

專刊第77號

彰化濱海工業區 人工岬灣可行性研究

何良勝 莊甲子 張金機

委託單位：國立成功大學台南水工試驗所

執行單位：台灣省交通處港灣技術研究所

中華民國八十一年六月

台中

梧棲

目 錄

圖 目 錄	I
表 目 錄	IV
第 一 章 前 言	1
第 二 章 海 岸 防 護 工 程 之 方 法	2
2 - 1 突 堤	2
2 - 2 離 岸 堤	4
2 - 3 人 工 養 灘	5
第 三 章 彰 濱 工 業 區 人 工 岬 灣 之 初 步 規 劃	7
第 四 章 試 驗 目 地	20
第 五 章 試 驗 過 程	21
5 - 1 試 驗 條 件	21
5 - 2 試 驗 設 備 及 儀 器	23
5 - 3 試 驗 配 置	24
5 - 4 試 驗 步 驟	25
第 六 章 試 驗 結 果	31
6 - 1 人 工 岬 灣 理 論 灘 線 之 探 討	31
6 - 2 試 驗 結 果	32
第 七 章 結 論 與 建 議	75
參 考 文 獻	76

圖 目 錄

- 圖 2- 1 突堤間之沙灘形成
- 圖 3- 1 台中港風速風向玫瑰圖
- 圖 3- 2 波浪折射圖
- 圖 3- 3 波浪折射圖
- 圖 3- 4 波浪折射圖
- 圖 5- 1 人工岬灣初步設計佈置圖(一)
- 圖 5- 2 人工岬灣初步設計佈置圖(二)
- 圖 5- 3 人工岬灣初步設計佈置圖(三)
- 圖 6- 1 人工岬灣示意圖
- 圖 6- 2 人工岬灣試驗配置 I, 理論灘線示意圖
- 圖 6- 3 人工岬灣試驗配置 II, 理論灘線示意圖
- 圖 6- 4 人工岬灣試驗配置 III, 理論灘線示意圖
- 圖 6- 5 試驗配置 I, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 5(續) 試驗配置 I, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 5(續) 試驗配置 I, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 5(續) 試驗配置 I, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 6 試驗配置 II, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 6(續) 試驗配置 II, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)

- 圖 6- 6(續) 試驗配置 II, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 7 試驗配置 III, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 7(續) 試驗配置 III, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 7(續) 試驗配置 III, 各突堤間之地形變化
(○-○-○ : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)
- 圖 6- 8 試驗配置 II, A 區內地形變化等深圖
- 圖 6- 9 試驗配置 II, B 區內地形變化等深圖
- 圖 6-10 試驗配置 II, C 區內地形變化等深圖
- 圖 6-11 試驗配置 II, D 區內地形變化等深圖
- 圖 6-12 試驗配置 II, E 區內地形變化等深圖
- 圖 6-13 試驗配置 II, F 區內地形變化等深圖
- 圖 6-14 試驗配置 II, G 區內地形變化等深圖
- 圖 6-15 試驗配置 II, H 區內地形變化等深圖
- 圖 6-16 試驗配置 II, I 區內地形變化等深圖
- 圖 6-17 試驗配置 II, J 區內地形變化等深圖
- 圖 6-18 試驗配置 II, K 區內地形變化等深圖
- 圖 6-19 試驗波譜之形狀
- 圖 6-20 不規則波作用時, 試驗配置 II A 區內地形變化等深圖
- 圖 6-21 不規則波作用時, 試驗配置 II B 區內地形變化等深圖
- 圖 6-22 不規則波作用時, 試驗配置 II C 區內地形變化等深圖
- 圖 6-23 不規則波作用時, 試驗配置 II D 區內地形變化等深圖
- 圖 6-24 不規則波作用時, 試驗配置 II E 區內地形變化等深圖

- 圖 6-25 不規則波作用時，試驗配置 II F 區內地形變化等深圖
- 圖 6-26 不規則波作用時，試驗配置 II G 區內地形變化等深圖
- 圖 6-27 不規則波作用時，試驗配置 II H 區內地形變化等深圖
- 圖 6-28 不規則波作用時，試驗配置 II I 區內地形變化等深圖
- 圖 6-29 不規則波作用時，試驗配置 II J 區內地形變化等深圖
- 圖 6-30 不規則波作用時，試驗配置 II K 區內地形變化等深圖

表 目 錄

- 表 3- 1 台中港全年各種風速風向分佈統計表
- 表 3- 2 台中港各月波向統計
- 表 3- 3 台中港各波向與對應風向分佈
- 表 3- 4 台中港波浪波高、週期分佈(一月)
- 表 3- 5 台中港波浪波高、週期分佈(二月)
- 表 3- 6 台中港波浪波高、週期分佈(三月)
- 表 3- 7 台中港波浪波高、週期分佈(四月)
- 表 3- 8 台中港波浪波高、週期分佈(五月)
- 表 3- 9 台中港波浪波高、週期分佈(六月)
- 表 3-10 台中港波浪波高、週期分佈(七月)
- 表 3-11 台中港波浪波高、週期分佈(八月)
- 表 3-12 台中港波浪波高、週期分佈(九月)
- 表 3-13 台中港波浪波高、週期分佈(十月)
- 表 3-14 台中港波浪波高、週期分佈(十一月)
- 表 3-15 台中港波浪波高、週期分佈(十二月)
- 表 5- 1 模型比尺與模型物理量
- 表 5- 2 試驗配置之堤長與間距

第一章 前言

沙灘海岸均難免有地形之變化，較輕微者如因季節風浪波向之改變而所承受之季節性變化，較嚴重者如上游面因有大量沙源供給而形成之長期性淤積，或因沙源斷絕而形成之長期侵蝕，長期淤沙將使港口淤塞，造成航運困難，長期侵蝕則使海岸結構物破壞，造成土地流失，此外，在沙灘海岸興建結構物亦可能使地形原已變化不多之海岸或已達穩定之海岸遭遇破壞而重新塑造地形新貌，因此如何控制沙灘地形變化，尤其海岸結構物計劃興建之時，研究如何減少地形變化所產生之災害一直為海岸工程界所極關心之焦點。彰化濱海工業區位於台灣中部彰化縣西海岸，北起線西鄉田尾排水口，南達鹿港，南北長約12公里餘，由於此一地區恰位於台灣西海岸漂沙極為活躍之地帶，若未能有效擬定對策控制，工業區設置後，對日後鄰近地形變化預料將有很大之變化，此外，由於工業區係一海埔新生地，須築海堤防護，根據許多文獻記錄，海堤築成後，將來入射波浪在海堤堤身造成反射形成反射波，入、反射波重疊形成短峰波，此一短峰波沿海堤堤線平行方向運動，將造成堤腳嚴重侵蝕，日久堤基遭受侵蝕而導致堤身崩坍，此係海堤遭受破壞主因之一，因此如何保護堤身安全，除了注意堤腳基礎之保護外，最根本之道在於破壞堤身前短峰波之形成，尤其類似彰濱又長又直之海堤，更須注意防止短峰波之破壞力。

有鑑於傳統之海堤防護方法，諸如突堤、離岸堤或人工養灘等，皆有各自之優劣點，國立成功大學台南水工試驗所遂提出一工程費用較少且較親水性之人工岬灣方式，委託港灣技術研究所辦理水工模型試驗，進行人工岬灣保護彰濱工業區海堤之可行性研究性評估。

第二章 海岸防護工程之方法

爲避免在海堤前產生短峰波沖蝕堤腳，一般採取突堤、離岸堤與人工養灘等傳統工法，以保護海堤堤面之安全，茲簡單介紹其各種防護工程如下：

2-1 突堤

突堤係與海岸線或海堤約略成垂直方向之結構物，其長度超出碎波帶，用於阻截沿岸流將碎波帶揚起之砂源往下游方向運移，但突堤對上游方無足夠沙源補充時將大大失去其效果，彰濱地區日後恐怕面臨此一問題，突堤區域之外海部份由於無法受到保護，首先堤頭部份將遭受侵蝕、破壞，接著一步一步整個突堤將消失，最後又危及海堤本身。突堤數目越多，其堤頭侵蝕將越嚴重，最嚴重時刷深區連成一起又如同未築突堤時之情況相同。

一般而言，在主風向（如彰濱工業區係以冬季季節風向爲主風向）之波浪作用下，突堤間固然可形成一穩定沙灘海岸，此時到達沙灘波浪之波向大致與沙灘成垂直，如圖2-1所示，但當颱風波浪（彰濱工業區受西南向颱風波浪威脅）來襲時，其波向與沙灘之等深線成一斜交角度，將沿沙灘方向成沿岸流至右突堤左方（如圖2-1所示）形成一離岸流，將沙源帶至較深海區。其中大部份在隨後之主風向波浪作用期已無法將此沙源帶回沙灘，而造成該部份沙源之永久流失，引起突堤間沙灘之後退，終致海堤受到危害。

根據Balsillie(1972)之研究指出，突堤建築之成功率約爲百分之五十，固然有一部份突堤解決了問題，有一部份突堤則無法達到預期效果，甚至有的使原來欲防止之問題更加惡化，Berg and Watt (1986)之研究指出，突

堤雖為目前最被普遍用於保護海岸之結構物，但也是最難預測其成效之海岸保護性結構物，此與當地沙源之供給量與波向變化地形有極大之關係。一般而言，在風向極為穩定而又無異常波向發生之沙灘海岸建築突堤較為有效，如灣形海岸。

根據台南水工試驗所試驗結果顯示，在目前彰濱地區仍有沙源供給之下，興建突堤後對堤腳淘刷雖有改善，但亦不能完全防止，何況將來有一天因河流上游水土保持改善結果，沙源來源斷絕，突堤將失去其效果。

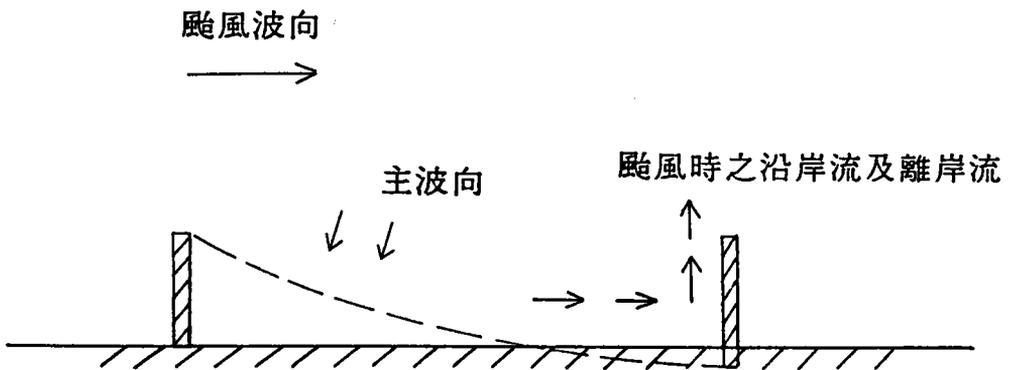


圖2-1 突堤間之沙灘形成

2-2 離岸堤

離岸堤係位於水深3至5公尺，大致與海岸線成平行之結構物，堤與堤間之間隔為一道離岸堤長度之0.5 倍至若干倍，此種結構物在歐洲與美國均有使用之，尤其日本使用最多。

一般而言，一地區之經常性波向或主波向大致與海岸線之法線成一傾斜角度，而非垂直入射海岸，否則侵蝕問題即無從發生，一旦離岸堤建成後，這些波向當然亦與堤線法線方向成一傾角，因此入反射波合成形成所謂短峰波，沿離岸堤堤腳造成嚴重侵蝕，據 Walker (1968, 1980)之調查研究指出，在離岸堤建成後一年，堤腳處即可刷深達 2.6公尺，其範圍廣及離堤35公尺之遠；此即為離岸堤後方沙舌形成之沙源，此一沙舌可繼續延伸至與離岸堤連接，形成所謂tombolo。

然而，當颱風波浪產生時，波浪從堤間缺口入射或由堤頂越波而過，造成堤與海岸線間之水位抬高，因此在堤間缺口造成離岸流，將堤後之沙土帶出，並沖刷堤間之沙土出海，在出口之向海方向形成拱形淺灘，此一淺灘將被隨後之短峰波帶往下游，一部份於下一堤間缺口處又被帶入堤後方再度形成沙舌，由於離岸堤設置之原因多半係因上游沙源補充量減少而導致侵蝕之故，故離岸堤後之沙灘通常會因缺少沙源而逐漸減小面積。

有時為了減少堤間缺口入射波浪之越波，或保護沙灘免於被侵蝕，又需在沙灘上堆置消波塊或選築第二道離岸堤，這些離岸堤由於建築在較深海處，故建築費昂貴，而且在面海側之堤腳因遭受侵蝕以致於發生沈陷，若欲維護其功能，經常性之修護費將難以估算。

Toyoshima(1974)於其研究文獻中得到下列四點結論：(1)有需要建離岸堤之可能時，則建離岸堤宜在建海堤之先，以免海堤前方刷深後再建離岸堤將增加工程費，(2)在發生嚴重侵蝕之海岸欲藉離岸堤防止侵蝕為不可能。

(3)若建離岸堤之目的係為在堤後方造成沙灘，則在建堤之前必須考慮各種措施以減少岸線之反射。(4)離岸堤間缺口之後方海岸常遭受侵蝕，故保護海岸之對策必須事前考慮。

因此可斷言，無論建築海堤或離岸堤，堤腳侵蝕之問題均難以避免，除非堤腳附近基礎保護相當完密，否則崩坍之命運期日可待。

2-3 人工養灘

Bijker and Vander Graff (1983)之研究報告指出：修建又長又直之海堤宜盡量避免，絕大部份之侵蝕現象均可因獲得沙源之補充而獲得舒解。此一說法係基於「沙灘乃海岸之最佳保護者」之觀念，因此人工養沙因運而起，尤其抽沙挖泥業者更是大力提倡，惟其所費是否經濟值得三思。

根據Winton (1981,1983)及Chou(1983)長期監測人工養沙工程之結論指出，在人工養沙初期15至24個月內，人工所增加之沙灘將有百分之80至90會被侵蝕消失（假設原海象條件不變），隨後依指數函數遞減，消失率又如同未養灘前相同，因此欲藉人工養灘保護海岸，則此一養沙工作係經常性之工作，而非一勞永逸。

Pilkey & Clayton(1987)調查多處人工養沙之結果亦指出：人工沙灘侵蝕之速率遠大於自然沙灘（人工養灘前）侵蝕之速率，人工沙灘與自然沙灘侵蝕速率之比，往往以十倍計。

Silvester & Hsu (1991)之研究報告曾經指出：海岸侵蝕比喻為病痛，人工養砂只是醫生開的一種止痛藥，而非解決病根之藥，藥性過後，病痛仍然復現。

因上面所述知，建海堤雖可保護後方土地，但海堤面海方向、及海堤下

游方均將遭受侵蝕，建築突堤雖可增加部份沙灘得到暫時保護海堤之效果，但面臨颱風來襲時，沙灘容易遭受侵蝕，建離岸堤仍然有侵蝕問題發生，而且建築、養護極昂貴；人工養灘則由於容易流失沙土，須經常性養沙才能達到保護沙灘之效果，因此Silvester 和 Hsu提出人工岬灣之觀念。本所顧問湯麟武教授亦認為人工岬灣非但調和人與自然關係，而且可能工程費用（包括將來維修費）最省，建議值得深入研究。

第三章 彰濱工業區人工岬灣之初步規劃

人工岬灣之沙灘形態預測係配合該地區之主要波向，彰濱地區近臨台中港，由於台中港已有長期氣象記錄，故予以沿用之。台中海域風向玫瑰圖如圖3-1所示(民國61年至69年資料)，該圖顯示台中海域之主風向為 NNE向，其次為NE向，其餘風向所佔比例甚低。至於台中海域風速風向統計表及各月波高週期分佈情況如表3-1 至表3-15 所示，上述波浪資料顯示波高在 2.5 公尺以上者週期大部分均在 7秒以上。

根據上述波浪資料分析得知，南向波浪所含之波能約僅及北向波能之十分之一，故此段海岸之侵淤變化將由北向波浪主控，又主波向NNE 之波高在 2.5 公尺以上者，其週期亦均在 7秒以上，經繪製波浪週期 7、9、11秒之波浪折射圖分別如圖3- 2、3- 3、3- 4 所示，其中以週期 7秒之波浪在近岸地區之入射角(與海岸法線方向之交角)為最大，可能造成之海岸侵蝕較為嚴重，故以此入射波向為基礎。初步設計三種人工岬灣之佈置及將來可能形成之沙灘線如圖 5-1、5-2、5-3 所示，試驗工作將針對此三種佈置先進行試驗研究，觀測其成效如何，再研究有無另行設計其他佈置之需要。

表3-1 台中港全年各種風速風向分布統計表

地點: 北堤24m

61年1月至69年12月

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	合計
0.1-4.9	次數	1930	2830	2484	978	750	576	1180	1815	2605	843	563	786	607	984	1323	675	22078
	%	2.89	4.23	3.72	1.46	1.12	0.86	1.77	2.72	3.90	1.26	0.84	1.18	0.91	1.47	1.98		30.74
5.0-9.9	次數	2591	6847	3737	178	42	22	159	999	3086	1185	758	599	238	351	677		22683
	%	3.88	10.25	5.59	0.27	0.06	0.03	0.24	1.49	4.62	1.77	1.13	0.90	0.36	0.53	1.01		31.58
10.0-14.9	次數	1126	7550	7441	6	3	9	105	320	400	377	63	10	1	13	57		17481
	%	1.68	11.30	3.65	0.01	0	0.01	0.16	0.48	0.60	0.56	0.09	0.01	0	0.02	0.09		24.34
15.0-19.9	次數	363	5456	1322			1	2	28	51	28		4	2	4	12		7273
	%	0.54	8.16	1.98			0	0	0.04	0.08	0.04		0.01	0	0.01	0.02		10.13
20.0-24.9	次數	78	1659	279					7	7	1		3	2	4	8		2048
	%	0.12	2.48	0.42					0.01	0.01	0		0	0	0.01	0.01		2.85
25.0-29.9	次數	5	183	17				1	2							4		0.28
	%	0.01	0.27	0.03				0	0							0.01		0.28
30.0 以上	次數	2	51															53
	%	0	0.08															0.07
合計	次數	6095	24574	15280	1162	795	598	1349	2922	6048	2463	1384	1402	850	1356	2081	675	71828
	%	8.48	34.21	21.28	1.62	1.12	0.83	1.88	4.07	8.42	3.89	1.83	1.95	1.18	1.89	2.89	0.94	100

表3- 2 台中港各月波向統計

單位：百分比

月份	波向	335	340	345	350	355	0	5	10	15	From South	Calm	Total
一月				1.7	6.8	16.9	11.9	38.9	6.8			27.0	100
二月					7.0	21.0	34.0	24.0	5.0	1.0		7.0	100
三月			1.8	1.8	6.3	9.0	17.1	10.8	6.3	0.9	10.0	36.0	100
四月			1.8	2.5	4.1	7.4	6.5	12.3	7.4	0.8	17.2	41.0	100
五月			1.8	0.8	3.4	5.9	7.5	16.0	4.2	1.0	30.2	29.4	100
六月					3.7	7.4	7.4	3.7	11.1		25.9	40.8	100
十一月		1.4	1.4	2.8	5.5	22.2	45.8	14.6	0.7		1.4	4.2	100
十二月					0.8	7.6	41.2	26.9	5.0			18.5	100
Total		0.3	0.9	1.4	4.6	12.5	24.3	18.4	5.0	0.5	9.6	22.5	100

表3- 3 台中港各波向與對應風向分布

波向

風向	波向																
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM
N	3	37	129	3	2												
NNE			2														
NE																	
ENE																	
E																	
ESE																	
SE																	
SSE													1				
S													2				
SSW							1		1	1	1						
SW								1	5	1	3	6					1
WSW	1								1	1	4	2					
W								1	2	1							
WNW																	
NW																	
NNW		1	3														
CALM	14	15	15	11	5	5	7	9	8	8	3	4	1	1	2	1	3

表3- 4 台中港波浪波高、週期分布(一月)

示 性 波 高 (公 尺)	6																0.0
	5																0.0
	4									0.1							0.1
	3							0.1	2.1	0.6							2.8
	2					0.1	2.2	4.3	0.1								6.7
	1					4.3	10.1	1.0	0.1								15.5
	0				0.2	13.0	16.5	1.0									30.7
					3.1	15.8	6.6	0.4	0.1								26.0
		0.1	0.1	0.8	4.1	7.5	1.2	0.1									13.9
				0.2	0.7	2.5	0.6	0.1									4.1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和				
	週 期 (秒)																

表3- 5 台中港波浪波高、週期分布(二月)

示 性 波 高 (公 尺)	6																0.0
	5																0.0
	4																0.0
	3									0.1							0.1
	2								0.5	0.1							0.6
	1						2.8	4.4	0.5								7.7
	0				0.1	0.3	17.4	1.5	0.1								19.4
					0.7	9.6	14.4	1.4	0.1								26.2
					1.9	9.6	6.4	0.3									18.2
			0.1	3.2	3.1	7.5	2.8	0.6	0.1								17.4
			1.3	4.0	3.8	1.2	0.1									10.4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和				
	週 期 (秒)																

表3- 6 台中港波浪波高、週期分布(三月)

示 性 波 高 (公 尺)	6																0.0
	5																0.0
	4																0.0
	3						0.1	0.2									0.3
	2				0.1	0.6	4.6	2.4									7.7
	1			0.2	2.2	15.5	10.3	0.1									28.3
	0		0.1	1.4	7.0	11.4	1.5										21.4
				3.2	7.6	7.1	1.4										19.3
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				總和
		週 期 (秒)															

表3- 7 台中港波浪波高、週期分布(四月)

示 性 波 高 (公 尺)	6																0.0
	5																0.0
	4							0.1			0.1						0.1
	3						0.1	0.1	0.1								0.3
	2					0.3	1.9	1.0	0.1								3.3
	1				0.1	2.7	4.1	0.7									7.6
	0			0.1	1.9	10.4	5.0	0.3									17.7
				3.6	10.5	17.6	3.6	0.2									35.5
			0.1	6.8	12.5	12.1	2.5	0.3	0.1	0.1							34.5
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				總和
	週 期 (秒)																

表3- 8 台中港波浪波高、週期分布(五月)

示 性 波 高 (公 尺)	6														0.0
															0.0
	5														0.0
															0.0
	4														0.0
															0.0
	3														0.0
							0.1	0.1							1.1
	2				0.1	0.8	3.2	0.2	0.1						4.4
					1.1	6.0	4.6	0.8	0.1						12.6
1			3.7	13.7	23.1	5.1	0.6							46.2	
		0.1	5.5	11.4	14.2	4.0	0.5							35.7	
0															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和		
	週 期 (秒)														

表3- 9 台中港波浪波高、週期分布(六月)

示 性 波 高 (公 尺)	6														0.0
															0.0
	5														0.0
															0.0
	4														0.0
															0.0
	3														0.0
															0.0
	2				0.1	0.1	0.7	0.1							1.0
					2.2	2.8	1.9	0.6							7.9
1			5.2	23.	14.9	4.5	0.8							49.1	
			4.5	20.5	14.0	2.8	0.2							42.0	
0															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和		
	週 期 (秒)														

表3-10 台中港波浪波高、週期分布(七月)

示 性 波 高 (公 尺)	6														0.0
															0.0
	5														0.0
															0.0
	4														0.0
							0.1	0.2	0.1						0.3
	3						0.1		0.1						0.2
					0.1	0.1	0.1								0.3
	2					0.3	0.5	0.1			0.1				1.0
				0.1	1.1	2.7	1.5	0.2	0.2	0.1	0.1				6.0
1			0.9	17.3	8.6	5.2	1.1	0.6	0.1					33.8	
		0.5	16.1	19.6	11.7	6.9	3.5	0.1						58.4	
0															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		總和	
	週 期 (秒)														

表3-11 台中港波浪波高、週期分布(八月)

示 性 波 高 (公 尺)	6														0.0
															0.0
	5														0.0
															0.0
	4								0.1						0.1
									0.1						0.1
	3							0.1	0.1	0.2					0.4
								0.1	0.7	0.2	0.1				1.1
	2					0.2	0.6	0.7	0.1		0.1				1.8
				0.1	0.3	1.5	1.4	0.4	0.2	0.1	0.1				4.1
1				0.7	4.5	2.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1			8.9	
			1.2	11.0	12.5	6.1	2.2	2.1	0.4					35.5	
0			0.3	3.8	12.4	17.6	10.6	0.8	0.3			0.1		48.2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		總和	
	週 期 (秒)														

表3-12 台中港波浪波高、週期分布(九月)

示 性 波 高 (公 尺)	6									0.1			0.1
	5												0.0
	4							0.1	0.1				0.2
	3						0.1	0.2	0.1	0.1			0.5
	2						0.2	0.4	0.1				0.7
	1					0.2	0.7	0.8		0.1			1.8
	0					0.4	1.5	0.3					2.2
				0.1	0.1	1.6	1.3	0.4	0.1				3.6
				0.2	3.9	5.0	2.3	0.4					11.8
			0.1	2.9	8.1	5.1	0.9	0.1					17.2
		0.1		1.7	9.9	12.6	2.2	1.0	0.3	0.1	0.1	0.1	28.1
		0.2	1.2	3.7	12.8	11.5	2.6	1.4	0.4				33.8
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和
	週 期 (秒)												

表3-13 台中港波浪波高、週期分布(十月)

示 性 波 高 (公 尺)	6												0.0
	5												0.0
	4									0.1			0.1
	3						0.4	0.9	0.4				1.7
	2					0.1	0.6	2.1	2.0	0.4			5.2
	1				0.1	0.3	2.0	4.8	1.8	0.3			9.2
	0				0.2	0.9	8.4	5.1	0.7	0.1			15.4
					0.3	8.1	9.1	2.0	0.1				19.6
					2.0	10.5	6.1	0.7	0.1				19.4
				1.5	4.7	10.5	2.4	1.0	0.1				20.2
				0.9	3.6	3.2	1.3	0.2					9.2
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	週 期 (秒)												

表3-14 台中港波浪波高、週期分布(十一月)

示性波高(公尺)	6														0.0
	5														0.0
	4														0.0
	3					0.1	0.5	1.0	0.6						2.2
	2				0.3	3.8	15.5	6.4	0.1						26.1
	1			0.2	1.1	8.8	12.5	1.1	0.1						23.8
	0				1.4	11.5	8.3	0.2							21.5
				0.3	3.7	5.2	1.2								10.4
				0.2	0.5	2.2	0.6	0.3							3.7
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和	
		週 期 (秒)													

表3-15 台中港波浪波高、週期分布(十二月)

示性波高(公尺)	6														0.0
	5														0.0
	4								0.1						0.1
	3								0.1						0.1
	2								0.3	0.2					0.5
	1					0.1	0.1	1.4	1.2	0.3					3.1
	0				0.1	0.1	3.6	6.7	0.6	0.1					11.2
						1.3	13.1	6.1	0.1						20.6
					0.2	6.2	16.2	4.3	0.1	0.1					27.1
					2.4	12.4	10.4	3.3							28.5
				0.1	2.3	4.4	0.7								7.5
					0.2	0.7	0.4								1.3
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和		
	週 期 (秒)														

