

第三章、金門東半島多功能碼頭初步規劃

本案對於計畫區設置多功能碼頭之功能標的已有明確的發展定位，接下來將探討計畫範圍內建置碼頭需求的必要性及合宜性，並依據定位內容與相關主客觀條件及汲取地方意見等，進行規劃區位之選擇與建議，後將以數值模擬方式，研析規劃區位達成計畫目標與否，最後將依據上述分析成果及工程建置效益，提出建議規劃區位及定案配置。以下將就本案的兩處計畫區分別經各項客觀條件評估並初步規劃說明如后。

一、多功能碼頭可行性分析

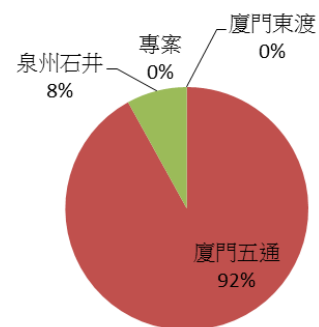
(一)市場可行性分析

金門東半島多功能碼頭之標的場址位於金門本島東北方之馬山周邊海岸，主要設置目的為對接既有泉州石井碼頭及未來廈門翔安機場客運碼頭之人員交通，本節將就此兩條航線客源進行評估分析，以瞭解其碼頭建置之市場可行性。

1.泉州石井航線

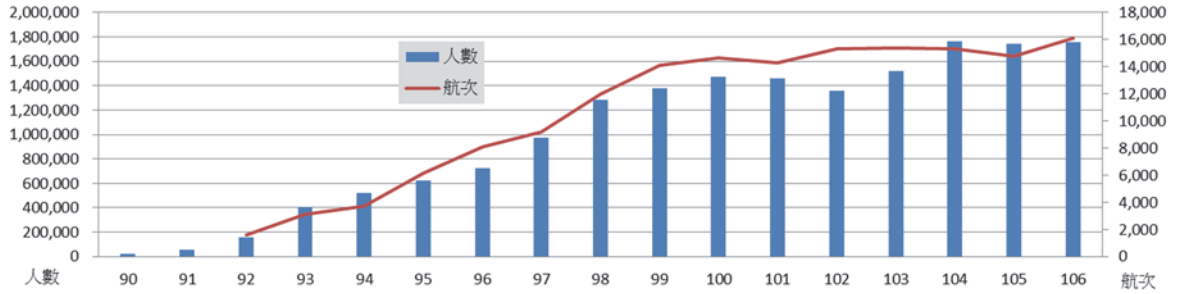
(1)現況市場分析

金門地區自民國 82 年開放觀光以來，廿餘年間觀光產業已成為重要之經濟活動，而隨著小三通之逐年擴大實施，國內往返金廈及觀光陸客人數日益增加，至 106 年之年統計總人次達 175 萬，且呈現逐年成長的趨勢，詳圖 3.1-1，逐漸成為豐富金門觀光產業活動之重要發展構想。



現階段大陸地區對接碼頭有廈門五通及泉州石井，金門地區則為西半島的水頭碼頭。依據金門縣港務處之業務統計資料可知，106 年時廈門五通航線之小三通總人次佔全年 92%，而泉州石井航線僅佔 8%。可知此兩航線的統

計人次差距甚大，目前泉州石井航線主要由兩家航商經營（海西企業-百麗輪、協成船務-八方輪），其主要客源除部分台商外，大多是泉州及附近城市到金門旅遊的陸客團。



資料來源：金門縣港務處

圖 3.1-1 小三通旅客人數年統計表

表 3.1-1 金門—泉州（石井）航線客輪資料表

船名	總噸位 (GT)	總長 (m)	船寬 (m)	吃水 (m)	滿載乘客 (人)	備註
百麗輪 (臺灣籍)	198	33.4	6.8	1.3	180	現航船舶 107年12月啟用
八方輪 (大陸籍)	322	37.7	10.1	1.15	238	現航船舶
蓬江輪 (大陸籍)	311	30.1	9.8	1.3	233	107年7月停航
泉金輪 (金門籍)	108	23.5	6.2	1.02	120	106年停航

資料來源：金門縣港務處



泉州石井港位於泉州城市南翼石井鎮，東臨圍頭灣，與金門島直線距離僅 6.7 海浬，海上航程距水頭港約 19.6 海浬，自 95 年 6 月 8 日開始通航“金泉客運航線”，現今金門—泉州航線每日有 5 個航班，但航班間距 1~3 小時不等，航行時間約需 1 小時；而廈門五通港距水頭港約 9.4 海浬，金門—廈門航線平均 25~30 分鐘就有班次(一般 18 班/日，星期日 19 班)，航行時間僅需要 30 分鐘。

(2)未來市場分析

鑑於前述分析，海上航程之縮短與綿密穩定之班次為發展第二條航線之必要立基。

而根據行政院 105 年 11 月核定之「國內商港未來發展及建設計畫（106~110 年）」中金門港計畫客運量，其推估可分為既有小三通中轉客群成長預測、金廈旅遊圈之新增旅客量及水頭港兩岸經貿發展特區新增旅客量等三大客群，而與本計畫較為相關者為客群 1，其預估量在 115 年可達 200.35 萬人次，125 年預估可達 212.96 萬人次。

表 3.1-2 金門港各目標年海運客運量目標值

單位：萬人次/年

年期(民國)	105 年	110 年	115 年	120 年	125 年
1.既有小三通中轉客群成長	183.96	193.55	200.35	212.40	212.96
2.金廈旅遊圈挹注量	-	20.61	33.20	53.47	86.11
1.+2.	183.96	214.16	233.55	266.87	299.07
3.水頭兩岸經貿發展特區新增客運量	-	-	42.00	45.52	49.37
1.+2.+3.	183.96	214.16	275.55	311.39	348.44

註：「水頭兩岸經貿發展特區新增客運量」係基於港區各新興業態如期落實後之新增客運量。

資料來源：國內商港未來發展及建設計畫（106~110 年），行政院 105 年 11 月核定。

另本計畫蒐集泉州市與廈門市之旅遊人次比較如表 3.1-3 所示，廈門近年旅遊人次均在 5 千萬以上，2017 年全年已達 7,830 萬人次，而泉州市旅遊人次均在 4 千萬以上，2017 年全年達 5,474 萬人次，雖未達廈門旅遊人次，但其旅遊人次比例亦接近 1:0.7，泉州仍是閩南觀光之重要地區之一。

而地區人口之數量變化發展也是觀光旅遊與小三通航線發展之重要指數，故統計廈門市與泉州市近年常住人口數之變化如表 3.1-4 所示，由表可知泉州因土地幅員廣闊，常住人口數較廈門多 1 倍以上。

表 3.1-3 廈門市與泉州市近年旅遊人數統計表

單位：萬人次/年

西元年	地區	總人數	同期增減率%
2014	廈門	5,337.86	
	泉州	4,428.26	
2015	廈門	6,035.85	11.6%
	泉州	5,125.31	13.6%
2016	廈門	6,670.16	9.5%
	泉州	5,858.93	12.5%
2017	廈門	7,830.52	14.8%
	泉州	5,474.49	-7.0%

資料來源：廈門市旅遊局、泉州市旅遊發展委員會

表 3.1-4 廈門市與泉州市近年常住人口數統計表

單位：萬人

西元年	地區	常住人口	同期增減率%
2014	廈門	381.00	
	泉州	844.00	
2015	廈門	386.00	1.3%
	泉州	851.00	0.8%
2016	廈門	392.00	1.5%
	泉州	858.00	0.8%
2017	廈門	401.00	2.2%
	泉州	865.00	0.8%

資料來源：廈門市統計局、泉州市統計局

倘於計畫標的場址(馬山周邊海岸)建置多功能碼頭，由於泉州石井碼頭地理區位於金門東半島正北方，則客運航線因航程距離縮短，亦大幅縮短旅客往返金泉的航行時間，甚至優於廈門五通往返水頭港航程(30分鐘)，屆時金泉航線在航程條件上即具有相對之優勢，擁有更捷便的海運航線，可望吸引更多旅客選擇由泉州石井碼頭搭船，以節省陸、海運交通時間；然在旅客運量增加的情境下，船班安排勢必有所改善規劃，屆時該航線在船班選擇、航程距離均與廈門五通航線不相上下的條件下，如以對接地區旅客人次相比，石泉航線理應可增加至 40% ($=0.7/1.7$) 以上，故本計畫保守預期泉州石井航線之小三通總人次可

由原本的 8% 提升至 30% 以上，並假設可於 115 年前完成航線正式開通，則屆時該航線市場運量推估 115 年為 60.11 萬人次。

表 3.1-5 馬山-石泉航線可能運量預測表

單位：萬人

年期(民國)	106 年 (實際值)	110 年	115 年	120 年	125 年
上位計畫預測	175.43	193.55	200.35	212.40	212.96
石泉航線	14.07	17.04*	60.11	63.74	63.89

註：1.石泉航線 99~106 年之年複合成長率為 4.9%，以此推估至 110 年之運量。

2.假設 115 年航線開通後，石泉航線人次比重增加為 30%。

經查泉金航線 101~107 年之統計旅客人次，其平均年成長率為 13.2%，依其推估至 115 年可達 49.3 萬人次，此為現況泉州石井對接水頭碼頭航線的推估人次(如表 3.1-6 所示)。

表 3.1-6 金門-石泉航線現況情形下可能運量預測表

年度	泉州石井航線 統計旅客人次	年成長率	年度	泉州石井航線 推估旅客人次
101	91,217		108	209,825
102	98,461	7.9%	109	237,102
103	102,508	4.1%	110	267,926
104	123,095	20.1%	111	302,756
105	119,105	-3.2%	112	342,114
106	140,717	18.1%	113	386,589
107	185,686	32.0%	114	436,846
平均年成長率		13.2%	115	493,636

資料來源：金門縣港務處

而本計畫推估之泉金航線客運量，係基於上位計畫預測之小三通客運量(115 年，200.35 萬人次)，再依據廈門及泉州之旅遊人數比例(1：0.7)，估計往返泉州之旅客比例最高可達小三通客運量之 40%，現階段僅保守預估為 30%。考量本計畫碼頭建置後，在海上航程大幅縮短與穩定船班之情境下，可吸引更多旅客往返泉金，故計畫推估運量(60.11 萬)大於既有航程所推估人次(49.3 萬)尚屬合理。

2.翔安機場航線

翔安機場已於 2013 年抽取廈門附近沿海沙地進行填海造陸，目前填海造陸第一階段工程已完成，預計投入一座 4F 級民用機場，以取代廈門高崎國際機場(4E 級民用機場)客機大型化起降與旅客服務能量不足之問題，未來將成為滿足廈泉漳大都市區航空運輸需求，同時輻射福建全省、浙南、贛南、粵東乃至臺灣的門戶型樞紐機場，故屆時高崎機場的國際航線與大部份國內幹線航線將搬到此一新機場，其相對位置如圖 3.1-3 所示。



圖 3.1-3 大陸廈門與泉州附近機場位置圖

另由 108 年 6 月 10 日廈門交流與參訪行程，得知翔安機場規劃目前規劃進度為省政府批示完成，預計可於 2022 年完工啟用，其機場規劃圖如圖 3.1-4 所示，考量對於區域通勤航線(廈門、漳州等大都會)之服務能力與避風條件，客運碼頭區位選址於西側。該區位距水頭碼頭與馬山(計畫場址)之海上航程大抵相等，則東半島規劃多功能碼頭於航線條件上並無顯著優勢，故後續東半島碼頭之客運量推估將採不同情境下進行分析評估。



資料來源：本計畫繪製，參考自廈門港口管理局

圖 3.1-4 廈門翔安國際機場交通動線與場區規劃圖

然由於翔安機場尚在建設中，現階段並無確切客運統計資料可供分析，但由表 3.1-7 廈門高崎機場之旅客統計可知，2014 年旅客使用數突破 2,000 萬人，至 2017 年時已達 2,448 萬人，每年均呈現正成長趨勢，故未來如翔安機場取代高崎機場，其運量將完全轉移至翔安機場，運量相當可觀。

表 3.1-7 廈門高崎國際機場近年旅客人數統計表

西元年	大陸地區機場客運數排名	本年人數	上年同期人數	增減率%
2013	11	19,753,016	17,354,076	13.8
2014	11	20,863,786	19,753,016	5.6
2015	11	21,814,244	20,863,786	4.6
2016	11	22,737,610	21,814,244	4.2
2017	12	24,485,239	22,737,610	7.7

資料來源：中国民用航空局

翔安機場之未來航線仍應承接國際航線及大陸地區的國內航線為主，因此推估未來往返金門-翔安機場此船班航線之旅客，多為有搭機需求者，故其來源主要可分為兩類：一為金門居民以國外旅遊或是至大陸地區內陸城市為目的

者，搭船前往翔安機場搭機，二為國外及大陸旅客專程搭機至翔安機場後，再搭船至金門觀光、商務或探親等目的者，而藉由小三通轉運至台灣者其機率較低。

(1) 第一類旅客

第一類旅客運量推估，經蒐集內政部統計處、交通部觀光局之統計資料，詳表 3.1-8~3.1-9，藉由現住人口比例推估金門地區之出國人口數。106 年時金門縣設籍人數約 13.7 萬人，惟實際常住人口數約 8 萬餘人，佔全台人數的 0.34%，而 106 年之全台出國人數達 1,565 萬人次，其中至大陸地區約 393 萬人次。據此統計資料推估 106 年金門地區之出國人數約為 5.3 萬人次，以每年 5% 之成長率估算，至 115 年，金門地區出國人次可達 7.8 萬人次，考量應採出入境總計方式，故應計為 15.6 萬人次。未來翔安機場正式啟用後，由金門地區出入境人數中經翔安機場搭機的第一類旅客運量推估為 15.6 萬人次左右。

表 3.1-8 臺灣地區及金門縣人口數

年別 \ 統計人口	金門縣	臺灣地區 總計	金門人口 所佔百分比
106 年 12 月底	137,456	23,571,227	0.58%
105 年 12 月底	135,114	23,539,816	0.57%
104 年 12 月底	132,799	23,492,074	0.57%
103 年 12 月底	127,723	23,433,753	0.55%
102 年 12 月底	120,713	23,373,517	0.52%

資料來源：內政部統計處

表 3.1-9 我國國民出國人次統計表

年別 \ 統計人次	大陸	總計	成長率%
106 年	3,928,352	15,654,579	7.30%
105 年	3,685,477	14,588,923	10.66%
104 年	3,403,920	13,182,976	11.30%
103 年	3,267,238	11,844,635	7.16%

102 年	3,072,327	11,052,908	-
-------	-----------	------------	---

資料來源：交通部觀光局

註：國人出境數據以飛航到達首站為統計原則。

(2) 第二類旅客

而第二類旅客型態係自大陸地區搭船抵達金門，與現行小三通型態大抵相同，而根據 105 年「金門觀光旅客消費及動向調查分析」之樣本分析，大陸觀光旅客群中以居住廈門市比例為最高，佔 51.4%，其次為福建省(廈門除外)者佔 26.4%，其它省(市)則佔 22.2%，故以 106 年小三通年統計總人次達 175 萬進行推算，假設其中需搭機至廈門再轉乘船班至金門的旅客所佔比例為 20%，故第二類旅客運量推估為 35 萬人次。另推估 115 年翔安機場開放後，第二類旅客運量推估為 $200.35 \times 0.2 = 40.07$ 萬人次。

未來翔安機場啟用後，屆時臺灣地區會利用該機場航線出國或是至大陸地區者，應仍以金門居民為主，臺灣本島居民應不會特地轉乘至金門再前往翔安機場搭機出國；反之亦然，國外及大陸旅客既自翔安機場轉乘船運至金門地區，應係以金門為目的地，再轉乘至臺灣本島之可能性甚微。故初步推估以前述兩類旅客合計，在 115 年翔安機場啟用後將產生 55.6 萬人次(第一類 15.6 萬+第二類 40 萬)，作為金門往返翔安機場之船班航線市場運量。

考量翔安機場客運碼頭之規劃位置西移及未來往返金門航線之對接碼頭的可能性，故有關東半島碼頭之市場運量將以下列兩種情境進行後續相關評估分析工作：

情境一：東半島碼頭僅對接泉州石井航線(水頭碼頭容納全數翔安機場轉運旅客)

依參訪資訊可知翔安機場規劃以西側碼頭進行旅客交通轉運，就對接金門航線之碼頭區位及航程考量上，應屬對接水頭碼頭之可能性較高，故轉運旅客全數由水頭碼頭收納之；屆時東半島多功能客運碼頭則以對接泉州石井航線為主要任務，其市場運量為前述推估之 60.11 萬航線人次。

情境二：東半島碼頭對接泉州石井及翔安機場航線（水頭碼頭容納多數機場轉運旅客，東半島碼頭收納少量機場轉運旅客）

雖然翔安機場管理單位說明於機場西側設置客運碼頭之規劃方向，但未有正式公開文件，且未來西側客運碼頭或東側油碼頭是否有多功能或航線規劃，未能明確得知，故考量建設東半島多功能碼頭得以平衡金門城鄉發展，並抒解翔安機場運量對於水頭碼頭客運之衝擊，可備援對接容量，故研擬此一樂觀情境。

於此情境下，設定翔安機場往返金門航線以對接水頭碼頭為主，並同時對接東半島碼頭，在航程條件其對接區位之考量下，假設翔安機場對接水頭及東半島之客運量比例為3:1；則東半島多功能碼頭在負責對接泉州石井及翔安機場航線之情境下，其市場運量推估應有 $60.11+55.6/4=74$ 萬航線人次。

(二)法律可行性分析

台灣地區自民國 89 年起，對於海岸地區新建港灣碼頭即採較為嚴格限制之條件，故自民國 90 年起至今並無新建漁港案例，故未來縣府如計畫在金門東半島及烈嶼鄉闢建多功能碼頭，其需面臨在法令層面的問題計有：

1.開發行為應實施環境影響評估

(1)相關條文內容

依據 92 年 1 月 8 日修正之「環境影響評估法」第五條：「下列開發行為對環境有不良影響之虞者，應實施環境影響評估：

- 一、工廠之設立及工業區之開發。
- 二、道路、鐵路、大眾捷運系統、港灣及機場之開發。
- 三、土石採取及探礦。
- 四、蓄水、供水、防洪排水工程之開發。
- 五、農、林、漁、牧地之開發利用。

- 六、遊樂、風景區、高爾夫球場及運動場地之開發。
- 七、文教、醫療建設之開發。
- 八、新市區建設及高樓建築或舊市區更新。
- 九、環境保護工程之興建。
- 十、核能及其他能源之開發及放射性核廢料儲存或處置場所之興建。
- 十一、其他經中央主管機關公告者。

前項開發行為應實施環境影響評估者，其認定標準、細目及環境影響評估作業準則，由中央主管機關會商有關機關於本法公布施行一年內訂定之，送立法院備查。」

另依據「環境影響評估法」訂定之「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」作為認定是否應實施環境影響評估之標準。茲依據 107 年 4 月 11 日新修正之「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」第八條：「港灣之開發，有下列情形之一者，應實施環境影響評估：

- 一、商港、軍港、漁港或工業專用港興建工程。
- 二、遊艇港興建、擴建工程或擴增碼頭席位，符合下列規定之一者：....。
- 三、商港、軍港、漁港、工業專用港之擴建工程或其碼頭、防波堤之新設或延伸工程（不含既有港區防波堤範圍內之工程），或商港區域外之特種貨物裝卸及其他特殊設施之興建、擴建或其碼頭、防波堤之新設或延伸工程，符合下列規定之一者：
 - (一)前款第一目至第四目規定之一。
 - (二)碼頭或防波堤，申請開發或累積開發長度五百公尺以上。」

(2)對本計畫可能之影響

本計畫之開發內容屬碼頭(港區)設施之新興建設，依現行法規必須進行環境影響評估，預期需歷經長時間的環

評作業及審查流程，但提案通過之可行性仍屬未知。因此計畫工程實施尚需視環評結果而定，然案件期程勢必受環評審議所拉長時間。

2.海岸管理法

(1)相關條文內容

依據 104 年 2 月 4 日制定之海岸管理法相關條文摘錄如下：

第 2 條：本法用詞，定義如下：一、...三、海岸防護設施係指堤防、突堤、離岸堤、護岸、胸牆...等設施。

第 7 條：海岸地區之規劃管理原則如下：

- 一、優先保護自然海岸，並維繫海岸之自然動態平衡。
- 二、保護海岸自然與文化資產，保全海岸景觀與視域，並規劃功能調和之土地使用。
- 三、保育珊瑚礁、藻礁、海草床、河口、潟湖、沙洲、沙丘、沙灘、泥灘、崖岸、岬頭、紅樹林、海岸林等及其他敏感地區，維護其棲地與環境完整性，並規範人為活動，以兼顧生態保育及維護海岸地形。

第 12 條：海岸地區.....應劃設為一級海岸保護區，其餘有保護必要之地區，得劃設為二級海岸保護區，...一級海岸保護區禁止改變其資源條件之使用。但有下列情況之一者，不在此限：

- 一、依海岸保護計畫為相容、維護、管理及學術研究之使用。
- 二、國家安全、公共安全需要，經中央主管機關許可。

第 15 條：...海岸防護區中涉及第 12 條第 1 項海岸保護區者，海岸防護計畫之訂定，應配合其生態環境保育之特殊需要，避免海岸防護設施破壞或減損海岸保護區之環境、生態、景觀及人文價值，並徵得依第十六條第三項規定核定公告之海岸保護

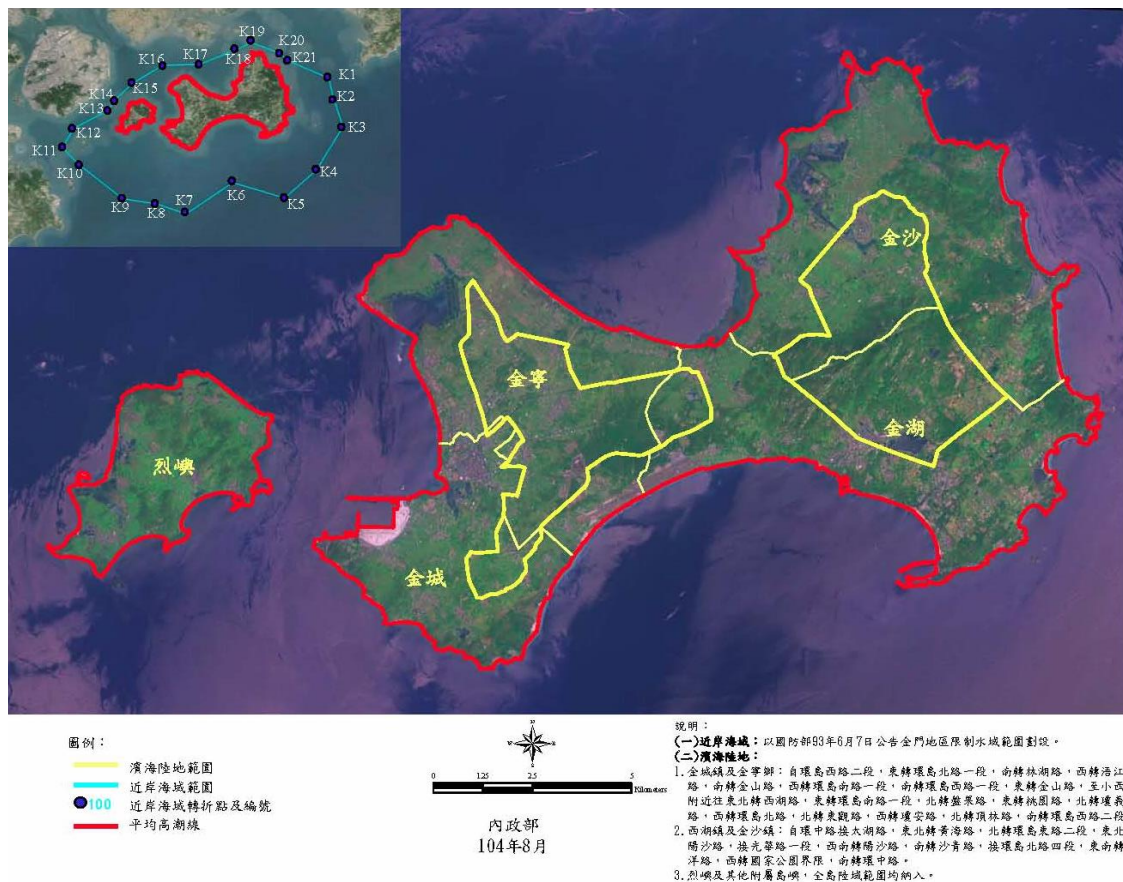
計畫擬訂機關同意；無海岸保護計畫者，應徵得海岸保護區目的事業主管機關同意。

第 44 條：中央主管機關應於本法施行後二年內，公告實施整體海岸管理計畫。

(2)對本計畫可能之影響

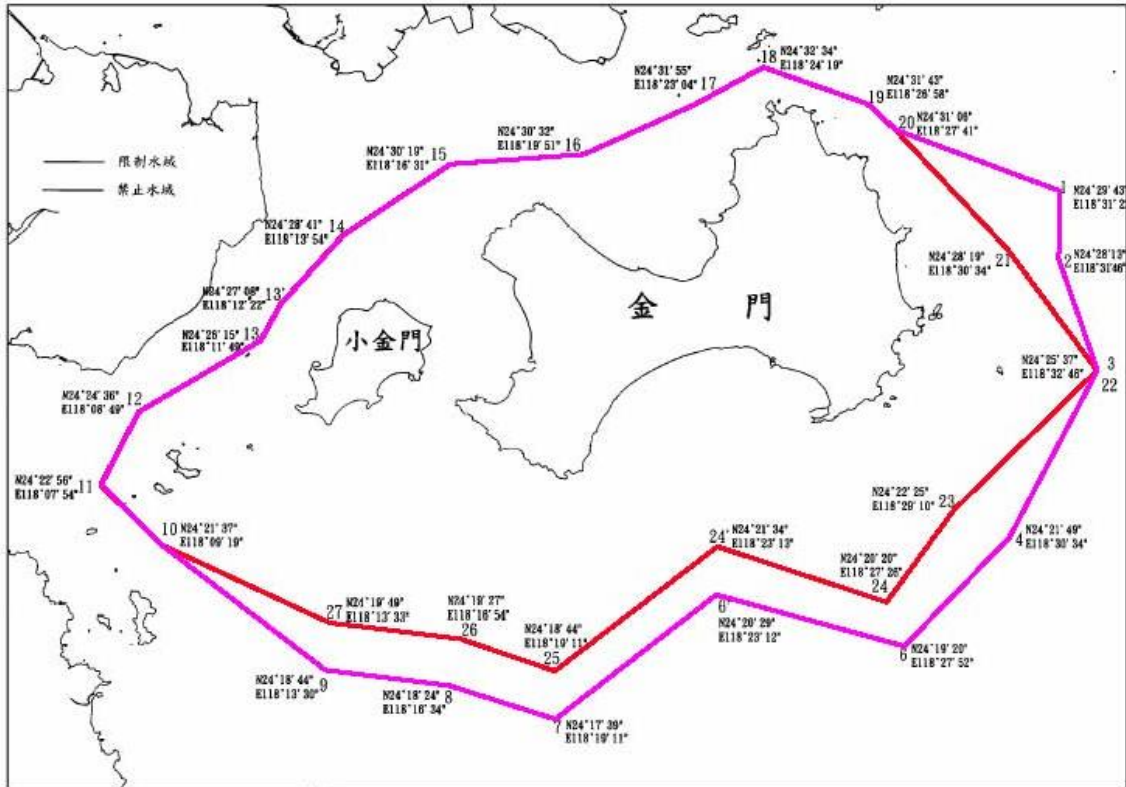
內政部已於 104 年 8 月 4 日公告「海岸地區」範圍(如圖 3.1-5)，將烈嶼及其他附屬島嶼之全島陸域範圍均納入「濱海陸地」；近岸海域則以國防部 93 年 6 月 7 日公告金門地區限制水域範圍，如圖 3.1-6 所示。

另海岸管理法施行細則等 5 項子法已於 105 年 2 月 1 日發布施行，並於 106 年 2 月 6 日公告實施「整體海岸管理計畫」。本計畫未來開發勢必辦理申請許可，需依海岸管理法相關條文規定辦理。



資料來源：內政部 104.8.4 台內營字第 1040812105 號函

圖 3.1-5 海岸管理法公告「海岸地區範圍」(金門縣海岸地區)圖



資料來源：國防部公告內容，93.6.7(93)猛獅字第 0930001493 號
 說明：禁止水域：紅色實線以內部分；限制水域：粉紅色實線以內部分
 坐標系統：WGS-84

圖 3.1-6 金門地區限制、禁止水域範圍

3. 國家公園法(99.12.08)

(1) 相關條文內容

第 8 條：……

- 六、一般管制區：指國家公園區域內不屬於其他任何分區之土地及水域，包括既有小村落，並准許原土地、水域利用型態之地區。
- 七、遊憩區：指適合各種野外育樂活動，並准許興建適當育樂設施及有限度資源利用行為之地區。
- 八、史蹟保存區：指為保存重要歷史建築、紀念地、聚落、古蹟、遺址、文化景觀、古物而劃定及原住民族認定為祖墳地、祭祀地、發源地、舊社地、歷史遺跡、古蹟等祖傳地，並依其生活文化慣俗進行管制之地區。

九、特別景觀區：指無法以人力再造之特殊自然地理景觀，而嚴格限制開發行為之地區。……

第 10 條：為勘定國家公園區域，訂定或變更國家公園計畫，內政部或其委託之機關得派員進入公私土地內實施勘查或測量。但應事先通知土地所有權人或使用人。

為前項之勘查或測量，如使土地所有權人或使用人之農作物、竹木或其他障礙物遭受損失時，應予以補償；其補償金額，由雙方協議，協議不成時，由其上級機關核定之。

第 12 條：國家公園得按區域內現有土地利用型態及資源特性，劃分左列各區管理之：

- 一、一般管制區。
- 二、遊憩區。
- 三、史蹟保存區。
- 四、特別景觀區。
- 五、生態保護區。

第 14 條：一般管制區或遊憩區內，經國家公園管理處之許可，得為左列行為：

- 一、公私建築物或道路、橋樑之建設或拆除。
- 二、水面、水道之填塞、改道或擴展。
- 三、礦物或土石之勘採。
- 四、土地之開墾或變更使用。
- 五、垂釣魚類或放牧牲畜。
- 六、纜車等機械化運輸設備之興建。
- 七、溫泉水源之利用。
- 八、廣告、招牌或其類似物之設置。
- 九、原有工廠之設備需要擴充或增加或變更使用者。
- 十、其他須經主管機關許可事項。……

第 16 條：第十四條之許可事項，在史蹟保存區、特別景觀

區或生態保護區內，除第一項第一款及第六款經許可者外，均應予禁止。

(2)對本計畫可能之影響

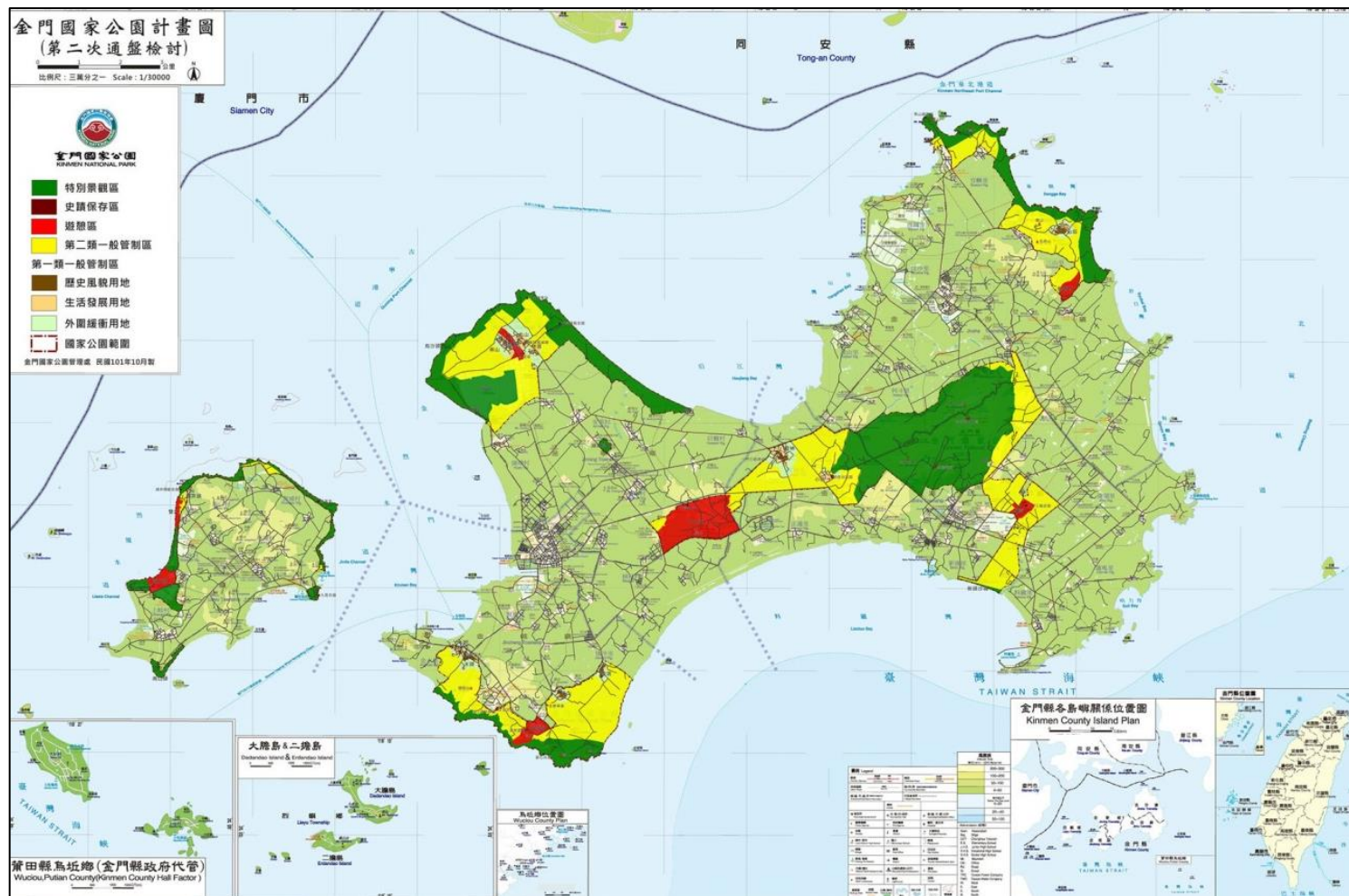
本計畫之碼頭工址(馬山周邊海岸)均在金門國家公園計畫範圍內(圖 3.1-7)，屬「國家公園區」用地中嚴格限制開發之「特別景觀區」，國家公園計畫公告實施後每五年通盤檢討一次，並作必要之變更。建議後續應先依據港區使用範圍劃出國家公園區，則該用地回歸至金門特定區計畫，屆時劃設為港埠用地，方具開發合法性；或先變更為保護區，待未來該範圍內之土地為因應觀光遊憩發展實際需要時，再行變更其土地使用分區。

茲參酌 101 年之金門國家公園計畫書(第二次通盤檢討)相關內容，檢討該案中變更「特別景觀區」之相關案例及理由，是否得以本案標的建置多功能碼頭予以符合變更情境。

本計畫工址位屬馬山海岸特別景觀區，具代表型心戰戰備景觀，並兼具多變化之海岸岬角地形景觀；由馬山至山后沿海岸線劃設為特別景觀區。本區特色：

- 戰備歷史景觀—馬山播音站、戰備工事、眺望對岸據點。
- 地形景觀—岬角海灣地形、岩岸與沙岸交錯地形、陸地沙丘地形、海洋景觀等。

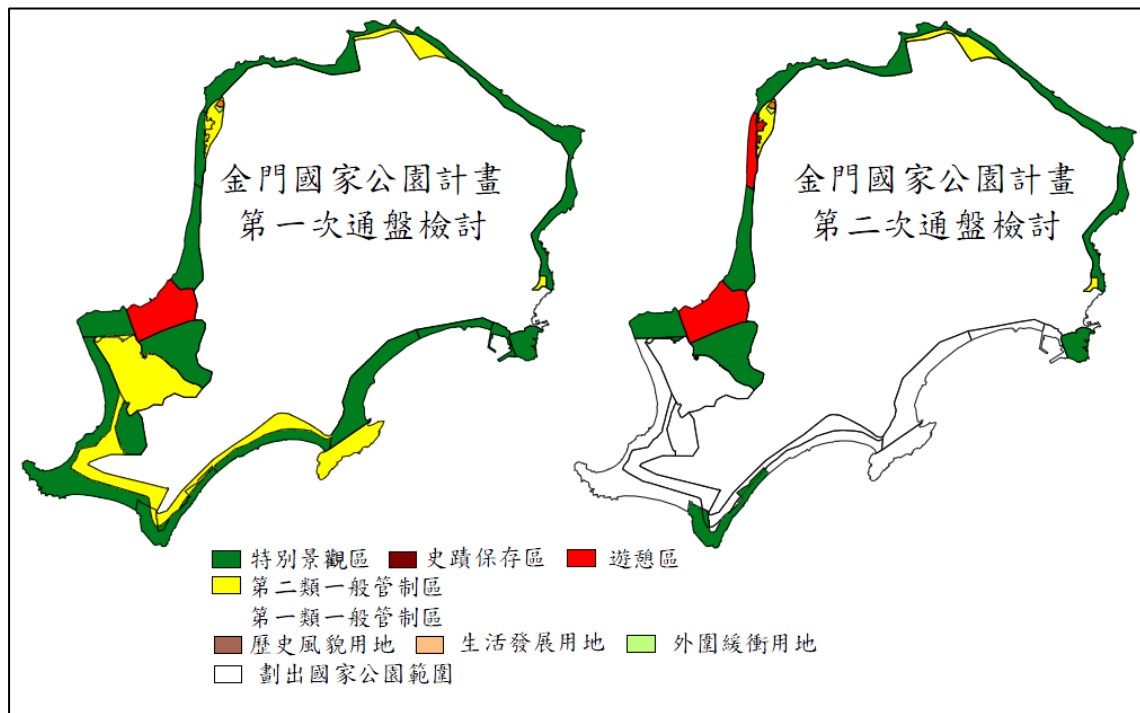
近年來金門地區環境變遷速度加快，小三通帶來的經濟發展提高了土地開發壓力以及民眾居住空間需求、陸客自由行帶來之大批觀光客、軍方精實專案釋出部分閒置營區…等自然與人文環境變遷，使國家公園之經營管理衍生諸多新課題。為因應時代潮流及社會演變，配合自然生態環境改變、人文環境之變遷與社會產業之轉型，自民國 96 年(2007 年)11 月 23 日報奉內政部營建署同意，開始辦理金門國家公園計畫第二次通盤檢討。



資料來源：金門國家公園計畫(第二次通盤檢討)

圖 3.1-7 金門國家公園使用分區計畫圖

由金門國家公園計畫第一次及第二次通盤檢討之比較圖(圖 3.1-8)，可知烈嶼地區南側濱海地區有劃出大面積之「特別景觀區」及「第二類一般管制區」，屬「烈嶼青岐至羅厝劃出案」變更內容，茲檢視其變更理由，主要為因應地方民意、考量實際土地使用及未來發展需求等變更規劃。故在因應未來開發規劃及觀光遊憩發展需求之情境下，國家公園區係有其釋出、變更範圍的可行性。



資料來源：「變更金門特定區計畫（配合金門國家公園計畫第二次通盤檢討—烈嶼青岐至羅厝劃出）案」

圖 3.1-8 金門國家公園計畫一通與二通計畫比較示意圖(烈嶼地區)

4. 要塞保壘地帶法(91.04.17)

(1) 相關條文內容

第 2 條：要塞堡壘地帶之幅員，以要塞、堡壘各據點為基點，或連結建築物各突出部之線為基線，自此基點或基線起，至其周圍外方所定距離之範圍內均屬之。

第 3 條：要塞堡壘地帶除有特別規定者外，陸地及水面均

分為第一、第二兩區，天空則分為禁航與限航兩區，依地形交通及居民狀況規定如左：

- 一、自基點或基線起至外方約四百至六百公尺以內為第一區。
- 二、自第一區界線起至外方約三千至四千公尺以內為第二區。
- 三、...

