



海域資料在海岸風險評估之應用

— 以花蓮海岸為例

王國樑／經濟部水利署第九河川局 局長

黃偉柏／國立臺灣海洋大學河海工程學系 副教授

姜重宇、廖顯益／國立臺灣海洋大學河海工程學系 研究生

古婉婷／經濟部水利署第九河川局 工程員

近年來因氣候變遷影響，極端氣候發生頻率及能量漸增，單就加強海岸防護強度來抵禦極端海象條件並非唯一選項，應搭配調適方式適度承擔災害風險，因應災害可能帶來的衝擊。因此，本文透過海岸災害風險評估，全面瞭解海岸災害潛勢之危險程度，以及災害影響範圍內人文社經損傷與防災應變能力之脆弱程度，進而評估各村里之風險等級，以供目的事業主管機關資源投入、基礎設施改善及管制強度優先順序之參考，並就該村里之風險主導指標，分別改善災害潛勢或脆弱程度，以提升海岸韌性之根本。本文應用歷年海域監測資料，包括波浪及水深地形實測資料，以分析各村里之波浪條件、岸線變化及堤前緩衝帶寬度等危險度代表性影響因子，進而量化其危險等級。由風險評估結果顯示，研究區以民孝里（高風險）風險等級最高，其次為民心里（中高風險），再者為民有里及新社村（中風險），而其餘村里之風險等級為中級以下。

前言

民國 60 年代起，隨著國家政策、社經發展、人口增加等因素，內陸可利用土地快速飽和加上出口導向等經濟誘因，人口逐漸向濱海地區遷移。為保護沿海居民的生命財產安全及加速經濟發展，於沿岸地區陸續興建許多海岸防護設施等人工構造物及設施。然而隨著攔沙壩興築、河川整治等因素導致沿岸輸砂源減少，造成海岸侵蝕，對沿岸防護設施、保全對象以及國土資源的威脅性增加。有鑑於此，各岸段開始檢討海岸防護設施的安全性，並在海岸侵蝕較為嚴重地區，輔以其他構造物提升防禦浪潮的功能。目前雖各防護設施均符合設計標準，但近年來在極端氣候發生頻率、能量漸增，以及人們對海岸環境保護及生態永續的觀念興起下，單以加強海岸防護強度抵禦極端氣候並非唯一選項，應在經濟發展、海岸防護及環境保

育間取得平衡，以促進海岸地區的永續發展。

因此，為因應氣候變遷以及達到海岸永續發展之宗旨，內政部於 104 年 2 月 4 日公告並施行海岸管理法^[1]，希望可達海岸零損失、防治海岸災害，並將海岸侵蝕、暴潮溢淹、洪氾溢淹及地層下陷列入法定災害，且因應氣候變遷與海岸災害風險，易致災害之海岸地區應採退縮建築或調適其土地使用，使得在國土保存與人民生命財產安全都能兼顧，以達降低海岸災害風險。

爰此，本文透過海岸侵蝕、暴潮溢淹、洪氾溢淹及地層下陷災害潛勢分析，以釐清研究區近年所面臨之海岸災害。然後，就災害潛勢以村里為尺度進行風險評估，分析研究區內之災害危險程度以及社會經濟與應變能力脆弱程度，最終繪製海岸災害風險地圖，供未來調適策略參考應用。

研究範圍

本文以花蓮縣新城鄉新城村以南至吉安鄉仁安村及豐濱鄉新社村為案例進行說明，如圖 1 所示。

海域監測概況

本文蒐集彙整研究範圍內相關海象與地形調查監測資料，供後續海岸災害潛勢及危險度代表影響因子分析應用。

潮位

依據中央氣象局花蓮潮位站（花蓮港內）2002～2021 年統計資料^[2]，年平均之大潮平均高潮位約 0.82 公尺，平均潮位約 0.04 公尺，大潮平均低潮位約 -0.91 公尺，平均潮差約 1.20 公尺。

另根據水利署石梯潮位站（石梯漁港內）2002～2021 年統計資料^[3]，年平均之大潮平均高潮位約 0.91 公尺，平均潮位約 0.17 公尺，大潮平均低潮位約 -1.00 公尺，平均潮差約 1.23 公尺。

波浪

依據中央氣象局花蓮浮標站（七星潭外海 300 公尺處）2002～2021 年統計資料^[2]，夏季期間（4～9 月），平均示性波高約 0.80 公尺，平均週期約 5.8 秒，主要波向為 ENE～ESE；冬季期間（10～翌年 3 月），平均示性波高約 1.42 公尺，平均週期約 6.2 秒，主要波向為 NE～ENE。

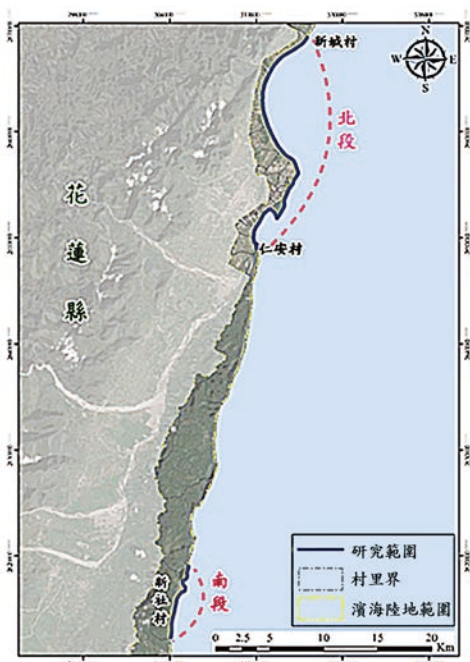


圖 1 研究範圍圖

地形調查監測

水利署第九河川局於民國 75～91、93 年度以自辦方式完成南、北濱及化仁海岸監測調查；民國 94～109 年度則以專業委託服務方式完成南北濱至化仁、七星潭（含環保公園）、水璉、牛山、新社東興至豐濱及崇德新城海岸等監測調查。

