

# 高雄市海嘯防救災規劃

## 「論述報告」



高雄市政府海洋局

委託機關：高雄市政府海洋局



執行單位：國立高雄海洋科技大學  
海岸水與環境中心

中華民國一〇二年八月

# 高雄市海嘯災害防救規劃

## 摘要

近年來，全球矚目對當地造成重大災害的南亞與日本海嘯，臺灣雖然未遭受波及，且自1781年以後並無重大海嘯災害紀錄，但若未來在臺灣西南外海發生重大的海嘯事件，可能對高雄市造成重大的傷害。有鑒於此，高雄市政府委託國立高雄海洋科技大學針對在此區域發生的海嘯進行評估，以數值模式模擬南中國海北部隱沒帶附近發生海底斷層引發之海嘯，假設不同海嘯初始波高的情境，模擬海嘯侵襲高雄沿岸的情形。模擬結果應用於規劃高雄市海嘯災害溢淹潛勢圖，期藉海嘯災害潛勢區域研究，並調查可作為安全避難處所之建築物，製作防災地圖，讓高雄市民於海嘯災害尚未發生時，即能了解避難場所位置與避難路線，於災害發生時才能臨危不亂，依據規劃的海嘯避難疏散路線，到達最近的避難場所或安全地點避難。本案同時協助高雄市政府規劃擬訂適用於高雄市之海嘯預警通報機制草案，於未來立案通過後，期能在海嘯侵襲前，能有明確的指揮機制，爭取更多時間採行避難疏散與緊急應變措施。本案並協助高雄市政府舉辦海嘯防災教育訓練及避難演練，從中檢討與修正，期能將海嘯防災演練納入例行性防災演練項目，進而減少因海嘯而造成的人員傷亡與財物損失，保障民眾生命財產安全。

關鍵詞：海嘯評估、海嘯災害溢淹潛勢圖、海嘯避難疏散路線

## Tsunami Simulation and Disaster Reduction- The Kaohsiung City Scenario

### Abstract

Recently, the tsunamis in Southern Asia and Japan caused severe disaster and brought global attentions. Luckily, these tsunami incidents did not cause any disaster around Taiwan and there were no severe tsunami records since 1781. However, any big tsunami happened in southwest or northeast of Taiwan, the two most potential tsunami source regions for Taiwan, may cause serious damages in Taiwan. Kaohsiung City Government contract National Kaohsiung Marien University to utilize numerical model, considering different initial tsunami wave form triggered by undersea faulting near the South China Sea subduction zone, to predict inundation scenarios at Kaohsiung coastal area. The simulated results can generate potential tsunami hazard map and tsunami disaster alleviation map of Kaohsiung. Kaohsiung city resident can learn tsunami threats, evacuation routes and locations of shelter. The later is very helpful if there is a big tsunami hit in Kaohsiung later on. The draft of early warning mechanism suitable for Kaohsiung City is proposed for clarifying the commanding system during a tsunami event to preserve more time for both the evacuation and response decision makings. Five training courses and drills provided for tsunami preparedness under the project. The ultimate goals of reducing tsunami damages and securing the public properties can be fulfilled while the training and drill is implemented into the regular disaster prevention drill program.

Key Words: numerical model, potential tsunami hazard map, tsunami disaster alleviation map n

## 一、前言

近年來，地球環境變遷加劇造成全球各地天災頻傳，如颱風、土石流、洪水、地震、海嘯等事件，其中以海嘯最為可怕，所產生的巨浪能在數分鐘之內摧毀濱海地區城市，吞沒良田、房屋並導致許多居民喪生，對人類社會造成極大的衝擊，損失難以估計。例如 2004 年南亞海嘯造成約 23 萬人死亡，2011 年日本東北海嘯死亡及失蹤人數約 3 萬人。如能建立政府與民眾正確的海嘯防災、避災意識，並規劃適當的減災計畫，強化預警通訊及避難系統，可於重大海嘯災害發生時，減少生命財產損失。