第 4 條：第一區內之禁止及限制事項：

- 一、非受有國防部之特別命令，不得為測量、攝影、描繪、記述及其他關於軍事上之偵察事項。
- 二、非經要塞司令之許可，不得為漁獵、採藻、繫泊船隻及採掘沙土、礦石等事項。
- 三、非經要塞司令之許可，不得新設或改設各種建築物、堆集物、墓墳、窯窖、林園、牆垣、溝渠、池塘、水井及變更地面高低之工程。

四、...

第 5 條：第二區內之禁止及限制事項：

- 一、非經要塞司令之許可，不得為測量、攝影、描繪、記述及其他關於軍事上偵察事項。
- 二、非經要塞司令之許可，不得以可燃質物新設或改設高過六公尺以上之建築物及變更地面高低一公尺以上之工程，以鐵筋混凝土為建築物之部分，不得超過一公尺。
- 三、堆積物之高度，非經要塞司令之許可，不燃質物不得超過三公尺，可燃質物不得超過六公尺。

第 6 條：第一、第二兩區內，應共同禁止及限制事項：

- 一、第一區全部及第二區特別指定地區如山地或要塞獨立守備地區，非經要塞司令之許可，不論軍、警、人民不得出入。
- 二、因公出入特別指定地區者，非經要塞司令之許可，

不得攜帶照相機、武器、觀測器及危險物品。

三、非經中華民國政府之許可，外國商輪、軍艦不得通過或停泊。

四、非經國防部之許可，不得新設或變更鐵路、道路、河渠、橋樑、堤塔、隧道、永久棧橋等工程。但交通部對於上列工程如有設施，除緊急搶修者外，應先與國防部洽商。

(2)對本計畫可能之影響

目前由國防部公告之要塞堡壘，計有拱北山、美崙山、猴子山、內木山、雷公山、坑子口山、大直山、大崗山、萬壽山、左營軍港、太武山、龍蟠山、大膽、二膽、復興嶼、猛虎嶼、獅嶼、東碇島、后嶼、草嶼、北碇、烏坵島等 22 處要塞管制區。

故應先行檢討選址區位是否落於限制範圍內，倘位處範圍內，建議先與國防部進行協商，瞭解後續規劃的可行性。且未來在興建交通船靠泊設施及相關陸上服務設施與船舶泊靠時，均應依本法相關規定辦理申請或許可。

5.水下文化資產保存法(104.12.9)

(1)相關條文內容

第 2 條：本法之主管機關為文化部。

本法所定事項涉及其他目的事業主管機關職掌者，由主管機關會商各目的事業主管機關辦理。

第 3 條：本法用詞，定義如下：

一、水下文化資產：指以全部或一部且週期性或連續性位於水下，具有歷史、文化、考古、藝術或科學等價值，並與人類生活有關之下列資產：

(一)場址、結構物、建築物、器物及人類遺骸，並包括其周遭之考古脈絡及自然脈絡。

(二) 船舶、航空器及其他載具，及該載具之相關組件或裝載物，並包括其周遭之考古脈絡及自然脈絡。

(三) 具有史前意義之物件。

二、以水下文化資產為標的之活動：指出於保存、保護、管理、研究或教育之目的，以水下文化資產為主要標的，所進行之實地調查、研究、發掘及其他可能干擾或破壞水下文化資產之行為。

三、非以水下文化資產為標的之活動：指非以水下文化資產為主要標的，但仍可能造成其干擾或破壞之行為。

四、國家船舶或航空器：指屬於某特定國家政府所有或由其使用，且在沉沒時作為政府非商業目的使用，並符合水下文化資產定義之軍艦、其他船舶或航空器。

五、商業開發：指以營利為目的所為買賣、互易或其他方式交易水下文化資產，或進行之打撈及其他行為。

第 9 條：應進行環境影響評估之開發行為，或政府機關(構)與公營事業機構於策定或核定涉及水域之開發、利用計畫前，應先行調查所涉水域有無水下文化資產或疑似水下文化資產，如有發現，應即通報主管機關處理。前項開發、利用之範圍與認定、調查與處理方式及程序，由中央主管機關會同相關目的事業主管機關定之。

(2)對本計畫可能之影響

本計畫之開發內容屬碼頭新興建設，依現行法規必須進行環境影響評估，故於計畫前應先行調查所涉水域有無水下文化資產。

6.商港法(100.12.28)

(1)相關條文內容

第 2 條：本法之主管機關為交通及建設部。

商港之經營及管理組織如下：

一、國際商港：由主管機關設國營事業機構經營及管理；管理事項涉及公權力部分，由交通及建設部航港局辦理。

二、國內商港：由航港局或行政院指定之機關經營及管理。

第 4 條：國內商港之指定，由主管機關報請行政院備查後公告之；商港區域之劃定，由主管機關會商內政部及有關機關後核定之。

(2)對本計畫可能之影響

本計畫金門東半島碼頭以對接對岸碼頭為主要目的，其功能定位應與水頭碼頭大抵相同，未來應可爭取指定為金門國內商港之一，並依據商港法進行管理及經營。

(三)土地取得可行性分析

1.都市計畫調查

本計畫碼頭之標的場址(馬山周邊海岸)位於金門國家公園計畫範圍內，依據「金門國家公園計畫書(第二次通盤檢討)」，均屬國家公園區內之特別景觀區，詳圖 3.1-7。特別景觀分區劃設原則說明如下：「係指無法以人力再造之特殊天然景緻，而嚴格限制開發行為之地區；本計畫係將歷史發展過程中留下之具有重要紀念價值、可作為現代及未來世代歷史資產之特殊景觀，劃設為特別景觀區。劃設原則如下：

(1)鳥類或其他動物重要棲地、溼地、及海岸地形等特殊景觀地區。

(2)具代表性之戰役紀念地、重要歷史與文化紀念價值之特殊景觀地區。」

惟因地區重大開發之需求可辦理個案變更或納入通盤檢討之，目前適逢「金門國家公園計畫辦理第三次通盤檢討」中，建議依據規劃結果儘速辦理後續必要行政程序，依據港區預計使用範圍劃出國家公園區，以回歸至金門特定區計畫，並將其劃設為港埠用地，使其港埠開發具合法性；或先變更為保護區，待未來該範圍內之土地如為因應觀光遊憩發展實際需要時，再行變更其土地使用分區。規劃上應強調觀光與多功能使用，朝向減低環境衝擊，或採適當的生態補償措施，方具實質執行之可行性。

金門特定區計畫之土地使用分區管制要點中有關港埠用地說明如下：「供公、民營水域交通工具之停靠、維修及旅客上下或等候及其相關設施使用。」

2.土地權屬調查

為瞭解本計畫碼頭之標的場址附近的土地所有人及管理機關，進行調查土地權屬資料調查，並套繪測量成果圖說，以供檢討擬定計畫區內之土地利用資訊，詳如圖 3.1-9 所示。經查本計畫區土地多屬公有地，管理單位多為金門國家公園管理處、國有財產署、國防部軍備局，另於天摩山西側岬角南側有多筆私有地，後續倘有涉及私有地需依法價購。



圖 3.1-9 計畫區周邊土地權屬調查(馬山海岸)

(四)環境影響評估可行性分析

依據可行性先期規劃作業手冊說明，本報告此處所稱「環境影響評估」不是環評法規定之環境影響評估，而係就該公共建設可能對環境之衝擊進行初步評估，以利於公共建設委由民間經營前，探討未來可能造成之環境衝擊，並研擬減輕對策，供政府及投資者考量。說明如下：

1.環境背景現況描述

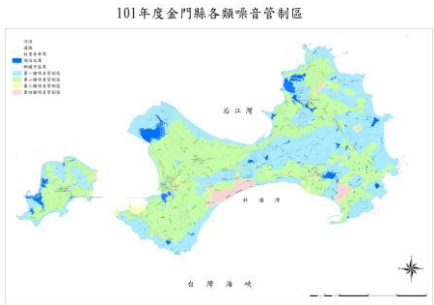
表 3.1-10 環境背景分析表

項目	現況環境
地理位置/區位	位於金門東北方之金沙鎮官嶼里，計畫涵蓋馬山、青嶼、后嶼鞍地區。馬山地區為金門本島距中國大陸最近點。
基地環境概述	屬礁岩及沙灘夾雜之自然海岸，馬山向西北方突出伸入海域。
水深	馬山兩側近岸海床平緩，形成自然沙灘；天摩山以東地形水深變化較大。
水域特性	本計畫區位於金門島北端，幾乎不受S向波浪影響，加上北側受大陸地形遮蔽，而東側有開闊水域，故主要受NE向及E向波浪影響。 馬山西側及天摩山西側受地形遮蔽，為本區較為靜穩水域。
公共設施	馬山觀測站

2.公共建設可能對環境造成影響

本計畫針對馬山周邊海岸建設多功能碼頭設施可能造成影響，以防災及環境評估角度切入，分析如下表所示。

表 3.1-11 公共建設可能對環境造成影響表

影響項目	環境背景	可能影響																								
地形與地質	1.馬山及天摩山屬花崗片麻岩之礁岩地形，馬山兩側為自然沙灘。 2.馬山周邊海岸底床下之岩盤上存有厚度不等之淤積泥沙，結構型式需注意考量。	1.岩盤施工工程地質條件，然因有淤積泥沙之問題，未來在外廓設施之規劃設計前，應完成地質鑽探調查避免造成設計方案之工程無法施工執行。																								
水文、水質	1.交通客船所產生的各式生活廢棄物之處理屬廣義的環保安全顧慮之一，近年來業者開始加強在船舶上裝設污水及廢棄物處理設備，並減少在公海拋棄垃圾或排放污水等行為。	1.未來客船泊區及客運專區之各設施供水與水污染防治需納入環境影響評估。																								
空氣品質	空氣污染指標為依據監測資料將當日空氣中懸浮微粒(PM10)(粒徑 10 微米以下之細微粒)、二氧化硫(SO ₂)、二氧化氮(NO ₂)、一氧化碳(CO)及臭氧(O ₃)濃度等數值，以其對人體健康的影響程度。空氣品質監測報告 106 年年報之金門縣監測結果如右欄，需注意懸浮微粒對旅客影響。	<table border="1"> <thead> <tr> <th>監測項目</th> <th>單位</th> <th>年度監測平均值</th> <th>備註</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SO₂</td> <td>ppb</td> <td>3.69</td> <td>良好</td> </tr> <tr> <td>CO</td> <td>ppm</td> <td>0.27</td> <td>良好</td> </tr> <tr> <td>O₃</td> <td>ppb</td> <td>37.83</td> <td>良好</td> </tr> <tr> <td>PM₁₀</td> <td>µg/m³</td> <td>52.1</td> <td>對一般民眾身體健康無影響，但超過 51，即對敏感族群亦造成健康影響。</td> </tr> <tr> <td>NO₂</td> <td>ppb</td> <td>10.13</td> <td>良好</td> </tr> </tbody> </table>	監測項目	單位	年度監測平均值	備註	SO ₂	ppb	3.69	良好	CO	ppm	0.27	良好	O ₃	ppb	37.83	良好	PM ₁₀	µg/m ³	52.1	對一般民眾身體健康無影響，但超過 51，即對敏感族群亦造成健康影響。	NO ₂	ppb	10.13	良好
監測項目	單位	年度監測平均值	備註																							
SO ₂	ppb	3.69	良好																							
CO	ppm	0.27	良好																							
O ₃	ppb	37.83	良好																							
PM ₁₀	µg/m ³	52.1	對一般民眾身體健康無影響，但超過 51，即對敏感族群亦造成健康影響。																							
NO ₂	ppb	10.13	良好																							
噪音	根據 101 年度金門縣各類噪音管制區及尚義機場航空噪音防制區公告： 馬山周邊海岸屬第一類噪音管制區。 	1.根據金門縣噪音管制區公告，計畫標的-馬山周邊海岸應屬第一類噪音管制區。 2.根據環境音量標準規定：第一類緊鄰未滿八公尺之道路之均能音量(Leq)日間為 71dB、晚間為 69Db、夜間為 63dB。 3.八公尺以上之道路之均能音量(Leq)日間為 74dB、晚間為 70Db、夜間為 67dB。 4.日間為上午六時至晚上八時、晚間為晚上八時至晚上十時，夜間為晚上十一時至翌日上午六時。																								

3.擬定環境影響減輕對策

根據上述基地資料及可能產生影響，進一步分析及擬定減輕對策。整理如下表。

表 3.1-12 環境影響減輕對策表

環境類別	環境項目	影響階段		影響評估		減輕對策
		施工	完工	範圍	程度	
生活品質	空氣品質	✓		計畫區三公里範圍	-	依據營建工程空氣污染防制設施管理辦法： <ol style="list-style-type: none"> 1.使用具粉塵逸散性之工程材料、砂石、土方或廢棄物，且其堆置於營建工地者，應採行覆蓋防塵布或覆蓋防塵網或配合定期噴灑化學穩定劑。 2.營建工地內之車行路徑，採行鋪設鋼板或鋪設混凝土或鋪設瀝青混凝土、粗級級配或其他同等功能之防制設施。 3.營建業主於營建工程進行期間，應於營建工地內之裸露地表，採行下列有效抑制粉塵之防制設施： <ol style="list-style-type: none"> (1)覆蓋防塵布或防塵網。 (2)鋪設鋼板、混凝土、瀝青混凝土、粗級配或其他同等功能之粒料。 (3)植生綠化。 (4)地表壓實且配合灑水措施。 (5)配合定期噴灑化學穩定劑。 (6)配合定期灑水。 4.海岸風大，應設置防風屏。 5.營建業主於營建工程進行期間，應於具有排放粒狀污染物之排氣井或排風口，設置旋風分離器、袋式集塵器或其他有效之集塵設備。
			✓	計畫附近地區	-	為減少懸浮微粒對服務品質之影響，由其在冬季，當東北季風南下時，容易把中國大陸的污染物質帶過來，應於規劃設計時種植海岸防風林及植生綠化、定期灑水等方法，減少懸浮微粒及汙染物影響。
	水質	✓		計畫附近地區	-	<ol style="list-style-type: none"> 1.洗車台四周應設置防溢座或其他防制設施，防止洗車廢水溢出工地。 2.設置廢水收集坑。 3.設置具有效沉砂作用之沉砂池。 4.營建工程無設置洗車台空間時，得以加壓沖洗設備清洗，並妥善處理洗車廢水。
			✓	附近海域	-	<ol style="list-style-type: none"> 1.生活汙水應妥善處理，並符合流放標準。 2.設置汙水回收再利用系統。
	廢棄物	✓		計畫附近	-	<ol style="list-style-type: none"> 1.依廢棄物清理法辦理。 2.廢棄建材回收再利用。

環境類別	環境項目	影響階段		影響評估		減輕對策
		施工	完工	範圍	程度	
環境類別				地區		3.有害及土石、危險廢棄物應立即處理、清除，避免二次污染。 4.因「天然災害」、重大事故或其他急迫之情事，致現有廢棄物貯存、回收、清除、處理設施能量不足，而有污染環境或影響人體健康之虞時，中央主管機關應會同中央目的事業主管機關及有關機關，並報請行政院核准後，得指定廢棄物緊急清理之方法、設施、處所及其期限。
			✓	計畫附近地區	-	與環保單位協商，基地垃圾應每日清運、並分類、回收，避免污染或產生異味，影響周圍居民。
	噪音	✓		計畫附近地區	-	1.避免夜間施作，配合居民作息。 2.不得已需夜間施工，需召開說明會，與地區居民協商、溝通。 3.依營建工程噪音管制標準。
			✓	計畫附近地區	-	依金門縣各類噪音管制區及尚義機場航空噪音防制區公告之第一類噪音管制區規定辦理。
	地形地貌	✓	✓	本計畫區	-	1.屬海岸地區，需注意海水暴潮或海嘯之影響，高程規劃與緊急避難均需妥善規劃。 2.岩盤施工工程地質條件，然因有淤積泥沙之問題，未來在外廓設施之規劃設計前，應完成地質鑽探調查。
	生態		✓		-	1.規劃設計上增加誘鳥、誘蝶植物，增加生態多樣性與豐富性，創造原生宜居棲地。
社會經濟環境	就業及產業活動		✓		+	除施工期間雇用在地居民外，未來客運服務區與周邊設施成立，基礎員工以本地人為優先雇用。
	交通運輸	✓				1.施工期間派員指揮交通。 2.規劃施工車輛進出路線。 3.避免尖峰時段車輛進出，影響遊客及在地居民權益。
			✓		+	1.規劃港口接駁、車輛動線。 2.進出港路線規劃與加裝 AIS 系統之要求。
景觀		✓		+	強調在地戰地史蹟和閩南文化特色，與在地結合統一及調和。	

4.確認是否進行環評

本計畫之開發內容為港埠興建工程，依現行法規將需辦理環境影響評估程序，待相關程序核定後方得以開發推動。

二、碼頭定位及規劃區位研選

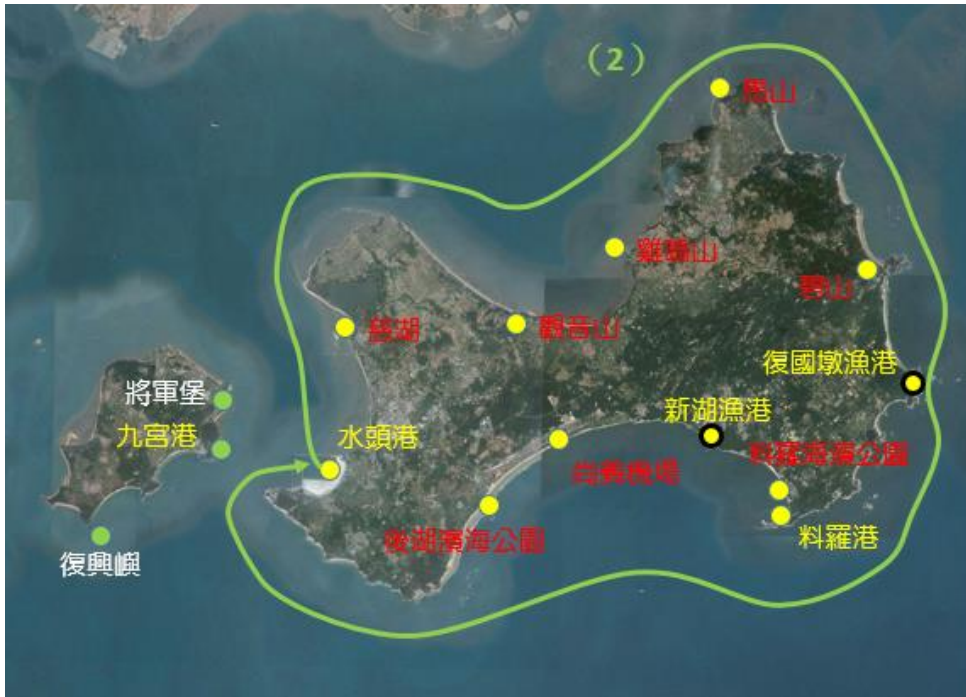
(一)碼頭定位

本多功能碼頭主要目的為對接泉州石井碼頭及未來廈門翔安機場之人員交通，故以交通運輸功能為主軸，而貨運需求仍應維持客貨分離原則，以料羅港為中心，避免產生重複投資與競合問題。另因金門四面環海，對外交通除便捷之空中交通外，海上遊憩藍色公路及金門各離島跳島導覽亦是未來金門觀光推動之目標，故計畫碼頭亦納入發展為海運遊憩節點之功能。金門東半島多功能碼頭主要任務有：

- 1.對接泉州石井港及備援未來翔安機場海運轉運旅客
- 2.金門東半島海上遊憩藍色公路節點

故研擬碼頭定位上本多功能碼頭相當明確以客運碼頭為主要定位，再視整體港埠規模與後續海上遊憩發展情形調整碼頭使用分區與未來配置。

而在開放環島藍色公路之議題上，目前尚未有明確路線規劃，惟參考縣府港務處「水頭港及九宮港遊憩船基地細部規劃」-海上觀光遊憩行程規劃相關內容中，規劃有大金門北環島航線：水頭碼頭→慈湖→觀音山→雞鳴山→馬山→碧山→復國墩漁港→後湖濱海公園→水頭碼頭，特色為遊程時間長，可同時欣賞山、海景景觀，本島東岸的水域環境空間因離人口稠密區較遠，所受到的外來環境污染較少，中途可安排海釣活動，岸上可臨停復國墩漁港進行陸上餐飲或留在船上進行水上BBQ。因本區位鄰近馬山，未來開發著重在客運旅遊服務，對於觀光或海上活動之友善性及合宜性較漁港為高，故將有可能替代復國墩漁港成為環島航線之中繼站（如圖 3.2-1）。



資料來源：水頭港及九宮港遊憩船基地細部規劃，金門縣港務處，105 年

圖 3.2-1 大金門北環島遊憩行程

(二) 規劃區位研選

1. 碼頭區位環境概述

金門東半島多功能碼頭設置區位之選擇，主要考量之自然因素包括：海域海象條件、海域地形、陸域環境影響及操船安全性等。本計畫區西側起點為馬山，馬山周邊海岸為礁岩區，馬山西側往南為一自然沙灘及礁岩區，再往南則為官澳海堤；另馬山往東至天摩山前的海岸為廣闊沙灘，而天摩山有一天然岬角往西延伸，提供此沙灘前方海域約 120m 寬的天然屏障，天摩山周邊海岸以礁岩地形為主，往東南至后嶼鞍前有一沙灘，后嶼鞍周邊為礁岩區，而東南側又一自然沙灘，如圖 3.2-2 所示。茲依碼頭區位考量因素，就海岸特性分析碼頭設置之適宜性，說明如下。



圖 3.2-2 金門東半島計畫區海岸示意圖

(1) 海象條件

海象條件與地形對於外來威脅之遮蔽有關，本計畫區位於金門島北端，幾乎不受 S 向波浪影響，加上北側受大陸地形遮蔽，而東側有開闊水域，故主要受 NE 向及 E 向波浪影響，如圖 3.2-3 所示。

依本計畫區地形來看，馬山西側海岸因有馬山遮蔽，可不受 NE 向及 E 向主要波浪之直接影響；馬山東側海岸除東北側略受后嶼島遮蔽外，其餘之礁岩區及沙灘直接面臨東北海面，受波浪影響較大；天摩山及西側天然岬角可提供西南側水域一定程度之遮蔽效果，僅受波浪折繞射能量影響；天摩山至后嶼鞍均直接面臨東北海面，易受 E 向及冬季東北風浪之影響。

故從遮蔽性而言，馬山西側海岸及天摩山岬角處受地形遮蔽顯著，可阻擋本計畫區主要波浪，受波浪直接影響程度較小，為本計畫區海象較穩靜之海域。

(3)陸域環境影響(聯外道路服務能力)

就本計畫區陸域環境而言，馬山西側海岸及天摩山岬角處均以光華路及官澳海堤道路作為聯外道路，現況官澳海堤道路為 10m 寬瀝青混凝土道路，通行尚稱便利，而官澳通往馬山之光華路二段為 5m 寬混凝土道路，道路服務能力有限，另進入計畫區海岸之路徑多為私人自行開闢，路況極差，又因現地高差大，車輛行駛危險性高。

經查於都市計畫中，除官澳至青嶼及官澳至馬山均為 15 公尺寬之都市計畫道路外，青嶼來往天摩山則為 13.5 公尺計畫道路，初步評估短期內應足符多功能碼頭未來交通流量所需服務能力，惟進出碼頭區之聯外道路系統亦需一併規劃，方能提供未來旅客動線由機場或其他各地聯繫至本計畫碼頭區之順暢交通。

表 3.2-1 計畫道路編號表

編號	起迄點	寬度(公尺)	長度(公尺)	備註
3-19	官澳→青嶼	15	740	沙青路
3-20	官澳→馬山	15	826	光華路二段
4-9	青嶼→天摩山	13.5	770	含天摩山圓環

資料來源：變更金門特定區計畫(都市計畫圖重製專案檢討)案計畫書，金門縣政府，104 年。

考量都市計畫道路迄今尚未完成，故建議現階段均以官澳海堤道路作為計畫碼頭之聯外道路，避免大量旅客車輛行經聚落路段，之後倘要進入馬山西側海岸則需進行既有道路(光華路)改善拓寬約 280m，再闢建道路約 70m 至海岸線，惟新闢路段的現地地形陡峭，後續需特別注意道路規劃；另光華路與天摩山岬角間之腹地寬闊、地勢較緩，自路岔口闢建道路約 130m 至海岸線，於既有陸上環境影響範圍明顯小於前者，且工程量體較少，往東新闢道路之規劃可行性較高。



圖 3.2-4 計畫區聯外道路改善或新闢示意圖

(4) 操船安全(航路條件)

依據「1982年聯合國海洋法公約」中第22條規定沿海國對分道航行制管理上之權利與義務，並於第41條中規定海峽沿岸國家對於船舶航行於海峽內設定分道航行之權利與義務，相關規定如下：

【第22條】領海內的海道和分道通航制

三、沿海國根據本條指定海道和規定分道通航制時，應考慮：

- (a) 主管國際組織的建議。
- (b) 習慣上用於國際航行的水道。
- (c) 特定船舶和水道的特殊性質。
- (d) 船舶來往的頻繁程度。

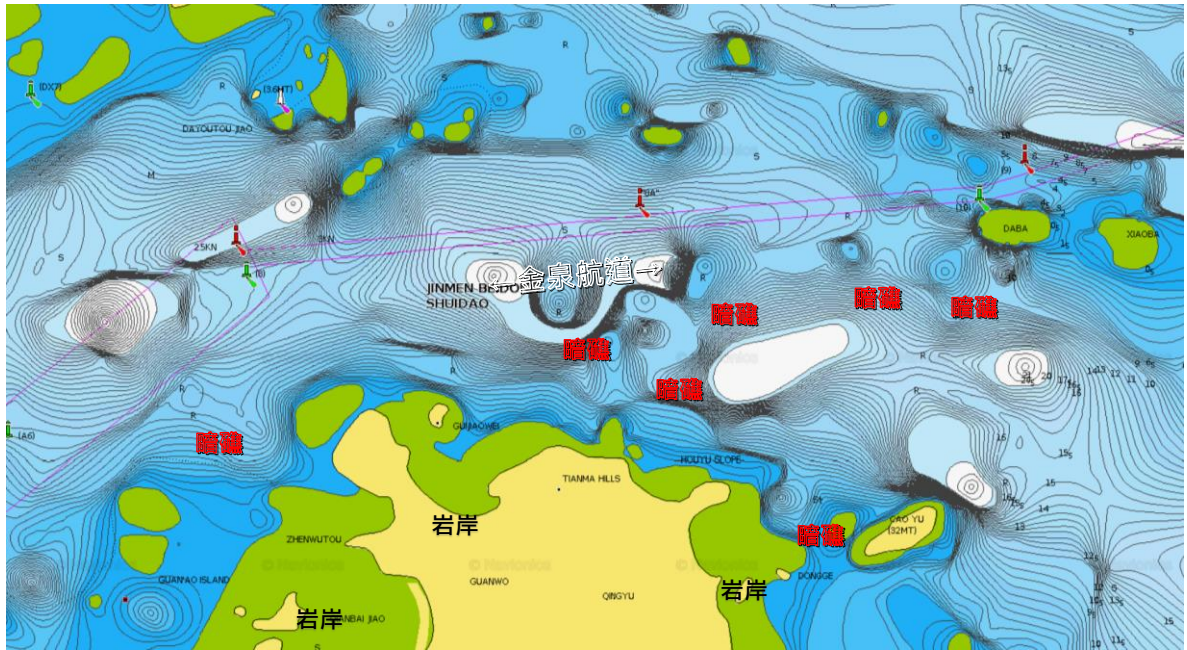
【第41條】用於國際航行的海峽內的海道和分道通航制

一、依照本部份〔第三部份 用於國際航行之海峽〕，海

- 峽沿岸國可於必要時為海峽航行指定海道和規定分道通航制，以促進船舶的安全通過。
- 二、這種國家可於情況需要時，經妥為公佈後，以其他海道或分道通航制替換任何其原先指定或規定的海道或分道通航制。
 - 三、這種海道和分道通航制應符合一般接受的國際規章。
 - 四、海峽沿岸國在指定或替換海道或在規定或替換分道通航制以前，應將提議提交主管國際組織，以期得到採納。該組織僅可採納同海峽沿岸國議定的海道和分道通航制，在此以後，海峽沿岸國可對這些海道和分道通航制予以指定、規定或替換。
 - 五、對於某一海峽，如所提議的海道或分道通航制穿過該海峽兩個或兩個以上沿海國的水域，有關各國應同主管國際組織協商，合作擬訂提議。
 - 六、海峽沿岸國應在海圖上清楚地標出其所指定或規定的一切海道和分道通航制，並應將該海圖妥為公佈。
 - 七、過境通行的船舶應尊重按照本條制定的適用的海道和分道通航制。

經蒐集電子海圖資料(如圖 3.2-5 所示)及水深地形測量成果，本場址沿岸主要為岩岸及沙灘地形，且在馬山后嶼、天摩山至青嶼一帶均有暗礁存在，而既有金泉航道之船舶航行於東北港口中，航道旁亦有諸多暗礁存在，且海域地形水深變化大，未來通航東半島多功能碼頭與對岸泉州石井港與翔安機場等客運碼頭，除需注意未來港口之進出航線規劃與既有航道之衝突性外，亦需參考目前通航之小三通航道，據以規劃建議，並提供主管機關交通部修訂參考。

依圖可知馬山西北方外海有一處暗礁，對於往翔安機場的航線稍有影響，而往泉州石井港時則需繞過馬山；天摩山岬角之東北方外海有三處暗礁，於航行往泉州時稍有影響，但仍以後嶼島對於本場址與翔安機場間往返航線之影響最為直接，均需往北繞行。就操船安全性及航路條件而言，馬山西側海岸略優於天摩山岬角場址。



資料來源：<https://www.navionics.com/aus/charts?format=Small&charts=NavionicsPlus>

圖 3.2-5 計畫場址沿海水深分布圖

2. 碼頭區位方案研擬

綜上所述，因本計畫區主要波浪為 E 向及冬季東北風浪，故碼頭區位研選原則上以有天然遮蔽者為優先選擇條件，因此研選金門東半島較適合設置碼頭之區位有二，分別為馬山西側海岸(方案一)及天摩山岬角處(方案二)，場址海岸空拍照如圖 3.2-6 所示，概述如下：

(1) 方案一-馬山西側海岸

方案一位於馬山西側海岸之礁岩區，因有馬山向西北延伸入海，具對於 E 向及冬季風浪之遮蔽效果，幾乎不受本計畫區主要波浪影響；該區位海岸略呈西北走向，南、北側均有自然沙灘，近岸海面上有多處礁岩。

(2) 方案二-天摩山岬角

方案二區位於天摩山西側岬角處，因有天摩山之地形遮蔽，可降低外來波浪威脅，但受計畫區主要波浪影響較明顯；天摩山與馬山間有一天然灣澳之寬闊沙灘，呈西北走向，其岬角恰位處海岸地形轉折處，岬角以東海岸則呈東北走向，北方外海為后嶼島。



圖 3.2-6 計畫場址海岸衛星空拍圖

三、碼頭水陸域設施配置方案研擬

(一)碼頭配置方案研擬原則

碼頭配置規劃須以符合計畫需求性為前提下，研擬滿足計畫船隻靠泊功能之碼頭，但在配置方案研擬過程中尚需考量環境面影響、使用便利性、工程經費及後續維護等因素，經充分評估後方能選定最適方案，以利後續實質工程執行面。

由前述本計畫需求之分析中可知，本計畫主要係增設金門東半島客運碼頭以交通運輸功能為主軸，未來對接泉州石井碼頭及備援未來廈門翔安機場之客運交通，現階段計畫船型為現行航線(金門-石井)最大船舶，遠期船型再以小三通航線最大船舶為規劃目標，如下說明：

1.計畫船型

規劃船舶將決定本多功能碼頭所需水域設施之空間尺寸，最主要之條件為船長與吃水兩個參數，船長影響碼頭長度、航道寬度與迴船池空間規劃，吃水則影響航道、碼頭水深與疏濬量規劃。