海岸災害潛勢分析

為瞭解研究區所面臨之海岸災害類型，以下就法定四大海岸災害潛勢進行分析，釐清災害潛勢高低及空間分布。

暴潮溢淹潛勢分析

暴潮溢淹指因颱風或低氣壓所產生之強風或氣壓突變等氣象變化，使海面產生明顯之暴漲，加上天體引力所引發之天文潮，兩者結合而成之海水位超過海堤或護岸高度，使得大量海水湧入低窪地區，造成溢淹。

暴潮特性

本文採以潮位站歷史實測年極值排序統計，即涵蓋天文潮與氣象潮兩者之影響機制而成，並經重現期分析後，作為各期距之暴潮水位。由於花蓮海岸長度較長，為符合海洋營力作用機制與影響相近之岸段，本文參照花蓮縣二級海岸防護計畫分段方式，將花蓮沿海水位分佈區分為兩大大段，分別為花蓮海岸（I）和平溪口至奇萊鼻段及花蓮海岸（II）奇萊鼻至花東縣界段。

花蓮海岸（I）為採中央氣象局花蓮潮位站觀測資料；花蓮海岸（II）則以水利署石梯潮位站監測資料進行重現期分析。由分析結果顯示，花蓮海岸（I）50 年重現期暴潮水位為 1.53 公尺；花蓮海岸（II）50 年重現期暴潮水位為 1.55 公尺。

暴潮溢淹潛勢

本文所探討之暴潮溢淹潛勢為海堤全面潰堤最危險情境，即以 50 年重現期距的暴潮水位條件與數值高程模型（Digital Elevation Model, DEM），單純考量水位與地形高程差值，評估研究區濱海陸地內之溢淹範圍與深度分佈^[4]。由結果顯示，研究區因緊鄰中央山脈與海岸山脈，地勢高且坡度陡，受暴潮位影響相對輕微，溢淹潛勢範圍均位於河口以及自然灘地，並無溢淹至內陸情形。因此於 50 年重現期下，研究區受暴潮溢淹災害致災機率較低。

海岸侵蝕潛勢分析

海岸侵蝕為海岸線向內陸退縮之現象，造成海岸侵蝕之主要原因之一為沙源流失，供輸失衡，即該海岸地段流失之沙源比補充之沙源量大，其肇因一般可分為自然因素及人為因素兩類。自然因素主要包括海洋營力及水文條件改變引起河川輸砂量減少；人為因素則包括填海造陸、突出岸線之人工結構物、河川整治造成輸砂減少等。

為能釐清研究區海岸地形變遷趨勢，以瞭解海岸侵蝕危害程度，本文利用 2016 年 05 月及 2020 年 06 月之實測水深地形資料，進行岸線變化速率及平面侵蝕量體變化分析，進而判定侵蝕潛勢高低及分布。

漂砂特性

本文依據中央氣象局花蓮浮標站歷年逐時波浪觀測資料，以其年平均波高及標準偏差，並依 Birkemeier^[5] 提出的經驗公式推算得漂砂帶終端水深約 10 公尺。

海岸侵蝕潛勢

岸線變化速率：將各輸砂單元沿岸線以每 100 公尺作一控制斷面，以計算各斷面上的高灘線變化速率，進而探討岸線侵蝕趨勢^[4]。由分析結果顯示，部分斷面侵蝕速率大於每年 5 公尺，然就各輸砂單元內各斷面變遷速率的平均結果來看，皆未達每年 5 公尺，但新社村平均年侵蝕速率達中潛勢（-2m/yr），如圖 2 所示。

水深地形平面侵蝕：分析範圍為從陸側 +1 公尺（高灘線）起向海側計算至 -10 公尺水深（漂砂帶終端水深）止^[4]。根據分析結果，立霧溪口至奇萊鼻及新社村整體輸砂單元呈侵蝕趨勢；而美崙溪口至花蓮溪口，因經濟部水利署第九河川局近年於該岸段辦理數次置沙養灘作業及佈置離岸潛堤，使整體呈淤積趨勢，如圖 3 所示。

由以上岸線變化及海岸平面侵蝕分析結果可知，研究區內具侵蝕潛勢之岸段共有 4 處，分別為立霧溪口南側、奇萊鼻、花蓮溪口北側以及新社村全段，其中以奇萊鼻及新社村之侵蝕情勢最為嚴重。

洪氾溢淹潛勢分析

洪氾溢淹為颱風豪雨所帶來的大量雨水，導致河水溢過堤防及護岸，或排水系統無法即時將之貯蓄或排除至河道而造成溢淹。而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作為即能夠完備，故在洪氾溢淹災害防治時，外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^[4]。換言之，需納入海岸風險評估裡的洪氾溢淹災害潛勢的溢淹範圍為目前公告之定量降雨淹水潛勢圖與 50 年重現期暴潮溢淹潛勢的重疊範圍。