海嘯是一種具有強大破壞力的海浪，當海底發生強烈地質活動，因強烈的擾動而引起海水劇烈的起伏，形成巨大的波浪，向前推進，淹沒沿海地帶，稱之為海嘯。海嘯的成因包括海底斷層、海面或海下地滑或山崩及海面或海下火山爆發等所造成，這些地質活動會引起規模不同的地震進而引發海嘯，其中大多數的海嘯由海底斷層所引發，且此類型海嘯較有可能影響到整個大洋。臺灣位在環太平洋地震帶，不但地震頻繁且各種地質活動十分活躍；又因四面環海，平原狹小，人口稠密，對海岸地區開發利用的需求程度甚高，於近海岸處，一般住宅、工業區、親水遊憩設施及水產養殖專區等隨處可見，港口、海埔新生地林立，同時有大型工廠、電廠、石化廠等緊靠海濱設置，若臺灣發生海嘯，而未能有適當防災相關措施準備，將造成重大傷害。

依據清朝歷史記載，臺灣曾於 1781 年(清乾隆 46 年)及 1867 年(清同治六年)分別在西南部的高屏地區及東北部的基隆地區發生嚴重的海嘯災害。若未來在臺灣西南外海發生重大的海嘯事件，可能對高雄市造成重大的傷害。有鑒於此，高雄市政府針對在此區域發生的海嘯進行評估，並提出相關的防救災規劃，以有效的減少因海嘯所造成的衝擊。

為因應海嘯災害，交通部中央氣象局雖有針對海嘯設置警報機制，但對於相關減災、整備與應變措施，仍應由各地方政府規劃並落實於基層據以執行。為能提供高雄市政府於海嘯發生時，減輕災害造成之損失與衝擊，高雄市政府海洋局規劃本災害防救災研究案，期藉海嘯災害潛勢區域研究，並調查可作為安全避難處所之建築物，製作防災地圖，讓高雄市民於海嘯災害尚未發生時，即能瞭解避難場所位置與避難路線，於災害發生時才能臨危不亂，依據規劃的海嘯避難疏散路線，到達最近的避難場所或安全地點避難。本案同時協助高雄市政府規劃擬訂適用於高雄市之海嘯預警通報機制草案，於未來立案通過後，期能在海嘯侵襲前，能有明確的指揮機制，爭取更多時間採行避難疏散與緊急應變措施。本案並協助高雄市政府舉辦海嘯防災教育訓練及避難演練，從中檢討與修正，期能將海嘯防災演練納入例行性災防演練項目，進而減少因海嘯而造成的人員傷亡與財物損失，保障民眾生命財產安全。

## 二、研究方法

### 2-1 災害性海嘯發生位置

海嘯之好發區域通常位於海溝、大規模地殼運動區或年輕地殼摺疊處，由於臺灣西南位於錯綜複雜的板塊邊界位置，從臺灣西南海域延伸至馬尼拉海溝(Manila Trench)的南邊，而馬尼拉海溝剛好介於南中國海及菲律賓海板塊之邊界，在南中國海的西邊形成一島弧海溝(island arc-trench)，構成此區可能成為一個潛在海嘯波發源地。根據 Liu 等(2007)收集的地理調查資訊及模擬結果顯示，若海嘯發生於南中國海西部及馬尼拉海溝北部，人口稠密的高雄及台南地區將會直接受到海嘯衝擊，其中高雄市為全國工商業重鎮，若發生大規模海嘯，可能會造成重大災害。有鑒於此，若以高雄市臨海地區直接面臨重大海嘯襲擊的情況，參考過去在臺灣西南部發生地震紀錄，本研究模擬假設震央位置在臺灣西南外海(21.50° N, 119.75° E)約 155 公里處(圖 1)，根據其不同案例模擬結果，進而評估作業及提出相關海嘯減災計畫，能有效的減少因海嘯所造成的衝擊。

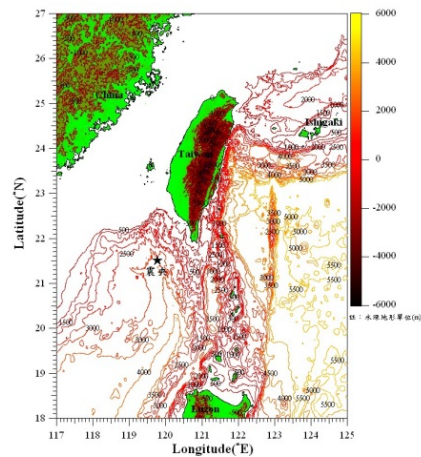


圖 1 模擬假設震央位置

### 2.2 海嘯模擬

#### 2.2.1 模擬區域及水深地形

本研究以數值模式來模擬近域海底斷層引發之海嘯，利用康乃爾大學發展之 COMCOT(Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model)海嘯數值模擬模式(Liu 等, 1998)，模擬海嘯的產生、傳遞及溯上三個部份。輸入 Harvard CMT(Centroid Moment Tensor)之斷層活動參數，配合高雄市外海水深地形及市區高解析度高程資料進行模擬計算。