WIND ROSE
 POSITION: TAI-CHIUNG HARBOR

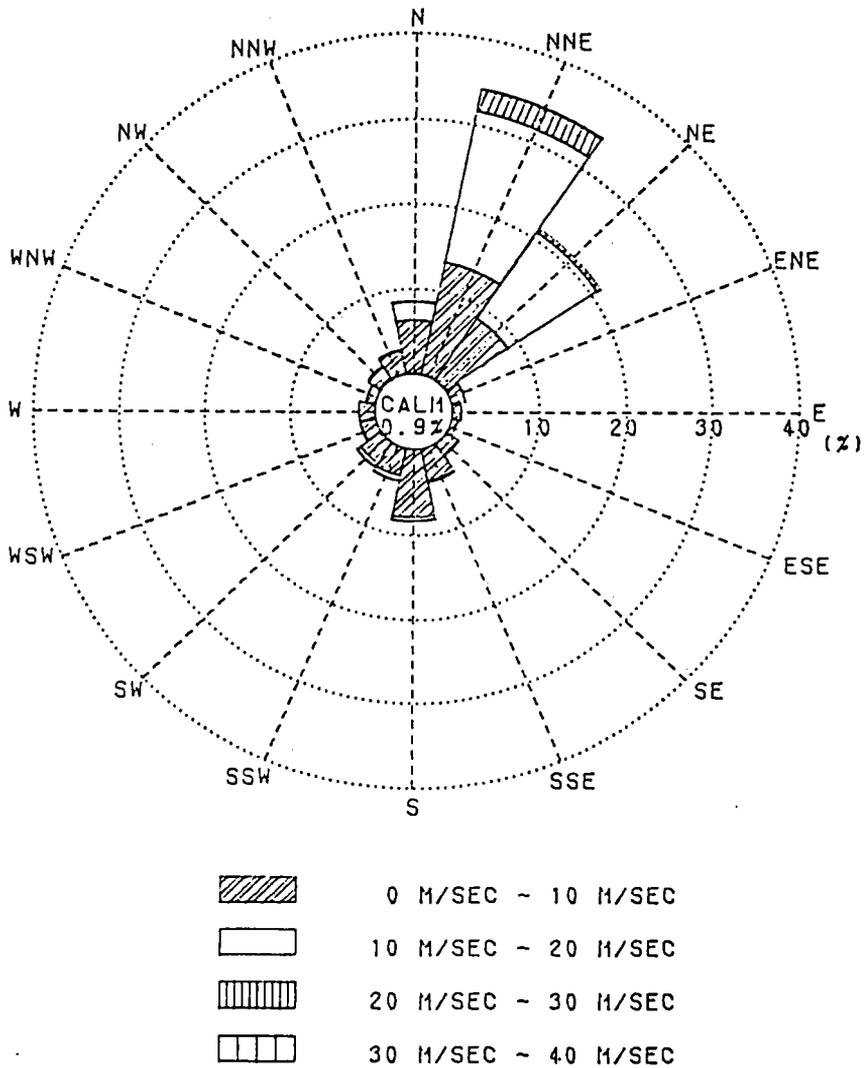


圖3- 1 台中港風速風向玫瑰圖

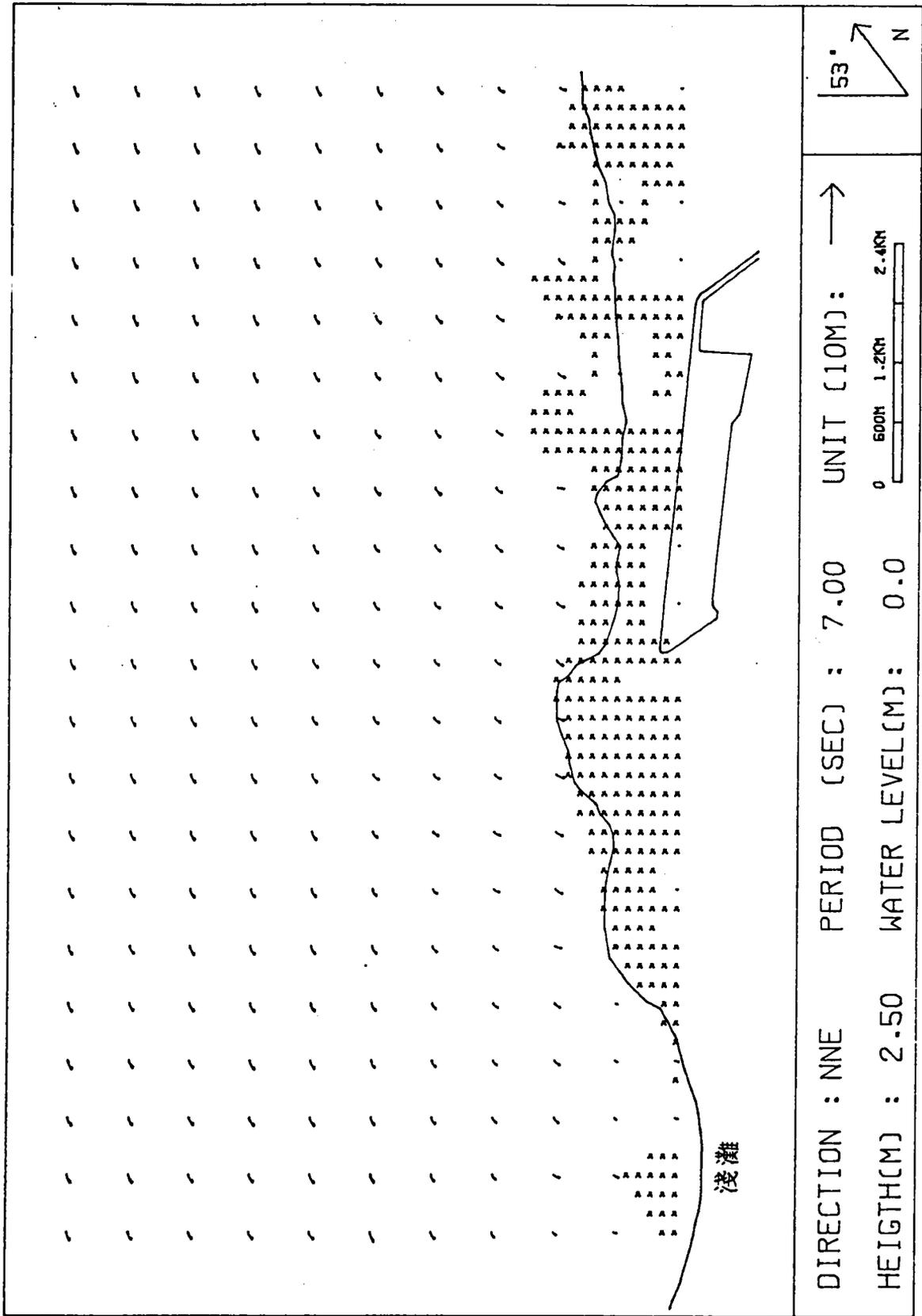


圖3-2 波浪折射圖

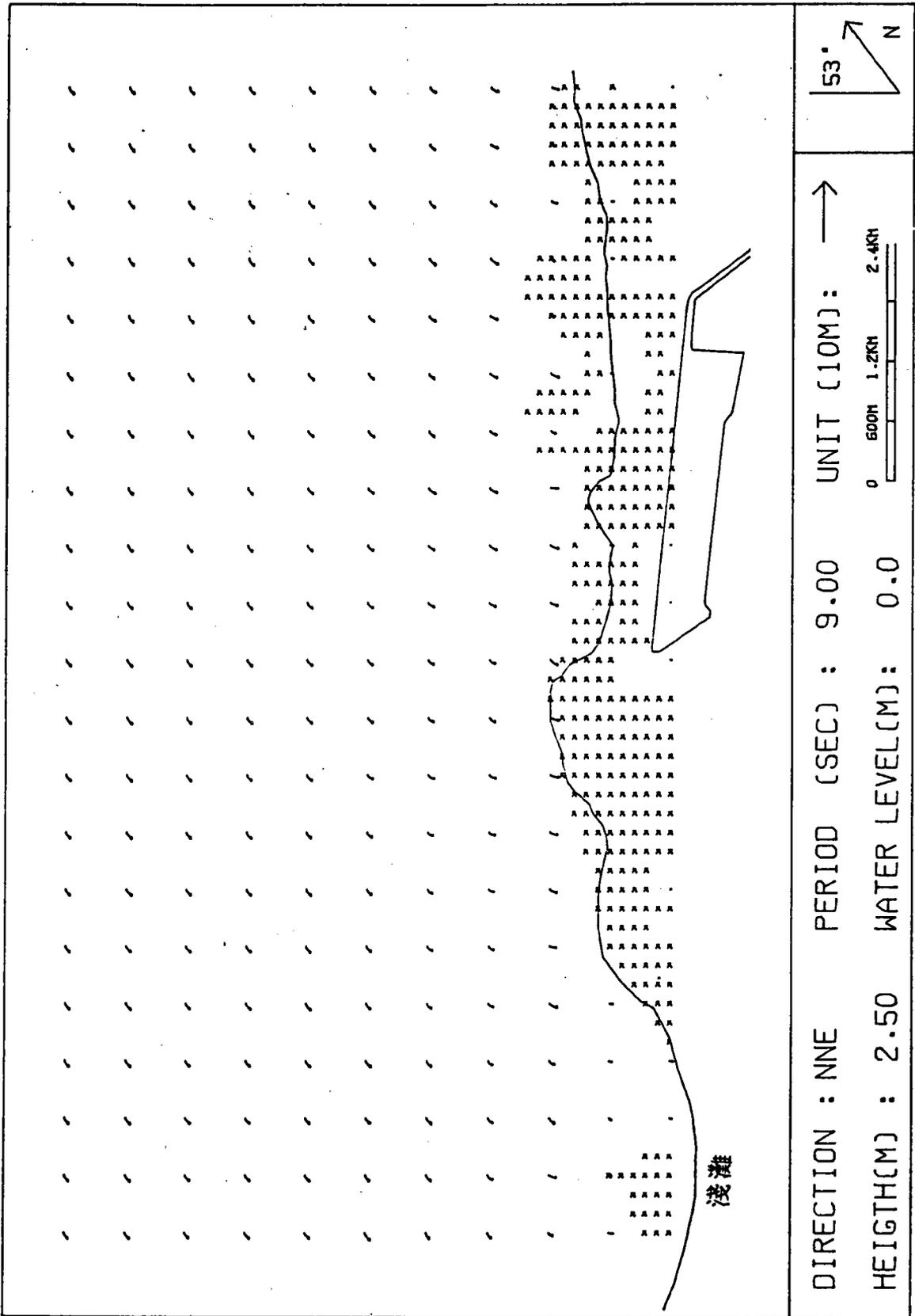


圖3-3 波浪折射圖

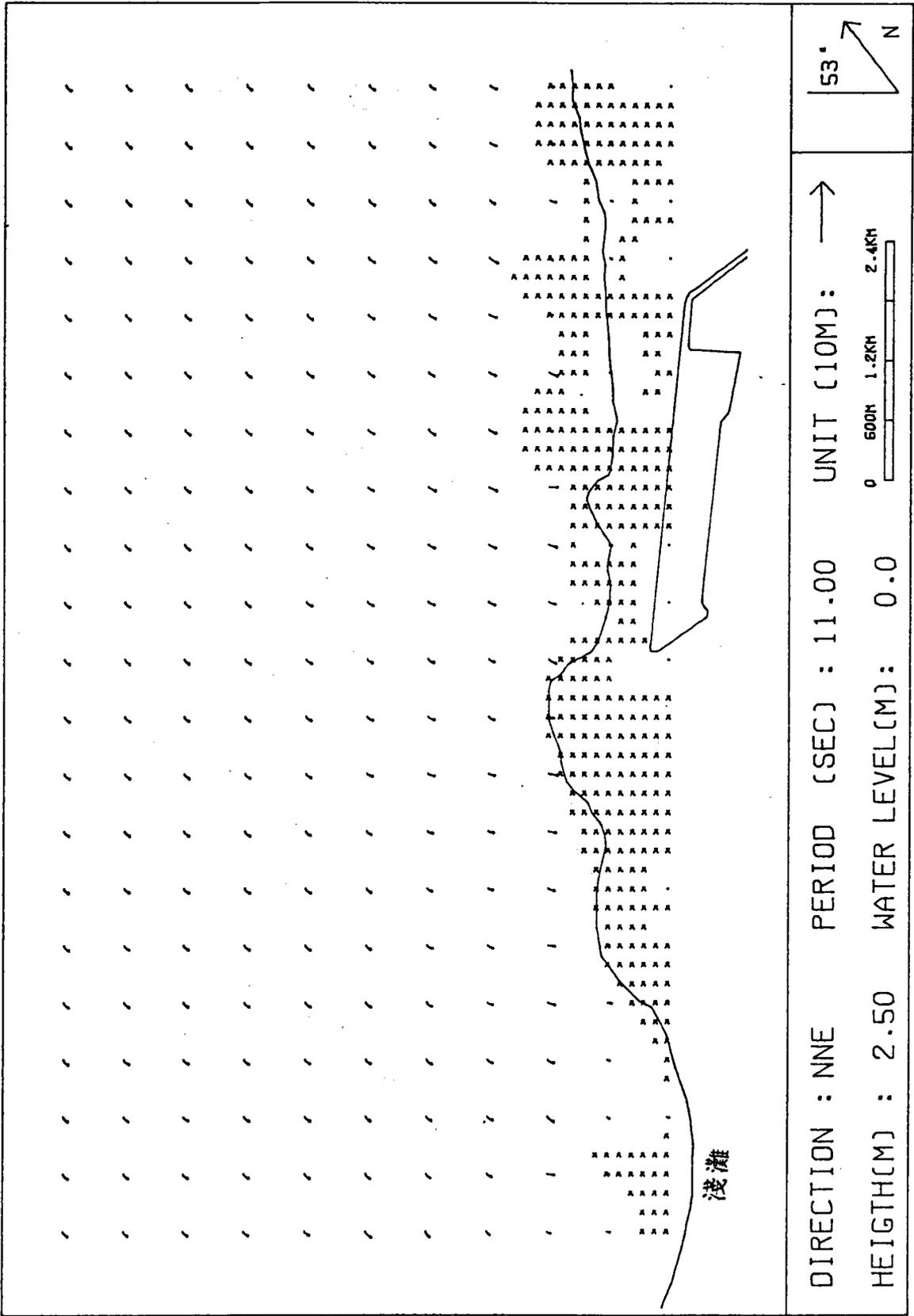


圖3-4 波浪折射圖

第四章 試驗 目 地

人工岬灣觀念首先係由西澳大學Silvester and Hsu 提出，利用海岸線兩岬頭間形成一穩定灘線以保護堤岸。雖然，此觀念有異於往昔以人工方式進行海岸防護之方法，但就成果而言，國外尚少利用，而國內則尚付厥如，因此，以人工岬灣保護岸線之方法，是否適用於台灣之波浪條件與海岸地形，則尚未可知，況且彼等之人工岬灣係以岸邊之自然灘線為原則，然本試驗區域係由海堤構築而成之海埔新生地，堤外並無灘線存在，因此，以突堤方式當作人工岬灣岬頭，區內先行補沙之方式，是否能形成一避免堤腳侵蝕，保護堤身安全之岬灣形式，或者是雖無法形成一明顯岬灣灘線，但仍可避免堤腳較嚴重之侵蝕，此即為本試驗之主要目的。

第五章 試驗過程

本試驗係於港灣技術研究所第二試驗場棚辦理，有關試驗條件、試驗過程與試驗結果謹詳述如后。

5-1 試驗條件

1. 模型縮尺：

由於本試驗範圍涵蓋整個工業區南北長達18km，同時考慮漂沙現象與其鄰近地形之關係，試驗範圍達24km。基於平面試驗水池場地限制，本試驗採用水平比尺1/500，垂直比尺1/83.3之歪比模型 (distorted model)。

2. 試驗條件：

考慮徐爾茲數 (Shields No.) 與波浪尖銳度之相似性，利用下列兩式可獲得模型與實體間波高與週期之比尺：

$$N_h = (N_r^{1/2} N_{d50}^{1/2} N_f^{-1/2} N_v^{2/3})^{3/7} \quad (5-1)$$

$$N_t = (N_r^{1/2} N_{d50}^{1/2} N_f^{-1/2} N_v^{2/3})^{6/7} \quad (5-2)$$

式中 N = 模型參數 / 實體參數

N_f = 摩擦係數比尺依(郭、賴1981)之計算取 $N_f = 10.4$

實體底質中值粒徑為0.24mm，底質浸水比重為1.65。模型試驗用沙底質中值粒徑為0.12mm，底質浸水比重為1.02。潮汐亦為影響漂沙因素之一，而潮汐現象主要之外力為重力，故需滿足重力相似條件，即福祿數 F_r (Froude No.)之比尺為 1：

$$N_{fr} = \frac{N_u}{(N_g N_h)^{1/2}} = 1 \quad (5-3)$$

式中 U 為潮流之流速， g 為重力加速度，由上式可得之潮汐週期之比尺為

$$N_t = N_v^{1/2} \quad (5-4)$$

經由上列 (5-1) ~ (5-4) 等式之計算，可獲得實體與模型相關之試驗條件如表5- 1所示：

表5- 1 模型比尺與模型物理量

物理量	比尺	實體物理量		模型物理量	
水平長度	1/500	24.0km		48cm	
垂直長度	1/83.3	水深	+3m~-28m	水深	+3.6cm~-33.6cm
		潮位	+2.38m~-2.13m	潮位	+2.86cm~-2.56cm
波高	1/56.53	季節風波浪 NNE	2.60m	季節風波浪 NNE	4.60cm
		颱風波浪 SW	4.50m	颱風波浪 SW	7.96cm
週期	1/7.52	季節風波浪 NNE	7.76sec	季節風波浪 NNE	1.03sec
		颱風波浪 SW	11.20sec	颱風波浪 SW	1.49sec
潮汐週期	1/9.1	12.42hr		1.36hr	
底質浸水比重	1/1.62	1.65		1.02	
底質中值粒徑	1/2	0.24mm		0.12mm	

欲由模型試驗過程瞭解實體之地形變化特性，並經由試驗結果合理預測未來海岸地形變化現象，必須經由漂沙時間比尺之計算方可達到目的。屬於長期性地形變化之漂沙時間比尺如下式所列：

$$N_t = N_h^2 N_v N_r^{1/2} N_{d50}^{-1/2} N_h^{-2} \quad (5-5)$$

至於短期性地形變化之漂沙時間比尺為：

$$N_t = N_v^{1/2} \quad (5-6)$$

5-2 試驗設備及儀器

本試驗係於港灣技術研究所之第二試驗場棚中進行，其主要之試驗設備及儀器如下：

1. 試驗水池：長62m，寬51m，深1m。
2. 造波機：本試驗採用丹麥DHI製之油壓推移式造波機，主要動力為二部20HP馬達，經由四台5.5m長之造波機，可製造規則或不規則波。
3. 容量型波高計：包括感應器及增幅器，可準確量測水面起伏變化。
4. 沙面測定儀：沙面變化採用水陸兩用HIT-1250定點式沙面測定儀來量測。
5. 資料處理系統：水面或沙面地形變化經由波高計或沙面測定儀感應後，傳入電腦之AD (Analog-Digital Converter)轉換器轉換成數位訊號，儲存於PC之記憶體內做資料分析處理。
6. 捕沙器：為測定沿岸漂沙量用，其尺寸為長120cm、寬15cm、高6.5cm埋設於垂直海岸線之模型斷面上。
7. 水準儀：為日製PENTAX AL-M2C型，輔助沙面測定儀量測地形變化。
8. 潮汐控制儀：震生機械公司承製，控制潮汐時間與水位變化。

5-3 試驗配置

人工岬灣灘線之形成主要受兩岬頭之距離與波浪入射方向之影響，同時亦應考慮灘線灣入率不能侵蝕到堤岸。本試驗中考慮以突堤當兩岬頭之長度與間距之情況下，謹以三種試驗佈置方案測試人工岬灣之可行性，有關試驗配置如圖5-1～圖5-3所示，其中突堤長度與間距再列表如下：

表5- 2 試驗配置之堤長與間距

堤長間距 配置類別	堤 長 (m)	間 距 (m)
試驗配置 I	210	600
試驗配置 II	380	900
試驗配置 III	500	1200

人工岬灣之灘線可先利用Silvester and Hsu之經驗公式加以計算如下

$$\frac{R}{R_0} = C_0 + C_1 \left(\frac{\beta}{\theta} \right) + C_2 \left(\frac{\beta}{\theta} \right)^2 \quad (5-7)$$

式中 C_0 、 C_1 、 C_2 為常數需查圖表獲得， R 、 R_0 、 β 、 θ 等係數如下圖所示。

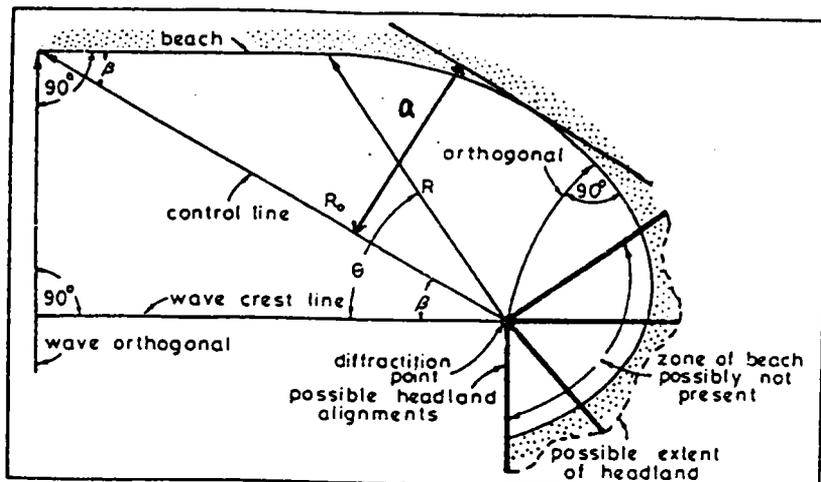


圖5-4 人工岬灣示意圖

同時，亦需利用下式計算灣入率

$$\frac{a}{R_0} = 0.014\beta - 0.000094\beta^2 \quad (5-8)$$

式中 $\frac{a}{R_0}$ 為灣入率， a 如圖5-4中所示。

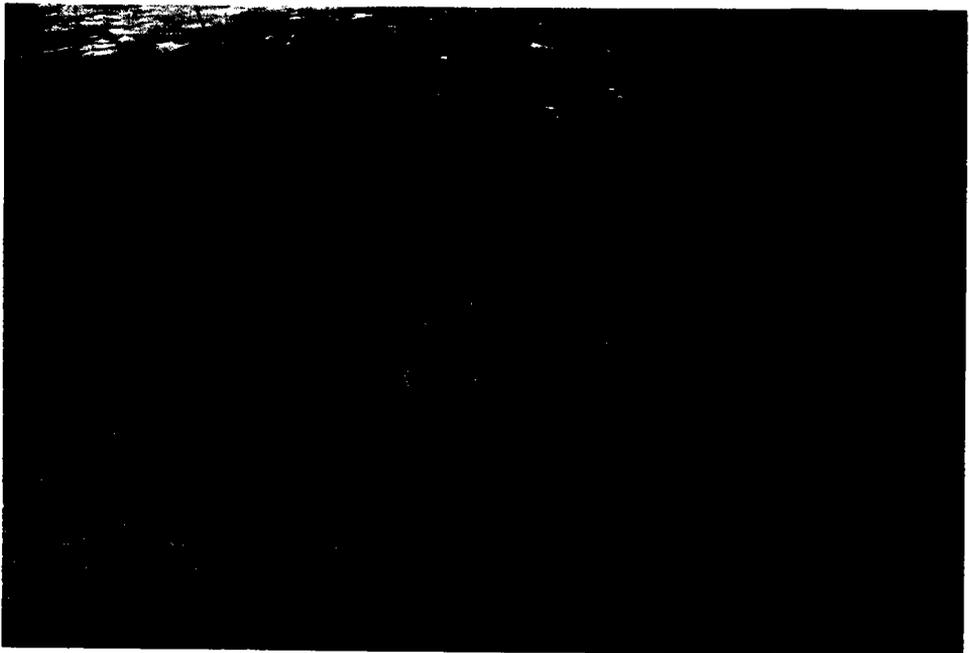
5-4 試驗步驟

1. 於模型鋪設前檢核入射波高與週期，並於試驗造波時，每隔半小時檢校入射波高與週期。
2. 依據原設計於鹿港，線西兩區海堤鋪設1/3之堤面坡度，崙尾區則鋪設1/2之堤面坡度，堤面上披覆塊石，並內裝小塊石之尼龍網蛇籠當作突堤，其試驗模型如照片5-1所示。
3. 為符合人工岬灣灘線形成之原則，於各突堤間以兩堤頭連線至海堤間先行人工補砂至零水位線。

4. 以季節風波浪造波12小時，並於3、6、9、12小時時量測突間內地形變化情況。
5. 於季節風波浪造波12小時後，不改變地形變化，再以颱風波浪造波 3 小時並量測其地形變化，爾後再以季節風波浪造波12小時，並於第 6 及12小時量測地形。
6. 試驗過程中依潮汐週期控制水位變化，且每隔半小時加煤灰10kg，視為沿岸輸沙補給量。
7. 當改變試驗配置後，即恢復原初期試驗地形，並重覆上述試驗步驟。