因此，本文透過水利署 24 小時延時 50 年重現期連續降水圖資與暴潮溢淹潛勢範圍進行套疊，以釐清淹水潛勢範圍內是否具有受暴潮水位影響導致淹水之區域，即重疊區域。由套疊結果顯示，降雨淹水潛勢範圍主要集中在內陸低窪區域，與暴潮溢淹潛勢分布在河口及自然灘地範圍並無重疊，可研判其淹水成因為屬地處低窪地區遇強降雨導致排水不及而造成內水溢淹，非屬暴潮溢淹引致災害，因此可判定研究區域並無海岸地區所指之洪氾溢淹災害潛勢。

地層下陷潛勢分析

地層下陷指地層向下移動之現象。臺灣之地層下陷主要係由人為因素所造成，因無節制地超量抽取地下水所致，當地下水抽取超量時，地下水水壓將相對隨之降低，導致區域性地層下陷之結果。

而依據經濟部 2022 年 1 月 27 日所公告地下水管制區位分佈，研究區並未列入管制區域；另由臺灣地區民國 110 年度地層下陷檢測概況^[6] 顯示研究區非屬地層下陷潛勢區，故地層下陷災害不予納入本文討論。

災害潛勢整合分析

根據以上海岸災害潛勢分析結果，顯示研究區所面臨之法定災害為海岸侵蝕，因此後續風險評估將以海岸侵蝕災害為主軸，作為評估海岸災害風險分布及韌性調適策略研擬之依據。

海岸災害風險評估

本文根據聯合國減災組織（UNDRO）^[7] 所提出之風險定義，將海岸災害風險分為危險度與脆弱度指標以進行風險評估計算。危險度指標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防災應變能力，並以臺灣第四級行政區「村里」為尺度，透過風險辨識、風險分析及風險評量就研究區海岸災害進行風險評估，進而繪製風險地圖。

風險因子資料庫建置

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，本文以一般性海堤之風險評估計畫書（參考本）^[8] 之風險因子資料庫為基礎，並將危險度因子資

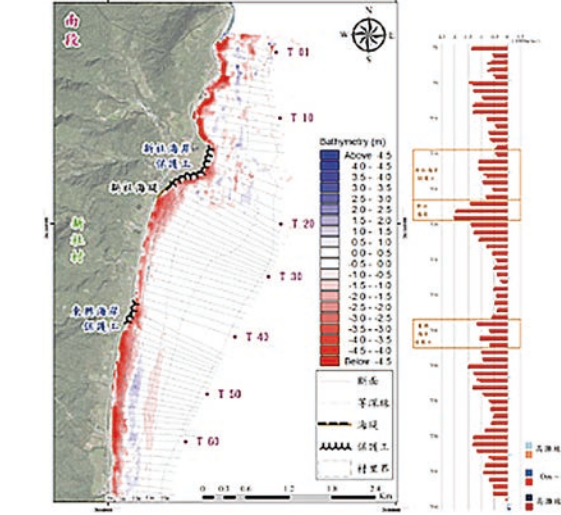
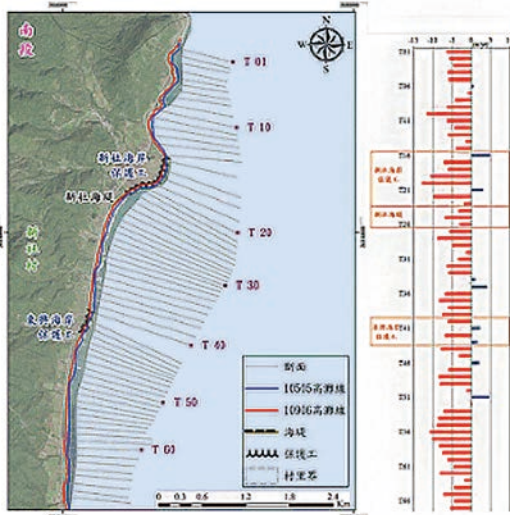
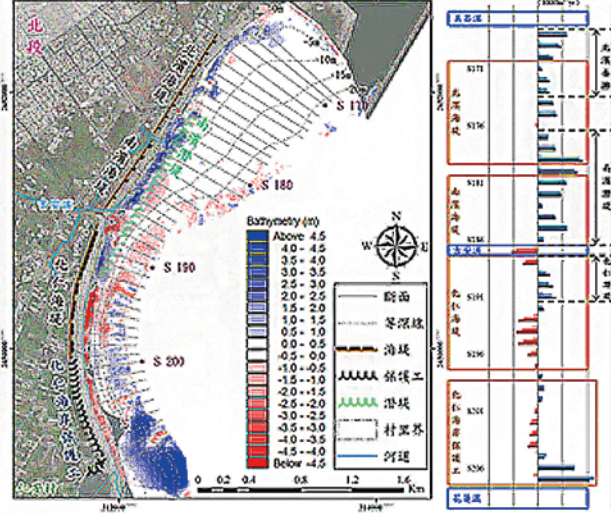
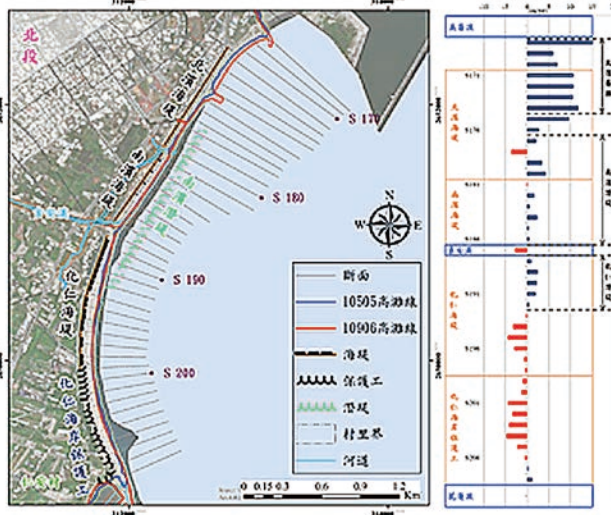
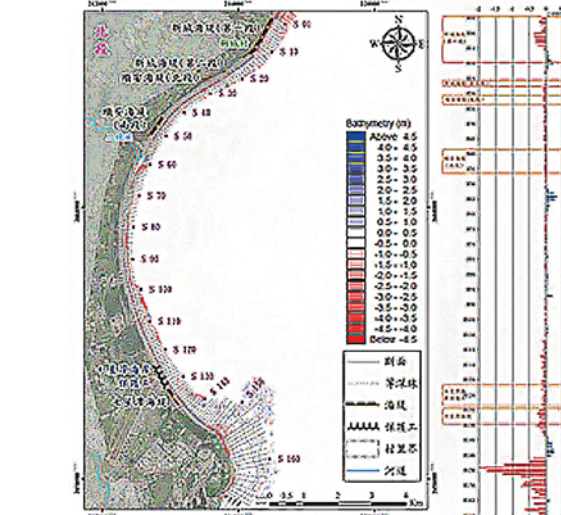
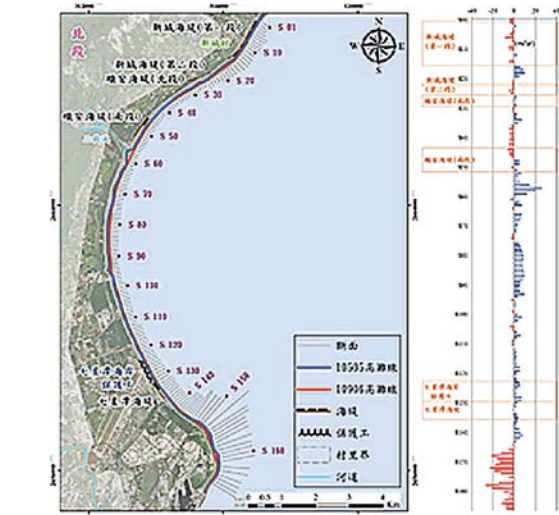