模式中模擬計算區域分為四區，最外層為第一區(Region 1)，最內層為第四區(Region 4)，如圖 2。水深地形為國家海洋科學研究中心提供 0.3 分解度的資料，另也蒐集臺灣地區 40 公尺之陸地高程資料予以合併處理，作為模擬海嘯溢淹的輸入條件。模式四個區域之網格大小分別為 556 公尺:185 公尺:61.67 公尺:20 公尺，其大小比例為 1:3:9:27。

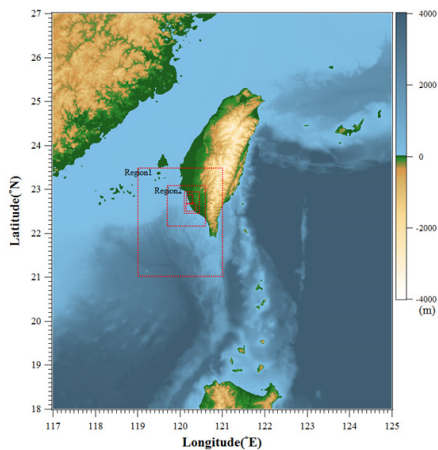


圖 2 海嘯模擬之計算區域(Region 1~Region 4)

### 2.2.2 海嘯模擬初始條件

海底斷層產生之初始波形會因斷層破裂面的差異，影響初始波形的振幅大小，此對近岸地區溢淹的狀況有直接的影響，若地震觀測站平均散布於震源四周，將有助於觀測地震波特性，在觀測資料量足夠的輔助下，將可得到確切之斷層參數。然而並非所有的海嘯在歷史中均有紀錄留下，且自 1781 年至今 200 年來，高雄及臺南地區並未再發生災害性海嘯事件，因此，必須使用合理的斷層破裂參數代入海嘯模擬中。假設海底斷層發生之位置如圖 1 所示，圖中星號處表示震央坐標位置，坐標位置為 119.75°E / 21.50°N，模式計算之起始坐標位置為 119.00°E / 21.00°N。

陳(2008)提出當斷層發生時的震源愈深，波高愈小；滑移量及破裂面寬度愈大，初始波長愈大，波高愈大；而垂直位移高度對波高的影響最劇烈。改變斷層垂直位移高度(d)對模擬結果影響最大，改變震源深度(D)次之，而海嘯於近岸地區所造成的衝擊程度，與海嘯生成時的初始波高有關，初始波高越大，對海岸地區所產生的溢淹災害越嚴重，本研究假定於南中國海北部隱沒帶附近發生海底斷層，板塊位移引發災難性海嘯。假設以不同的垂直位移高度，分別產生 1.0 m、2.0 m、4.1 m、5.8 m、7.9 m 的初始海嘯波高，如表 1 海底斷層參數設定表。

表 1 海底斷層參數設定表

斷層參數	代表符號	案例一	案例二	案例三	案例四	案例五
計算原點 (經度/緯度)	Xo / Yo	119.00 / 21.00				
震央位置 (經度/緯度)	Xe / Ye	119.75 / 21.50				
震源深度 (km)	D	10				
斷層傾角 (°)	$\theta$	300				
斷層垂直向下傾角 (°)	$\delta$	58				
斷層垂直向上傾角 (°)	$\lambda$	100				
斷層長度 (km)	L	50				
斷層寬度 (km)	W	25				
斷層垂直位移高度 (m)	d	2.5	5.0	10.0	14.0	19.0
初始波高 (m)	h	1.0	2.0	4.1	5.8	7.9

