

蘇澳港公務船渠靜穩度評估規劃研究

邱永芳	交通部運輸研究所港灣技術研究中心主任
蔡立宏	交通部運輸研究所港灣技術研究中心科長
洪維屏	交通部運輸研究所港灣技術研究中心助理研究員
胡聰明	宇泰工程顧問有限公司協理
李大維	宇泰工程顧問有限公司副理

摘要

本研究以分析現場觀測資料、數值模擬及水工試驗探討造成公務船渠靜穩度不佳原因，並提出靜穩度改善方案，期能提供港勤船及各單位船舶安全之避風泊地。由本計畫實測波浪資料分析結果，颱風時公務船渠內波浪尖峰週期為 250~500 秒；另數值模擬結果，公務船渠之自然振動週期為 294 秒與 417 秒；另於週期約 66 秒、33 秒及 25 秒亦有較大之波動能量存在，可視為次

模態自然振動週期。

依觀測資料分析及模擬(數值及水工試驗)結果，公務船渠渠內靜穩度不佳主要原因推測為：長週期波造成港內港池盪漾；另南防波堤及航道碎波堤堤頂高度不足，於颱風時有大量越波，使港內靜穩度不佳。依上述原因，本研究提出公務船渠靜穩度改善建議有：新建突堤及閘門、航道碎波堤胸牆加高及防舷材加高等措施。

一、計畫緣起及目的

公務船渠現為各機關(海巡、海關及中油等)公務船平時靠泊使用，颱風期間因蘇澳港渠靜穩度不佳，公務及港勤船舶均須改往漁港避風，使得原已趨飽和之漁港船渠水域更形壅塞。港務公司期能改善公務船渠於颱風時之靜穩度，以

滿足港勤船舶颱風期間之避風需求。因此於民國 104 年由臺灣港務股份有限公司委託交通部運輸研究所港灣技術研究中心(下稱：運研所港研中心)以代收代付方式辦理「蘇澳港公務船渠靜穩度改善暨避風碼頭研究」計畫。

二、現況環境

2.1 公務船渠現況

公務船渠於建港時原規劃為貯木池，並設有原木起水碼頭，位於第三港渠北端(如圖 1 所示)，目前有臺灣中油公司、海關及海巡署等小型船舶停靠；水域由第三港渠護岸及航道碎波堤所圍而成，其開口朝向南，水域面積約 7 公頃，水深-2.0~-6.0m，護岸長度 385m。

2.2 公務船渠未來規劃

依據 106~110 年臺灣國際商港未來發展及建設計畫，蘇澳港公務船渠現有各單位船舶靠泊區位仍劃為港埠行政區，以作為政府各單位船舶靠泊使用。另依蘇澳港第一港渠寬度拓寬可行性研究，蘇澳港為因應散雜貨裝卸需求，計畫#1 碼頭配合調度供其他船舶靠泊，故未來第一港渠將逐漸調整為散雜貨船舶泊使用，目前停泊於此之港勤船將調

整調整至公務船渠內。

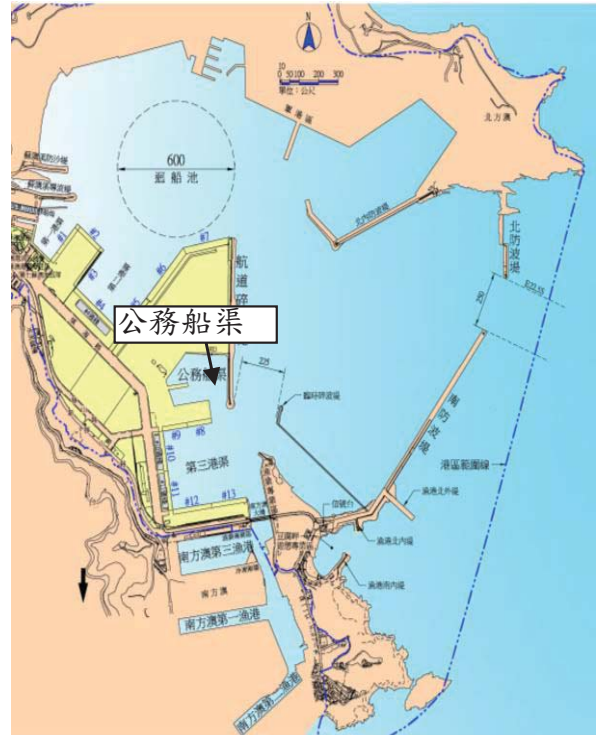


圖 1 蘇澳港公務船渠位置圖

三、港池靜穩度不佳原因探討

3.1 海象資料分析

1. 觀測資料

公務船渠內不靜穩多發生於颱風期間，為觀察颱風時波浪由蘇澳港港外傳遞至港內之變化情形，除港外由港研中心設立之長期觀測站外(Station 0)，本計畫期間另於港內設置 3 個波浪觀測站(位置詳圖 2)，觀測期間其中有三次颱風中央氣象局發佈海上或陸上警報，對蘇澳港影響較大，分別為蘇迪勒、天鵝

及杜鵑颱風，其路徑如圖 3，各颱風基本資料請參考表 1。



圖 2 海氣象測站位置示意圖

表 1 民國 104 年間侵襲蘇澳港颱風基本資料

颱風	蘇迪勒	天鵝	杜鵑
警報發佈時間	08/06 11:30 08/09 08:30	08/20 17:30 08/23 20:30	09/27 08:30 09/29 17:30
中心最低氣壓(hPa)	930	925	925
近中心最大風速(m/s)	48.0	51.0	51.0
七級風暴風半徑(km)	300	200	220
行進速度(km/小時)	21~23	5~18	14~21
測站最大風速發生時間	08/08 05:00	08/23 19:00	09/28 17:00
中心最近測站時間	08/08 04:00	08/23 19:00	09/28 17:00

各波浪測站於 104 年颱風期間之逐時代表性水位變化(詳圖 3)，其中公務船渠內測站(Station 2)在不同颱風侵襲下，可由水位變化明顯看出長週期波動的存在。

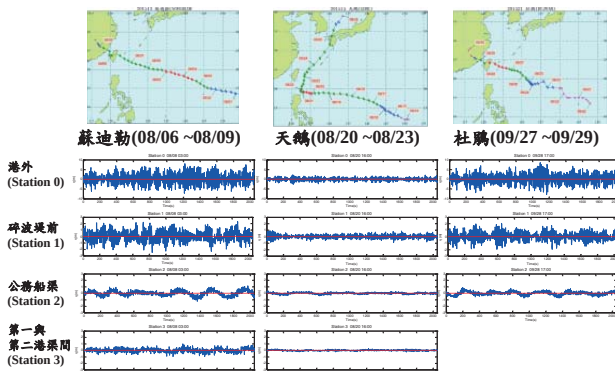


圖 3 蘇澳港 104 年颱風期間代表性水位變化圖

2. 波浪資料分析

依 104 年三個颱風港內外波浪觀測資料分析結果(詳表 2)，於蘇迪勒颱風港外測得最大示性波高約為 12.14m，公務船渠為 1.54m，其中週期小於 20 秒之成份波波高為 0.87m，大於 20 秒之成份波波高為 1.28m；天鵝颱風港外測得最大示性波高為 4.85m，而公務船渠為 0.59m，其中週期小於 20 秒之成份波波