圖 2 岸線變化速率圖 (2016~2020)

圖 3 水深地形平面侵蝕圖 (2016~2020)

料庫中排除非屬研究區所面臨之海岸災害，包括暴潮溢淹課題、洪氾溢淹課題及地層下陷課題等相關因子，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 4 所示。

風險辨識

建立風險因子資料庫後，本文透過 Murray *et al.* [9] 所提出的模糊德爾菲法 (Fuzzy Delphi Method, FDM) 篩選出代表影響因子進行後續相關風險評估。由模糊

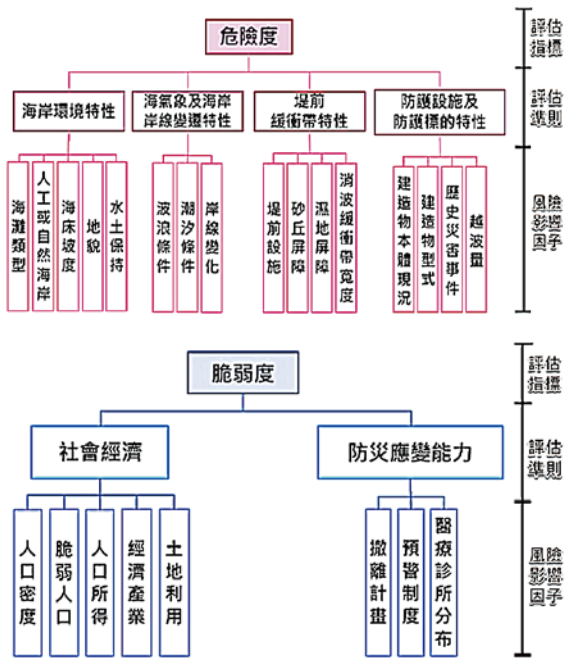


圖 4 研究區風險因子資料庫

德爾菲法專家問卷調查計算結果，顯示 16 項危險度因子中有 7 項達專家共識的門檻值 ($G_i \geq 6.0$)；8 項脆弱度因子中則有 3 項，其可視為影響研究區災害風險的代表性因子。代表性影響因子如下：

1. 危險度代表影響因子：波浪條件、岸線變化、堤前設施、消波緩衝帶寬度、建造物本體現況、建造物型式及歷史災害事件，共 7 項。
2. 脆弱度代表影響因子：人口密度、土地利用型態及預警制度，共 3 項。

風險分析

接下來，本文依據各項因子特性，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，將危險度及脆弱度因子之風險等級量化成 1 ~ 0.01 分，如表 1 和表 2 所示。其中，該危險度或脆弱度代表影響因子之風險分數值越大，則表示其災害潛勢越高，或防護標的的損傷程度越大；另在脆弱度影響因子中，當應變能力越差、耗時較長者，風險分級值越高。

危險度代表影響因子

1. 波浪條件：在海洋營力作用下，波浪能量為驅使海岸地形變遷或危及相關防護設施、標的之重要因素之一。於 50 年重現期防護標準下，若入射波高越大，則對海岸地形變遷及相關防護設施、標的之危險程度越高，即造成防護設施及消波工等

