，疏散計畫可以成為未來工作重點。其他可著力的研究方向包括：基本海嘯風險資料的建置、土地使用計畫與的微調因應海嘯議題，公共設施和電力、通訊關鍵設施的調整，與合併考慮海嘯與其他災害之管理。

四、主要建議事項

研究建議管理工作最上端的法令制定，與最下緣的垂直方向疏散，為未來最主要的研究方向。法令部分包括「國土計畫法」和「海岸法」兩者，都會影響海岸地區土地資源利用與保育。在垂直疏散部分的考量，是從建築物安全檢查、公共避難所的指定與標示，並將公共避難與垂直疏散，納入到地方緊急管理計畫當中。

除前面兩者外，未來的工作方向包括：海嘯潛勢資料和工程措施的基礎研究，土地使用計畫與使用分區的微調因應海嘯議題，公共設施和電力、通訊等關鍵設施的調整，敷地計畫的評估等。另外，可經由管理其他災害的措施，增加對海嘯衝擊的考量。

ABSTRACT

KEYWORDS: Urban Disaster, Mitigation, Tsunami, Vertical Evacuation

The 2004 South Asia Tsunami in 2004 opened the "window of opportunity" for tsunami-related study in Taiwan. The *Architecture and Building Research Institute (ABRI)*, *Ministry of Interior*, assumes the public responsibility in developing future research topics in associated architecture and urban issues. Thus, it develops study topics for tsunami for years that follows.

Through literature review, this study established a 4-step tsunami management via architecture and planning measures. These steps include, firstly, resource management legislation that adopts land use planning to prevent extensive development in high risk areas. Second, the site planning in the architectural planning, that adjusts the land use intensity to mitigate potential losses. Third, the review and management of architectural design in the planning process; and fourth, adopt a program that manages the use of buildings as vertical evacuation route-shelters. These steps have to be well-coordinated if fully control of tsunami risk is required.

Through a survey to experts in city management, this study revealed following conclusions. The future research should target onto the vertical evacuation as well as the legislation for coastal zone management / conservation. This finding is rooted upon that tsunami probability is low; however, the management of potential areas will cause people's mistrust due to the restriction for future development. Management targeting evacuation preparedness may generate less public uncertainty than other measures. Other potential topics include: the database for tsunami potentials, minor adjustment for existing land use plans and zoning program, relocation for public facility and critical facilities, as well as incorporating tsunami management with other hazards.

第一章 研究緣起

第一節 研究背景與動機

台灣地區的災害風險高，人口密集；災害衝擊具有巨大的潛在威脅。以自然環境條件觀之，台灣位於環太平洋地震帶上，加上夏秋兩季的颱風威脅，無論災害發生機率或潛在的發生規模，台灣地區面臨自然災害威脅風險是非常高的；更有甚者，以社會經濟條件觀之，台灣的人口密度是全世界第二，潛在受到災後的損失就更為可觀，因此應積極加強推動防災相關的研究。

過去的台灣的災害研究中，海嘯是鮮少被探討的項目，甚至可能是被嚴重低估的災害風險 (Bryant, 2001)。在 921 地震之前，賀伯、瑞伯颱風是最具指標性的研究標的，地震的研究是非常有限的，例如地震後應如何重建的文獻都付之闕如；921 地震之後，多數的研究與管理資源都全投入在地震議題上。整體來看，災害研究在近十數年來的發展，探討的課題都是在地震與颱風（洪水）之間，檢視災害成因，檢討防救災體系與對策。對於其他的災害類性，諸如海嘯、人為災害，在研究中涉入的比例就相對偏低。

在2004年12月26日，格林威治時間凌晨0點58分53秒（約當地時間早上9點），位於印尼蘇門答臘西北方（東經95.854度、北緯33.16度），30公里深的海底發生了芮氏規模9.0-9.3的地震；這個強度是近 40 餘年來全球最大的地震。地震使板塊交接的海床造成位移；形成的海嘯以每小時約800公里速度，在7小時內影響及南亞及非洲東岸。造成的傷亡規模約為30萬人，並使約兩百萬人無家可歸(Synolakis, Okal, & Bernard, 2005; 經典雜誌, 2005)。反觀台灣的地理位置四面環海，又容易遭受地震威脅，在海岸地區有許多高價值—高密度的人為開發，同樣存在著海嘯災害的威脅潛勢；因此，可藉由蘇門達臘海嘯開啟研究與管理的「機會之窗」，進一步著手檢視相關研究的可行性與方向。

蘇門答臘海嘯產生的原因，是斷層在海底造成1500公里的錯動，攪動海水形成一系列波長極大的海浪向四周傳播。在深海中，海嘯的波長很長，海嘯能量因水深

不易消散，因而海嘯的波動可以傳至遠處。當傳抵海岸時，海嘯的波長減低但波高增加；因地形影響，使海水向陸地方向湧高達數公尺至數十公尺，此即為海嘯 (Smith, 1996)。海嘯的速度因海水深淺而有不同：海水愈深海嘯速度越快，越淺則速度愈慢。在海洋的底部深處速度可能高達每小時 800 公里以上，橫越大陸棚地形時其速度也有每小時 100 至 300 公里之間，到達海岸線時速度約減至每小時 30 至 40 公里之間。

全球海嘯發生在太平洋居多 (Smith, 1996)，約佔總數的四分之一。其中以日本、南美洲、印尼、新幾內亞、菲律賓等地區發生比例較高。然而理論上，幾乎全世界所有的海岸線都可能受到海嘯的影響。

第二節 研究目的與重要性

透過土地管理與規劃的方法，是對減輕海嘯災害損失是有幫助的。潛在可行的對策很多，諸如繪製海嘯潛勢地圖 (Chowdhury, Giest, Gonzalez, MacArthur, & Synolakis, 2005; Cutter, 2001)，配合土地使用規劃，避免潛勢地區的土地受到開發。然而，曾經實際應用的對策卻有限，少數的例子如 Hilo, Hawaii，都市土地的使用範圍較 1940 年代已經向內陸移動了約 20 公里，是因為當時的海嘯摧毀了沿岸的社區 (Drabek & Hoetmer, 1991) 後，經由土地利用規範而造成的結果。

內政部建築研究所推動全國建築與都市計畫的研究發展工作，確保國家整體建設與永續發展；在過去建築研究所的工作中，大力投注於防救災相關之研究：透過對實質環境的利用與開發，與災害課題的交互探討，對未來可行的空間政策提出具體的建議。2004 年蘇門答臘海嘯，可以作為開創台灣海嘯研究的機會；提出未來防治海嘯損失的研究方向，協助檢討台灣空間規劃與利用的問題，是本研究的主要工作目標。

台灣過去針對海嘯的研究相當有限，既有的少數研究中，多半集中於歷史文獻的整理與地質考古資料的分析。此外，無論是在災害防救的對策、災害整備與應變，或是都市規劃與建築的空間對策，既有的相關研究都無法協助減少災害損失政

策的提出。為了規範人類居住空間，得以免於海嘯威脅；本研究將提出未來研究的方向；綜合都市規劃與建築的觀點，檢視海嘯對人類居住社區的衝擊，提出初步的研究方向；對未來的研究具有重要的引導作用。

第三節 研究內容與方法

本研究受研究時程的限制，提出未來的研究方向是以文獻回顧，與專家問卷—訪談為基礎。台灣在過去的數十年完全沒有海嘯的衝擊經驗，對於海嘯的相關研究也極為有限。少數特定的公共工程，例如核能電廠，需要進行專案的研究探討外，然而對於其他地區的海嘯威脅，少有相關的研究。

本研究的第一個部分是探討國內外相關文獻，尤其是建築、都市計畫相關領域的管理對策，檢討海嘯威脅的文獻。即使在國外，關於海嘯的研究也多半集中於災害的整備與應變：例如災害防救的疏散演習、防災資源的整備等；文獻中提及利用土地使用規劃減緩海嘯的影響 (Burby, 1998)，然而對實際的操作方法與對策探討均尚未有深入的研究。因此本研究的第一個工作，將國內國外相關的文獻進行彙整，尤其是在檢討國內外在建築與都市計畫領域管理海嘯的對策，以期做為專家學者座談-訪談的基礎。

研究的第二個重要工作是進行專家學者問卷與電話訪談。透過文獻回顧整理出的管理對策，詢問防災與都市管理相關學者對於這些對策的看法，以量化為主，配合主觀、質化的評估，檢討各個對策的潛在可行性與研究的優先順序，藉以提出爾後研究方向的建議。許多管理的對策，如前所述，往往會集中在災害的準備、應變，與災害復建；相對於建築與都市計畫著重的減災策略，可能較少提及。為了對與建築研究所未來研究方向有具體的建議，而非引導至建築研究所工作內容比較沒有關聯的其他緊急管理階段，本研究請專家學者提出專業的意見，建議未來研究方向。本研究的研究工作內容包括下列各項：

1. 計畫背景與緣起；
2. 研究架構設計；

3. 相關文獻回顧：文獻回顧的內容包括國內外相關海嘯的歷史事件，海嘯的成因與管理海嘯的工程對策，透過都市計畫與建築規劃管理海嘯的對策；
4. 土地使用與防災對策彙整：建築研究所主要的工作，是透過土地使用與建築的管理方法，進行防災與災害損失紓緩。在這個工作內容中，將國內外所有相關管理對策進行彙整與分類；
5. 未來研究議題彙整：這個研究內容中包括兩個前後關聯的部分，經由專家學者的座談，檢視文獻回顧中所提出潛在可使用的管理對策與未來研究方向。藉由本工作提出對未來研究方向的建議；
6. 專家學者座談的工作必須包括相關研究學者名單的彙整，以專家學者方便的時間與地點，進行座談或訪談；
7. 意見彙整與歸納：整理文獻回顧的發現，以及專家學者的意見；
8. 結論與建議。

本研究的主要研究工作包括兩者：其一，文獻回顧與整理；其二，專家學者訪談。文獻回顧與整理不屬於研究方法的範疇，在此不多做贅述。

專家學者訪談的部分，訪談對象包括：土木水利學者，都市防災，與都市管理學者，共分三個部分。土木水利工程學者協助依據過去相關工程領域的研究經驗，建議管理海嘯的實質對策；都市防災與都市規劃學者，則是分別依據行為與社會科學，與土地利用法令兩個部分，分別提出對管理對策的看法與建議。

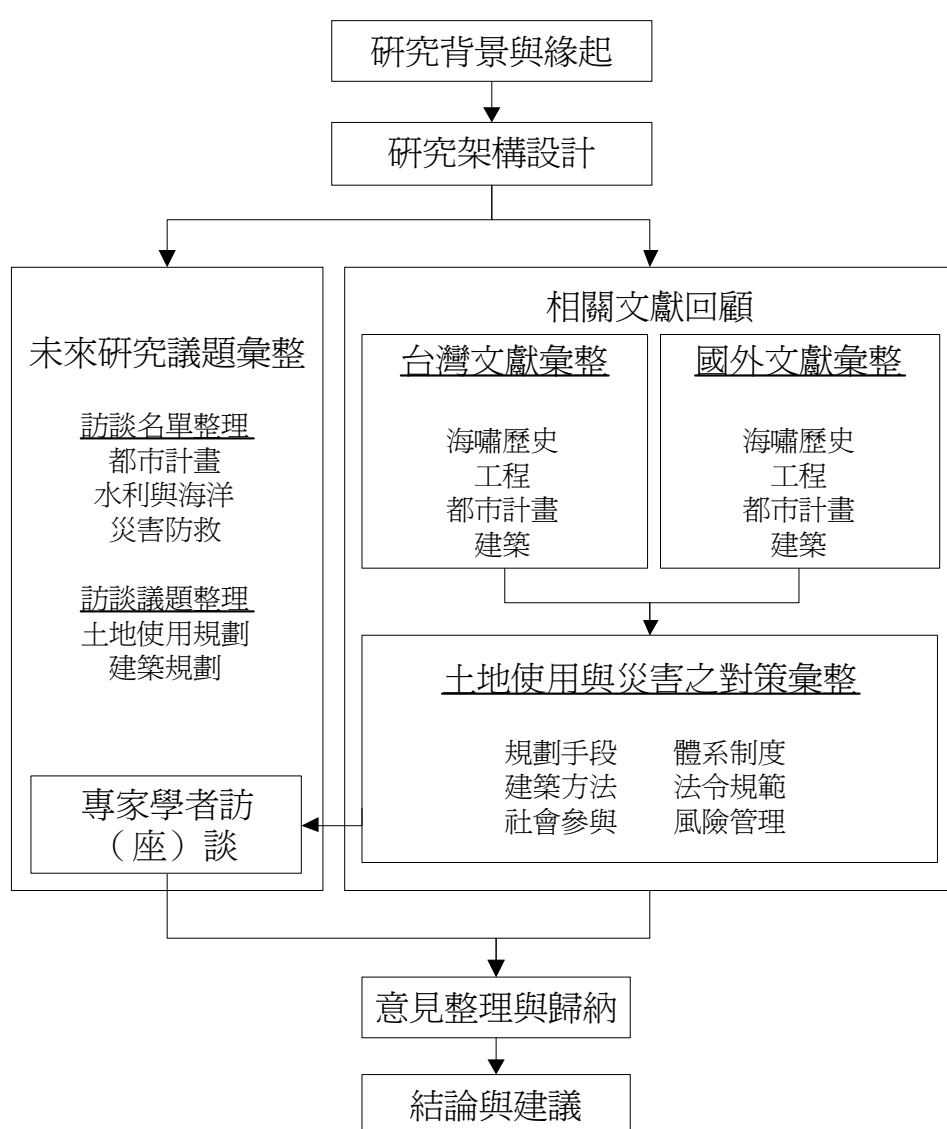
研究的主要目的是為了開創爾後的研究方向，因此專家學者問卷與訪談討論的方向在範疇上極為廣泛，而非針對單一課題的進行深度的了解。問卷與訪談的題目是經過本研究文獻回顧中，彙整過去國內外相關研究發現，建立結構性的詢問項目，與非結構性的意見提出兩種格式。由於相關文獻的數量有限，專家學者過去的經驗，往往超過既有文獻的範疇；為增加討論的廣度，電話訪談詢問的題目以非結構性為主，以刺激更為廣泛的議題討論。

廣泛的議題討論的弱點，是難以收斂一致的意見。本研究工作中的「意見彙整與歸納部分」，即是嘗試歸納成為一致的意見，以期對爾後的研究提出建言。然

而，不容易歸納的意見代表專家學者分歧的意見，也就是無法對特定研究議題產生共識；在趨向於一致的意見當中，即為開放未來的研究题目的方向。

本研究整體工作流程如下圖所示：

圖1-1 研究流程圖



第四節 研究限制

本研究面臨的研究限制包括下列三者：其一，本研究受到研究時間有限的限制。本研究實際的執行僅有兩個月，其中包括研究計畫書的準備、計畫書簡報等行政作業，實際的執行時間就更為有限。第二，研究方法受到專家學者訪談的限制；相關的專家學者中，研究領域分別為都市防災或海嘯，研究領域直接關聯上述兩者的學者非常有限，因此所提出來的建議可能無法同時顧及工程與都市管理兩個層面。

