



金門海岸一般性海堤風險評估與調適策略研究

國立臺灣海洋大學教授 / 黃偉柏
國立臺灣海洋大學博士後研究員 / 許睿統
國立臺灣海洋大學博士班研究生 / 葉純甄

關鍵字：風險評估、海岸侵蝕、韌性調適

摘要

本研究以金門縣一般性海堤為對象，進行海岸災害潛勢與風險評估。海岸災害潛勢分析涵蓋暴潮溢淹、海岸侵蝕、洪氾溢淹及地層下陷等四大災害，並結合社會經濟與防災應變能力，建立危險度與脆弱度指標，以風險辨識、風險分析及風險評量等流程，進行風險等級界定。結果顯示金門海岸主要災害潛勢為海岸侵蝕，暴潮溢淹、洪氾溢淹及地層下陷潛勢相對低，危險度分布為低級至中高級，脆弱度分布為低級至中級，整體風險則為低級至中低級。未來調適策略建議以「自然為本解決方案 (NbS)」及非工程手段提升韌性，並強化監測、教育宣導及土地利用管制，以確保金門海岸防災安全。

壹、研究背景

為「因應氣候變遷，確保國土安全，保育自然環境與人文資產，促進資源與產業合理配置，強化國土整合管理機制，復育環境敏感與國土破壞地區，追求國家永續發展。」臺灣透過國土三法《國土計畫法》、《濕地保育法》及《海岸管理法》，及依此三法所擬定之相關計畫綱領「全國國土計畫」、「國家濕地保育綱領」、「整體海岸管理計畫」等，積極推動國土規劃策略、濕地及海岸地區永續使用，以落實國家永續發展的理念下，能因應氣候變遷趨勢、確保國土安全。

根據民國 114 年「整體海岸管理計畫第一次通盤檢討」海岸防護事項明確指出，目前離



島地區災害潛勢分布零星點狀分布，且災害潛勢未達海岸防護區劃設標準，考量離島海岸管理介面較單一之下，離島海岸暫不劃設海岸防護區位。然由於離島監測調查資料缺乏，為利相關單位未來能有效聚焦推動離島海岸管理事項，各目的事業主管機關應以建立離島海岸監測調查資料為優先，並俟資料完備、災害潛勢分析完成後，視離島海岸防護需求、滾動式檢討評估離島地區海岸防護區位。

根據近年民眾陳情以及相關資料顯示，離島的金門海岸雖未達海岸防護區位劃設標準，但仍具海岸侵蝕的災害潛勢。另就當地居民需求而言，因金門島嶼面積有限，居民對於當地海岸變遷有極大的直觀衝擊。而海堤為海岸防護的重要具體防線，為能健全海堤岸段禦災、防災、減災能力，本研究針對金門縣一般性海堤區域，進行海岸災害潛勢分析，釐清海岸災害威脅程度，透過海岸地區災害潛勢與社會經濟層面的整合分析，瞭解一般性海堤岸段所面臨的海岸災害風險分布，同時根據海岸災害風險高低及釐清可管理對象，研提相對應之風險處理及韌性調適策略，保全防護設施功能及鄰近防護標的之生命財產安全，做為海岸防救災資源投入及機關橫向防災介面協調之參考，俾利提升金門縣整體海岸防災韌性能力。

貳、海岸災害潛勢分析

根據民國 104 年公告「海岸管理法」，海岸侵蝕、洪氾溢淹、暴潮溢淹和地層下陷等四大災害為海岸防護區位之劃設依據。以下就前述四大災害潛勢進行分析，釐清金門一般性海堤岸段之海岸災害類型。

2-1 暴潮溢淹潛勢分析

根據 113 年水利規劃試驗分署「禦潮水位通盤檢討與氣候變遷衝擊研究」，其統計了水頭潮位站 2004 ~ 2023 歷年極值潮位進行重現期分析，金門地區之 50 年重現期設計潮位為 3.68 公尺。本研究參照「整體海岸管理計畫第一次通盤檢討」暴潮溢淹防護區位分級劃設原則，與內政部所提供之數值地形模型（DEM）圖資，單純考量暴潮水位扣除地表數值地形高程，評估金門地區暴潮溢淹潛勢範圍及程度。分析結果如圖 1，結果顯示金門海岸暴潮溢淹潛勢範圍較為集中，金門本島主要分布於慈湖、西園湖、莒光湖等臨海周邊之水庫、湖泊等地勢低窪處，由於暴潮溢淹潛勢範圍分布於臨海防風林、湖泊等地區，該溢淹潛勢範圍內並無明顯村落、人民財產等防護標的，因此將可判識金門縣一般性海堤區域無暴潮溢淹潛勢災害。

2-2 海岸侵蝕潛勢分析

依據「整體海岸管理計畫第一次通盤檢討」海岸侵蝕防護區位分級劃設原則，海岸侵蝕災害防護區位是以平均高潮線變遷速率做為海岸侵蝕災害潛勢評估依據。為釐清海岸變遷趨勢，瞭解一般性海堤岸段所面臨之海岸侵蝕危急程度，本研究利用歷史實測水深地形監測資料，分析高灘線變遷速率。分析方法是將金門海岸重疊涵蓋 2 筆監測資料進行比對分析，以每 500 公尺設定一處檢核斷面分別進行高灘線變遷速率計算。圖 2 是以金門本島西側海岸段為案例做一說明，分析檢核斷面分布位置如圖 2 所示，高灘線變遷分析如表 1 所示。