照片5- 1 人工岬灣試驗模型



照片6- 1 試驗配置Ⅱ，人工岬灣形成之灘線

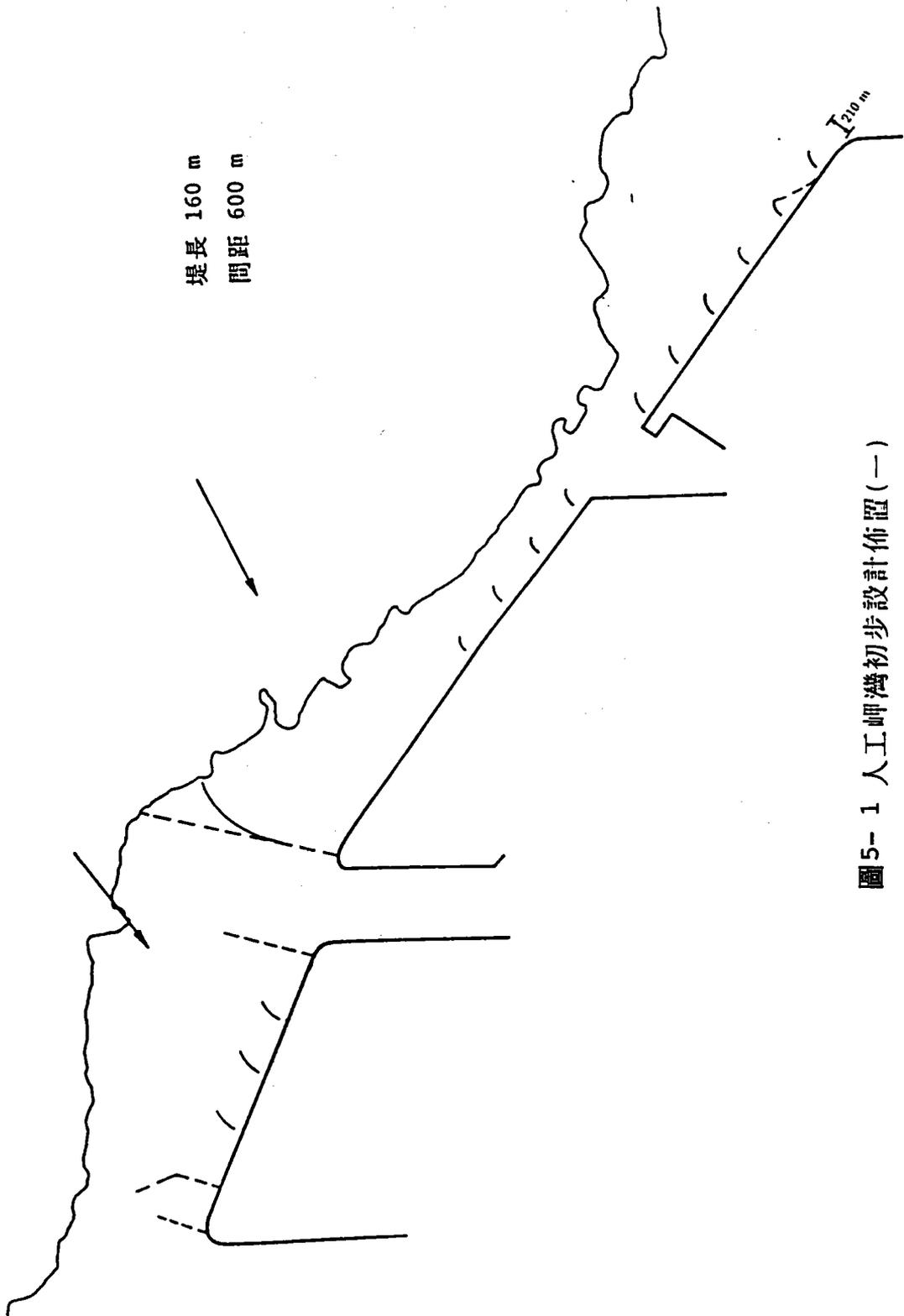


圖 5-1 人工岬灣初步設計佈置(一)

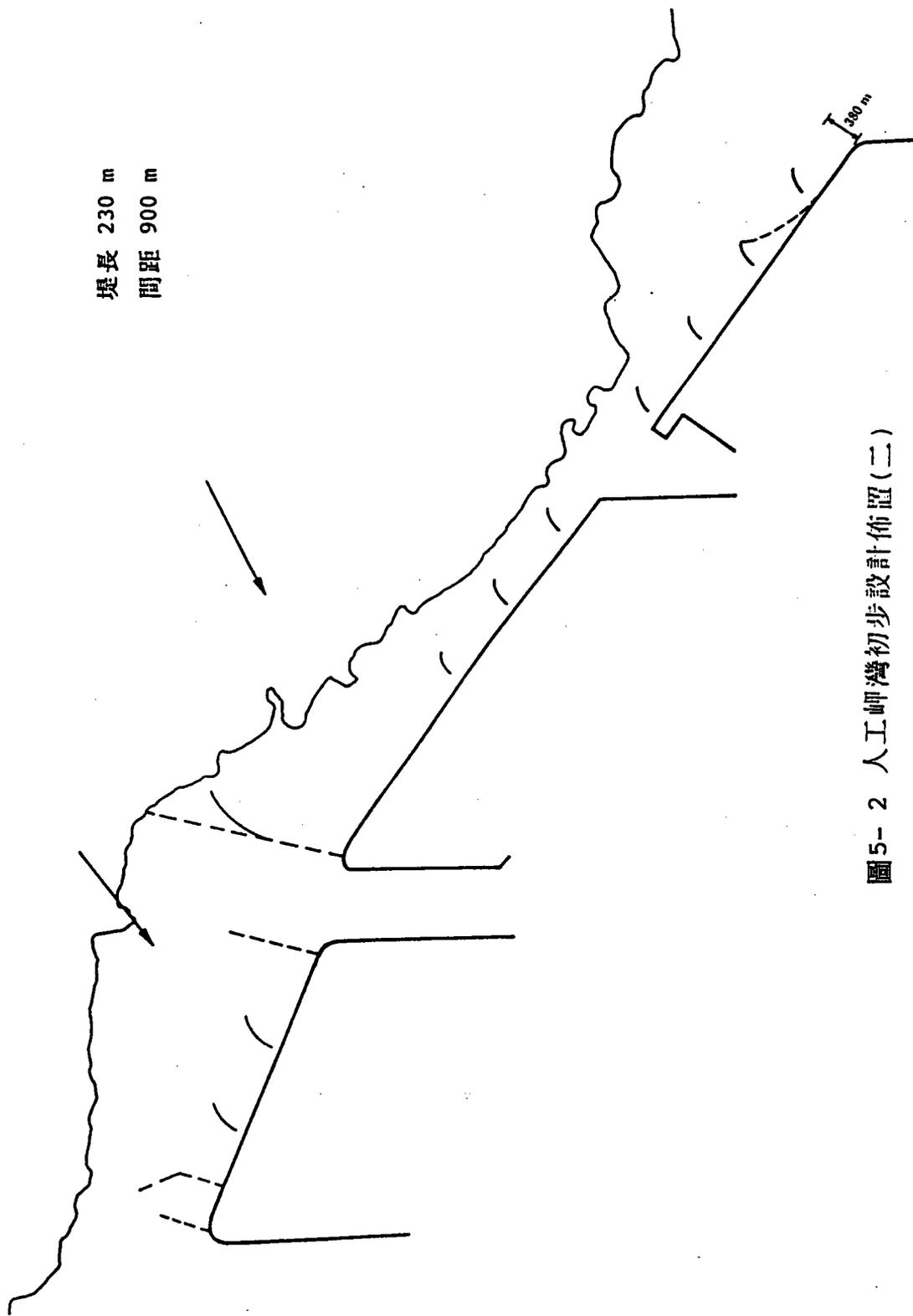


圖 5-2 人工岬灣初步設計佈置(二)

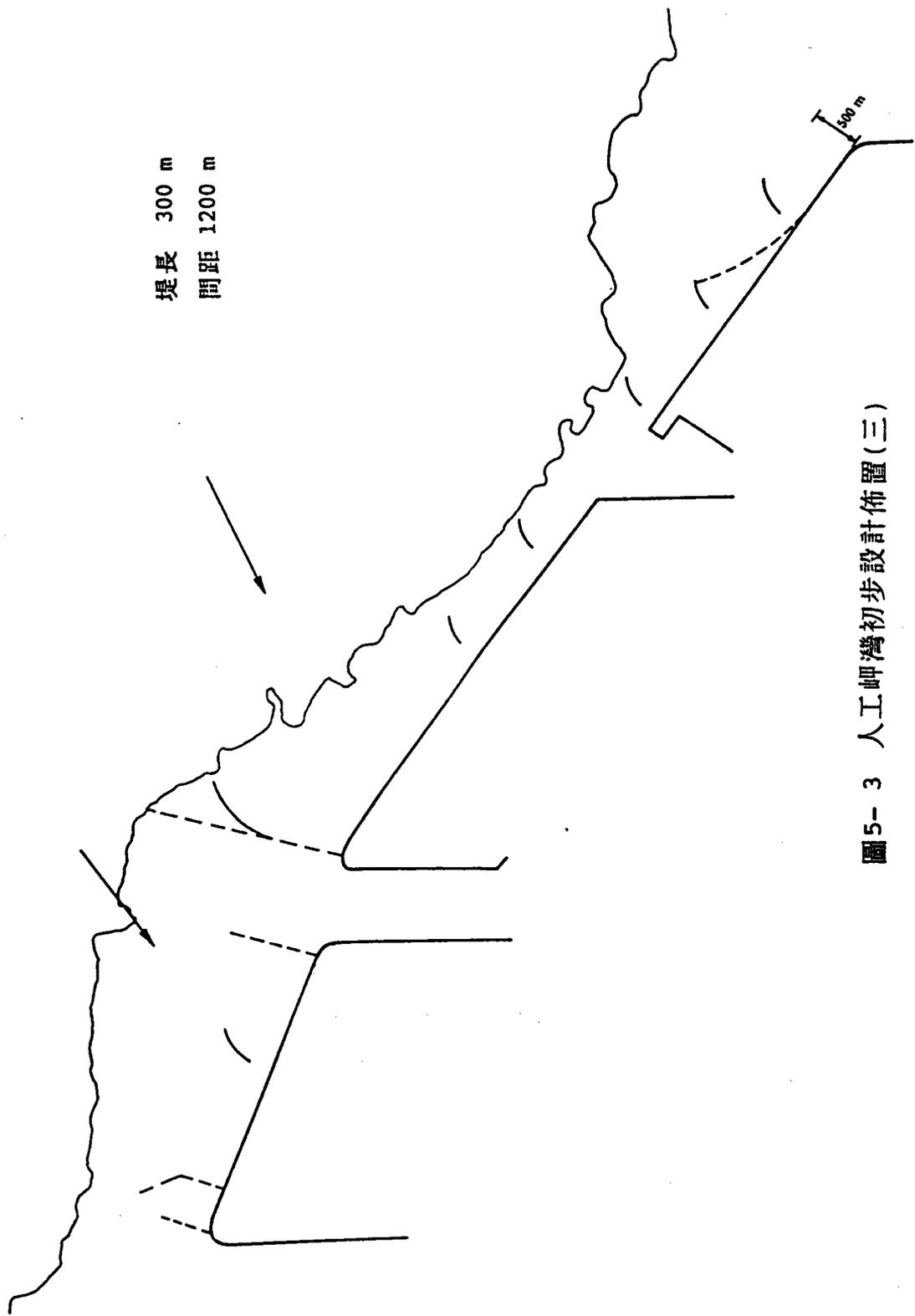


圖5-3 人工岬灣初步設計佈置(三)

第六章 試驗結果

6-1 人工岬灣理論灘線之探討

於海岸保全之方法中，雖然人工岬灣方式較為經濟且符合自然方式，但其考慮因素亦倍受爭議，爭議之處在於其僅考慮波浪入射方向與兩岬頭連線之長度，其他諸如波浪型式、波浪條件大小、地形坡度等影響漂沙之因素皆未考慮；若就其考慮因素而言，亦有下列數點應加以注意：

1. 人工岬灣中上游控制點（即繞射點）岬頭與下游控制點岬頭之位置應加以注意，尤其下游控制點的選定，常有誤差出現。
2. 於計算公式 (5-7) 式中之 C_0 、 C_1 、 C_2 等常數係由波峰線與兩岬頭間連線之夾角 B 查圖所得，一般而言， B 於 $10^\circ \sim 40^\circ$ 間此三係數與 B 呈現簡單之關係，而在 Silvester and Hsu 之論著中， B 值亦僅在 $10^\circ \sim 80^\circ$ 間才可查到 C_0 、 C_1 、 C_2 等常數之值。

以本試驗人工岬灣配置中一組突堤為例，應用 (5-7) 式計算其灘線如下圖所示：

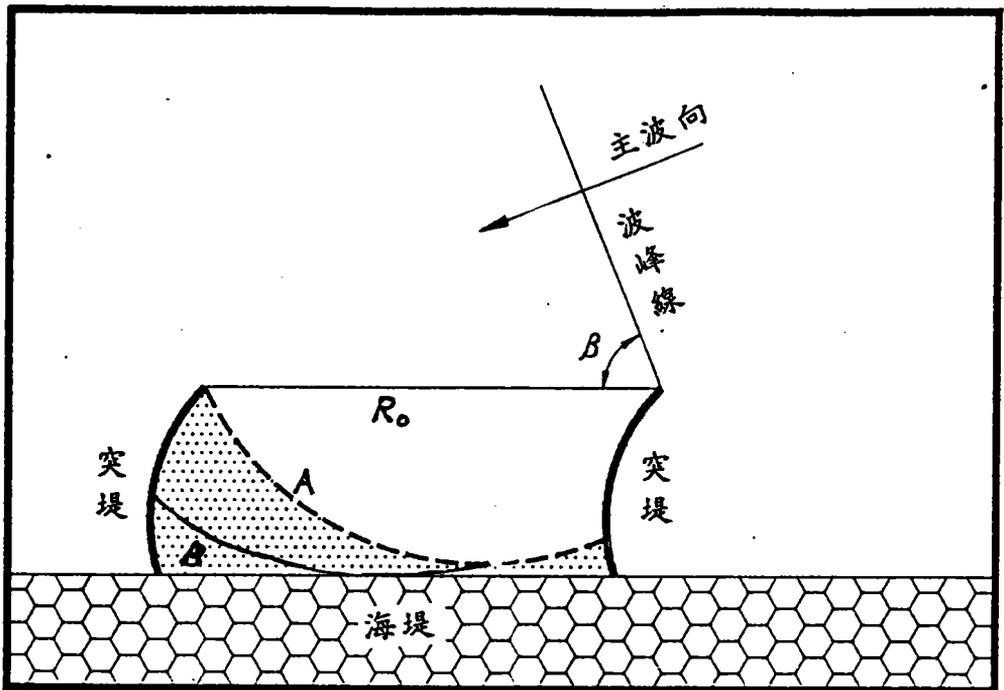


圖6-1 人工岬灣理論灘線示意圖

圖中點線 A 即是灘線形成之位置，右側突堤為上游控制點（即繞射點），左側突堤為下游控制點。由於人工補沙關係，突堤內（圖中 R_0 線內側）與外側間有一高程差存在，當波浪作用時，堤內之沙被帶出而形成一緩坡地形，且因地形關係波浪偏折內側，因此灘線為圖中 B 線位置處，有關人工岬灣配置理論灘線如圖 6-2 ~ 圖 6-4 所示。

6-2 試驗結果

於季節風波浪作用下形成兩岬頭間之人工岬灣灘線，然而，若遇颱風入侵時，灘線必然因波浪方向與波浪條件改變而改變，一般而言，灘線後之堆沙會被帶至碎波線附近形成有保護性之潛洲，然後再因季節風波浪之作用再把它搬回，因此，理論上人工岬灣之灘線有恢復原狀之能力。本試驗結果即依受季節風波浪作用後灘線之形成與再分

別受颱風波浪及季節風波浪作用後灘線變化情況兩部份分別詳述如下：

1. 季節風波浪作用後人工岬灣之試驗結果

(1) 試驗配置 I

依圖6-2之試驗配置 I 佈置堤長210m，堤間距600m之突堤，於季節風波浪作用12小時後之試驗結果如圖6-5所示。圖中符號H1A 之1 表示試驗配置 I，A 表示配合圖6-2中突堤 A區之位置，圖表示 A區內地形變化之等深線，其圖之整個範圍即表示圖2-6A區兩突堤間之區域，其中虛線曲線即表示理論灘線之位置，等深線正號表示為地形淤積，負號表示侵蝕者。下圖係表示有突堤時，波浪作用12小時後海堤堤腳地形高程之變化差值（即 $\circ-\circ-\circ$ 符號者）與僅有原海堤造波15小時後其堤腳地形高程差值

由於整個海堤前地形皆位於水面下，為配合灘線之形成，乃於兩突堤間先行人工養沙至零水位，然由各圖之試驗結果顯示，整個區域並無理論之人工岬灣灘線形成。就線西區之地形變化而言，由於右側上游控制點之遮蔽作用，各區間右側海堤堤腳附近沖刷情況較輕微，甚至有淤積情況，如 D區所示，而左側則因波浪折射而入的關係，侵蝕較為嚴重。再由各圖之下圖試驗結果顯示，有突堤佈置之海堤堤腳沖刷情況較之無突堤佈置稍好（由於此區水深約在-1.0m ~ -1.5m，即模型上-1.2cm ~ -1.8cm，而有突堤時其事先補沙至零水位，因此，需將有突堤者加上1.2cm ~ 1.8cm 再行比較）。

再就崙尾區而言，由於此區海堤前水深較深，碎波線逼進的關係，各區間地形沖刷特別嚴重，所補之沙大都被帶至堤外而無法形成人工岬灣之理論灘線，但對海堤堤腳沖刷而言，有突堤者亦優於無突堤者（同前，有突堤者需再加上4.8cm ~ 7.5cm）。

就鹿港區而言，由於其受崙尾區南側導流堤與本區漁港南防波堤遮蔽效應之影響，波浪作用較緩，堤內堆沙情況較理想，比較符合人工岬灣之理論灘線，惟最南側之 M區因遮蔽作用較小而有侵蝕情況產生。

(2) 試驗配置 II

加長堤長為380m，堤間距為900m之人工岬灣配置，如圖6-3所示，進行試驗配置 II 之試驗，其試驗結果如圖6-16所示，圖中代表符號一如前小節所述。由於堤長與堤距皆增加，區域內之人工補沙量亦增加許多，當波浪開始作用後，局部沙量迅速被堆積至海堤堤腳而形成露出水面之灘線。一當灘線形成，其後地形僅隨波浪前後之移動而改變，即是言，其已形成一穩定型式之人工岬灣灘線。此灘線情況於線西區最為明顯，如圖中A、B、C、D等區所示，又如照片6-1所示。於A、B、C、D等區之圖示可知，除位於本區西側之D區海堤前水深稍大，波浪作用稍大，以致突堤內地形有侵蝕情況外，其餘各區已具備人工岬灣灘線之模樣，亦因如此，由各下圖中可知，有突堤時其海堤堤腳比無突堤者更少受侵蝕之害。

與試驗配置 I 情況相同者，崙尾區之人工岬灣試驗，其區域內沖刷情況仍相當嚴重，如E、F與G區之右側等，惟因堤長、堤距之增長，其G區左側及H區已有形成人工岬灣灘線之形式。另外，對海堤堤腳之保護而言，其亦如試驗配置 I 者，有突堤者優於沒突堤者。

本配置鹿港區之各突堤間地形，仍因受崙尾區導流堤與本區漁港防波堤遮蔽作用之影響，再加之堤內補沙量之增加，突堤間地形大都為淤積型者，對海堤堤腳之保護更優於試驗配置 I 者。

總括上述所言，試驗配置 II，因突堤堤長與堤距之增加

已有局部區域具備形成人工岬灣灘線之模樣，因此，其對海堤堤腳之保護優於試驗配置 I 者。

(3) 試驗配置 III

再增加堤長為 500m，堤間距為 1200m 之人工岬灣如圖 6-4 所示，辦理試驗配置 II 之試驗，其試驗結果如圖 6-7 所示。由於堤長與堤距增長之故，其與試驗配置 II 之結果有相似之處。於線西區處，兩配置之 A 區因右側無突堤屏障故僅有左邊突堤內側堆沙，於試驗配置 II B、C 區位置大約為配置 III B 區位置，兩者皆是區內左側堆沙至水面上，但因波浪折射而入的關係，其灘線較之理論灘線後退，而區內右側則略為受侵蝕而無法形成如理論灘線。而試驗配置 III C 區位置約略為配置 II D 區位置，此兩區則於區內右側形成為灘線而與理論灘線配合，但其左側則剛好相反成侵蝕情況，原因如何，尚待進一步研究探討。

綜括上述試驗結果顯示，雖然試驗配置 III 之突堤堤長與堤距皆增加，但其試驗結果卻與配置 II 者相近似，此或許與其堤長及堤距比皆約為 1:2.4 相同者有關。

形成之人工岬灣灘線，若遭遇颱風侵襲時，灣內土沙必被括走而帶至外海碎波帶處，爾後再受季節風作用，慢慢再帶回至灣內沈積，但帶出之土沙是否能全數帶回，此為下列試驗之目的。

2. 人工岬灣遭颱風侵蝕再受季節風波浪作用後之試驗結果

依據上節之所述，考慮試驗結果與工程經費之前提下，此處選擇試驗配置 II 進行後續之試驗。保留已進行季節風波浪造波 12 小時後之地形，進行造波颱風波浪 3 小時，爾後再進行季節風波浪 12 小時，分別觀察其間地形變化情況。有關其試驗結果，如圖 6-8~圖

6-18所示，圖中符號H2A-T-S者，A表示A區之範圍，T表示颱風波浪，S表示季節風波浪，下圖中左側圖為最初季節風波浪造波12小時後之地形等深圖，右側圖為再受颱風波3小時後之地形等深圖，而中間為最後受季節風波浪造波12小時後之地形等深圖，而上圖則為上述三種情況之等深圖的合成，圖中之範圍即為各區之測試範圍，縱座標單位為m，等深線之大小係與最初全未造波時之初期地形的差值（即是與零水位之差值），負號者表示侵蝕，正號則表示淤積。以下即先詳述各區之變化情況。

於線西區之A區中，由於區內左側原先即有部份堆積，當經颱風波浪作用後將此堆沙稍往右移，而其他部份則因無法堆沙而侵蝕較嚴重，而再經季節風作用後，區內側靠近海堤處近似回復原來地形，但較外側部份則因颱風之侵蝕較嚴重無法恢復。同樣情況，於B區中原先亦有部份堆積，因之，經颱風與季節風波浪再次作用後，區內地形亦有回復，惟區內左側回復情況稍差。C及D區中，因原先地形即屬侵蝕情況，當再經颱風波浪作用時，地形即再次受侵蝕，土沙被帶至堤外遠處，當再受季節風波浪作用時，由於堤內無較多之沙量以形成灘線，而堤外被帶走之土沙又無法即時回復於區內的情況下，其地形侵蝕情況反趨嚴重。

對崙尾區而言，雖然此區南側有導流堤之阻擋，但因颱風波浪高與週期皆較大且碎波線逼進之故，其遮蔽效果並不大，且因此區各突堤區內原先地形大都皆已為侵蝕狀態，再加上颱風波浪作用後，此區域之沙被帶至外海形成沙洲，以致再受季節風波浪作用時，其各區內地形受侵蝕嚴重而無法回復原地形。

對鹿港區而言，此區原先地形因受右側導流堤與防波堤之遮蔽作用，各突堤內大都有堆沙現象，然當颱風波浪作用時，此區直接受沖擊，除 I 區因有右側防波堤之幫助，區內靠近海堤內側之沙沒被帶出突堤以外，其餘 J、K 兩區內之沙皆被大量帶出，而當再受季節風作用時，地形即因無法回復原狀。

總括上述結果，人工岬灣受颱風侵襲後，再經季節風波浪之作用，除非堤內已有明顯之堆沙，否則其地形大都無法回復且可能有侵蝕更嚴重之狀。

3. 不規則波浪作用之試驗結果

為符合實際海面紛紜波浪情況，本試驗中另行以試驗配置 II 作不規則波浪作用觀測人工岬灣變化情形，予與上述規則波作用之試驗結果作一比較。

不規則波波譜係採用歐善惠教授於1977年調查分析台灣海峽的實測紀錄，其波譜為：

$$S(f) = \frac{3.28}{C_1^2 C_2^4} \left(\frac{H_s}{T_s} \right)^2 f^{-5} \exp \left[-\frac{5}{4} (C_2 f T_s)^{-4} \right] \\ \times \gamma \exp \left[-\frac{1}{2\sigma_0^2} (C_2 f T_s - 1)^2 \right]$$

$$C_1 = 3.80, C_2 = 1.13, \gamma = 2.08, \sigma_0 \begin{cases} \sigma_a = 0.07 & f \leq f_p \\ \sigma_b = 0.09 & f > f_p \end{cases} \quad 2-9-1$$

式中 H_s 、 T_s 為指示波高與週期， f_p 為尖峰頻率。有關波譜型式如下圖所示

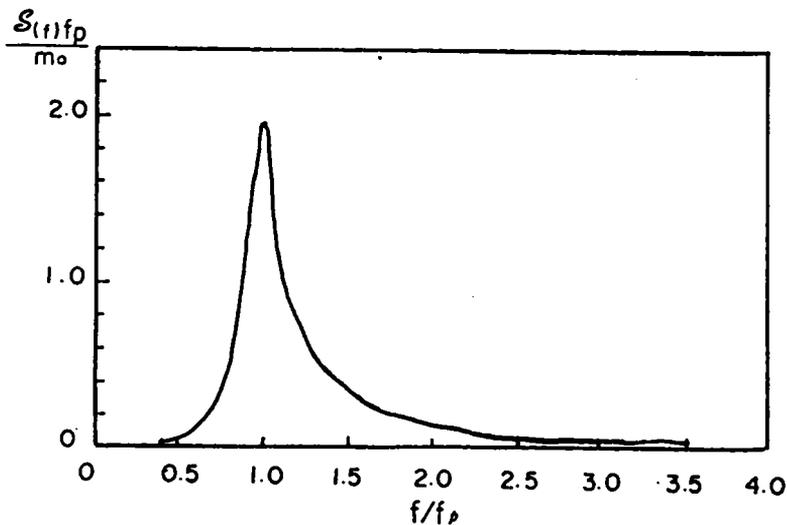


圖 6-19 試驗波譜之形狀

有關試驗過程一如上節所述，先以季節風波浪之波高及週期作為不規則波之指示波高及週期造波12小時，再以颱風波浪造波 3小時，最後再以季節風波浪造波12小時，觀測其間人工岬灣變化情況，有關其試驗結果如圖 6-26 ~圖 6-30所示。圖中之符號一如前節所述，各圖中之下圖係季節風與颱風波浪造波後之個別變化情形，其中左側圖為最初季節風波造波浪造波12小時之變化情況，中間圖則為颱風波浪造波 3小時後之情形，右側圖則為最後季節風波浪造波12小時後之情形，其上圖則為全部之變化情況。

不規則波與規則波不同之點，在於其係由一大小不同之波群所組成，因此，經由長時間之波浪作用後，其對地形變化之影響，亦會顯不同之試驗結果，例如，於規則波颱風波浪作用後，其於較深海處會產生沙洲情形，但於不規則波作用後，則無明顯之沙洲現象產生，而此情況爾後之季節風波浪作用後，地形之恢復有極大之影響。由各圖之試驗結果可得知，於最先之季節風波浪作用下，線西區與鹿港區形成人工岬灣之情形，較之規則波作用者稍好。而崙尾區則因水深關係，除 H 區左側有明顯堆積形成灘線外，其餘侵蝕情況依然嚴重，以致無法形成人工岬灣灘線。而由颱風侵襲後，再受季節風波浪作用下人工岬灣恢復情況觀之，雖然其地形無法完全恢復成颱風波浪作用前之情況，但基於前述之闡釋，線西區與鹿港區之恢復情況極為良好，而崙尾區則因先前之侵蝕以致恢復情況極差。