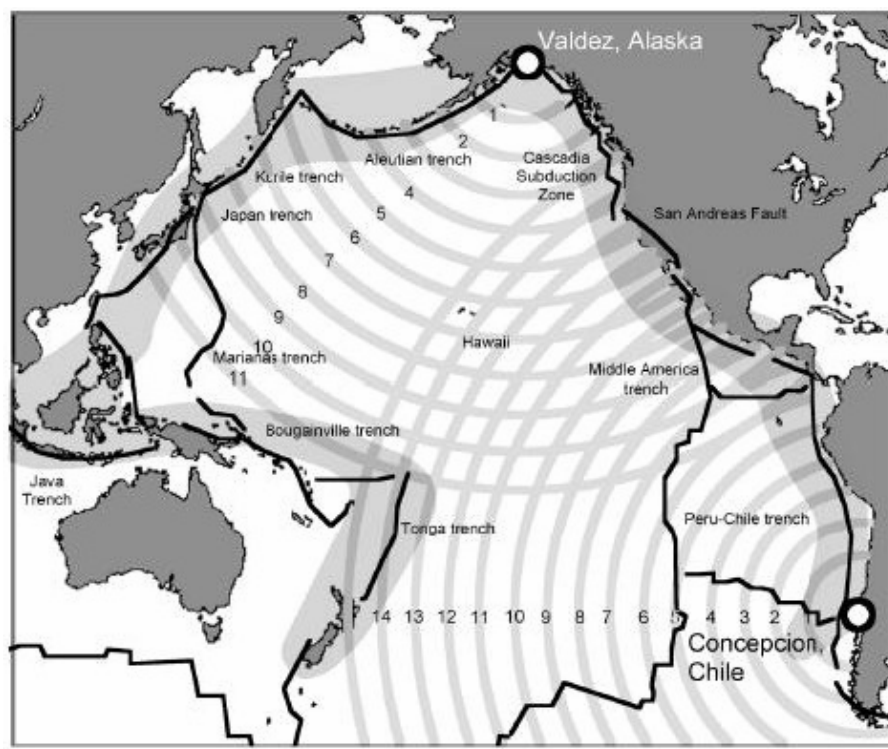
本研究第三個研究限制，是在研究工作廣度與深度中的權衡。由於既有文獻非常有限，開發未來研究課題應以廣泛為重，對於研究深度必然有所限制。

第二章 海嘯特性和衝擊歷史

第一節 海嘯的形成與特性

海嘯主要是由於地震活動所引起。環太平洋俗稱的火圈 (Ring of Fire) 是全世界地震活動最旺盛的位置：火圈環繞著太平洋，最南至南美洲智利，往北沿著南美與北美的西部海岸，向西延伸至阿拉斯加州與伊留申群島，再向南延伸至日本、台灣，與菲律賓群島。台灣座落的位置就在火環之上 (Eisner, 2001)。

圖2-1 太平洋的火環 (Ring of Fire)



資料來源：(Eisner, 2001)

海嘯經常被區分為遠地與近地兩種海嘯來源。這兩種海嘯的來源對選擇利用都市與土地利用管理，具有顯著的影響。舉例來說，近地的海嘯往往是隨著大規模地

震而產生，地震的損害如結構的破壞、海岸地區土壤液化，加重了損失的規模，也可能癱瘓既有的災害應變行動；疏散工作往往要在極為短暫的時間內完成，警報系統是否有效運作對近地海嘯而言是極為重要的關鍵。相對地，遠地的地震海嘯在海嘯衝擊之前，多了若干個小時的準備時間，對緊急管理與疏散避難行動的執行遠比近地海嘯容易。

第二節 世界重要的海嘯事件

至 1999 年之前，單一海嘯事件造成死亡人數最多的地區主要集中在日本與印尼，死亡人數都超過一萬人。此外，智利、瓜地馬拉、菲律賓等地區亦曾經有嚴重損失的紀錄。多數的海嘯是因地震引起，因火山噴發導致的海嘯比例不高，但其破壞力不容忽視；1883 年在印尼的喀拉喀托島 (Krakatoa) 因火山噴發導致海嘯，浪高達 40 公尺，造成近岸地區居民 36,000 餘人死亡 (徐明同, 1981)。1998 年 7 月 17 日，巴布亞新幾內亞太平洋岸發生的海嘯奪取 2200 人生命。引起這次海嘯的原因，雖仍有爭論，一般是認為是海底滑坡塌方引發的。然而，在 2004 年 12 月 26 日南亞大地震引發的海嘯之死亡人數接近 30 萬人，為歷史紀錄中所有災害損失中最嚴重的事件之一。

請參考表，其中列出全世界過去發生過損失最嚴重的海嘯事件。

表2-1 世界最嚴重的海嘯事件

死亡人數	時間（西元年）	地點
283100	2004	N. SUMATRA
40000	1782	S. CHINA SEA
36500	1883	S. JAVA SEA
30000	1707	TOKAIDO-NANKAIDO, JAPAN
26360	1896	SANRIKU, JAPAN
25674	1868	N. CHILE
15030	1792	SW. KYUSHU ISLAND, JAPAN
13486	1771	RYUKYU TRENCH
8000	1976	MORO GULF, PHILIPPINES
5233	1703	TOKAIDO-KASHIMA, JAPAN
5000	1605	NANKAIDO, JAPAN
5000	1611	SANRIKU, JAPAN
3800	1746	LIMA, PERU
3620	1899	BANDA SEA, INDONESIA
3000	1692	JAMAICA
3000	1854	NANKAIDO, JAPAN
3000	1933	SANRIKU, JAPAN*
2243	1674	BANDA SEA, INDONESIA
2182	1998	PAPUA NEW GUINEA
2144	1923	TOKAIDO, JAPAN
2000	1570	CHILE
1997	1946	NANKAIDO, JAPAN
1700	1766	SANRIKU, JAPAN
119	1964	ALASKA, USA

資料來源：<http://wcatwc.arh.noaa.gov/tsustats.pdf#search='tsunami%20statistics>

第三節 台灣過去的海嘯

位於太平洋西岸的台灣也有海嘯的歷史記錄，也面臨潛在的損失風險。自西元1661年至1867年間，據史料研判，台灣經歷過六次疑似海嘯的衝擊，平均不到40年就發生一次，發生頻率之頻繁已超乎想像；故此，海嘯問題應得到適當的重視。該六次紀錄之事件分別摘要整理如下：(經典雜誌, 2005)

1. 德人海卜脫 (Herport) 所著之旅行記：「1661年1月某日晨六時開始地震，約歷30分，居民均以為地將裂開。安平房屋倒塌23棟，海地（今安平）城破裂多處。大震之後仍不斷有輕微地震，使人如置身舟中，約三小時，無一人能站穩。其時適有三傳船入港，在水中亦激烈震動，一若即將覆沒者。此次地震中，有一事最可驚奇，即海水曾被捲入空中，其狀如雲。此次地震，無論海中，在陸上，人身均能感覺，共歷六星期。」這是台灣首次關於海嘯的紀錄，發生在明永曆十四年十二月中（1661年）。因台南沿海發生地震，安平城房屋倒塌多棟，發生海嘯之浪高為一公尺左右，未損壞船舶或沖走屋舍。
2. 王必昌，重修台灣縣志：「十二月庚子（1721年1月5日，清康熙五十九年十二月八日），又震，凡震十餘日，日震數次，房屋傾倒，壓死居民。」。明清史料戊編載朱一貴供詞有云：「因地震，海水冷漲，眾百姓合夥，謝神唱戲。」，可能是地震海嘯，研判海嘯浪高低於零點五公尺。
3. 據《台灣採訪冊》記載：「鳳港西里有加藤港（今屏東佳冬附近），?振岩|十六年（1781）四、五月間，時甚晴霽，忽海水暴吼如雷，巨湧排空，水漲數十丈，近村人居被淹，皆攀援而上至尾，自分必死，不數刻，水暴退，人在竹上搖曳呼救，有強力者一躍至地，兼救他人，互相引援而下。間有牧地甚廣及附近田園溝壑，悉是魚蝦，撥刺跳躍，十里內村民提籃挈筒，往爭取焉。漁者乘筏從竹上過，遠望其家已成巨浸，至水汐時，茅屋數椽，已無有矣。」這一次的海嘯事件前並沒有地震的報導，可能是因為遠地地震所引起，海嘯浪高至少四至六公尺。

索洛維耶夫 (Soloviev) 等指出，該次海嘯肆虐台灣西南沿海，持續達8小

時，奪走40,000餘居民性命；不過死亡人數卻與台灣文獻相差懸殊；此一富爭議的地震海嘯，值得史家深入比對查證國內外史料。

4. 據《台灣採訪冊》記載：「壬子（1792，清乾隆五十七年六月二十二日），將赴鄉闈，時六月望，泊舟鹿耳門，船常搖蕩，不為異也。忽無風，水湧起數丈。舟人曰：『地震甚。』又在大洋中亦然，茫茫黑海，搖搖巨舟，亦知地震，洵可異也。」因雲林、嘉義沿海或外海地震，台南鹿耳門遭沖失田園達一百餘甲；海嘯浪高可能至少四至六公尺。
5. 阿瓦力茲（Alvarez）著「福爾摩薩（Formosa）」書中云：「1866年12月16日（清同治五年十一月十日）晨8時20分，發生地震，約歷一分鐘，樹林、房舍及港中船隻，無不震動；河水陡落三尺，忽又上升，似將發生水災。」高雄地區發生地震因而引發地震海嘯，浪高約一公尺左右。
6. 1867年12月18日，台灣北部地震，當日並發生十五次餘震，地震規模約為7.0。據《淡水廳志》的記載，基隆、金山沿海地區「山傾地裂，海水暴漲，屋宇傾壞，溺數百人」。又據阿瓦力茲《福爾摩沙》：「水又復回，來勢猛烈，船被衝出，魚亦隨之而去，沙灘上一切被沖走。」指基隆港海水向外海流出，港內海底露出，瞬間巨浪又再捲進，船隻被沖上市內，釀成重大災害，處處發生地裂，山腹大龜裂，噴湧泉水；淡水也有地裂與海嘯，造成數百人被淹死，房屋部分倒壞。可明確推斷為地震海嘯，浪高在3.4公尺至7.5公尺間。

除了前述六次疑似地震海嘯紀錄外，17、18世紀台灣尚有多次海水驟漲紀錄。特別在無颱風、大雨及其他氣象報導情況下發生的，值得蒐集歷史文獻進一步查証。前述歷史資料的正確性是受到質疑的；實際的海嘯次數，可能僅有1867年影響基隆金山一帶的事件確實屬實。

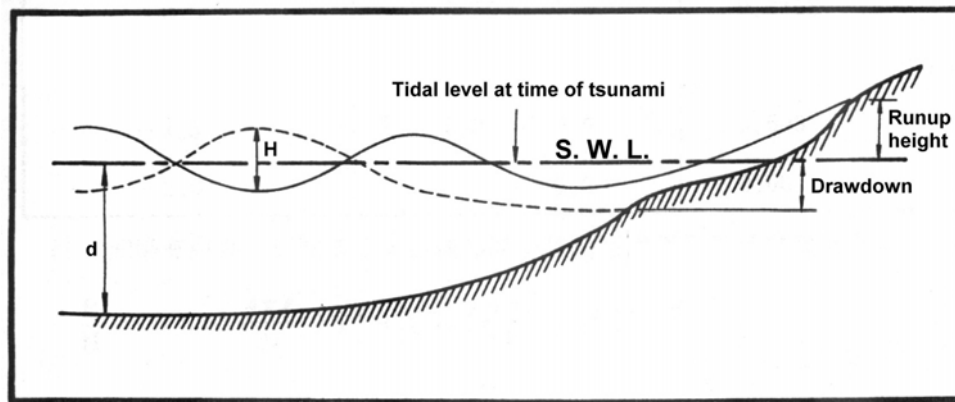
臺灣因地理位置及地質結構，容易受到海嘯襲擊。位於環太平洋地震帶，臺灣地震頻繁，常發生規模6以上的地震，其中大部分沒有形成海嘯；即使形成，也因浪高有限而沒有造成破壞。其中原因若不是「運氣好」，就是因為臺灣附近海底地震多發生在臺灣東部海域，但臺灣東部海底地形急速陡降，不利海嘯能量堆積，因此造成災害較小(張國棟, 1999)。二十世紀以來地震海嘯衝擊過的地點包括基隆和

花蓮：1960年智利地震海嘯穿越太平洋，約一公尺高的海嘯於5月24日，沖起浮木撞毀基隆運河的木造橋墩，災情最為顯著；1986年11月15日，花蓮外海發生地震，花蓮港海嘯浪高雖僅有2公尺，傳至日本琉球的海嘯則造成16人死亡。

第四節 台灣的海嘯研究

海嘯通常是由於地震、火山爆發或海底坍方造成海床發生巨大形變所引發之重力長波，其中以地震引起的海嘯佔大多數，它的波高雖不是很大，但傳播速度驚人，可達每秒150~215公尺(黃煌輝，2005)。海嘯衝擊力量強大，可把淺灘或海岸處的物體往內陸推移數公里，退水時則可把內陸的物體回刷至較深的海域。為評估海嘯對沿海地區土地利用之衝擊影響，可依實測海嘯波高與地震規模及海嘯傳播距離迴歸海嘯規模之經驗公式。然因對台灣地區有顯著性影響之海嘯發生次數太少，無法由有限的實測資料來推估海嘯之影響程度。因此，可藉由數值模擬(numerical simulation)作為分析海嘯影響之評估工具。海嘯的模擬研究可分為兩大類：(一)從地震規模、震央位置、斷層傾角及傳播距離等觀點，模擬海嘯在海域傳播過程之波高及傳播速度時空變化；(二)模擬當海嘯抵達近海區域後，受到海床地形影響造成之折繞射及淺化效應，以及海嘯溯上(Runup)現象造成之海岸溢淹情形。海嘯波浪到達海岸後，會上溯一段距離才退回，水到達最高點之高度稱為溯上高度(runup height)，圖2-2所示為海嘯波浪到達海岸之變化情形。海嘯溯上現象的計算相當複雜，牽涉波浪折繞射及極淺淺水波等非線性效應。就評估海嘯現象對於土地利用規劃之影響而言，海嘯溯上程度為一重要資訊。

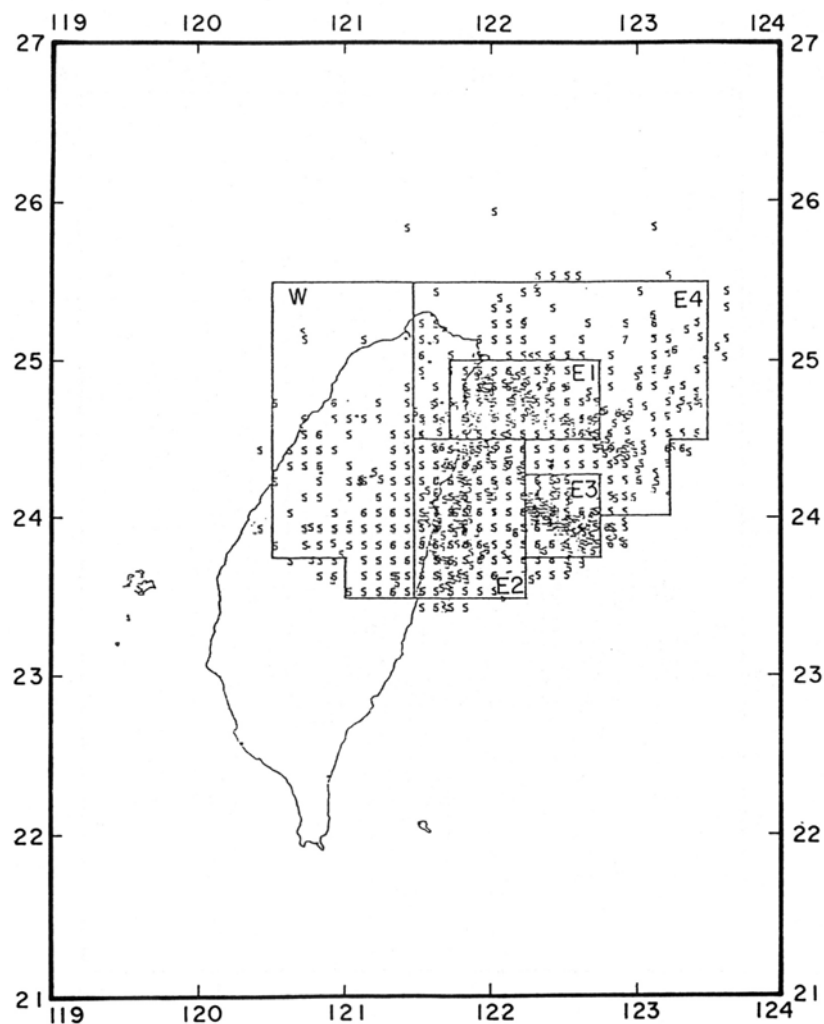
圖2-2 海嘯波浪溯上示意圖



國內最早進行海嘯數值模擬為 1977 年，當時為了核能三廠取水口在海嘯來襲時也能安全取水的設計需要，由台灣電力公司委託台南水工試驗所進行墾丁海域之海嘯及颱風水位推算(台南水工試驗所，1977)，依相關經驗式分析結果顯示，墾丁海域在外海地震規模 7.5 時，海嘯高度為 4.2 公尺，週期為 23.4 分鐘。1983 年及 1985 年同樣考量核能四廠地基高度及進水口安全取水之設計要求，由成功大學台南水工試驗所利用數值模式完成台灣東北角外海之海嘯規模評估(歐善惠等，1983；歐善惠等，1985)，當時評估目的為分析東北角外海發生最大可能海嘯時，海水最大上升及沉降高度，以決定核能四廠地面標高及冷卻用水取水口之高度。評估項目包含東北海域最大可能地震規模、地震規模與斷層參數之關係、海嘯傳播過程及海嘯溯上計算等。為評估可能引起海嘯而影響核能四廠的最大可能地震規模，該報告將台灣北部細分為 W、E1、E2、E3 及 E4 等五個地震分區，如圖 2-3 所示。劃分原則主要依據台灣東北部地震分布的不均勻性，將其中三個特別密集地區劃分為 E1、E2、E3 加以評估。五個地震分區中，W 區地震引起海嘯的機會甚微，即使引起海嘯也不至於影響核能四廠，因此予以忽略不計。E1 區位於宜蘭東方海域，其中包含兩類地震群，其一為淺地震群，深度在 20 公里以內，具有引起海嘯的潛能，本群以 E1S 代號稱之；其二為班尼奧夫地震帶上的地震，深度大於 60 公里，引起海嘯的潛能極微，本群以 E1D 代號稱之。E2 區位於花蓮陸地及附近海域，本區大多數地震深度小於 40 公里，具有引起海嘯的潛能。E3 區位於 E2 區以東的花蓮外