因本碼頭未來將對接泉州石井港，必須滿足現有行駛船舶噸位尺度，但水域設施建構必須預留未來發展可能情境，避免面臨空間不足難以擴建之窘境，故規劃上除需滿足現行航線(金門-石井)最大船舶八方輪(322GT，L=36.5m，吃水1.2m)為泊靠需求外，尚需保留大型船舶之服務能力，即增加以小三通航線最大尺寸船舶和平之星輪(548GT，L=49.9m，吃水1.3m)為遠期對象目標。

2. 水域規劃研擬

有關碼頭之規劃基準係依據國內外港灣規劃及設計規範而研定，主要參考規範如下：

- “港灣構造物設計標準修訂”，交通部運輸研究所，2005。
- “港灣の施設の技術上の基準”，日本港灣協會，2007。
- “Port designer’s handbook”，Thoresen，2010。
- “Port Engineering”，Bruun，1989。
- “Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan”，OCDI，2009。
- “Approach Channels, A Guide for Design”，PIANC、IAPH、IMPA、IALA，1997。

茲依計畫船型之碼頭設施需求，規劃相關水域設施建議如下：

(1) 碼頭船席

依前所述本計畫將以 322GT 八方輪(322GT，L=36.5m，吃水 1.2m)與 548GT 之和平之星輪(548GT，L=49.9m，吃水 1.3m)進行配置，以滿足計畫船舶進出作業使用，並保留大型船舶之服務能力。考量船席配置與運量有關，依據前節評估之航線市場運量為 74 萬人次(情境二)。

假設客運碼頭 1 年營運 360 天，八方輪(滿載人數為

238人)載容量以6成計約為143人,即一天往返船班需有15班次方可滿足預期運量(74萬人次/360天/143人=14.4班次),假設1船席一天可容納16班次,故需規劃至少1船席方能因應。本計畫以規劃2個船席為目標,保留因應可能之突發或緊急狀況,推估船席長應為至少1.25倍船長,其餘裕保留為作業空間,因此2個船席之長度至少需109m($36.5 \times 1.25 + 49.9 \times 1.25 \doteq 109$)。

(2)碼頭泊地水深

船隻進港後,船隻以低速航行,其水深標準採與碼頭水深相同之考量,除考慮加計載航吃水差餘裕外,尚須考量對於石質或硬質港底則須再加上附加水深(即軟質港底附加0.5~1.0m餘裕;硬質港底附加1.0m以上餘裕),本區以硬質餘裕值採1.0m。

本計畫最大目標船型為和平之星輪,以其滿載吃水深1.3m+1.0m(推估車葉吃水深)計算,所需水深為3.3m($1.3 + 1.0$ 車葉吃水深+1.0餘裕值=3.3m),以本區之最低潮位CD+0.07為基準而言,所需水深至少為-3.23m($+0.07 - 3.3 = -3.23$ m),故計畫碼頭採-4.0m為規劃水深,至於港口航道水深配合碼頭水深維持條件則應在-4.0m以上。

(3)航道寬度

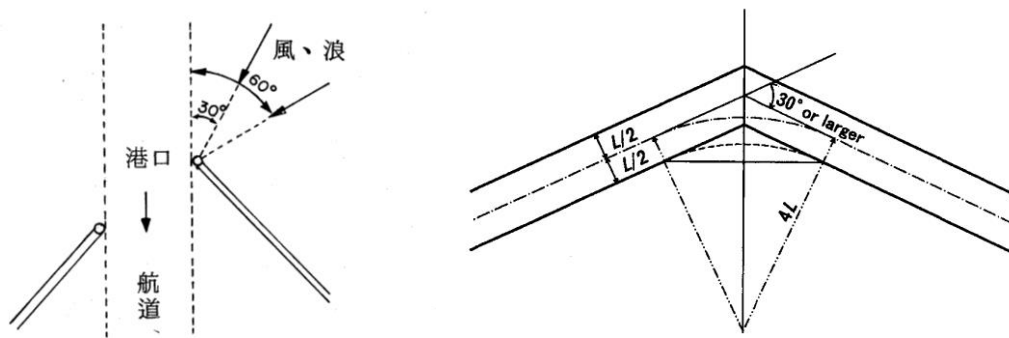
航道寬度應視計畫進出最大噸級船隻、地形、單向或雙向航行等因素加以考慮,原則如下:

- 雙向航道之港口寬度至少為計畫最大噸級船隻船長之1~1.5倍(或為船寬5~8倍)以上。
- 單向航道之港口寬度至少應為船長0.5倍以上。
- 航道寬度若因受地形限制可酌予縮小。

以提供和平之星輪進出為考量,船寬度12.4m、長度49.9m,採雙向航行,航道寬度約需50~75m,若僅單向進出,航道寬度則至少需25m,故計畫建議採50m以上。

(4) 航道法線

航道係供船隻在進入外港水域後，必須降低航行速度，以安全通過內港航道，並轉向航行進入泊區。依據規範，船隻在由外海進入港口時，其航行方向應與風浪作用方向呈 30° ~ 60° 較為適當；一般航道法線按風、波浪、潮流及海底地形因素而定，船舶較易受橫向波浪影響時，航道在必要時可轉彎，但曲率半徑必須在通過航道最大船舶船長 $4\sim 6$ 倍，且其最大彎曲角不得大於 30° ，如圖 3.3-1 所示，若超過 30° ，則該處寬度須加大或加大其曲率半徑。



(a) 港口與風浪方向之關係

(b) 航道彎曲部配置

資料來源：「港灣構造物設計基準修訂」，交通部運輸研究所，94 年出版

圖 3.3-1 進港航道方向及航道彎曲部配置示意圖

表 3.3-1 計畫船型水域規劃規範建議一覽表

規劃分期		近期	遠期
計畫船型		322GT 八方輪	548GT 和平之星
船長 L(m)		36.5	49.9
船寬 B(m)		8.8	12.4
吃水深+推估車葉深度 D(m)		1.2+1.0=2.2	1.3+1.0=2.3
航道	寬度 $\geq (1L)$	$\geq 37m$	$\geq 50m$
	外航道水深 $\geq (1.20D)$	$\geq CD.-2.57m$	$\geq CD.-2.69m$
	內航道水深 $\geq (1.15D)$	$\geq CD.-2.46m$	$\geq CD.-2.58m$
迴船池	直徑 $\geq (2L)$	$\geq 73m$	$\geq 100m$
碼頭	船席長 $\geq (1.25L)$	46 m	63 m
	水深 $\geq (D+餘裕值)$	$\geq CD.-3.13m$	$\geq CD.-3.23m$

註：1.本計畫港灣基準水位為調和分析後之天文潮最低潮位 $CD.+0.07m$ 。

2.碼頭水深=滿載吃水+車葉吃水深+餘裕值(假設岩質底床)。

(二)區位方案初步配置

茲配合區位環境特性並滿足本計畫需求之下，初步規劃兩區位方案可能之配置，碼頭規劃區位如圖 3.3-2 所示，說明如下：

(1)區位方案一配置(馬山西側海岸)

方案一之區位場址位處於馬山西側海岸之礁岩區，南、北側均有自然沙灘，海岸線呈西北走向，東側有馬山延伸入海，提供該場址良好之天然屏障，然因西側海域水深-3.0m 內之海床地形頗為平緩，加上附近有沙灘其沙源容易造成港池淤積，故方案一之配置除基本水深之需求外，後續需注意維持碼頭水深問題。

方案一構想乃藉由兩座防波堤構成港區外廓設施配置，港口開口向西南，自北側沙灘往西南延伸向海興建北防波堤 250m，以減少繞射波浪影響，並在南側沙灘的北端往海側興建南防波堤 250m，以降低港池受周邊沙源淤積的影響，兩防波堤間興建碼頭 235m，該計畫碼頭需浚

挖泊地水深至-4.0m 以滿足水深需求，其土方作為碼頭後側填築新生地使用，達到挖填平衡的目標。

(2)區位方案二配置(天摩山岬角)

方案二之區位場址位處於天摩山西側岬角處，其西側至馬山間有一西北走向之天然沙灘，岬角以東之海岸線則呈東北走向，該場址恰好位處海岸地形轉折處，憑藉著天摩山的地形遮蔽，可降低部分外來波浪威脅，然本場址同樣有近岸海床平緩及周邊沙灘的課題；惟相較於方案一的優勢在於其岬角東側海岸線離-3.0m 水深較近，碼頭配置上較易滿足基本水深需求，但後續仍需注意維持碼頭水深問題。

方案二構想乃藉由 L 型防波堤構成港區外廓設施配置，港口開口向西北，自岬角東側約 140m 處海岸往西北延伸向海興建北防波堤 140m，後往西延建北防波堤 80m，阻擋 E 向及冬季風浪，並在西側沙灘中段往海側興建西防波堤 130m，以降低港池受漂沙淤積，並於堤頭端海側設置 20 公尺長的人工岬頭，以控制下游沙灘變化；兩防波堤內興建碼頭 350m，其浚挖土方作為填築新生地使用。

因東北側之 L 型防波堤伸入海中，直接承受 N~NE 向波浪侵襲，故工程設計斷面需特別考量外海側保護措施。

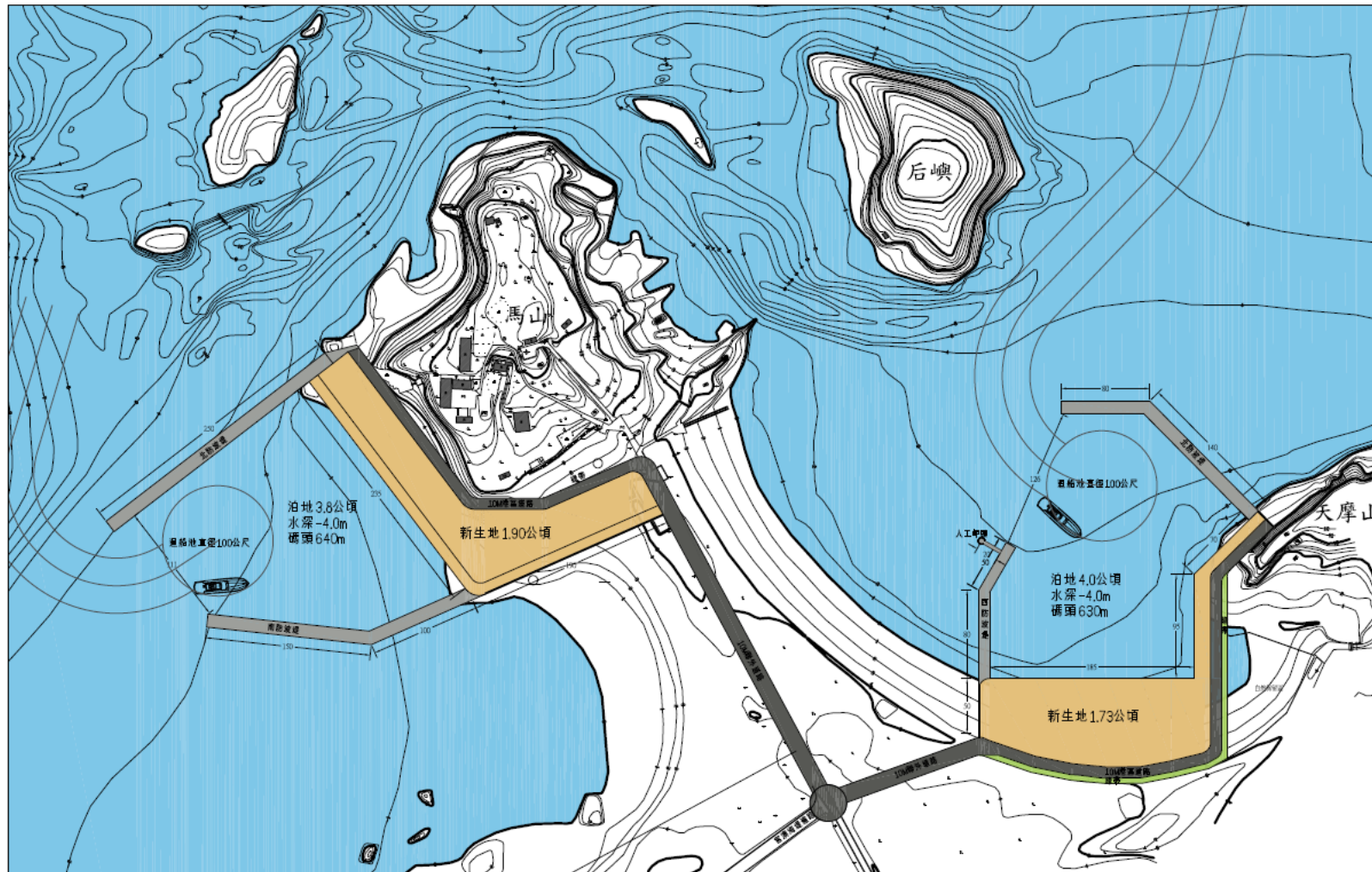


圖 3.3-2 金門東半島多功能碼頭規劃區位圖

(三)平面配置方案研擬

金門東半島增設碼頭之區位經分析研擬兩處區位進行方案配置，分別為馬山西側海岸(方案一)及天摩山岬角處(方案二)，配置方案除須滿足本計畫需求外，應充分配合既有官澳海堤道路規劃聯外交通路線，俾利後續人員進出港區，且充分利用天然屏障條件以降低興建成本為原則。配置方案說明如下。

1.方案一(如圖 3.3-3)

(1)配置構想:

方案一考量利用天然屏障以降低興建成本，因此外廓防波堤設施量體較少，且外海側保護措施之需求較小，至於泊地水深不足部分則以浚深方式以滿足需求。本方案自礁岩區北端往西南延伸向海興建北防波堤 250m，並在南側沙灘的北端往海側興建南防波堤 250m，並建置 190m 護岸銜接至陸域腹地，兩防波堤間興建碼頭 235m，碼頭後側與原岩壁間以所浚挖土方填築成陸地，新生地面積約 1.90 公頃，可供陸上相關服務設施使用。

(2)靠泊功能:

本配置可供停泊碼頭長度約 640m，並規劃一座浮動碼頭長 70m、寬 15m，配合計畫船型進出及靠泊所需空間，設置距北防波堤 75m，以利船舶進出及靠泊作業，可供 2 個船席，另其餘碼頭可供其他船舶靠泊，但不得影響計畫船型靠泊浮動碼頭作業，但因配置泊地的現況水深均小於 -3.0m，後續需注意維持碼頭水深問題。

(3)環境影響:

本配置為滿足船舶吃水深，自海岸伸入海中之兩座外廓防波堤結構長度均超過 200m，於海岸視覺觀感上相當突兀；本場址海岸屬礁岩海岸，近岸海面上有多處礁岩，需視施作範圍進行打除，而南、北側均有自然沙灘，建置碼頭後勢必影響近岸波潮流，致使附近沙灘灘線變遷。

2. 方案二(如圖 3.3-4)

(1) 配置構想:

方案二考量地形水深及船席維護需求，乃利用天然岬角地形條件，其岬角東側海岸線離-3.0m 水深較近，於東北側海岸處以西北向興建北防波堤 140m，後往正西向延建 80m，以阻擋計畫海域主要波浪(E 向及冬季東北風浪)，並沿現有岬角地勢興建碼頭及道路作為港區聯外使用。另於西側興建沙灘中段往海側興建西防波堤 130m，阻擋沙源進入港區，且於堤頭段海側設置人工岬頭 20m，降低對後線沙灘之影響變遷，並建置 50m 護岸銜接至陸域，兩防波堤間興建碼頭 185m，碼頭後側與原岩壁間以所浚挖土方填築成陸地，新生地面積約 1.73 公頃。

(2) 靠泊功能:

本配置可供停泊碼頭長度約 630m，並規劃一座浮動碼頭長 70m、寬 15m，可供 2 個船席，配置泊地面積約 2/3 的現況水深多小於-3.0m，而東北側碼頭水域地形較深，除較易滿足基本水深需求外，其後續受漂沙淤積的影響較小。

(3) 環境影響:

本配置為提升港內靜穩度，於岬角東北側興建 L 型外廓防波堤配置，並以碼頭及道路聯繫港區，開發時需打除海岬岩石以建置港區設施，破壞海岸岩壁之現有地形地貌，於海岸環境影響較為明顯；本場址海岸屬礁岩海岸，惟西側有自然沙灘，建置碼頭後亦影響其灘線變遷，改變近岸海域流場特性。

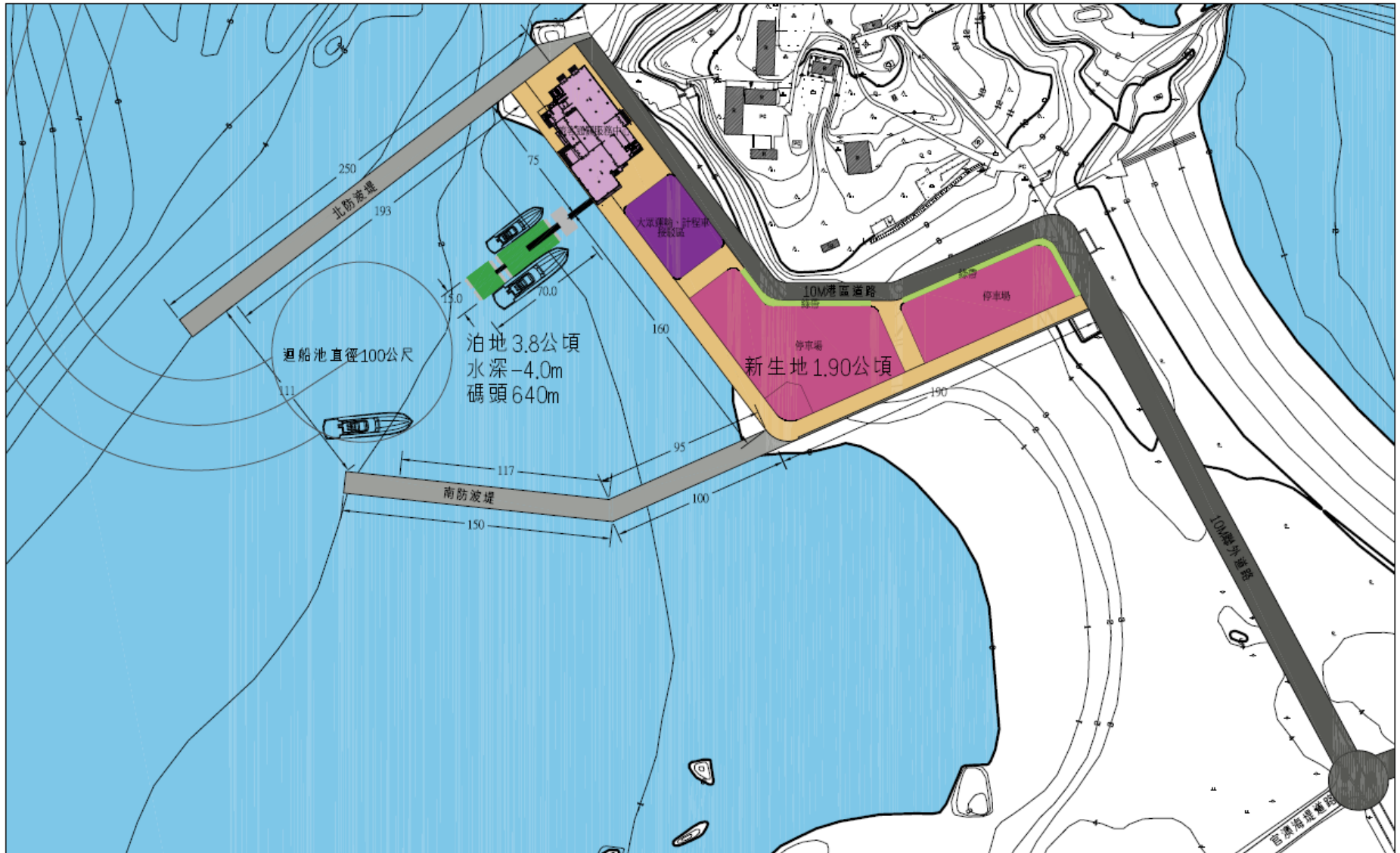


圖 3.3-3 金門東半島碼頭配置構想圖-方案一

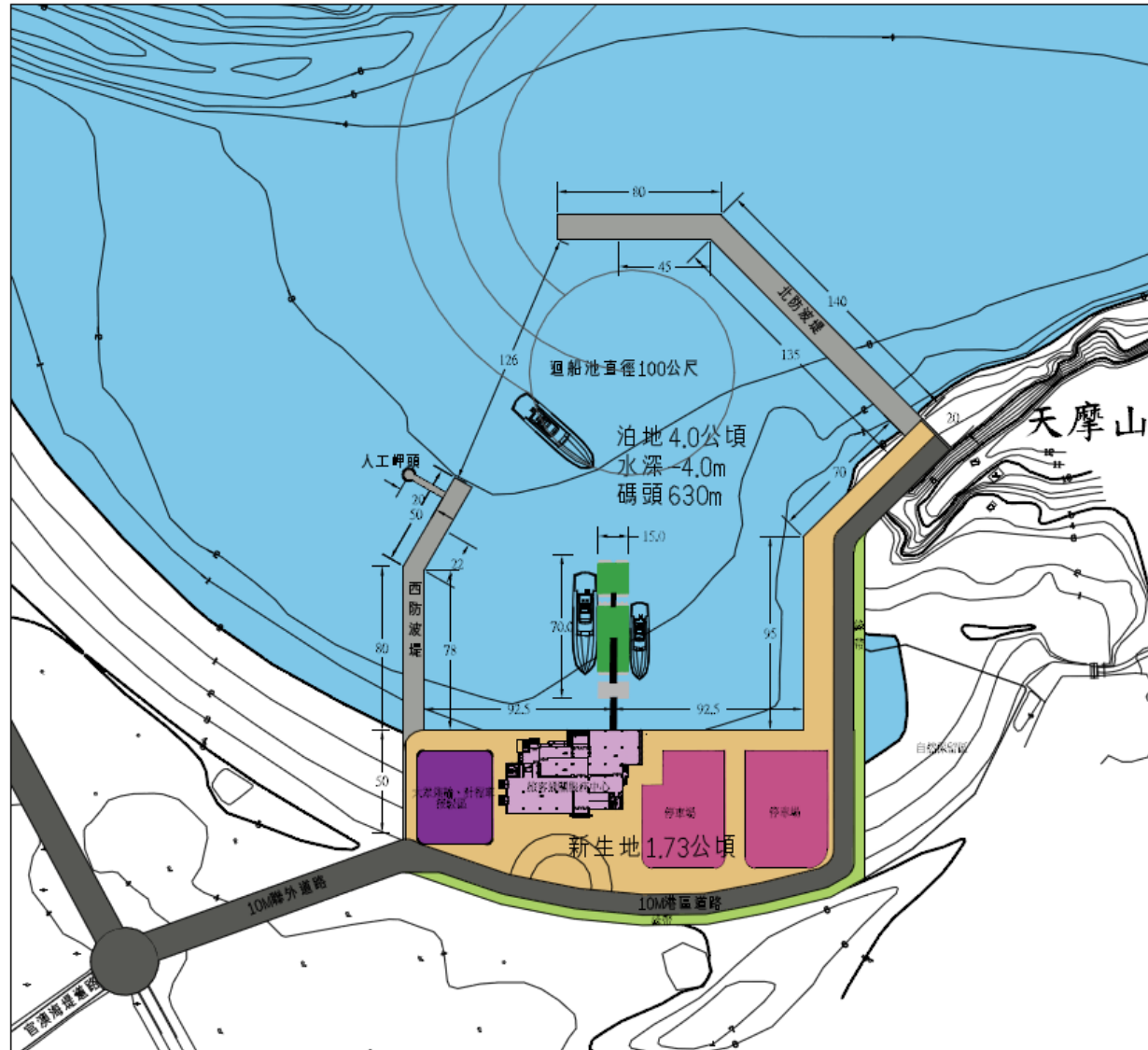


圖 3.3-4 金門東半島碼頭配置構想圖-方案二

四、配置方案水域穩靜數值分析

理想的波流計算模式應可配合研究區域之需要，將水深地形、波浪、風力、潮汐及海岸結構物等足以影響研究區域之海象因素完整納入。為瞭解本計畫區海域特性及近岸波浪分布情形，本計畫之數值工作將採兩階段(現況海岸及設置結構物)進行分析，並依據數值軟體於模擬演算時之應用特性及適用性，以兩種數值模擬軟體進行分析及加以驗證。

考量本計畫區海域近岸多為自然海岸，並無設置海岸結構物，且金門東半島多功能碼頭場址位於金門島北端，幾乎不受 S 向波浪影響，加上北側受大陸地形遮蔽，而東側有開闊水域，應主要受 NE 向及 E 向波浪影響。故研擬於現況海岸時採 DHI 研發之 MIKE21 水力數值模擬軟體 SW 模組進行大範圍波場推算及近岸風浪折射數值模擬，作為後續港池靜穩 BW 模組邊界波高之輸入設定，以茲瞭解於場址海岸模擬設置結構物時，海岸環境變遷後之近岸波潮流分布情形，並檢視港池內水域靜穩度是否滿足計畫需求，模擬結果提供後續工程規劃參考。

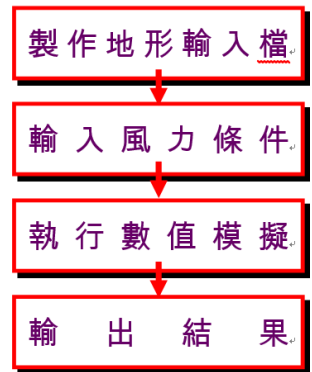
(一)數值模式介紹及應用說明

MIKE21 數值計算模式為丹麥水力研究所(DHI water & environment)所研發，該軟體有多種模組可選擇使用，考量對於波浪受海岸水深地形及防波堤結構物的折射、繞射、反射及碎波效應必須能充分掌握，並提供計算波浪碎波衍生近岸流所須詳細地的波浪趨動作用力。此模式係綜合性海岸規劃與變遷軟體，在國內已有多多年使用經驗，並經證實應用於臺灣海域具有一定可信度。

1.近岸波浪推算

由於金門地區僅於商港外附近有波浪實測資料，且金門島嶼潛礁環繞，港域係位於水深較淺處，季風波浪傳遞時將受地形之折繞射影響而有波向與波高之變化，為瞭解計畫區季風期間各碼頭區近岸波浪之波高與週期分佈，在進行季風波浪港池靜穩度數值模擬前，必須先進行季風風場波浪推

算，並考量波浪傳遞時之折繞射情形，以求得近岸之波浪入射條件，做港池靜穩 BW 模組邊界波高之輸入設定，俾獲得較合理之靜穩度分析結果。波浪折繞射數值模擬分析之作業流程如右圖所示。



本計畫採用 DHI 研發之 MIKE21 水力數值模擬軟體 SW 模組進行大範圍波場推算及近岸風浪折射數值模擬，分析風浪生成與自外海傳遞至近岸之折繞射情形。SW 模組係模擬波浪在各種外力作用下之波能變化，其求解之方程式為波浪作用力平衡方程式(Wave action balance equation)，茲將其理論基礎簡述如下：

近岸波浪數值模擬作業流程圖。

波浪作用力平衡方程式(Wave action balance equation)為二維時變域之偏微分方程式，表示如下：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{v}N) = \frac{S}{\sigma}$$

其中， $N(\bar{x}, \sigma, \theta, t)$ 為波力頻譜密度函數(wave action density function)，與波能頻譜密度函數(wave energy density function)之關係為 $N = E / \sigma$ ； $\bar{x} = (x, y)$ 為卡氏坐標； t 為時間； σ 為角頻率；而 θ 則為波向角。 $\bar{v} = (c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ 為一個四維空間的向量，其四個分量之物理意義分別如下：

$$(c_x, c_y) = \frac{d\bar{x}}{dt} = \bar{c}_g + \bar{U}, \text{ 代表群波在空間上的傳遞速度,}$$

其中 \bar{c}_g 為群波速度，而 \bar{U} 則為海流之流速，模式可考量波浪在海流流動狀況下之傳遞情形。

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt}, \text{ 代表角頻率 } \sigma \text{ 之變化速度。}$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt}, \text{ 代表波向角 } \theta \text{ 之變化速度。}$$

$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial \sigma}, \frac{\partial}{\partial \theta} \right)$ 為一個四維空間的向量運算子，

S 則為源項(Source term)，代表波浪傳遞過程時可能發生之波浪能量成長、消散及非線性交互作用等物理現象，表示如下：

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf}$$

其中， S_{in} 為風浪之成長項， S_{nl} 為波與波非線性交互作用項， S_{ds} 為白沫消散項， S_{bot} 為底床摩擦項，而 S_{surf} 則為碎波消耗項。

SW 模式係以有限體積法(Finite Volume Method)將控制方程式在空間上進行離散，所採用之格網系統為非結構性三角形格網系統，每一個三角形都代表一個元素，每一時間步均可解出各元素中心的 N 值。在時間上之離散，則採用等間隔時間步之有限差分法(Finite Difference Method)，所採用之差分方法為一階上風法。

SW 模式在邊界條件方面之處理，主要分為陸地邊界與開放邊界等兩部分。陸地邊界為水與陸地交界之處，模式在邊界條件之處理上係設定為吸收邊界；而開放邊界，若有觀測資料，則可給定波力頻譜做為邊界條件，但絕大多數情況下均無觀測資料可提供，一般亦給定吸收邊界。

2. 港池靜穩度數值模擬方法

本計畫採用 MIKE 21 數值模擬軟體之 BW 模式進行靜穩度數值模擬分析，其作業流程如圖 3.3-1 所示。BW 模組係以求解布辛尼士方程式(Boussinesq Eq.)之自由液面變動量方式，達到求得港域內波高分佈之目的。

BW 模組之控制方程式為質量守恆及動量守恆方程式，分別表示如下：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{Ch^2} - E \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right) = \frac{1}{3} Dh \left(\frac{\partial^3 p}{\partial x^2 \partial t} + \frac{\partial^3 q}{\partial x \partial y \partial t} \right)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + gh \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{Ch^2} - E \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right) = \frac{1}{3} Dh \left(\frac{\partial^3 q}{\partial y^2 \partial t} + \frac{\partial^3 p}{\partial x \partial y \partial t} \right)$$

其中 $\eta(x,y,t)$ 為自由液面

$p(x,y,t)$ 為 x 方向之通量

$q(x,y,t)$ 為 y 方向之通量

$D(x,y)$ 為平均水深， $h=D+\eta$

C 為 Chezy 底床摩擦係數

E 為 Eddy 渦滯係數

$p=uh$ ， $q=vh$

其中 $u(x,y,t)$ 為 x 方向之水深剖面積分平均流速

$v(x,y,t)$ 為 y 方向之水深剖面積分平均流速

由於波浪作用下流體水平流速分量在垂直方向之分佈極複雜，學者們對其分佈有不同之假設，但在淺水中則各種說法趨於一致，即淺水中垂直方向上各點之水平流速約等於平均流速，故以往 Boussinesq 方程式僅能準確描述淺水區之波浪，在水深較深之範圍則依不同假設之水平流速分佈剖面有不同之結果，丹麥水力研究所(DHI)經實驗驗證，其 BW 模組所假設之水平流速分佈剖面在水深波長比(h/L)高達 0.5 時仍可得到相當準確之模擬結果。

在波浪入射持續作用一段時間達到穩態(steady state)後，可由方程式解得之結果 η 求得波高之分佈，波高與 η 之關係如下：

$$H_{mo} = 4\sqrt{\frac{\sum \eta^2 - (\sum \eta)^2 / N}{N-1}}$$
 , N 必須包含數十個週期, 若入射波浪為規則波則僅數個週期, 惟其波高 $H_{reg} = \frac{(\xi_{max} - \xi_{min})}{2}$, H_{mo} 係依能量定義求得, 而 H_{reg} 係依波形求得, 兩者關係為 $H_{mo} = \sqrt{2}H_{reg}$ 。

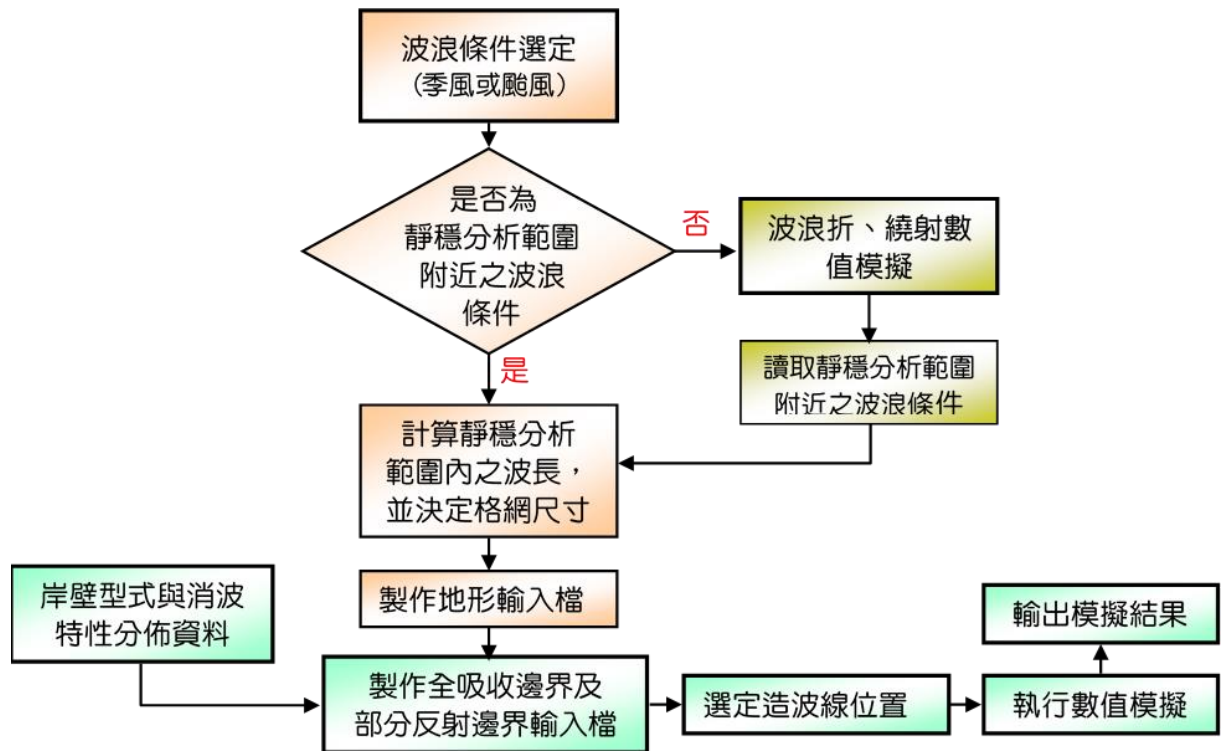


圖 3.4-1 港池靜穩度數值模擬作業流程圖

3. 港域構造物消波特性探討

有關港灣構造物之反射率特性, Goda 曾彙整各篇已發表文獻之實驗結果(詳其著作: Random Seas and Design of Marine Structures), 在一般海面常見的波浪條件下, 各類岸壁型式之反射係數如圖 3.4-2 所示。

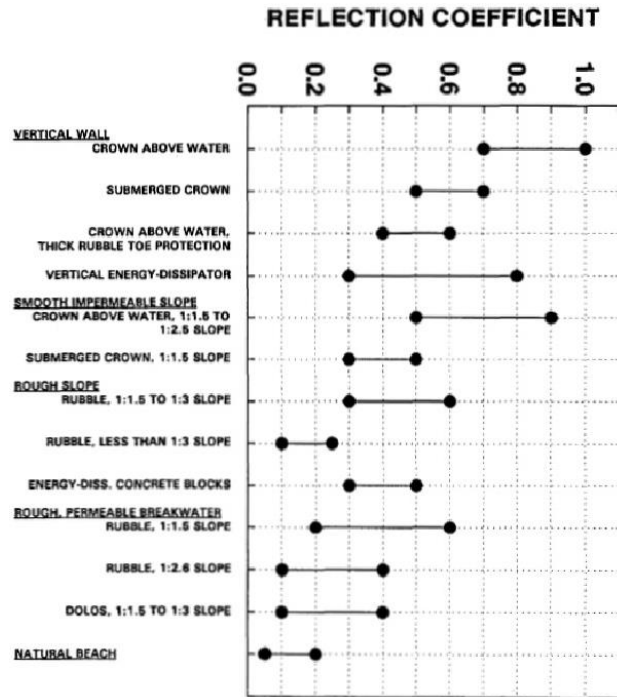


圖 3.4-2 各類型海岸或結構物反射係數參考圖

一般季風及颱風波浪之示性週期甚少超過 15 秒。依據上述之特性，本計畫波浪數值模擬之邊界條件設定概分為以下三類：

1. 直立式反射邊界：結構物為直立岸壁者，反射係數較大，在一般海浪作用下反射率為 0.7~0.9。
2. 斜坡式吸收邊界：海岸或結構物為岩岸、拋石堤、排放消波塊之海堤或棧橋式碼頭，岸壁可吸收一部分波浪能量，在一般海浪作用下反射率為 0.3~0.6。
3. 全吸收邊界：外海邊界或沿岸海灘反射波影響甚微者，均設為全吸收邊界，即反射率設為 0。