表 1 危險度風險分級劃設原則表

代表影響因子	潛勢	分數	海氣象及海岸岸線變遷特性		堤前緩衝帶特性	
			波浪條件	岸線變化	堤前設施	消波緩衝帶寬度
高	1	堤前入射波高排序分佈 80% 以上	高灘線每年後退 5 公尺以上	堤前無消波結構物或為自然海岸	消波緩衝帶寬度小於 25 公尺	
中高	0.75	堤前入射波高排序分佈 60% 至 80%	-	-	-	
中	0.5	堤前入射波高排序分佈 40% 至 60%	高灘線每年後退 2 至 5 公尺	堤趾處設有附屬保護工	消波緩衝帶寬度 25 至 50 公尺	
中低	0.25	堤前入射波高排序分佈 20% 至 40%	-	-	-	
低	0.01	堤前入射波高排序分佈 20% 以下	高灘線每年後退量 2 公尺以下	堤前設有離岸堤等大型消波設施	消波緩衝帶寬度大於 50 公尺	
代表影響因子	潛勢	分數	堤前緩衝帶特性			
			建造物本體現況	建造物型式	歷史災害事件	
高	1	近 5 年安全檢測結果被列為改善且尚未辦理修繕	自然海岸	蛇籠	近 20 年災害事件排序分佈 66.6% 以上	
中高	0.75	-	-	-	-	
中	0.5	近 5 年安全檢測結果正常或已辦理修繕，但結構物現況目視有破損情形	消波塊	土/拋石堤	近 20 年災害事件排序分佈 33.3% 至 66.6%	
中低	0.25	-	-	-	-	
低	0.01	近 5 年安全檢測結果正常或已辦理修繕且結構物現況目視正常	混凝土堤	混泥土堤	近 20 年災害事件排序分佈 33.3% 以下	

表 2 脆弱度風險分級劃設原則表

代表影響因子	潛勢	分數	社會經濟型態		防災應變能力
			人口密度	土地利用	預警制度
高	1	正規化分數大於 0.8	建築、公共利用土地	無預警制度	
中高	0.75	正規化分數介於 0.6 至 0.8	遊憩、交通利用土地	-	
中	0.5	正規化分數介於 0.4 至 0.6	農業利用土地	(不定期防汛人員巡視)	
中低	0.25	正規化分數介於 0.2 至 0.4	鹽礦利用土地	-	
低	0.01	正規化分數小於 0.2	森林、水利、其他	設有即時監測系統	

破損機率越高，因此本文以 50 年重現期堤前入射波高排序分佈百分比，將其分為 5 個等級。

其中，50 年重現期之堤前入射波高為以 2020 年 05 月實測水深地形資料建置數值地形，再經實測波浪資料率定數值模式參數後，再重現 1980 ~ 2020 年所有有發佈颱風警報之颱風事件，進行重現期分析，推求堤前入射波高。

2. 岸線變化：依據整體海岸管理計畫^[10]所公告的海岸侵蝕災害潛勢劃分原則，將危險程度分為 3 級。分別為每年後退量達 5 公尺以上、2 ~ 5 公尺及 2 公尺以下。

其中，岸線變化為根據 2016 及 2020 年地形監測資料，計算各村里岸段之高灘線年平均變化速率。

3. 堤前設施：堤前存有入射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。本文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），分為3等級。

4. 消波緩衝帶寬度：波緩衝帶寬度為海岸防護設施堤趾、崖趾或植生綠帶至水線之砂灘寬度。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，意即為減少防護標的受災之緩衝帶。本文依據2020年05月地形調查監測資料分析各村里之消波緩衝帶寬度，並參照整體海岸管理計畫^[10]海岸侵蝕災害潛勢分級標準，係以海岸侵蝕速率每年後退5公尺以上之高災害潛勢為基礎，並考量海岸防護計畫每五年需通盤檢討一次，因此將消波緩衝帶寬度採以25公尺為單位，將其危險程度分為3級。
5. 建造物本體現況：藉由近期海岸防護設施不定期檢查結果及近5年安全檢測結果，瞭解於地震、海洋營力等作用影響下，建造物本體現況是否老舊、破損，或其堤身使用狀況、功能、耐受性是否符合防護標準，分為3級。
6. 建造物型式：防護設施因本身型式不同而在功能及耐受力上對其危險度會有所差異。本文藉由海岸防護設施型式之抵禦浪潮能力及耐受力進行分類，包含自然海岸、蛇籠、消波塊、土/拋石堤以及混凝土堤，將危險程度分為5級。
7. 歷史災害事件：由於花蓮海岸位於臺灣東部，於颱風季節期間，研究區域經常受颱風直接侵襲或因颱風湧浪影響，使研究區易有海岸防護設施破損或海崖崩坍等災害紀錄，因此當該岸段歷史災害事件越多，代表危險程度越高。本文根據近20年主管機關提報與紀錄之海岸防護設施破損、災情修護等，依其排序分佈百分比分為3級。

脆弱度代表影響因子

1. 人口密度：由於研究區海岸地勢緣故，人口多集中於都市計畫區域等重要聚落範圍，且部分都市計畫區域範圍緊鄰海岸，當人口密度越高，則越易因海岸災害造成人員傷亡，即脆弱度越高，因此本文透過標準化及正規化方式^[11]計算濱海村里人口密度，以量化人口密度脆弱度，最後將人口密度分為5級。
2. 土地利用：濱海地區之實際土地利用型態會隨著社經人文發展而有所改變，且不同的土地使用區