高為 0.52m，大於 20 秒之成份波波高為 0.26m；杜鵑颱風時，港外測得最大示性波高為 10.72m，而公務船渠為 1.05m，其中週期小於 20 秒之成份波波高為 0.66m，大於 20 秒之成份波波高為 0.83m。依小型船停泊碼頭水域之波高要求為 0.7m 以下之標準，目前蘇澳港港池配置於颱風期波浪遮蔽效果確實無法符合港勤小型船避泊於公務船渠之要求。

表 2 蘇澳港颱風期間最大示性波高及各成份波示性波高

單位：m

颱風及測站		發生時間	週期(秒)			
			全部	<20	>20	250~500
蘇迪勒	Station 0	08/08 02:00	12.14	12.04	1.58	0.30
		08/08 03:00	11.44	11.27	1.98	0.41
		08/08 03:00	11.44	11.27	1.98	0.41
		08/08 04:00	12.10	11.84	2.52	0.29
	Station 1	08/08 03:00	3.34	3.00	1.47	0.57
	Station 2	08/08 03:00	1.54	0.87	1.28	1.19
	Station 3	08/08 04:00	1.29	1.16	0.57	0.20
天鵝	Station 0	08/21 22:00	4.85	4.83	0.39	0.10
		08/20 03:00	4.08	4.06	0.45	0.06
		08/20 03:00	4.08	4.06	0.45	0.06
		08/20 17:00	4.47	4.44	0.45	0.10
	Station 1	08/20 03:00	2.05	2.03	0.30	0.08
	Station 2	08/20 03:00	0.59	0.52	0.26	0.22
	Station 3	08/20 17:00	0.37	0.36	0.10	0.05
	Station 0	09/28 13:00	6.31	6.26	0.75	0.19
		09/28 17:00	10.72	10.58	1.76	0.23
		-	-	-	-	-
	Station 1	09/28 13:00	3.06	2.99	0.66	0.19
	Station 2	09/28 17:00	1.05	0.66	0.83	0.75
	Station 3	-	-	-	-	-

另由圖 4 之各颱風代表性波浪能譜圖及波高增幅圖可知公務船渠颱風期間主要波浪能量以長週期波動為主，其尖峰週期分佈範圍約在 250~500 秒間；另由圖 5 波高增幅圖可知公務船渠在颱風侵襲期間其波高比值(K_d =港內測站波高/港外測站波高)大於 2.0 其波浪週期約介於 200~500 秒(亞重力波範圍)間，若以波高比值大於 2.0 作為判斷

港池共振之依據，則可說明公務船渠內應有港池振盪的現象發生。

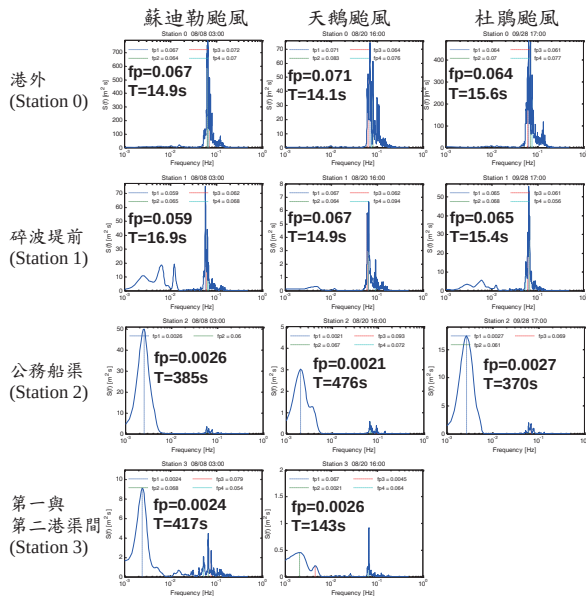


圖 4 各測站颱風期間(104 年)代表性波浪能譜圖

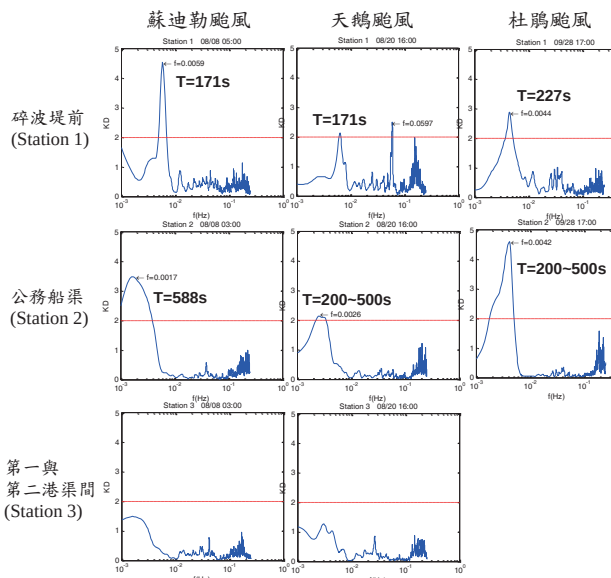


圖 5 各測站颱風期間(104 年)代表性波高增幅圖

3. 潮位資料分析

圖 6 為設於公務船渠內潮位站於前

述颱風期間之潮位歷線圖(潮位資料記錄頻率為每 1 分鐘紀錄 1 筆),由記錄知公務船渠內之水位於蘇迪勒颱風測得最高水位為 EL.+2.94m, 而杜鵑颱風時更高達 EL.+3.50m, 已高出碼頭面高程 EL.+2.50m 甚多; 此水位高於碼頭面之現象, 除使碼頭後線淹水外, 由於小型船吃水淺(目前平常停泊於此之各單位船隻吃水約 0.7m~3.44m), 水位超過碼頭面, 常常導致停靠船泊在強風吹襲及波浪作用下, 以碼頭岸肩為支點而翻覆, 所以此水位超過碼頭面現象亦不利小型船停泊。

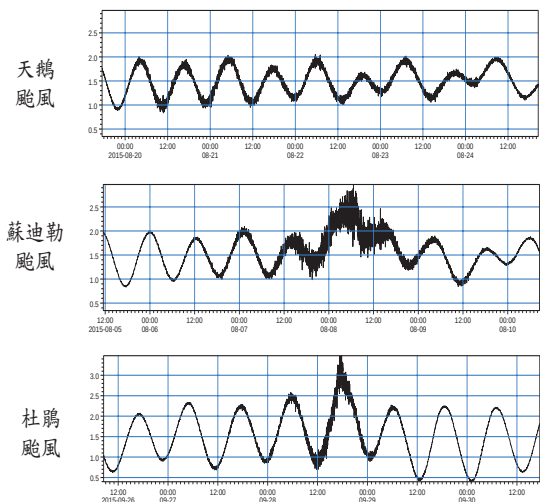


圖 6 公務船渠潮位站颱風期間(104 年)潮位歷線圖

另由圖 6 可明顯看到颱風期間天文潮之波形上有短週期之波動, 若將每分鐘潮位資料進行頻譜分析, 由颱風警報發佈前後之潮位能譜圖(圖 7)顯示, 颱風期間主要波動能量分佈於頻率 0.1~0.3cpm, 即週期約 5~10 分鐘(200~600 秒)。