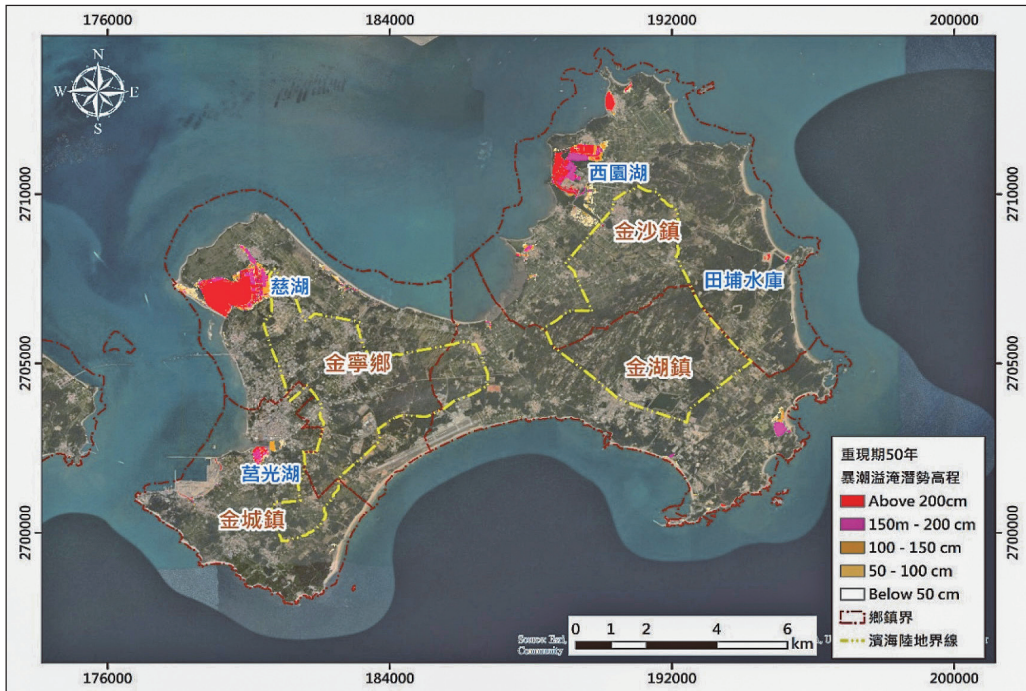


圖 1 金門海岸暴潮溢淹水潛勢高程分布圖（金門本島）- 50 年重現期

表 1 西側海岸高灘線變遷速率分析表

海岸段	斷面編號	分析年間	高灘線 (+2m) 變遷速率 (m/year)	備註
古寧頭北山 至南山	W01	110 ~ 112	2.83	
	W02		-0.02	
	W03		2.20	北山海堤
	W04		1.35	
	W05		2.37	南山海堤（位於 W05 ~ W06 間）
	W06		-0.89	
	W07		0.47	
	W08		0.43	
慈湖至 水頭港	W09	110 ~ 112	-1.29	
	W10	103 ~ 112	0.14	
	W11		0.62	慈堤
	W12		-0.51	湖下區排下游段與護岸、湖下海堤
	W13		0.16	湖下海堤
	W14		0.54	
	W15		-0.13	自行車道護岸
	W16		-0.14	
	W17	0.07		
	W18	0.95		
	W19	-0.67		
	W20	110 ~ 112	1.83	
	W21	110 ~ 112	-0.74	