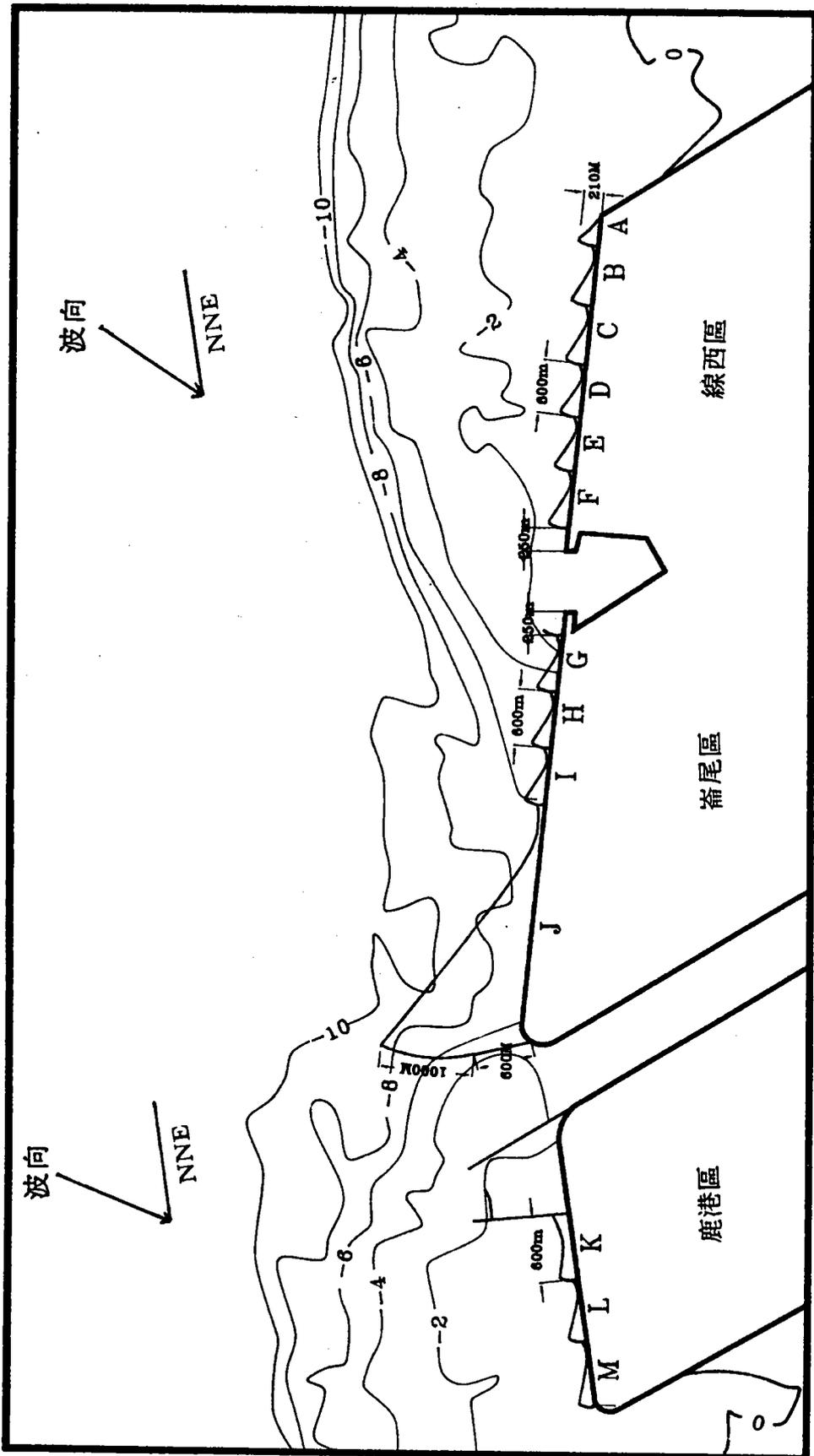


圖6-2 人工岬灣試驗配置 I, 理論灘線示意圖

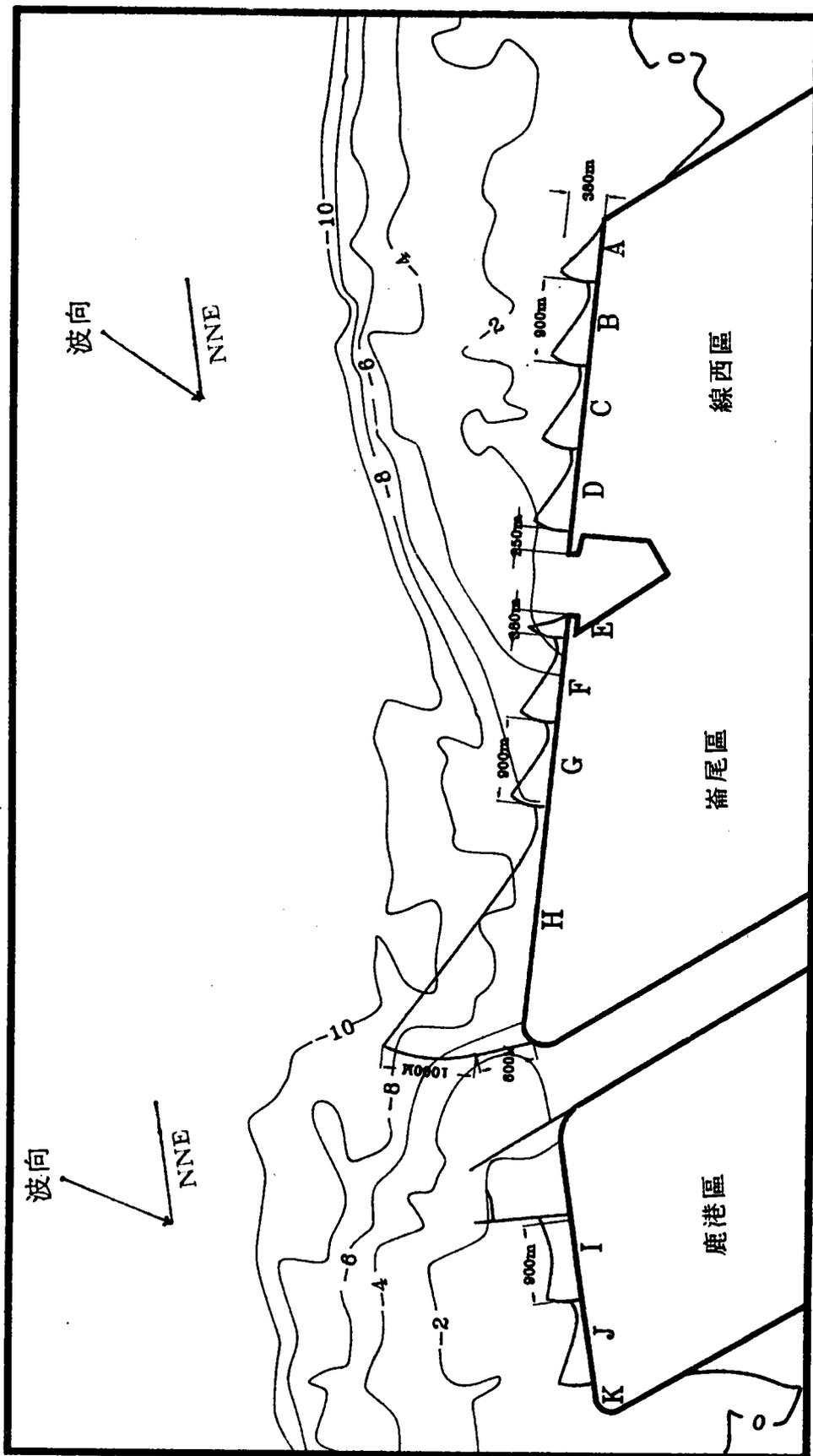


圖6-3 人工岬灣試驗配置II，理論灘線示意圖

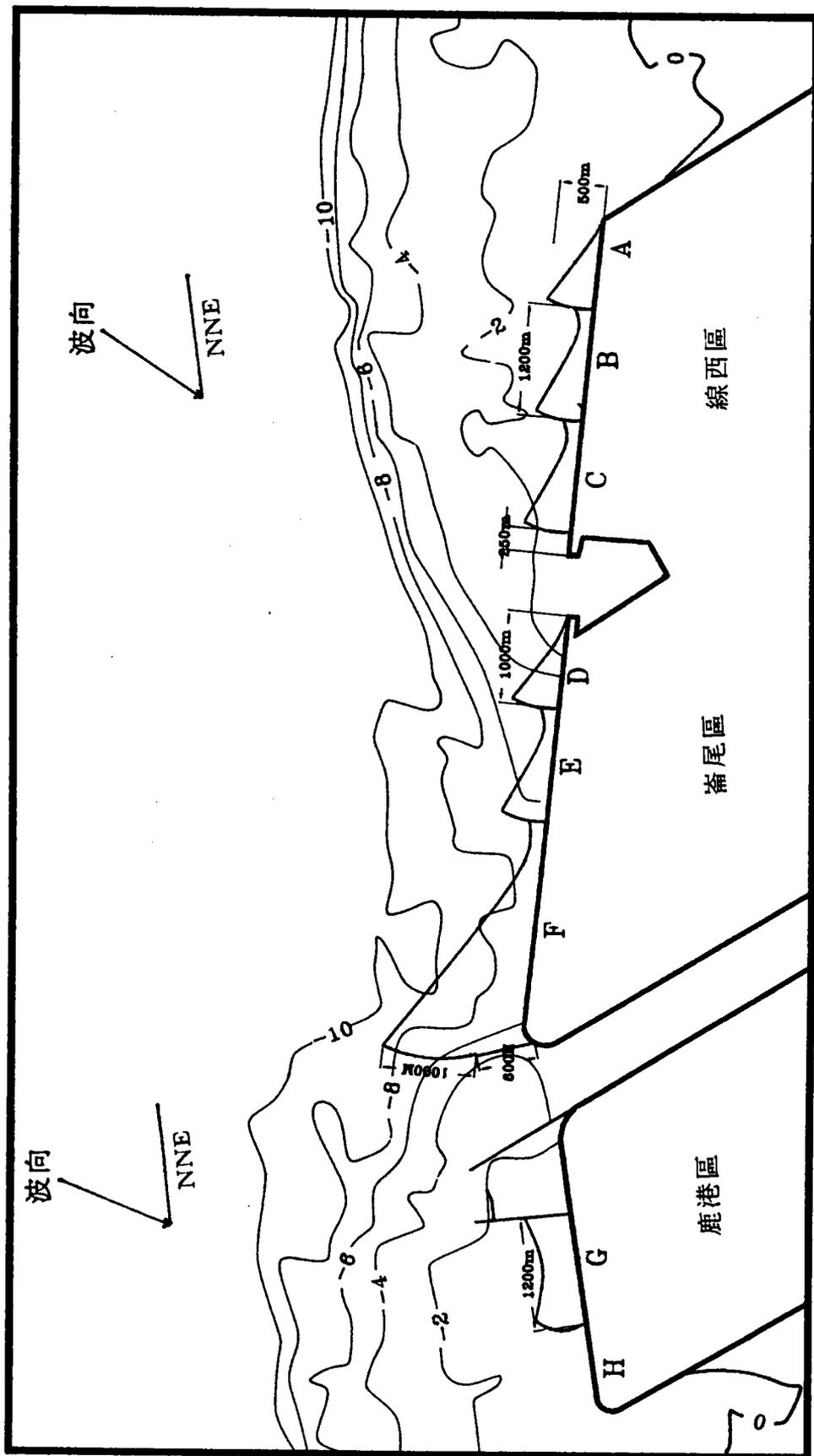


圖 6-4 人工埤灣試驗配置 III，理論灘線示意圖

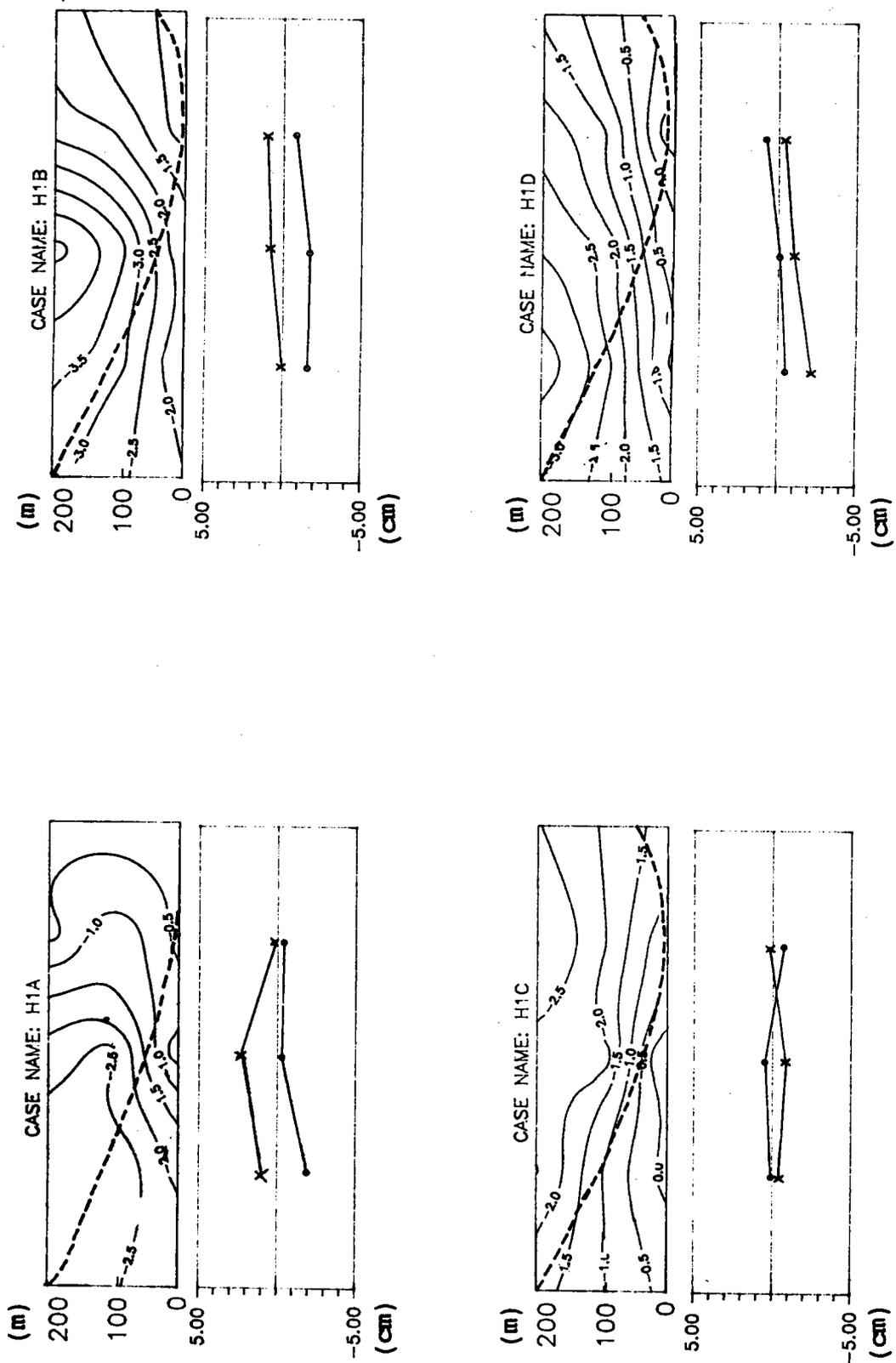


圖 6-5 試驗配置 I, 各突堤間之地形變化

(o-o-o : 有突堤佈置, x-x-x : 無突堤佈置)

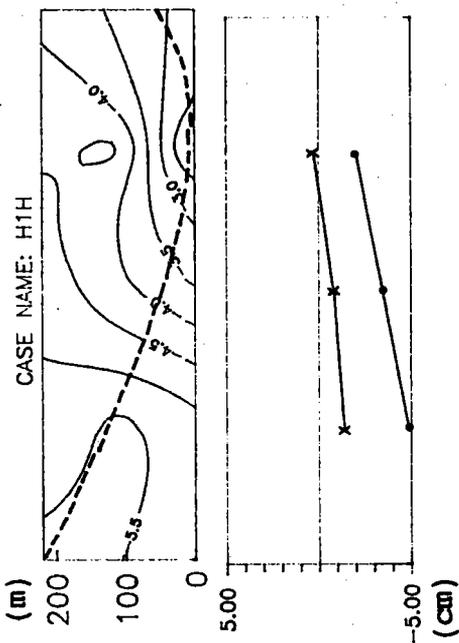
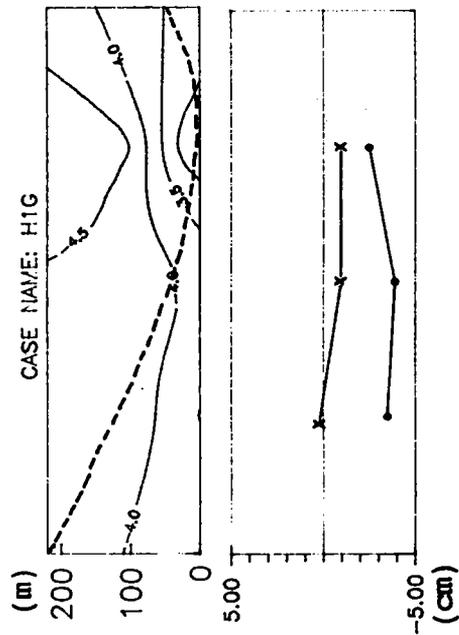
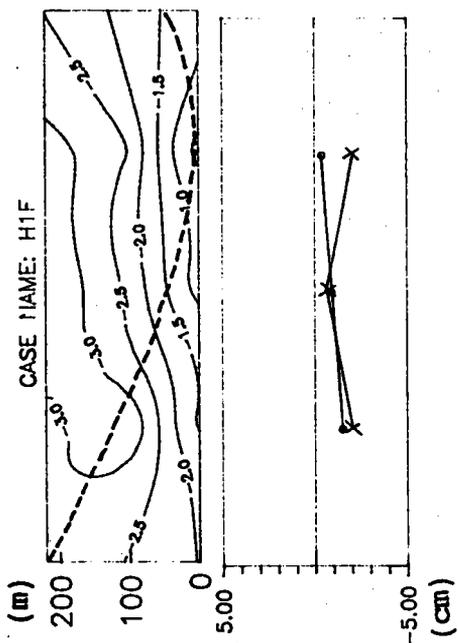
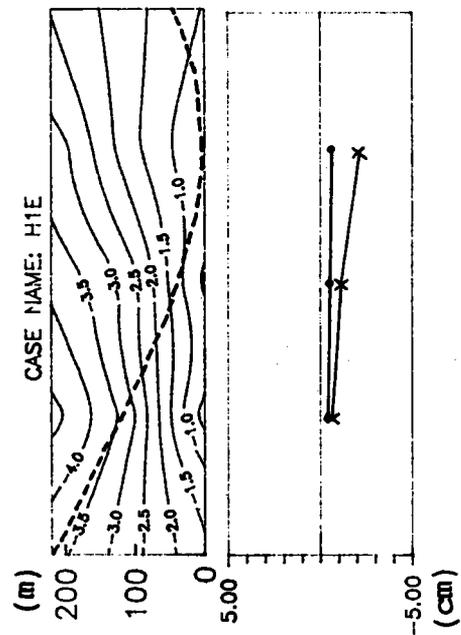


圖 6-5 (續) 試驗配置 I, 各突堤間之地形變化

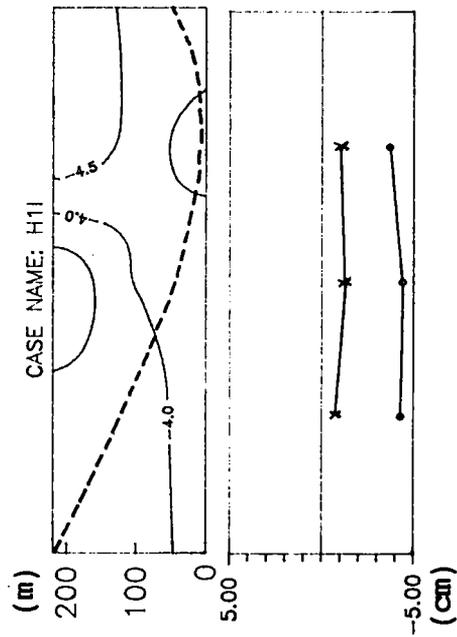
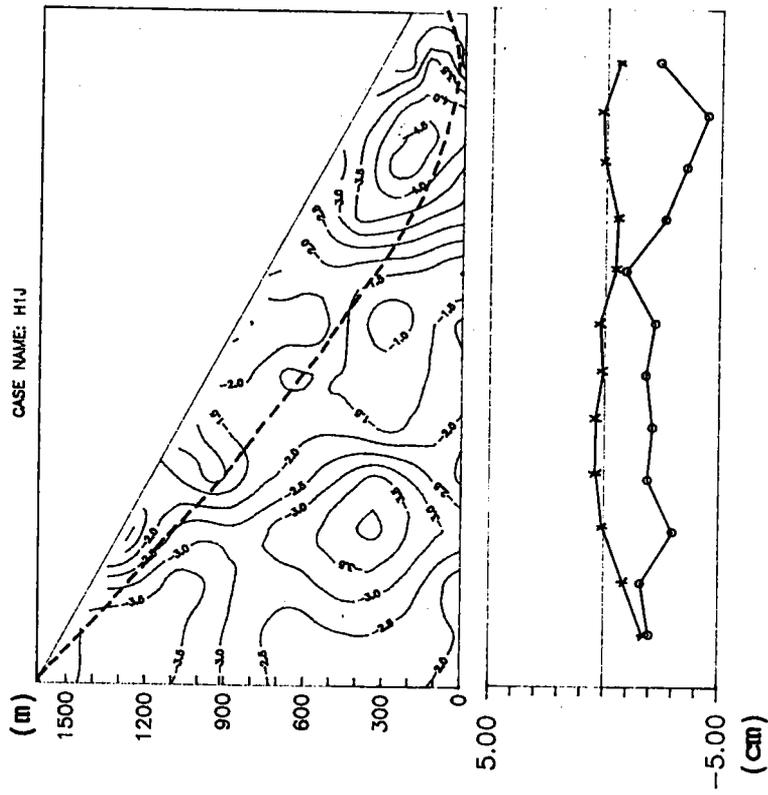


圖 6-5 (續) 試驗配置 I, 各突堤間之地形變化

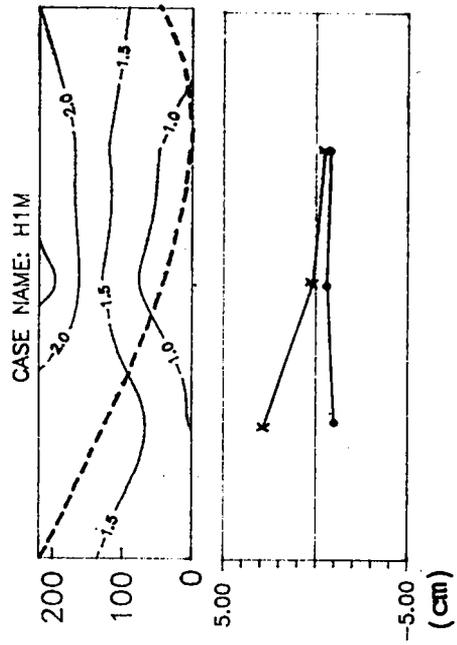
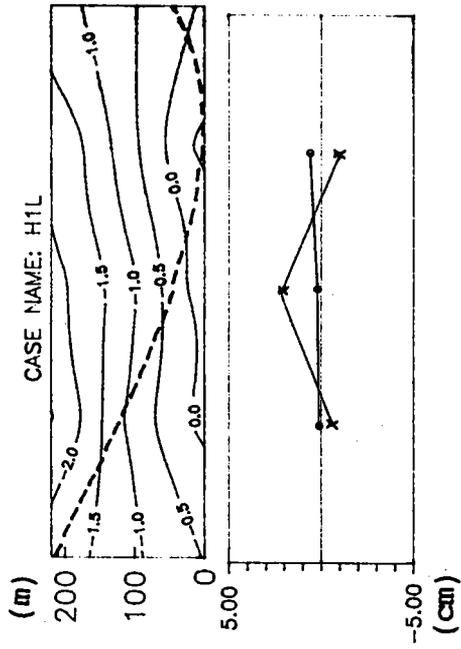
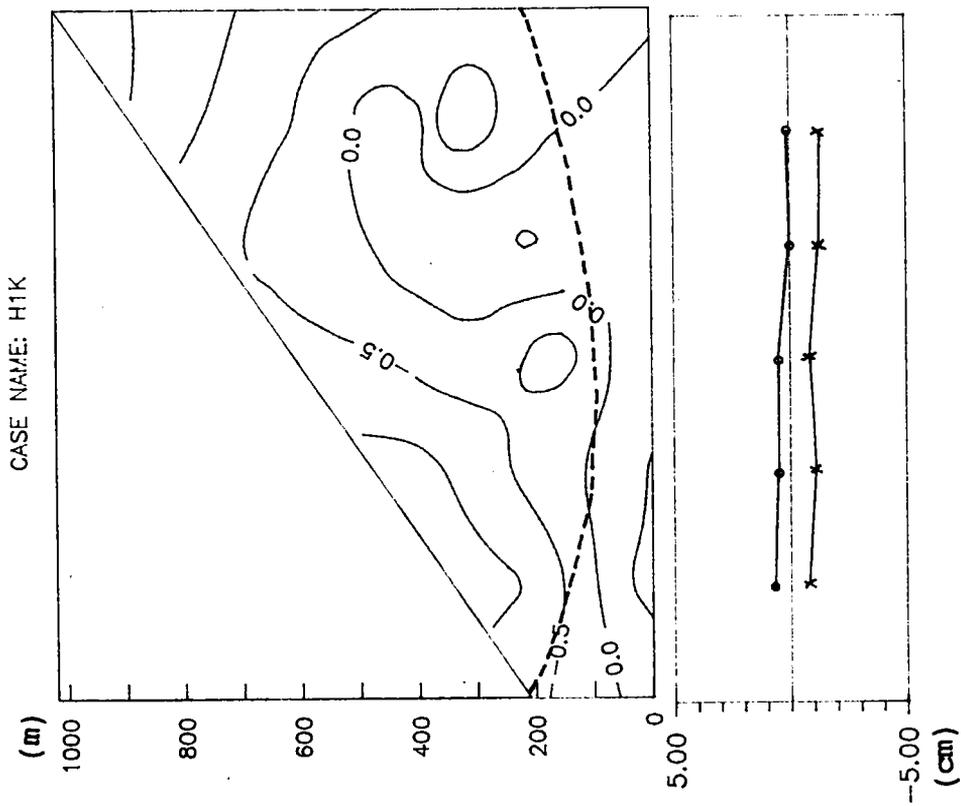