根據上述港域構造物型式分布情形，加以研判各港域構造物之反射特性，作為波浪數值模擬所需之邊界條件設定資料。

(二)數值模式條件設定

進行分析模擬前必須有海岸地形及水深等數值資料方能運算，本計畫以 107 年 3 月之實際測量成果作為近岸水深資料，外海水深部份則以中華民國海軍水道圖-04526 金門及廈門附近（第二版）補足。

1.水位條件設定

一般而言，水深愈大，則波浪愈能將能量傳向近岸，而數值模擬考量較保守之狀況，應以較高之潮位狀況進行模擬。由於季風波浪作用下之靜穩度數值模擬，主要係考量船隻平時的作業情形，並不會有風速增強或氣壓降低而造成潮位劇增之情形，一般採用平均高潮位進行模擬。颱風來襲時，因風速增強及氣壓降低，造成潮位劇增，配合波浪條件之選定，可採 50 年迴歸期潮位為模擬計算之基準，然若無足夠資料可進行潮位迴歸分析，亦可採用觀測資料的最高高潮位來做為模擬之水位基準。

參考第二章之潮汐、季風及颱風波浪資料，潮位設定主要以港區實測潮位資料為基準，並以天文潮最低潮位為建港潮位零點，於季風波浪數值計算時，採調和分析後之平均高潮位 $CD.+4.97m$ 為設定水位條件。而於模擬颱風波浪作用下，參考另案分析之水頭港區 50 年迴歸期暴潮偏差約 $1.25m$ ，故設計暴潮位擬設定為大潮平均高潮位加上迴歸期暴潮偏差 $CD.+5.38+1.25=CD.+6.63m$ 。

而因海圖系統零點為最低低潮系統，故數值模擬之條件基準不變。

2.波浪條件設定

波浪作用條件主要為提供碼頭前波高靜穩分析需求，將可分為季風波浪與颱風波浪兩種。季風波浪採用：

(1)夏季季風發生超越機率 97%之 H_s 波高約為 $2.0m$ ， T_s 週

期約為 7.0sec，S 向。

(2)非夏季季風發生超越機率 97%之 Hs 波高約為 2.5m，Ts 週期約為 7.0sec，E 向。

颱風波浪一般均採用 50 年迴歸期颱風波浪進行演算，並依計畫區位選擇影響最大之波向分析，以本區域而言將採用 SE 向(Hs=7.1m，Ts=11.2sec)與 E 向(Hs=5.7m，Ts=10.0sec)兩條件為主。

表 3.4-1 金門東半島數值計算輸入條件

	水位設定	波向	波浪條件
季風波浪 料羅灣-金門浮標	+4.97m 平均高潮位	夏季，S 向	Hs=2.0m，Ts=7.0sec
		非夏季，E 向	Hs=2.5m，Ts=7.0sec
颱風波浪 水頭港區-50 年 迴歸期	+6.63m 暴潮位	SE 向	Hs=7.1m，Ts=11.2sec
		E 向	Hs=5.7m，Ts=10.0sec

(三)網格分析與模式驗證

由於本案數值模擬係採用丹麥 DHI 所研發之 Mike21 BW 模組進行波浪靜穩度分析，其於 BW 模組計算之初，已先行以 Mike21 軟體之 Mike21 BW Model Setup Planner 工具評估 BW 模式所需之時空尺度，以確保模式之分析成果無虞；依評估成果顯示，其建議之最大網格約為 5.98m(大金端)及 6.10m(小金端)，而本案計算網格大小為 5m，已足以呈現波浪傳遞至港內之特性。

另本案參考金門地區鄰近波浪測點(95 年 8 月~96 年 4 月之水頭港區波浪環境監測資料)實際觀測之最大值 1.09m 與本案參數設定相同之同一模組所進行推算進行比較可知，兩者於颱風浪期間所模擬之浪高相近，顯示本案模式推算結果具有相當可信度；故綜上分析可知，本案數值模式之精度與尺度應足敷本案規劃階段之需求。

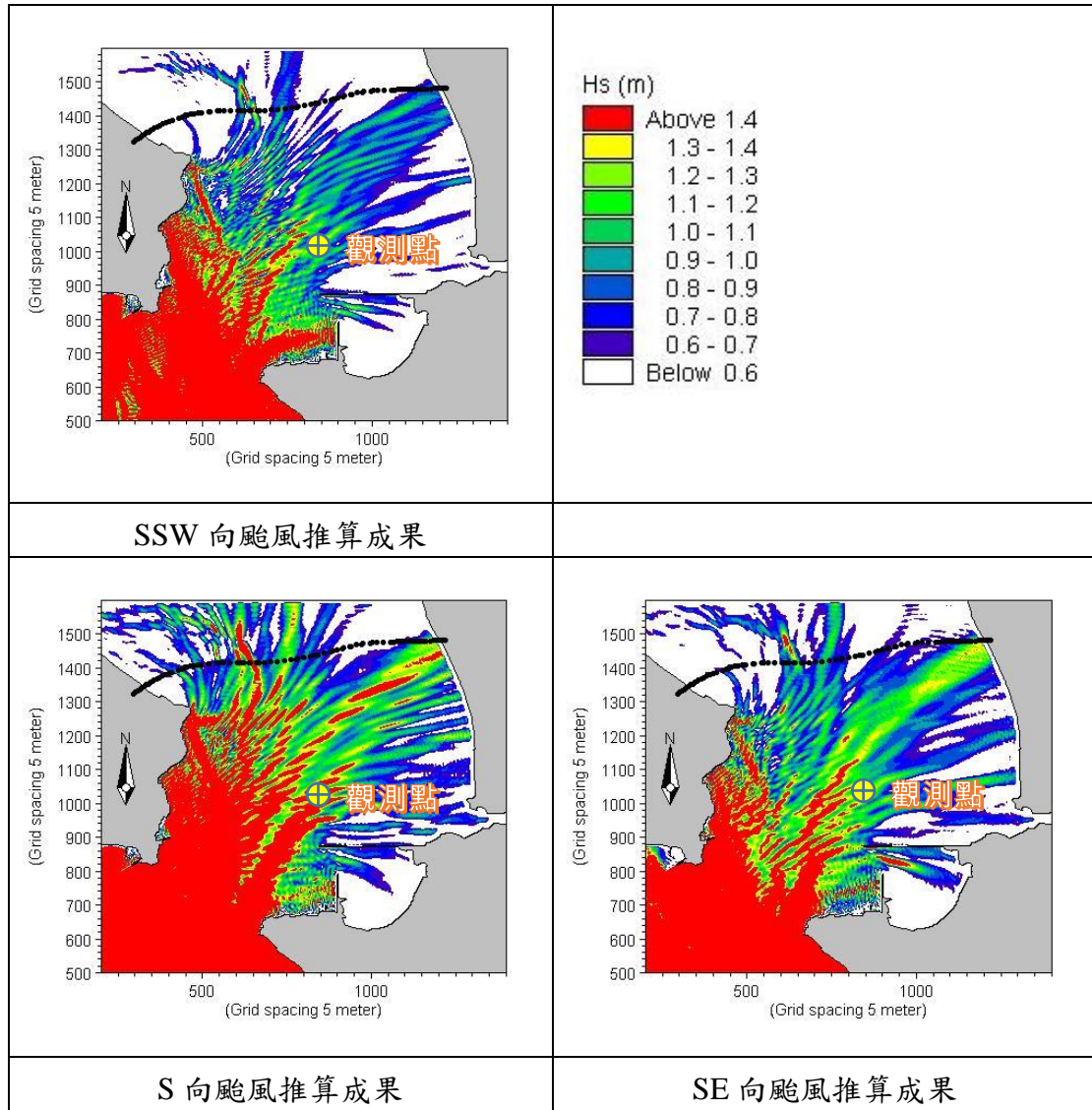


圖 3.4-3 本計畫模式驗證案例圖

表 3.4-2 驗證案例颱風波高推算成果表

波浪種類	波向	計算波高(m)	觀測點波高 (95.8~96.4) 為 1.09m
颱風	SSW	1.06	
	S	1.59	
	SE	1.46	

(四)模擬結果分析

本計畫分別以季風及颱風波浪條件進行計畫區位海岸現況、方案一及方案二之數值模擬計算，季風波浪採 E（非夏季波浪）及 S 向（夏季波浪），颱風波浪則採 E 及 SE 向，各模擬條件之計算結果說明如下：

1. 海域區位

(1) 季風條件

圖 3.4-4 及 3.4-5 為 SW 模組進行金門海域之大範圍波場推算及近岸風浪折射數值模擬結果，而本計畫區東半島之數值模擬結果分別如圖 3.4-6 及 3.4-7 所示。

在夏季 S 向季風條件下，波浪主要由南向入射，而因本計畫區位於金門島北端，幾乎不受 S 向季風波浪影響，波浪經過東岸再經由東北海道折射變化所造成計畫區內之波浪高度微乎其微。如圖 3.4-6 所示，方案一(馬山西側海岸)及方案二(天摩山岬角)區位現況水域之波高分布均在 0.4m 以下，顯示在地形遮蔽作用下，S 向季浪期間水域相當穩靜。

在 E 向季風條件下，模擬非夏季風向主要由東北方向吹拂，但因受大陸地形遮蔽影響，風吹距離較短，風波能量不易堆積產生較大波浪，而東側反因有開闊水域，風力可產生足夠成熟波浪，故 E 向入射對本場址影響較為明顯。如圖 3.4-7 所示，計畫區東側因受大陸晉江市圍頭角之地形遮蔽，波浪隨水深地形折射直接進入東北海道中，故方案二區位受到 E 向波浪影響較為明顯，現況水域波高略微提高至 0.7m；而方案一區位波高在 0.4m 以下，顯示完全不受季風波浪影響，水域靜穩度良好。

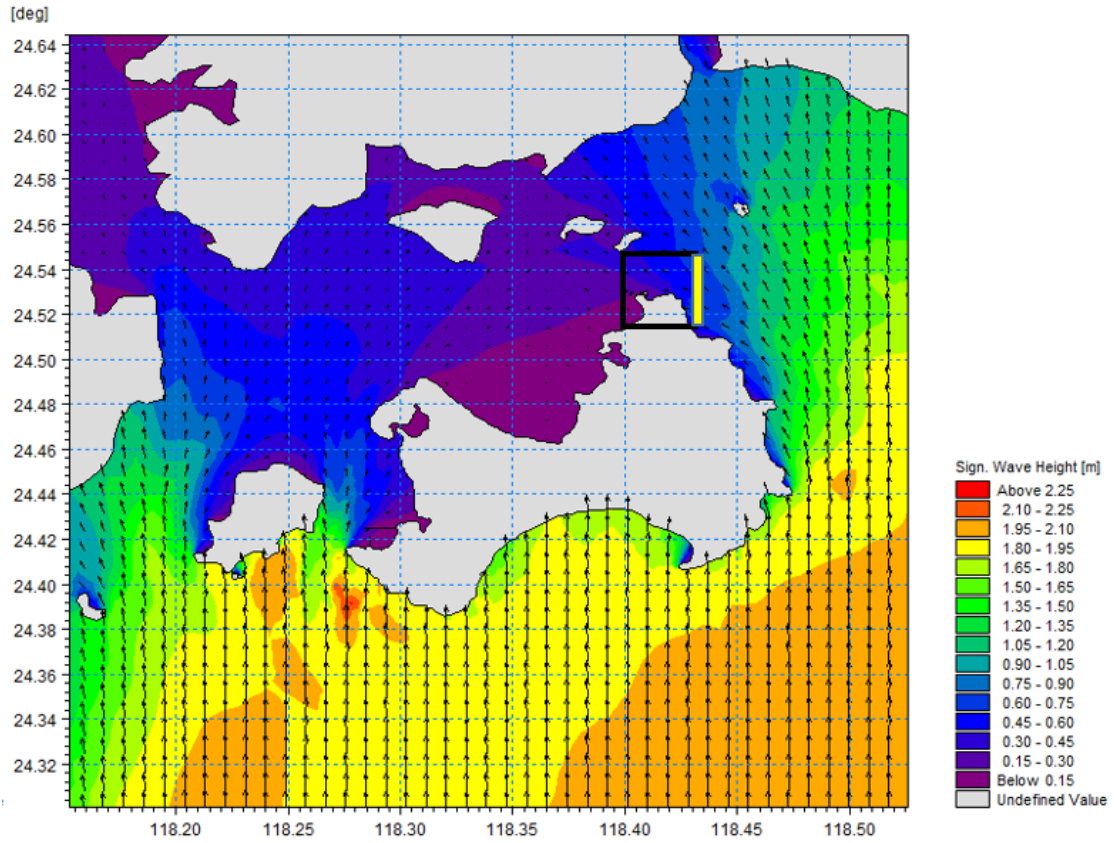


圖 3.4-4 金門東北岸海域 S 向季風波浪模擬分析圖

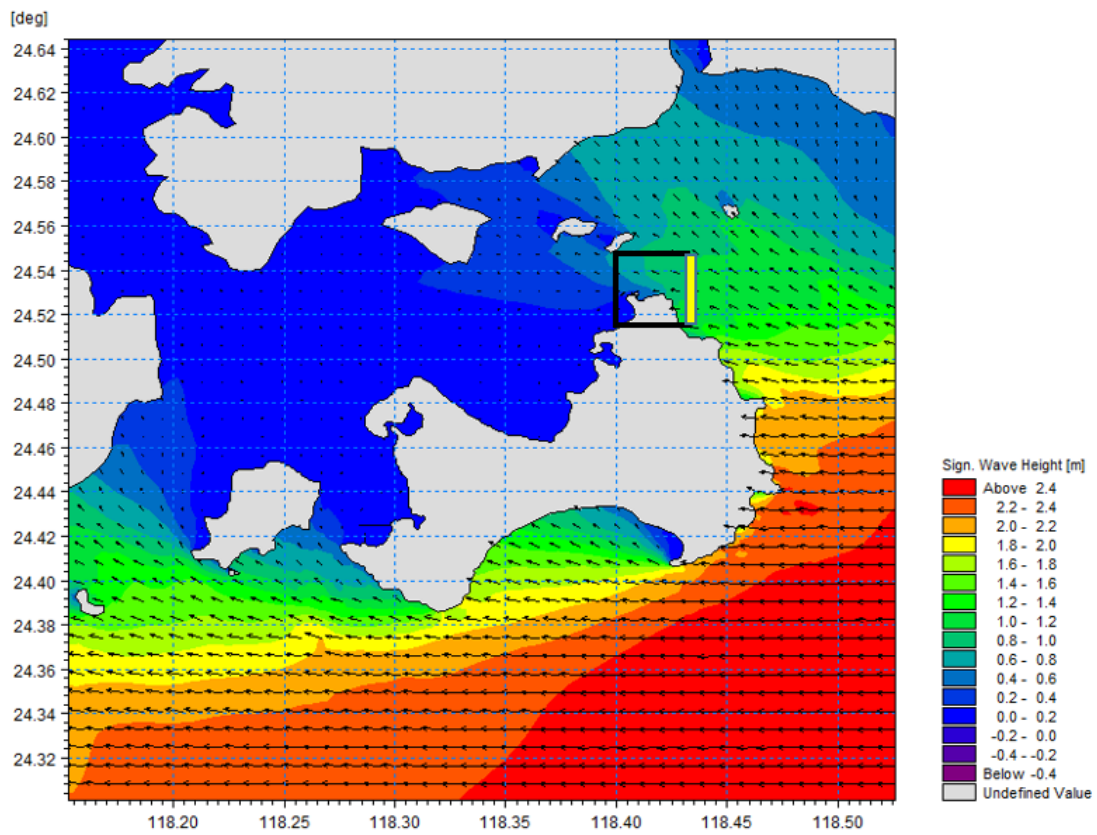


圖 3.4-5 金門東北岸海域 E 向季風波浪模擬分析圖

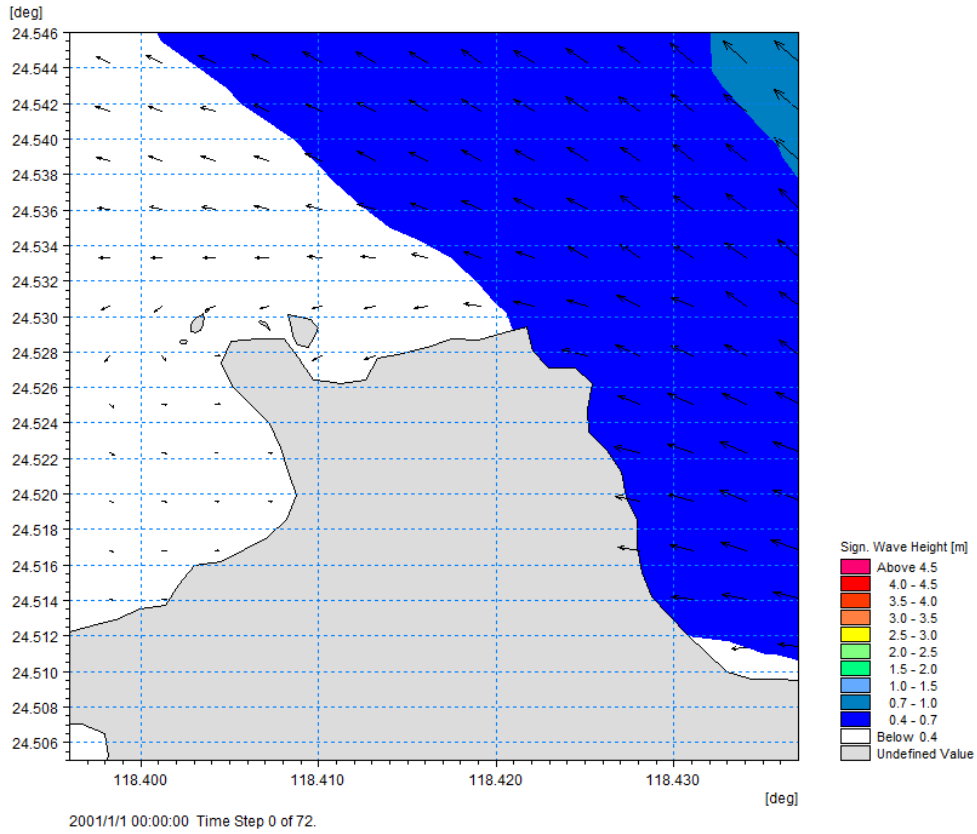


圖 3.4-6 金門東半島 S 向季風波浪模擬分析圖

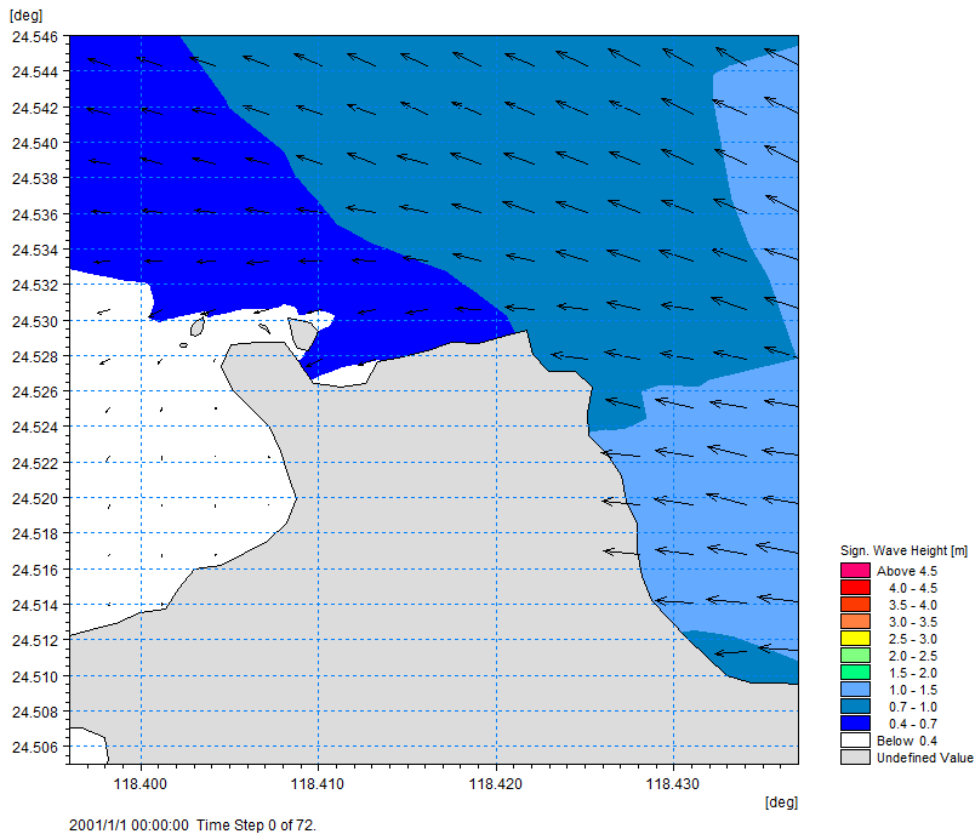


圖 3.4-7 金門東半島 E 向季風波浪模擬分析圖

(2) 颱風條件

圖 3.4-8 及 3.4-9 為金門海域之大範圍數值模擬，而本計畫區之數值模擬結果分別如圖 3.4-10 及 3.4-11 所示。

在 SE 向颱風條件下，由圖 3.4-8 可知颱風波浪隨著東北港口地形進入，此時港口波高約在 4.5m 以上，而計畫區因有草嶼、后嶼坡、天摩山等地形屏障，後如圖 3.4-10 顯示方案二區位現況水域波高已降至 1.5m 以下，而至方案一區位時，因受馬山地形遮蔽作用，水域波高更降至 0.7m 以下。

而在 E 向颱風條件下，由圖 3.4-9 可知颱風波浪同樣受到大陸圍頭角之地形影響，颱風波浪僅能由東北港口地形進入，此時港口波高為 2.8m 左右，後如圖 3.4-11 顯示方案二區位現況水域波高已降至 1.0m 以下，而至方案一區位時，水域波高更降至 0.4m 以下，本計畫區之水域靜穩度優於 SE 向波浪條件作用時。

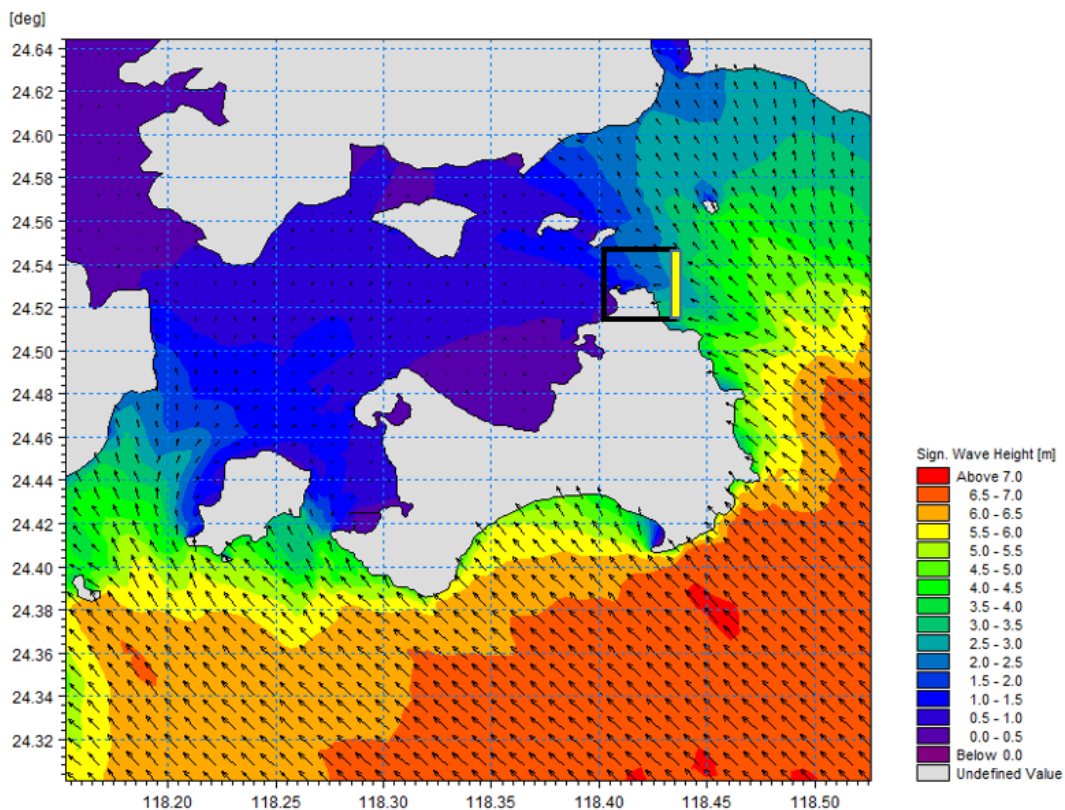


圖 3.4-8 金門東北岸海域 SE 向颱風波浪模擬分析圖

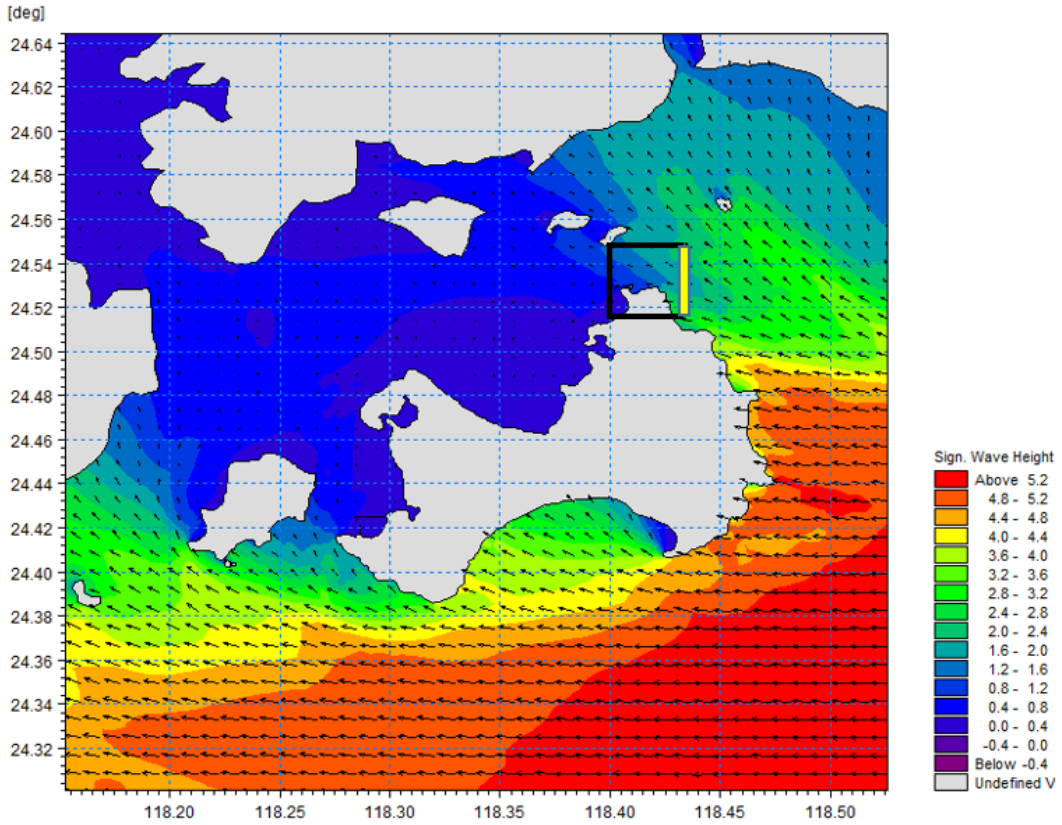


圖 3.4-9 金門東北岸海域 E 向颱風波浪模擬分析圖

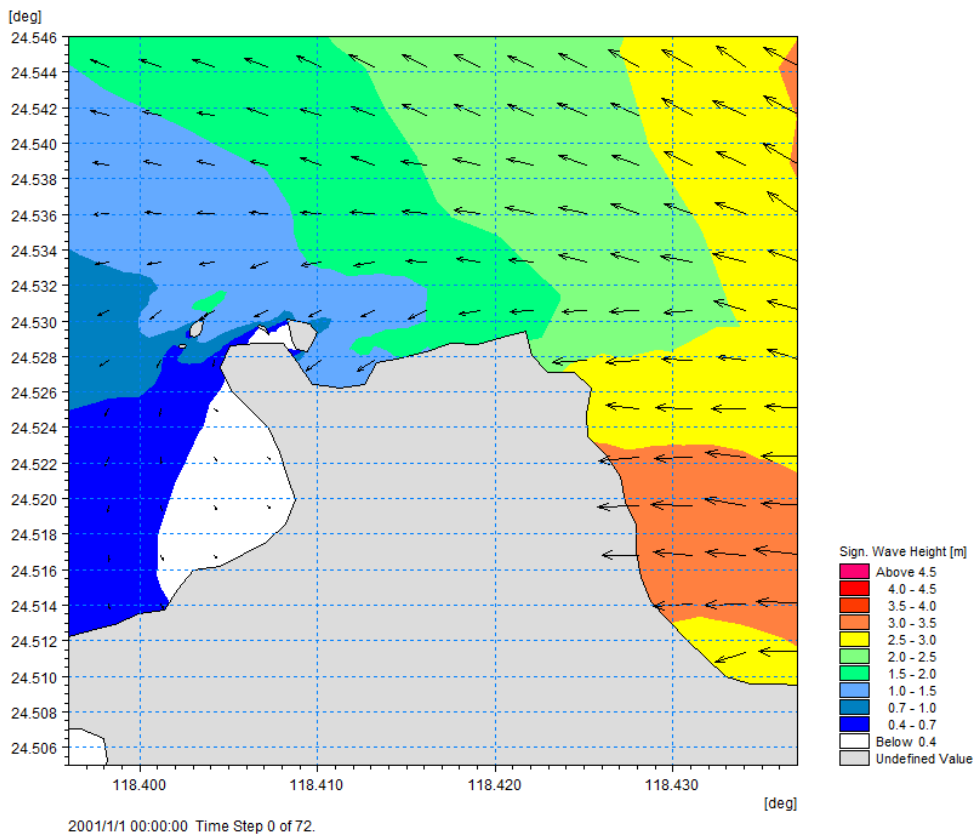


圖 3.4-10 金門東半島 SE 向颱風波浪模擬分析圖

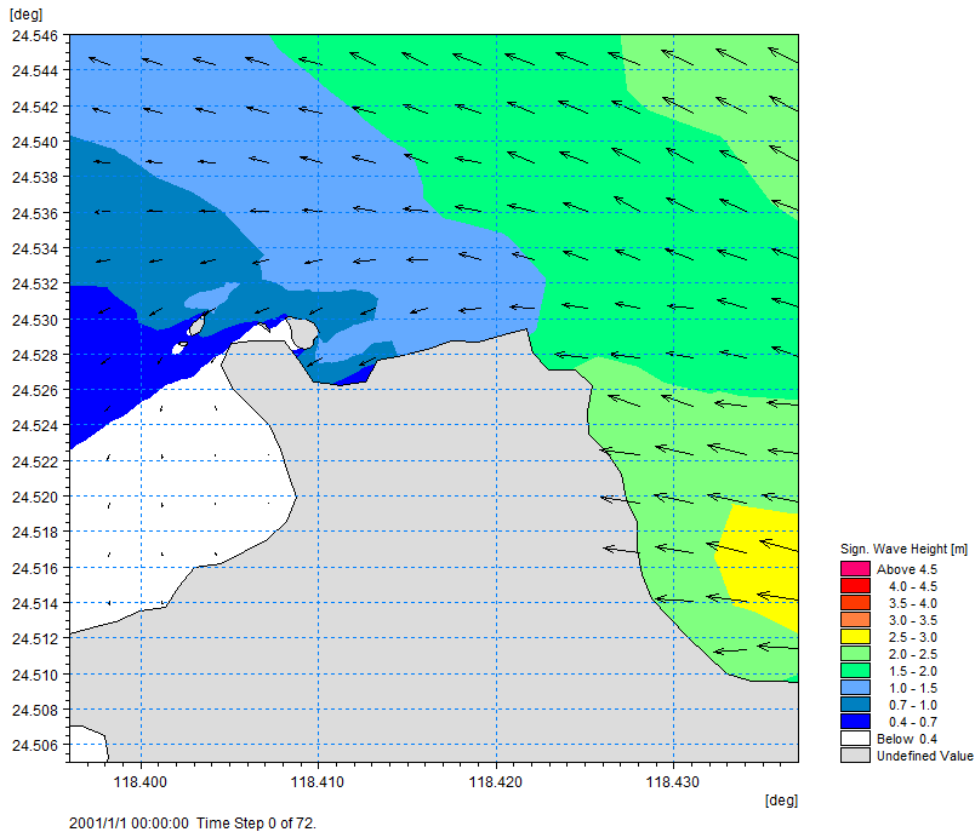


圖 3.4-11 金門東半島 E 向颱風波浪模擬分析圖

2. 配置方案

(1) 季風條件

於場址海岸模擬配置方案時，將採 BW 模組進行波浪受海岸水深地形及防波堤結構物的折射、繞射、反射及碎波效應等，俾獲得較合理之港內靜穩度分析結果。

在 S 向季風條件下，方案一(馬山西側海岸)計算結果如圖 3.4-12 所示，由前述可知該區位現況海域波高分布在 0.4m 以下，而配置方案後取碼頭前方水域 20m 以內之範圍進行計算，可知其碼頭水域平均波高為 0.03m；方案二(天摩山岬角)計算結果如圖 3.4-13 所示，現況海域波高在 0.4m 以下，而配置方案後其碼頭水域平均波高為 0.11m。

在 E 向季風條件下，方案一計算結果如圖 3.4-14，現況海域波高在 0.4m 以下，而配置碼頭水域平均波高為 0.06m；方案二計算結果如圖 3.4-15，現況海域波高最大為 0.7m，配置碼頭水域平均波高為 0.20m。