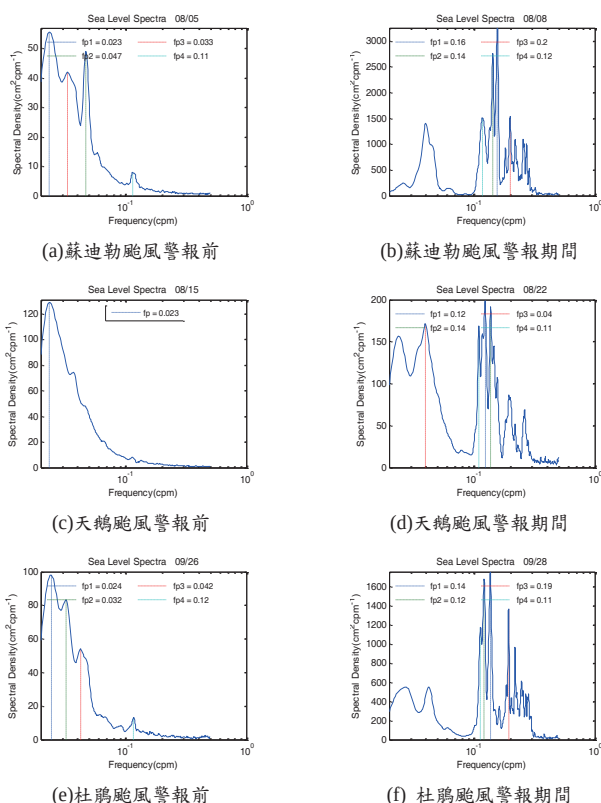


圖 7 颱風警報前及期間代表性潮位能譜圖

故颱風期間於公務船渠出現之主要波動週期與波浪觀測分析結果相同，可再證明影響蘇澳港較大之颱風侵臺時，公務船渠內確實存在較風波週期長之波動，使得船渠內水位抬升，且超過公務船渠內之碼頭面(+2.50m ~ +3.00m)，將影響吃水較小之小型船隻靠泊。

3.2 港池波動數值模擬

本計畫數值模擬係採用丹麥 DHI 之 Mike21 BW 模組，颱風時之入射邊界為 50 年迴歸期外海颱風波浪，波向 SE~NE 共 5 個波向，其示性波高及週期如表 3。模擬水位採用 50 年迴歸期暴潮位 EL.+2.50m。

表 3 數值模擬之颱風波浪條件

波向	SE	ESE	E	ENE	NE
波高(M)	12.3	13.1	14.1	13.7	12.3
週期(sec)	13.8	14.3	14.8	14.6	13.8

其數值模擬成果詳表 4。各波向波浪傳遞至公務船渠波高約介於 0.86~1.64m，亦呈現與實測相似之結果。若長週期波動對小型船(自然振動週期短)影響不予考慮，則前述實測短週期(<20 秒)成份波之能量約為 0.26 ~ 0.89m，數值計算 0.55~1.11m，仍有部份超過 0.7m 之停泊標準。

表 4 颱風波浪作用時公務船渠碼頭前成份波波高

波向	全能量波高(m)		週期<20 秒		週期>20 秒	
	分佈範圍	平均值	能量比	波高(m)	能量比	波高(m)
NE	0.62~1.34	0.86	0.44	0.57	0.56	0.64
ENE	0.66~1.44	0.92	0.37	0.56	0.63	0.73
E	0.85~1.27	0.99	0.31	0.55	0.69	0.82
ESE	1.10~2.06	1.64	0.46	1.11	0.54	1.21
SE	1.10~1.72	1.23	0.32	0.70	0.68	1.01

另參考 Henrik et al. (2000) 及 Thomas et al.(2001) 利用白噪頻譜(White noise spectrum)，以數值模擬不規則波入射港池，以了解港池內之自然振盪週期。入射條件為 0.001~0.05Hz 所有頻率之頻譜，相當於週期 20~1000sec 之長週期波動，頻率間隔為 0.001Hz，每頻率能量密度皆設為 0.01 m²s，經模式轉換為造波邊界流量及水位。

截取數值模擬於公務船渠之水位值進行頻譜分析，結果如圖 8；NE、ENE、E 及 SE 入射波向於公務船渠產

生之波動，尖峰頻率皆約在 0.0034Hz(即週期約 294 秒)；而 ESE 入射波向，則尖峰頻率約在 0.0024Hz(即週期約 417 秒)；上節分析之現場觀測成果，公務船渠內之主要長週期波動能量分佈於 250~500 秒間，由此可推論公務船渠之自然振動週期在 250~500 秒間。

數值模擬公務船渠內於尖峰頻率之波浪能量密度約為 0.05~0.94m²s，港外入射之白噪頻譜能量密度為 0.01m²s，以此計算波高比值約為 2.2~3.1，與現場觀測成果(港內外 250~500 秒成份波波高比值約 2.5~3.3)相當接近，所以公務船渠之振盪現象應可推論為發生港池共振。

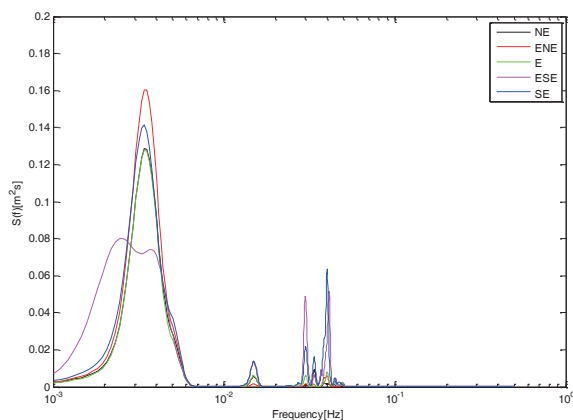


圖 8 公務船渠於各波向白噪頻譜入射之頻譜分析圖

3.3 越波對港池靜穩度影響分析

波浪於拋石堤越波後之傳遞波高，初步多以試驗或現場觀測資料分析所得之經驗公式來估算，依據民國 96

及 98 年港研中心水工試驗颱風波浪作用下，公務船渠外直接面對港口之航道碎波堤堤前波高約為 3.54~4.32m；數值計算堤前波高介於 1.45~5.21m。由表 5 不同公式或圖表估算得颱風波浪於航道碎波堤越波後在公務船渠內的傳遞波高約 1.10~1.35m，對公務船渠水域造成相當大的擾動，不利於海巡署、海關、中油及港勤船等小型船於颱風時之停泊。

表 5 各傳遞波高公式估算成果

公 式	傳遞波高 估算值(m)
Van der Meer(1990)	1.35
Daemen(1991)	1.30
Kubo and Ida(1994)	1.10

3.4 港池靜穩度不佳綜合檢討分析

由上述之分析可知蘇澳港公務船渠內水域於颱風時無法供公務單位船舶停泊之主要原因為對風浪遮蔽效果不佳及航道碎波堤越波，使得船渠內有較大之波動，無法達到船渠內波高小於 0.70m 之要求。