海區域，本區所有地震深度小於 40 公里，具有引起海嘯的潛能。E4區為台灣東北海域扣除 E1、E2、E3 等三分區後剩餘的區域，其中包含兩類地震群，其一為淺地震群，深部在 40公里以內，具有引起海嘯的潛能，以 E4S代號稱之；另一群為班尼奧夫地震帶上的地震，深度介於 40-220公里，引起海嘯的潛能甚微，本群以 E4D代號稱之。進一步依據斷層長度與地震規模之關係推求四個分區最大地震規模對應的斷層長度，列如表 2-2，表中所示四個分區中最大可能地震斷層長度介於 46-300公里。

圖2-3 1901-1983年台灣東北部陸海域震央分布及地震分區



資料來源：歐善惠等(1985)

表2-2 各分區最大可能地震之斷層長度、垂直位移及斷層走向

地震分區	規模(M _L)	斷層長度(公里)	垂直位移(公分)	斷層走向
E1S	7.8	120	450	N 80° E
E2	8.5	300	800	N 70° E
E3	7.7	100	400	N 60° W
E4S	7.2	46 上限50	250 上限400	N 70° E

資料來源：歐善惠等(1985)

海嘯傳播過程模擬計算使用之基本方程式，係將三維流體連續方程式及動量方程式進行水深積分平均，並忽略柯氏力 (Coriolis force) 及摩擦效應，推導得二維淺水長波水流運動方程式。海域震央之斷層垂直錯動會連帶影響水面變化，垂直變位量 ε 可以下式推估：

$$\varepsilon(r,t) = \begin{cases} \varepsilon_o \sin^2\left(\frac{\pi t}{2T}\right) & , r < r_o \\ 0 & , r > r_o \end{cases} \quad (1)$$

式中 $\varepsilon(r,t)$ 為任一距震央位置距離 r 及任一時間 t 之垂直變位量， ε_o 為震央最大變位量， T 為上升至最大變位量之延時， r_o 為地殼變動範圍。地殼變動範圍近似橢圓形，研究上通常可以長方形來表示 (Aida, 1983)，再由能量關係可得到地震規模與斷層形狀的關係。計算使用之斷層參數如表 2-3 所示，其中地震分區採用對核四廠所在地鹽寮影響較大之 E1S 及 E4S 兩區，斷層上升延時採用 Hwang(1972) 之建議，斷層位置及走向均採最保守情況。表 3 為鹽寮海嘯波浪計算結果，表中顯示第二個案之海嘯波高 3.52 公尺最大，週期為 30.7 分。

表2-3 計算用之斷層參數

地震分區	地震規模	斷層長寬(km)	地殼最大上升量(m)	斷層上升延時(sec)
E1S	7.8	120×20	4.5	10
E4S	7.2	50×20	4.0	10

資料來源：歐善惠等(1985)

在沿岸海嘯溯上計算方面，採用線性長波方程式加入摩擦項之影響。海嘯溯上計算之邊界輸入條件為表 2-4 中第二個案及第三個案，表 2-5 為鹽寮海嘯溯上之計算結果，以第3波之溯上高度最大(達7.5公尺)，以後隨著海嘯水位之降低而漸減，圖 2-4 為第二個案第 3 波之海嘯溯上波形斷面圖。

表2-4 鹽寮海嘯波浪計算結果

計算例 項目	一 (E1S)	二 (E4S)	三 (E4S)	四 (E4S)	五 (E4S)
地震規模	7.8	7.2	7.2	7.2	7.2
斷層範圍(km×km)	120×20	50×20	50×20	50×14	50×14
斷層上升高度(m)	4.5	4.0	2.8	2.5	2.5
斷層線至岸邊距離(km)	20	20	20	14	14
斷層方向	W-E	S-N	S-N	WS-NE	WS-NE
最高水位(m)	1.01	1.40	0.98	0.79	0.76
最大波高(m)	2.08	3.52	2.46	1.74	1.61
主要週期(min)	38.7	30.7	30.7	31.3	30.0

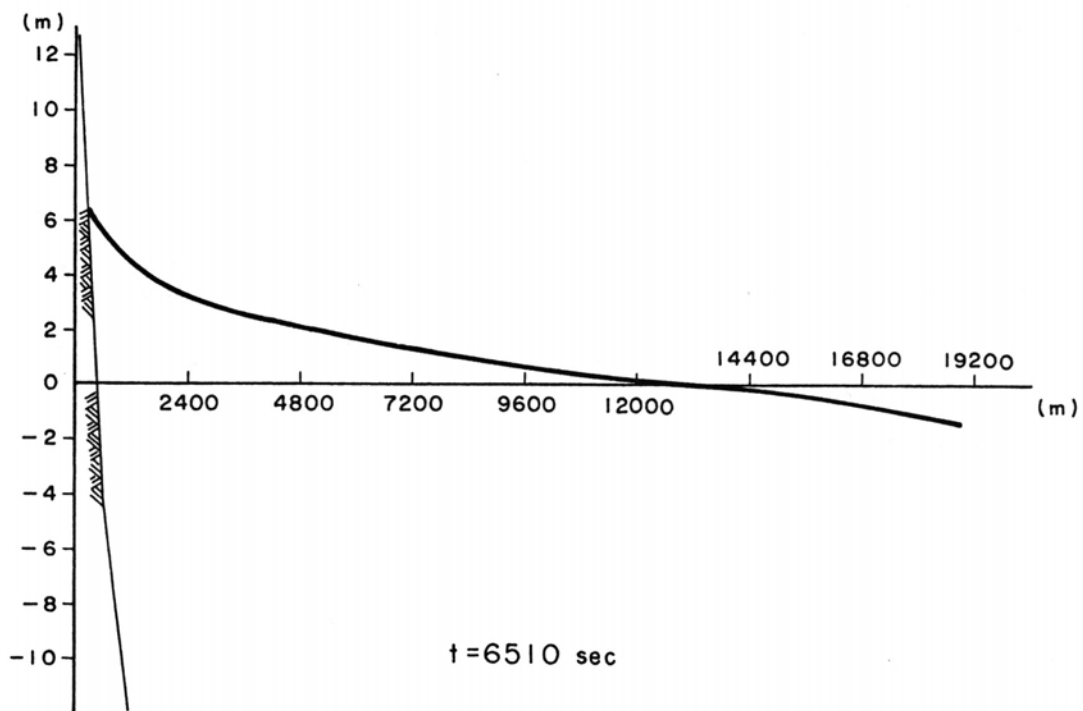
資料來源：歐善惠等(1985)

表2-5 鹽寮海嘯溯上計算結果

計算例	入射波振幅(m)	主要週期(min)	最大溯上高度(m)
第二個案	1.76	30.7	7.50
第三個案	1.23	30.7	4.55

資料來源：歐善惠等(1985)

圖2-4 第二個案第3波之海嘯溯上波形斷面圖



資料來源：歐善惠等(1985)

楊春生等(1983)利用與上述相同之理論架構，模擬推算 1867 年台灣東北方海底火山引起之地震海嘯傳播過程及東北海岸之海嘯溯上情形。歷史災情紀錄顯示，該海嘯規模約為 $m=2$ (波高大於 4 公尺)，由基隆東北方之地震所引起，地震規模大約 7.0。基隆東北方約 134 公里處有一座海底火山，推測該次海嘯即為海底火山爆

發所造成(楊春生等, 1983)。模擬計算時, 海嘯波源設定在基隆東北方 N30°E 方向之海底火山。震央地殼變動範圍假設方圓約 100 平方公里(10 公里見方)之範圍, 海底平均上升。震央最大變位量 ε_0 分別設定 10m、20m、30m 及 50m 等四種條件, 海底上升時間假設為 10 秒。海嘯溯上模擬結果如表 2-6 所示, 表中顯示, 三處地點受到近岸海域地形影響, 溯上高度以深澳最大, 金山次之, 基隆最小。在整個東北海岸之溯上高度分布, 除入射振幅 3.5 公尺、週期 25 分鐘之最大溯上高度發生於深澳外, 其餘最大溯上高度皆發生於金山到野柳間海岸。

表2-6 東北海岸海嘯溯上模擬結果

入射振幅 及週期 地點	2.5m			3.0m			3.5m		
	25 min	30 min	35 min	25 min	30 min	35 min	25 min	30 min	35 min
金山(m)	7.26	6.66	6.10	8.71	7.98	7.32	10.15	9.31	8.54
基隆(m)	5.90	5.31	4.81	7.10	6.39	5.79	8.30	7.48	6.78
深澳(m)	8.43	7.73	7.06	10.22	9.27	8.48	17.49	11.73	9.89
最大值(m)	10.16	7.99	7.37	12.17	11.03	9.48	17.49	14.52	11.62

資料來源：楊春生等(1983)

許明光等(1992)及陳建宏(1994)以水深積分平均後之二維淺水長波水流運動方程式, 並忽略非線性項、柯氏力及摩擦效應, 利用有限差分法建立數值模式並配合近岸漸細網格系統, 模擬 1986 年花蓮海底地震伴隨之海嘯傳播過程, 並與實測水位紀錄進行比對。該研究應用海嘯波形逆推法, 分析 1986 年花蓮海底地震伴隨之海嘯紀錄, 逆推海嘯發源地之海底變形。研究結果顯示, 1986 年花蓮海嘯發生地之東南區海底向上垂直位移約 30 公分, 西北區海底向下垂直位移約 120 公分。該研究主要著重在分析海嘯傳播現象與海底斷層形變之互動關係, 並未分析海嘯波浪在海岸地區之溯上現象。

李孟芬 (1996) 及 Ma, Kuo-Fong and Lee, Mon-Feng (1997) 同樣以水深積分平均後之二維淺水長波水流運動方程式，並忽略非線性項、柯氏力及摩擦效應，利用有限差分法配合球狀座標系統建立海嘯傳播模式，並利用 1986 年花蓮地震之實測海嘯波形進行數值模式之檢定與驗證。研究分析流程係依照不同地震規模 (M_w) 對應之斷層參數，計算垂直方向的地形變位配合邊界條件及海域地形資料，以數值模式計算海嘯波浪傳播過程及波高時空變化，並進而迴歸統計最大入射波振幅與地震規模的關係，最後分析不同地區造成危害性海嘯最少所需之地震規模。地震規模與斷層長度、斷層寬度及平均滑移量等斷層參數之關係，係參考 Wells and Coppersmith (1994) 提出之經驗統計式，如下式所示：

$$\begin{aligned}\log(SRL) &= -3.22 + 0.69M_w \\ \log(RW) &= -1.01 + 0.32M_w \\ \log(AD) &= -4.8 + 0.69M_w\end{aligned}\tag{2}$$

式中 SRL 為斷層長度， RW 為斷層寬度， AD 為平均滑移量。該研究定義最大入射波振幅為 40 公分時所對應之地震規模，為引起災害性海嘯的最小地震規模。模式計算所得之最大振幅為海嘯波浪傳遞至近岸地區尚未受到地形影響發生淺化效應之結果，此與海嘯波浪進入淺水區發生溯上現象後之振幅有相當差距。對於海嘯波浪淺化前後之振幅比，該研究依經驗法則定為 5。換言之，上述引起災害性海嘯的最小地震規模，對應之入射波振幅 40 公分在發生溯上現象後，水位振幅增為 200 公分，對於一般民眾皆已造成危害。表 2-7 為台灣不同地區引起災害性海嘯之最小地震規模分布情形，其中代號 I 及 II 代表不同震源機制，震源機制由斷層走向、傾角及滑移角組成。一般而言，I 及 II 互為共軛。表 2-7 中若將台東地區與西南沿海地區作一比較，在震央深度及震源機制類似的情況下，因震央位置地形水深變化連帶影響引起災害性海嘯之最小地震規模不同，兩者呈負相關性。將基隆地區與新竹地區作一比較，在震央位置地形水深及震源機制類似的情況下，因震央深度不同造成引起災害性海嘯之最小地震規模降低，兩者呈正相關性。將基隆地區與西南沿海地區作一比較，在震央位置地形水深及震央深度類似的情況下，因震源

機制非純正斷層的情況下亦造成引起災害性海嘯之最小地震規模降低。

表2-7 台灣各地區引起災害性海嘯之最小地震規模分布情形

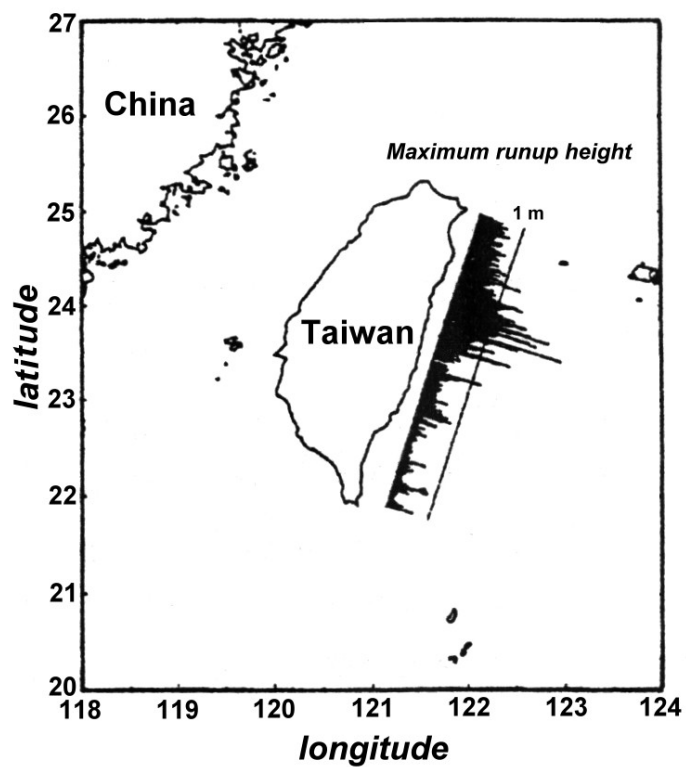
計算條件 地區	震央位置之 水深 (m)	震央深度 (km)	震源機制	引起災害性海嘯之 最小地震規模
基隆地區	100	5.31	正斷層 (dip slip)	6.9(I) 7.2(II)
新竹地區	100	31	逆斷層 (dip slip)	8.0(I) 7.5(II)
西南沿海地區	100	5	正斷層 (dip slip)	7.4(I) 7.5(II)
台東地區	2000	6.1	逆斷層 (dip slip)	6.8(I) 6.6(II)
花蓮地區	2000	22	走向斷層 (strike slip)	7.8(I) 7.9(II)

資料來源：Ma, Kuo-Fong and Lee, Mon-Feng (1997)