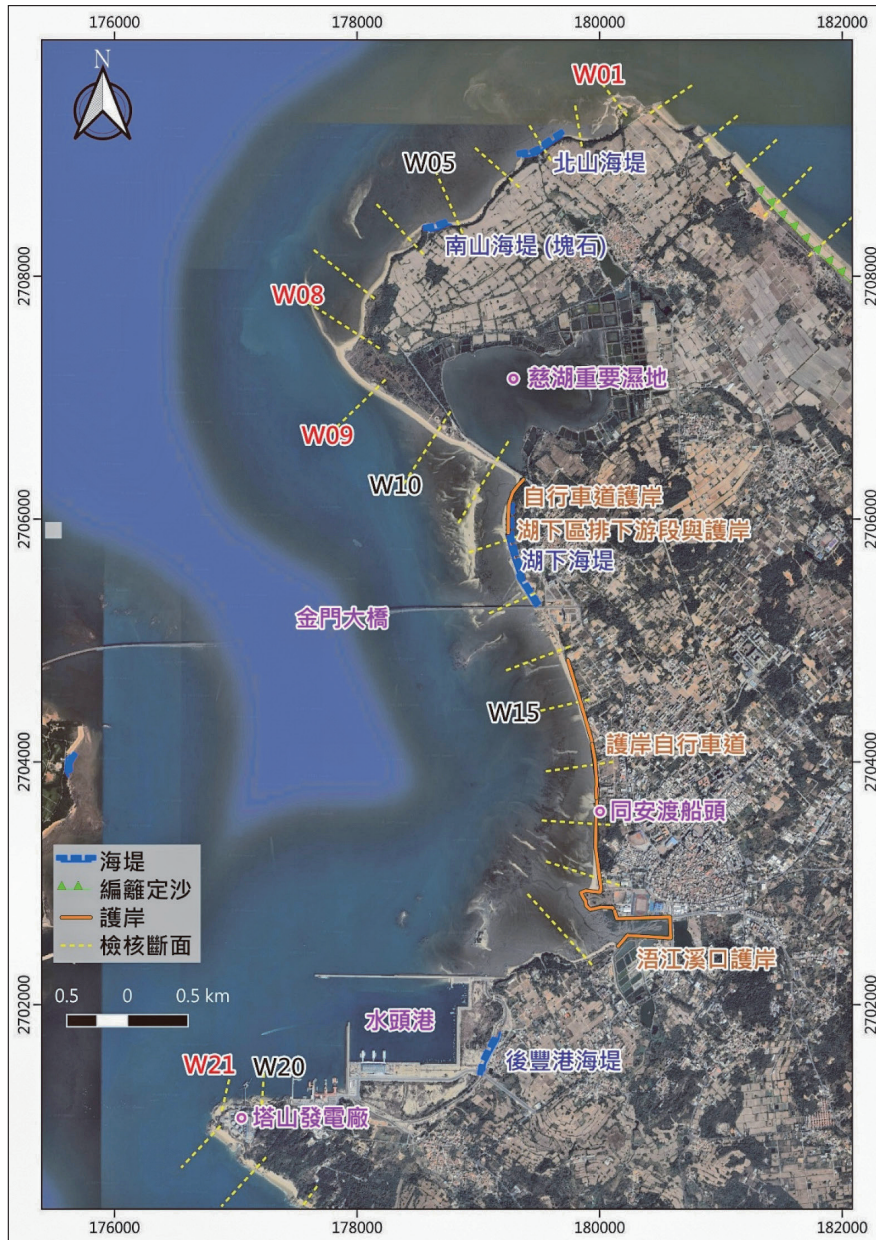


圖 2 金門西側海岸地形變遷分析檢核斷面分布位置

金門西側海岸古寧頭北山至南山海岸段檢核斷面設置為斷面 W01 ~ 斷面 W08，岸段內防護設施包含北山海堤及南山海堤，近岸陸域

多為自然原野，無明顯防護標的。另就衛星影像比對高灘線位置，北山至烏沙角碼頭海岸段高灘線已鄰近海崖邊坡及海岸防護設施。



慈湖至水頭港海岸段檢核斷面設置為斷面 W09 ~ 斷面 W21，岸段內防護設施包含自行車道護岸、湖下海堤、護岸自行車道、浯江溪口護岸。近岸陸域重要防護標的包含慈湖重要濕地、自行車道、原野、農田及建物設施等，本段海岸亦為金門地區人口最密集之範圍。就岸線變遷分析結果來看，高灘線並無明顯變遷趨勢，主要是因本段海岸高灘線多已鄰近海崖邊坡及海岸防護設施。

2-3 洪氾溢淹潛勢分析

為達洪氾溢淹治理成效，需從河川排水上、中及下游進行整合性考量，非僅從海岸地區範圍內進行相關做為即能夠完備，故在洪氾溢淹災害防治時，內水溢淹部分仍以水利法及流域綜合治理特別條例等相關規定為主。然而，依據「整體海岸管理計畫第一次通盤檢討」海岸地區洪氾溢淹之災害潛勢範圍，主要受暴潮位影響，已納入暴潮溢淹潛勢綜合考量。

根據金門縣 24 小時延時 50 年重現期距洪氾溢淹淹水分布，溢淹範圍主要集中於安岐、沙美等地勢低窪地區。然依據本研究暴潮溢淹分析成果，金門海岸具有暴潮溢淹潛勢範圍者，主要為鄰海防風林等，顯示金門地區淹水潛勢與暴潮溢淹潛勢並無明顯重疊範圍，即金門地區洪氾溢淹導因屬降雨強度過大致宣洩不及低窪所致，與暴潮水位相關性低，整體治理應回歸流域綜合管理。由此可證，就金門縣一般性海堤岸段而言，各防護設施岸段皆無洪泛溢淹災害。

2-4 地層下陷潛勢分析

依據 106 年經濟部所公告地下水管制區位分佈（經授水文字第 10620209170 號），離島區域並未列入地下水管制區位。此外，本研究蒐集內政部國土測繪中心「106 及 107 年度離島一等水準點水準及衛星定位測量計畫」工作成果，釐清金門縣一等水準點正高程變化，以作為研析計畫區域地層下陷災害潛勢。根據金門縣 106 年各一等水準點正高程變化計算成果，民國 93 年至 106 年期間，金門縣地區正高程年變化速率介於 +0.32 ~ 0.00 公分，其中以編號 KM37 溪邊一等水準點高程變化最大，為 +4.15 公分。換言之，根據內政部國土測繪中心測量調查資料顯示，金門縣地區一等水準點高程並無下陷趨勢，因此可研判金門縣地區無地層下陷災害潛勢。

參、風險評估

本研究參考水利署「一般性海堤之風險評估計畫書（參考本）」，研提風險評估作業程序，釐清金門縣一般性海堤岸段災害潛勢現況下，濱海陸地之人文、社會及經濟所面臨之海岸災害潛勢威脅，同時考量災害應變能力，選定風險評估因子，因地制宜建立金門縣一般性海堤海岸災害風險評估原則與方法，以作為風險處理應變及調適韌性應用參考。

本研究依據一般性海堤之風險評估計畫書（參考本）所針對臺灣海岸災害風險組成指標分類原則等內容，參採聯合國減災組織（UNDRO）在 1979 年所提出風險



(Risk) 定義 [5]，由兩大指標組成，一為「危險度 (Hazard) 指標」，二為「脆弱度 (Vulnerability) 指標」。

其中，本研究將風險評估中之危險度指標視為海岸災害潛勢及防護設施特性之代表；脆弱度指標則代表濱海陸地之人文社經可能受影響的損傷程度與應變能力等，落實執行海岸災害風險評估，以整體性角度，評估、量化海岸地區風險交互關係。換言之，於此兩大指標架構下，可將災害風險以海岸防護設施向海側及向陸側做區隔，清楚分化為災害危險及人文社經脆弱程度，分別進行探討與分析，進而依據危險度及脆弱度風險等級，予以妥適之相對應風險處理策略。

另脆弱度部分，因近年來氣候變遷，導致海平面上升、極端氣候發生頻率增加等，不僅只有海岸地區，全球各地政府與人民開始重視防災與避災問題。因此本研究因應目前社會現況，在脆弱度指標中納入「韌性」理念。其中，「韌性」代表應對與適應災害的能力，透過增強韌性，使災害發生時，更有能力與意識施行避難措施，並在災後能有足夠資源可提供救助，以達降低災害損傷目的。因此，為維持臺灣由「危險度」及「脆弱度」組成的慣用風險定義，同時將符合世界防災推動的「韌性」納入，本研究為將「韌性」因子納入「脆弱度」一併考量。需注意的是「韌性」與「脆弱」在風險的計算裡為成反比，所以排序分級特性應依前述原則進行分析及整合。

由於臺灣各海岸地區特性不同，在選用因子時應考量該海岸地區，因地制宜建立其

危險度及脆弱度因子資料庫。因此，本研究以水利署一般性海堤之風險評估計畫書（參考本）之風險因子資料庫為基礎，並將危險度因子資料庫中排除非屬研究區所面臨之海岸災害，包括暴潮溢淹、洪氾溢淹及地層下陷等課題等相關因子，以利聚焦於海岸侵蝕災害風險。依上述所建置之研究區海岸災害及社會經濟特性風險因子資料庫如圖3所示。