另 250~500 秒之長週期成份波與公務船渠之自然振動週期(數值計算結果約 282 秒)相近，造成港池振盪，使得水位抬升而高於碼頭面，將對港勤船停泊造成危害；另就目前航道碎波堤越波傳遞波高之估算超過 1m，亦影響公務船渠的靜穩度。

四、靜穩度改善方案研擬及數值模擬探討

4.1 公務船渠改善措施研擬

1. 靜穩度改善規劃準則。

靜穩度改善規畫準則，參考各相關規範或基準，建議船舶繫泊要求波高應為 0.7m 以下。

2. 改善措施研擬

本計畫各可能改善措施之可行性初步評估，如表 6 所示。

表 6 公務船渠可能改善措施可行性初步檢討表

改善措施			改善標的			可行性評價
			水域靜穩	海水溢淹	繫泊安全	
水域靜穩度改善	長週期波	修訂調整港型	V			× 工程規模過大
		縮小渠口寬度	V	V		○ 進一步研究
		船閘封閉渠口	V	V		○ 進一步研究
	颱風波浪	恢復臨時碎波堤	V			× 影響操船
		延長航道碎波堤	V			× 影響操船
		縮小渠口寬度	V	V		○ 進一步研究
	傳遞波	增設突堤	V			○ 進一步研究
		胸牆允許水塊飛越	V			○ 進一步研究
		胸牆允許水沫飛濺	V			○ 進一步研究
繫泊安全改善	海水溢淹	抬升碼頭面高程		V		× 影響陸域排水
		改善水域靜穩		V	V	○ 視靜穩度改善
		設置浮動碼頭			V	○ 效果擬定
	強風威脅	設置擋風牆			V	× 效果不彰
		設置船墩座			V	○ 配合設置

3. 建議具體改善方案

綜合前節可能改善措施初步檢討，刪去不適合之改善措施，將水域靜穩度改善方案內有關縮小渠口寬度、船閘封閉渠口、及渠內增設突堤等改善措施，配合削減傳遞波之加高航道碎波堤胸牆以及渠內船隻繫泊安全改善等措施，彙整共計 4 種佈置其配置如圖 9 所示。

- (1) 佈置 A：增設突堤+航道碎波堤胸牆加高(允許水沫飛濺)+繫泊安全設施(浮動碼頭)
- (2) 佈置 B：渠口縮口 60m+航道碎波堤胸牆加高(允許水沫飛濺)+繫泊安全設施(浮動碼頭)
- (3) 佈置 C：渠口縮口 30m+航道碎波堤胸牆加高(允許水沫飛濺)+繫泊安全設施(浮動碼頭)
- (4) 佈置 D：閘門封口+航道碎波堤胸牆加高(允許水沫飛濺)+靠船墩座

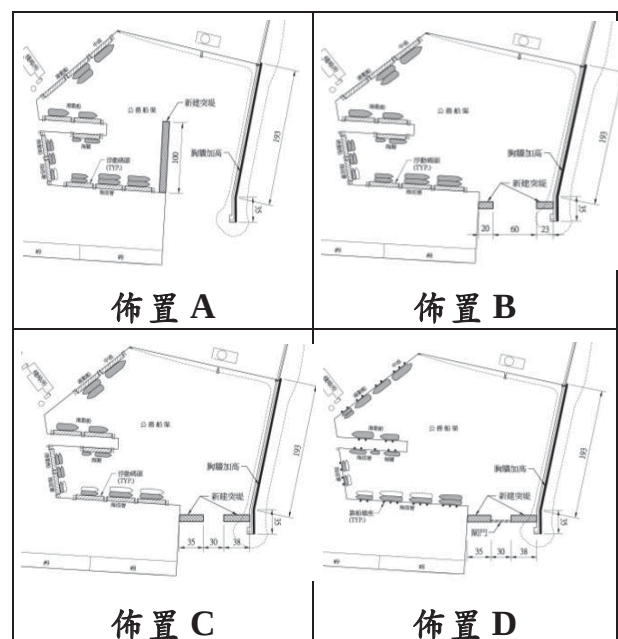


圖 9 公務船渠改善方案佈置圖

4.2 改善方案遮蔽數值模擬分析

為了解各佈置方案對公務船渠靜穩度之改善效果及是否改變其自然振動週期，先進行數值模擬分析。

1. 颱風波浪數值模擬成果

本計畫數值模擬外海颱風波浪條件採 50 年迴歸期，波向 SE~NE 共 5 個波向，依數值模擬成果綜整各波向於公務船渠及鄰近港渠(南方澳第一~第三漁港)之波高比較(詳表 7)，由該表可知各改善佈置因佈置 D 於渠口封堵，故公務船渠內無颱風波浪進入，其靜穩度最佳；佈置 B 及 C 僅在短週期($T < 20\text{sec}$)改善效果較明顯，但除佈置 D 外，其餘改善佈置 A~C 對於長週期波($T > 20\text{sec}$)改善效果不佳。

另外各改善佈置對於鄰近南方澳漁港之影響，由表 7 可知各改善方案對於第一漁港影響差異不大；佈置 A 及 B 與原佈置相比，在第二及第三漁港差異不大，佈置 C 對於第二及第三漁港波高較原佈置略小，惟差異不大；但佈置 D 對於第二及第三漁港波高則略增，較明顯為週期大於 20 秒之成份波，波高增加值最大約 27cm。

表 7 改善方案數值模擬波高綜整表

單位：m

位置	方案	原佈置	佈置 A	佈置 B	佈置 C	佈置 D
公務船渠	H_{all}	0.8~1.48	0.80~1.49	0.70~1.34	0.70~1.23	—
	$H_T < 20$	0.53~1.01	0.61~1.16	0.38~0.69	0.34~0.62	—
	$H_T > 20$	0.60~1.09	0.52~0.99	0.59~1.15	0.52~1.06	—
南方澳第一漁港	H_{all}	0.61~1.01	0.59~0.96	0.60~1.00	0.59~0.97	0.64~1.05
	$H_T < 20$	0.16~0.25	0.16~0.25	0.15~0.25	0.16~0.26	0.17~0.25
	$H_T > 20$	0.58~0.98	0.57~0.92	0.58~0.96	0.57~0.93	0.61~1.02
南方澳第二漁港	H_{all}	0.75~1.30	0.71~1.23	0.75~1.30	0.73~1.24	0.81~1.38
	$H_T < 20$	0.09~0.15	0.09~0.15	0.09~0.15	0.09~0.14	0.08~0.14
	$H_T > 20$	0.74~1.29	0.70~1.22	0.74~1.29	0.72~1.24	0.80~1.37
南方澳第三漁港	H_{all}	0.80~1.56	0.77~1.45	0.81~1.55	0.77~1.44	0.95~1.76
	$H_T < 20$	0.50~1.10	0.55~1.06	0.55~1.10	0.51~1.02	0.51~1.04
	$H_T > 20$	0.58~1.14	0.55~0.99	0.60~1.12	0.56~1.02	0.77~1.41

2. 港池自然振動頻率計算結果

由圖 10 之公務船渠於白噪頻譜入射之計算分析結果可知，現況尖峰頻率皆約在 0.0033~0.0035Hz(週期 282~303 秒)，各改善佈置(A、B、C)尖峰頻率亦為 0.0033~0.0035 Hz(週期 282~303 秒)，可說明各改善方案(除佈置 D 外)皆無法改變公務船渠內之自然振動週期。