綜合上述相關研究成果，在海嘯波浪傳播過程之模擬計算方面，主要係使用線性淺水波理論；在海嘯波浪抵達近岸後之溯上現象，則以線性理論或經驗法則予以詮釋。海嘯波浪在深海區域之傳播過程中，非線性效應及底床摩擦皆不明顯，因此利用線性淺水波理論推估即可得到不錯成果。當海嘯波浪抵達近岸區域後，受到海床地形影響產生之折繞射及淺化效應，皆為高度非線性現象。張國棟等 (1998) 及張國棟等 (1999) 進一步依據非線性波理論配合複合網格系統 (大小網格) 建立海嘯推算數值模式，模式並考慮到分散效應 (dispersion effects) 及海床摩擦 (bottom friction) 之影響，近岸水陸交界地區則以移動邊界 (moving boundary) 方式處理海嘯溯上過程之前鋒移動。圖 2-5 為本模式模擬 1986 年花蓮外海地震引發海嘯，在台灣東部海岸之溯上高度分布，圖中顯示海嘯溯上高度以花蓮附近海岸地區最大，約為 5 公尺，此係因海嘯源自花蓮外海，因此對於花蓮海岸地區有較直接之衝擊影

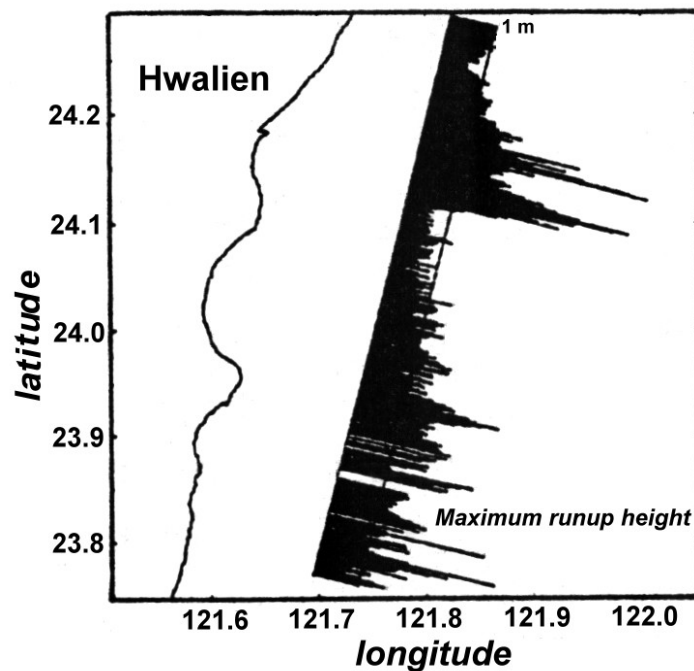
響。當海嘯波浪向南方移動後，受到地形水深的影響，造成溯上高度明顯下降，但部分地區受到局度地形特徵影響，溯上高度仍達近 1 公尺。海嘯波浪向北方傳播也造成沿岸地區明顯之溯上高度，平均溯上高度超過 0.5 公尺。圖5為花蓮海岸地區海嘯波浪溯上細部分布情形，圖中顯示海嘯溯上高度受局部海岸地形及海岸線形狀影響，足以產生相當明顯之差異。

圖2-5 台灣東部海岸之海嘯溯上高度分布



資料來源：張國棟等(1999)

圖2-6 花蓮海岸之海嘯溯上高度細部分布



資料來源：張國棟等(1999)

整體而言，針對考量海嘯現象之海岸土地利用規劃課題，在整體評估方法之理論架構方面應已相當成熟，但在海嘯現象評估之實務操作上仍有數點問題值得討論：

1. 設計條件訂定：海嘯評估之設計條件包含地震規模、震央位置、震央深度、地表變位量、斷層走向、傾角及滑移角等，諸項因素如何互相搭配組合，訂定具有代表性之設計條件，為一重要課題。
2. 基本資料不足：目前近岸地形水深資料仍相當缺乏，且精度仍不足以進行可信度較高之海嘯溯上現象模擬。其次足供數值模式進行參數檢定及模式驗證之海嘯實測水位紀錄數量過少，亦為一隱憂。

第三章 都市管理海嘯之對策

本研究基礎於都市土地利用與建築的角度，回顧管理海嘯及減少海嘯損失的對策，做為建議未來研究方向的基礎。由都市空間和建築管理的角度，在研究中將對策區概分為四個層級：法令體系與土地使用規劃、敷地計畫、建築設計，與建築的使用管理。

都市層級管理海嘯議題，前述所列的四個層級的管理對策，必須環環相扣。首先在最高層級，先透過立法的方式，確立管理海嘯與土地使用的法律基礎。接下來承續既有的法律基礎，透過土地使用規劃方法，分別對未開發地區和已開發都市土地，減少使用海嘯潛勢地區的土地，或是降低使用強度。其次，在必須開發的地點，由建築設計過程當中，分別在敷地計畫與建築設計工作中考量減少海嘯的對策：利用敷地計畫中的基地分析，配合部分結構性的措施，避免海嘯發生後造成嚴重的損失；再透過建築設計的手法，減少海嘯衝擊時對於建築物所造成的影響。建築物的使用管理，則著重於災害的整備：一旦海嘯發生，確保建築的使用者與鄰近居民，得以受到適當建築使用管理方法的保障，進行垂直方向的疏散，避免海嘯造成直接的生命損失。以下各節的討論，分別介紹各層級中管理對策的應用，以及應用時主要的考量項目。

第一節 土地規劃的海嘯管理對策

考量到海嘯議題，利用「土地使用規劃」作為土地使用管理的工具，是為了滿足以下三個標的：其一，透過規劃方法規範新的都市土地開發；規劃方法引導適當的開發區位，儘量避免利用海嘯潛勢地區。第二，在具有海嘯危害風險的區域進行開發，應利用規劃手段進行土地利用之空間分派，來降低未來災害損失。第三，在具有潛在海嘯風險的地點上，既有的都市開發可以透過再開發、都市更新、修繕整理，或改變土地使用與使用強度，來減少可能的威脅。

現行都市土地利用之法令，對於規範災害之衝擊極為有限。無論是經常發生之

洪水、土石流、地震等自然災害，或是因土地利用行為與開發而引起之人為災害如爆炸、化學災害等，主要是利用環保規章和其他自然資源管理法令（例如：水利法）進行規範，而非應用管理都市土地的形式，提出管理方法。換言之，透過規範土地利用與經濟發展的都市計畫法、建築法、區域計畫法，來管理災害與減少災害損失的能力是非常有限的。雖然如此，部分現行立法過程中的法令，反應出趨勢的改變：土地之利用與管理，是規範特定地理區域災害的重要工具。

除了影響都市土地使用規劃的法令、自然資源利用與管理法令外，其他影響海嘯風險地區資源管理與利用的相關法令也付之闕如。台灣交付立法院審議的法案，其中包括兩個重要的議案，未來可能影響海嘯地區資源管理與土地利用，包括：內政部營建署所提出的「海岸法」，規範海岸土地資源利用及規劃；以及行政院經濟建設委員會提出的「國土計畫法」，這個法令的主旨在於保育台灣國土，創造永續利用的土地資源。

「海岸法」的立法與制定，是建構海岸地區管理之基本母法，用以彌補過去在體系架構中海岸地區管理之不足，與各種資源管理衝突；透過建立海岸地區之管理組織體系，指導海岸地區土地與資源的合理利用，平衡海岸土地之開發與保育、防治海岸環境災害，達到國土保安之目的。依照既有的法令草案內容（尚未通過立法），其重點概略包括：

1. 以維繫土地之永續利用，保障人民生命財產安全為目的。
2. 依自然與社經生態完整性、國家發展政策及行政管理之可行性劃出海岸地區管理範圍。
3. 指定專責機關管理。
4. 為確保海岸土地之永續利用，達成最大之土地總利用效益，擬定整體海岸管理計畫，依使用分區特性加以管理。
5. 建立海岸地區基本資料庫與從事海岸研究，以為海岸管理之基礎。
6. 建立使用、開發許可制度，落實海岸管理目的。

「國土計畫法」的制定，是經過總統府國土保育及開發諮詢委員會、行政院永續會國土資源組、行政院國土規劃推動委員會委員，及立法院公聽會與會專家學者等多方諮詢，擬具現有的「國土計畫法」草案。期待「國土計畫法」公布施行，至

直轄市、縣（市）國土計畫公告實施後，就可以取代現行區域計畫法。依照截至目前的版本，本研究將潛在相關海嘯災害與災害管理的國土規劃基本原則羅列如下：

1. 國土保育地區應以保育與保安為最高指導原則，海域、海岸、森林及山坡地等環境敏感地區應限制開發。涉及國土保安與生態敏感之保育地區，土地應以維持公有為原則。
2. 國土保育地區範圍內之水、土、林土地管理業務應予整合，並進行整體規劃。

在以上的原則中，將海岸地區界定為環境敏感地區，限制未來的開發；在海岸地區的土地利用，將多方考量業務管理的整合。為了妥善管理環境敏感地區，台灣地區的土地權屬以公有為原則，以減少未來管理的困難。

3. 應依全國國土計畫之指導，由中央目的事業主管機關擬訂及推動特定區域計畫；必要時得制定專法加強管理，以解決跨行政區域或一定地區範圍內特殊課題。
4. 性質重要且在一定規模以上之部門計畫，應於先期規劃階段與主管機關妥予協調，以避免重複投資，發揮整體建設效益。

海岸地區資源非常多樣，資源的利用和土地開發應該透過行政整合的方式進行管理。整合的管理型態，可以跨越行政區域或是管理議題；海嘯災害的衝擊直接影響到的是人類居住的聚落，然而，聚落的空間分布有與經濟生產與資源利用有密切的關聯；此原則可以作為管理海嘯的重要依據。

5. 全國國土計畫、都會區域計畫及直轄市、縣（市）國土計畫內容應加強景觀及防災之規劃，以確保國土景觀及減少災害損失。

透過國土計畫的規範，確定災害損失的管理是在國土計畫內容中的重要項目。在其他土地使用相關計畫法令中，僅有宣示災害防治為都市計畫法（或建築法）中的考量項目之一，缺乏積極具體的作為；相對的，國土計畫在原則上就已確立防災工作為重要的計畫目標。

以上兩個法案，「海岸法」和「國土計畫法」，若順利通過立法，都將影響海岸地區的資源管理與利用，進而改變人類的土地利用行為與海嘯風險分布。依照減災的角度來檢視，在災害發生之前，減少暴露在災害風險下的人口、土地利用，與

經濟投資，是最有效減少長期災害損失的邏輯；「海岸法」和「國土計畫法」的立法可以將減災的邏輯付諸實行。

美國管理海嘯的主要法令，是依據「海岸地區管理法案」（Coastal Zone Management Act, CZMA）。CZMA 是海岸地區管理的法案基礎；該法案是由聯邦政府提出財務的誘因，各州政府提出適合當地政治、經濟與自然環境的管理計畫；在通過聯邦政府審核許可之後，聯邦政府的資金用於提供州政府管理海岸地區所需之支出項目 (Archer & Knecht, 1987; Holway & Burby, 1993; Robert & Jeffrey, 1985)。

在「海岸地區管理法案」的架構之下，各州「自主的」（Voluntarily）申請以得到聯邦政府補助。由於「海岸地區管理法案」沒有任何特定的補助項目與內容，部分州政府，尤其是美國西海岸的五個州（阿拉斯加、華盛頓、奧勒岡、加利福尼亞，和太平洋中的夏威夷）就依據「海岸地區管理法案」提出相關管理海嘯的資源管理計畫。前述各州海岸地區的管理計畫，都高度的強調海岸地區的土地利用規劃，因此同時成為規範海岸地區土地利用的基礎。

此外，美國的全國洪水保險計畫（National Flood Insurance Program）也提供了海岸地區管理海嘯的規劃依據 (Burby, 1998; Holway & Burby, 1993)。聯邦緊急管理署（Federal Emergency Management Agency）下轄的聯邦保險管理局（Federal Insurance Administration），是負責經營全國洪水保險計畫的執行單位。全國洪水保險計畫的體系架構，是由聯邦政府對地方居民提出保費補貼的誘因，促使地方居民向地方政府要求加入洪水保險計畫；加入的地方政府的土地使用計畫，必須依照聯邦緊急管理署的要求，考量淹水潛勢範圍，期能使長期的洪水地區開發總量降低，使長期損失逐年降低。全國洪水管理計畫將土地使用與洪水防災，納入在同一管理架構之下；由於主導地區的土地使用規劃工作的權責屬於地方政府，聯邦政府跨越州政府的治權，執行管理的工作。

相對於美國對海嘯災害的管理，台灣的海嘯管理工作缺乏充分的法令依據。缺少法令的支持下，公私部門規範人民的土地利用行為、規範土地使用的強度與類型，以及發佈警報後的行動指示，都缺乏充分的說服力。

以下針對土地使用規劃過程，考量海嘯的衝擊特性應該思考的向度進行說明。

區位特性與開發壓力

經由土地使用的綜合規劃過程來減少海嘯的潛在損失，必須充分考量區位的環境特性與面臨的開發壓力，來決定規劃的土地使用內容。每一個空間的地點有不同的自然與社會環境特性，不可能利用簡單的管理規範的方式，滿足所有地點的規劃需求。例如，具有海嘯風險未開發地區，是否開發成為全新的居住社區，與面臨海嘯風險的既有社區進行都市更新與再開發，兩者所使用的減災手段，是分屬於完全不同的規劃取向。

衝突目標的權衡

減災的工作手段的選擇，通常都意味著諸多衝突目標間的權衡。舉例而言，保障人民親近海岸、享受海灘風景的權利，同時也代表了海嘯潛勢所威脅的人口增加；漁村的空間區位座落在海岸地區，是為了方便經濟生產目的，海嘯威脅漁村人口的風險也增加了。這種目標的衝突與權衡，必須在規劃的過程當中明確地界定；綜合規劃的過程，可以滿足此工作的目的。

檢討與更新計畫中相關海嘯的項目

在既有的綜合發展計畫當中，相關於自然災害管理的安全機制（項目），必須再加以檢視：確認管理既有自然災害的機制，能妥善因應海嘯災害的風險。這些安全的機制與項目，包括：技術與工程資料，尤其是海嘯災害範圍潛勢地區地圖；假想規劃境況資訊；規劃目標與對策。

海嘯災害的範圍，通常與其他的災害影響範圍互相重疊。管理其他災害的減災工作，通常也可以降低海嘯的風險。與海嘯範圍互相交疊的災害，通常會包括下列的災害類型：海岸洪水、颱風引起的暴潮、地震，與海岸沖蝕...等。

檢討既有綜合計畫內容、其他相關計畫

既有的土地使用與其他相關的計畫（例如：交通運輸規劃、公共設施...等）內容，必須逐一檢視，探討是否各計畫的內容考量到海嘯災害的風險。土地使用的規劃唯有充分考量相關土地利用的元素，才能完整改變海嘯風險所造成的衝擊。

在綜合發展計畫中，與海嘯風險有高度關連的項目包括：住宅的區位、數量，和住宅使用者的社經地位；商業區的面積與使用行為，例如，遊客為導向的海岸商業區（如：印尼巴里島）；提供就業機會的一般工業區；重工業區，尤其是生產與儲存災害物質（hazardous material）的工業地區；公共設施，如交通運輸路線與場站；關鍵設施，例如通信設施、警察消防單位、電力供應設施，自來水供應設施的。

檢討既有的計畫內容、分區管制，與其他相關規範

將海嘯的議題納入規劃手段中，必須將既有的計畫項目、分區管制，和所有相關的規範，利用管理海嘯的角度逐一檢視。此工作是整合性的，包括管理的對策、既有的法令等；逐一詳細的比對，可確保管理工作的一致性。

在災前為海嘯後進行重建規劃

海嘯災害的發生，提供土地規劃與管理者一個「痛苦的」機會：減少不合於海嘯災害減災的土地使用行為，重新塑造土地使用的形式（pattern）減少未來的損失。另一方面，災害的發生快速地提增要求社區立即重建的壓力。因此在災害發生之前，可以利用土地使用規劃過程設計未來的土地使用，以解決災害發生後重建課題。