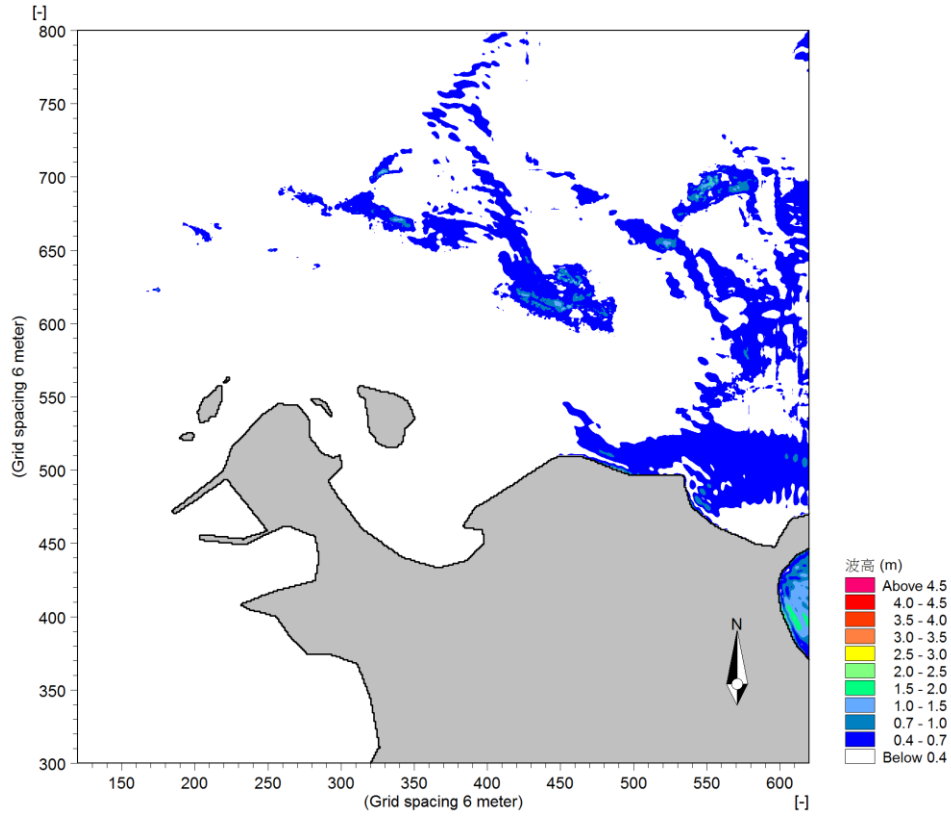


圖 3.4-12 配置方案一 S 向季風波浪模擬分析圖

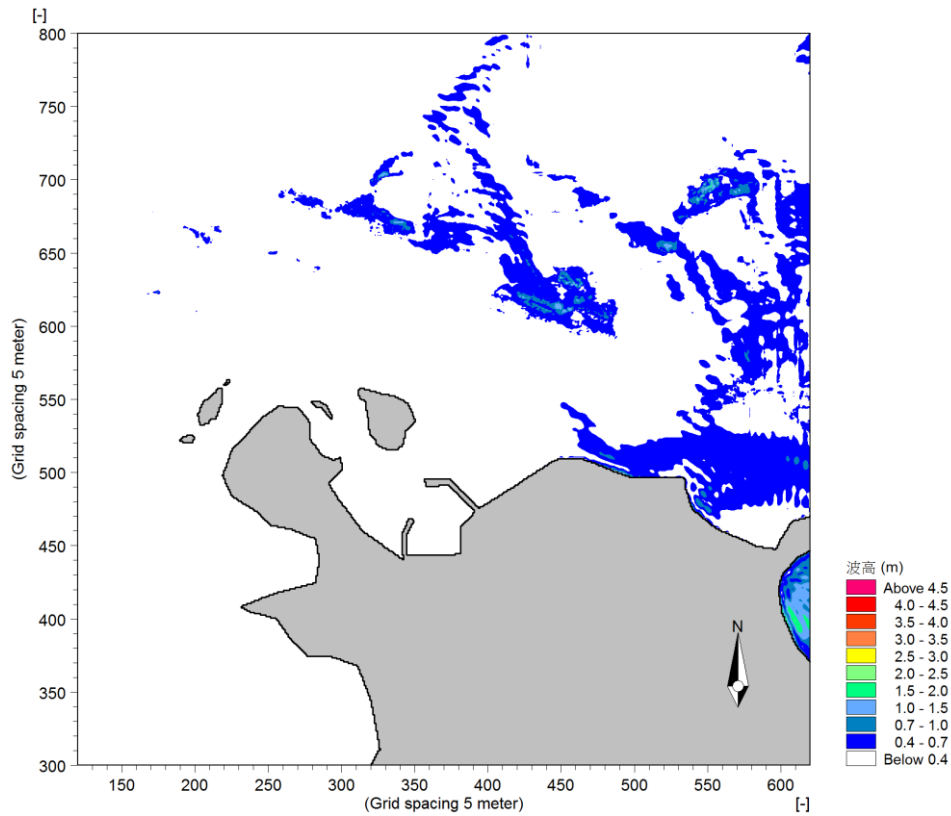


圖 3.4-13 配置方案二 S 向季風波浪模擬分析圖

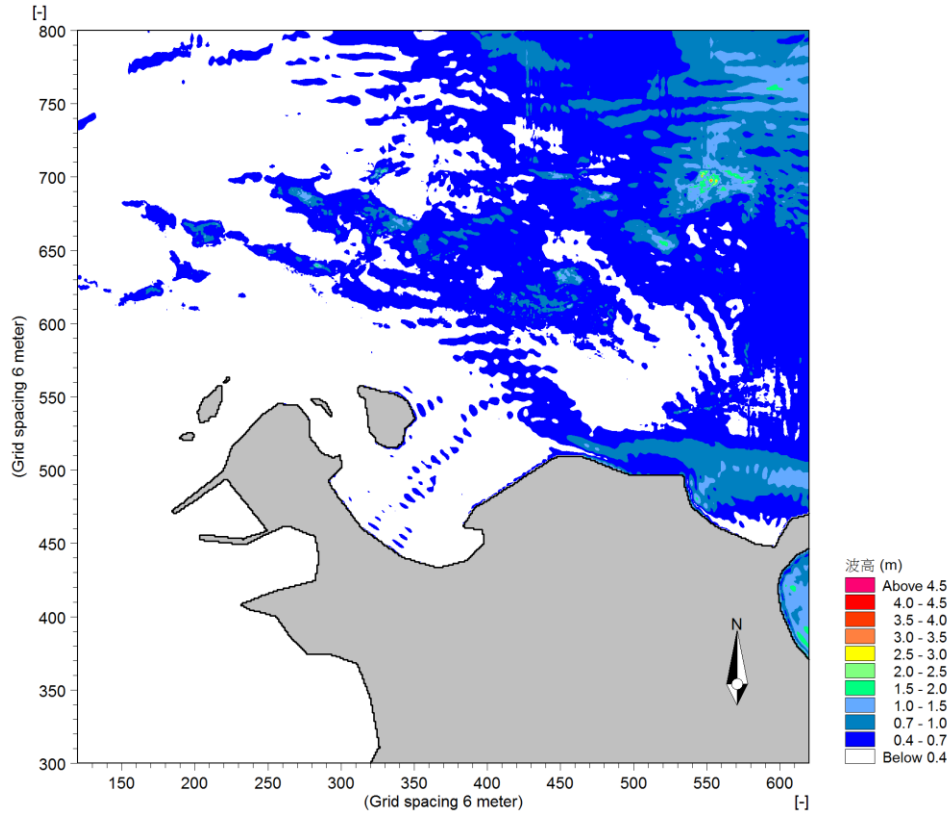


圖 3.4-14 配置方案一 E 向季風波浪模擬分析圖

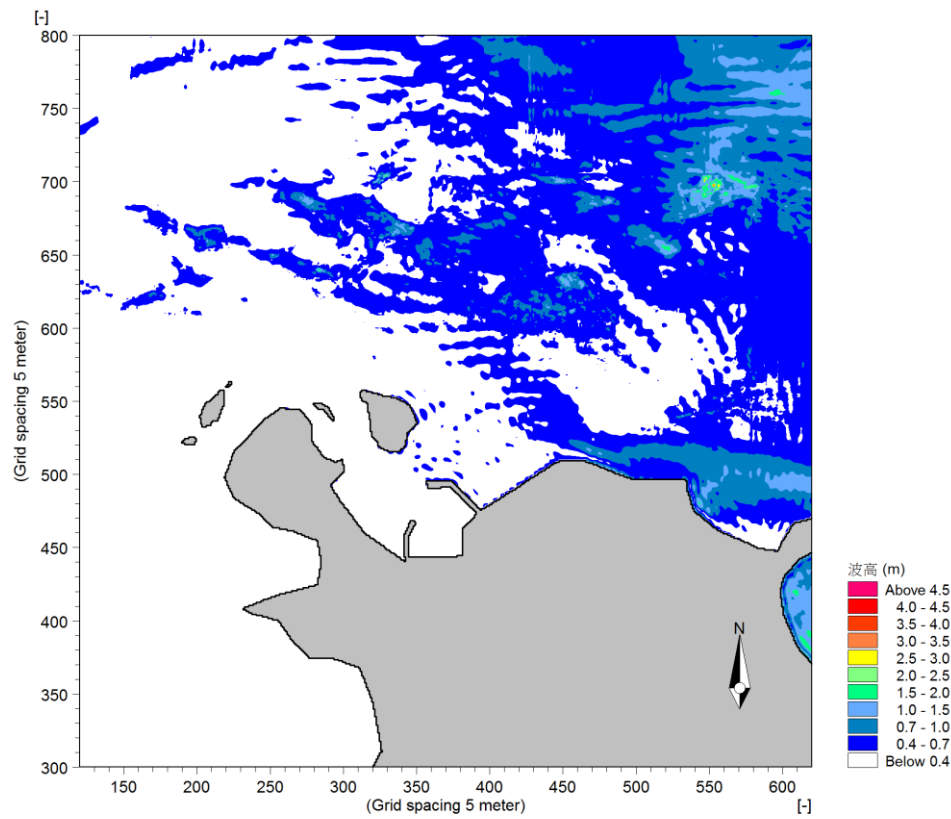


圖 3.4-15 配置方案二 E 向季風波浪模擬分析圖

(2) 颱風條件

在 SE 向颱風條件下，方案一計算結果如圖 3.4-16 所示，前述該區位現況海域波高分布最大為 0.7m，而配置方案後碼頭水域平均波高為 0.29m，北防波堤堤前外海波高可達 0.7m；方案二計算結果如圖 3.4-17 所示，現況海域波高最大為 1.5m，而配置方案後其碼頭水域平均波高為 0.42m，堤前外海波高可達 1.5m。

在 E 向颱風條件下，方案一計算結果如圖 3.4-18，現況海域波高為 0.4m 以下，而配置碼頭水域平均波高為 0.25m，北防波堤堤前外海波高可達 0.7m；方案二計算結果如圖 3.3-19，現況海域波高最大為 1.0m，配置碼頭水域平均波高為 0.41m，堤前外海波高可達 1.5m。

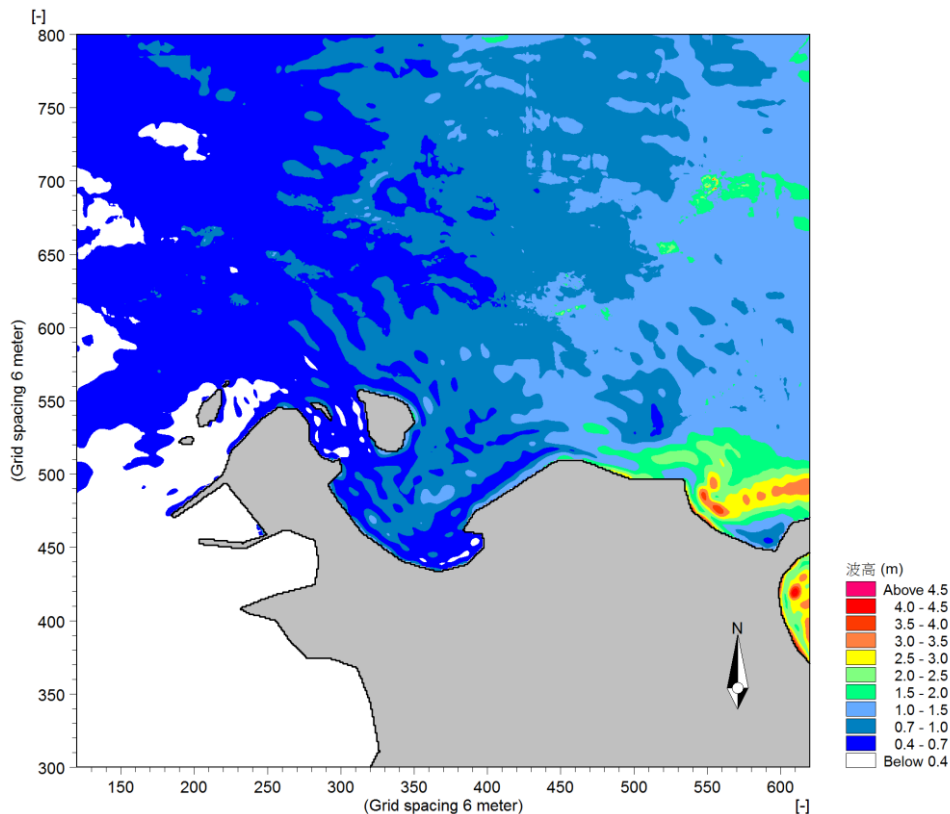


圖 3.4-16 配置方案一 SE 向颱風波浪模擬分析圖

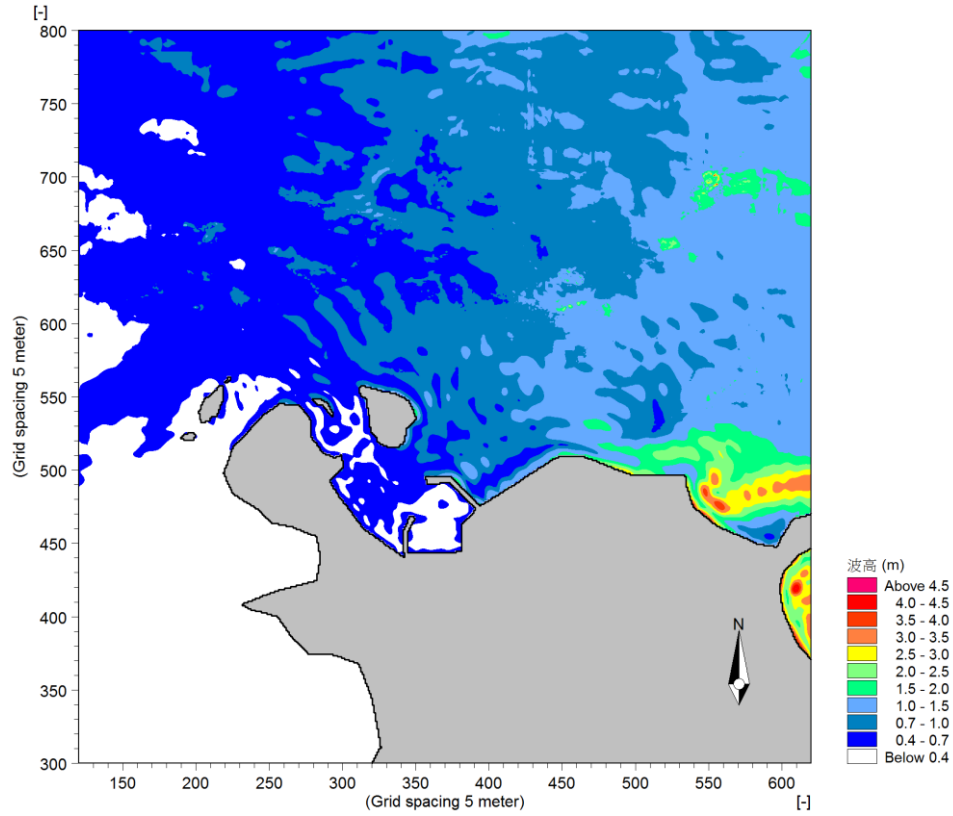


圖 3.4-17 配置方案二 SE 向颱風波浪模擬分析圖

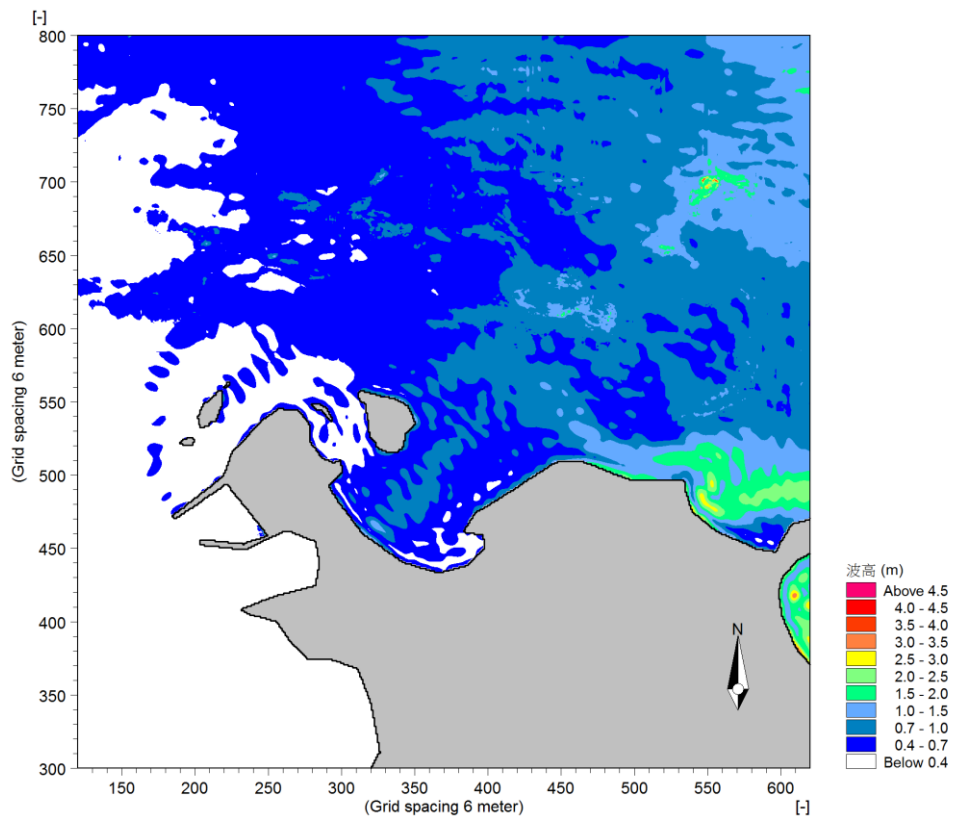


圖 3.4-18 配置方案一 E 向颱風波浪模擬分析圖

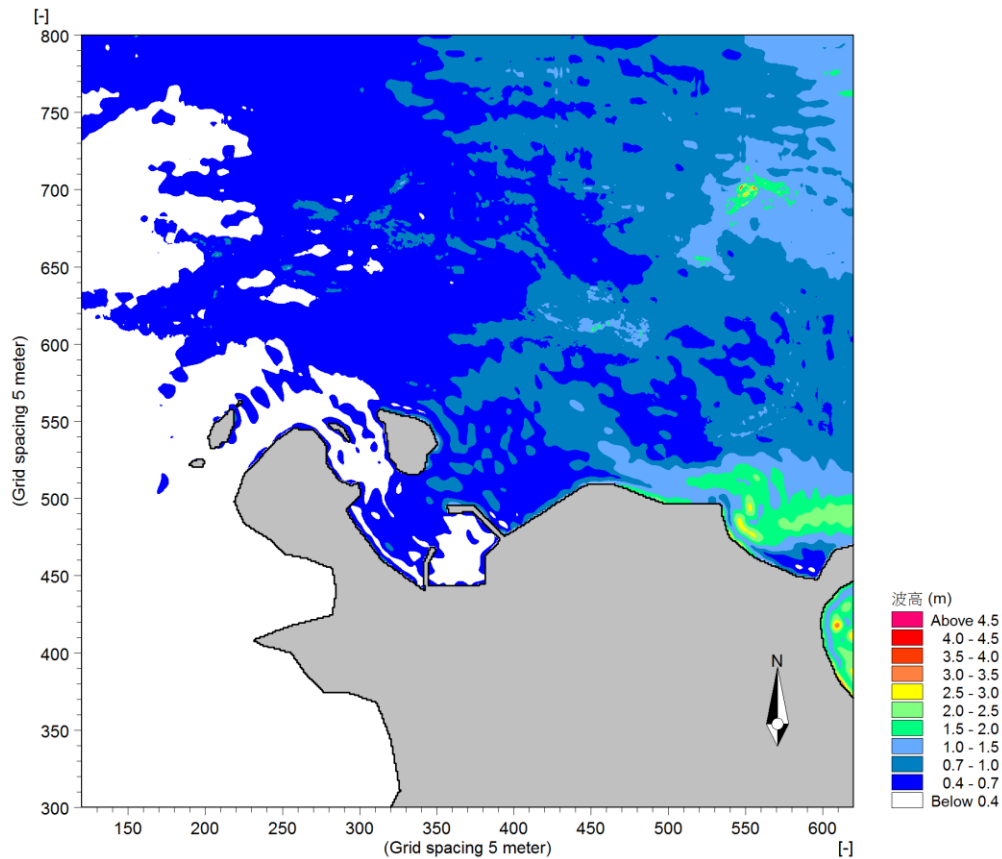


圖 3.4-19 配置方案二 E 向颱風波浪模擬分析圖

3. 數值結果分析

茲整理數值結果如表 3.4-3 所示。由表可知方案一受地形遮蔽，幾乎不受東北港道之外海波浪威脅，場址海域較為靜穩，但考量繞射波浪可能影響船舶進港作業，規劃北防波堤提升船舶進出與避風安全。

而方案二相較方案一受波浪影響顯著，但在外廓防波堤配置下對波浪遮蔽效果良好，港內波高於設定條件下均得以滿足客船作業與避風時所需之容許波高條件 0.7m；而此兩方案於季風及颱風條件下均得滿足客船作業之水域靜穩度需求。

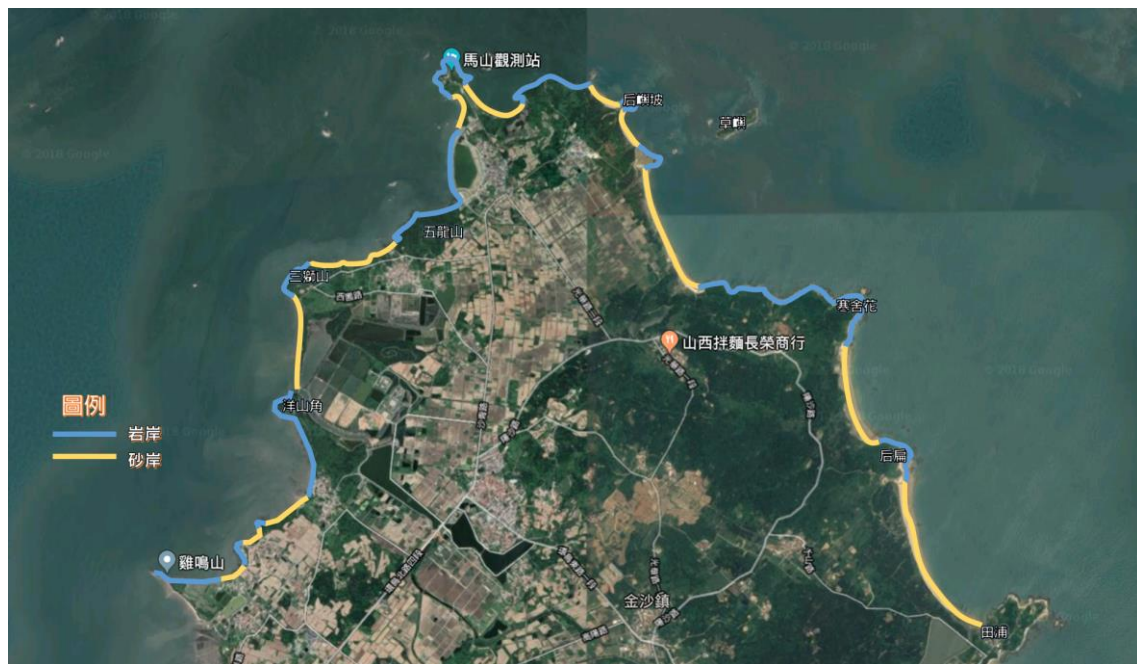
表 3.4-3 現況海域及配置方案之計算波高彙整

海域區位	馬山西側海岸	天摩山岬角
夏季季風波浪 S 向	0.4m 以下(近海波高)	0.4m 以下
非夏季季風波浪 E 向	0.4m 以下	最大 0.7m
颱風波浪 SE 向	最大 0.7m	1.0~1.5m
颱風波浪 E 向	0.4m 以下	0.7~1.0m
配置方案	方案一	方案二
夏季季風波浪 S 向	0.03m(碼頭水域波高)	0.11m
非夏季季風波浪 E 向	0.06m	0.20m
颱風波浪 SE 向	0.25m，堤前 0.7m	0.42m，堤前 1.5m
颱風波浪 E 向	0.29m，堤前 0.7m	0.41m，堤前 1.5m

五、地形變遷初步評估

(一)原有地形地貌特性

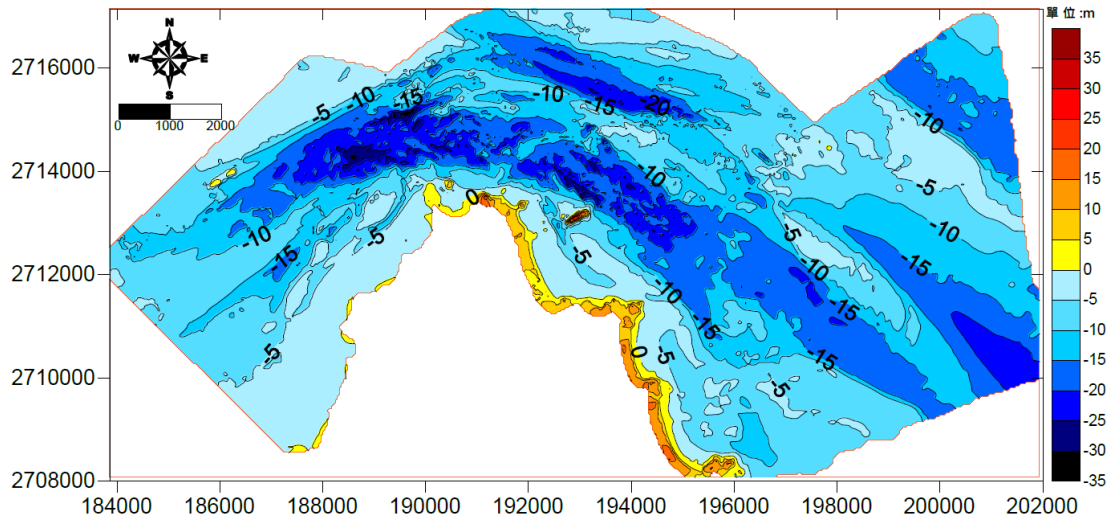
大金門東北角地形樣貌大致以馬山為界，東岸易受外海波浪影響，礁岩岬頭間易形成獨立的沙灘，如后嶼坡南北兩側、獅山海灘等；馬山西側地區所屬之營山海域受外海波浪影響較少，但同樣在礁岩岬頭間形成局部的獨立的沙灘，如西園海灘、田墩海灘等，相較於東岸長度與寬度均較短，而金門本島無大型河川砂源提供，故除海岸漂沙外，應屬大陸對岸河口與海岸漂沙所帶來之微量沙源。



資料來源：Google MAP，本計畫整理

圖 3.5-1 大金東半島海岸類型分布

由金門縣水產試驗所於 102 年所執行之海岸地形測量調查中，其套匯歷年執行之相關資料整理而得如圖 3.5-2 之海地地形圖，由-5m 等深線之分布情形來看，馬山西側海岸越往南海底坡度越平緩，此情形對於建港(港池、航道浚深)所需近岸地形變化之影響將越大，而馬山東側海岸-5m 等深線離岸距離相對較近，對於海岸建港開發之影響與維護相對較小。



資料來源：金門縣馬山至山后海域環境測定調查，金門縣水產試驗所，民國 102 年

圖 3.5-2 大金東半島海底地形圖

(二)漂沙特性分析

計畫區附近海域漂沙特性之分析，主要係依附近海底底質特性及波浪觀測資料分析與漂沙相關之各項指標，如向離岸斷面型態分類之判定係數(C_s)、碎波水深(d_b)、漂沙移動限界水深(d_s 、 d_g ：表層與集體移動限界水深)及沿岸流輸砂範圍之限界水深(d_c)等，由上述指標可約略判定計畫區附近海岸漂沙之活動範圍及海岸特性。

1. 漂沙代表波浪分析

依據前述金門東半島數值計算條件(表 3.4-1)，季風波浪在非夏季以 E 向為主，代表性波浪波高(H_s)為 2.5m，週期(T_s)為 7.0sec，夏季波浪則以 S 向為主，代表性波浪波高(H_s)為 2.0m，週期(T_s)為 7.0sec。

2. 漂沙移動界限水深之計算

砂粒欲活動有其一定之摩擦力，若波浪或流之推曳力小於此等摩擦力，則砂粒將不致漂移，而此推曳力之大小決定於波浪條件、底質粒徑及海底坡降等因素。更關漂沙活動範圍之探討，於港灣工程規劃之漂沙問題分析中，以表層移動限界水深與集體移動限界水深較顯重要。所謂表層移動限界水深(d_s)即海底表面砂粒能隨波浪進行方向或沿岸流方向移

動之水深界限，可視為漂沙能有效移動之水深界限；所謂集體移動界限水深(d_g)即某種深度以上之砂粒全部脫離其原來位置，砂粒移動十分顯著，是為含有明顯水深變化之臨界條件。

有關此兩項漂沙移動界限水深之計算，本計畫採佐藤昭二(Sato,S.；1962)按實地觀測及放射性砂作模型試驗結果所提之公式運用之，其公式列示如下：

$$\frac{H_o}{L_o} = A \left(\frac{D_m}{L_o} \right)^{1/3} \left[\sinh \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \right] \left(\frac{H_o}{H} \right)$$

式中 H_o 為深海波波高(m)； L_o 為深海波波長(m)； D_m 為平均粒徑或用中值粒徑 D_{50} (m)； d 為漂沙之臨界移動水深(m)； A 為定值之經驗係數；視 A 係數之採用值不同而可得 d_s (表層移動界限水深)及 d_g (集體移動界限水深)； H 、 L 為於水深 d 處之波高與波長，當欲求表層移動界限水深時，採 $A=1.35$ ，當欲求集體移動界限水深時，採 $A=2.40$ 。

經將代表性波浪資料代入，配合微小振幅波與 Snell's law，可求得非夏季及夏季之表層移動界限水深(d_s)及集體移動界限水深(d_g)，計算如後(表 3.5-1)。

3. 沿岸流漂沙之界限水深

海岸地形之變化主要可分為向離岸方向(on-off shore)與沿岸方向(longshore)，其中又以沿岸方向代表海岸長期變化之特性，而沿岸輸砂之大小則以沿岸流影響為主，本節所將計算之界限水深(closure depth)即可視為沿岸流輸砂之影響界限，故視為沿岸輸砂之一重要指標。有關此值之計算採 Hallermeier (1983)提出之公式如下：

$$d_c = \left[2.9H_o / \sqrt{(\rho_s/\rho) - 1} \right] - 110H_o^2 / [((\rho_s/\rho) - 1)gT^2]$$

式中 ρ_s 為底床砂粒之密度； ρ 為海水之密度； H_o 為外海入射波波高； T 為入射波週期； g 為重力加速度。

4.海岸縱斷剖面變化之判定

依砂村、堀川(Sunamura and Horikawa ; 1974)調查日本沿岸灘線(shoreline)至水深-20m 間海灘地形變化，並記錄各不同海岸海灘剖面之侵蝕、淤積之結果而歸納分類海灘之型式更下列三類：

- 第一類：侵蝕型(Bar 型) $C_s > 18$
- 第二類：變遷型 $18 > C_s > 9$
- 第三類：堆積型(Step 型) $C_s < 9$

其分類型如圖 3.5-3 所示，而其判別式為：

$$H_o/L_o = C_s (\tan \theta)^{-0.27} (D_{50}/L_o)^{0.67}$$

式中 H_o 為外海入射波波高(m)； L_o 為外海入射波波長(m)； D_{50} 為底床砂粒中值粒徑(m)； $\tan \theta$ 為底床坡度； C_s 為判定係數。

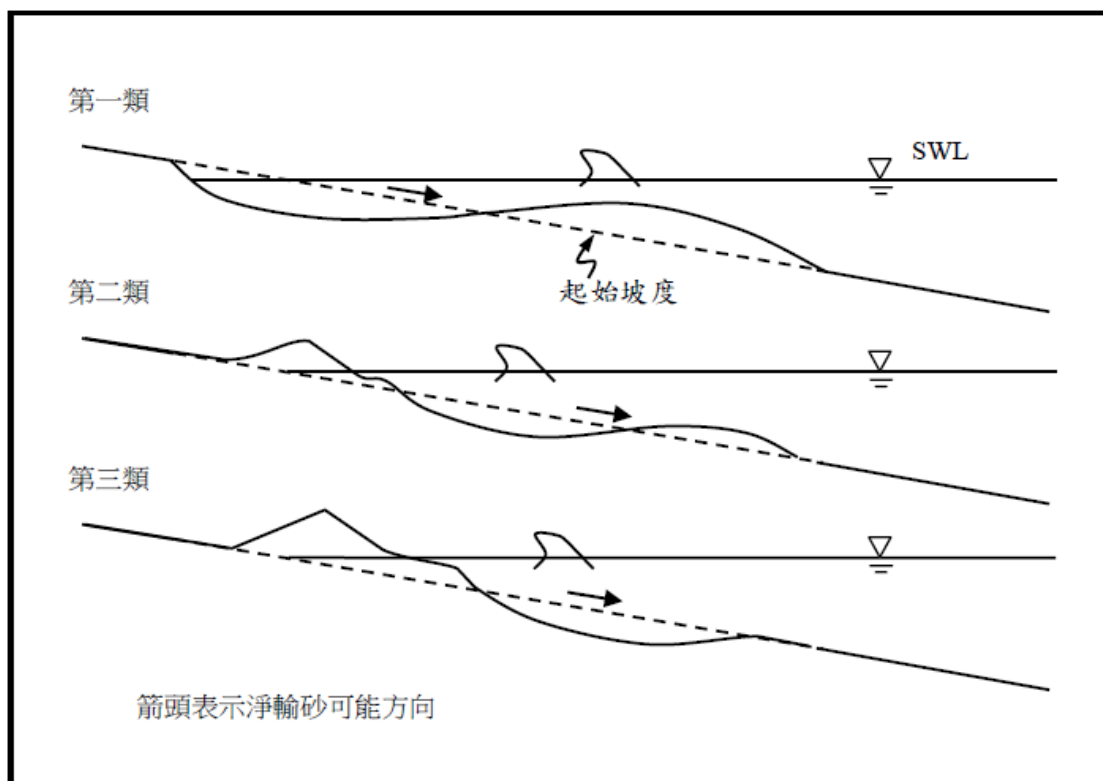


圖 3.5-3 砂村、堀川之海灘分類(1974)

5. 漂沙特性指標綜合整理

依據上述各項指標分析結果，約略判定計畫區海岸漂沙之活動範圍及海岸特性，詳如表 3.5-1 所示。另馬山東側海岸之漂沙粒徑則參考經濟部水利署第八河川局於民國 100 年完成之「金門海岸基本資料監測調查計畫」調查成果，漂沙採樣調查中值粒徑介於 0.211mm~0.345mm 之間，平均值約為 0.25mm，而馬山西側海岸之漂沙粒徑則參考民國 104 年完成之「金門海堤設施環境改善規劃(南岸、東北角)」調查成果，漂沙採樣調查中值粒徑介於 0.009mm~0.551mm 之間，平均值約為 0.19mm。將前述代表性波浪資料代入上述各式，可得兩區位海岸之各界限水深 d_s 、 d_g 、 d_c 值，並可知其海灘縱斷面均屬於侵蝕型剖面。

建議研擬方案之防波堤設置水深應考量集體移動界限水深 d_g 值，方案一(馬山西側)現階段配置未在計算範圍內，後續需再評估延長必要；而方案二(馬山東側)則尚在計算範圍內，應可有效降低港內淤積情形。

表 3.5-1 金門東半島兩方案區位之海岸漂沙特性

地點 季節	馬山西側海岸		馬山東側海岸	
	非夏季	夏季	非夏季	夏季
漂沙特性				
表層移動界限水深(m) d_s	4.66	4.0	5.26	4.57
集體移動界限水深(m) d_g	3.07	2.55	3.57	3.0
沿岸流漂沙界限水深(m) d_c	3.81	3.13	4.86	4.03
海灘縱斷面特性 C_s	侵蝕型 (38.30)	侵蝕型 (30.64)	侵蝕型 (53.82)	侵蝕型 (43.06)

註：底床砂粒密度 ρ_s 假設為 2650kg/m³

(三) 沙源說明與漂砂量估算

1. 沙源

參考水利署第八河川局「金門海岸基本資料調查」，104 年 12 月，分析金門地區海岸變遷明顯，受大陸晉江河口輸砂影響相當有限，而九龍江河口輸沙可能有少量細顆粒的懸浮質漂移至金門沿岸。但因細顆粒底質易受到波流作用而移

動，並不會影響本區海岸地形長期的變化。故金門地區沙源應來自島嶼自身之沙灘變化與排水集水區土沙排入為主。

2. 漂沙優勢方向

馬山地區因已受到地形遮蔽，幾乎不受夏季季風波浪影響；東北季風時，馬山西側又受馬山地形保護，波浪將循繞射方向，優勢波向將轉為西北向，此時灣內波流場分布如圖 3.5-4 所示，呈現逆時針環流方向，故漂沙優勢方向為由南往北移動，但流速極低，對於地形變動應有限。