圖 6-5 (續) 試驗配置 I, 各突堤間之地形變化

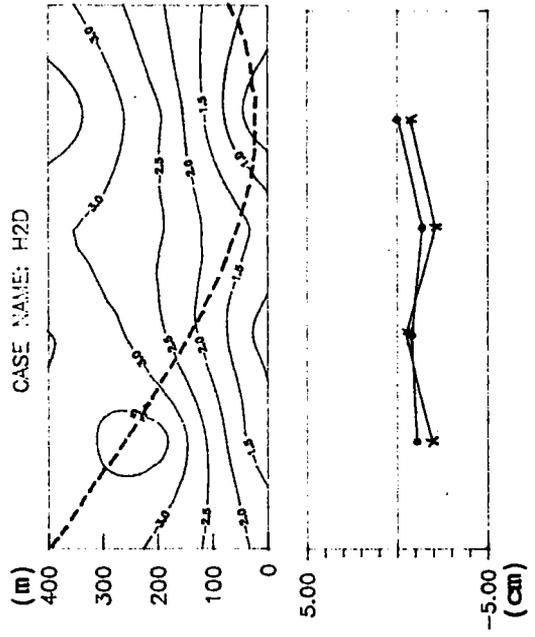
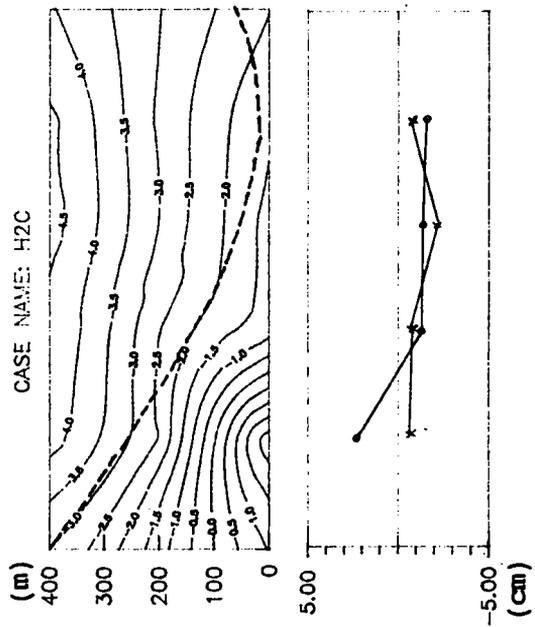
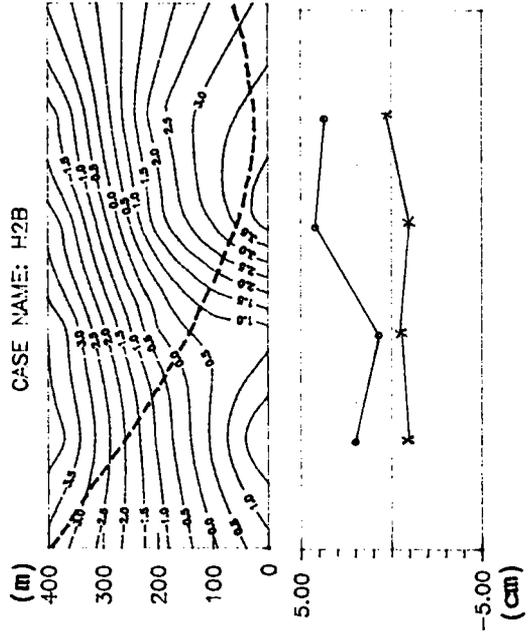
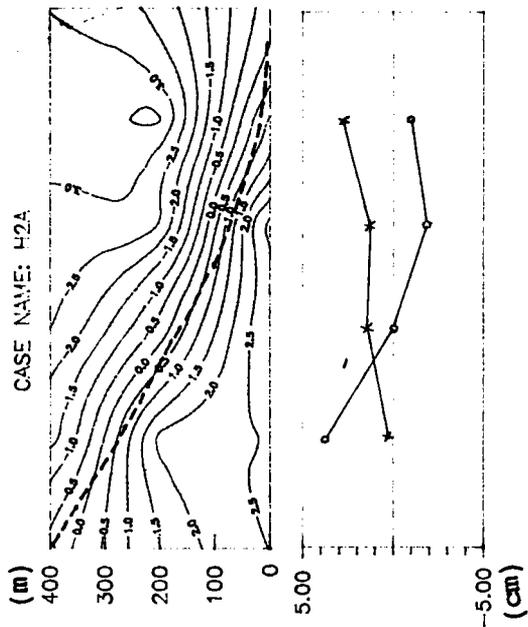


圖 6-6 試驗配置 II, 各突堤間之地形變化
(o-o-o: 有突堤佈置, x-x-x: 無突堤佈置)

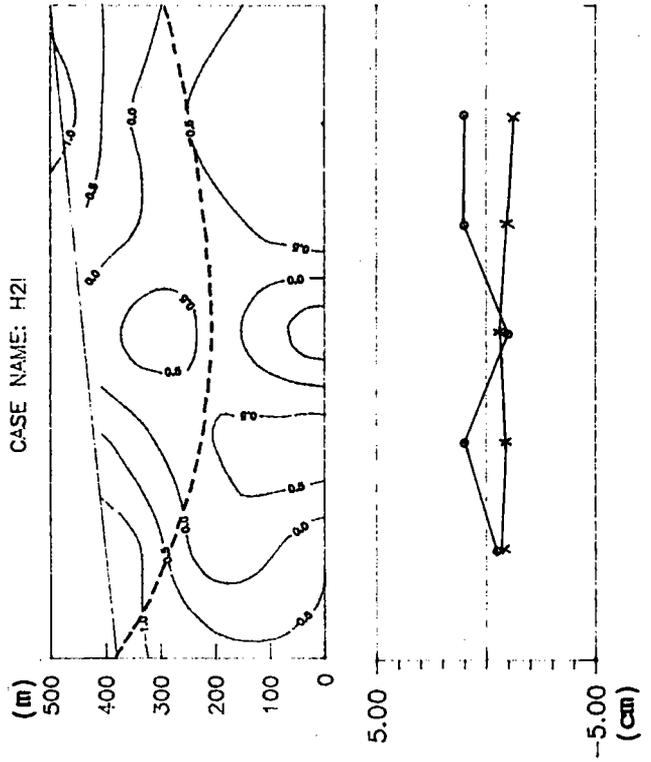
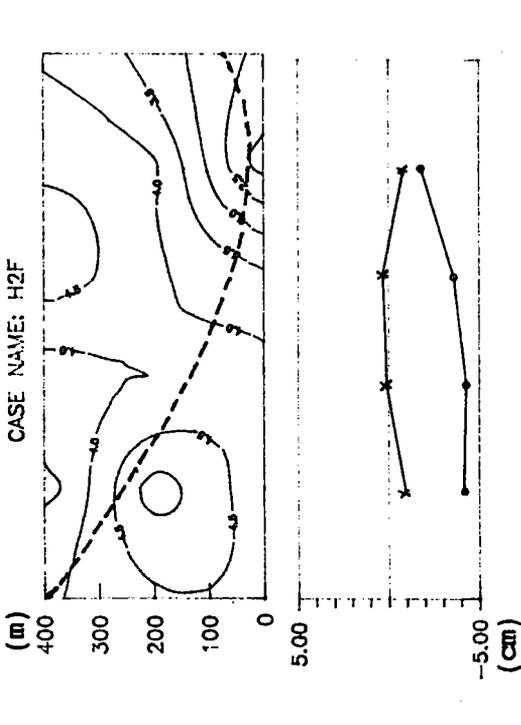
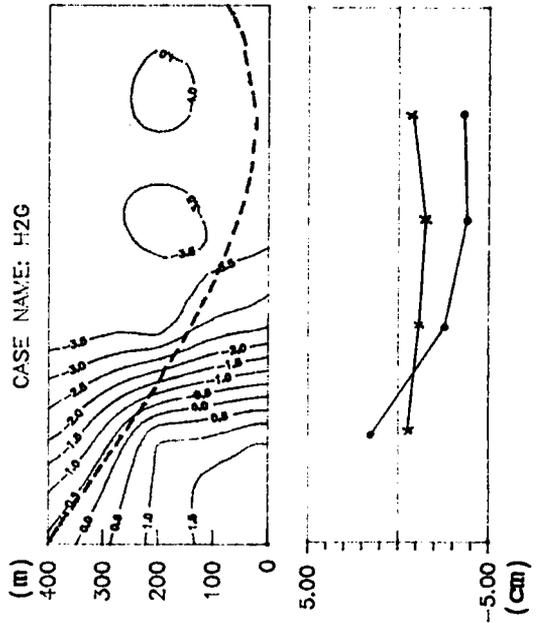
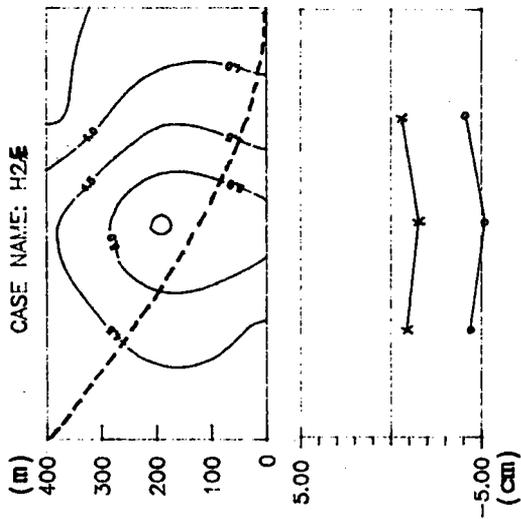


圖 6- 6 (續) 試驗配置 II, 各突堤間之地形變化

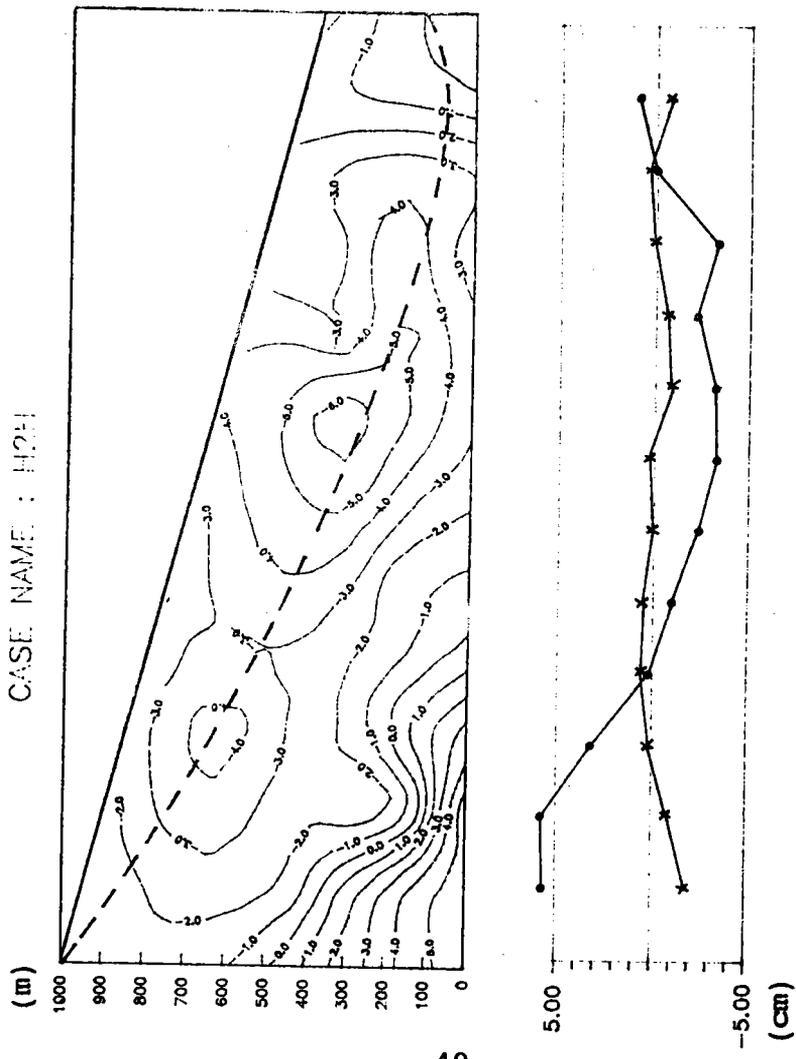
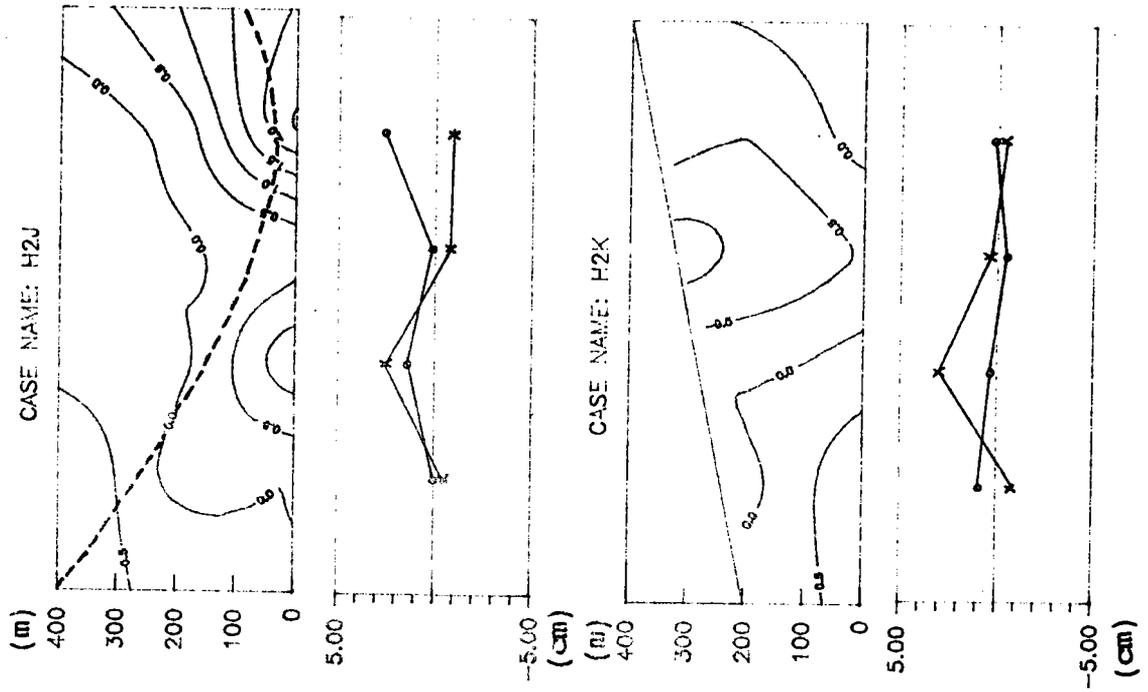


圖 6-6 (續) 試驗配置 II, 各突堤間之地形變化

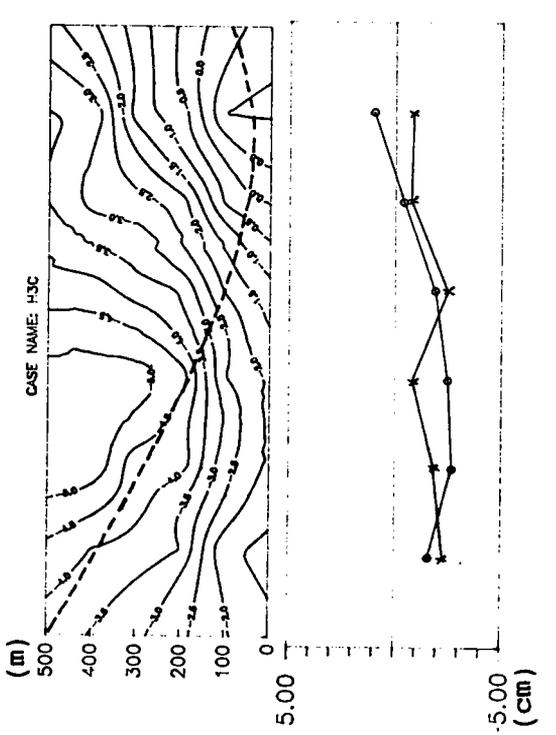
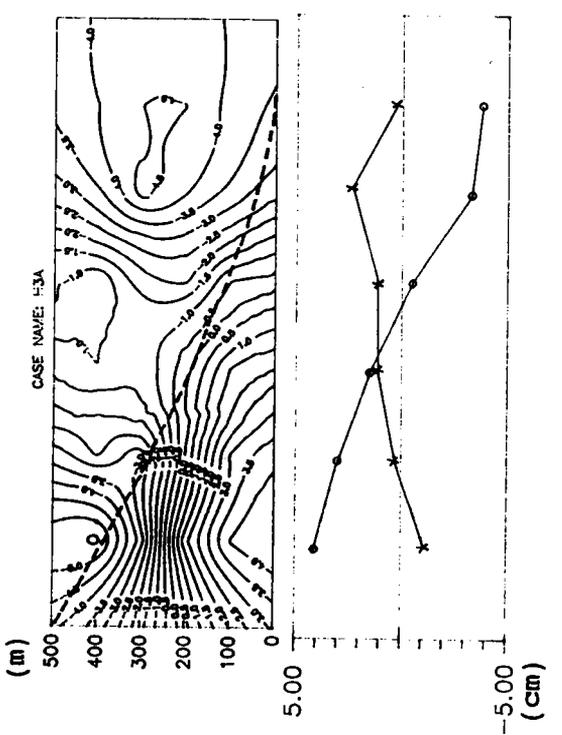
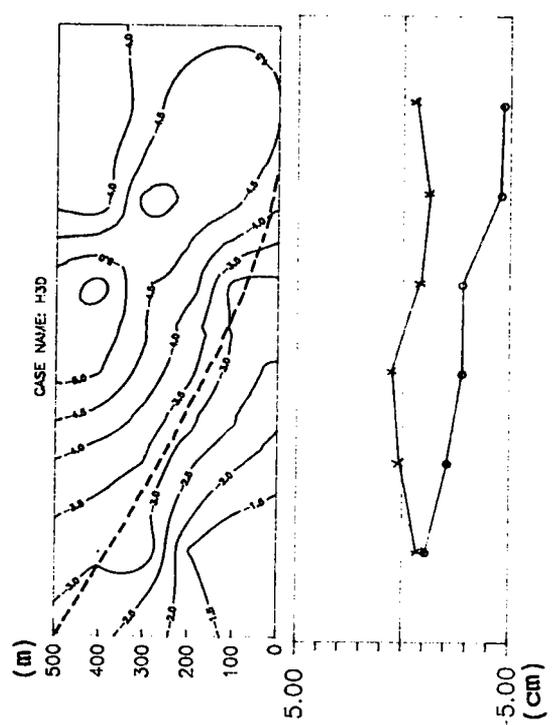
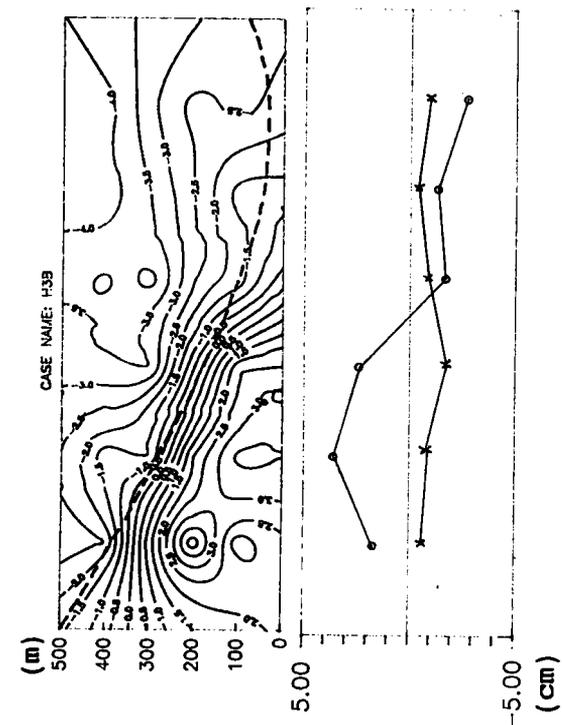


圖 6-7 試驗配置 III, 各突堤間之地形變化

(o-o-o: 有突堤佈置, x-x-x: 無突堤佈置)

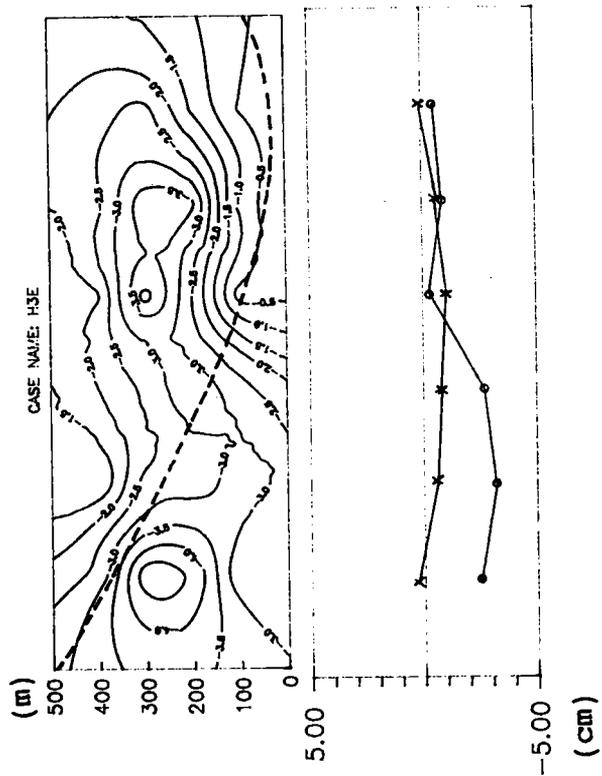
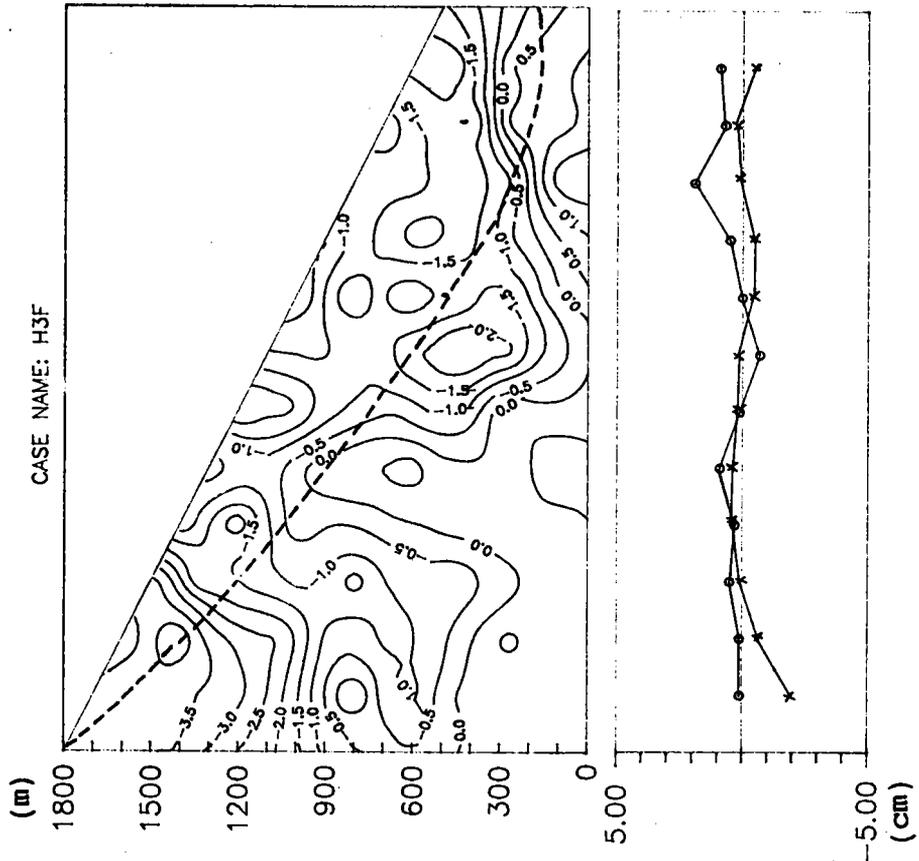


圖 6-7 (續) 試驗配置 II, 各突堤間之地形變化

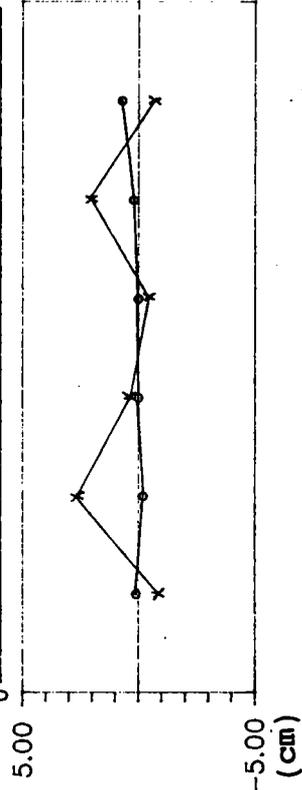
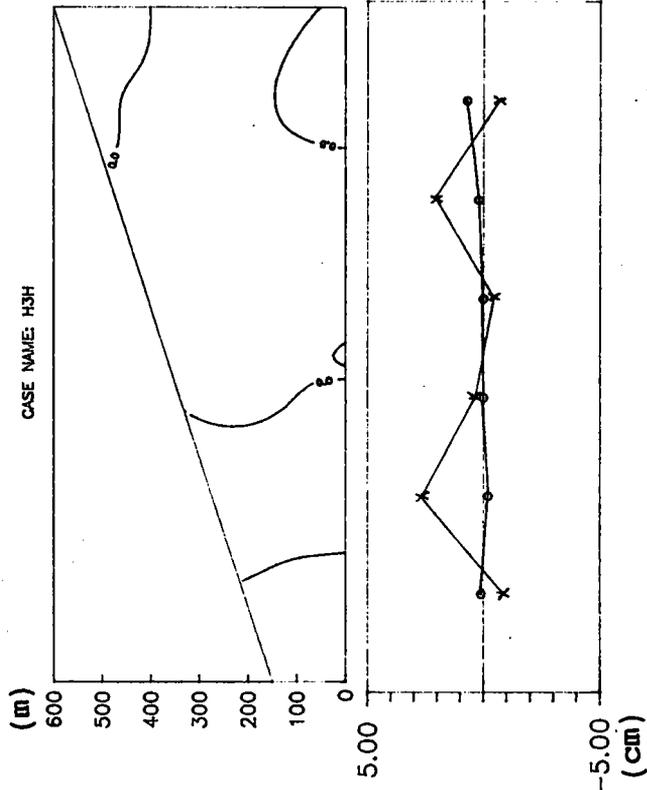
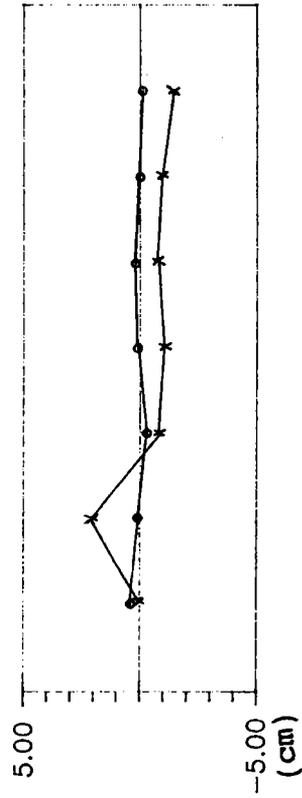
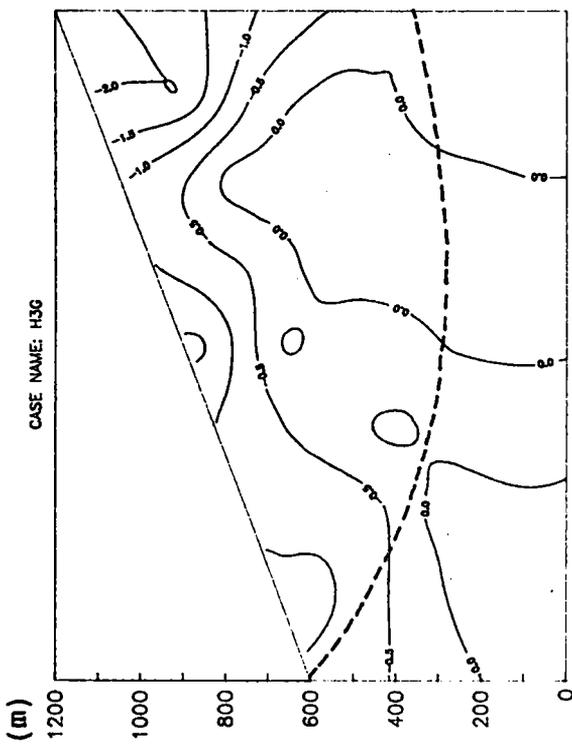
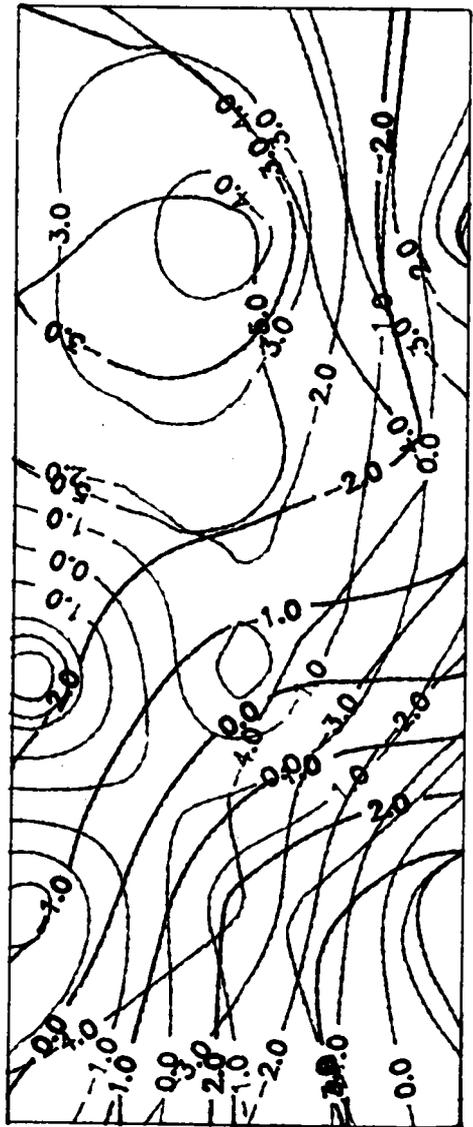