土地使用規劃與管理手段

規劃與成長管理手段應用在海嘯地區的土地使用，有各種不同的策略可供應用。在以下分別解釋與介紹各個策略的意義。

指定海嘯潛勢區為開放空間

指定海嘯潛勢的地區作為開放空間使用，是管理海嘯最有效的方法。這些開放空間可以作為農業、公園與遊憩區，甚至僅是指定為環境敏感地區，將開發的規模縮減到最小。此方法對尚未面臨開發壓力的地區相當有效，然而對於面臨到開發壓力、已部分開發地區的效果就相當有限 (Randolph, 2004)。

在面臨開發壓力較大的地點，較適合使用開發權移轉（transferable

development rights) 方案；為了減少高海嘯風險地區的利用，考量土地持有人的開發權利，開發權移轉可以留設開放空間以減少損失。開發權移轉，是指在某個基地上開發的潛力，允許轉移到其他的開發基地；原有的土地持有人仍擁有土地的所有權，但是該土地的開發是不被允許的(Randolph, 2004)。這個方法正使用於台灣的古蹟保存工作中，也同時應用在美國加州的海岸管理計畫。

收購海嘯潛勢區為開放空間

收購海嘯災害地區作為開放空間使用，也是曾被提及的管理對策。開放空間收購或價購的優點是：收購可確保土地所有權是掌握在公部門的管制下；然而，成本太高是這個手段的最大缺點。

土地收購中最簡單的操作方法是直接價購(fee-simple acquisition)。直接價購可以取得土地的所有權利，但也是所有收購方法中最昂貴的一種；「土地徵收」的法令使價購成為台灣地區政治上可接受的方式，然而只有在災害發生後，這一類的行動才比較可能受到民眾的同意。

開發權利的購買(purchase of development right; PDR)，是指購買與土地相關的許多權力(一把權力；a bundle of rights)中的開發權。在台灣尚未有任何資源管理方案應用到開發權購買的策略；這個策略的好處是公部門所需付出的成本較直接價購為低；相對地，購買開發權方案的缺點也是因這個成本絕非是便宜廉價的，再加上這個對策不是一般人熟悉的管理方法，需要花費許多時間才能夠說服土地持有人，得到信任與接納。

土地交換(land exchange)也是可行的對策，經常用於土地資源保育工作中。地方政府利用公部門所擁有的土地，交換居民持有的高海嘯風險土地，避免高風險土地受到私部門開發壓力進行開發，造成未來的海嘯損失。

透過土地使用規範限制開發限制

在沒有辦法將土地使用限定為開放空間的地區，其他的土地使用規劃策略包括：限定高風險災害地區的土地使用類型、避免高價值，與高使用強度的開發使用。例如，土地使用計畫可以規範分區的最小開發面積，確保僅有低密度的使用允許在海嘯風險地區進行開發；或是，利用簇群的規劃方式提高低風險地區土地使用

強度，降低高風險地區的土地利用 (Kaiser, Godschalk, & F. Stuart Chapin, 1997)。

第二節 敷地計畫的海嘯管理對策

土地使用規劃方法不能確保高風險地區的土地的不被開發使用；當必須在海嘯風險地區內進行開發時，實際結構物配置和基地的使用——包括結構物座落地點與方位配置、開放空間的地點區位、地勢的變化與土地使用、景觀的特色，以及海嘯屏障物的設置，都可能減少海嘯發生時的潛在生命財產損失。在綜合土地開發計畫的架構之下，敷地計畫的規劃過程影響開發及實體配置區位，明顯地改變海嘯風險。在海嘯風險威脅的海岸地區，妥善規劃開發的敷地計畫，可以滿足下列三個標的：第一，評估開發基地所面臨的災害威脅；其二，為海岸地區開發，建構出開發基地評選設計的方法；第三，為不同的開發類型，設計減災的策略。

評估開發基地所面臨的災害威脅

在地方政府中主管開發與管理的官員，應開發減災的策略來反應當地的特色與需求。當地環境特色與需求包括：海嘯衝擊的方式與地理特徵、土地使用與建築的類型等。海嘯所造成的水深、水流的速度、波浪的激潮條件、警報的時間，都是隨著不同的基地特色而有很大的差異。

在美國的許多海岸社區已將海嘯的潛勢範圍繪製在地圖上。台灣雖然尚未完成這項工作，然而海嘯潛勢範圍地圖繪製是技術上可行的。可以透過電腦的模擬繪製海嘯潛勢地圖；地圖可展示出受到海嘯威脅的地點，與潛在的海嘯水位深度。除了電腦繪製的潛勢地圖外，歷史的海嘯資料或地質踏勘鑽探工作，可揭露出高風險海嘯的地點。這些工作是基地分析必須完成的任務，通常包括：地質條件的分析、景觀分析、重要設施的分佈、既有的開發類型與未來的開發形式等；往往還可以包括部分的經濟適宜性、社區特定的設計要點等。

敷地計畫的評估過程

在海岸地區避免海嘯風險造成危害，透過敷地計畫的規劃過程，最有效的方法

是建構敷地計畫方案的評估過程。在這個評估的過程當中，檢視當地的潛在災害危害程度、曝露在海嘯風險下的規模，納入在整體減災策略之下。就如同其他的計畫一樣：開放的規劃過程、充份的資訊交流與溝通是絕對必要的。

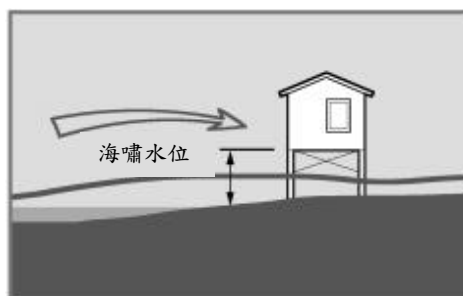
依據基地特性，選擇適當的減災策略

例如台灣西岸地區的海岸是以平緩的沙岸為主，但是因為座落方向面向台灣海峽，不容易受到遠地海嘯的侵襲。台灣東岸是陡峭的岩岸為主，太平洋東岸所造成的遠地海嘯對台灣東岸地區造成的威脅有限。每一個的基地都有特定的屬性，除了台灣東西岸的差異，也要考慮到海灣、河口，與港口的特性；每一個基地的分析，都會引導出適合於該基地的海嘯減災策略。

在敷地計畫中的規劃手段做為的海嘯減災策略，包括以下四類：避免使用潛在淹水地區（avoid）、減緩海嘯水流速度（slow）、改變海嘯路徑（steer），和阻擋海嘯（block）。這些策略的使用，可以配合建築物的設計與施工，依照土地使用與基地的特色，選擇其一或混合使用四種管理策略 (Eisner, 2001)。這四種策略的使用效果決定於海嘯的規模：假使低估海嘯災害的規模，進行的開發仍然容易受到大規模海嘯的威脅。

1. 避免海嘯威脅是最有效的減災方法。在敷地規劃的工作中，避免海嘯威脅的工作，包括：配置建築物與基磐設施在地勢較高地點，或將建築物架高在強化的基礎與柱腳上。

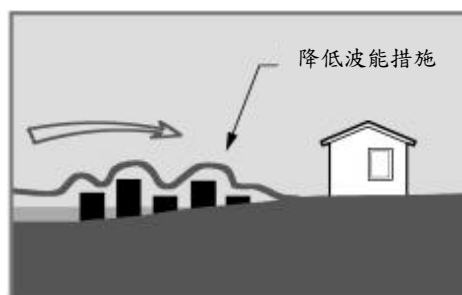
圖3-1 敷地計畫之「避免海嘯威脅」對策示意圖



資料來源：(Eisner, 2001)

2. 降低海嘯速度的方法，包括創造減緩海嘯波浪能量的緩衝物體，例如刻意的種植樹林、設置水溝、消波塊，用於減緩水流速度，與水流推動的浮木與碎屑。這個方法的主要效果，必須依賴對海嘯威脅與海嘯水深正確的估算。

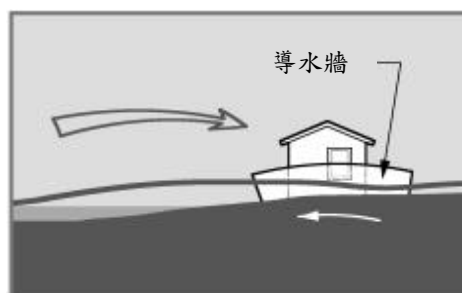
圖3-2 敷地計畫之「降低海嘯速度」對策示意圖



資料來源：(Eisner, 2001)

3. 透過改變海嘯路徑，引導海嘯的衝擊遠離易受到損失的結構物與人群。這個方法往往配合使用導水牆與導水溝，或是使用較低摩擦係數的鋪面，改變海嘯的行進方向。

圖3-3 敷地計畫之「改變海嘯路徑」對策示意圖

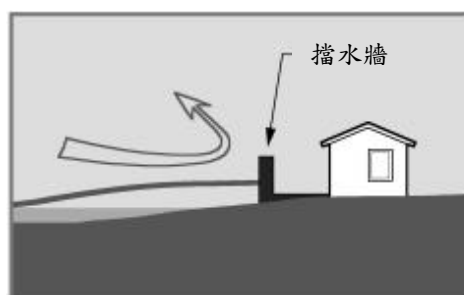


資料來源：(Eisner, 2001)

4. 強化的結構物，例如利用擋水牆、效波塊，或是透過整地、立體停車場或

剛性的建築物來阻擋海嘯能量。然而必須注意的是：阻擋海嘯的策略，往往會造成波浪高度增加，或是將波浪能量引導到其他的地點。

圖3-4 敷地計畫之「阻擋海嘯能量」對策示意圖



資料來源：(Eisner, 2001)

在敷地計畫當中使用的四種管理策略，依不同的開發類型的土地使用的型態，進行選擇和應用。請參考表 3-1，依不同的開發使用，在前述四種管理策略中，選擇較為可行的利用方式。在已開發社區內的住宅開發，假使因面臨高海嘯風險而禁止進行開發，似乎不是可行的方案；因此透過前述的四個管理對策，在敷地計畫的規劃過程中，例如提高基地的高度、種植樹林削減海嘯能量的方式，減少面臨海嘯的威脅。

許多土地使用無法避免在海岸地區進行開發：海岸地區的景觀勢必會吸引渡假中心、觀光旅館的開發；又因交通便利與平緩地形，海岸地區常是工業區（尤其是石化能源，如彰濱離島工業區；電力供應，如核能電廠）開設的優良區位；為了服務既有社區，重要的公共設施與公共服務又無可避免地必須在海岸地區進行配置。敷地計畫的海嘯管理對策，在無法避免開發海岸地區的條件之下，可以減少潛在的損失規模。

表3-1 各種開發類型之敷地計畫減災對策

	避免海嘯威脅	降低海嘯速度	改變海嘯路徑	阻擋海嘯能量
已開發區內之住宅開發	✓ 配置在基地之高處 ✓ 將樓地板提高至潛勢水位上	✓ 建築物間的距離留設至最大	✓ 種植減緩海嘯能量之樹林	✓ 在住宅前配置大型建築物
新的住宅社區開發	✓ 配置在基地之高處 ✓ 將樓地板提高至潛勢水位上 ✓ 出入道路配置在海嘯潛勢範圍之外	✓ 建築物間的距離留設至最大 ✓ 利用建築物的配置改變水流與漂浮物方向 ✓ 利用導水牆與水溝	✓ 種植減緩海嘯能量之樹林 ✓ 利用導水牆與水溝	✓ 在住宅前配置大型建築物
高層旅館	✓ 將客房配置在潛勢水位之上 ✓ 減少建物正對海嘯衝擊的面積	✓ 利用建築物的配置改變水流與漂浮物方向 ✓ 利用導水牆與水溝	✓ 配置建築物減緩水流能量與漂浮物 ✓ 利用導水牆與水溝	✓ 擋水牆 ✓ 建築物強化結構
渡假旅館	✓ 結構物利用填土或基柱，抬高至潛勢水位之上 ✓ 將較小的結構體（如：小木屋）配置在較高的地點 ✓ 減少建物正對海嘯衝擊的面積 ✓ 出入道路配置在海嘯潛勢範圍之外	✓ 建築物間的距離留設至最大 ✓ 利用建築物的配置改變水流與漂浮物方向 ✓ 利用導水牆與水溝 ✓ 利用整地與鋪面粗糙度引導水流	✓ 配置建築物減緩水流能量與漂浮物 ✓ 種植減緩海嘯能量之樹林 ✓ 利用導水牆與水溝	✓ 在小型結構物前配置大型建築物 ✓ 擋水牆 ✓ 建築物強化結構 ✓ 消波塊
社區型商業	✓ 結構物利用填土或基柱，抬高至潛勢水位之上 ✓ 減少建物正對海嘯衝擊的面積 ✓ 出入道路配置在海嘯潛勢範圍之外	✓ 利用導水牆與水溝 ✓ 利用整地與鋪面粗糙度引導水流	✓ 配置建築物減緩水流能量與漂浮物 ✓ 種植減緩海嘯能量之樹林 ✓ 利用導水牆與水溝	✓ 擋水牆 ✓ 建築物強化結構
工業區	✓ 結構物利用填土或基柱，抬高至潛勢水位之上 ✓ 將具危險性與關鍵的設施（如：控制室）配置或遷移到地勢較高的地點 ✓ 減少建物正對海嘯衝擊的面積 ✓ 出入道路配置在海嘯潛勢範圍之外	✓ 利用建築物的配置改變水流與漂浮物方向 ✓ 利用導水牆與水溝 ✓ 利用整地與鋪面粗糙度引導水流	✓ 配置建築物減緩水流能量與漂浮物 ✓ 種植減緩海嘯能量之樹林 ✓ 利用導水牆與水溝 ✓ 整地以減緩水流	✓ 在小型結構物前配置大型建築物 ✓ 擋水牆 ✓ 建築物強化結構 ✓ 消波塊
重要設施	✓ 將重要設施遷移至潛勢區外			

資料來源：(Eisner, 2001)

第三節 建築計畫的海嘯管理對策

適當的建築設計與構造，可以減少海嘯風險對於社區造成的威脅；因此在海嘯潛勢地區開發土地的建築計畫，也是紓緩災害工作中不可缺少的一環。以下分別探討海嘯潛勢地區中的建築設計與構造的考量，如何影響海嘯風險；此外，討論建築技術規則對於海嘯衝擊的潛在影響。

為了要透過建築設計與構造的過程降低海嘯風險，以下五個主要的考量必須納入：第一，需要充分了解海嘯（與其他災害）對建築基地可能的影響，與影響程度。在前兩節已經討論過減緩海嘯風險應有的考量，在此需要強調建築設計的過程，必須逐一檢視設計的元素，與海嘯衝擊之間的關聯。因為每一棟建築物的基地位置、使用方式、規模、材料...都與其他的建築物不同，在此需要以建築物為基礎進行考慮；其中，「建築技術規則」就是設計與構造的主要依據。

第二，設定該種使用的建築物或結構，應達成的海嘯安全績效標的。雖然所有位於海嘯潛勢地區的建築物，都必須滿足最基本的安全標準，然而某些建築物考量安全的重要性，必須優於其他建築物的。例如，學校教室的建築物，需要提供學童安全的保護、社區的緊急避難功能；醫院是提供安全、醫療照護的地點，這兩種建築使用在考量海嘯的議題下，應該要有較高的標準。隨著建築物的功能、使用的活動類型，造成對建築物安全績效具有差異的原因。因此建築設計要確保社區採用最基本的安全標準，減緩當地災害（包括海嘯與其他災害）的風險與威脅。此外，要決定部分建築物具有較高的重要程度，提高安全績效的標準，甚至增加審核與檢查的工作，促使建築設計考量到災害威脅、構造的品質能夠達到設定的績效標準。

第三，避免在高海嘯風險建造新建築物與結構。在前述的都市規劃手段、敷地計畫手段都提及相同的觀念：若有其他適當的地點，應減少使用海嘯潛勢地區。為了達到這個目的，可以引用開發權移轉方式，減少曝露在海嘯威脅下的規模；也可以使用建築物審查的機制，確保海嘯風險地區的建築開發妥善的考量風險規模。

第四，建築物基地墊高，至少超過設計的海嘯水位高度。這個考量的內容類似管理洪水的形式；除了海嘯波浪所帶來的衝擊，同時也應考慮海嘯漂流物的衝擊力量。此考量的例子包括：開放較低樓層的樓地板，不作居住或高使用價值的土地利