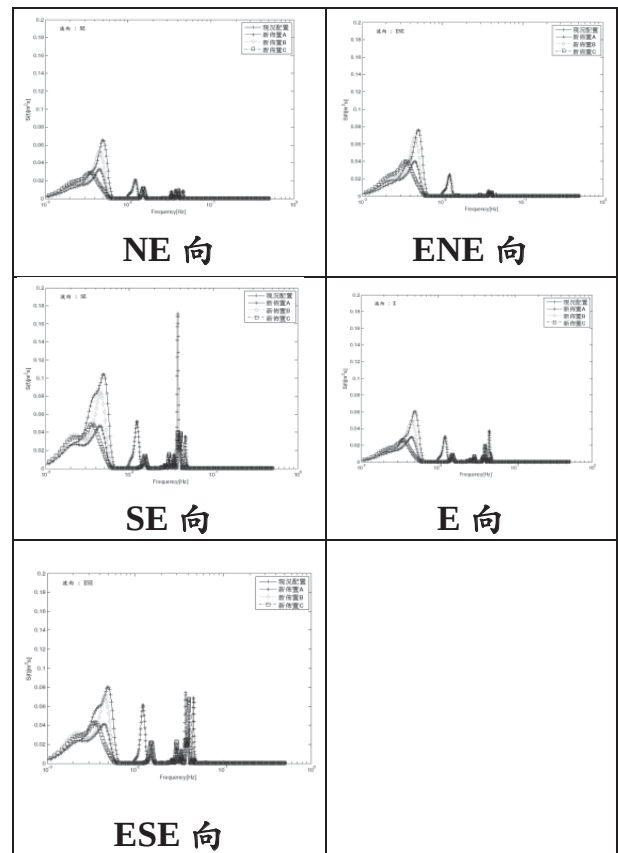


圖 10 公務船渠於白噪頻譜入射之計算分析結果

3. 各方案改善成效比較

由數值模擬成果可知除佈置 D 於渠口將公務船渠封堵，可徹底隔絕從外侵入之波浪，故於各佈置中，其靜穩度為最佳；其餘改善佈置(佈置 A、B、C)，依颱風波浪靜穩度數值模擬及港池自然振動頻率數值模擬成果，其改善成效

不大，部分佈置(佈置 C)僅對短週期波($T < 20\text{sec}$)靜穩度稍有改善，惟與原佈置比較差異不大；各佈置(除佈置 D 外)對

於長週期波($T > 20\text{sec}$)並無改善效用，且公務船渠內各改善佈置最小波高皆大於 0.7m 船舶繫泊需求。

五、水工模型試驗

本計畫亦辦理水工模型試驗，以不同之改善佈置方案在颱風波浪作用時，進行水工模型試驗，並與數值模擬結果進行驗證，另對南方澳漁港港池波動之影響亦列入評估。

5.1 試驗條件及佈置

水工模型試驗於本中心第二試驗場棚進行，試驗條件說明如下：

1. 試驗條件

長度比尺：1/121		時間比尺：1/11			
波浪	波向	週期		波高	
		現場(sec)	試驗(sec)	現場(m)	試驗(cm)
颱風 波向	ESE	14.3	1.30	13.1	10.83
	SE	13.8	1.25	12.3	10.17
試驗水位：現場+2.5m，試驗+2.07cm					

2. 波高計佈置

為瞭解各種試驗條件之港區波動情況，波高計測點配置詳圖 11。

測點	位置說明
1~2	量測入射波浪 (未顯示於圖中)
4~8、11	港口、航道
9	碎波堤前
3、10、13、17、20	內港航道及迴船池區域
12、14~16、18~19、21~22	公務船渠
23、24	第三港渠
25、31、32	南方澳渠道
26、29	南方澳第三漁港
27、30	南方澳第一漁港
28	南方澳第二漁港

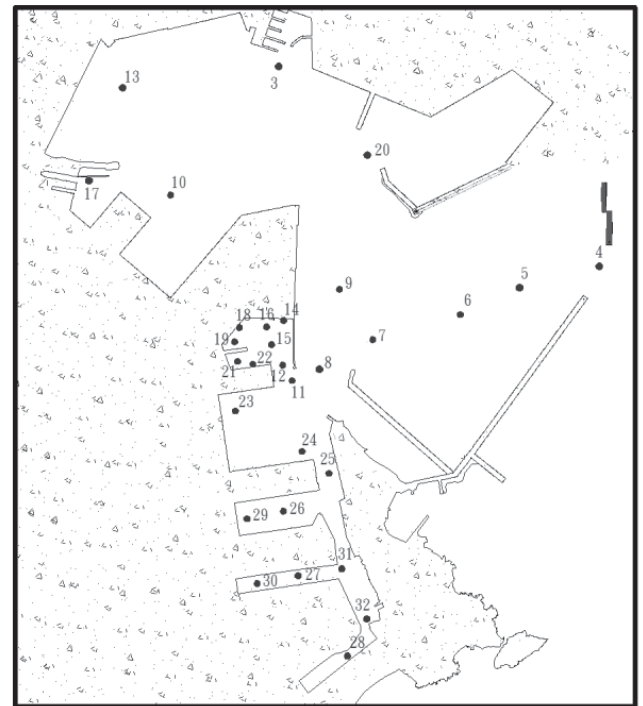


圖 11 公務船渠最佳改善設施平面配置圖

3. 試驗佈置

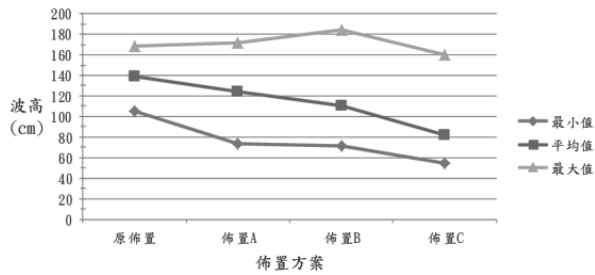
本試驗為原佈置及 4 個改善佈置，皆與數值模擬佈置相同。

5.2 試驗成果

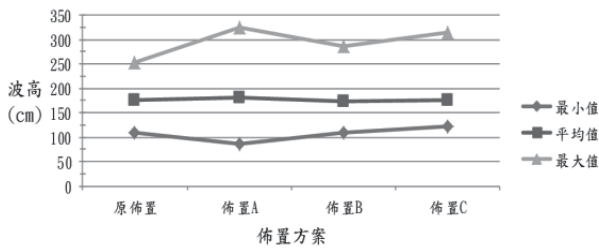
1. 公務船渠港域靜穩度改善效果探討

圖 12 為原佈置與佈置 A~C 公務船渠內之波高值($H_{1/3}$)，佈置 D 由於將公務船渠口封堵，渠口外波浪不會進入港渠內，故無波高變化。就佈置 A~C 不同波向對於公務船渠而言，佈置 C 在

ESE 向波浪作用下其公務船渠波高略較佈置 A 及 B 為低，而 SE 向波浪作用佈置 A~C 則較無差異，綜上所述，各佈置以佈置 D 對於公務船渠內水域靜穩度最佳，其餘佈置(佈置 A~C)其波高最小值多大於 0.7m 之船舶繫泊要求。