風險評估流程包含風險辨識、風險分析、風險評量以及風險處理等步驟，以下依序針對個步驟進行說明。

3-1 風險辨識

建立風險因子資料庫後，本文透過 Murray 等人所提出的模糊德爾菲法 (FDM) 篩選出代表影響因子進行後續相關風險評估 [6]。本研究模糊德爾菲專家共識問卷回收數量共為 13 份。於問卷填答過程中，每份問卷係為一專家學者獨立填答。由模糊德爾菲法專家問卷調查，根據計算結果，危險度代表影響因子包含海灘類型、海床坡度、波浪、岸線變化、附屬保護工、消波緩衝帶寬度、建造物本體現況及建造物型式，共計八項。脆弱度代表影響因子則有人口密度、經濟產業、避難計畫及預警制度共四項。

3-2 風險分析

本研究依據各項因子特性，藉由定性分析、定量分析或半定量分析，針對該代表影響因子進行系統性分級，以量化、釐清各因子的分級關係，以下分別就各代表性影響因子進行風險分級原則與方法說明。

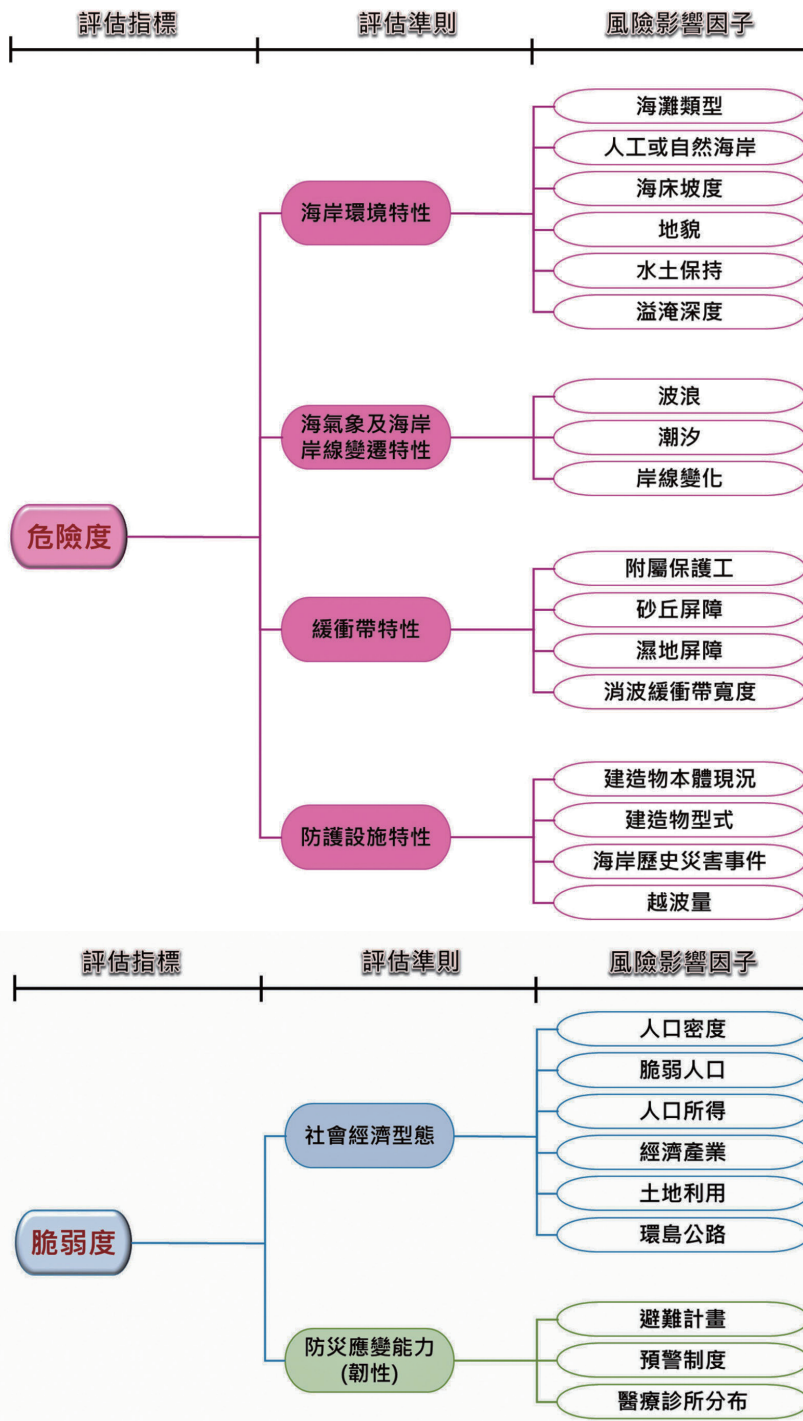


圖 3 危險度及脆弱度影響因子資料庫



一、危險度

1. 海灘類型

海灘類型為代表該海岸地質之物理特性，例如岩石、砂灘等類型。其中，當底質粒徑越小者，則越容易受海洋營力影響產生地形變遷，且相關防護設施及保護標的則愈容易受影響。因此本研究依據水利署水利規劃試驗所之臺灣海岸海灘類型分類成果，以泥灘、砂質、礫石、珊瑚礁以及岩石等五大海岸分類作為分析依據，作為半定量分析依據。分類準則及危險度風險分數如表 2。

2. 海床坡度

海床坡度為影響海洋營力入射至近岸時，提前消滅波浪能量之重要影響條件之一，並可作為推估海洋營力影響海岸防護設施之參考。換言之，當海岸防護設施前之海床坡度比越大，海洋營力未提前受海床摩擦、淺化等能量消滅作用，使得海岸防護設施面臨較大之營力衝擊；反之，當防護設施前之海床坡度越緩，波浪能量消滅幅度越大，海岸防護設施受衝擊、掏刷之能量則相

對較小。因此，本研究為就金門縣一般性海堤岸段之海床坡度比，利用定量分析，將各岸段海床坡度比進行排序，量化、比較海床坡度危險等級與分數，海床坡度排序分佈百分比達 66% 以上為高危險度，介於 33% 至 66% 者為中危險度，低於百分比 33% 以下則視為低危險度，共分為 3 級。