位所對應之人類活動及經濟發展程度亦有所差異。因此，本文根據內政部第二次國土利用調查成果資料（109年）及土地使用分類項目，包括建築、公共、遊憩、交通、農業、礦鹽、森林、水利及其他利用土地，並將人類活動頻繁地區視為脆弱度風險等級最高，其餘則依人類活動程度進行分級，共分為5級。

3. 預警制度：目前就水患、積淹水等致災頻繁區域，相關主管機關多以防汛志工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，而事前若已制定預警制度，於災害來臨前即時發布預警，供民眾提前進行自主防災整備或撤離至地勢較高之區域，藉由政府與人民合作，降低脆弱度高地區之風險，並加強民眾對災害的憂患意識以及韌性承洪觀念。本文以該濱海村里範圍內是否設有監控裝置或派遣防汛人員巡視等，可供做為防災預警所用之軟、硬體設備，以評估災害應變能力等級，共分3等級。而預警制度屬韌性因子，歸屬於脆弱度，其計量方法之分數與前列脆弱度因子成反比。

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^[12]所提出之層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP），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。由分析結果顯示，危險度風險因子以岸線變化及消波緩衝帶寬度所主導，其次依序為波浪條件、堤前設施、建造物本體現況等；另於脆弱度因子權重中，則以預警制度作為脆弱程度的主導因子，其次為人口密度，如表3所示。

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，如圖5所示，即可評量海岸災害風險等級。

表3 代表影響因子平均權重值總表

評估指標	評估準則	準則權重	風險代表影響因子	相對權重	絕對權重
危險度指標	海氣象及海岸岸線變遷特性	0.41	波浪條件	0.38	0.16
			岸線變化	0.62	0.25
	堤前緩衝帶特性	0.32	堤前設施	0.39	0.12
			消波緩衝帶寬度	0.61	0.20
	防護設施特性	0.27	建造物本體現況	0.41	0.11
			建造物型式	0.28	0.08
歷史災害事件			0.31	0.08	
脆弱度指標	社會經濟	0.50	人口密度	0.72	0.36
			土地利用	0.28	0.14
	防災應變能力	0.50	預警制度	1.00	0.50

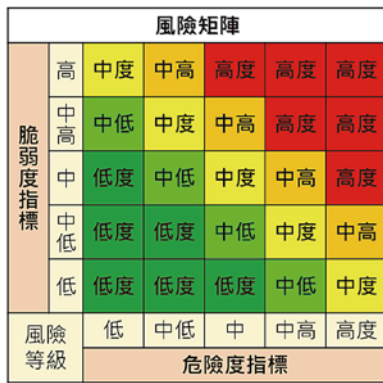


圖5 風險矩陣示意圖

海岸災害風險地圖

透過以上方法確立各區域之危險度、脆弱度及風險等級後，本文藉由地理資訊系統 (Geographic

Information System, GIS) 繪製海岸風險地圖，呈現風險等級空間分布，以利作為未來相關管理規劃使用，如表4、圖6。

1. 危險度等級：研究區各村里之海岸災害危險度介於低級至高級分布，並以中低危險度岸段為多。其中，民孝里因位處突出岸線之岬頭，波浪能量易集中於此，且以自然海岸占比最高，整體危險程度屬高級；新社村海岸侵蝕達中潛勢且以自然海岸占比最高並偶有災情發生，整體危險程度屬中高級；民心里位處岬頭北側，入射波高屬高危險等級但沿岸防護設施以消波工占比最高，整體危險程度屬中級。其餘村里危險度則為中低級以下。
2. 脆弱度等級：研究區各村里之海岸災害脆弱度介於低級至中高級分布。其中，民心里、民孝里因

表4 海岸災害風險評估成果一覽表

評估指標		危險度等級	脆弱度等級	風險等級
鄉鎮	村里			
新城鄉	新城村	中低	中低	低級
	順安村	低級	中低	低級
	康樂村	中低	中級	中低
	大漢村	中低	低級	低級
花蓮市	民心里	中級	中高	中高
	民孝里	高級	中高	高級
	民權里	中低	中低	低級
	民有里	中低	中高	中級
	民主里	中低	中級	中低
	主計里	低級	低級	低級
	主和理	低級	中級	低級
吉安鄉	東昌村	低級	低級	低級
	仁安村	中低	低級	低級
豐濱鄉	新社村	中高	中低	中級