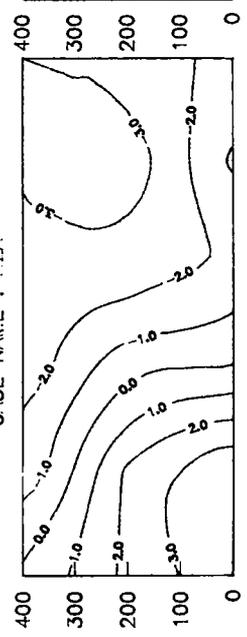
圖 6-7 (續) 試驗配置 II, 各突堤間之地形變化

CASE NAME : H2A-T-S

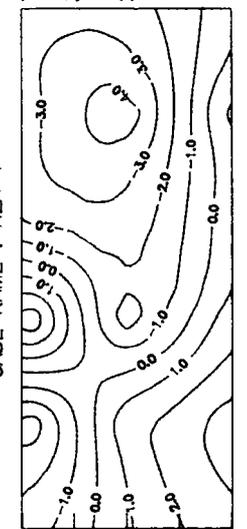
(m)
400
300
200
100
0



CASE NAME : H2A



CASE NAME : H2A-T



CASE NAME : H2A-S

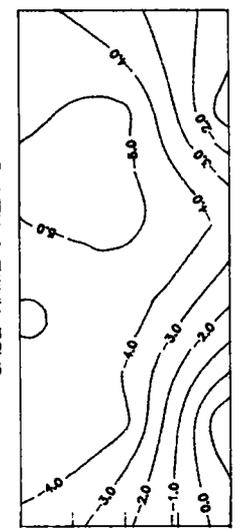
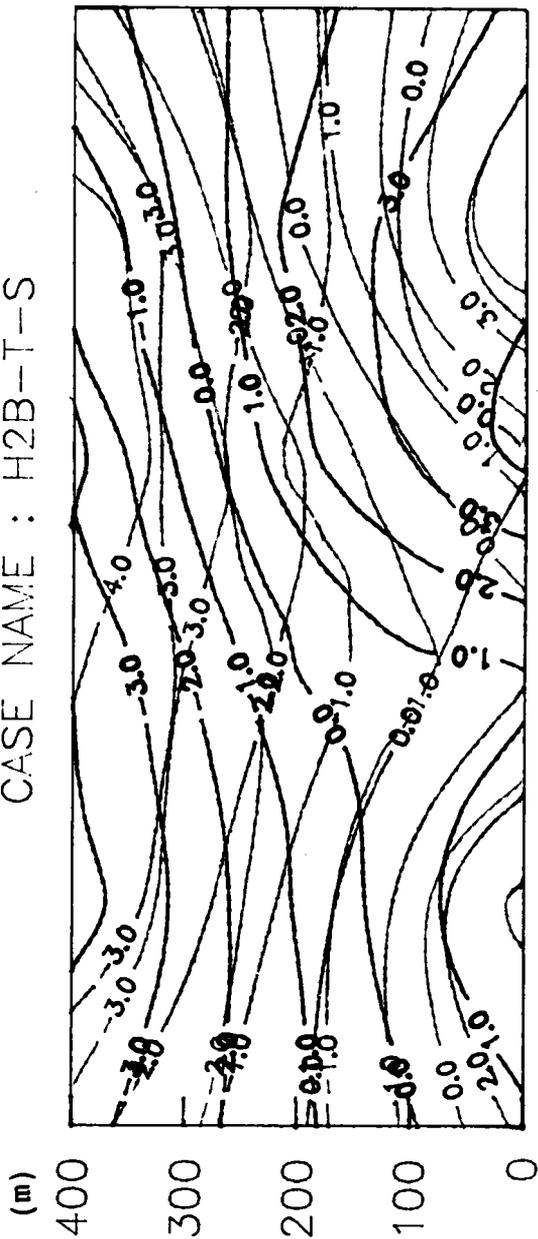
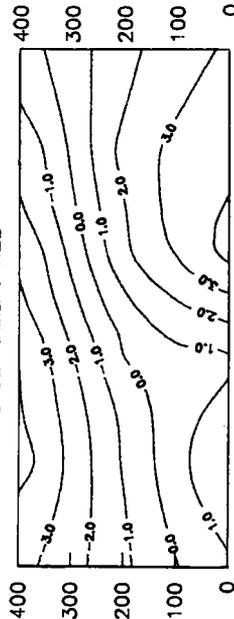


圖 6-8 試驗配置 II, A區內地形變化等深圖

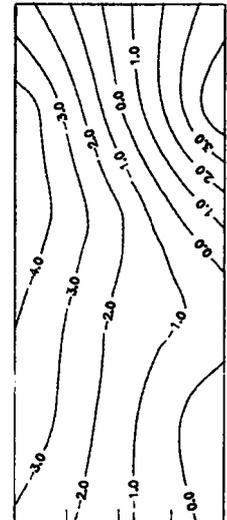
CASE NAME : H2B-T-S



CASE NAME : H2B



CASE NAME : H2B-T



CASE NAME : H2B-S

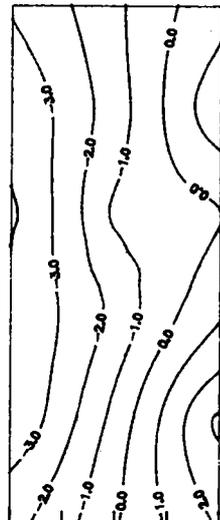


圖 6-9 試驗配置 II, B區內地形變化等深圖

CASE NAME : HSC-I-2

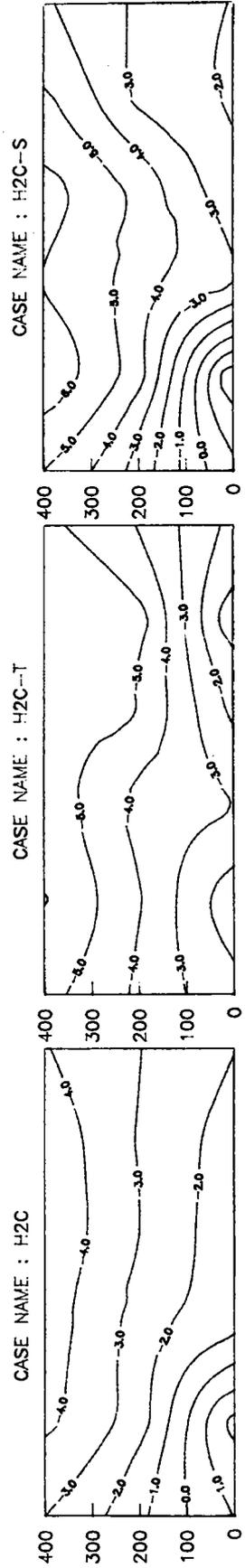
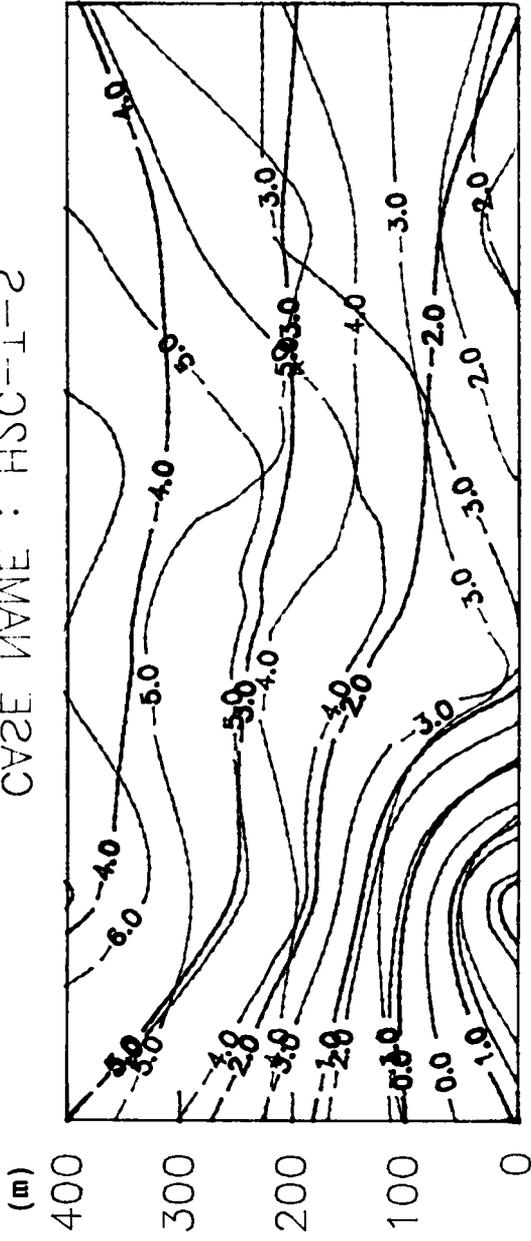
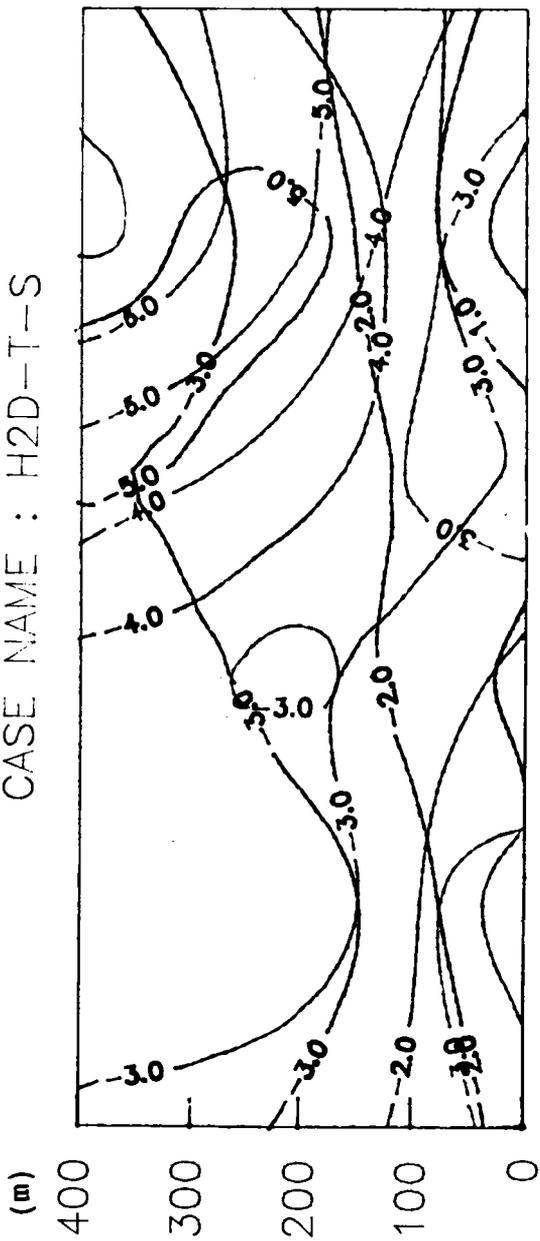
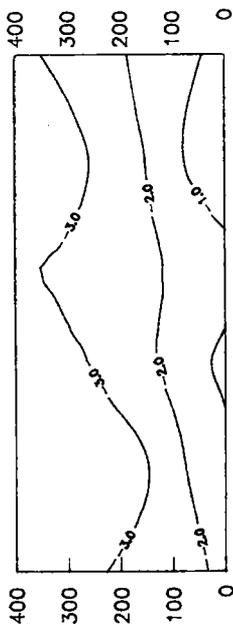


圖 6-10 試驗配置 II, C區內地形變化等深圖

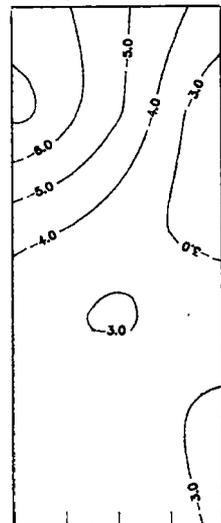
CASE NAME : H2D-T-S



CASE NAME : H2D



CASE NAME : H2D-T



CASE NAME : H2D-S

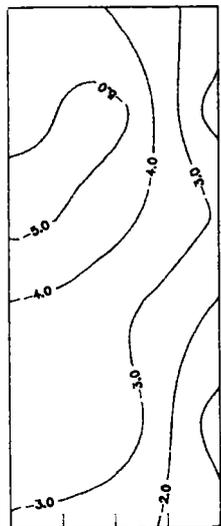


圖 6-11 試驗配置 II, D區內地形變化等深圖

CASE NAME : H2E-T-S

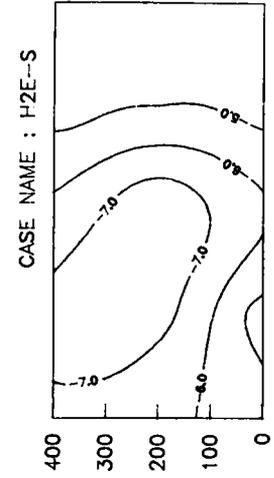
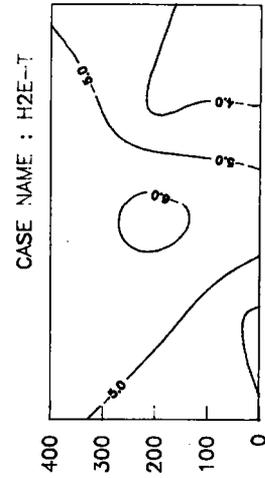
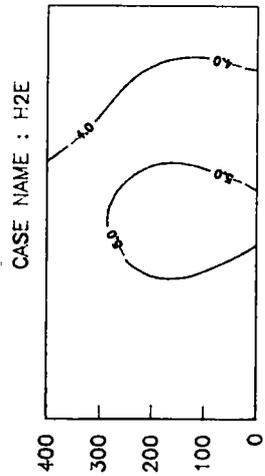
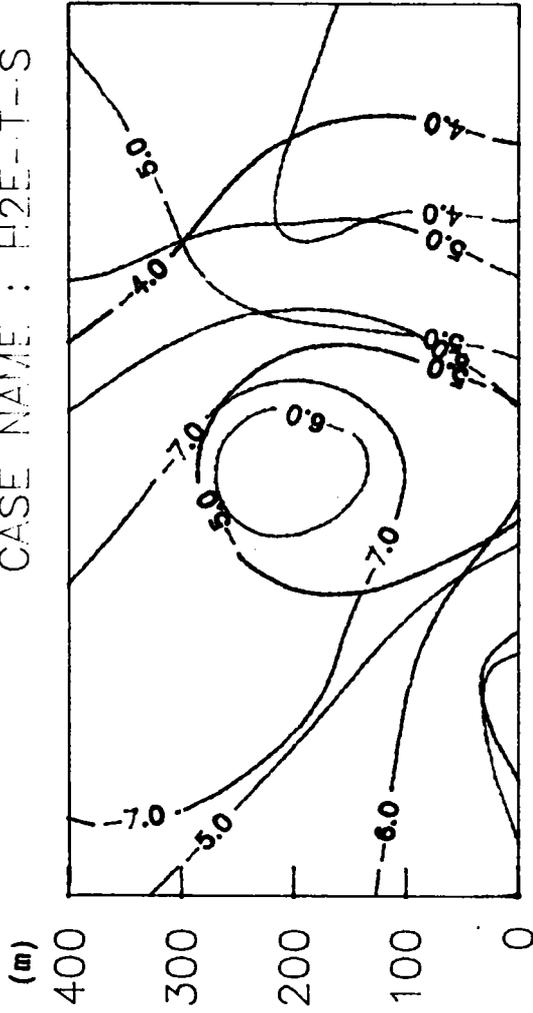


圖 6-12 試驗配置 II, E區內地形變化等深圖

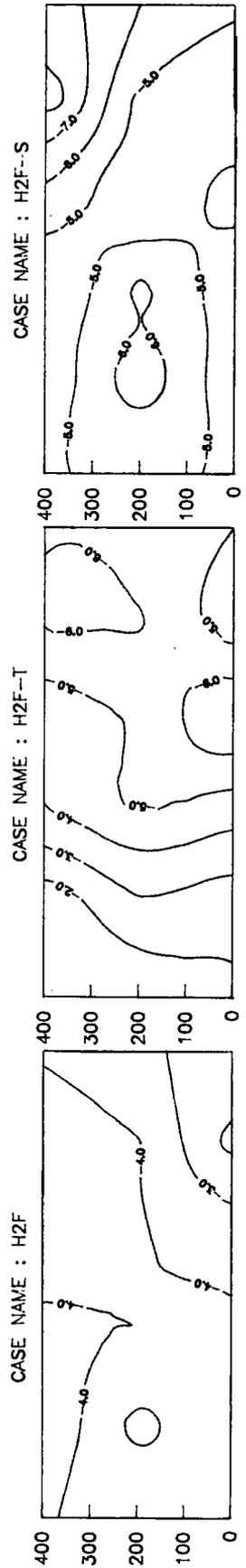
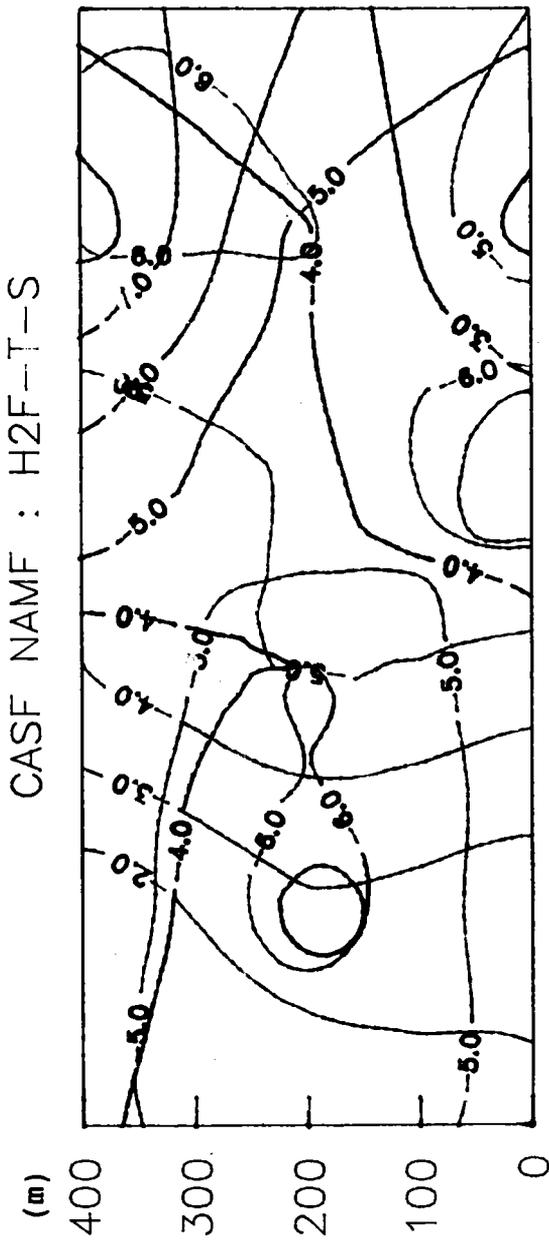


圖 6-13 試驗配置 II, F區內地形變化等深圖

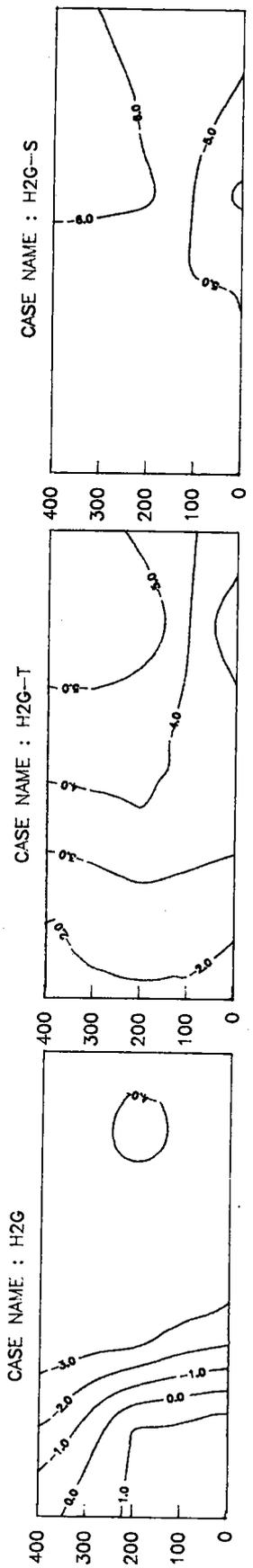
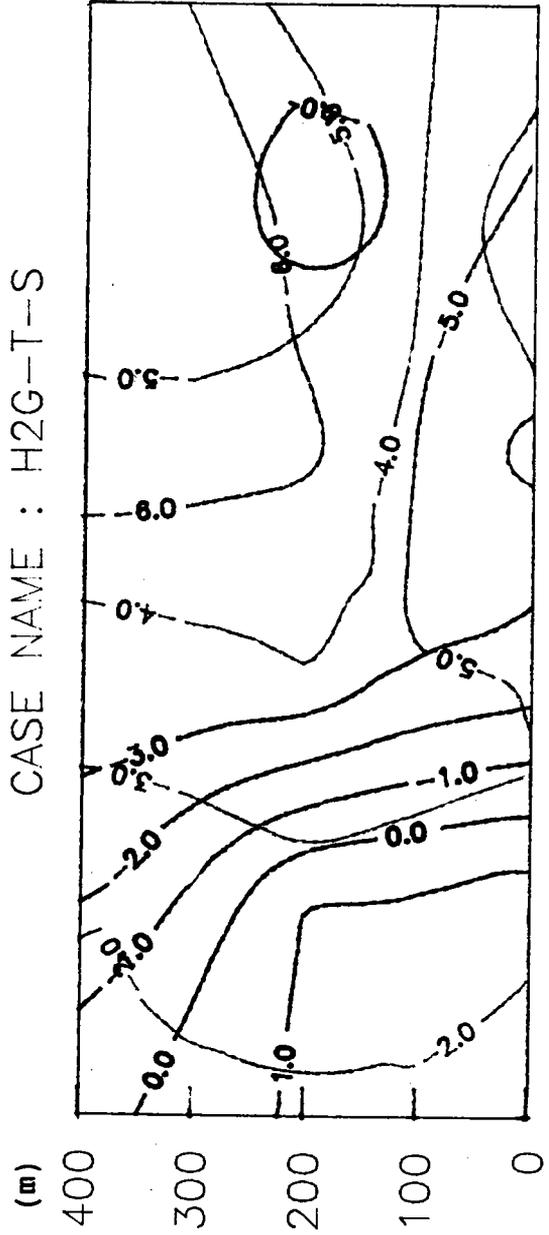
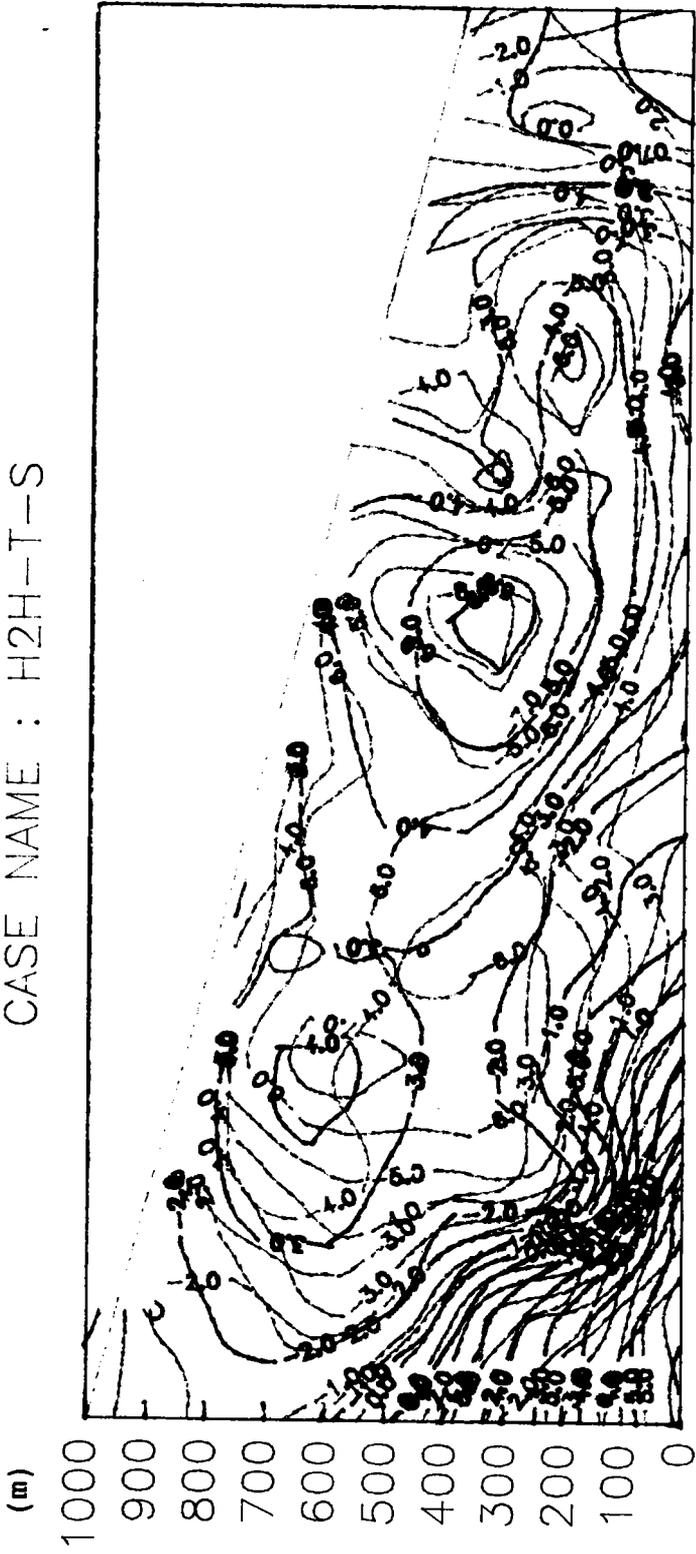
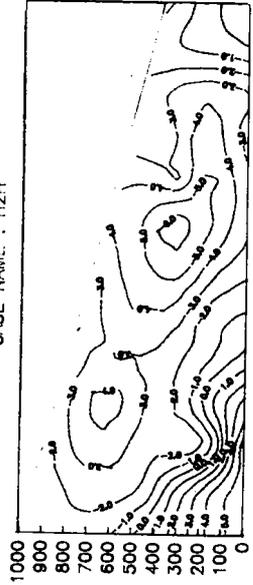