3. 波浪

波浪條件為代表海洋營力影響海岸地形變遷或危及相關防護設施、標的之判別要素之一。因此若岸線前入射波高愈大，則對於海岸地形變遷及相關防護設施、標的之危害程度越高。因此本研究就金門縣各一般性海堤岸段，釐清其於 50 年重現期距深海波高入射影響下，各岸段之垂直入射波高，並透過入射波高排序百分比分級，利用定量分析，量化計畫岸段波浪危險程度，以每 20% 做唯一級距，共分為 5 級。

4. 岸線變化

金門縣一般性海堤岸段以海岸侵蝕災害型態為主，各岸段變遷趨勢受地理位置、輸

表 2 海灘類型分類原則及危險度風險分級表

海岸類型	辨識準則與環境描述	危險度（災害潛勢）	風險分數
泥灘海灘	地表所覆蓋底質粒徑小於 62.5 mm 之淤泥狀沉積物之海岸類型	高	1
砂質海岸	地表表面覆蓋底質粒徑界於 62.5 mm ~ 2 mm 之海岸類型。	中高	0.75
礫石海岸	海灘表面覆蓋底質粒徑介於 2 mm ~ 256 mm 的礫石沉積物海岸類型。	中	0.50
生物海岸	指珊瑚礁或藻礁海岸。	中低	0.25
岩石海岸	山地或丘陵地與海岸平行或相鄰，堅硬的岩層露出在海平面之海岸類型，最常見到的岩岸地形是海崖與海蝕平台。底質粒徑大於 256 mm 亦屬之。	低	0

資料來源：經濟部水利署水利規劃試驗所



砂來源等影響，使得各岸段變遷速率高低、分布有所不同。本研究參考整體海岸管理計畫第一次通盤檢討（草案）所公告之海岸侵蝕災害潛勢劃分原則，將各岸段內之平均高灘線變遷速率，以定量分析，以高灘線年侵蝕速率每 0.5 m/yr 為一級距，將各輸砂單元內之平均岸線變遷速率風險分為 5 等級，當高灘線每年侵蝕速率達 2 m/yr 以上則視為高危險度。

5. 附屬保護工

由於堤前存有有人工消波設施或附屬保護工，能使其堤前碎波能力增加，進而降低海岸地形變遷趨力及波浪作用能量，且可保護堤身基礎避免受波浪淘刷，使該岸段之海岸災害風險較低。因此，為瞭解堤前海洋營力消滅情況，進而推判該一般性海堤岸段面臨之海岸災害潛勢，本研究以堤前無人工消波結構物設施、堤趾處設有附屬保護工及堤趾處設有附屬保護工且堤前存有其餘消波結構物設施（如離岸潛堤），利用定性分析，將危險程度分為 3 個等級，作為附屬保護工危險度風險等級劃分依據。

6. 消波緩衝帶寬度

消波緩衝帶寬度為岸線前的砂灘、潮間帶寬度。此區域提供波浪提早受到淺化作用消滅能量，不致於直接衝擊至海岸防護設施，意即為減少一般性海堤受海洋營力影響之緩衝帶。本研究根據整體海岸管理計畫第一次通盤檢討（草案）海岸侵蝕災害潛勢分級標準，以海岸侵蝕速率每年後退 5 m 以上為高災害潛勢為基礎，並考量整體海岸管

理計畫每五年須通盤檢討乙次，因此將消波緩衝帶寬度採以 25 m 尺為單位，分為 5 個級距，寬度小於 25 m 視為高危險度，大於 100 m 則視為低危險度。

7. 建造物本體現況

海岸防護設施為海岸地區之重要防線，可阻擋海岸相關防護標的受海洋營力直接衝擊，意即建造物本體現況安全檢測係屬海岸防護設施防護功能之重要例行查核措施。然而考量執行海岸防護設施透地雷達等安全性檢核過程需時較長，且花費甚高，因此，本研究將根據結構物安全檢測成果並搭配目視巡察結果，分為 3 級。

8. 建造物型式

海岸線於波浪、潮汐以及氣候變遷等海洋營力作用下，海岸線防護型式或防護作為係岸線抵禦波流掏刷、砂石運移威脅之防線。換言之，建造物型式係為探討岸線受海岸侵蝕所可能潛在之危害程度要素之一，因此針對有設置海堤、消波工等岸段，就學理上其抵禦海岸侵蝕所造成之岸線後退較自然海岸佳，有固守岸線之功能，因此海岸侵蝕危險程度較低。本研究以定性分析，劃分建造物型式危險等級程度，分為 5 級。

二、脆弱度

1. 人口密度

由於當人口密度越高，則愈易因海岸災害造成人員損傷害，即脆弱程度愈高。因此本



研究將藉由金門縣濱海陸地村里之人口密度計算，量化人口密度脆弱程度，作為判釋一般性海堤岸段致災風險參考之一。其中，由於一般在計算人口密度時，數字龐大、單位繁雜且難以直接辨別該人口密度所屬之等級。因此本研究參考江（2007）之計算方法，將人口密度藉由標準化計算後，進而透過正規化將數值去除負數，轉換成 0 ~ 1 數值，利用定量分析將人口密度分為 5 級脆弱度風險分數。

人口密度計算步驟 1- 標準化：

$$Z_{jk} = \frac{X_{jk} - \bar{X}}{S_j}$$

- Z_{jk} ：第 j 個指標第 k 個村里之標準化數值；
- X_{jk} ：第 j 個指標第 k 個村里之數值；
- S_j ：第 j 個指標在所有村里之標準差；
- \bar{X} ：第 j 個指標在所有村里之平均數。

人口密度計算步驟 2- 正規化：

$$I_{jk} = \frac{Z_{jk} - Z_{jm}}{D_j}$$

- I_{jk} ：第 j 個指標第 k 個村里之指數值；
- Z_{jk} ：第 j 個指標第 k 個村里之標準化值；
- Z_{jm} ：第 j 個指標在所有村里標準化數值之最小值；
- D_j ：第 j 個指標在所有村里標準化值之全距（最大值減最小值）。