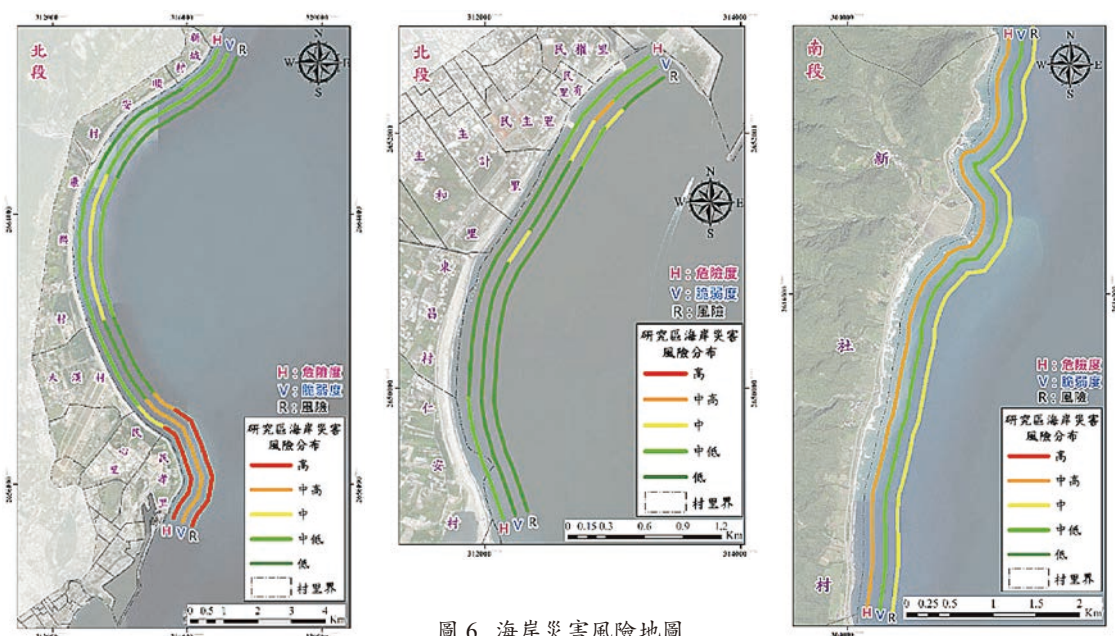


圖6 海岸災害風險地圖

土地利用以建築及公共土地使用占比最高且預警制度尚未健全，脆弱程度屬中高級；民有里則因人口密度較高且土地利用型態以建築及公共為主，脆弱程度亦屬中高級。其次，康樂村雖人口密度與土地利用均屬低脆弱度，但因其預警制度較為不足，整體脆弱程度屬中級；民主里、主和里土地利用型態分別以遊憩、交通及建築、公共為主，但人口密度相較於民有里低，整體脆弱程度屬中級。其餘村里脆弱度則為中低級以下。

3. 風險等級：經由危險度以及脆弱度風險評估成果，研究區各村里之海岸災害風險程度介於低級至高級分布，並以低風險岸段為多。其中，民孝里因位處海洋營力強之岬頭處，具高潛勢之海岸侵蝕且堤前消波緩衝帶不足、沿岸防護設施分布零星，加上土地利用型態及預警制度脆弱程度較高，導致整體海岸災害風險達高等級；其次，民心里因近岸入射波高較高、沿岸以消波工占比最高且堤前並無其他防護設施分布，加上土地利用型態及預警制度脆弱程度較高，整體災害風險呈中高級。

而中級風險岸段包括民有里及新社村，其中民有里海岸災害潛勢雖屬中低級，但其人口密度較高且土地利用型態以建築及公共為主，可知本岸段風險受脆弱度所主導；新社村人文社經受海岸災害影響的損傷程度較低，但其自然海岸占比高且具中潛勢之海岸侵蝕、波浪條件及消波緩衝帶寬度亦屬中危險程度，可知本岸段受危險度所主導。

此外，康樂村、民主里、主和里雖脆弱程度達中級，但其危險程度屬低級至中級，在綜合考量危險度及脆弱度下，整體風險介於低級至中低級。其餘村里之風險等級則為低級。

問題與討論

在災害應變時，為能更迅速且有效率展開應變行動，對於民眾生命財產更有保障，政府單位就防救災計畫及避難路線、場所為以臺灣最小行政層級「村里」進行規劃。而為使風險評估結果於實際應用上能有所鏈接，本文以村里為尺度進行分析。但根據海岸災害潛勢分析結果，研究區海岸災害潛勢以海岸侵蝕為主，其影響範圍僅侷限於臨海地區，並未延伸至內陸區域，如以村里為尺度進行分析，可能會高估或低估該村里人文社經之脆弱程度。因此，以下就大漢村、民心里及民孝里土地利用脆弱度因子之空間解析尺度為例進行探討，以

瞭解不同空間尺度分析之差異及適宜性。

由於釐清臨海地區之土地利用現況，除有利瞭解社會經濟等層面致災脆弱程度外，未來在土地利用管制、後撤線規劃等，皆可作為管制強度、劃設距離等參考。因此本文就海岸侵蝕災害防治蒐集彙整相關文獻，得知目前各國常以侵蝕速率 30 ~ 50 倍距離，作為臨海地區防護管理應用參考。而就研究區高灘線變化潛勢分析結果，侵蝕最嚴重岸段之平均變化速率約 -10m/year，本文以此為基準將村里空間解析尺度調整為自高灘線向陸側延伸 500 公尺（50 倍距離）進行分析，如圖 7 藍色虛線所示，以探討兩者解析尺度之差異性。

由圖 7 顯示，以村里尺度，大漢村以公共使用土地為主，民心里、民孝里則以建築使用土地為主；而以臨海 500 公尺範圍內，大漢村仍以公共利用土地占比最高，民心里以森林利用土地占比最高，民孝里則以水利利用土地占比最高。然就本文土地利用脆弱度風險分級標準來看，於村里尺度下，大漢村、民心里及民孝里均屬高土地利用脆弱等級；於高灘線後 500 公尺範圍內，大漢村屬高脆弱等級，民心里及民孝里則屬低脆弱等級。

接下來，就臨海 500 公尺內之土地利用脆弱因子分析結果，重新進行風險評量，以得出其脆弱度及風險等級，並將其與原先分析結果進行比較。其中，綜合考量人口密度、土地使用及預警制度之脆弱度，大漢村維持低級脆弱度，民心里、民孝里則由中高脆弱降至中級脆弱；而整體風險變化，大漢村仍屬低級風險，民心里則由中高風險降至中風險，民孝里則因海岸災害潛勢較高，風險程度仍屬中高級。