圖 6-14 試驗配置 II, G區內地形變化等深圖

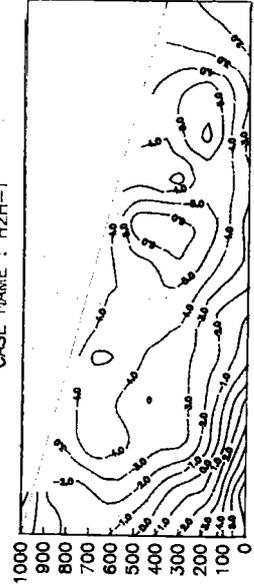
CASE NAME : H2H-T-S



CASE NAME : H2H



CASE NAME : H2H-T



CASE NAME : H2H-S

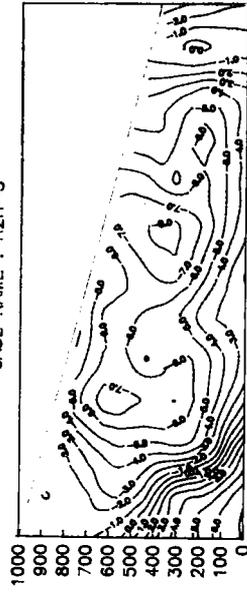
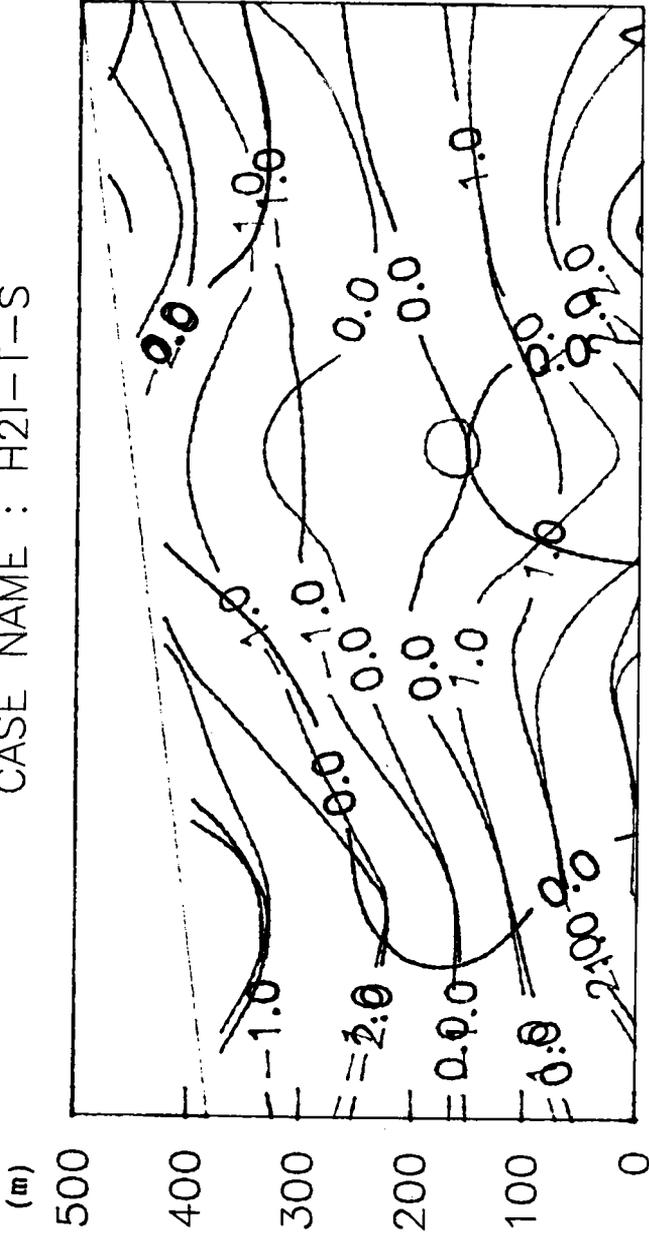
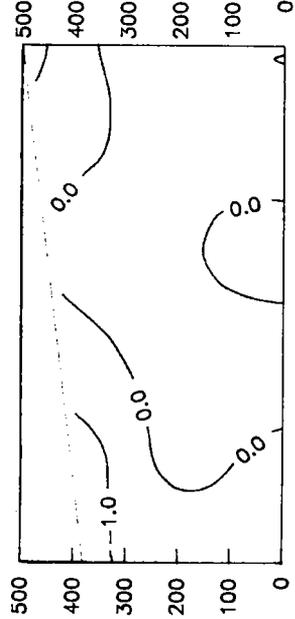


圖 6-15 試驗配置 II, B區內地形變化等深圖

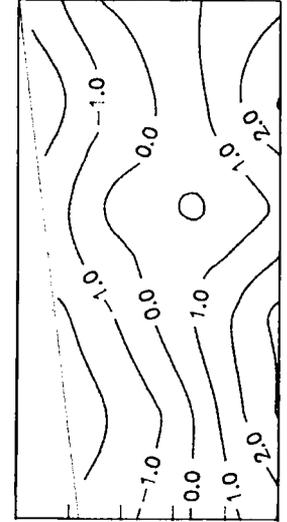
CASE NAME : H2I-T-S



CASE NAME : H2I



CASE NAME : H2I-T



CASE NAME : H2I-S

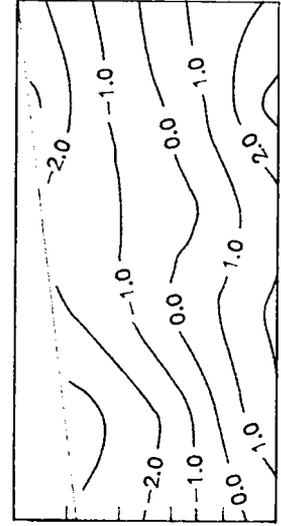


圖 6-16 試驗配置 II, I 區內地形變化等深圖

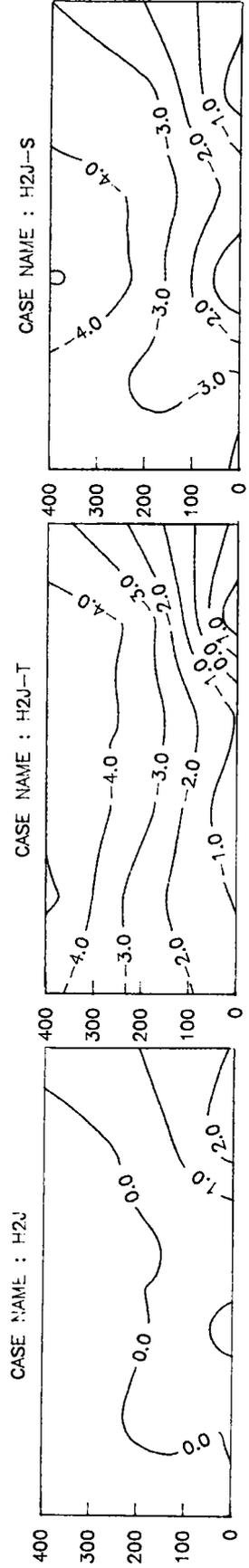
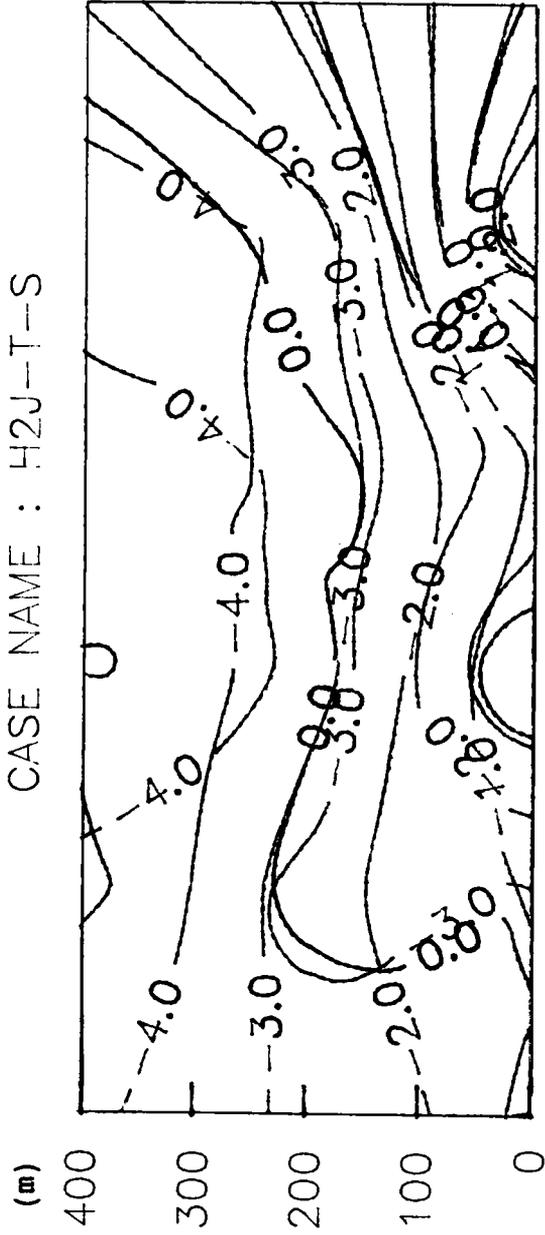
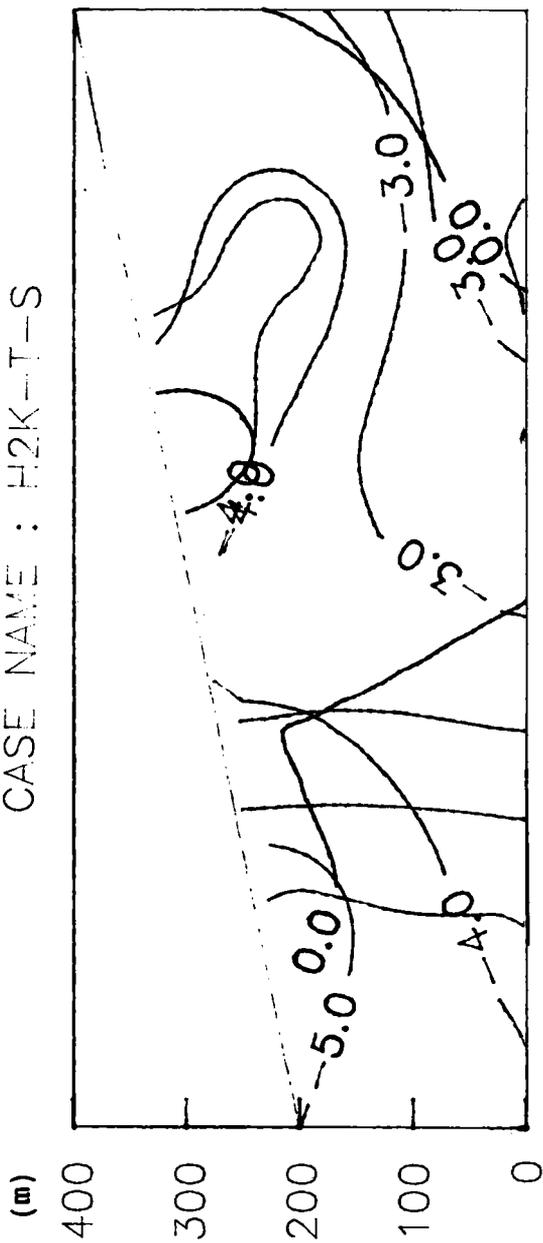
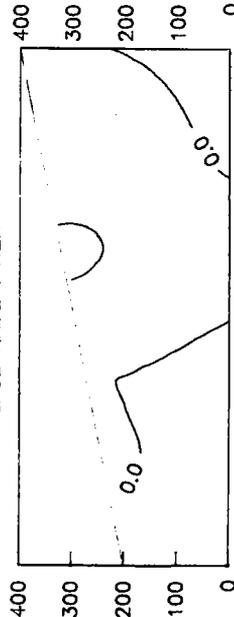


圖6-17 試驗配置 II, J區內地形變化等深圖

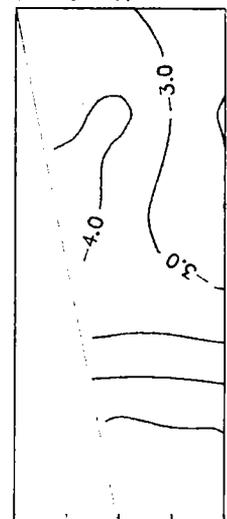
CASE NAME : H2K-T-S



CASE NAME : H2K



CASE NAME : H2K-T



CASE NAME : H2K-S

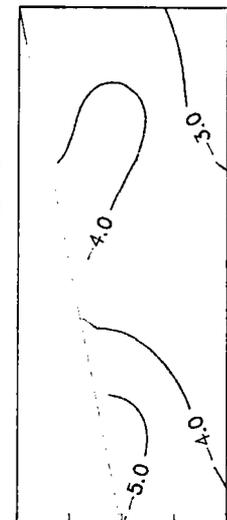


圖 6-18 試驗配置 II, K區內地形變化等深圖

CASE NAME : RH2A-T-S

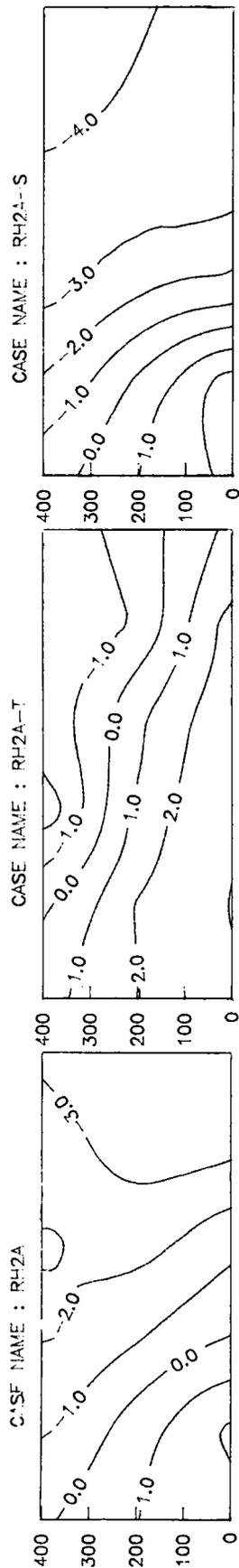
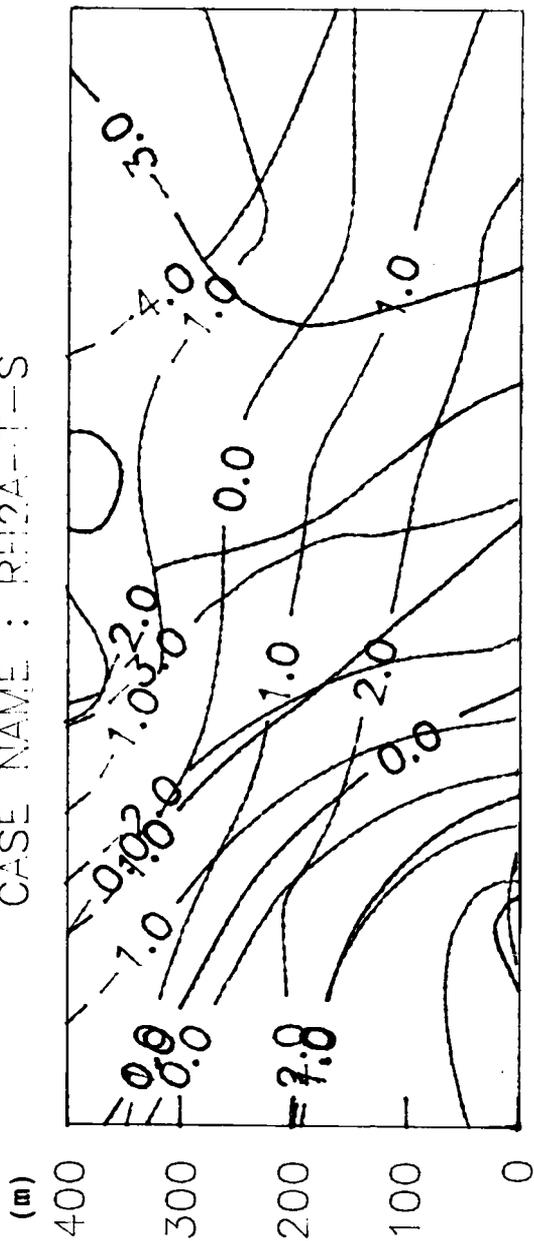


圖 6-20 不規則波作用時，試驗配置 II A 區 內地形變化等深圖

CASE NAME : RH2B-T-S

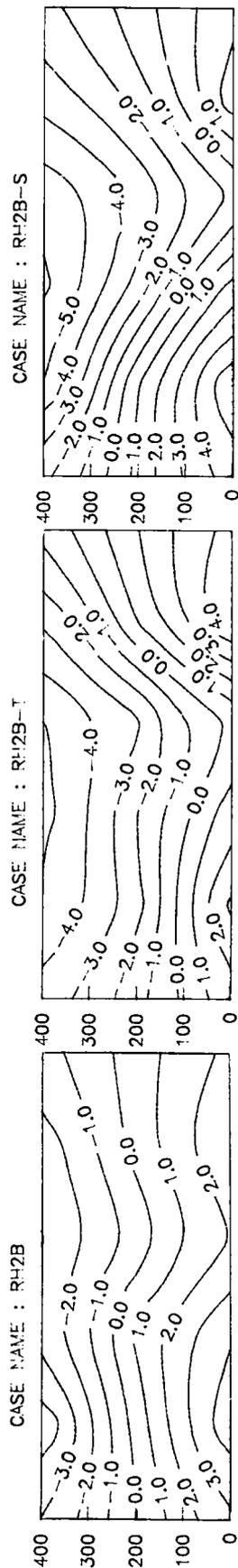
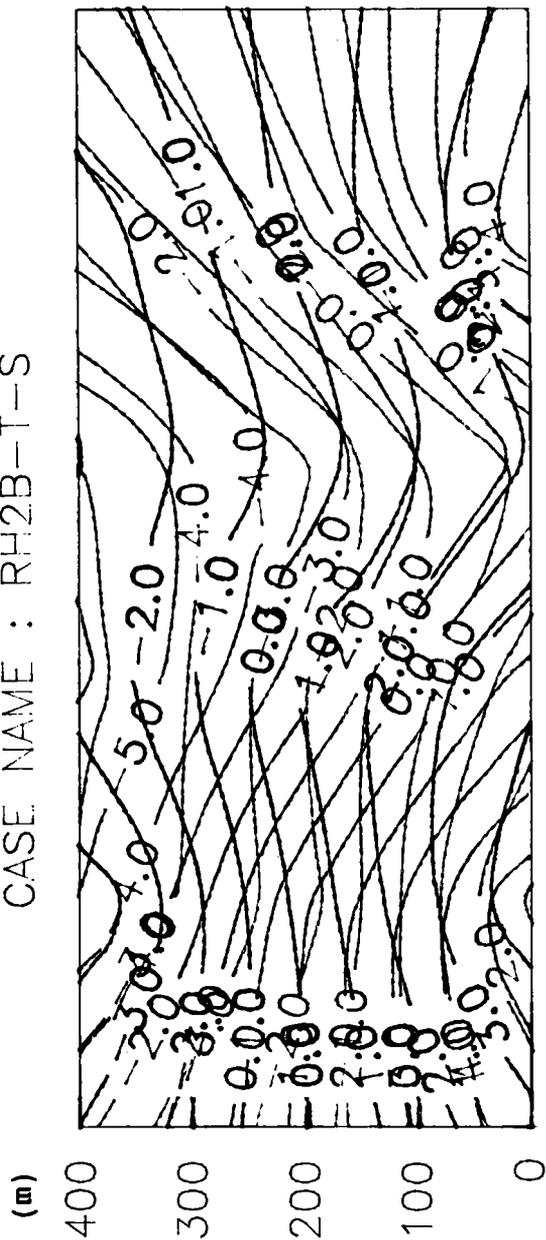
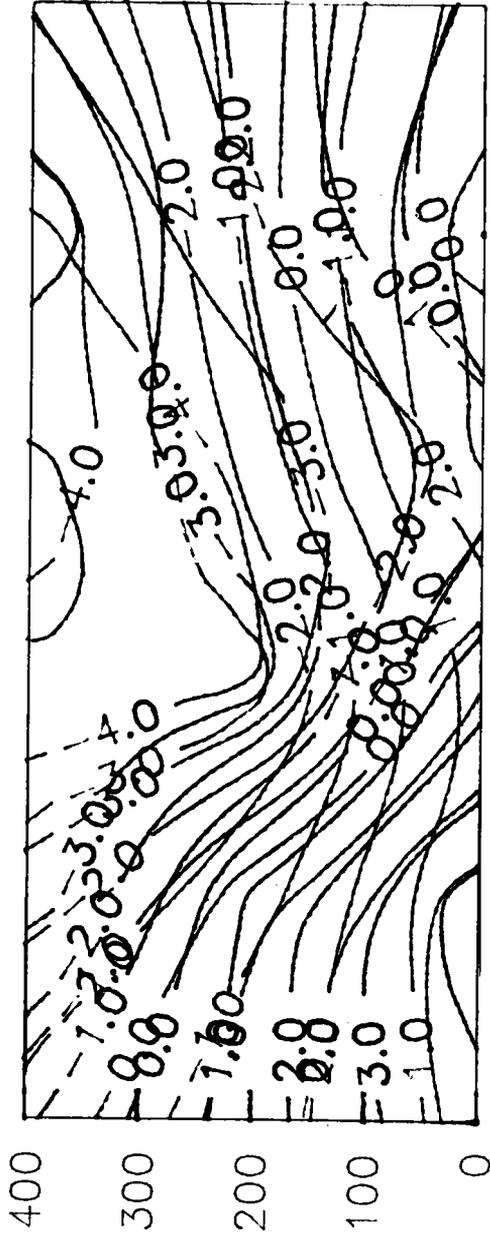


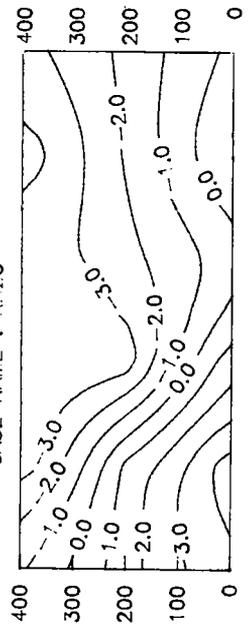
圖6-21 不規則波作用時，試驗配置 II B 區 內地形變化等深圖

CASE NAME : RH2C-T-S

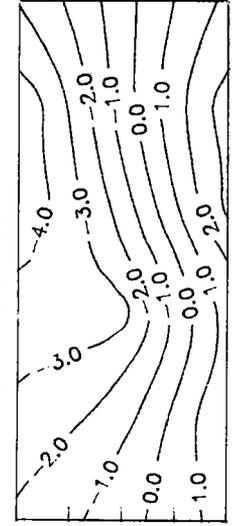
(m)