2. 經濟產業

就金門等離島海岸而言，因環境資源保護完善、歷史人文等面向獨具特色，離島各地產業發展主要奠基於其原始自然環境、人文遺跡等資源，鮮少有工業、科學園區等產

業發展分布，與本島經濟產業類別差異甚巨。因此，考量目前各離島海岸地區多以觀光產業、特色農漁業等作為當地主要經濟收入來源，因此本研究將機場、漁港碼頭、觀光景點等設定為金門島嶼之經濟產業，並依據各經濟產業受損修復時間，藉由定性分析，因地制宜劃分金門縣一般性海堤岸段後側涉及之經濟產業脆弱風險程度。

3. 避難計畫

颱風期間，為避免人員受傷或災損，相關主管機關或警消防災單位，時常藉由撤村、收治避難場所等緊急疏散避難計畫，降低人員因災害受損之脆弱程度。其中，由於學校、村里民活動中心等場所，因交通易達性及安全性較高，時常被指定為避難計畫之優先緊急避難收容場所。然而考量金門海岸地區常有因降雨排水不及造成積淹水等災害，因此本研究將透過一般性海堤岸段後側村里範圍內有、無適用水患災害避難之學校或村里民活動中心，利用定性分析，做為避難計畫脆弱度分級依據，以量化該一般性海堤岸段後側村里之災害應變能力，共分為 3 級。

4. 預警制度

目前就水患、積淹水等致災頻繁區域，金門當地政府等相關主管機關多以防汛人員通報或是設置監測裝置等設備，做為颱風期間即時掌控災情以及發布預警報告之依據。因此，本研究透過蒐集該一般性海堤岸段後側村里範圍內是、否設有監控裝置或派遣防汛人員巡視等，利用定性分析，以評估災害應變能力等級分級標準，共分為 3 級。



3-3 風險評量

由於各項代表影響因子對於海岸災害之影響程度比重應有所不同，為求得各評估準則以及影響因子權重，以計算各岸段之危險度總分和脆弱度總分進而推估其風險等級。因此，本文藉由 Saaty 所提出之層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) [7]，透過問卷調查彙整數名專家學者意見，將各因子間複雜的重要程度問題分層解析，以量化影響權重，結果如表 3。

以上將危險度因子以及脆弱度因子的風險分級定義及權重關係分析完後，將海岸地區海岸災害潛勢與人文社經影響程度進行結

合。即為將各項代表影響因子的風險分數乘以相對應的權重值，得出該項因子的加權分數後，再分別將危險度、脆弱度各項因子的加權分數加總，可求得危險度、脆弱度的總分，並對應其危險度、脆弱度等級。最後，將危險度及脆弱度風險等級帶入風險矩陣，即可評量海岸災害風險等級。各岸段危險度風險分數及風險等級組成圖 4，脆弱度風險分數及風險等級組成如圖 5。

其中，后頭海堤因潛在海岸侵退、海床坡度較陡、入射波浪能量較大且消波緩衝帶寬度不足等問題，因此后頭海堤為屬中高級危險度；尚義海堤、成功海堤、安歧海堤、北山海堤、南山海堤、羅厝海堤及青岐海堤，則

表 3 危險度及脆弱度代表影響因子權重關係總表

層級	上層目標	評估準則／因子名稱	相對權重	絕對權重
危險度				
第一層級	危險度指標	海岸環境特性	0.33	0.33
		海氣象及海岸岸線變遷特性	0.33	0.33
		堤前緩衝帶特性	0.19	0.19
		防護設施特性	0.15	0.15
第二層級	海岸環境特性	海灘類型	0.61	0.20
		海床坡度	0.39	0.13
	海氣象及海岸岸線變遷特性	波浪	0.29	0.10
		岸線變化	0.71	0.23
	堤前緩衝帶特性	附屬保護工	0.27	0.05
		消波緩衝帶寬度	0.73	0.14
	防護設施特性	建造物本體現況	0.26	0.04
		建造物型式	0.74	0.11
脆弱度				
第一層級	脆弱度指標	社會經濟型態	0.59	0.59
		防災應變能力	0.41	0.41
第二層級	社會經濟型態	人口密度	0.60	0.35
		經濟產業	0.40	0.24
	防災應變能力	避難計畫	0.42	0.17
		預警制度	0.58	0.24