然而，就風險管理角度而言，中高以上之脆弱及風險程度，應採取高強度之土地利用管制、防救災資源投入及軟硬體設施改善。以村里尺度來看，民心里及民孝里均應採取高強度之管理策略，但就海岸侵蝕影響範圍之實際土地利用現況多以森林土地為主，並無重要防護標的。因此僅需維持其土地低密度使用，將防救災資源分配至災害實際影響脆弱較高之岸段，其與高灘線 500 公尺解析尺度之分析結果較為相符。綜上，本文建議未來在執行海岸風險評估研究，應視當地海岸災害特性予以調整其分析空間尺度，以切合海岸災害實際影響範圍之脆弱程度。

如臺灣西南部沿海地區因本身地勢低窪平坦，加上養殖業及農業大量超抽地下水造成地層下陷，以及

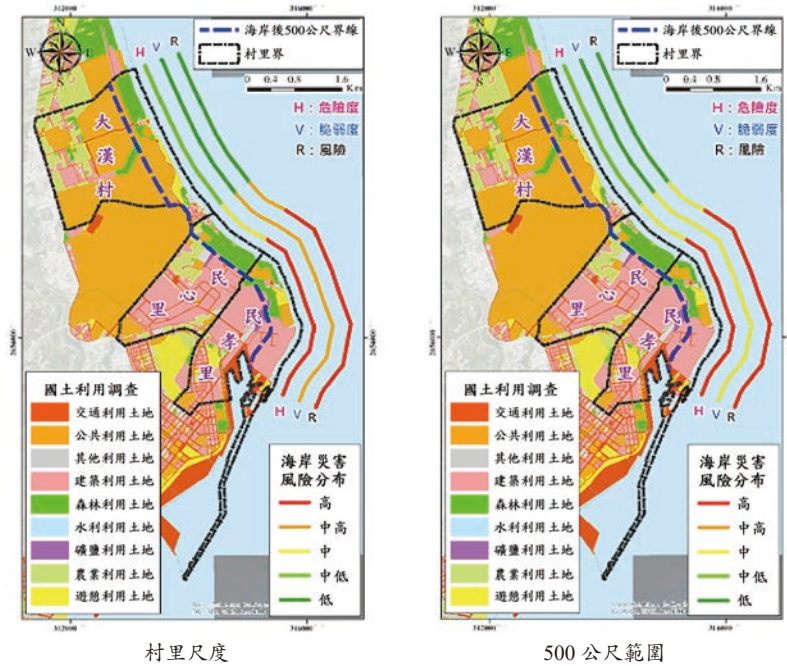


圖 7 不同尺度之海岸災害風險比對圖

近年沿岸工業區開發導致海岸侵蝕，使其所面臨之海岸災害為以海岸侵蝕、暴潮溢淹及地層下陷交互影響之複合型災害，其中暴潮溢淹災害影響範圍會擴及至內陸低窪地區，加上地層下陷會使溢淹範圍擴大，因此就臺灣西南部海岸災害風險評估研究，建議以村里為尺度進行分析。而臺灣東部海岸所面臨之法定災害為單一海岸侵蝕災害，且颱風波浪越波致災範圍有限，因此建議風險評估時應視當地海岸侵蝕潛勢可能影響範圍為尺度進行分析，以精準判定災害對人文社經及應變能力之脆弱程度，並供後續在研擬適宜之治理辦法及管理措施時，於有限資源下，可因地制宜合理分配資源投入之順序及管理強度。

結論

研究區岸段主要受海岸侵蝕潛勢影響，其中具侵蝕潛勢之岸段共有 4 處，由北往南分別為立霧溪口南側、奇萊鼻、花蓮溪口北側以及新社村全段，其中以奇萊鼻及新社村之侵蝕情勢最為嚴重。

危險度代表影響因子為波浪條件、岸線變化、堤前設施、消波緩衝帶寬度、建造物本體現況、建造物型式及歷史災害事件，共 7 項；脆弱度代表影響因子則為人口密度、土地利用及預警制度，共 3 項所組成。

危險度代表影響因子由岸線變化及消波緩衝帶寬度所主導，其次依序為波浪條件、堤前設施、建造物

本體現況、建造物型式及歷史災害事件；脆弱度代表影響因子則以預警制度為主導因子，其次分別為人口密度及土地利用。

研究區各村里岸段整體風險介於低級至高級分布，並以低風險岸段最多，其中以民孝里（高風險）風險等級最高，其次為民心里（中高風險），再者為民有里及新社村（中風險），而其餘村里岸段之風險等級為中級以下。

參考文獻

1. 內政部 (2015), 海岸管理法。
2. 中央氣象局 (2002~2021), 中央氣象局觀測資料年報。
3. 經濟部水利署 (2002~2021), 近海水文年報。
4. 經濟部水利署 (2019), 海岸防護整合規劃及海岸防護計畫擬定作業參考手冊。
5. Birkemeier, W.A., (1985), "Field data on seaward limit of profile change", J. Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., ASCE, 111, 3, pp. 598-602.
6. 經濟部水利署 (2021), 臺灣地區民國 110 年地層下陷檢測概況圖。
7. UNDRO, (1979), Natural disasters and vulnerability analysis: report of Expert Group Meeting. Geneva, UNDRO books.
8. 經濟部水利署 (2020), 一般性海堤之風險評估計畫書 (參考本)。
9. Murray, Thomas J., Pipino, Leo L., and van Gigch, John P., (1985), "A Pilot Study of Fuzzy Set Modification of Delphi", Human Systems Management, Vol. 5, No. 1, pp. 76-80.
10. 內政部 (2017), 整體海岸管理計畫。
11. 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。
12. Saaty, T. L., (1980), "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, New York.