(a)ESE 向



(b)SE 向

圖 12 各佈置之公務船渠統計波高值 ($H_{1/3}$)比較圖

2. 越波防制之效果

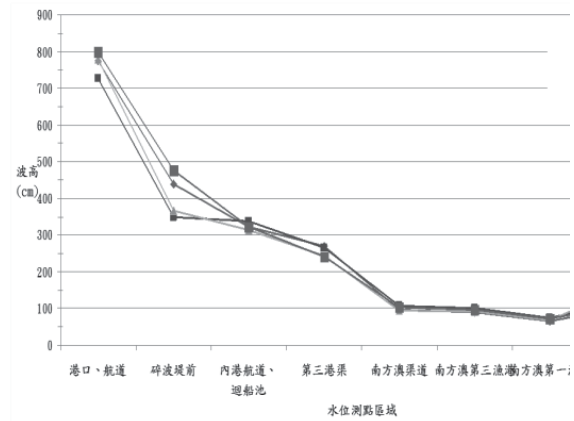
由試驗過程觀察顯示，在 50 年迴歸期 SE 及 ESE 波向波浪作用下，以目前航道碎波堤胸牆高度，皆會造成越波現象。為改善此項問題，本研究所提之四種改善佈置(佈置 A~佈置 D)皆同時將碎波堤胸牆加高，此可防止波浪越波並有效降低公務船渠港內水域之波動。

綜合上述分析結果，改善佈置 A、B、C 對颱風期間港內靜穩度改善雖有部分成效，但未達泊地靜穩度規範要求，仍不適宜船舶靠泊，僅改善方案 D

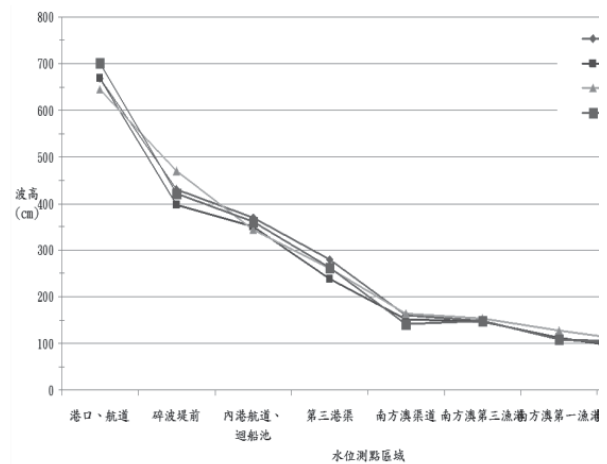
可達到泊地內靜穩度要求。

3. 各改善方案對其他港渠影響

依圖 13 之 ESE 向及 SE 向各佈置對於公務船渠鄰近港渠水域之波高比較圖可知，南方澳第一~三漁港在佈置 B 及佈置 C 狀況下港渠波高較大，惟與其他佈置相較，波高值相差有限約僅 6~19cm，僅第二漁港在佈置 C 情形下，其波高較高。整體來說，以佈置 A 對於南方澳各船渠之波高影響較小。



(a)ESE 向



(b)SE 向

圖 13 港內各佈置之波高值($H_{1/3}$)比較圖

5.3 水工試驗與數值模擬比較

綜整本計畫數值及水工試驗之 Kd 值比較(ESE 向及 SE 向)詳表 8，在 ESE 波向方面，公務船渠各改善佈置數值模擬較水工試驗 Kd 值(平均)約大 0.01；第三港渠則為水工試驗較數值模擬(平均)約大 0.01~0.05；在南方澳漁港渠部分，數值模擬及水工試驗皆在第一漁港之 Kd 值最低；第二漁港 Kd 值最高，且數值模擬 Kd 值大多大於水工試驗成果。

SE 向：公務船渠內各佈置之水工試驗 Kd 值(平均)約高於數值模擬 0.05；第三港渠也與公務船渠相同，水工試驗 Kd 值(平均)皆高於數值模擬；在南方澳漁港方面第二漁港數值及水工試驗平均 Kd 值差異不大，第一及第三漁港則顯示水工試驗平均 Kd 值較數值模擬為高，其差值約 0.01~0.04。

表 8 數值模擬及水工試驗 Kd 值 (H_{1/3})比較表

(a)ESE 向

地點、位置	原佈置		佈置 A		佈置 B		佈置 C		佈置 D	
	數值模擬	水工試驗	數值模擬	水工試驗	數值模擬	水工試驗	數值模擬	水工試驗	數值模擬	水工試驗
公務船渠	區間	0.08 ~0.20	0.09 ~0.14	0.09 ~0.21	0.08 ~0.14	0.09 ~0.15	0.06 ~0.15	0.08 ~0.12	0.04 ~0.13	-
	平均	0.11	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.07	-
第三港渠	區間	0.09 ~0.34	0.15 ~0.21	0.09 ~0.34	0.18 ~0.27	0.10 ~0.36	0.17 ~0.27	0.10 ~0.37	0.17 ~0.23	0.11 ~0.37
	平均	0.18	0.18	0.18	0.23	0.18	0.22	0.19	0.20	0.19
方澳第一漁港	區間	0.10 ~0.16	0.07 ~0.16	0.09 ~0.08	0.07 ~0.16	0.10 ~0.16	0.08 ~0.09	0.09 ~0.15	0.07 ~0.08	0.11 ~0.17
	平均	0.12	0.07	0.11	0.07	0.12	0.08	0.11	0.08	0.13
方澳第二漁港	區間	0.07 ~0.09	0.05 ~0.06	0.07 ~0.08	0.05 ~0.06	0.07 ~0.09	0.05 ~0.07	0.07 ~0.09	0.05 ~0.06	0.07 ~0.10
	平均	0.08	0.05	0.07	0.05	0.08	0.06	0.07	0.06	0.08
方澳第三漁港	區間	0.08 ~0.11	0.08 ~0.11	0.08 ~0.11	0.08 ~0.11	0.08 ~0.11	0.08 ~0.11	0.08 ~0.11	0.08 ~0.11	0.08 ~0.11
	平均	0.10	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.13	0.09

(b)SE 向

地點、位置	原佈置		佈置 A		佈置 B		佈置 C		佈置 D	
	數值模擬	水工試驗	數值模擬	水工試驗	數值模擬	水工試驗	數值模擬	水工試驗	數值模擬	水工試驗
公務船渠	區間	0.09 ~0.14	0.10 ~0.22	0.09 ~0.15	0.08 ~0.15	0.09 ~0.29	0.10 ~0.26	0.09 ~0.10	0.11 ~0.28	-
	平均	0.10	0.16	0.11	0.16	0.10	0.15	0.09	0.16	-
第三港渠	區間	0.08 ~0.20	0.22 ~0.24	0.08 ~0.20	0.25	0.08 ~0.21	0.19 ~0.23	0.08 ~0.21	0.22 ~0.24	0.09 ~0.24
	平均	0.13	0.23	0.18	0.13	0.21	0.13	0.23	0.14	0.23
方澳第一漁港	區間	0.10 ~0.13	0.11 ~0.12	0.08 ~0.12	0.11 ~0.15	0.09 ~0.13	0.11 ~0.15	0.08 ~0.12	0.12 ~0.15	0.10 ~0.14
	平均	0.11	0.12	0.10	0.13	0.11	0.13	0.10	0.14	0.12
方澳第二漁港	區間	0.06 ~0.08	0.09 ~0.10	0.06 ~0.07	0.09 ~0.11	0.06 ~0.08	0.08 ~0.12	0.06 ~0.07	0.10 ~0.13	0.06 ~0.11
	平均	0.07	0.10	0.06	0.10	0.07	0.10	0.07	0.11	0.07
方澳第三漁港	區間	0.07 ~0.10	0.09	0.07 ~0.10	0.09	0.07 ~0.10	0.08	0.07 ~0.10	0.09	0.07 ~0.11
	平均	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