## 三、結果與討論

### 3.1 不同案例模擬結果

圖 3 為不同海嘯初始波高溢淹範圍圖，不同顏色意旨不同海嘯初始波高的影響範圍，初始波高愈大，影響距離愈遠。表 2 為高雄海嘯五種案例模擬結果整理表，結果顯示，海嘯初始波高 1.0 m，北高雄最大溢淹範圍永安與左營區，南高雄最大溢淹範圍在小港區。海嘯初始波高 2.0 m，北高雄最大溢淹範圍永安區，南高雄最大溢淹範圍在小港區。海嘯初始波高 4.1 m，北高雄最大溢淹範圍永安區，南高雄最大溢淹範圍在小港區。海嘯初始波高 5.8 m，北高雄最大溢淹範圍永安區，南高雄最大溢淹範圍在小港區。海嘯初始波高 7.9 m，北高雄最大溢淹範圍梓官區，南高雄最大溢淹範圍在小港區。

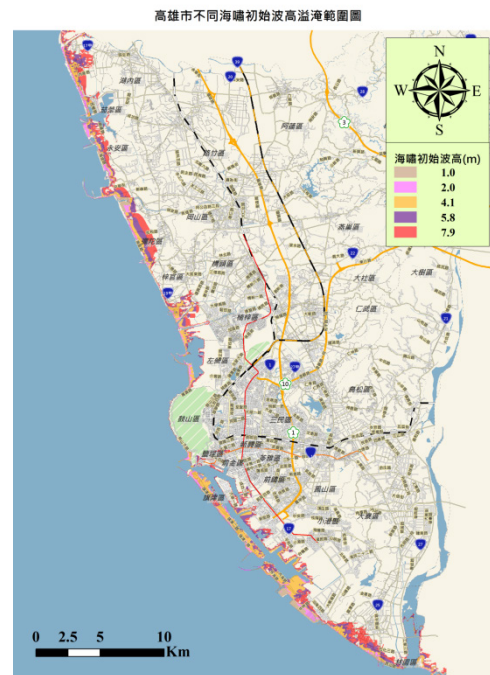


圖 3 不同海嘯初始波高溢淹範圍圖



表 2 高雄海嘯五種案例模擬結果整理表

高雄 行政區	案例一 (初始波高 1.0 m)		案例二 (初始波高 2.0 m)		案例三 (初始波高 4.1 m)		案例四 (初始波高 5.8 m)		案例五 (初始波高 7.9 m)		抵達 時間 (分鐘)
	最大溢淹 距離(m)	最大溢淹 高度(m)	最大溢淹 距離(m)	最大溢淹 高度(m)	最大溢淹 距離(m)	最大溢淹 高度(m)	最大溢淹 距離(m)	最大溢淹 高度(m)	最大溢淹 距離(m)	最大溢淹 高度(m)	
茄萣區	40	0.7	200	1.4	500	2.8	740	3.8	1,200	4.8	32
永安區	200	0.8	1,000	1.7	1,200	2.7	1,320	3.7	1,360	4.5	
彌陀區	240	0.9	800	1.6	880	2.8	1,110	3.4	1,200	4.3	
梓官區	140	1.1	560	1.9	840	3.1	900	4.3	1,400	5.3	
湖內區	0	0	0	0	220	0.6	300	1.2	380	1.4	
路竹區	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
橋頭區	0	0	0	0	80	0.1	140	0.3	400	0.5	
楠梓區	120	0.9	740	1.9	760	3.0	850	4.0	1,240	4.4	
左營區	200	1.4	400	2.5	560	4.1	760	6.0	920	7.9	
鼓山區	80	1.6	100	3.0	580	5.7	720	7.3	810	9.6	
旗津區	80	1.8	300	3.2	1,100	5.6	1,160	7.1	1,220	8.5	25
鹽埕區	20	0.4	80	0.5	100	0.7	200	1.2	480	1.5	
前金區	0	0	0	0	40	0.7	80	0.9	260	1.8	
新興區	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
苓雅區	0	0	0	0	40	0.6	45	0.7	60	1	
前鎮區	0	0	90	0.9	120	1.4	620	1.6	1,100	2.1	
小港區	500	2.0	820	3.6	2,220	7.1	2,400	8.4	2,560	11.8	
林園區	280	1.6	700	2.4	880	4.2	1,240	6.7	1,780	10.1	