用。

最後，專為潛在海嘯地區的規範的建築物設計標準，與專責海嘯威脅之結構工程師與建築師，負責建築物之設計與整修工作。好的設計與施工品質，可以大幅度降低海嘯的衝擊。在建築設計與建造的過程中，雇用合格的（或是具充分經驗的）專業人士，進行開發的工作。政府可以為專業人士的資格提供認證，專責保障海岸地區民眾的居住品質。

建築技術規則

建築設計與施工的原則，是透過建築技術規則來進行管理。建築技術規則規範建成的環境，維繫生命品質保障、財產損失、公共安全，與福利的基本標準。建築技術規則的引用主要是針對新的建築開發，然而也同樣適用於既有建築物的重建、改建與修繕。

各個地點面臨的災害風險不同，引用的建築技術規則是否需要隨風險類型與規模進行改變，是應加以探討的。雖然台灣的土地面積不大，但是不同的地點，受到不同的風險威脅；因應海嘯的衝擊，針對海岸地區建築開發，另訂或修訂建築技術規則是可以檢討的。

海嘯管理與其他災害的關聯

海嘯是威脅人類聚落安全中許多災害的一種；在海岸地區潛在的威脅項目包括地震、洪水、海岸沖蝕等，這些災害的影響條件與影響規模有很大的差異，然而利用建築技術提增管理其他災害風險的程度，也同時會增加管理海嘯的能力。海嘯發生機率很低，管理海嘯風險降低海嘯威脅的手段需要配合其他的災害管理。

海岸工程之指導綱領

美國聯邦緊急管理署為建築師與工程師們編製海岸營造手冊（Coastal Construction Manual）。這本手冊提供潛在海嘯地區工程規範原則，提供建構完成的操作手冊以及技術工程數據，協助工程師建造可以承受海嘯衝擊（tsunami resistant）的結構物（Eisner, 2001）。

建築設計過程

海岸地區視區域的差異，加上每個基地所擁有不同的基地條件與土地資源特性，面臨到海嘯的頻率與強度都有差異。強大的海嘯力量，可以將波浪推高二、三層樓，水流的速度每秒鐘超過十公尺，推動數以噸計的砂石與垃圾；然而同一事件影響其他鄰近地點，可能只是數十公分高、緩慢的水流。這種災害衝擊的差異，對建築設計而言是關鍵的項目；同時，這種差異有非常大的不確定性。

建築物應保障人類居住社區的安全到何種水準？通常利用績效的標準決定需要達到的安全水準，其中，績效標準就應考慮可能發生的機率、發生強度，以及達到績效標的的信心水準。使用最簡單的質化方式來敘述，不外乎包括：避免大眾受到傷害，維護大眾的健康（毒性化學物質的釋放），提供主要的公共緊急服務（警察、消防...），避免環境的破壞（污染物的排放）等。

決定保障的安全水準後，再選擇設計事件的強度。小型海嘯通常不具有破壞力，但是發生的頻率會大於大規模的海嘯；非常嚴重的事件發生機率極低，也不適合作為設計海嘯事件的強度。針對一般的聚落，或許重現期 500 年的海嘯可作為設計事件的強度；對於核電廠或是其他相關的重大設施，或許會用到更長的重現期海嘯事件，作為防災準備的標的事件。

依照前述三項的工作：了解基地環境的特性、決定要滿足的水準，再選擇設計事件的強度；依照這三項工作建立的知識與標準，可以透過技術規則的修改或其他方法，建立建築設計與設計審核的標準程序。在已經開發的地點，可以建立特別的規範標準，移除或是遷移既有的開發，也可以重新整建或補強既有建築物。

建築構造手段

設計、建造，或是補強建築物，都應該要了解海嘯所造成的水壓力、浮力、水流與波浪，土石碎屑（debris）的衝擊。雖然並不是所有的海嘯事件都會造成的大規模傷害，但是未經過妥善設計或補強的建築物的，面臨損失的機率會較高。表3-2 中，整理出海嘯所產生的影響因子，與可以用於解決海嘯影響的相關設計手法。

表3-2 海嘯影響因子與解決的設計手法

海嘯影響因子	衝擊效果	設計手段
淹水	✓ 地下室淹水 ✓ 低樓層淹水 ✓ 電機、機械與通訊系統損壞 ✓ 建築材料、裝潢、家具損壞 ✓ 受水災而造成的汙染	✓ 選擇地勢較高之基地 ✓ 將建物提升至洪水位之上 ✓ 不要在較低樓層與地下室裝置或存放重要設施與物品 ✓ 將機械系統與設施安置在建物較高的樓層 ✓ 在建建物會受淹水影響的樓層，使用鋼骨與混凝土等不受水害的材料 ✓ 評估含水飽和土壤的承载力
	✓ 靜態水壓，因水位深度而造成的水壓力	✓ 將建物提升至洪水位之上 ✓ 將建物用錨定在基地上 ✓ 提供建物的開口，使建物內外水位達到相同高度 ✓ 為牆上的靜態水壓進行設計
	✓ 浮力，造成向上抬升之力量	✓ 將建物提升至洪水位之上 ✓ 將建物用錨定在基地上
	✓ 土壤含水量飽和，降低承载力	✓ 評估含水飽和土壤的承载力，與含水飽和邊坡之穩定性 ✓ 避免使用鄰近邊坡之土地，避免因含水飽和造成不穩定
水流	✓ 動態水壓，因為水體流動對建築物造成的壓力	✓ 將建物提升至洪水位之上 ✓ 將建物用錨定在基地上 ✓ 為建築物的動態水壓進行設計
	✓ 土石碎屑衝擊	✓ 將建物提升至洪水位之上 ✓ 為土石碎屑的荷重進行設計
	✓ 建物周邊之沖刷	✓ 在建建物基礎附近，降低沖蝕與沖刷
斷浪（bore）	✓ 動態水壓	✓ 設計時考量斷浪之力量
	✓ 土石碎屑衝擊	✓ 將建物提升至洪水位之上 ✓ 為斷浪的荷重進行設計
	✓ 建物周邊之沖刷	✓ 在建建物基礎附近，降低沖蝕與沖刷
水位降低	✓ 堤岸不穩定	✓ 縱使水位已降低，設計擋土牆與擋水牆可以支持飽和水壓的土壤 ✓ 適當的排水措施
	✓ 結構物周邊之沖刷	✓ 在結構物基礎附近，降低沖蝕與沖刷

資料來源：(Eisner, 2001)

第四節 垂直疏散與建築使用的海嘯管理對策

垂直進行疏散的概念，最早是緣起於美國針對颶風進行備災與應變的操作。當海岸地區的屏蔽島嶼受到大規模的開發，島上居民面臨颶風時，可用於疏散的道路往往只能依賴數量有限的橋樑，在颶風登陸時，連接屏蔽島嶼與大陸的橋樑，也經常不是安全的疏散路徑；垂直疏散的應用因而受到重視 (Ruch et al., 1991)。在 1900 年美國德州 Galveston 市面臨到強烈颱風，暴潮沖過整個島嶼，用於避難的橋樑當時已在 20 呎深的水中了；當天的死亡人數達 5000 人 (Heide, 1989)，比 911 的恐怖攻擊事件死亡人數還高。

海嘯危害的潛勢地區進行垂直疏散的考量，比面臨颶風的垂直疏散更為複雜：海嘯往往伴隨著地震，居民同時面臨潛在的地表災害。其他相關的規劃議題還包括：服務的人口數與範圍、建築物內的安全水準，及提供建築物擁有者補貼。

海嘯發生時應用疏散的策略，是透過垂直或是水平的疏散，將人口移動到安全的地點。對於部分地區，尤其是當警報時間非常有限，垂直疏散可能是應變工作中唯一可行的損失減緩措施。垂直疏散可以避開可能擁擠的交通，避免因為旅行路途中時間的耽誤，反而使更多的人口暴露在災害威脅下；垂直疏散直接將避難人口從建築物的地面向較高樓層移動；而這個移動，必須是在妥善設計與建造的建築物內。

無論是水平或是垂直的疏散，適當的警報系統、即時地傳達公共資訊、在災害前完備的訓練計畫，與接續警報之後的具體行動，都是必要的。垂直疏散也需要方便到達的安全建築物，快速的提供疏散人口的利用，才能減少損失。應用垂直的疏散，必須要了解四個重要的觀念，以下分別敘述之。

首先，垂直疏散暴露在海嘯風險下的居民，可以減少生命與身體的危害，然而對於財產與財物損失，幾乎完全沒有助益。在高密度開發的海岸地區，當人口密度增加，連接到社區外的道路與橋樑受到限制，垂直疏散可以彌補水平疏散的缺陷。垂直疏散的規劃與疏散建築物的設計、建造，可以依照前述針對與都市計畫與建築設計的討論來進行。

第二，對於新建造的建築物應使用新的、安全的建築標準。建造新建築物，來

滿足特定的安全保護績效標準，比補強或改建舊建築物，來達到相同的保護績效標準容易。當新的建築物被指定為垂直疏散的避難場所，結構的品質必須能夠滿足地震與海嘯衝擊的安全標準；然而，這個標準應該比前述建築設計的安全績效標準更嚴格。

第三，登錄既有的建築物，針對這些建築物進行評估，決定是否適合做為垂直疏散之避難場所。既有的建築物可以透過專業人士的調查與檢核，決定結構的安全程度；必要時，重新補強與修建來達到是適當的標準。針對安全的建築物進行公告，並明顯標示以供觀光客與外地人士使用；讓一般民眾知道當發布海嘯警報與地震時，可以前往這些安全建築物進行垂直避難疏散。

最後，緊急管理計畫當中應該列出避難的場所與避難方式。垂直的避難屬於備災與應變手段的部分，社區的成員可以透過緊急應變計畫，了解垂直避難的運作。此外，建築物的所有人也必須了解垂直避難的功能與操作方式，因為在有限的警報時間之下，如何確保避難場所的開設（例如：房屋持有人願意同意其他人進入）與運作（避難的引導）順利進行；其中的法律與規範議題，應透過計畫來指導。

區別災害的特性

垂直疏散的概念是源自於颶風的應變與備災，然而颶風所造成的衝擊，與海嘯有相當的差別。颶風是由風的推力所造成的暴潮，造成海岸地區的發生洪水；這種災害的衝擊是容易預期，而且發生速度較為緩慢。

海嘯可能是因遠地或近地產生大量體的移動，造成快速海水波動，會挾帶著大量土石碎屑、受破壞的建築物與船隻、貨櫃隨著水流一起移動。遠地的海嘯的警報時間可以長達數個小時；潛在的受災人口在適當的警報系統引導之下，可以有充分的時間，選擇採用保護行動（protective actions）。相對地，近地海嘯的警報時間非常的短，可能只有數分鐘，同時伴隨著強烈地震（多在 7.0 級以上）、土石滑動，及其他的災害現象。若建築物同時受到地震損害，公共設施（如：自來水、電力）破壞，交通系統的癱瘓，問題就會更加嚴重。因此海嘯的垂直避難系統，著重於近地海嘯的疏散。

海嘯災害的警報系統

所就如同其他的疏散計畫，垂直的疏散計畫需要有效的警報系統。人在接受了正確的警報資訊，充分瞭解資訊的內容，確定接續的反應行動是進行疏散，並且了解疏散的方式與地點，才會進行疏散的行動。一個有效的警報系統對於海嘯的疏散計畫，是非常重要的。

遠地海嘯的警報可透過太平洋海嘯警報中心（The Pacific Tsunami Warning Center; PTWC）與國內中央氣象局的連線，進行海嘯警報（張國棟, 1999）。海嘯情報中心的工作是偵測海嘯的發生，並且計算出海嘯的規模；計算的結果也包括海嘯抵達海岸的時間。近地海嘯的預測就遠較遠地海嘯來得更為困難。

垂直疏散的執行問題

將居民移動到的建築物的較高樓層並非困難的事情，困難的是：如何移動居民？居民需要何種協助？需要物資的儲備？然而這些困難點都只是技術的問題。

當建築物被指定成為公共避難場所或垂直疏散場所時，規劃者面臨更困難的問題（Ruch et al., 1991），包括：新的建築物往往又複雜的安全系統，限制使用成員之外的人出入；避難場所容量是否能夠滿足疏散的人口數？老人疏散的輔助？在私人擁有的建築物當中，誰負責疏散行動的執行成敗？因為使用指定的避難場所，造成建築物持有人的財物損失，應該由誰來負責？

垂直疏散是一個明確的觀念，在人口擁擠的地點（例如：台灣）是簡單、成本低的災害整備對策。然而在規劃垂直疏散計畫對中，必須考慮特定人口的需求，在事前也必須透過妥善的法律規範，界定權利與義務，才能夠妥善的執行。

第四章 專家學者問卷：未來研究方向

本研究主要的目的，就是為了建築研究所未來海嘯相關研究的題目，進行初步的開發與探討。依照本研究的研究架構，在前一章整理相關文獻中，都市綜合發展計畫與土地使用規劃、敷地計畫、建築設計，和垂直疏散相關的管理對策；透過管理對策的羅列與說明，請相關的都市規劃與管理的專家學者，提供未來的研究方向。

在廣泛的徵詢專家學者未來研究的方向的工作中，問卷配合訪談成為主要收集專家學者意見的工具。問卷設計的內容，與資料彙整的品質有高度的關聯性。以下說明訪談問卷的設計，訪談的執行，並討論訪談問卷所得到的結果。

第一節 訪談設計

訪談問卷的設計完全依賴文獻回顧所得到的結果。在文獻回顧當中，將主要相關建築研究所業務的管理對策分為四大類，於此再分為七類：相關法令的開發、規劃新的都市土地開發、在具有危害的已開發地區降低未來災害損失、土地使用規劃與管理手段、敷地計畫、建築計畫，和垂直移動的疏散計畫。分別依照前述文獻所收集的內容，建立問卷的問項。在勾選部份，請填答的專家學者依照「優先」、「其次」，和「稍後」的順序進行勾選。

在各個勾選項目之後，為了避免研究課題內容不夠清晰，增加「說明」項目，以避免填答的專家學者對勾選項目的內容產生疑慮。在每個大類之下，設定開放問題問項，藉以廣泛吸收相關專家學者的意見，避免思考的管理對策與研究方向受到既有題目的限制。

在題目之前，問卷先將題目進行說明：包括研究的背景、台灣的海嘯風險與歷史，和問卷的目的。問卷題目的說明如下：

台灣地區的災害風險高，人口密集；災害衝擊具有巨大的潛在威脅。位於環太平洋地震帶上，加上夏秋兩季的颱風威脅，無論災害發生機率或潛在發生規模，台灣地區所面臨高風險的自然災害威脅；更有甚者，台灣的人口密度是全世界第二，潛在受災後的損失亦極為可觀，因此應積極加強防災相關的研究。

位於太平洋西岸的台灣也有海嘯的歷史記錄，也面臨潛在的損失風險。自西元1661年至1867年間，據史料研判，台灣經歷過六次疑似海嘯的衝擊，平均不到40年就發生一次，發生頻率之頻繁已超乎想像。

本研究的目的是為建築研究所開發未來研究方向。以下是本研究初步整理出的未來研究方向，請惠予提供該研究方向是否應優先執行：若該研究方向是否對台灣有明確的重要性，請列於優先研究的項目。

以下是問卷的勾選問項。

表4-1 專家學者訪談問卷

	建議研究優先順序	優先	其次	稍後	說明
相關法令	海岸土地資源利用規劃法令之制定				「海岸法」納入海嘯議題
	國土保育利用之規劃法令制定				「國土計畫法」納入海嘯議題
	其他法令制定，請說明：_____				
規劃新的都市土地開發	依區位特性規劃，避免利用海嘯潛勢地區				
	技術與工程資料				如：災害潛勢圖更新與應用
	設定假想規劃境況				決定安全保護的標準
	規劃目標與標的				設定計畫的目標
	其他規劃方法，請說明：_____				