六、靜穩度改善方案綜合評估及工程規劃

6.1 靜穩度改善方案評比

各靜穩度改善佈置依據數值及水工模型試驗成果，以公務船渠靜穩度改善成效、港內其他水域靜穩度影響、經濟效益評估及工程可行性評估等評比因子進行評估。其綜合評估概要表詳表 9。

依據下列正規化方法所評選出之方案優先順序(詳表 10)，均顯示佈置 D 為最佳方案。該佈置對公務船渠內靜穩度改善成效最佳，且工程費用為最低，整體評估結果以佈置 D 較佳。

表 9 靜穩度改善方案綜合評估表

評比因子	佈置 A	佈置 B	佈置 C	佈置 D
船渠內靜穩度改善成效	短週期：較差/長週期：不佳	短週期：次之/長週期：不佳	短週期：較佳/長週期：不佳	最佳(週期長及短)
對鄰近漁港泊區靜穩度影響	稍佳	次之	稍佳	稍差
工程經濟性	2.22 億	2.06 億	2.11 億	1.44 億
施工可行性	可行	可行	可行	可行，相關閘門設施施工稍繁複

表 10 公務船渠靜穩度改善方案評比-
比例尺度法

評比因素	權重 W(%)	佈置A		佈置B		佈置C		佈置D	
		正規值 (S)	評分 (W×S)	正規值 (S)	評分 (W×S)	正規值 (S)	評分 (W×S)	正規值 (S)	評分 (W×S)
一、公務船渠靜穩度改善成效	35.0	0.20	7.00	0.40	14.00	0.60	21.00	1.00	35.00
二、港內其他水域靜穩度影響	25.0	1.00	25.00	0.50	12.50	1.00	25.00	0.25	6.25
三、工程費用	20.0	0.20	4.00	0.60	12.00	0.40	8.00	1.00	20.00
四、工程可行性	20.0	1.00	20.00	1.00	20.00	1.00	20.00	0.75	15.00
各方案績效值累計總評分		56.00		58.50		74.00		76.25	
各方案優先順位		4		3		2		1	

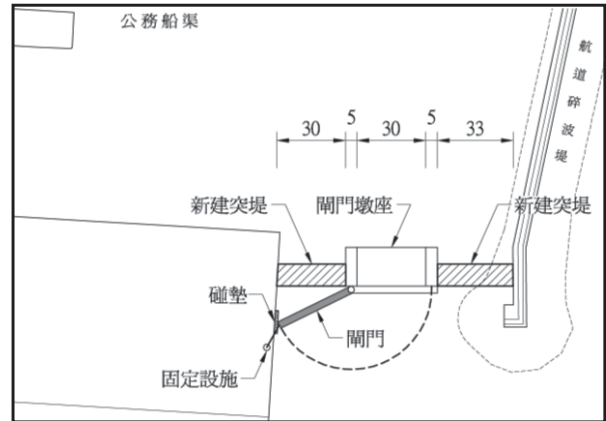


圖 15 渠口縮減及閘門配置平面圖

6.2 最佳改善工程設施規劃

公務船渠最佳改善工程包括航道碎波堤胸牆加高、渠口縮減及設置浮式閘門以及防舷材墩座加高等，其平面配置圖如圖 14。其各設施規劃如後。

1. 渠口縮減及設置閘門

渠口寬度建議縮減為 30m，渠口為設置閘門，需製作閘門墩座，結構為 RC 沉箱，用於固定閘門。渠口縮減平面配置如圖 15。新建突堤斷面結構型式為重力方塊堤，寬度為 10m，由方塊組成，突堤中央回填卵石。突堤斷面如圖 16 所示。

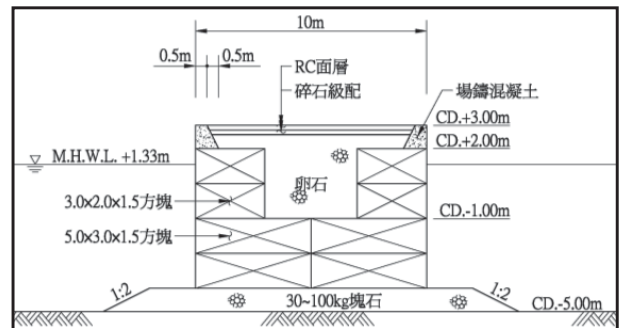


圖 16 渠口縮減突堤斷面圖

閘門型式為浮式閘門，固定於渠口西側，閘門平時固定於#8~#9 碼頭突堤東側，如要關閉閘門時，可利用捲揚機或利用船隻拖拉轉至渠口閘門墩座封閉後閘門可進水沉入。浮式閘門及渠口墩座配置請詳圖 17。

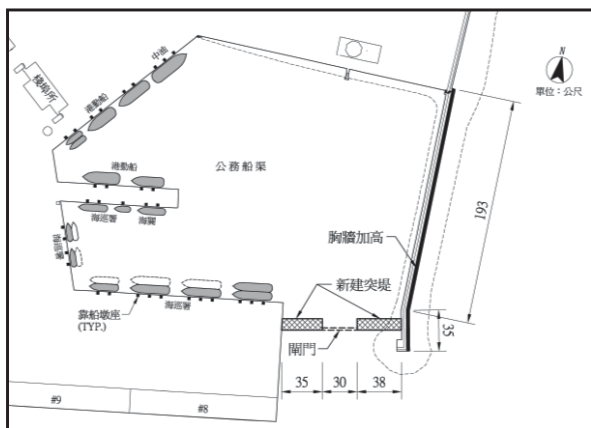


圖 14 公務船渠最佳改善設施平面配置圖

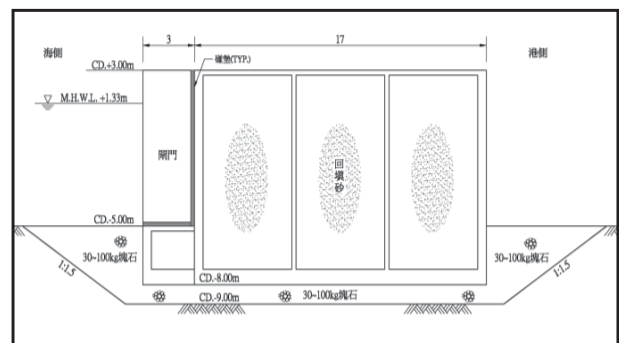


圖 17 閘門及沉箱墩座斷面圖

依前節檢討結果，航道碎波堤胸牆加高高程至 EL.+8.5m，加高範圍自公務船渠水域堤段至碎波堤堤頭止，長度約 228m。考量胸牆加高結構安定，擬將現有堤面加寬，即於現有碎波堤陸側加拋 100~300kg(內層)及 1~3T 塊石(外層)，並加高加寬現有胸牆，另於海側加拋 25T 消波塊以保護加高胸牆，其斷面詳圖 18。