而天摩山西側水域同樣受到天摩山地形保護，優勢波向將轉為北向，但受到后嶼地形影響，灣內流場變化較大，本計畫分析波流場如圖 3.5-5 所示。西側沙灘北側呈現順時針環流方向，中央部分為逆時針望南向流動，而天摩山岬頭附近則為順時針往南流動，以沙灘斷分布而言，漂沙優勢方向應為由西北往東南移動。

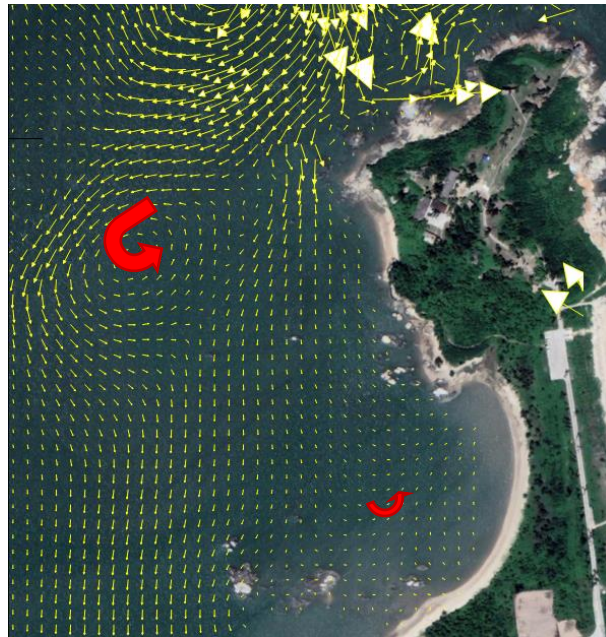


圖 3.5-4 馬山西側海岸波流場分析圖

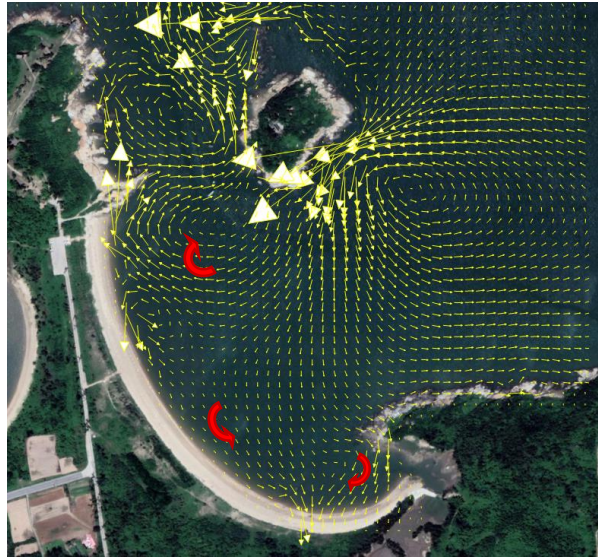


圖 3.5-5 天摩山西側海岸波流場分析圖

3. 沿岸總漂砂量估算

本計畫因無漂沙調查相關工作，缺乏分析漂沙量所需基礎資料進行數值模式之分析與驗證，故採用學術文獻之經驗方式予以估算。一般漂沙可分為沿岸漂沙與向離岸漂沙兩種，而沿岸漂沙通常為左右海灘長期性變化之主因，由於沿岸流流速與沿岸漂砂量間含有直接而密切之關係，但其間之絕對關係尚未被建立，目前經常引用之方法主要有經驗公式及半經驗公式兩大類，最廣泛使用的沿岸輸砂公式為 CERC 公式 (USACE, 1984)，其根據沿岸波能推算沿岸輸砂率如下：

$$I_l = \frac{K}{16\gamma_b^{0.5}} \rho g^{3/2} H_{sb}^{5/2} \sin 2\alpha_b$$

其中 I_l 為單位時間沿岸漂沙在水中重量， K 是經驗常數其值建議為 0.39， ρ 與 ρ_s 分別為海水與砂之密度， H_{sb} 為碎波點示性波高， γ_b 是碎波指標， α_b 則為碎波點波前與海岸之夾角。

另輸砂率與體積關係，可以 $I_l = Q(\rho_s - \rho)g(1 - \lambda)$ 計算之， Q 為單位時間沿岸漂沙體積， λ 為孔隙率，一般為 0.4，經簡化後年輸砂率：

$$Q_y = 114.036 * \rho g^{3/2} H_{sb}^{5/2} \sin 2\alpha_b$$

由所前述所需資料整理，金門東半島計畫區在優勢波浪條件(非夏季 $H_s=2.5\text{m}$ 、 $T_0=7.0\text{s}$)下，依據地區之底床粒徑、海床坡度計算碎波波高、碎波水深與碎波指標後，代入前述公式計算，可得出在非夏季記風波浪下，總輸砂量如表 3.5-2 所示。馬山西側海岸單位時間漂沙體積為 4.6 萬方/日，天摩山西側海岸單位時間漂沙體積為 7.3 萬方/日，高於馬山西側海岸之變化。然經驗公式求得之沿岸輸砂僅為概略值，可能會有 50% 之誤差率。

表 3.5-2 金門東半島海岸波浪沿岸輸砂能力推估

項 目	馬山西側海岸	天摩山西側海岸	備 註
碎波點示性波高(H_{sb})	1.898	2.666	
碎波指標 (γ_b)	0.775	0.789	
碎波點波前與海岸之夾角(α_b)	55°	20°	非夏季波浪為主要
漂砂量推估值			
波浪能量通率 I_l	4,085.7	6,478.4	單位：N/s
日漂沙量 Qd	45,888	73,340	單位：m ³ /day

(四)港址方案對於海岸變化影響

本計畫規劃方案位於馬山海岸東西兩側，所受地形營力之原因略有不同，東側計畫港址會受到颱風作用影響明顯，易受颱風影響造成劇烈之地形變遷，再由季風慢慢回復穩定之地形樣貌；西側港址則多受季風影響，變化程度應較小。以下就兩方案可能對海岸變化之影響進行說明。

1.馬山東側海岸

位於馬山與天摩山之間的計畫港址，屬天然灣澳內之自然沙灘地形，長度約有 700~800 公尺，而規劃港址選擇於海灘東端利用天摩山西側之岬灣地形進行建港與新生地填築，並設置西防波堤伸入海中減少漂沙進入規劃港址泊地。

研究波流場及海岸漂沙的方法，目前有現場量測波浪分佈的統計分析、水工模型試驗、數值方法模擬等方法，本計畫屬可行性評估階段，現場觀測與水工模型試驗等方式需長

時間與經費投注，非本計畫範疇，故使用數值方法模擬海岸之漂沙現象。

本計畫使用之模式為西班牙政府託 Cantabria 大學所研發的整合型海岸變遷模式：SMC(Coastal Modeling System) 模式，此模式目前已是西班牙全國統一使用的綜合性海岸規劃與變遷軟體。SMC 模式主要分做五個模組：(1)前處理模組(Pre-process Module)，(2)短期海岸變遷模組(Short-term Module)，(3)中程及長期海岸變遷模組 (Middle and long termModule)，(4) 工程現場應用模組 (Field Module)，(5) 示範案例模組 (TicModule)。本計畫使用模組(1)~(3)進行分析，但因模式中有諸多參數必須率定，以現階段資料無法提供時，僅能以分析台灣本島案例之參數予以套用，而海灘底質粒徑則參考水利署第八河川局 100 年之「金門海岸基本資料監測調查計畫」於山后至田浦所進行之海岸漂沙調查結果。

在 SE 之主要影響季風波浪條件下 ($H_s=2m$, $T=8s$, SE 向)，本方案於季風波浪影響期過後之地形變化如圖 3.5-6 所示，由圖可知位於后嶼坡以東海灘受季風波浪影響較為明顯，而規劃港址變化較不明顯，僅有堤外呈現輕微侵蝕漂沙往外海淤積之趨勢，而馬山營區礁岩東側則有較大之變化，但因該區域屬礁岩區，實際灘線變化應該有限，此由大尺度之地形變遷圖可得知。

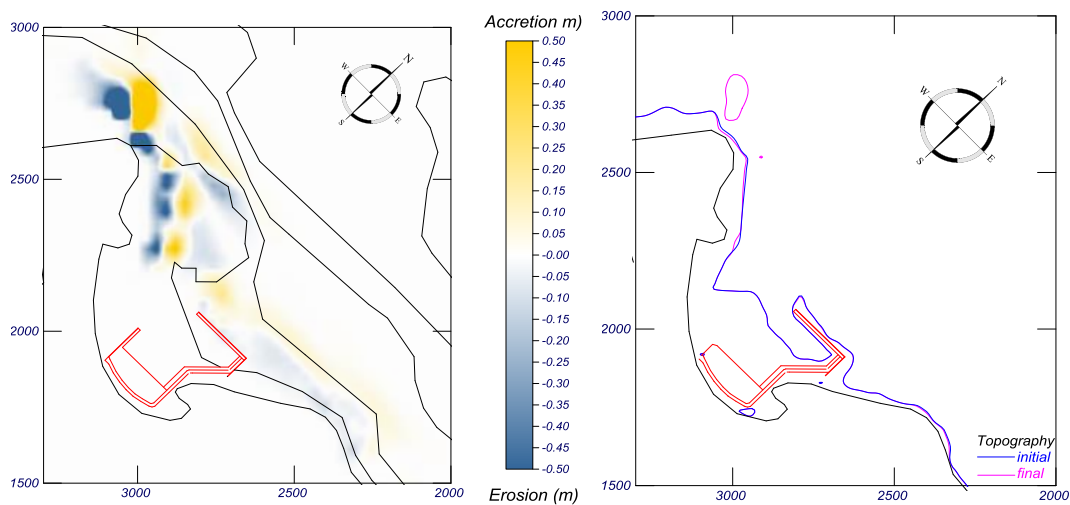


圖 3.5-6 東半島規劃方案二季風條件下海岸變遷預測圖

而在颱風波浪作用下 ($H_s=7.1m$, $T=11.2s$, SE 向), 本方案於在颱風波浪過後之地形變化如圖 3.5-7 所示, 由圖可知與圖 3.5-4 有相同反應, 且地形變化幅度更加劇烈, 由事件前後之地形變化可知, 颱風期間波浪將沿岸底砂帶往外海, 故於外海會出現淤積沙洲, 而規劃港址西側同樣會有類似情形, 惟港口附近因波浪作用方向由天摩山進入時, 該區無沙灘存在, 故防波堤外之侵淤變化有限。

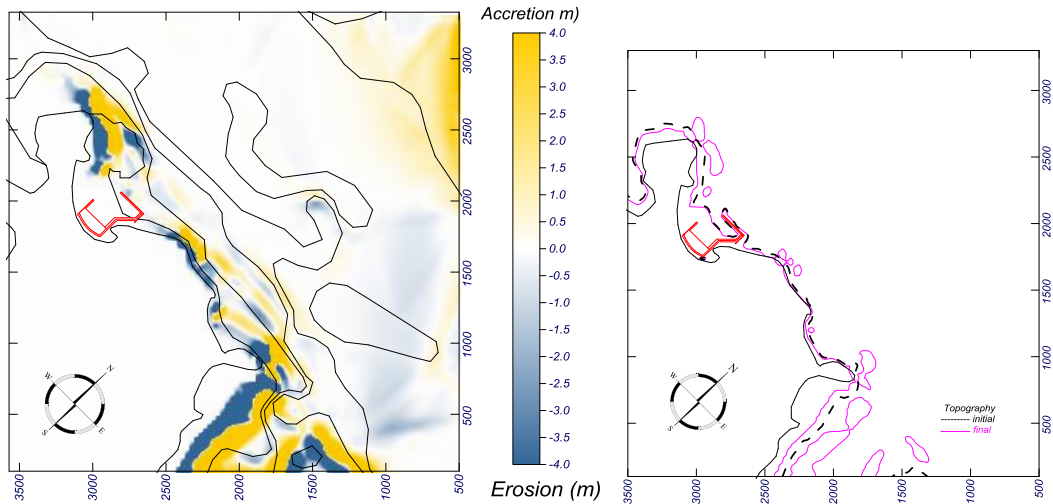


圖 3.5-7 東半島規劃方案二颱風條件下海岸變遷預測圖

另在港址西側沙灘因受到結構設置之影響將產生灘變化情形, 本計畫利用岬灣預測軟體 Mepbay 進行分析, 該軟體是使用 Hsu & Evans (1989) 的方程式分析海灣灘線的平衡。現況海灘的上下游控制點與主要生成波向如圖 3.5-8。



圖 3.5-8 馬山東側海岸現況海灘平衡灘線分析圖



圖 3.5-10 馬山西側海岸現況海灘平衡灘線分析圖

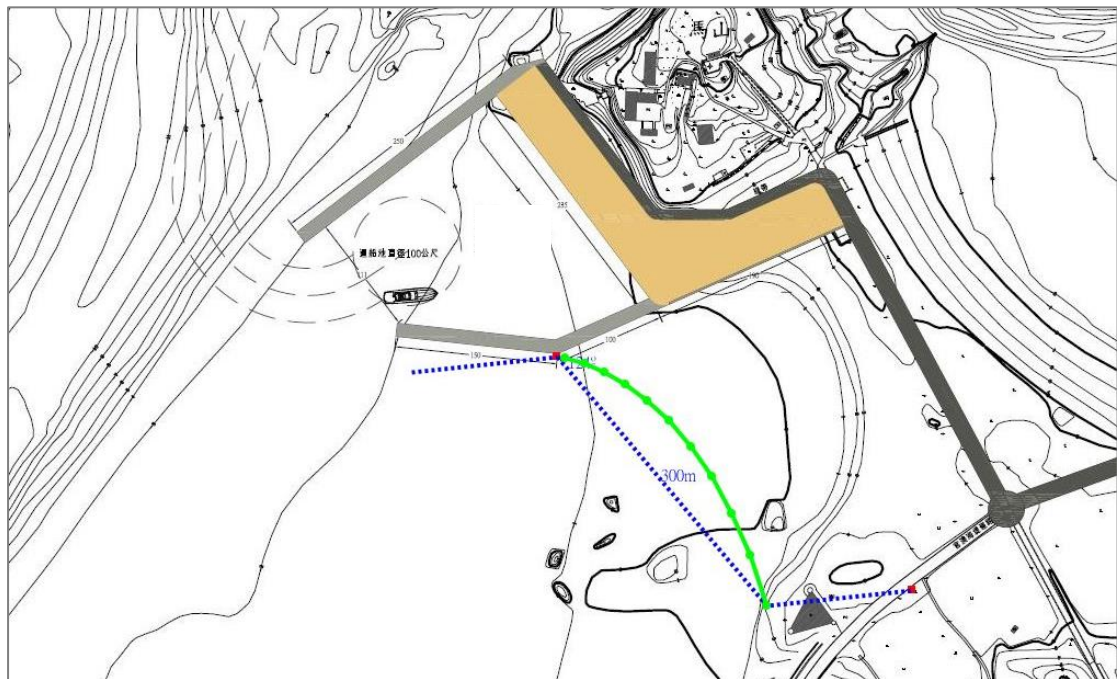


圖 3.5-11 方案一配置平衡灘線預測圖

六、最適方案研選

(一)評估因子權重分析

綜合前述各項分析因子，整理共有碼頭船席、泊地靜穩度、港區便利性、環境影響、設施維護、腹地面積、興建成本、地方期待、操船難易度、法律可行性、航線安全性等 11 大項目，為區分評估因子之權重分析，本計畫使用評估因子兩兩對比法進行評估，其方法是將所有要進行評估的因子列在一起，兩兩配對比較，其重要度較高者可得 1~3 分，最後將各因子所得分數相加，即可判定各因子之原始分數。

為表各因子權重的客觀性，係以問卷調查方式統整各界專家所評估分數，其所屬單位包括 3 名政府部門、2 名學術界、6 名工程顧問公司等人員，共計 11 名，後續將以此平均分數作為各因子之權重分數，如表 3.6-1 為本計畫各評估因子經兩兩對比法評估之結果。

表 3.6-1 分析因子權重評估表

權重評估		原始分數											平均	百分比 %	計畫權重
A	碼頭船席	3	8	20	10	6	4	15	8	6	7	7	8.5	8.2	8
B	泊地靜穩度	14	6	4	7	11	17	12	17	9	15	14	11.5	11.0	11
C	港區便利性	11	1	19	8	6	8	9	1	8	5	2	7.1	6.8	7
D	環境影響	3	9	4	7	3	10	8	8	7	7	3	6.3	6.0	6
E	設施維護	13	4	18	8	8	8	11	1	8	6	13	8.9	8.6	8
F	腹地面積	8	4	18	5	6	4	8	3	9	8	6	7.2	6.9	7
G	興建成本	8	6	18	9	3	7	8	16	9	7	11	9.3	8.9	9
H	地方期待	7	19	4	7	0	2	8	8	9	7	3	6.7	6.5	7
I	操船難易度	17	10	17	6	11	9	11	9	9	17	10	11.5	11.0	11
J	法律可行性	11	24	4	6	1	28	9	17	8	8	15	11.9	11.4	11
K	航線安全性	28	25	4	4	11	26	7	7	20	21	15	15.3	14.7	15
總分													100%	100	

資料來源：本計畫彙整

(二)配置方案比較檢討

1.碼頭船席

兩方案均以配置一座浮動碼頭，作為計畫船型主要靠泊使用，可提供 2 個船席。其中，方案一以配置南北兩座外廓設施圍成港區水域，泊地面積 3.8 公頃，可供停泊碼頭為 640m；方案二於東側配置 L 型外廓設施，加上西側之防波堤，泊地面積 4.0 公頃，可供停泊碼頭為 630m。計畫船型以小三通航線最大船舶和平之星輪計算，一船席所需碼頭長度為 63m。

2.泊地穩靜度

就兩方案之海岸區位而言，方案二雖受波浪影響較為顯著，但在配置外廓防波堤後對波浪遮蔽效果良好，港內波高於設定條件下均得滿足客船作業容許波高 0.7m；而方案一受地形遮蔽，幾乎不受波浪威脅，場址海域較為靜穩，但考量繞射波浪可能影響船舶作業，仍規劃配置北防波堤提升船舶進出與避風安全。

依據數值分析碼頭配置後計算結果，季風波浪期間方案一碼頭水域平均波高均在 0.06m 以下，方案二可控制在 0.20m 以下，均符合客船泊靠標準；而颱風波浪條件下方案一碼頭水域平均波高均在 0.29m 以下，方案二則在 0.42m 以下，數值分析結果可知兩方案碼頭水域穩靜狀況均得以提供客船繫靠避風。

3.港區便利性

就旅客之動線而言，自官澳海堤道路岔路口起算，較快抵達方案二之港區入口，行車距離約 135m，且浮動碼頭船席位置較近，從港區入口至船席登船處距離約 100m；而抵達方案一港區入口之行車距離約 300m，後至船席登船處距離約 160m。就進出便利性而言，方案二較具優勢。

兩方案均規劃設置浮動碼頭，方便旅客上下船，可直接抵達旅客通關服務中心，且港區腹地均達 1.7 公頃以上可供人車動線使用，陸域空間足夠。

4.環境影響

對於金門東半島整體環境而言，研擬兩方案均選址於具地形遮蔽之區位，惟方案二利用現有岬頭東北側海岸以西北向延伸興建防波堤，其結構物伸入海中易受波浪侵襲，海側需設置消波塊，但港內水域靜穩度尚滿足所需；兩方案場址海岸均屬岩岸，但附近有天然沙灘，後續建置港區設施時需打除海面礁岩或岬角岩壁，且設置人工結構物均會影響附近沙灘灘線變遷，此兩點係對現有環境最為明顯之影響，但就附近沙灘灘線變遷而言，方案一區位之沙源有限故灘線變化程度應較方案二小。

5.設施維護

兩方案均有配置浮動碼頭設施，其鋼質材料及相關配件應屬需時常維護之項目，且泊地水深採浚深底床方式獲得，未來亦需注意因淤積影響港池水深，此為後續維護之重點項目。方案一因現況近岸地形較為平緩，且優勢波向以西略偏南為主，在港口為西南向的配置下，雖配置 250m 南防波堤，但因堤頭水深僅-2.0m，未來港口自然回淤情形較為顯著；而方案二之近岸地形變化較大，且外廓設施對於優勢波向(東偏北向)形成良好遮蔽，且因堤頭水深為-3.5m，預估港口淤積程度較小，故後續維護管理需求較少。

6.腹地面積

兩方案之港區腹地面積均有 1.7 公頃以上，然倘不計碼頭面之陸域面積方案一為 1.5 公頃、方案二為 1.3 公頃，未來可供相關陸域設施使用，如旅客通關服務中心、停車場及接駁區等交通服務設施。

7.興建成本

經估算工程經費，方案一工程總經費約 16.85 億元，方案二外廓防波堤設置水深雖較深，但較易滿足船舶吃水深，且對於港內淤積的維護需求較低，工程經費約 15.45 億元。

8.地方期待

本計畫於 108 年 3 月 10 日在官澳地區舉辦地方說明會，並於會後進行問卷調查，依據調查結果顯示，地方居民對於金門東半島建置多功能碼頭對金門整體發展、地方周邊發展、提升旅客人次均有其實質幫助，支持率均達 83% 以上，而對地方生活的負面影響亦有 52% 覺得有影響，然對於方案區位的支持度則為方案一 54%、方案二 21%。

9.操船難易度

就兩方案港口方向而言，方案一配置的船舶自預定航道進入泊地的迴轉角度達 140° ，而方案二自外海進出則需轉折兩次，分別為 30° 及 65° ，就操船進出作業而言，方案二較具優勢。

10.法律可行性

兩方案開發規模均需進行環境評估作業，且區位均屬「國家公園區」之「特別景觀區」，需進行通盤檢討進而變更土地使用目的，方具開發合法性，另方案一位於「國家公園區」之西側邊陲區位，未來劃出之可能性較高。

11.航線安全性

考量兩方案未來船舶均經金泉航道航行於東北航道中，而馬山西北方外海有一處暗礁，對於翔安機場航線稍有影響，而往泉州石井港時則需繞過馬山；天摩山岬角之東北方外海有三處暗礁，於航行往泉州時稍有影響，但仍以後嶼島對於本場址與翔安機場間往返航線之影響最為直接，均需往北繞行。就操船安全性及航路條件而言，方案一略優於方案二。

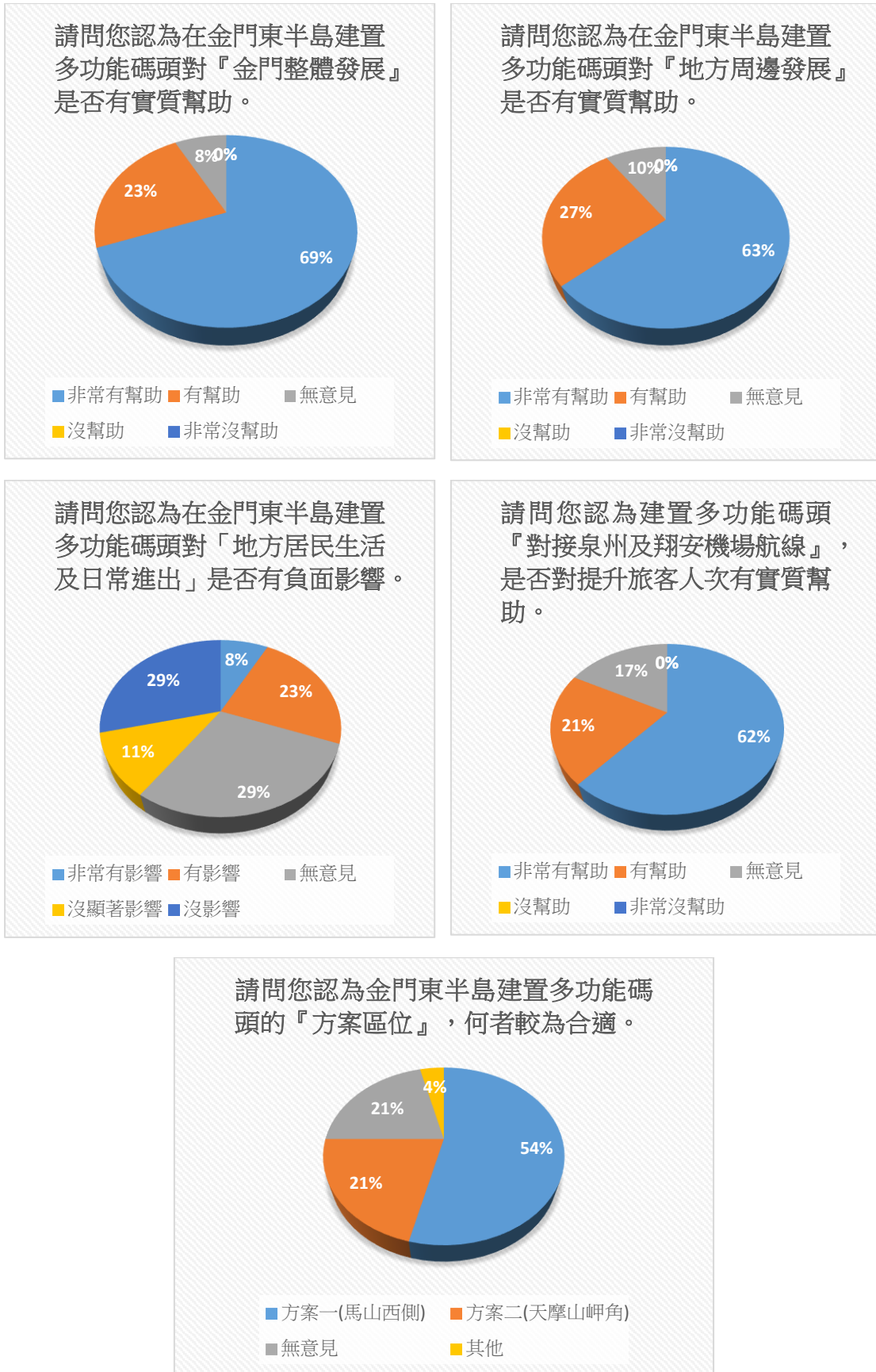


圖 3.6-1 金門東半島地方居民問卷調查成果圖

(三)最適方案擇定

依據前述對兩方案於 11 項評估因子之比較，如表 3.6-2 所示。經綜合分析後，以方案一分數較高，除自身水域靜穩度及航路條件較佳外，亦較符合地方期待。

考量本案碼頭定位為交通客運碼頭，載運人員以觀光客及旅客為主，除上下碼頭及陸域設施應兼顧安全及舒適性外，確保碼頭靠泊功能及港區營運狀況，減少後續維護成本及頻率，亦為港埠工程之重要考量，為此，本計畫經評選結果以採方案一為金門東半島多功能碼頭之配置方案。但因區位位於海底坡度較平緩區位，又經前述漂沙啟動水深之影響，略為延長防波堤之調整，詳如下小節說明。

(四)建議定案配置

馬山西側之漂沙啟動水深大致位於水深-2.6~-3.1 公尺之間，而原配置北防波堤堤頭位於水深-3.0 公尺，南防波堤位於水深-2.0 公尺，尚有不足，故為使定案配置未來可減少港內清淤浚深維護頻率與費用，規劃調整北防波堤長度為 230m，再向西延長 70 公尺，使堤頭水深位於-5.0 公尺位置，另南防波堤亦轉折向西延長為 315 公尺，使堤頭水深位於-3.0 公尺位置，並保留航道空間 100 公尺之淨寬度，足符船舶雙向安全進出港。繪製如圖 3.6-2 所示。

(五)後續建議

由於本計畫區馬山至后嶼坡之海岸土地，均位於金門特定區計畫中分屬「國家公園區」，在考量計畫位階及法令問題，均為影響後續計畫可行性之關鍵；另依據國防部辦理要塞堡壘地帶之相關公告，有說明本區后嶼、草嶼屬要塞管制區，故規劃時應先行檢討建置多功能碼頭之目的是否合於土地分區管制要點與要塞堡壘法限制之範疇，避免後續計畫推動時困難重重。

現行「國家公園區」內實行之計畫為 101 年 10 月頒布之金門國家公園計畫書（第二次通盤檢討），金管處以「心戰及戰備工事及岬角地形景觀、傳統聚落景觀」為規劃主題，

將馬山區劃入「國家公園區」內，故於本區海岸地帶屬於地形賞景，未來建構碼頭設計對於景觀衝擊實屬難免，但對於其他主題主軸影響極小，且目前又適逢金管處辦理第三次通盤檢討中，本場址已位於國家公園區之西側邊陲區位，未來劃出「國家公園區」之可能性亦較高，故在後續辦理環境影響評估與海岸利用管理說明書通過之後，可循程序將多功能碼頭劃出「國家公園區」與變更為金門特定區計畫之「港埠用地」，除較符合土地使用性質外，亦可回歸地方政府對於土地使用之實質經營管理能力。

表 3.6-2 金門東半島多功能碼頭配置方案比較

考量因子	方案一 (馬山西側海岸)		方案二 (天摩山岬角)	
碼頭船席 (8)	碼頭長度 640m，浮動碼頭一座足供 2 船席，泊地面積 3.8 公頃。	① 16	② 8	碼頭長度 630m，浮動碼頭一座足供 2 船席，泊地面積 4.0 公頃。
泊地 穩靜度 (11)	季風波浪下，泊地水域波高 0.06m 以下；颱風波浪下，泊地水域波高 0.29m 以下，均滿足客船容許波高。	① 22	② 11	季風波浪下，泊地水域波高 0.20m 以下；颱風波浪下，泊地水域波高 0.42m 以下，均滿足客船容許波高。
港區 便利性 (7)	自岔路口至港區之行車距離約 300m，後至船席登船處距離約 160m。	② 7	① 14	自岔路口至港區之行車距離約 135m，後至船席登船處距離約 100m。
環境影響 (6)	該海域沙源有限，灘線變遷有限。	① 12	② 6	人工岬頭之設置使上游控制點往西側調整，使近岸灘線維持，但於靠近西防波堤之沙灘淤積。
設施維護 (8)	現況近岸地形較平緩，且在優勢波向作用下，港口為西南向，雖配置防波堤，但因堤頭水深僅約-2.0m，將來港口自然淤積可能性較高，故維護需求及頻率較高。	② 8	① 16	現況近岸地形變化較大，且外廓設施對於優勢波向形成良好遮蔽，且防波堤堤頭水深約-3.5m，初步研判港內淤積程度較小，維護需求及頻率較低。

考量因子	方案一 (馬山西側海岸)		方案二 (天摩山岬角)	
	腹地面積 (7)	港區腹地不計碼頭面之陸域面積為 1.5 公頃。	① 14	② 7
興建成本 (9)	工程經費約 16.85 億元。	② 9	① 18	工程經費約 15.45 億元。
地方期待 (7)	地方支持度 54%。	① 14	② 7	地方支持度 21%。
操船 難易度 (11)	船舶自預定航道進出港區的迴轉角度達 140°。	② 11	① 22	船舶自外海進出需要轉折兩次，分別為 30° 及 65°。
法律 可行性 (11)	需進行環評及土地分區通盤檢討。位於國家公園區之西側邊陲區位，未來劃出之可能性較高。	① 22	② 11	需進行環評及土地分區通盤檢討。
航線 安全性 (15)	馬山西北方外海有一處暗礁及東側馬山，於預定航線均有影響。	① 30	② 15	天摩山岬角之東北方外海有三處暗礁，但仍以後嶼島對於預定航線之影響最為直接，均需往北繞行。
總計		165	135	
建議方案	●			

註:2 方案納入評分，針對各評估準則進行①~②排序，①為較佳(得 2 分)，②為較差(得 1 分)

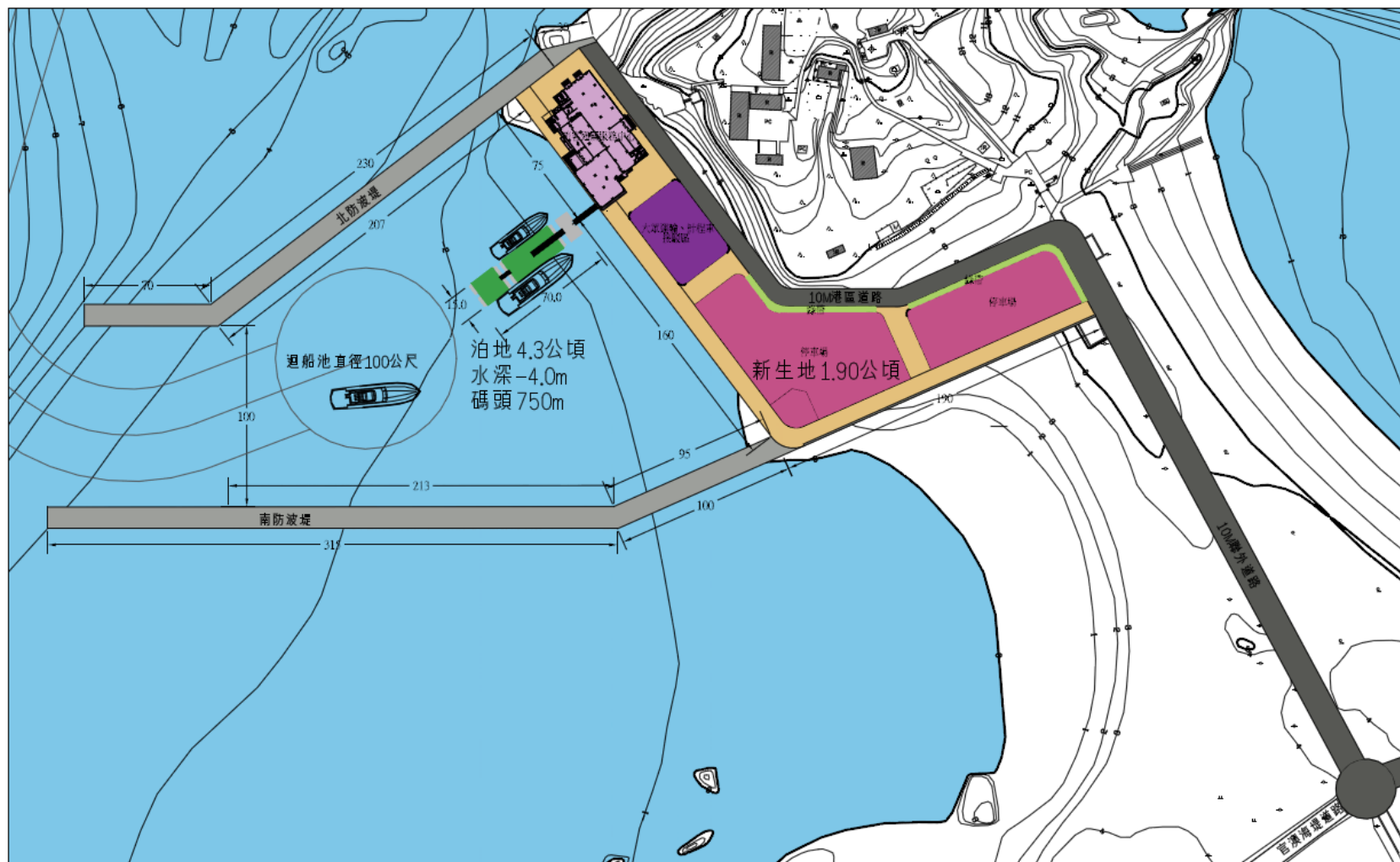


圖 3.6-2 金門東半島碼頭建議定案配置圖

七、相關設施及旅客動線方案研擬

(一)浮動碼頭配置

金門地區大潮平均高潮位 EL.+5.38m；大潮平均低潮位 +0.89m，大潮平均潮差達 4.5 公尺左右(5.38-0.89=4.49m)。現有小三通客運船舶均為 1,000 噸以下，船舶舷高有限，低潮位時無法直接於直立岸壁靠泊供人員上下，只能運用浮動碼頭的設施，減少因潮差造成的上下船舶不便。本計畫係為提供泉金航線與備援翔安機場海運新航線之對口港服務設施，必須妥適考量小三通客運上下船問題，且因應此二航線旅客未來可能之動線規劃及不同目標船型予以配置浮動碼頭。考慮小三通旅客上下船必須安檢及通關，需以鄰近通關大樓與旅客服務中心為較佳建築規劃配置，亦可避免動線混淆，難以管制之情形發生。