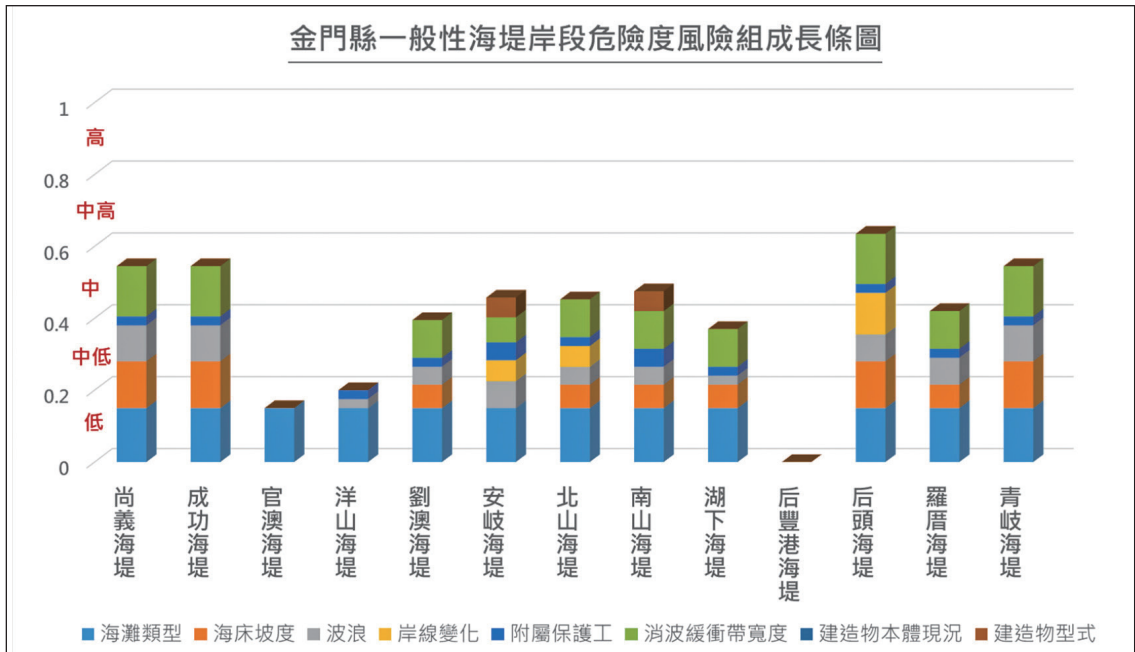


圖 4 金門一般性海堤岸段海岸災害危險度分數組成示意圖

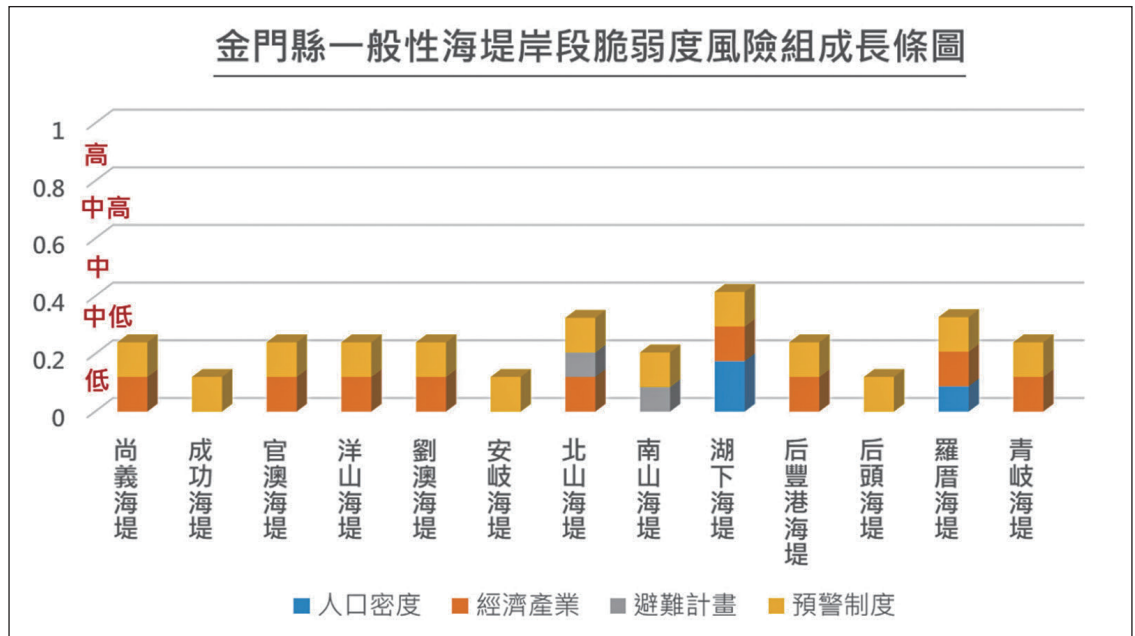


圖 5 金門一般性海堤岸段海岸災害脆弱度分數組成示意圖



因海床坡度、入射波浪及消波緩衝帶等綜合影響下，使得岸段皆有中級危險度。另就脆弱度風險而言，湖下海堤段為屬中級脆弱風險程度，主要因該岸段位處人口相對稠密之地區，加上其岸段屬金門地區重要觀光景點之一，因此綜合之下脆弱度風險相對較高。

透過以上方法確立各區域之危險度、脆弱度及風險等級後，本研究藉由地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）繪製海岸風險地圖，呈現風險等級空間分布，如圖 6。經由海岸災害風險評估成果，金門縣 13 座一般性海堤岸段海岸危險度風險分布

為低級至中高級，脆弱度風險分布為低級至中級，整體風險（危險度乘上脆弱度）為低級至中低級。

肆、金門縣一般性海堤海岸災害風險處理及調適韌性策略

於 60 年代開始，臺灣各地區海岸始大規模興築海堤以保護人民生命財產安全，而隨著基本資料的累積以及分析技術精進等驅使，各海岸防護設施亦始根據其所需之防護標準進行檢討與維護工程。然而，近年來海岸地區受氣候變遷影響，海岸所面臨之外在