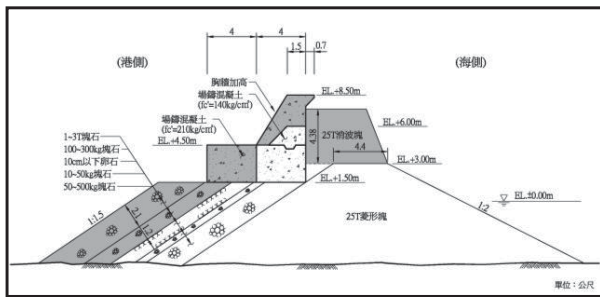


圖 18 航道碎波堤胸牆加高斷面圖

公務船渠內設置船隻防傾設施擬於現有碼頭岸邊設置加高之防舷材墩座，墩座高出現有碼頭面 1.5m，佈設間距每 10m 佈設乙座，其墩座斷面圖詳圖 19。

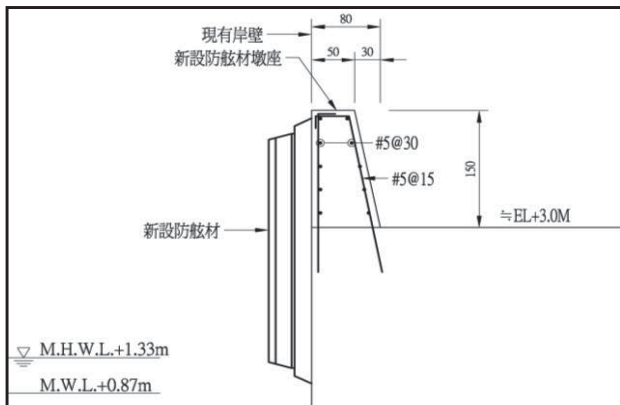


圖 19 加高防舷材墩座斷面圖

6.3 工程費用及施工預定進度

1. 工程費用

本計畫建議之改善工程期項目包括新建縮口突堤、閘門、現有航道碎波堤胸牆加高以及防舷材及墩座工程等，總工程經費用(含利管稅等)約為 1.44 億元。

2. 施工預定進度

本工程由於航道碎波堤胸牆加高及渠口新建突堤部分工程將涉及工程界面，建議航道碎波堤胸牆加高工程先行施作，而渠口西側新建突堤、閘門製作及閘門墩座(沉箱)可同時施作/製作，另外防舷材採購、安裝及墩座構建與前述工程並無介面問題，亦可同時施作。本改善工程總計需約 240 天，其進度詳表 11。

表 11 改善工程預估進度表

日曆天	30	60	90	120	150	180	210	240
工程項目								
施工場地整理、機具動員	■							
1. 航道碎波堤胸牆加高工程		■	■	■				
2. 新建突堤及閘門工程		■	■	■	■	■	■	■
3. 防舷材及墩座工程		■	■	■	■			
4. 零星工程		■	■	■	■	■	■	■

七、結論

1. 港池靜穩度不佳原因

- (1) 依觀測資料成果，公務船渠於颱風期間船渠內波高(Hs)最大達 1.54m，小於 20 秒成份波之波高為 0.87m，大於 20 秒之長週期成份波波高達 1.28m，尖峰頻率介於 0.002 ~ 0.004Hz，即週期 250~500 秒，波高約 1.19m。
- (2) 依各波向白頻譜長週期波數值模擬結果，尖峰頻率為 0.0034Hz (週期 294 秒，NE、ENE、E、SE 向)及 0.0024Hz (週期 417 秒，ESE 向)，為公務船渠之自然振動週期。
- (3) 公務船渠渠內靜穩度不佳主要可分為：
 - 長週期波影響：因港型於颱風侵襲期間，造成渠內港池盪漾。
 - 地形影響：水域地形陡峭，波浪侵入港域，因無足夠空間消波，致港域靜穩度不佳。
 - 傳遞波浪影響：航道碎波堤胸牆高度不足，於颱風期間易造成越波。

2. 靜穩度改善方案及工程規劃

(1) 本計畫共計研提四種改善方案：

- 佈置 A：船渠內增設突堤+航道碎波堤胸牆加高(允許水沫飛

濺)+繫泊設施(浮動碼頭)。

- 佈置 B：渠口縮口 60m+航道碎波堤胸牆加高(允許水沫飛濺)+繫泊設施(浮動碼頭)。

- 佈置 C：渠口縮口 30m+航道碎波堤胸牆加高(允許水沫飛濺)+繫泊設施(浮動碼頭)。

- 佈置 D：閘門封口+航道碎波堤胸牆加高(允許水沫飛濺)+靠船墩座

- (2) 依據本研究兩種正規化方法評選出之方案優先順序，均顯示佈置 D 為最佳方案。該佈置對公務船渠內靜穩度改善成效最佳，且工程費用為最低，因此整體評估結果以佈置 D 較佳。

(3) 公務船渠靜穩度建議改善工程：

- 新建突堤及閘門：新建突堤將渠口縮減 30m 寬並裝設閘門。
- 航道碎波堤胸牆加高：胸牆再加高 3m 至高程 CD.+9.0m，總長為 228m。
- 增設防舷材及墩座：於現有船渠碼頭邊每 6m 設置乙座突出碼頭面之墩座及防舷材。

八、參考文獻

1. 蘇澳港興建工程，基隆港務局蘇澳港工程處，民國 72 年。
2. 蘇澳港消波問題研究(第一期)，基隆港務局，民國 74 年。
3. 蘇澳港消波問題研究(第二期)，基隆港務局，民國 79 年。
4. 蘇澳港消波問題研究(第三期)，基隆港務局，民國 79 年。
5. 蘇澳港防波堤改善工程規劃-港池振盪數值之模擬，台灣省政府交通處港灣技術研究所，民國 86 年。
6. 南方澳漁港第三泊區靜穩度改善防波堤布置水工模型試驗，交通部運輸研究所，民國 96 年。
7. 蘇澳港整體規劃及未來發展計畫(106~110 年)，臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司，民國 102 年。
8. “A MATLAB TOOLBOX FOR ANALYSIS OF RANDOM WAVES AND LOADS-TUTORIAL FOR WAFO UERSZON 2.5”，WAFO GROUP, 2011.
9. “ Analysis of Spectra, Wave Grouping and Long Wave Phenomena of Real Measured Wind Waves in Coastal Waters”，Master thesis,Wesson Vizcaino, Mauricio Alberto, 2011. OCEANLYZ.
10. “Ocean Wave Analyzing Toolbox-User Manual”,Arash Karimpour, 2015.
11. “Combined Numerical and Physical Modelling of Seiching in Exposed New Marina”，27th International Coastal Engineering Conference, Henrik, K. H., Peter, S. Ole, R. S. and Jesper, F. (2000) Australia.