表4-1 專家學者訪談問卷（續）

	建議研究優先順序	優先	其次	稍後	說明
在具危害的已開發地區，降低未來災損	都市再開發與更新				潛勢地區內的土地再開發
	改變都市土地使用				變更潛勢地區內的土地使用
	調整與規範都市土地使用				微調與限制潛勢地區內土地使用
	檢討相關計畫：公共設施				對公共設施計畫進行檢討
	檢討相關計畫：一般工業				對一般工業區計畫進行檢討
	檢討相關計畫：危險物質產業				對危害物質產業之工業區計畫進行檢討
	檢討相關計畫：關鍵設施（通訊、電力...）				對關鍵設施之土地使用計畫進行檢討
	檢討相關計畫：旅遊導向之商業				對旅遊導向之商業區進行檢討
	檢討既有分區管制，與其他相關規範				檢討分區管制內容
	災前之復建規劃				於災前從事海嘯後的重建規劃
	其他規劃方法，請說明：_____				
土地使用規劃與管理手段	指定海嘯潛勢區為開放空間				
	取得海嘯潛勢區：購買開發權				
	取得海嘯潛勢區：開發權移轉				
	取得海嘯潛勢區：地役權或土地承租				
	取得海嘯潛勢區：土地交換				
	規劃簇群形式的土地使用方式				調整計畫密度，減少利用高風險土地
	其他使用與管理方法，請說明：_____				

表4-1 專家學者訪談問卷（續）

	建議研究優先順序	優先	其次	稍後	說明
敷地計畫	基地分析				設定基地開發的標準分析過程
	開發方案評估：反應海嘯威脅與政策				設定審查基地開發計畫的過程
	災害減緩策略：避免海嘯威脅				如：建物架高；
	災害減緩策略：降低海嘯速度				如：樹林，消波塊；
	災害減緩策略：改變海嘯路徑				如：導水牆、溝；
	災害減緩策略：阻擋海嘯				如：擋水牆
	為各種類型的開發研擬減災對策				工業使用；遊憩使用；地方性商業；高層住宅；住宅區；新劃設之重劃住宅區
	其他敷地計畫方法，請說明：_____				
建築計畫	管理海嘯與管理其他災害的關聯				將管理海嘯與其他災害類型的管理結合
	建築技術規則—修訂				
	海岸工程技術—訂定				
	建築設計與審查				納入建築與使用執照審查過程
	管理建築使用過程				透過移出、搬遷、修建，減少既有建築物風險
	建築構造策略				開發建築設計與構造之策略
	其他建築規劃方法，請說明：_____				
垂直移動之疏散計畫	建築安全標準				用以評審與選擇安全建築
	安全建築物之指定與登錄				指定安全建築物之審查程序
	指定公共避難場所				指派安全建築物為避難所
	公共避難場所標識				標識避難所，指引居民與觀光客避難
	緊急應變之疏散計畫納入垂直疏散				訂定與評審疏散計畫
	其他疏散計畫方法，請說明：_____				

第二節 專家學者訪談的執行

為了提供建築研究所未來研究的方向，考量建築研究所的主要工作內容，研究的專家學者問卷調查與訪談是針對都市災害管理，與工程學者進行問卷，參與本研究問卷填答的學者名單，請參考附錄二。在本研究探討的內容，透過問卷發掘未來研究方向的缺陷是：問卷在具有固定選項的題目中，可以達到可接受的效度；然而對於開放性問題（open-ended），不容易得到所有填答者共同接受的選項，而招致對效度的執疑。

受限於本研究的操作時間，問卷的操作方式是透過電子郵件寄出：在事前先以電話聯絡，確認問卷填答人的執行意願；問卷寄出之後，再次利用電話聯繫，確保填答人對於問卷內容、題目的選項的認知，與問卷設計相符合，同時詢問填答人對於「其他意見」的看法，並且依都市管理與土地使用規劃、建築計畫、使用行為等項目，為管理海嘯的對策提供補充的意見。

問卷的執行時間為民國九十四年12月5—9日。經過多次的電話聯繫，15份問卷順利回收；在編碼之後進行統計。本問卷的優點是針對台灣都市研究的防災學者進行問卷，積極的透過電話的對談與討論說明問卷內容，使討論的議題與相關意見更為廣泛。由於問卷的目的並非依照分析單元（unit of analysis）作為分析的基礎；相對地，問卷目的是廣泛的收集意見。對此，十四份問卷基本上能滿足研究的需求。

第三節 訪談結果整理

如前所述，本研究的分析非著重基本分析單元的統計分析與假說驗證；本研究的分析方法檢視問卷填答者在問卷選項中，各個選項（防災對策與未來研究方向）的一致性與變異。主要檢視的統計項目包括平均數，與變異的大小。分析的結果請參考表 4-2至表 4-9；以下分別敘述三者的變化狀況。

首先，針對六個大類別進行比較。請參考表 4-2。專家學者對於未來策略開發與研究的方向，其中最一致的類別是「疏散計畫」。未來的研究順序，「疏散計畫」的平均值為 1.283，其次為相關資源管理與土地使用規範「法令制定」，平均值為 1.542；再其次為研究「新都市土地開發規劃方法」，平均值為 1.659。這兩者

優先順序的變異，分別為 0.308 和 0.346，均遠小於下一順位的 0.534。

表4-2 專家學者問卷之研究優先順序：類別之比較

	法令制定	新都市土地 開發規劃	已開發地區 規劃方法	土地使用與 管理方法	敷地計畫	建築規劃
平均數	1.542	1.659	1.988	2.109	1.905	1.944
變異數	0.346	0.534	0.576	0.550	0.666	0.673

由大的類別來比較，發現專家學者對於未來研究的建議是以「疏散計畫」和「法令制定」成為未來的主要工作方向；而且專家學者對於這兩個方向的想法，較其他研究方向的意見更趨一致。本研究在工作中，與學者們討論的結果發現：其一，由於海嘯發生的機率低，縱使發生會成災的機率也低，若要依照海嘯的潛勢範圍管理海嘯，會影響經濟的成長，同時在政治上的執行面有相當的困難。假使針對海嘯發生之後，妥善規劃疏散行動，面臨的困難程度將較其他方法為容易。此外，現行土地使用規範，無法充分的考量海嘯與海岸地區土地利用與保育的議題，因此法令的制定的應優先於其他的海嘯管理對策。

在疏散計畫的統計結果，請參考表 4-3。垂直移動的疏散計畫，普遍得到專家學者給予高度的優先順序，平均值在 1.25 到 1.33 之間。其中專家學者意見最一致的研究方向為「指定公共避難場所」，變異數為 0.205；其他在這類別中各研究方向的變異都很小，分布在 0.205 到 0.424 之間。因此本研究簡單歸納，未來整體的研究方向，不應該單獨偏頗其中任何一項；相對的，應該以整合的角度思考：首先訂定海嘯威脅地區的建築物安全標準，其次進行安全建築物的指定和登錄，指定公共避難場所並且標示，將避難場所納入海嘯的垂直疏散計畫中。

表4-3 專家學者問卷之研究優先順序：垂直疏散計畫

	垂直移動之疏散計畫				
	建築安全標準	安全建築物之指定與登錄	指定公共避難場所	公共避難場所標識	緊急疏散計畫納入垂直疏散
平均數	1.250	1.250	1.250	1.333	1.333
變異數	0.386	0.386	0.205	0.424	0.242

其次在相關法令的制定上，請參考表 4-4。「國土保育利用的法令」制定的平均值與變異數都較「海岸土地利用的法令制定」小，顯示專家學者認為「國土規劃法」應優由於「海岸法」。然而，兩者的差異相當有限，並且均優先於其他的研究方向；本研究建議未來的方向應兩者並行，應整體思考海嘯潛勢地區土地利用與管理的政策邏輯。

表4-4 專家學者問卷之研究優先順序：制定土地資源管理法令

	相關土地資源管理法令制定	
	海岸土地利用法令制定	國土保育利用法令制定
平均數	1.583	1.500
變異數	0.447	0.273

在「規劃新都市土地開發」部分（表 4-5），主要受到專家學者建議的項目為「技術與工程資料」部分，專家學者的意見也高度一致（其平均數 1.25，變異數 0.205）。海嘯的地區潛勢資料不足，無論進行任何的開發或管制，都有技術上的困難。專家學者意見明確地指出，未來的海嘯潛勢資料與基本研究品質，應成為未來都市土地開發的規劃基礎。此外，基礎的規劃手段與流程中，「設定假想規劃情境」、「確立規劃目標與標的」被建議的優先順序略高（平均數 1.583 和 1.636）。

表4-5 專家學者問卷之研究優先順序：規劃新都市土地開發策略

規劃新的都市土地開發				
	依區位特性規劃，避免 利用潛勢地區	技術與工程資料	設定假想規劃境況	規劃目標與標的
平均數	2.167	1.250	1.583	1.636
變異數	0.515	0.205	0.629	0.455

在已開發的海嘯危害地區，降低未來災害損失的研究方向中，統計資料發現兩個主要的項目，可以作為未來的研究方向（表 4-6）：其一，「檢討公共設施計畫」與「檢討關鍵設施計畫」（平均數為 1.583，1.667）；第二，「調整與規範土地使用」和「檢討既有分區管制」（平均數為 1.667，1.583）。為了減少既有潛在災害地區的損失，專家的建議是進行規劃與分區工作的微調與檢討，而非大幅度的改變都市土地使用或是進行都市更新。其次，可以透過公共設施與重要設施的計畫檢討，避免對於當地居民生活造成立即的影響。

表4-6 專家學者問卷之研究優先順序：已開發地區之管理策略

在具危害的已開發地區，降低未來災損										
	都市再 開發與 更新	改變都 市土地 使用	調整與 規範都 市土地 使用	檢討相關計畫						災前復 建規劃
				公共設 施	一般工 業	危險物 質產業	關鍵設 施	旅遊導 向商業	分區管 制與其他 規範	
平均數	2.545	2.167	1.667	1.583	2.167	1.917	1.667	2.167	1.583	2.417
變異數	0.473	0.697	0.788	0.265	0.333	0.629	0.424	0.333	0.447	0.629

在土地使用規劃與管理手段上，參考表 4-7，建議研究優先順序均較其他類別為低。在敷地計畫部分，有兩個建議的研究方向順序較為優先（表 4-8），分別為「開發方案評估」和「為各種類型的開發研擬減災對策」（平均數為 1.333，1.583）。決定在敷地計畫的過程，建構方案評估的過程；再者，針對各種不同的開發類型（如：住宅、旅館...）提供開發的評估準則與減災政策，也是未來可行的工作方向。在建築計畫部分，請參考表 4-9，專家學者的意見指出，管理海嘯的工

作可以合併在其他災害管理之下，「管理海嘯與管理其他災害的關聯」平均數為1.417。海嘯的發生機率低，然而管理海嘯的影響可與其他的災害管理工作進行整合：例如，颱風發生的暴潮與海嘯具有類似的衝擊，透過管理地震來紓緩近地海嘯，透過颱風發生時的居民疏散來教育居民進行海嘯疏散...等。

表4-7 專家學者問卷之研究優先順序：土地使用規劃與管理策略

	土地使用規劃與管理策略					
	指定海嘯潛勢區為開放空間	取得海嘯潛勢區：購買開發權	取得海嘯潛勢區			規劃簇群形式的土地使用方式
			開發權移轉	地役或承租	土地交換	
平均數	1.917	2.545	2.091	2.100	2.000	2.000
變異數	0.629	0.273	0.491	0.544	0.545	0.800

表4-8 專家學者問卷之研究優先順序：敷地計畫策略

	敷地計畫策略						
	基地分析	開發方案評估：反應海嘯威脅與政策	災害減緩策略				為各種類型的開發研擬減災對策
			避免海嘯威脅	降低海嘯速度	改變海嘯路徑	阻擋海嘯	
平均數	1.667	1.333	2.083	2.000	2.250	2.417	1.583
變異數	0.606	0.424	0.447	0.727	0.568	0.629	0.629

表4-9 專家學者問卷之研究優先順序：建築計畫策略

	建築計畫					
	管理海嘯與管理其他災害的關聯	建築技術規則—修訂	海岸工程技術—訂定	建築設計與審查	管理建築使用過程	建築構造策略
平均數	1.417	1.917	1.833	2.000	2.500	2.000
變異數	0.447	0.629	0.515	0.727	0.455	0.909

除了前述的優先順序勢外，整體而言，管理海嘯工作層級的順序包括：法令的制定、都市規劃的手段、建築管理的手段、建築的使用行為，和疏散的規劃。因短期來看，和規範海嘯的工作可以由最上與最下兩個端點來進行：法令的制定確立了未來長期的海嘯管理原則，而疏散的規劃比較可能具有立即的效果；在這個流程「中間」的工作，可能是造成政策的外部效果，無論是推動和執行都會造成人民的困擾與不安，在研究的時間上應以較長的時期來著手。

第五章 結論與建議

本研究主要的工作內容包括兩者：其一，利用都市土地管理與建築計畫，管理海嘯議題的相關文獻彙整與回顧；第二，針對專家學者進行問卷，為相關的研究建議未來的研究方向。文獻回顧的內容如第三章所述，在此針對專家學者問卷提出結論。

第一節 研究結論

本研究在本質上就是對於未來研究開發方向的提出。在研究中發現，海嘯的管理層級由上而下，包括：制定海岸地區的土地資源保育利用法令；透過土地使用規劃的方法，規範新開發都市土地的利用，降低海嘯潛勢地區的土地利用與利用強度，並且調整既有都市土地的利用；在敷地計畫階段，利用計畫的評估與操作準則的提供，紓緩海嘯的威脅；在建築計畫的階段，利用建築設計的手法避免海嘯的威脅；最後，利用建築管理，確保海嘯潛勢地區的疏散，由水平方向轉為垂直方向，以免生命受到海嘯威脅。

由於海嘯的風險難以估計：發生機率低，一旦發生造成的衝擊變異非常大。因此透過強制與硬性的管理，必然會造成民眾對於管理措施的執疑；因為海嘯災害風險特性，投入大規模的研究資源，未必能建立妥善的管理方案：「什麼都不做」（Do nothing!）未必是錯誤的行動。

研究中透過訪談與問卷發現，專家學者對於這個上而下的管理層級中，建議最上端的法令制定，與最下緣的垂直方向疏散，為未來最主要的研究方向。法令的部分，包括「國土計畫法」和「海岸法」兩者，都會影響海岸地區土地資源利用與保育。在垂直疏散部分的考量，是從建築物安全檢查、公共避難所的指定與標示，並將公共避難與垂直疏散，納入到地方緊急管理計畫當中。

除了前面兩者之外，其他經由專家學者建議，未來的工作方向包括：海嘯潛勢資料和工程措施的基礎研究，土地使用計畫與使用分區的微調因應海嘯議題，公共

設施和電力、通訊等關鍵設施的調整，敷地計畫的評估等。另外，可以經由管理其他災害的措施，增加對海嘯衝擊的考量。

第二節 對於未來研究的建議

由於海嘯相關資訊的缺乏，管理海嘯的研究亟需基本的空間分布資料與工程研究作為佐証。除了前述建議針對建築與都市計畫領域之研究方向，以下針對其他的領域提出研究方向的建議。

在海嘯模擬方法，以台灣現況而言，可以參考暴潮之模擬。此處考量是基礎於下列原因：海嘯風險機率低，對台灣之影響甚至可能影響小於因颱風所造成的暴潮。在台灣過去針對與核能電廠進行的研究，發現相同重現期的海嘯水位高度，是小於暴潮的水位高度。在缺乏充分歷史資料的佐証之下，利用思考管理暴潮的研究，來規範海岸地區的土地利用，或許是較為合理的做法。

未來的工作可以比較海嘯與暴潮的模擬結果與影響範圍，進而劃設海嘯（暴潮）潛勢區。這方面研究並非內政部建築研究所的工作內容，但都市計畫與建築的應用研究，要有充分的基礎研究作為支持。

災害潛勢地區劃設首先應從重要人口聚集地區開始。台灣潛在會發生海嘯的地點，與歷史上曾經發生海嘯地點有限，甚至有部份學者不認為海嘯會對台灣造成威脅。投入大量的資源進行全台灣海嘯潛勢地區的劃設，會受到各個領域學者對於研究必要性的執疑。

海嘯與其他災害管理對策的整合。海嘯發生的機率低，雖然南亞大海嘯造成了接近三十萬人的死亡，對四周臨海台灣，多數人對於海嘯議題的重視程度仍然非常的低；為了妥善管理海嘯的問題，對於已有管理制度、其他災害的管理，無論是減災、備災、應變，與復建，每一個階段的工作都必須可以同時考慮海嘯的管理問題。例如，緊急應變人員在備災計畫當中，可以思考：颱風來臨前的疏散工作，可不可以將海嘯的疏散一併考慮？颱風的警報系統和海嘯的警報系統是否相聯結？結構工程師在思考建築物抵抗地震災害的時候，是否可以同時檢討海嘯發生時的結構安全？