### 3.2 規劃高雄市海嘯災害溢淹潛勢圖

海嘯溢淹有別於降雨或河水氾濫的情況，海嘯溢淹係外海海水向內陸擴張，且海嘯波的能量於近岸受地形淺化影響，波高可能達十公尺以上；海嘯產生通常伴隨強烈地質活動(如：地震)，因此當陸地感受到強烈有感地震，臨時避難所結構及屋齡是需要經過評估。

日本神奈川平冢市淺間町防災危機管理課，執行評估及規劃海嘯臨時避難所之標準，海嘯臨時避難所於日本稱為「津波避難ビル」，目前平冢市積極針對 JR 東海線以南的區域等海嘯溢淹區域及鄰近該潛勢區的區域進行調查，「津波避難ビル」的挑選，需滿足下列條件：

1. 滿足日本建築基本防震法中最新防震設計標準
2. 地上 3 樓以上之鋼筋混凝土造 (RC) 或鋼骨鋼筋混凝土造 (SRC) 建物
3. 超過 3 樓的建物有緊急避難的公共場所，如屋頂、通道、教室等，當發佈海嘯警報時，該地區居民能緊急避難。
4. 由於海嘯溢淹情勢可能為時整天，若該建物作為避難時可免付費。

另外，日本政府經 311 日本海嘯事件後，重新探討臨時避難處所之規格：(1) 由於海嘯事件中發生婦人凍死在避難處所，原因是禦寒衣物或相關電器設備無法讓災民熬過寒冷的夜晚，(2) 海嘯通常伴隨著地震產生，因此陸地上感受的有感地震，也需考量避難處所耐震程度，以免造成二次傷

害。(3) 目前日本重新思考提供災民多元避難方式，除了考量到往高樓避難需攀爬樓梯費力費時以及抵達避難所之距離之外，思考於潛勢區內建築避難塔或是往地下空間進行避難，而地下空間須考量空間耐水壓之特性。

根據模擬結果顯示，茄萣、永安、彌陀、梓官、湖內、橋頭、楠梓、左營、鼓山、旗津、鹽埕、前金、苓雅、前鎮、小港、林園等 16 行政區為海嘯溢淹影響區域，根據不同案例海嘯災害溢淹潛勢圖評估現有的避難地點作為海嘯避難處所的適宜性，海嘯避難地點的建物條件須滿足(1) 防震設計標準；(2) 鋼筋混凝土結構；(3) 超過三樓的建築物等。以旗津區為例(圖 4)，因為旗津地理位置特殊，雖然里民防災卡上的避難地點皆位於潛勢區內，建築物皆高於 3 層樓且是鋼筋混凝土，故適合作為避難地點。但為爭取避難時間及有效疏散作業，建議增設國立高雄海洋科技大學旗津校區及旗津行政區中心(新址)作為未來可評估增設之海嘯避難地點。旗津區亦有旗津砲台及旗津燈塔作為旗津區海嘯戶外避難地點。

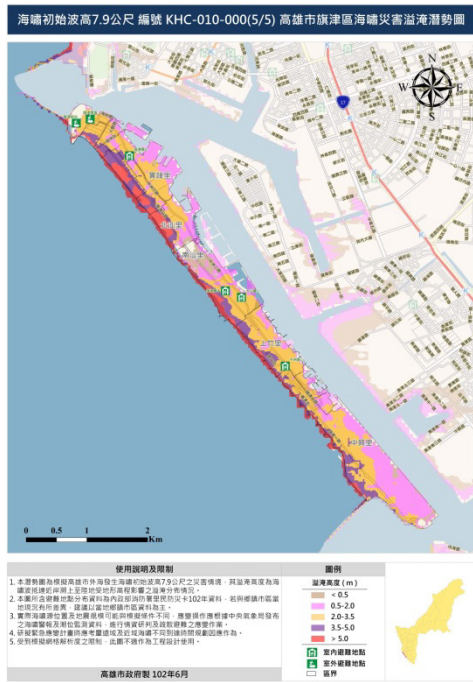


圖 4 高雄市旗津區海嘯災害溢淹潛勢圖（海嘯初始波高 7.9 m）

### 3.3 製作高雄市海嘯疏散避難地圖

為能減輕海嘯所造成之災害損失與衝擊，避難疏散體制的規劃是很重要的。分析民眾緊急疏散至避難場所之可行性、建立疏散指示標誌、河川道路情報表示板及道路標誌等活用設備，提供海嘯等相關資訊，建立一套海嘯災害標準避難疏散系統作業程序。