基此，考慮目前之通關規劃及未來通關服務中心之規劃設置地點，小三通浮動碼頭宜設置在東碼頭前，可就近連結新生腹地，且考量本港進出船舶規模與噸位，建議採用現行金門地區使用頻繁之鋼構浮動碼頭為結構形式，並考量金門地區潮差情形設置引橋提供岸壁碼頭與浮動碼頭之岸接服務。

綜上所述，本浮動碼頭工程係在東碼頭前設置一組 70m x15m 之浮箱 RC 平台組合供小三通交通船使用，並可同時提供兩席 550GT 碼頭作為人員上下使用。

(二)旅客服務設施

1.規劃基準

依據前節金門港埠建設計畫之海運客運量目標值，預期本港未來可能旅客數量推估設施規模，彙整本計畫客運服務設施規劃目標如下，未來相關建設規劃與設計案內仍可依當時需求再作檢討修訂。

(1)建設目標

- 建設現代化客運中心，提昇旅運服務品質，塑造東半島海運門戶新形象。

- 提供多元且便捷之服務設施，營造旅客優質舒適之出入環境與民眾親水遊憩空間。
- 建構多功能港口與金門機場之便捷網路，將旅客商機擴及周邊區域，帶動金門東半島整體發展。
- 落實綠色內涵之節能減碳設計理念，樹立現代化綠色港灣新典範。

(2) 計畫靠泊船型及碼頭

客船碼頭 2 席，以停靠小三通航線最大尺寸船舶之 548GT 客船(和平之星輪)為遠期目標，船長 49.9m、船寬 12.4m、滿載吃水 2.3m、載客量 422 人。單席碼頭長度需求為 $49.9 \times 1.25 = 63\text{m}$ 以上。

(3) 計畫服務旅客量



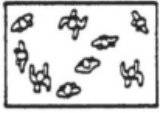
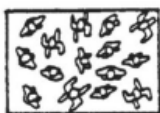


以滿足前述推估之旅客運量 74 萬人次(情境二)、尖峰日雙向客運量 3,200 人次(74 萬人次/360 天 $\times 1.6 = 3,289$ 人次，尖峰日運量採 1.5~1.6 倍之平均日運量)、尖峰小時雙向客運量 400 人次為初期設施服務目標。尖峰日客運量係依歷年統計之各月份旅客人次所佔比例進行估算。

(4) 設施空間需求

- a. 因應尖峰小時雙向客運量 400 人次之服務需求，且避免淡季空間閒置浪費，參考 TRB 運輸容量及服務等級手冊規範 (Transit Capacity and Quality of Service Manual)，依 TRB「運輸容量及服務等級手冊規範(P.10-14)」之規定，其「等候及排隊區」與「候船室」之服務等級可概分為 A、B、C、D、E、F 等六級。基於前述標準，在不同服務水準條件下，其等候排隊區及候船室之平均每人佔用面積建議值詳表 3.7-1 所示。依「Terminal Design Manual」建議，旅客等候空間基本需求至少應滿足 C 級之服務水準。本計畫規劃時以 A 級服務水準為基準，故新建旅客通關服務中心之總樓地板面積以每人 4.5 m^2 估算，則需至少 $1,800 \text{ m}^2$ 。
- b. 港區利用新生腹地為配置區域，將配置小客車位、大型遊覽車位及計程車招呼站等空間規劃。

c. 港區南側有沙灘資源可利用發展親水遊憩空間，保留觀光休閒功能讓地方社區賡續發揮。

表 3.7-1 不同服務水準下等候排隊區及候船室之平均每人佔用面積

示意圖	服務等級	平均每人佔用面積(m ² /人)		建議值(m ² /人)		說明
		等候排隊區	候船室	等候排隊區	候船室	
	A	≥ 3.3	≥ 1.2	3.3	1.20	旅客可自由活動而不影響他人
	B	2.3~3.3	0.9~1.2	2.8	1.05	旅客活動範圍受部分限制以避免影響他人
	C	1.4~2.3	0.7~0.9	1.85	0.80	旅客活動可能影響他人，但不致影響舒適度
	D	0.9~1.4	0.3~0.7	1.15	0.50	旅客難以不碰觸他人；活動極受限制；長久等候將會不舒服
	E	0.5~0.9	0.2~0.3	0.7	0.25	旅客無可避免與他人有肢體上碰觸；無法於區域內活動；密度高使得旅客較不舒服
	F	<0.50	<0.20	0.5	0.20	旅客均接觸在一起；導致極度不舒服；無任何移動空間；可能導致碰撞等意外

註：非管制區等候空間主要為等候區域及通關排隊空間，不含售票區與售票排隊區。

資料來源：TRB 運輸容量及服務等級手冊規範(Transit Capacity and Quality of Service Manual)，P10-15。

2. 平面配置

未來本計畫於港區東側填築新生地及興建南防波堤後，將規劃客運服務區及親水遊憩區等兩大區塊，如圖 3.7-1 所示。除提供來往離島旅客之交通服務空間，亦開創當地民眾假日休閒親水之遊憩空間，期盼匯集人氣後，帶動金門新觀光據點。茲將各區設施佈置構想概述如下：

(1)客運服務區

新建北防波堤、南防波堤及東碼頭，形成客運碼頭後側之港區新生地面積約 1.9 公頃，提供搭船往返泉州及備援翔安機場之旅客候船、乘車、觀景、休憩之舒適服務空間。故擬興建之陸上旅客服務設施，將包括旅客通關服務建築、大眾運輸接駁區及停車場等如下：

a.旅客通關服務中心

為便利旅客上下船，客運中心建築宜靠近登船碼頭後側且面對港口之東側，基地面積規劃與現有水頭旅客服務中心大略相同約 2,280m²，可滿足前述 TRB 服務 A 級水準水平，提供旅客寬廣空間與候船時能就近欣賞船隻出入港灣之視覺享受。建築海側出入口正對浮動碼頭引橋，俾利旅客或小型行李車進出浮動碼頭區；南側出口保留較大空間可提供車輛臨停與接送，並規劃大面積停車場與大眾運輸接駁區提供港區與周邊遊憩空間串聯使用。

b.客運廣場

本基地高程設定為 EL.+7.0m，東側灘線上林地高程約 EL.+0.0~+7.0m，為使客運服務區與後線原始林地有所區隔除規劃有港區道路聯絡使用外，並配置廊道綠帶，減少來往交通車輛影響後線原始生態環境。

(2)親水遊憩區

本計畫將於本多功能港口之南側水域，規劃乙處結合沙灘戲水、觀景、海釣等休閒功能之親水遊憩區約 2.3 公頃，提供當地民眾安全之濱海休閒空間，以及旅客抵達馬山地區之休憩節點新選擇。

(3)多功能泊區

本計畫泊地水域除提供交通客船靠泊使用外，因應未來之公務需求及地方民意等用途，保留部分水域及碼頭供其他船舶靠泊使用。其相關配套設施則視後續實質需求再行建構，相關費用暫不納入本計畫編列工程經費中。

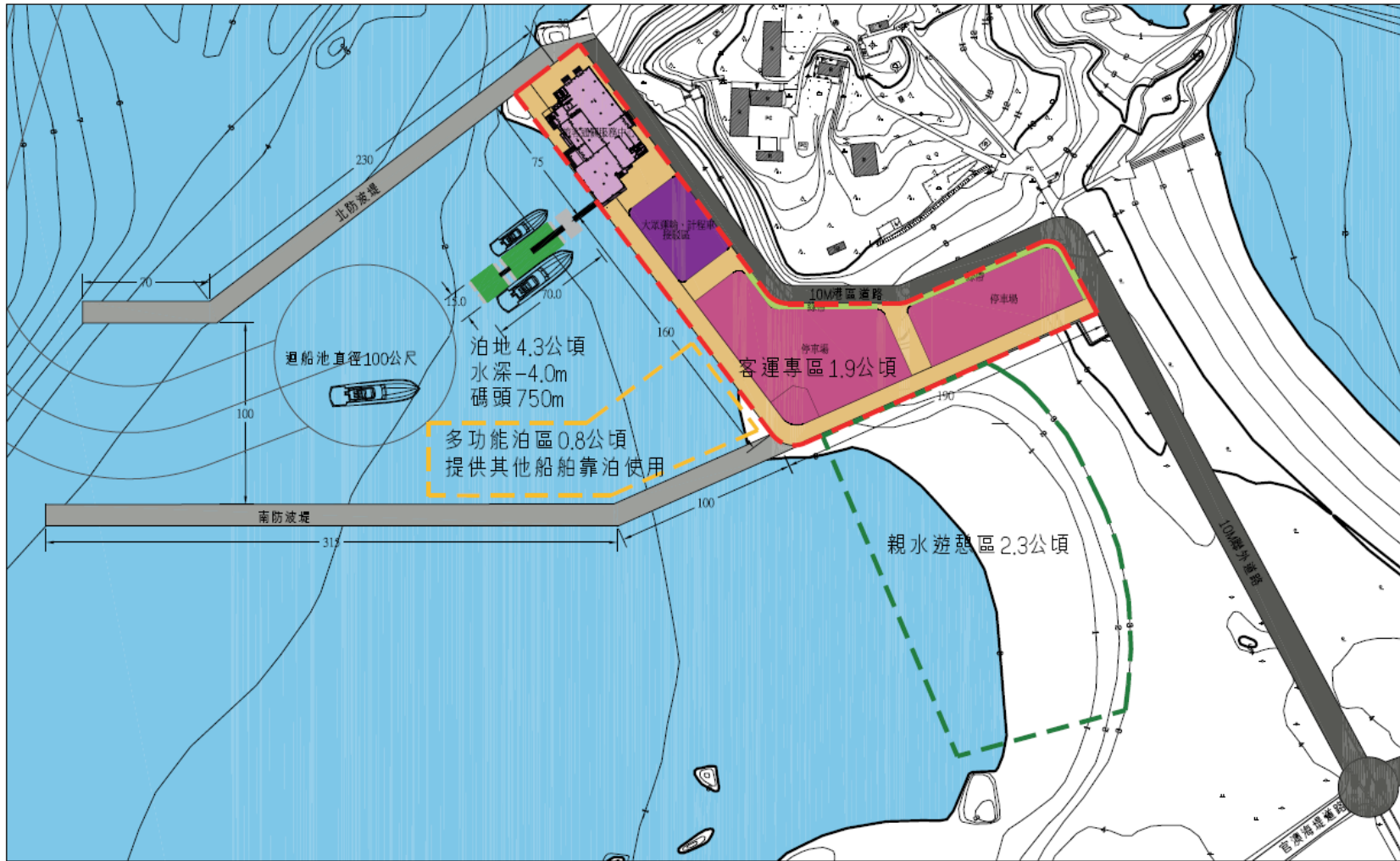


圖 3.7-1 金門東半島多功能碼頭相關設施平面配置圖

3.客運服務區

以下謹針對港區內主體建物設施進行較深入之規劃說明，供未來規劃設計作業參考：

旅客通關服務中心

本港客運屬小三通航線，旅客進出港必須出入境與海關查驗，故內部空間需設置有 CIQS 的必要服務空間。旅客候船區以可滿足 2/3 尖峰小時客運流量、相當 2 艘客船載運共約 266 人之候船需求為目標。為避免空間閒置，擬採「良好服務及舒適水準，作業流程流暢穩定，可接受短時間延滯。」之服務水準估算空間需求，且可將部分旅客候船需求併入商業空間，以增加商機。

本港設有浮動碼頭，設有人行引橋舷與通關服務中心海側出入口相接，1 樓應規劃為旅客購票、候船、安檢、通關以及自用車等待接駁等轉運空間。由於旅客下船離港之移動速度遠較候船快，故客運中心 1 樓固定設施區可以尖峰小時客運量之 1/3，相當 1 艘客船 60% 載客率約 133 人之下船活動需求估算。

4.親水遊憩區

為使侵入港口之颱風波浪有足夠淺灘水域得以消散波能，降低繼續入侵內港區之殘餘能量，依目前港型配置及周邊地形，可利用南防波堤之南側水域作為消波淺灘區，平常亦可兼具親水遊憩功能。

現況海岸地形自計畫港區南側為一自然廣闊沙灘，本港興建北防波堤阻擋受馬山遮蔽之繞射後波浪能量，依據前述颱風期間數值分析，南側沙灘前水域靜穩度良好；而本計畫規劃南防波堤，使成自然灘線之控制點，當異常事件結束後，配合未來港區疏浚時採迂迴供砂方式(sand by pass)將沙料於南側沙灘養灘，可型塑優美灘線。

因受東側馬山遮蔽作用，平時該區水域靜穩度佳，合適作為親水活動使用，故規劃為親水沙灘遊憩區，提供地方民眾及旅客乙處嶄新之遊憩活動空間，但為維持自然海灘原貌，現階段不設置固定設施，灘地高程維持現況之

EL.+0.0~+3.0m，坡度約 1：20~1：30，僅於離灘線之適當水域處設置活動範圍警示浮球及攔索，以維活動安全。

(三)動線規劃

1.交通動線(如圖 3.7-2)

(1)旅客動線

A.陸海接駁(進港)動線

旅客搭乘大型遊覽車經東側聯外道路，進入新生地北側大眾運輸接駁區下車，進入旅客服務中心購票候船與通關安檢，或向南側海灘進入親水遊憩區活動；搭乘自用車或機車之旅客則需沿港區道路進入東側停車場，停妥車輛後進入旅客服務中心準備出境或南側海灘親水遊憩。

B.海陸接駁(出港)動線

客船進港靠岸、旅客下船後，於客運中心 1 樓均往南側移動，可自公車轉運站或計程車招呼站乘車離港，或等待私人接駁，或步行至東側停車場取車離開。

(2)車輛動線

A.大型遊覽車

由於馬山社區道路(光華路)狹窄且路旁近鄰民宅，故官澳海堤道路較合適大量旅客進出港區，另計畫規劃由官澳海堤與馬山社區進出道路交叉路口延伸往北側計畫港區，規劃以 10 公尺寬聯外道路進出港區。通關服務中心南側出入口以提供大型遊覽車至轉運區接送旅客後，由東側之聯外道路離港，採單進單出路線規劃；另亦規劃至少 12 輛之大型遊覽客車之停車空間，等候抵港旅客。

B.小客車或計程車

規劃以大小車動線分離方式進出港，可由聯外道路直接抵達服務中心南側大門臨時上下車，或進入東側小客車停車場，讓旅客停妥車輛再步行至服務中心，後由聯外道路離港。計程車則於規劃接駁區招呼站排班等客。

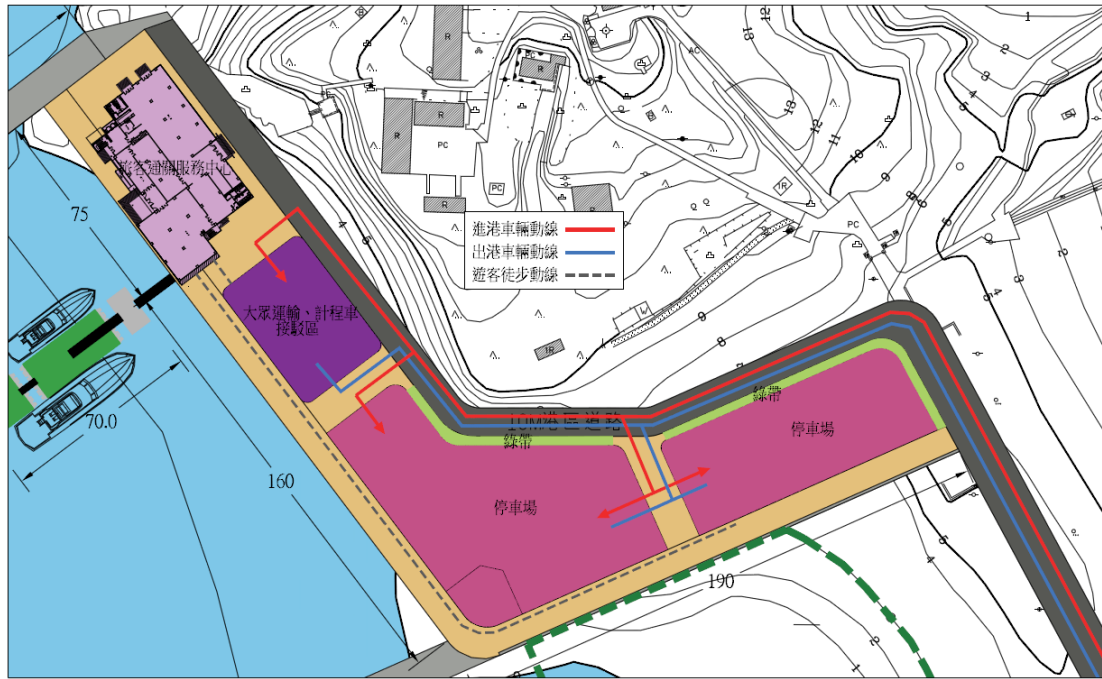


圖 3.7-2 港區交通動線示意圖

2. 停車及轉運空間

依據金門國家公園管理處之「金門國家公園遊客調查與評估」報告調查，來金旅客在交通工具方面使用比例部分，以搭乘遊覽車 56.63% 為最多，騎乘機車 15.83% 次之，租用小客車亦有 11.70%，而估算運具使用時以遊覽車搭乘人數以 42 人/車計之，小客車以 2.8 人/車，機車 1.3 人/車計之，則尖峰小時所需交通工具數量為遊覽車 6 輛、公車 1 輛、計程車 9 輛、租用小客車 17 輛、自用小客車 9 輛、機車 49 輛、自行車 10 輛；而以尖峰日運量計算時，遊覽車 44 輛、公車 2 輛、計程車 65 輛、租用小客車 134 輛、自用小客車 69 輛、機車 390 輛、自行車 78 輛。

而停車場估算時，因遊覽車、公車及計程車屬流動性載具，停車需求多為暫時性，以尖峰小時人次計算所需空間，而其餘載具多依據行程時間停放於停車場，故小客車停車位需求約有 $134+69=203$ 輛，機車 390 輛，自行車 78 輛。而計程車招呼區以 9 輛為基本需求，遊覽車至少需 6 輛/時，因有停等規劃需求，應以 12 輛規劃較佳，而公車轉運概略以每小時 1 班即可滿足。

(1)小客車停車場

依據前述估算，因應尖峰客運量需求，本港小客車停車位需求約有 203 輛車。另根據「交通工程手冊」建議路外停車場設置數量，應以尖峰時間總停車需求之 85% 為基準，並扣除路邊可供作停車場之容量後作為規劃標準。本區目前均無停車場空間，故應考量周轉率後需規劃 173 個小客車位($203 \times 85\% = 173$)，且集中鄰近服務中心。另依據「交通工程手冊」統計分析一般已完成之平面停車場實例，停車場面積約略可以小型車停車場車位容量 $\times(20 \sim 30)m^2$ 計算。倘採 $20 m^2$ 計，則 173 個小客車位約需 $3,460 m^2$ 之停車場面積。

(2)大型遊覽車停車場

前述尖峰小時雙向客運量 400 人次中，約有 56.63% 搭乘大型遊覽車。由於出港旅客下車後，需進行進入西側大眾運輸接泊區搭乘大型遊覽車離港，無停車需要，故停車需求僅限於進港待客之車輛，本計畫規劃 12 個大型遊覽車位。參考「交通工程手冊」推估每個大型車停車位分攤停車場面積約 $50 \sim 60 m^2$ ，倘採 $55 m^2$ 計，則 12 個大型遊覽車位約需 $660 m^2$ 之停車場面積。

(3)計程車招呼站

依據前述尖峰小時客運量推算，應規劃可停靠 9 輛次計乘車共乘區(含招呼站)為基本值，考量 2 倍數量之排班預留規劃，則規劃 20 輛車次之招呼站，沿用前述小客車平均每個停車位面積 $20 m^2$ ，再加上旅客上下車之月台設施，暫以 $20 \times 20 m^2 = 400 m^2$ 為估算計程車排班等候空間。

(4)大客車轉運站

本計畫配合地區公車規劃，應規劃可容納每小時一班次之大型巴士轉運站。沿用前述大型遊覽車平均每個停車位分攤面積 $55 m^2$ ，再加上旅客等候上下車之月台設施，暫以 $6m \times 15m = 90 m^2$ 估計 1 輛大客車轉運站所需面積。

八、港埠及船舶服務相關設施方案研擬

(一)助導航設施平面佈置

因應未來小三通客輪進港所需，需配合新增部分警示燈浮以符合航安所需，茲就新增警示燈浮規劃建議詳述如下：

1. 警示燈浮

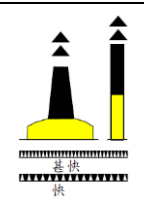
考量未來小三通客輪進港後，其迴船池與航道需經局部濬深後才能符合使用需求，故為避免鄰近航道處之淺灘及港埠結構物影響客輪航行安全，故於航道鄰近等深線較淺處加設警示燈浮以供客輪操航辨識。

2. 航道警示燈浮設施建議

(1) 燈浮建議高程

本計畫之燈浮主要功能為警示淺水區域，依據 IALA 「Aids To Navigation Guide, p.81」對於警示燈浮之標誌規定，本計畫增設警示燈浮屬於方位標，標示出可航行水域，其表示方式與燈光特徵如表 3.8-1。

表 3.8-1 燈浮北方位標標誌規定

特徵	顏色	浮標形狀	頂標	燈色	浮標形狀示意圖
北方位標	上黑下黃	裝有頂標的柱形或杆形	上下垂直的兩個錐體	白光	

資料來源：Aids To Navigation Guide, p.81, IALA。

(2) 燈浮構造及燈具規格建議

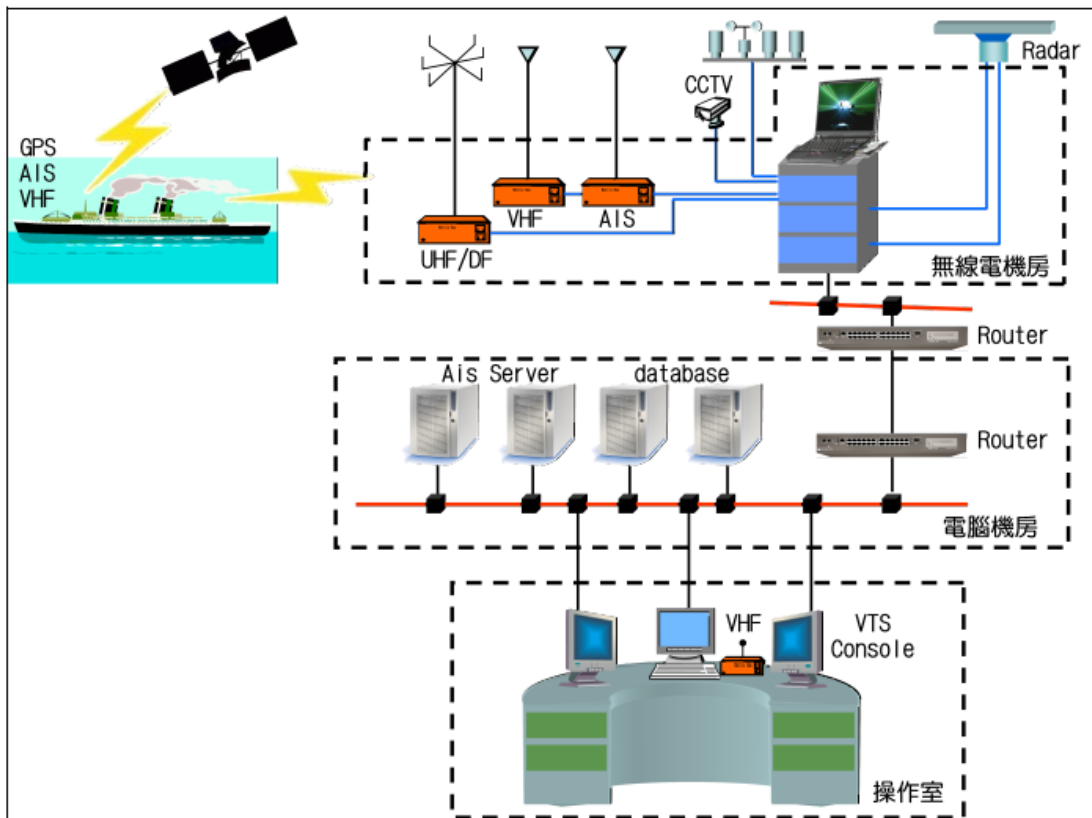
燈浮之組成主要包括浮筒、燈具、頂標及供電系統等四個部份，且浮筒及燈質均須符合 IALA 之規定。其中浮筒係做為燈具及頂標支承使用，下方並以錨鏈或拉桿與沉錘相連，其長度須滿足潮差及波高之條件，以確保浮筒可固著於海床；採用錨鏈者稱之鏈式燈浮，而採用拉桿者則為柱式燈浮，二者均可滿足船舶操航之需。潮差較大之區域或受地形限制影響下多採柱式燈浮，但因本計畫區預計

設置燈浮處水深較深，故採用受風、浪、流等外力之影響較小，且費用較低之鏈式燈浮。

燈浮採用之燈具建議為 LED 燈具，除 DC 供電之特性外，其負載小，較適用於太陽能供電。至於供電系統，考量如以海底電纜佈設之費用高昂且維修不易，故建議採太陽能光電板發電，藉由蓄電池供電之方式較佳。

(二)VTS 整體規劃建議

考量本計畫多功能碼頭區之外廓防波堤興建後之航安所需，建議增設 AIS 系統，以提供船舶避碰警示必要之資訊。配合本計畫碼頭區交通航線開發，未來於客輪航行安全性的需求將成為重要課題，VTS 架構如圖 3.8-1 所示，以下就 AIS 岸台與雷達系統規劃建議分述之。



資料來源：高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫，高雄港務分公司，民國 101 年 5 月。

圖 3.8-1 船舶交通服務系統 VTS 架構示意圖

1. AIS 岸台系統規劃建議

AIS 岸台設備其相關內容及功能需求詳述如后：

(1)系統架構

AIS 岸台系統至少包括下列各部分：

■ AIS 基站設備(Base Station, BS)

每個 AIS 岸基點位，應設置乙組 AIS 基站設備，主要功能包括：

- a.接收 AIS 船台透過 AIS 資料鏈路發送的訊息。
- b.透過 AIS 資料鏈路對 AIS 船台發送資訊，提供相關服務。
- c.接收 DGPS 次系統的 DGPS 訊號，對 AIS 船台提供 DGPS 服務。
- d.連接 AIS 網路，將取自 VTS 資料庫船舶資料及接收到的 AIS 船台資訊傳送給 AIS 系統操控顯示模組。

■ DGPS 基站設備

每個 AIS 岸基點位，應設置乙組 DGPS 基站設備。或由相鄰的 AIS 岸基點位，透過網路共用乙組 DGPS 基站設備。該 DGPS 基站設備負責產 DGPS 資訊，經由 AIS 基地臺廣播給涵蓋範圍內的 AIS 船台。同時必須提供 DGPS 監測機制，以確保廣播之 DGPS 資訊的正確性。

■ AIS 系統操控顯示模組

AIS 系統操控顯示模組的顯示幕可以與 VTS 現有顯示幕共用。此模組負責控制連結到 AIS 網路的 AIS 基站設備，並與其他網路裝置通訊。此模組除了主要設備之外，應提供備援設備(hot-standby)。

■ AIS 網路管理模組

此模組負責管理 AIS 區域網路，具備系統設定、系統監視與測試。

(2)系統功能

AIS 岸台系統應提供下列基本服務：

- a.接收來自 A 類 AIS 船台的船舶靜態資料(static ship data)。
- b.接收來自 A 類 AIS 船台的船舶動態資料(dynamic ship data)。
- c.接收來自 A 類 AIS 船台的船舶的航程(voyage)相關資料。
- d.收發安全相關的定址傳送(addressed)AIS 訊息。
- e.收發安全相關的廣播(broadcast)AIS 訊息。
- f.透過 AIS VDL(VHF 資料鏈路)發出詢問(interrogation) 訊息。
- g.接收來自 B 類 AIS 船台的船舶資料。

2.雷達系統規劃建議

在原理上 VTS 雷達的典型功能與船用雷達沒有區別，但是 VTS 雷達在大多數時候需要同時使短量程與長量程，以提供 VTS 中心良好的判斷港區控管能力。所需之雷達系統設備，一般包括一組 X 波段雷達連同一套雙發射接收機，一組雷達控制系統及一座操作台。雷達覆蓋範圍及系統功能分述如后：

(1)覆蓋範圍

覆蓋範圍之決定，一般參考 IALA 所制定之參考規範以及管理單位於實務執行上所需觀測之範圍。依據 IALA V-128 規範建議，一般雷達在能滿足多數船舶偵測需求下，其偵測距離應至少為 12 海浬。進一步訪查管理單位之實務需求，由於雷達最主要目的係為掌握通過港內航道進入漁港之交通船或漁船之速度，以即時向交通船或漁船提出警告，避免交通船或漁船船速過快導致停泊於碼頭之客船劇烈晃動，影響旅客及船舶舷梯之安全，故雷達偵測距離於 3 海浬內可精確偵測到港內航道即可。據此，雷達掃瞄範圍以 3 海浬為基本需求設定。

(2)系統功能

依據 IALA VTS 手冊建議，雷達應該能夠探測和追蹤，

繼而顯示在指定區域，以及在所有指定操作環境下，滿足探測標準的所有移動和固定目標。每個雷達設備應該能減少雨、雜訊的不利影響並且增強目標的發現機率。在設計和安裝雷達設備時，應該能夠最大程度地消除由旁瓣效應造成的假回波，和由附近建築物所造成之反射。

九、聯外運輸及其他公共設施方案研擬

(一)聯外運輸

本多功能碼頭主要目的為對接泉州石井碼頭及備援未來廈門翔安機場之海運客運交通，故以交通運輸功能為主軸，搭乘旅客應以觀光客及商務客居多，故抵達後之目的地以金門尚義機場及金城鎮為優先，其聯外交通路線說明如下：

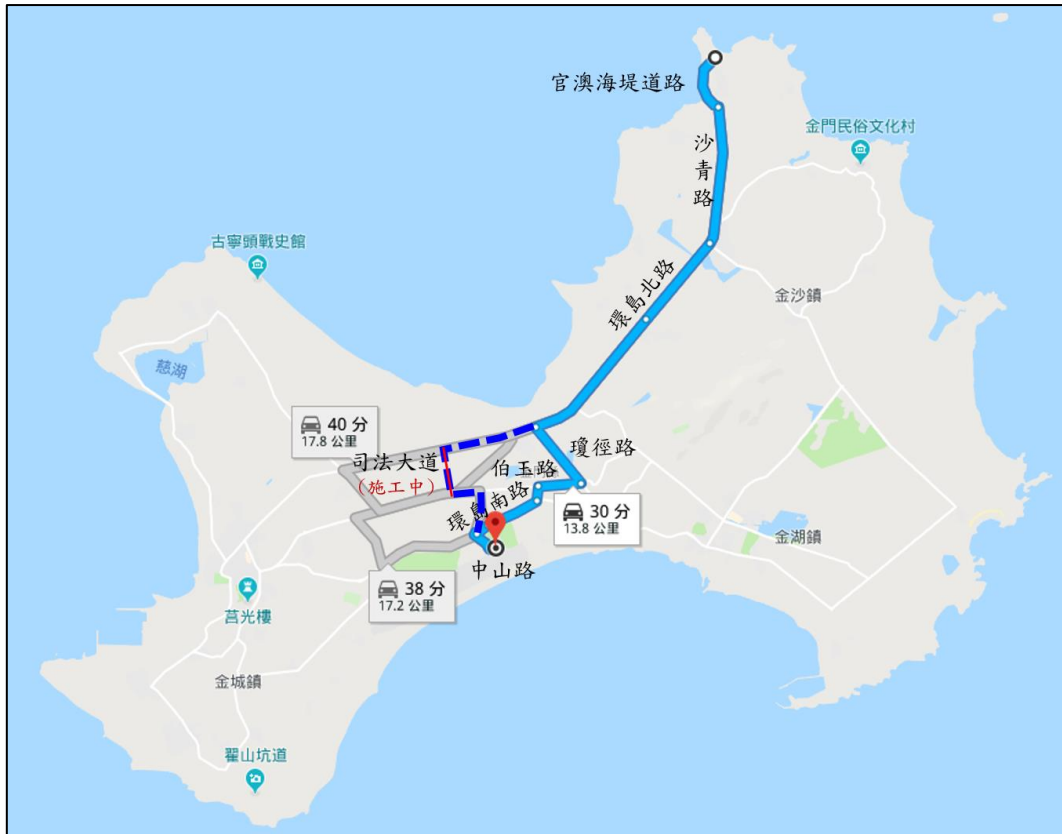
1.金門尚義機場

金門尚義機場位於金湖鎮，建議路線如圖 3.9-1 所示，依據現有道路之建議路線，始自港區聯外道路接至官澳海堤道路，後至沙青路時右轉往南，再接至環島北路往西南，於路口時左轉瓊徑路，後遇圓環時往西之伯玉路，至圓環時往南之瓊義路，至路口時右轉環島南路，後遇圓環時往南之中山路即可抵達金門尚義機場。

另考量連接環島北路及伯玉路的司法大道刻正施工中，後續開放通路後，得作為往返機場之最佳路線。

2.金城鎮

金城鎮位於金門島西南角，是金門縣政府所在地，亦為金門縣最重要的都會區，建議路線如圖 3.9-2 所示，自港區聯外道路接至官澳海堤道路，後至沙青路時右轉往南，再接至環島北路往西南，後接至民權路即可抵達金城鎮。



(二)其他公共設施

本計畫針對港區客運使用區區域，研提規劃原則、資源需求，以及初步配置構想等如后，提供後續設計參考，且實際工程內容必須配合客運建築一併考量後定案。茲就電力及照明、用水、排水及污水等公共設施說明如下：

1.電力及照明

(1)照明用電

客運區新設建物之主要用電設備為照明、空調及一般動力等，依據建築樓地板面積及使用型態，估算照明用電如下表。

表 3.9-1 客運服務區照明用電推估表

使用分區	樓地板面積	單位面積照明電力	照明用電
旅客通關服務中心	2280 m ²	37.50VA/m ² (以平均照度 750lux 計)	90KVA
大眾運輸接駁區	1700 m ²	30.00VA/m ² (以平均照度 500lux 計)	50KVA
停車場	8400 m ²	30.00VA/m ² (以平均照度 500lux 計)	250KVA

(2)空調用電

估計旅客通關服務中心之空調機組容量及用電需求如下表所示，採中央冰水系統，空調機及冷風機系統；非空調區域如發電機房、空調機房、廚房、廁所、茶水間、污物室等，採強制送風之排氣系統。

表 3.9-2 客運服務區空調用電推估表

使用分區	樓地板面積	每一冷凍噸服務面積	冷凍噸總計	空調用電
旅客通關服務中心 (室內淨高約 5m)	2280 m ²	13.5m ² /RT	170RT	245KVA

依據前述客運服務區各機能建築之用電需求總容量，以及概估區內戶外照明及備用電力等，以用電係數換算後之本港需新增用電需求(契約容量)如表 3.9-3 所示，估計總契約容量為 522KW，建議申請契約容量為 550KW。

表 3.9-3 客運服務區用電需求推估表

使用分區	總設備容量(KVA)				契約容量(KW)			
	照明	一般動力	空調主機/ 其他空調	合計	照明	一般動力	空調主機/ 其他空調	合計
旅客通關服務中心	90	45	245	380	40	12	245	297
大眾運輸接駁區	50	25	-	75	23	7	-	30
停車場	250	125	-	375	113	32	-	145
備用電力*				83				50
合計				913				522

註：1.照明之用電係數採 0.45、一般動力採 0.25、空調採 1.0。

2.備用電力暫以總需求之 10%估計，用電係數採 0.6。

3.實際用電需求仍應依設計成果而定。

2.用水

(1)登船碼頭區之船舶加水

客船上用水係供旅客及船員生活用水，假設每日客船用水量之 65%於本港加水，依據旺季平日每天 22 次航班、每船平均 154 人(旅客 3200/22=146，船員假設 8 人)，旅客每人用水量 15 公升，船員等工作人員每人每日用水量 120 公升，再加上 10%之備用水量等條件，估計每日平均船舶加水量約 35.1CMD。

$$((146 \times 22 \times 15 + 8 \times 120) \times 1.1 \times 0.65 = 35135 \text{ 公升/天} = 35.1 \text{CMD})$$