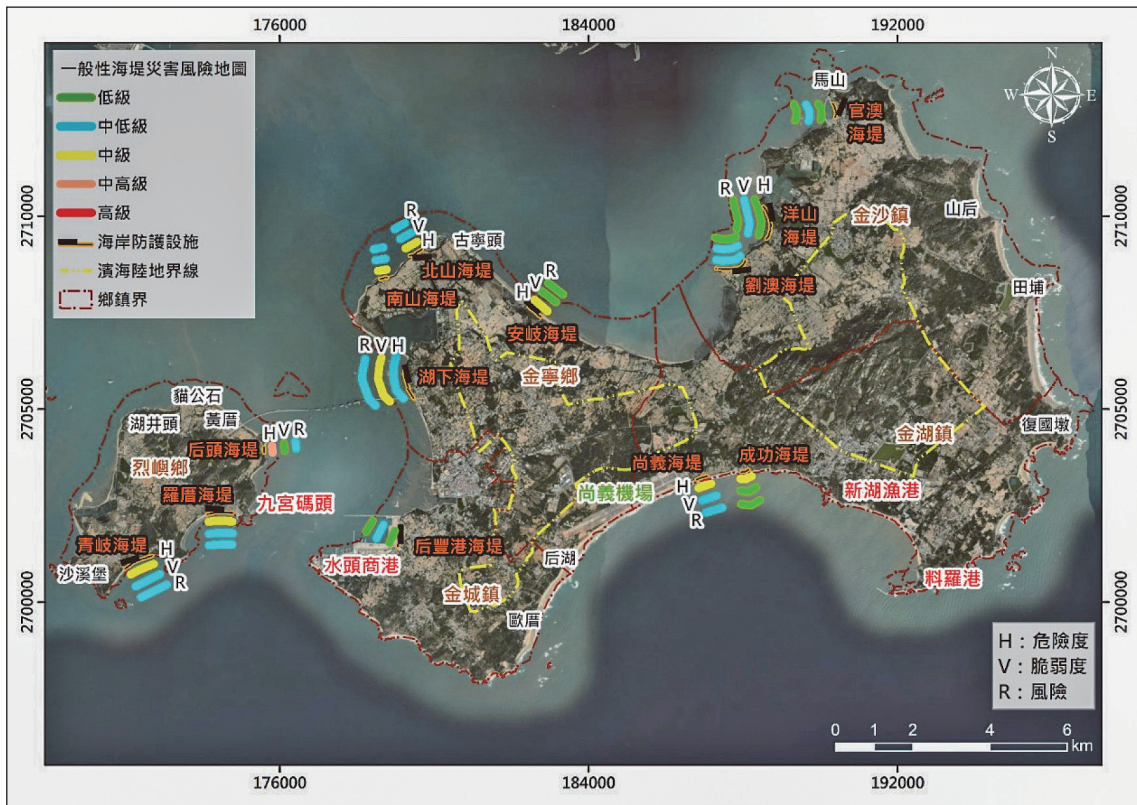


圖 6 金門縣一般性海堤岸段海岸災害風險地圖



營力衝擊難以預測，加上海岸空間、治理效益與經費等現實考量，工程手段無法配合不可預期事件，無限制的提升防護標準。因此海岸防護之思維，應由全面「抑制災害發生」的工程手段，適地、適量地轉變為在一定程度之防護基礎條件下，「適度承擔災害風險」之非工程手段。

目前金門海岸一般性海堤檢核成果大多處安全無虞狀態，因此海岸災害防治、防護管理推動上，應不再以增加既有防護設施長度、高度等工程措施為主，而應維持防護設計標準下，輔以非工程等調適手段予以因應災害衝擊。上述防護管理方針意同於國際間廣泛倡議的「自然為本解決方案(Nature-based Solutions, NbS)」理念，非一味採增加防護工程密度，而是藉由強化韌性，導入適當的區位管理以及劃設，兼顧海岸開發與保育的平衡。

然而，為因應氣候變遷影響、海岸災害動態性變化，不論是在海岸災害風險評估或災害風險處理、管理，皆須定期予以通盤性檢核，釐清災害潛勢、致災脆弱風險變化後，據以滾動式修正相對應之防災、應變等措施，以利提升海岸災害風險管理效益。

另就空間角度劃分海岸災害風險管理而言，海岸防護區空間分布及防護管理策略，係以海岸防護設施為界，在海岸防護設施向海側為以防護為主，管理為輔。換言之，堤前防護策略為在符合防護設施設計標準下，藉由工程、非工程手段或管理限制，予以必要性以及積極性防護，避免災害潛勢惡化或擴大災害潛勢範圍；海岸防護設施向陸側則是以管理為主，以期當海洋營力影響超過防

護設施設計標準時，透過預防性之長期調適手段，以非工程角度進行土地管理、災害預警等作為，保全濱海陸地防護對象之生命財產安全，並強化耐災能力。

綜合以上，就海岸侵蝕災害而言，海岸防護設施為濱海陸地之第一道防線，以海岸防護設施做分界，分別進行堤前災害監測、防治作為，以及堤後濱海陸地致災風險管理，藉由防災、減災以及避災等三大海岸災害防護目標，提升海岸地區整體韌性能力。

而就調適策略而言。根據金門縣一般性海堤岸段歷年監測資料彙整，顯示金門歷年監測調查資料相對不足，且水深地形監測調查範圍重疊度較低。因此建議針對金門縣本島北側及西側一般性海堤岸段，包含洋山、劉澳、安岐、北山、南山及湖下海堤等岸段，應優先辦理水深地形監測調查，以作為檢討一般性海堤災害潛勢、海岸防護設施禦潮功能、附屬消波工重量檢核等依據。此外，依據金門縣一般性海堤岸段危險度分析成果，多數岸段皆面臨消波緩衝帶寬度較窄、堤前海床坡度較陡等風險情勢，因此建議應持續規劃災害風險民眾教育宣導、告示牌設置等非工程防災手段，並以中長期角度，納入以自然為本解決方案(NbS)，研提侵退防治因應措施、堤前緩坡化等作為，以減緩海岸防護設施本體或基腳受海洋營力衝擊與掏蝕。

另於適應性策略上，由於金門以獨特海岸自然景觀、歷史洋樓古蹟、農特產品等，作為觀光產業發展特色，因此建議於具海岸侵蝕災害潛勢之岸段，堤後建議避免新設住宅區、土地開發利用規劃等，以維持低脆弱



度風險。其中，相關開發利用行為，則須回歸至各土地權責機關及利用管理辦法原則，依照權責分工辦理。

伍、結論

1. 金門海岸主要災害潛勢為海岸侵蝕，需優先監測與防治高危險度岸段。
2. 整體風險分布以低至中低級為主，建議採用「自然為本解決方案 (NbS)」及非工程手段提升韌性。
3. 應強化土地利用管制與社區防災治理，避免高潛勢岸段開發並完善避難與預警制度。

誌謝

本研究於水利署第八河川分署 111- 水八規-03 以及金門縣政府 W114001 支助下完成。

參考文獻

1. 內政部，2015，海岸管理法。
2. 內政部，2025，整體海岸管理計畫第一次通盤檢討。
3. 經濟部水利署水利規劃分署，2024，禦潮水位通盤檢討與氣候變遷衝擊研究
4. 內政部國土測繪中心，2018，106 及 107 年度離島一等水準點水準及衛星定位測量江宜錦，2007，天然災害統計指標建構與分析——以台灣各縣市為例。
5. UNDRO, (1979). Natural disasters and vulnerability analysis: report of Expert Group Meeting. Geneva, UNDRO books.
6. Murray, Thomas J., Pipino, Leo L., van Gigch, John P., (1985), "A Pilot Study of Fuzzy Set Modification of Delphi", Human Systems Management, vol. 5, no. 1, pp. 76-80.
7. Saaty, T. L., (1980), "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, New York.