也是因缺乏對於海嘯管理的重視，管理海嘯必須找出簡單便宜的方法。其中最便宜的減少海嘯損失的方法，就是災害整備中發布警報並進行疏散。因此，警報機制的建立是這個行動中最關鍵的要素。警報與疏散沒有辦法減少財物的損失，但是對於災害所造成的生命損傷有立即的效果。海嘯管理的應強調建置有效的警報系統。

附錄一 期初簡報會議紀錄

- 一、 時間：94年12月2日（星期五）下午2時30分正
- 二、 地點：建築研究所會議室
- 三、 主持人：何副所長明錦
- 四、 出席人員：略。
- 五、 主席致詞：略。
- 六、 業務單位報告：略。
- 七、 計畫簡報：略。
- 八、 問題詢答：

黃教授煌輝：

- 1、 台灣有關海嘯之研究已有約 20 年歷史，遠自核三、核四廠建廠時，便有針對海嘯對於核電廠影響問題進行研究，但受限於課題敏感性，此一報告鮮為外人所得知。而此一報告研究重點為海嘯對於冷卻水取水口運作時間之影響，並未針對土地使用及建築物管理進行研究。
- 2、 台灣東部海岸海岸坡度較為陡峭（坡度 1/6~1/10），故其波高不會很高，然西部海岸坡度較為平緩（1/300~1/1000），如發生海嘯造成傷害就會很大，故有其必要進行相關研究。
- 3、 國立成功大學水工試驗所具有世界最為先進之造波機，可模擬海嘯之作用，可作為海嘯對建築物影響之用。
- 4、 關於此一課題可由減災觀點進行研究，例如海嘯警報發佈後之人員疏散避難、海岸植栽可減低波浪之作用、建築物之排列採不規則配置，均有減低災

害之效果。而土地使用及建築物管制，雖可有效減低災害損失，但由於台灣地狹人稠，民眾守法情形不佳，是否可以有效實施？其成效有待評估。

馬教授國鳳：

- 3、 有關台灣歷史紀錄中，有關可能海嘯之影響區域，中央大學地球物理所曾進行初步研究，此一研究成果可提供相關研究參考。而由程式模擬分析結果，較為擔心基隆、金山、野柳一帶，或許有海嘯災害之潛勢，可加強當地居民之教育訓練，及建立有效廣播警告系統，以達到減災之目的。
- 4、 而國內有關海嘯潛勢區域之評估研究，係由國科會負責推動研究，而將針對歷史海嘯及精確海底地形等條件進行研究。此一研究計畫希望能於三年內（95年8月~98年7月）能有具體成果，以提供相關單位參考。

郭主任鎧紋：

- 1、 中央氣象局負責海嘯之警報發佈，著重於應變措施，而本研究重點在於平日之準備與防災，兩者可相輔相成、密切配合。
- 2、 中央氣象局曾針對台東成功外海之地震所誘發之海嘯進行分析模擬，此一海嘯之浪高不高並未造成災損，但其到達時間卻較分析結果慢了約 10 餘分鐘，可能欠缺精密海底地形資料所致。
- 3、 中央氣象局有關海嘯警報發布原則為規模大於 7.0、震源深度小於 35km 才發佈海嘯警報，此外僅進行觀測，並不發佈警報。

國家災害防救科技中心吳子修博士：

- 1、 預警系統應包含廣播系統，以通知民眾疏散避難。此外，應有避難據點及疏散路線之規劃。

- 2、 本研究計畫中，建議將警察消防據點設置於災害潛勢區域之外，建議可考量將此類據點設置於潛勢區域之內，以增取防救災時效，而此類建築物則採用較高標準設計標準，以維護安全。

營建署都計組代表：

- 1、 由防減災觀點出發，海嘯潛勢區域其人口密度如何降低，以減低可能之災損。而警報發佈後，人員疏散難亦為值得探討之課題。
- 2、 而根據國土計畫法及海岸法（草案）之精神，本計畫研究成果與防護區之劃設、防護計畫之管制事項相關，而防護區之業務屬於水利署，爾後會議可請水利署參加。

營建署建管組代表：

- 1、 當海嘯發生是否需成立專家小組評估建築物受損情形，建議可參考本組之地震災損評估小組之專家名單。。

基隆市政府代表：

- 1、 基隆市 93%土地為山坡地，如需因海嘯管制土地使用，對於基隆市之發展將造成極為嚴重之影響。而由於海嘯發生之機率不高，如何於防災需求及都市發展之間取得平衡，建議研究團隊加以考量。
- 2、 現今科技技術，海嘯可以預警，是否加入疏散避難以降低災損課題之探討。此外，建議增加建築物適度強化，以減低海嘯可能發生損失之研究。

何副所長明錦：

- 1、 本研究為先期研究，研究方向將廣泛聽取各方專家意見，而所規劃之研究課題，將斟酌本所業務執掌，於往後年度陸續執行。

- 2、 而可行性研究係由防減災觀點出發，探討可研究方向，尤其與建管有關課題應特別探討，進而規劃後續研究課題。

計畫協同主持人薩教授支平答覆：

- 1、 海嘯之防減災工作中，警報之發佈及人員疏散避難為重要事項。而由都市發展及國土開發之觀點，若能事先能有良好規劃設計及管理，將可減低災害發生之損失。
- 2、 相關意見將作為本計畫執行之參考。

九、 結論：

- 1、 會議中各專家學者意見之重點部份，承辦人員詳實紀錄，簽核後分送與會人員及各計畫協同主持人。
- 2、 計畫協同主持人將會議意見回應表附於成果報告。

十、 散會（下午五時）

附錄二 專家學者諮詢名單

姓名	服務單位
吳杰穎	銘傳大學 都市計畫與防災學系 助理教授
李泳龍	長榮大學 土地管理與開發學系 副教授
林文苑	銘傳大學 都市計畫與防災學系 助理教授
邵珮君	長榮大學 土地管理與開發學系 助理教授
周士雄	長榮大學 土地管理與開發學系 副教授
紀雲曜	長榮大學 土地管理與開發學系 助理教授
洪鴻智	台北大學 不動產與城鄉學系 副教授
柯于璋	義守大學 公共事務學系 助理教授
陳亮全	台灣大學 城鄉與建築研究所 教授
陳天健	屏東科技大學 水土保持系 助理教授
黃智彥	逢甲大學 土地管理學系 助理教授
詹士樑	台北大學 不動產與城鄉學系 教授
鄧慰先	聯合大學 建築系 副教授
劉怡君	國科會 防災科技中心 研究員

附錄三 期末簡報會議紀錄

一、 時間：94年2月10日（星期五）上午9時30分正

二、 地點：建築研究所會議室

三、 主持人：丁所長育群

四、 出席人員：略。

五、 主席致詞：略。

六、 業務單位報告：略。

七、 計畫簡報：略。

八、 問題詢答：

許教授銘熙：

- 1、 本研究報告內容充實，值得肯定。
- 2、 根據國外相關研究指出，海岸種植植物可以有效降低海嘯危害，故於規劃海岸土地使用管理辦法時，可與其他方法配套應用。
- 3、 如能規劃足以承受海嘯危害、結構良好之建築物，美日等國所採行之垂直避難方法，不失為一有效疏散避難方式。而台灣地狹人稠，海岸土地管制使用難度可能甚高，如何加強防護及提高建築物安全性，降低危害程度，為較為可行之方法。

馬教授國鳳：

- 3、 國內有關海嘯課題之基礎研究已有一定成果，相關單位應持續支持類似研究（如海嘯災害潛勢區域之劃設），政府相關單位方可有足夠資料進行政策及法規制定。因此，希望能有後續政策研究配合執行。

黃教授煌輝：

- 5、海嘯潛勢區域範圍之研究應積極進行，以劃定可能產生災害區域的參考，並建議以科專計畫進行。
- 6、海嘯潛勢區域劃定後，宜再深入研究在此一區域之溯上高度與距離，此一部分國內已有研究執行能力，也希望能以科專計畫方式處理。
- 7、以上資料完成後，建研所即可規劃此區域在垂直方向之避難高度及規劃水平逃難距離及路線。
- 8、土地利用在私有土利上很難有所控制，在國有土地可由內政部規劃，海岸植栽及消波塊不可隨意清除，應加以檢討。

中央氣象局張博士建興：

- 4、中央氣象局負責海嘯之警報發佈，建議海嘯潛勢區域範圍內之公有單位及建築物可規劃要求裝設接收警報裝置，以利疏散避難。

經濟建設委員會代表：

- 3、海嘯災害之預防管理納入國土計畫之中是極為重要，對於建研所規劃執行本計畫表示肯定。
- 4、研究內容中有關建築設計降低海嘯危害應更明確表達，例如有些設備層應設置於較高樓層、或頂樓應設計作為防救災平台使用。
- 5、海嘯災害潛勢區域之劃設，對於國土規劃利用極為重要，支持相關單位進行此一課題研究。

災害防救委員會代表：

- 3、海嘯警報、潛勢圖已請國科會集交通部進行研究，建研所可針對業務執掌相

關法規政策進行研究。

營建署代表：

- 2、 海岸法草案中對於海岸防護區均有劃定原則，如有海嘯災害潛勢圖可作為海岸防護區劃設之依據。

丁所長育群：

- 1、 報告中有關海嘯災害資料，可將 1998 年 8 月 17 日巴布亞新幾內亞海嘯資料列入。部分結論建議事項如能以流程圖方式表示，將更有利於讀者閱讀。
- 2、 有關海嘯潛勢災害區之基礎資料若能建立，對於營建署市鄉規劃局有關國土規劃之工作會有相當大之裨益，對於本所後續研究工作亦能得以順利進行。
- 3、 關島、夏威夷之建築法規規定，建築物長軸方向須與海岸方向垂直，若能蒐集類似資料，對於地方政府有相當助益。
- 4、 研究團隊能於短期內完成此一工作，值得肯定。對此，向計畫主持人及研究團隊表示感謝，未來個人將投入更多時間以進行後續研究課題相關工作中、

陳組長建忠：

- 3、 本計畫工作時間短，僅有 2 個月，能夠蒐集整理分析如此完整報告，深表感謝。
- 4、 海嘯問題除學校、學術團體進行基礎研究外。本部及本所從事「應用研究」，俾供各級政府及民間專業技術團體參採應用，或中長期施政計畫中有必要之課題，進行規劃研究。
- 5、 對於海嘯出現在本島機率不高，而驟然實施土地或建築物使用管制，社會大眾接受可能性不高，但有關避難逃生、收容方案似較有可為。

鄒研究員本駒：

- 3、 研究報告內容大多引用美國文獻資料，由於日本對於海嘯研究亦頗為先進，建議可參考引用日本文獻。
- 4、 有關海嘯潛勢之研究係屬於基礎研究範疇，而本所業務性質大多以應用研究為主，不適合以科專計畫進行海嘯課題後續研究。

計畫協同主持人薩教授支平答覆：

- 3、 由於受限於研究時程緊促，並未將所收集資料全數列入，將遵造各位先進意見，補充相關資料。
- 4、 對於各位先進之指教，研究團隊將納入期末報告修正參考辦理。

九. 結論：

- (一) 研究團隊能於短期內完成此一工作，值得肯定。未來後續研究課題將由所長參與研究工作之執行。
- (二) 期末簡報原則審查通過。
- (三) 請主辦單位詳實記錄發言內容，納入研究案參考修正，並將回應對照表置於成果報告附錄。

十. 散會（上午11時30分）

參考文獻

中文部分

1. 李孟芬.台灣地區地震海嘯之可能性研究，國立中央大學地球物理研究所碩士論文，民國 85 年。
2. 何一峯，「海嘯溯上數值推算之研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，民國 75 年。
3. 徐明同，海嘯及所引起之災害，氣象學報，271，1-15，民國70年。
4. 黃煌輝，海嘯的模擬，科學發展，394，民國 94 年。
5. 張國棟，許明光，王順賢，海嘯在不同地形溯上之研究，第 20 屆海洋工程研討會論文集，448-54，民國 87 年。
6. 張國棟，淺談海嘯，港灣報導 49，1-9，民國88年。
7. 張國棟，許明光，Philip，L，F，Liu，& S，B，Woo，東台灣海嘯溢淹模擬，第21屆海洋工程研討會論文集，418-24，民國88年。
8. 經典雜誌，大海嘯：毀滅與重生，台北市:經典雜誌，民國94年。
9. 楊春生、湯麟武、邵建林，台灣東北部海岸地震海嘯數值推算之研究，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，72-23 號，民國 72 年。
10. 歐善惠、黃煌輝、朱志誠，台灣電力公司核能四廠海嘯研究報告，國立成功大學台南水工試驗所研究試驗報告，第 65 號，民國 72 年。
11. 歐善惠、楊春生、蔡義本、高瑞棋、唐公群、黃煌輝，台灣電力公司核能四廠最大可能海嘯及暴潮之評估，國立成功大學台南水工試驗所研究試驗報

告，第 81 號，民國 74 年。

12. 陳建宏、許明光，“從海嘯記錄逆推地震源區與海底變形”，第四屆台灣地區地球物理研討會論文集，157-68，民國 81 年。
13. 陳建宏，海嘯傳播之模擬與海嘯源區海底形變之逆推，國立台灣海洋大學海洋科學研究所碩士論文，民國 83 年。

外文部分

14. Archer, J. H., & Knecht, R. W. 1987. The U.S. National Coastal Zone Management Program-problems and Opportunities in the Next Phase. Coastal Management, Volume 15, 103-120.
15. Bryant, E. 2001. Tsunami, the underrated hazard. Cambridge: Cambridge University Press.
16. Burby, R. J. 1998. Cooperating with Nature: Confronting Natural Hazards with Land-Use Planning for Sustainable Communities. Washington D.C.: Joseph Henry Press.
17. Chowdhury, S., Giest, E., Gonzalez, F., MacArthur, R., & Synolakis, C. 2005. Tsunami Hazards: FEMA Coastal Flood Hazard Analysis and Mapping Guidelines: FEMA.
18. Cutter, S. L. 2001. American Hazardscapes : the regionalization of hazards and disasters. Washington D.C.: Joseph Henry Press.
19. Drabek, T. E., & Hoetmer, G. J. 1991. Emergency Management: Principles and Practice for Local Government. Washington, D.C.: International City Management Association.
20. Eisner, R. 2001. Designing for Tsunamis: Background Papers: National Tsunami Hazard Mitigation Steering Committee.
21. Auf der Heide, E. 1989. Disaster Response : Principles of Preparation and Coordination. Louis, Missouri63146: C.V. Mosby Company.
22. Holway, J. M., & Burby, R. J. 1993. Reducing Flood Losses-Local Planning and

Land Use Controls. EBSCOhost Full Display, Volume 59, 1.

23. Kaiser, E. J., Godschalk, D. R., & F. Stuart Chapin, J. 1997. 都市土地使用規劃 李瑞麟譯. Taipei, Taiwan: 興樺圖書.
24. Ma, K. F. and Lee, M. F. 1997 "Simulation of Historical Tsunamis in the Taiwan Region." TAO, Vol. 8, No. 1, pp. 13-30.
25. Randolph, J. 2004. Environmental Land Use Planning. Washinton DC: Island Press.
26. Robert, G. H., & Jeffrey, A. Z. 1985. Environment and Development Conflicts in Coastal Zone Management. Journal, 299.
27. Ruch, C. E., Miller, H. C., Haflich, M., Farber, N. M., Berke, P. R., & Stubbs, N. 1991. The feasibility of vertical evacuation No. 52. Boulder, CO: Natural Hazard Center, University of Colorado.
28. Smith, K. 1996. Environmental Hazards-Assessing Risk and Reducing Disaster. New York: Routledge.
29. Synolakis, C., Okal, E., & Bernard, E. 2005. The Megatsunami of December 26, 2004. The Bridge, 354, 26-35.

海嘯災害潛勢地區土地利用與管制研究之可行性探討

內政部建築研究所研究報告

94年度