(2)客運服務區建物室內用水

客運中心用水需求來自旅客使用廁所、空調機械補用水，以及行政工作人員之生活用水等。依據前述尖峰每日客運量為 3200 人次，並假設客運中心派駐 30 人縣府、船務、服務等人員職工等條件，估計客運中心建物內每日用水量如下表：

表 3.9-4 客運中心建物用水需求推估表

使用分區	使用人數之用水量	空調負荷	機械用水量	各類空間 用水量
旅客 動線區	尖峰日旅客人數 3200 人 x15 公升/人 =4800 公升/天	170RT	1150 公升/天	--
行政 辦公區	辦公 30 人 x120 公 升/人=3600 公升/天			--
合計	51600 公升/天 =51.6CMD	170RT	1150 公升/天 =1.15CMD	52750 公升/天 =52.8CMD

註：1.空調負荷另詳前表 3.9-2。

2.機械類補用水需求量於暫採 6.75 公升/天，RT。

(3)消防用水

依據消防法相關規定，室外消防栓之瞄子出水量不得少於每分鐘 350 公升，港區為安全考量以 $1\text{m}^3/\text{min}$ 計，故消防用水量以 $60\text{min} \times 1\text{m}^3/\text{min} \times 2 = 120\text{m}^3$ 估計，並據此計入港區用水量。

(4)客運服務區用水需求

未來客運服務區設施機能將以人流導向，故用水型態以生活用水為主。依據前述船舶加水及建物室內用水，再加上消防用水後，估算本港所需用水需求如表 3.9-5 所示。

表 3.9-5 客運服務區用水需求推估表

單位： m^3

使用分區	平均日	最大日	最大時
客船碼頭	35.1	45.6	52.7
客運中心	52.8	68.6	79.2
消防	120	120	120
合計	207.9	234.2	251.9
設計值	210.0	240	260

註：1.空調負荷另詳前表 3.9-2。

2.機械類補用水需求量於暫採 6.75 公升/天，RT。

3.排水設施

港區內之地面逕流水一般係利用地面之坡度直接排入港池，然規劃客運中心、停車場及接駁區後，基於分離旅客與車輛動線及綠美化需求，在港區內所規劃突出地面之緣石或相關花圃設施，可能會影響局部區域之地面自然排水。因

此，擬於阻隔設施邊緣規劃排水溝，蒐集地面逕流水後引導排入港池。

一般港區道路排水設計原則，多參照地區雨水下水道系統規劃配合之，惟因本區域屬新闢港區已超出原金門縣金沙鎮之雨水下水道系統外，將依據道路集水面積範圍內所需容納之排水量設計適當之排水設施。一般道路計畫流量估算，多採用鄰近雨量站資料，經降雨強度分析、採用合理化公式計算之，而逕流係數依據「區域型態」進行選定，本計畫將依循此原則辦理。說明如下：

(1) 逕流量計算

A. 集水面積

本計畫新生地集水面積為 1.51 公頃，謹計入客運專區面積，並於兩側均設計側溝。

B. 設計再現期

本計畫屬於「路邊溝及進水口」，故選用再現期 5 年為設計基準。

表 3.9-6 排水設施設計再現期之選定

適用排水設施	設計再現期(年)
路邊溝及進水口	2~5
箱(管)涵	5~10
車行地下道	20

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範，內政部營建署，民國 104 年

C. 逕流量公式

逕流量一般採用合理化公式計算，公式如下：

$$Q_p = \frac{C \times I \times A}{360}$$

式中：

Q_p：逕流量（立方公尺/秒）

C：逕流係數

I：降雨持續時間 t 分鐘內之平均降雨率（公釐/小時）

A：集水面積（公頃）。

D.逕流係數

新闢港區屬人工構造物為主，保守估計採用逕流係數為 1.0。

E.降雨強度-延時公式

採用「易淹水地區水患治理計畫第 1 階段實施計畫」縣管區域排水金沙溪排水系統規劃之金沙溪出海口資料，其 5 年再現期之降雨強度為 31.42mm/hr。

F.計畫流量

由上述資料可知，本計畫道路本身集流設計流量為：

$$Q_{pr} = 1.0 \times 31.42 \text{ mm/hr} \times 1.51 \text{ 公頃} / 360 = 0.132 \text{ cms}。$$

(2)溝渠計算

A.連續方程式及曼寧公式

溝渠及箱(管)涵斷面形狀之決定，應考慮行車安全、上下游原有水路斷面、設計流量、水力效率、沖淤穩定性、施工與維護難易、美觀以及路權範圍等因素。

B.曼寧公式

溝渠水力計算採用連續方程式和曼寧公式。連續方程式： $Qd = A \times V$

式中：

Q：設計流量（立方公尺/秒）

A：斷面之通水面積（平方公尺）

V：斷面之平均流速（公尺/秒）

曼寧公式： $V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$

式中：

V：流速（公尺/秒）

n：粗糙係數

R：水力半徑（公尺）

S：水力坡降

C.粗糙係數

本計畫設計採 U 型溝，故 n 值為 0.016。

表 3.9-7 溝渠及箱(管)涵粗糙係數表

溝渠及箱(管)涵種類	使用材料	粗糙係數 n 值
U 型溝	混凝土或鋼筋混凝土	0.016
矩形箱涵	鋼筋混凝土	0.015
梯型明溝	漿砌塊卵石(抹面)	0.014
	漿砌塊卵石(未抹面)	0.025
	乾砌塊卵石	0.030
	草溝、土溝	0.025~0.080

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範，內政部營建署，民國 104 年

D.設計流速限制

- a. 溝渠及箱(管)涵於設計流量時之最小流速，不宜小於 0.8 公尺/秒。惟如受限於特殊水理條件(例如：排水出口受外水位影響或水路縱坡受平緩地勢影響等)時，可不受此限制，惟灌排合一溝渠，最小流速 ≥ 0.2 公尺/秒，以減少污泥沈澱淤積。
- b. 溝渠及箱(管)涵最大容許流速於使用混凝土或鋼筋混凝土為材料者不宜大於 3 公尺/秒，於使用漿砌塊卵石為材料者不宜大於 2.5 公尺/秒，於使用乾砌塊卵石或植草為材料者不宜大於 2 公尺/秒。
- c. 平時並無經常性流量之溝渠及箱(管)涵，其最大容許設計流速可酌採上述標準之兩倍考量。
- d. 跌水工或陡槽工最大容許流速可不受上述限制，惟須配合必要之消能設施。

E.最小斷面要求

溝渠及箱(管)涵之斷面應依水理公式計算得之，並依據下列規定：

- a. U 型溝淨寬不宜小於 30 公分，淨高(含出水高度，但不含溝蓋厚度)不宜小於 40 公分。
- b. 幹管內徑不宜小於 90 公分，連接管內徑不宜小於

60 公分。

- c. 箱涵淨寬及淨高均不宜小於 1.2 公尺；惟如受排水出口高程或其他限制因素時，箱涵斷面可不受此限，但須輔助以適當之措施(例如：增設人孔等)，以符合維護管理上之基本需求。

(3)設計斷面

由上述資料，本計畫採用路側矩型溝設計，其 $W=0.4$ 公尺， $H=0.6$ 公尺，為採保守計算渠底坡降 $S=0.3\%$ 。可知該尺寸之 U 型溝設計流速：

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = 0.992 \text{ m/sec}，符合流速限制。$$

設計流量 $Q_d=AV=0.221 \text{ cms}$ ，道路兩側皆有側溝，故設計流量 $=0.221 \times 2 = 0.442 \text{ cms}$ ，其值大於計畫流量 0.132 cms 。

4.污水設施

本港主要污水來源將為旅客服務中心之旅客排污，依據「建築物污水處理設施設計技術規範」之表 2-1 建築物污水處理設施使用人數、污水量及水質參考表，旅運大樓屬公共集會類之供旅客等候運輸工具之場所，其使用人數計算方式為：

$$N = \frac{20C + 120U}{8} \times T$$

T ：1 日中使用時數，一般取 0.2~0.4

N ：使用人數

C ：大便器具數

U ：小便器具數

單位污水量以 100 公升/人·日計算之，BOD 生化需氧量需控制在 200mg/L 以下，故未來後續細部規劃時需進一步估算實際污水量。

目前金門地區整體污水處理率為 35.46%，本港因未納入接管規劃，故未來客運專區之生活污水處理方式，除部分

經再生水處理回收利用以外，其餘經淨化符合排放標準後，亦排放入港。不考慮提供收集船舶生活污水及廢油污服務及相關設施，倘若客船有需要，則可自行委託專業槽車至岸邊收集後，運至環保單位核可之處理廠處理。

5. 港區景觀規劃原則

有關客運專區景觀綠美化設計，建議納入客運中心相關建築工程設計案內通盤考量。由於未來人工地盤上將規劃為客運廣場之開放空間，故以下謹提出相關規劃原則。

構成港灣基本視覺架構之元素主要有防波堤、碼頭、護岸、船舶等設施，故景觀規劃重點即為發揮固有海岸景觀資源及港灣視覺特性，而就本客運專區以服務旅客、提供休閒空間機能定位，更應致力於港區景觀軟化，使生硬的混凝土面產生活潑之氣氛，創造令人舒暢愉悅港灣空間，以吸引民眾親近利用、入港體會感受港灣城市之氛圍。對民眾而言，美化後的港灣應為一處饒富生趣的海濱公園；除了開闊明朗的海洋氣息之外，更多添了一份船隻進出的熱絡氣氛。因此，港區內的景觀之工作重點應考量以下之功能：

(1) 視覺焦點的達成

主景的構成，可以強化其地域特色，亦提供休憩的一個視覺享受焦點；例如於客運廣場內設置一個巨型雕塑，不但可構成地標的作用，更可突顯出其獨特的環境意象。

(2) 開放空間的保留

港區內海岸線應使開放之感覺得以延續，不致被港區內部之建築物、船隻等阻擋。故港區內應將部份海岸線保留為開放空間；或以人工地盤方式提高視野，或在外海設置潛堤，阻擋波浪，將原本位於第一線之海堤高度降低等，以不妨礙視界。設施或建築物之間應儘量保留寬廣之綠地，提供民眾較大面積的軟性空間休憩與活動。

(3) 硬體設施之美化

建築物造型儘可能以活潑生動的造型展現，與停靠進出的船舶共同構成豐富熱鬧的畫面。並考慮與港區環境結合，不致過份生硬或過份突兀景觀。

防波堤、碼頭護岸其壁面之材料、色彩，要與周圍之自然環境調和。同時構造物之造形可採用較無壓迫感之曲線狀結構。大面積之硬鋪面，可採用較富變化之色彩與圖案，作為提供民眾使用之水岸廣場。儘量避免採取大面積生硬的混凝土面。

停車場可採用植草磚的鋪設，和種植樹木提供遮陰，以達到軟化美化的效果。

(4)不良景觀之改善

對於港區內部無可避免之生硬公共建築景觀，可考慮利用地形局部變化和土丘、植栽的處理以阻隔視野，或利用地形高差內置方式予以遮蔽。

(5)設置引導民眾進入的設施

車行動線、自行車道、人行動線、機能動線與緊急避難動線等要明確區分，不致發生混亂。人行動線可計畫成為提供民眾散步道；沿途保留開放的景緻，並引導民眾進入港區活動空間。規劃可舉辦戶外藝文活動之廣場綠地，吸引港區內外民眾親近，體驗不同於一般傳統交通機能之另類港區氛圍。良好眺望點之保留，於視野開闊，景緻優美處，設置開放民眾使用的展望點或觀景台。休憩設施之設置，如坐椅、涼亭、垃圾桶、路燈等。

十、工程規劃

本工程建置初期以基礎設施之興建為主要內容，故工程規劃主要針對外廓設置與碼頭設施建置與港池浚挖及用地填築工程細部內容進行說明。平面配置詳圖 3.6-2。

(一)主要工程斷面研擬

1.斷面初擬考量

- (1) 依工程經濟性決定其最適堤體型式，但為使港內可用之水域最大化，原則採直立堤型式設計。
- (2) 拋石頂部及沉箱頂部高程，考量便於陸上施工作業條件，應在高潮位上，拋石頂部高程採用+6.00m，較大潮平均高潮位(+5.38m)高出0.5m以上，以利工程施工及工程經濟性之需求。
- (3) 依防波堤設計之經驗，堤面場鑄混凝土厚度於波高2m以上時至少應有1m以上，本計畫方案波高小於2m，但以保守估計設計1m以上，且為配合堤後填土高程(+7.50m)銜接與日後土地有效利用，堤面高程則採+7.50m。
- (4) 為便於陸上施工之便利性，堤面寬度原則至少需6.00m以上，而實際採用之堤寬則由波力計算決定；而本計畫部分堤面預計做為道路使用，故堤面寬度原則以10.00m設計之。
- (5) 拋石斜面坡度海側以緩於1：2為佳，陸側以緩於1：1.5為佳。
- (6) 顧及堤後背填土方之穩定性，堤後設置濾層以達防漏需求。

2.胸牆頂高決定

圍堤完成後，為減少越波排水量及增加堤後土地之利用性，應妥善規劃堤防之頂高，以有效控制越波量。依參酌“Technical Standards for Port and Harbor Facilities in Japan”中 Goda 定義之容許越波量，在海堤頂有三面混凝土保護之情況下時，其容許越波量需在 0.05CMS/m 以下，若堤頂有

保護而堤後無保護工則容許溢流量須降至 0.02CMS/m。另依據表 3.10-1 堤後土地利用重要程度與容許溢流量關係，本計畫圍堤後，其土地使用將作為碼頭後線使用，因此，建議堤後採溢流量最小需為 0.02 CMS/m 進行設計。

表 3.10-1 堤後土地利用重要程度與容許溢流量關係一覽表

重 要 程 度	溢流量 (m ³ /m · sec)
堤後有高密度住宅及公共設施等，波浪越波會引起特別嚴重危害之區域	約0.01
其他重要地區	約0.02
其他地區	0.02~0.06

資料來源：“Technical Standards and Commentaries for Port and Harbor Facilities in Japan”

3.海堤斷面研擬

依上述海堤設計之考量，同時藉由數值模擬之波浪繞射以及斷面初擬應考慮要項，進行本計畫之斷面擬定。

建議方案現地水深介於±0.0m~-4.0m 間，胸牆頂高依據溢流量之標準規劃，因本計畫區水深較小，生成之波浪亦相對較小，故胸牆高程建議值經計算為+7.00m，詳表 3.10-2 所示，其建議值等於目前堤後新生地高程+7.0m，故擬定以+7.00m 設計之，此值亦滿足胸牆高之建議值。

表 3.10-2 各水深斷面胸牆高度估計

堤址高程	堤址水深 h(m)	週期 To (sec)	相當外 海波高 Ho'(m)	堤法線 與入射 角之夾 角 β_0	h/Ho'	Ho'/Lo	設計 溢流 流量 q(cms/m)	無因次 溢流量 $q/(2gHo'^3)^{1/2}$	等值頂 高係數 β_1	hc/Ho' (查表)		前置胸牆高 ($hc \times \beta_1 + D.W.L.$)		後置胸牆高 ($hc \times \beta_1 \times \beta_2 + D.W.L.$)		建 議 胸牆高
										有消 波工	無消 波工	有消 波工	無消 波工	有消 波工	無消 波工	
-1.0~-2.0	8.6	11.20	0.64	10	13.44	0.003	0.020	0.00595	0.75	0.50	0.50	6.94	6.94	6.85	6.85	7.00
-2.0~-3.0	9.6	11.20	0.69	20	13.91	0.003	0.020	0.00545	0.75	0.50	0.50	6.96	6.96	6.86	6.86	7.00
-3.0~-4.0	10.6	11.20	0.71	45	14.93	0.003	0.020	0.00483	0.75	0.50	0.50	6.99	6.99	6.88	6.88	7.00

註：1. q：係指海堤及護岸之容許溢流量(Goda;1985,2000)，當堤頂保護，堤後無保護工時，其容許溢流量需小於 0.02cms/m。

2. β_1 ：等值頂高係數(Equivalent Crown Height Coefficient)，指波浪若以斜向入射則胸牆可適度降低。

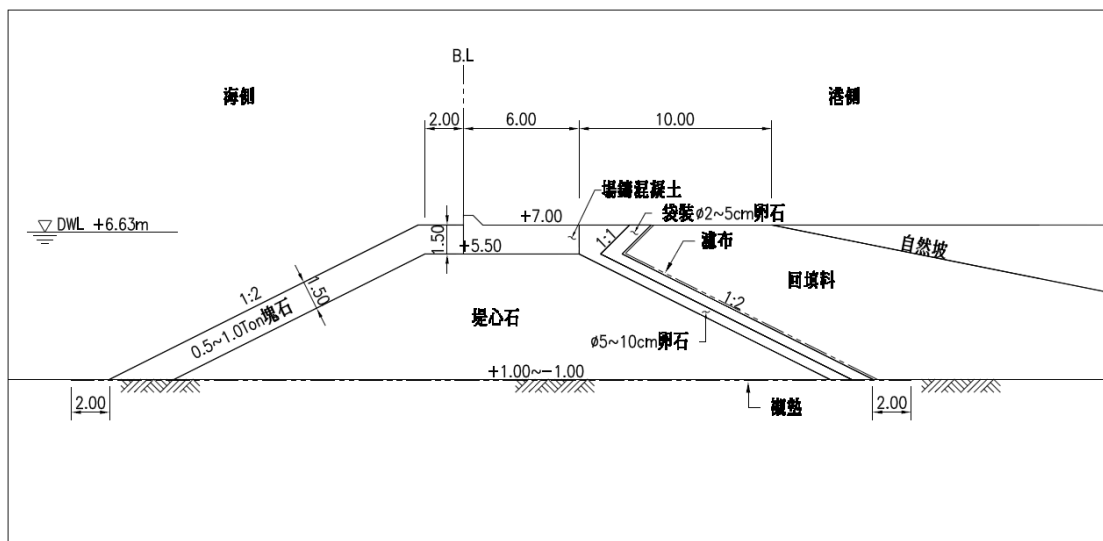
3. β_2 ：後置胸牆等值頂高係數，一般為 0.5~1.0，本計畫建議採用 0.70。

4. 依據規範要求，當堤頂保護，堤後無保護工時，其海堤容許溢流量需小於 0.02 cms/m，即最終實際期待溢流量 q_{exp} ，應小於或等於 0.02cms/m

5. 本計畫區因波高較小，故 hc/Ho'之圖中無法符合此數值，故以保守估計 0.5 計算。

(1)北防波堤(水深-1.0m 以上)

北防波堤起始段斷面型式為傳統斜坡拋石堤斷面，常見於一般海事工程之中，其主要利用波浪衝上斜坡時受到斜坡表面凹凸不平之阻礙及堤身之孔隙使波能減衰，如圖 3.10-1 所示。拋石頂寬考量陸上施工之便利性採用 6m 寬，堤前利用塊石消減波能；堤後再以濾布及濾層鋪設，防止回填料流失；配合後線造地填築高程為+7.00m，場鑄堤面高程亦採用+7.00m 以利後側土地銜接，惟海側部分為提高安全識別設置緣石胸牆高度 0.5m。

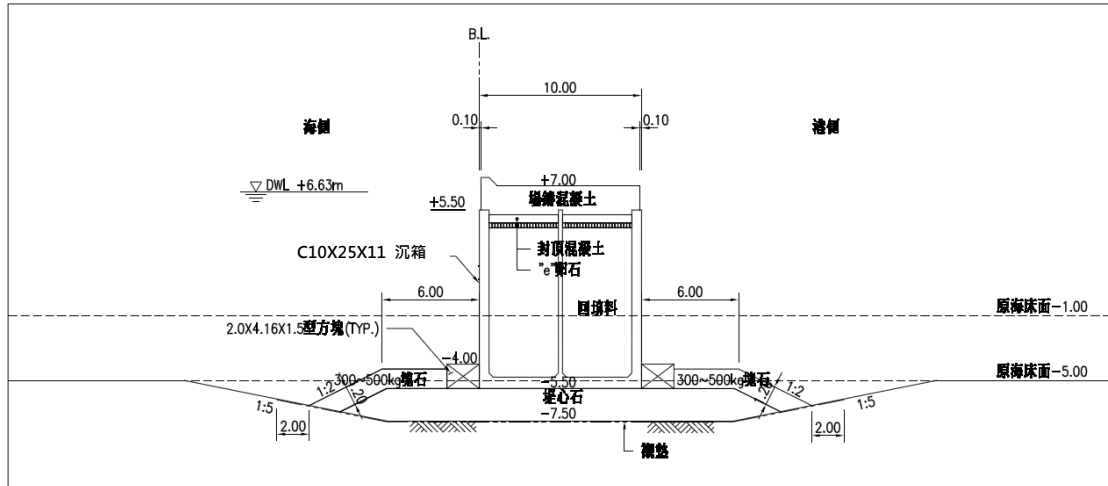


註：本計畫繪製。

圖 3.10-1 北防波堤水深-1.0m 以上標準斷面(拋石堤)

(2)北防波堤(水深-1.0~-5.0m)

此段位於港外側，且水深相對較深，又因此計畫區為多功能碼頭區，未來可能有船舶泊靠於堤內側，故於此段規劃沉箱堤設置，其沉箱寬度為考慮其穩定性設計為 10.0m，同時加以 2.0m 厚之拋石基礎，可增加堤體底床承載力，其主要功能係抵擋外海波浪直接進入港內，如圖 3.10-2 所示。

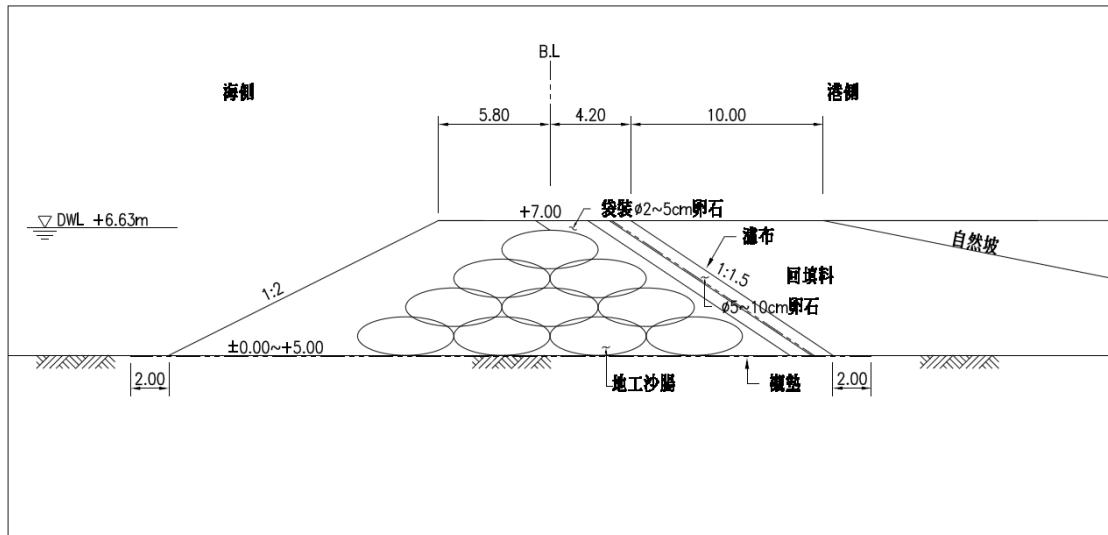


註：本計畫繪製。

圖 3.10-2 北防波堤(水深-1.0~-5.0m)標準斷面(沉箱堤)

(3)南海堤(水深±0.0m 以上)

南海堤位於沙灘上，本斷面型式係利用地工沙腸堤，此段受遮蔽影響最大，因此，可利用地工沙腸作為圍堵設施，地工沙腸屬於柔性結構，近年歐美國家於受浪較小區域使用做為臨時或永久性之結構物。參考國內外相關規範及既有工程案例，建議地工沙腸最適的寬高比為 ≥ 2.5 ，高度約 2m，其斷面示意詳圖 3.10-3 所示。

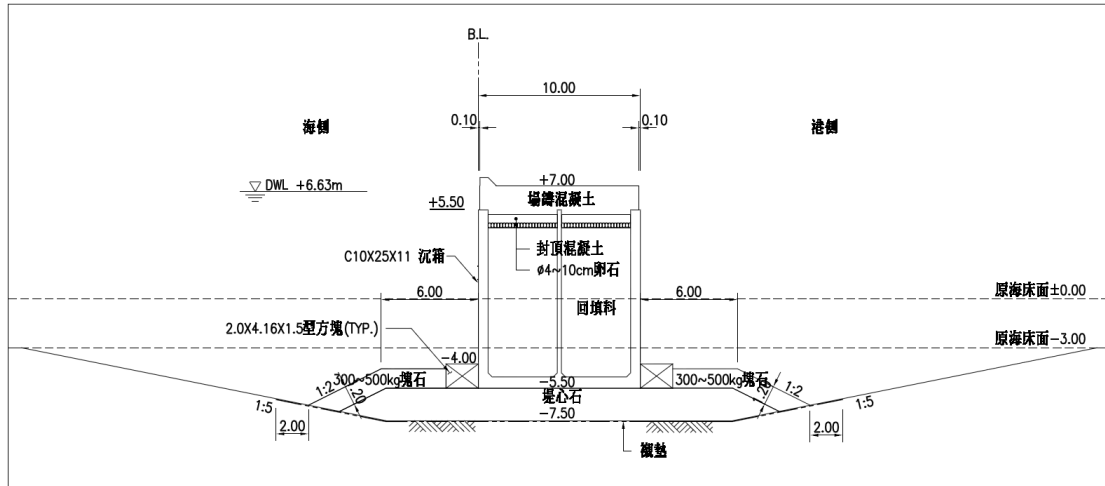


註：本計畫繪製。

圖 3.10-3 南海堤(水深±0.0m 以上)標準斷面(沙腸堤)

(4)南防波堤(水深±0.0m~-3.0m)

此堤段位於多功能碼頭南側，目的為阻擋南側沙灘漂沙進入港內，且內側可兼作碼頭泊靠船舶，水深皆較淺，故此斷面設計與北防波堤同為沉箱堤型式，如圖 3.10-4 所示。

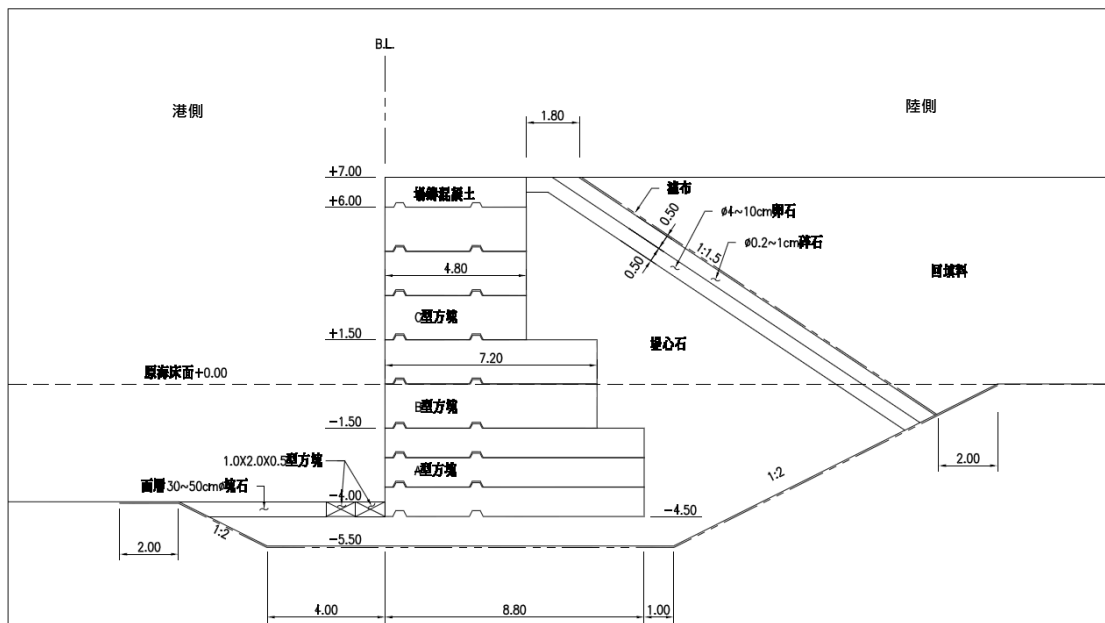


註：本計畫繪製。

圖 3.10-4 南防波堤(水深±0.0~-3.0m)標準斷面(沉箱堤)

(5)東碼頭(水深±0.0m 以上)

東碼頭位於港內側，水深於±0.0m 以上，波浪影響較小，故此斷面亦使用方塊堤型式設計，如圖 3.10-5 所示。



註：本計畫繪製。

圖 3.10-5 東碼頭水深±0.0m 以上標準斷面(方塊堤)

(二)港池浚挖及用地填築工程

1. 浚填土方需求

另有關港池浚挖部分，本計畫預計將多功能碼頭區之水域浚深至水深-4.0m，依據測量水深推估，水域挖方量為 11.4 萬方，而本碼頭新生地需土量約 5.3 萬方，因此，本計畫基地填方後尚有大量浚挖餘土產出，可思考作為周邊海岸保護之工法材料，或推填至南側沙灘增加沙灘範圍。考量浚填平衡乃為港埠規劃設計之重要原則，若造地所需料源皆來自原基地開發之浚棄土方，則對工程經費、施工期程及環境皆屬正面。因此，本計畫建議未來取沙來源優先以本碼頭區浚挖土石為主，或考量減少航道水域浚挖量之可能性。

2. 浚填平衡構想

本計畫預定填築之土方量約為 5.3 萬方，依據交通部運輸研究所之「港灣構造物功能性設計分析方法之研究－港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」得知，封閉式回填之流失量損耗將有 5%~15%之流失損耗，而開放式回填一般將有回填量 15%~30%之流失損耗；然本計畫進行回填時，其海堤應已合攏，屆時將屬於半封閉之狀態，故其流失量之損耗保守採用 15%估計之，約相當於 0.8 萬方；故本計畫考量回填流失之狀況下，總填築量應需 6.1 萬方，於考量港區所有可能料源之情況下，總土方量可達 11.4 萬方，顯示本計畫於港區內浚挖之土方應可滿足本計畫填地工程所需，餘土則視品質選擇作為海岸保護材料或沙灘沙源，可充分符合較經濟可行之浚填平衡精神。

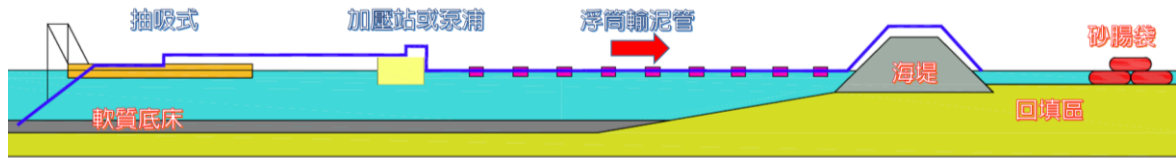
3. 浚填工法研擬

挖運拋作業隨工址環境特性，及使用挖泥船之不同而需搭配使用不同方式。基此將本基地可能面臨之軟質底床與硬質岩盤等研擬二種不同之作業方式。相關細節則分述如下：

(1)軟質底床

因本工程範圍較小，工區內無船舶進出，軟質底床包含泥、砂等可利用抽吸方式上船後再以中繼加壓方式（加壓站或泵浦），以浮筒輸泥管將泥砂泵送至圍堤區，其作

業方式詳圖 3.10-6 所示，施工費用初估約 400 元/m³，作業效率約 3,000m³/日(14"吸管式挖泥船)，本方式浚挖效率最高且經濟。

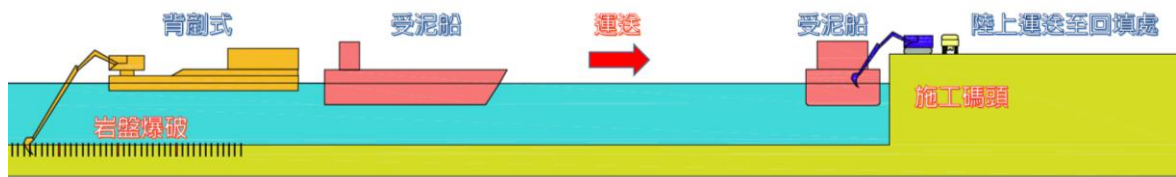


資料來源：本計畫繪製。

圖 3.10-6 利用抽吸式挖泥船搭配加壓站與浮筒管泵送土方

(2)硬質岩盤

因硬質岩盤需採用爆破破碎後再以背鏟式(或抓斗式)挖泥船進行浚挖，藉由受泥船將破碎岩方載運至臨時施工碼頭，利用岸上挖土機將破碎岩方鏟至砂石車運送至圍堤區，其作業方式詳圖 3.10-7 所示，本方案施工費用初估約 2800 元/m³(岩盤爆破+背鏟浚挖+陸上挖土及運送)，不含爆破前置作業，作業效率為 500m³/日。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.10-7 岩盤爆破後以機械挖除配合受泥船以陸運方式輸送土方

(三)經費概估與工期估算

1.經費概估

依據金門東半島建議定案配置，本計畫主要工程項目有北防波堤工程、護岸工程、消波塊加拋工程、東碼頭工程、南防波堤工程、航道及泊地浚挖工程、填築新生地、浮動碼頭工程、旅客通關服務中心及道路工程，並包括環境評估影響、設計階段作業服務費、間接工程費及工程預備費，所需工程經費概估約需 19.86 億元，詳表 3.10-3。

其中除碼頭工程必要之相關項目外，亦已內含浮動碼頭工程 9,000 萬元與旅客通關服務中心 2 億元，故如不計前述兩項工程，則計畫經費可控制在 15.47 億元左右。

2.工期估算

考量環境評估作業期程的不確定因素極高，故於此暫不納入工期估算；考量本計畫整體開發規模及投資金額龐大，但為配合對口地區整體客運發展進度及市場需求，縮短整體開發行政時程及經費籌措等因素，建議以「分期開發」方式進行本計畫工程施作。建議第一期工程以外廓設施建置為主，包括北、南防波堤、護岸等項目，以提供港內安全水域，俾利後續港區泊地及航道浚挖及陸上工程施作，第一期工程工期概估為 2 年；第二期工程則建置客運功能及陸上設施等項目，包括東碼頭及浮動碼頭設置、泊地及航道浚挖、填築新生地、陸上公共設施及旅客通關服務設施建物，第二期工程工期概估為 3 年，完工後即可進行港區營運功能。

表 3.10-3 金門東半島多功能碼頭經費概算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	環境評估影響	式	1	15,000,000	15,000,000	
貳	設計階段作業費用	式	1	51,459,000	51,459,000	依機關委託技術服務廠商評選及計費辦法百分比上限計算
參	工程建造費					
一	直接工程成本					
1	北防波堤工程	m	300	900,000	270,000,000	
2	消波塊加拋工程	m	150	100,000	15,000,000	
3	東碼頭工程	m	235	400,000	94,000,000	
4	南防波堤工程	m	415	900,000	373,500,000	
5	護岸工程	m	220	260,000	57,200,000	北護岸：30m 南護岸：190m
6	航道浚挖工程	m ³	3,100	400	1,240,000	土砂
7	內航道及泊地浚挖工程	m ³	83,800	400	33,520,000	土砂
8	內航道及泊地浚挖工程	m ³	27,200	2,800	76,160,000	水下岩方
9	填築新生地工程	m ³	52,500	600	31,500,000	
10	新生地鋪面工程	m ²	15,000	2,000	30,000,000	
11	浮動碼頭工程	式	1	90,000,000	90,000,000	15*70
12	旅客通關服務中心	式	1	200,000,000	200,000,000	參考水頭旅客通關服務中心造價
13	道路工程	m ²	6,700	4,000	26,800,000	寬 10m
14	雜項工程	式	1	64,946,000	64,946,000	
	小計				1,363,866,000	
15	勞安品管及廠商利稅保險費	式	1	218,218,560	218,218,560	約小計之 16%
	一、直接工程成本 合計				1,582,084,560	
二	間接工程成本	式	1	158,208,456	158,208,456	約直接工程成本之 10%
肆	工程預備費	式	1	179,175,202	179,175,202	約貳、參之 10%
	總計				1,985,927,218	