配合海嘯歷史災害調查、地形高程、建物型態、空間分布分析及數值模擬結果，推估海嘯可能影響的溢淹範圍及溢淹高度，建立其海嘯災害溢淹潛勢圖並進行評估作業。依據模擬結果，規劃合適之緊急避難場所與避難路線，製作海嘯災害防災圖卡，並設置明顯的標示，讓民眾了解各個避難場所位置與疏散路線的配套措施。

海嘯的疏散避難方式，可依其侵襲速度而決定異地（撤離）或就地（垂直）避難，但是垂直避難成效，仍須視建物結構（如鋼筋混凝土較佳）來做決定是否適宜。

海嘯疏散避難地圖皆有標明每個行政區的防災資訊（面積、人口、應變中心、消防單位、警政單位、醫療院所、避難處所）、還有明顯的疏散導引路線，清晰的設施圖例作為誘導辨識，可以明顯警示民眾避難方向，以旗津區為例，如圖 5。



圖 5 高雄市旗津區海嘯疏散避難地圖

## 四、總結

1. 蒐集高雄市環境背景與沿海、濱海行政區地理環境，包含面積、里人口數與總戶數，有助於海嘯災損的評估；遠域海嘯對高雄市的影響較為有限，但在臺灣西南外海發生的近域海嘯，對高雄市可能會造成重大的衝擊，應預先予以準備海嘯相關的減災規劃，在海嘯發生時能有效地降低海嘯所造成的災害。
2. 參考過去在臺灣西南部發生地震紀錄，假設高雄市臨海地區直接面臨重大海嘯襲擊的情況，震央位置在臺灣西南外海（21.50°N, 119.75°E）約 155 公里處。模擬結果顯示，海嘯發生後約 25 分鐘影響高雄市林園區、小港區以及旗津區等，32 分鐘後影響北高雄左營、楠梓等。
3. 海嘯波傳遞至近岸後造成的溢淹以港區出入口（含漁港作業區）、河道附近與岸邊地勢低窪處較為嚴重。北高雄地區以後勁溪河道沿岸影響最大，涵蓋右昌、援中、蚵子寮附近，後勁溪；彌陀、永安、與茄萣區之興達港（包含各行政區濱海區域、漁港作業區），北高雄最大的溢淹距離在梓官區約 1,400 m，最大溢淹深度在左營區 7.9 m。南高雄溢淹範圍則多在高港區、河道附近；小港及林園區之岸邊低窪地區也溢淹相當嚴重，南高雄最大的溢淹距離與溢淹高度皆在小港區分別為 2,560 m 及 11.8 m。
4. 不同海嘯初始波高的海嘯案例，依據不同案例的模擬結果，建立海嘯發生後在臨海行政區海嘯災害溢淹潛勢圖，並完成評估適合當地的海嘯避難地點及海嘯疏散避難路線。
5. 參考交通部中央氣象局「海嘯資訊發布作業說明」與澎湖縣政府「海邊遊客海嘯警報傳遞作業」，研擬符合高雄市對海邊遊客之海嘯警報

傳遞作業規定及潛勢區內民眾及車輛之海嘯警報傳遞作業規定。於海嘯警報發布後，能有效通報海邊遊客以及潛勢區內以及車輛海邊避難狀況。

## 參考文獻

1. Liu, Y., S. Angela, M. W. Shuo, S. Yaolin, L. Hailing and A. Y. David, (2007), Tsunami hazards along Chinese coast from potential earthquakes in South China Sea, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 163, 233–244
2. 陳韻如，2008，“2006 年屏東外海地震引發海嘯的數值模擬探討”，國立中央大學水文科學研究所碩士論文。
3. Liu, Philip L.-F., Woo, S.-B. & Cho, Y.-S. (1998) “Computer programs for tsunami propagation and inundation”, School of Civil and Environmental Engineering Cornell University, Ithaca, NY14853, USA.