CASE NAME : RH2C



CASE NAME : RH2C-T



CASE NAME : RH2C-S

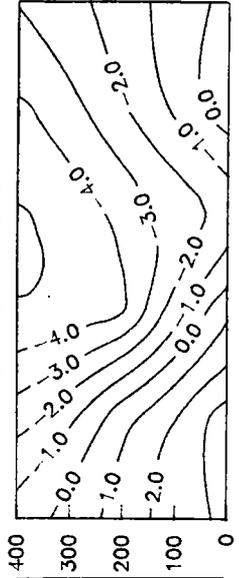
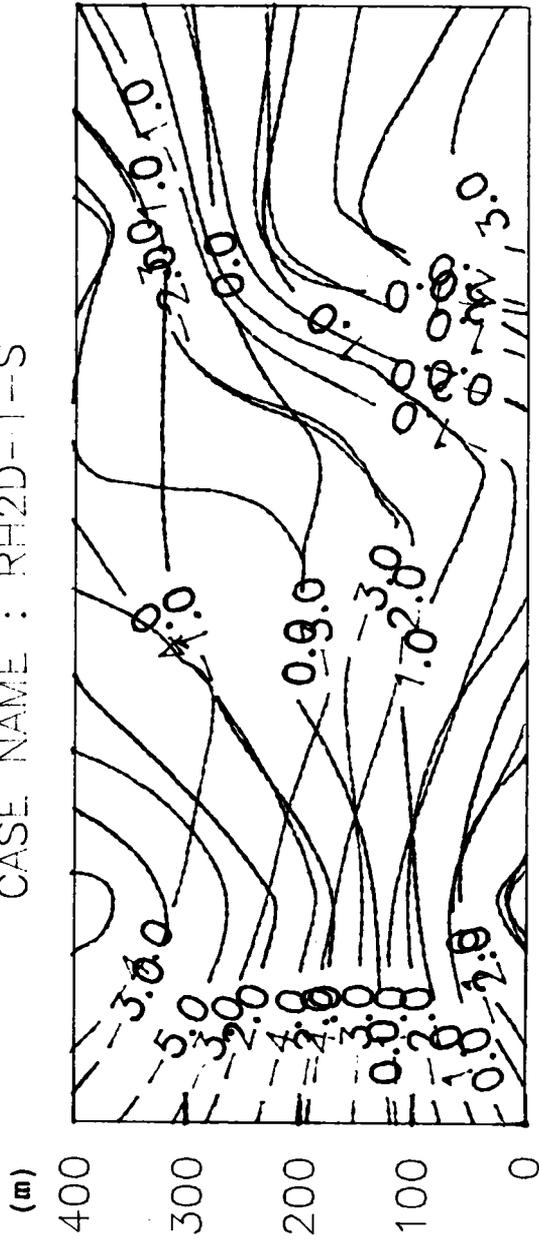
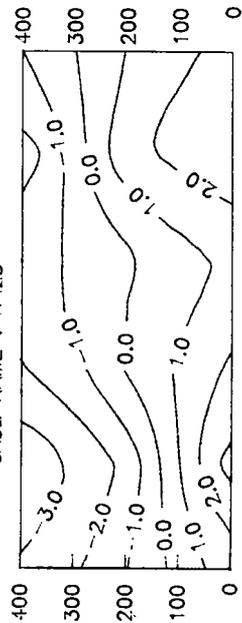


圖 6-22 不規則波作用時，試驗配置 II C 區 內地形變化等深圖

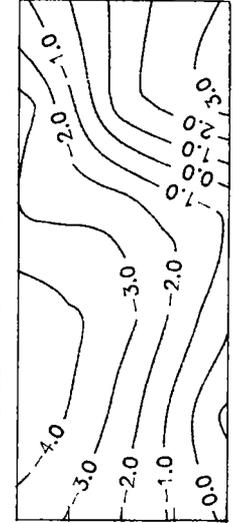
CASE NAME : RH2D-T--S



CASE NAME : RH2D



CASE NAME : RH2D-T



CASE NAME : RH2D-S

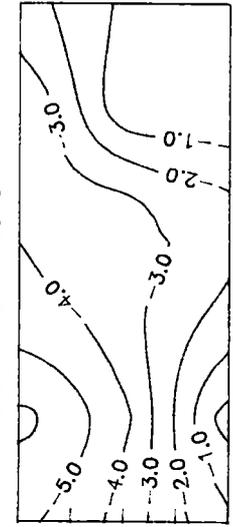


圖 6-23 不規則波作用時，試驗配置 II D 區 內地形變化等深圖

CASE NAME : RH2E-T-S

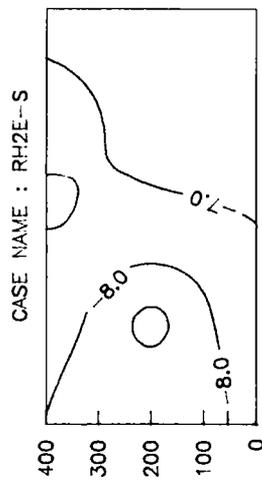
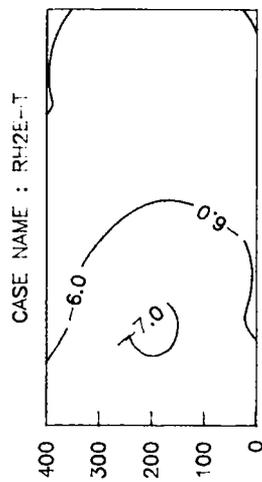
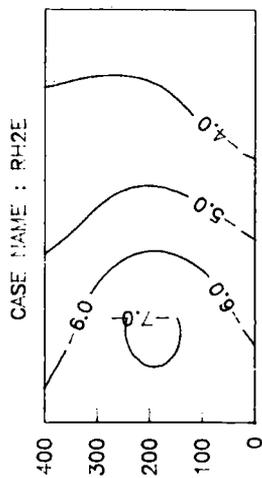
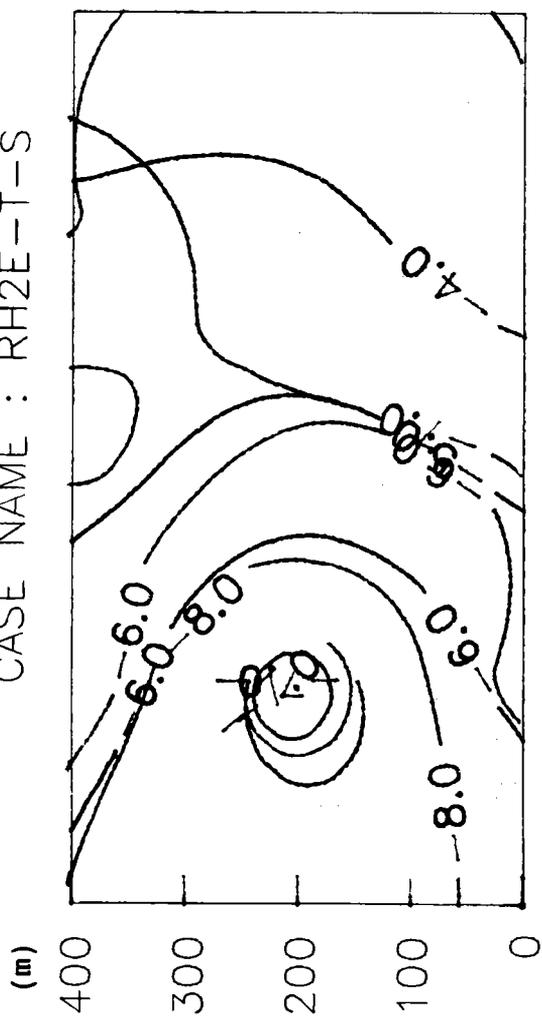
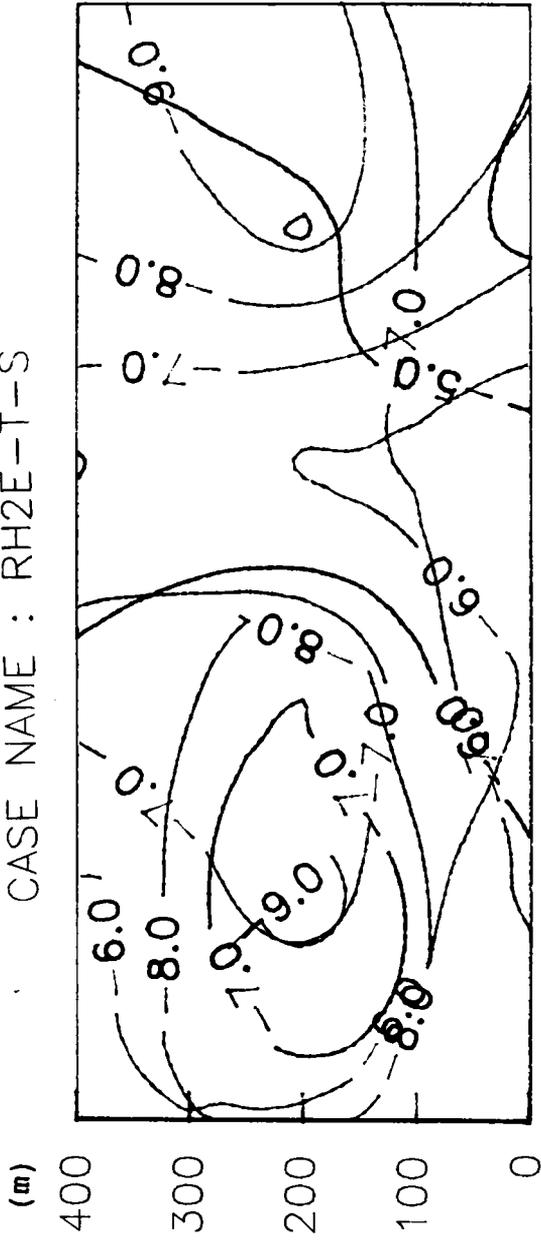
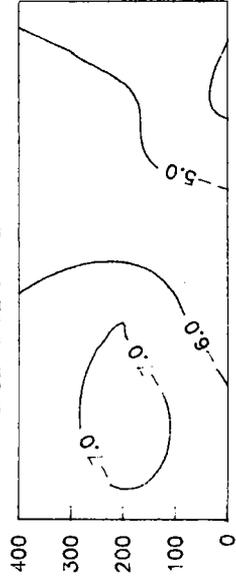


圖 6-24 不規則波作用時，試驗配置 II B 區內地形變化等深圖

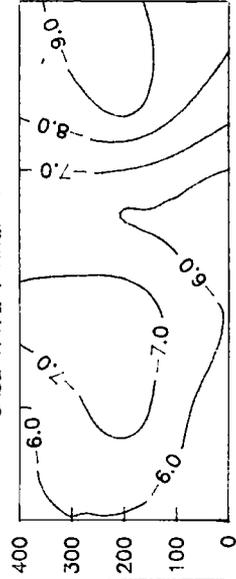
CASE NAME : RH2E-T-S



CASE NAME : RH2E



CASE NAME : RH2F-T



CASE NAME : RH2F-S

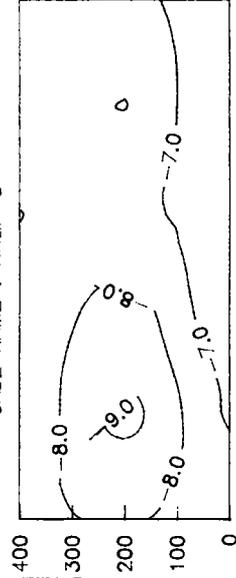
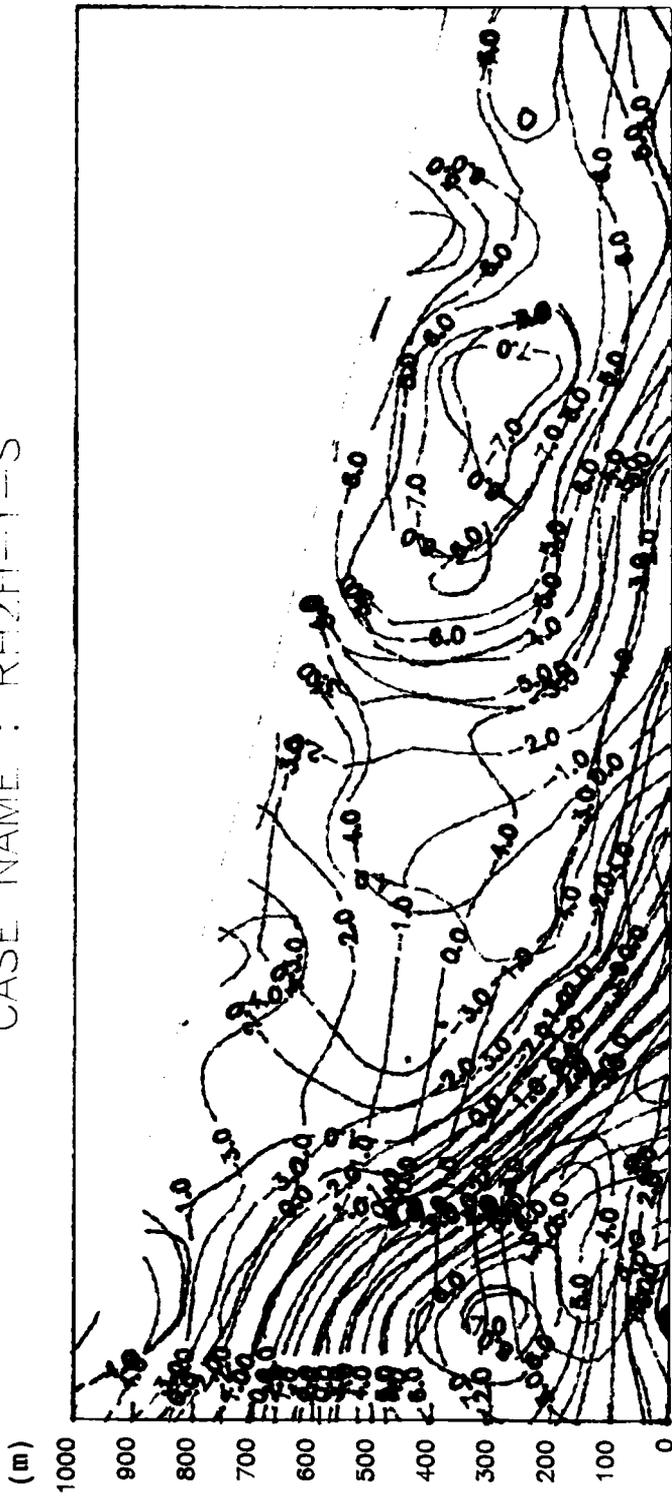
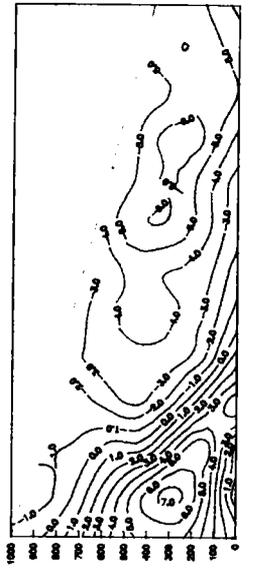


圖 6-25 不規則波作用時，試驗配置 II F 區 內地形變化等深圖

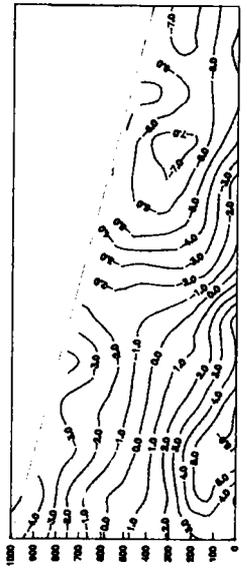
CASE NAME : RH2H-T-S



CASE NAME : RH2H



CASE NAME : RH2H-T



CASE NAME : RH2H-S

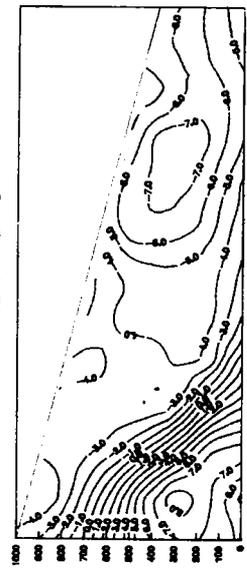
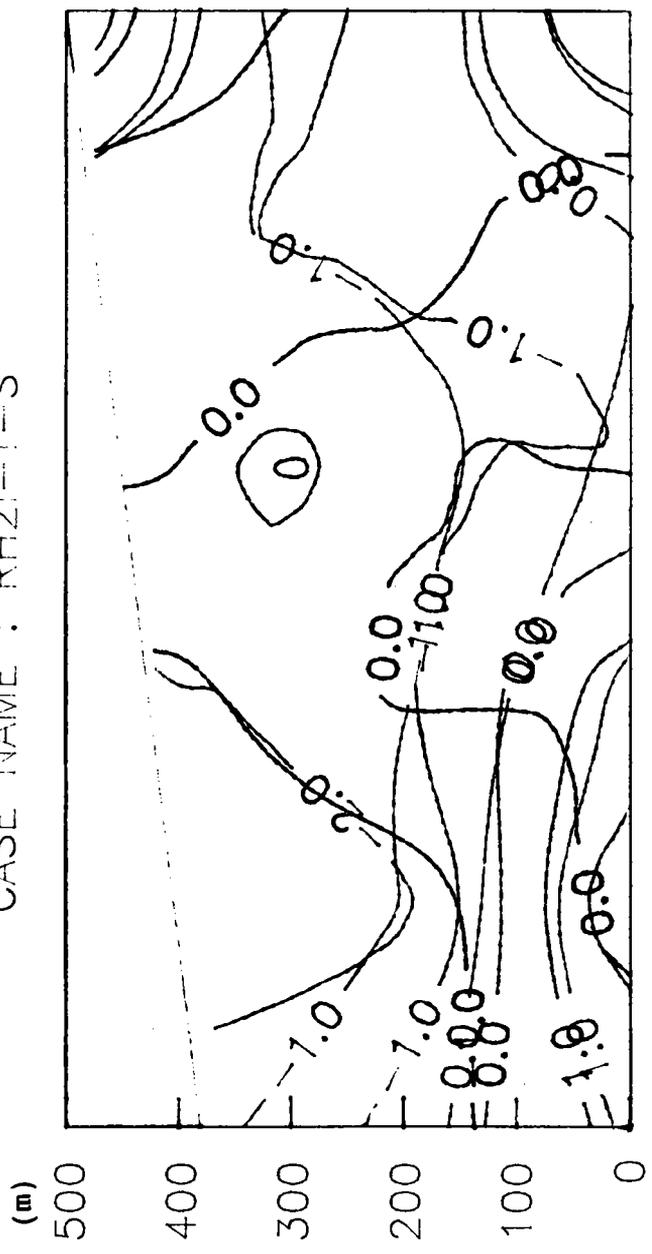
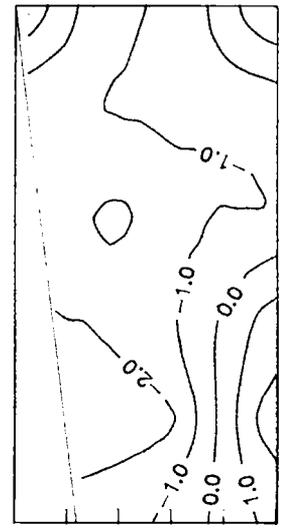


圖 6-27 不規則波作用時，試驗配置 II 日區 內地形變化等深圖

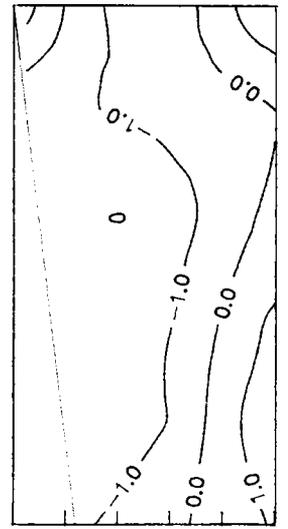
CASE NAME : RH2I-T-T-S



CASE NAME : RH2I-S



CASE NAME : RH2I-T



CASE NAME : RH2I

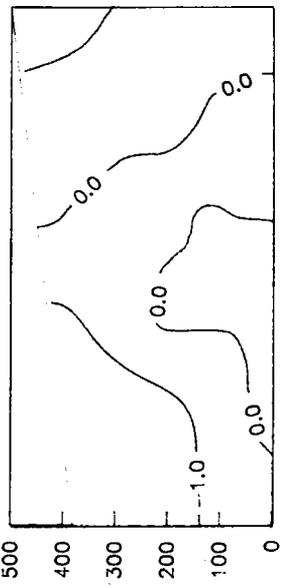
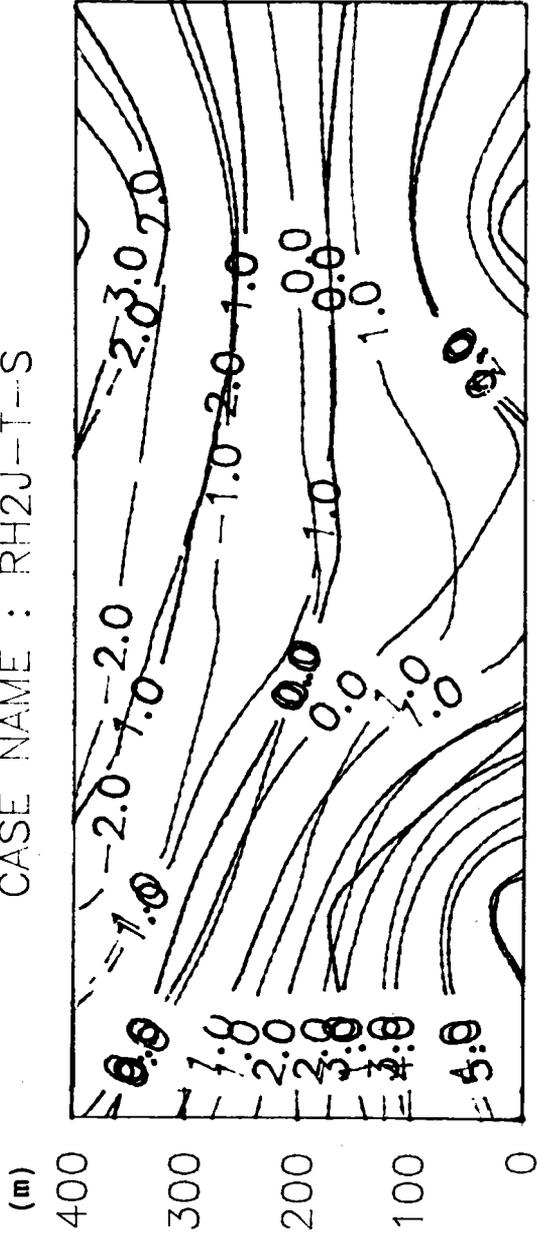
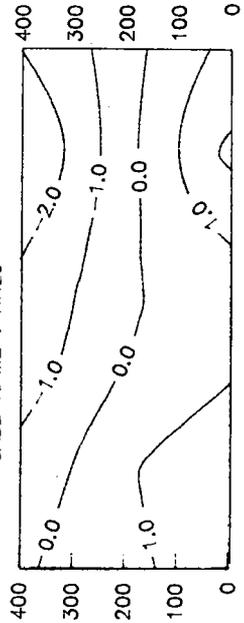


圖 6-28 不規則波作用時，試驗配置 II I 區 內地形變化等深圖

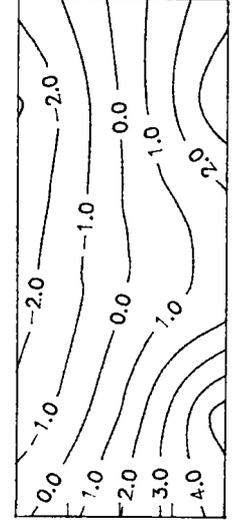
CASE NAME : RH2J-T-S



CASE NAME : RH2J



CASE NAME : RH2J-T



CASE NAME : RH2J-S

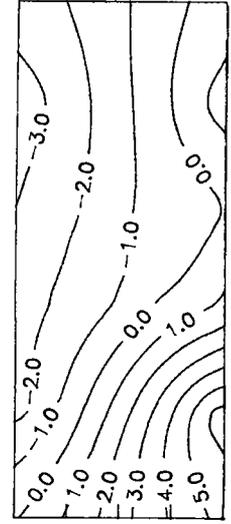


圖 6-29 不規則波作用時，試驗配置 II J 區 內地形變化等深圖

第七章 結論與建議

本來應用於海灘地形之人工岬灣，將之運用於海堤前以避免堤腳之冲刷者，在國內工程界尚屬首創，其結果可提供國內有關單位之參考。茲謹綜括前節之試驗結果，陳列數點結論與建議如下：

1. 三種試驗配置中，以試驗配置Ⅱ及Ⅲ之情況優於配置Ⅰ者，若再考慮工程經費時下，則應以試驗配置Ⅱ者為較佳。
2. 各種試驗配置之突堤內皆先行人工補沙至零水位以利形成人工岬灣之灘線。於試驗中獲知，若於造波初時灘線即形成，則有利於往後灘線之穩定並可以理論灘線配合印證，因之，將來若採用人工岬灣方式保護海堤時，於經費許可時，應儘量增加人工補沙。
3. 各試驗配置中，雖然有些區域並未有灘線形成，但其對海堤堤腳之保護仍然優於無突堤情況者。
4. 以試驗配置Ⅱ之情況，當颱風侵襲人工岬灣後，再受季節風波浪之作用，除少數突堤內已有較多之堆沙者，可回復原有地形外，大部份皆無法恢復原地形，且有侵蝕情況更為嚴重者，該項問題可能解決的辦法，即是如上述第二點所言，增加區內沙量。

參 考 文 獻

1. Ahrens, J.P. and M.S. Heimbaugh, "Approximation Upper Limit of Irregular Wave Runup on Riprap," Technical Rept. CERC-88-5, 28pp. (1988)
2. Allsop, N.W.H. and S.S.L. Hettiarachchi, "Reflections from Coastal Structure," Proc. 21th Conf. on Coastal Eng., ASCE, pp. 783-794 (1988).
3. Balsillie, J. H. and Berg, D. W., State of groin design and effectiveness, Proc. 13th Int. Conf. Coastal Eng. ASCE. 2 1367. 1972.
4. Berg, D.W. and Watts, G.M., Variations in groin design. Proc. Santa Barbara Specialty Conf. Coastal Eng. ASCE. p. 763. 1986.
5. Bijker, E.W. and Van der Graff, J., Littoral drift in relation to shoreline protection, Proc. Inst. Civ. Eng. Conf. Shoreline Protection, p. 81, 1983.
6. Bruun, P., "Design and Construction of Mounds for Breakwaters and Coastal Protection," Elsevier Science, New York 938pp. (1985).
7. Chou, I.B., Powell, G.M., and Winton, T.C., Assessment of beach fill performance by excursion analysis, Proc. Coastal Zone '83 ASCE. 3, 2361, 1983.
8. Goda, Y. and Y. Suzuki, "Estimation of Incident and Reflected Waves in Random Waves Experiments," Proc. 15th Coastal Eng. Conf. ASCE, pp. 628-650 (1976).
9. Healy, J.J., "Wave Damping Effect of Beaches," Proc. Minnecota International Hydraulics Convention, pp. 213-220 (1953).

10. Hsu, J.R.C., Tsuchiya, Y. and R. Silvester, "Third-order approximation to Short-crested Waves," J. Fluid Mech., Vol. 90, Part 1, pp. 179-196 (1979).
11. Hsu, J.R.C., Silverster, R. and Y. Tsuchiya, , "Boundary-layer Velocities and Mass Transport in Short-crested Waves," J. Fluid Mech., Vol. 99, pp. 321-342 (1980).
12. Mansard, E.P.D. and E.R. Funke, "The Measurement of Incident and Reflected Spectra Using a Least Squares Method," Proc. 17th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp. 154-172 (1980).
13. Pilkey, O.H. and Clayton, T.D., Summary of beach replenishment experience on U.S. East Coast barrier islands, J. Coastal Res., 5, 147, 1989.
14. Silvester, R. and Hsu, John R.C., New and old ideas in Coastal sedimentation, Aquatic Science, 1991.
15. Toyoshima, O., Design of detached breakwater system, Proc. 14th Int. Conf. Coastal Eng. ASCE, 2, 1419, 1974.
16. Walker, J.R., Clark, D., and Pope, J., A detached breakwater system for beach protection, Proc. 17th Int. Conf. Coastal Eng. ASCE, 2, 1968, 1980.
17. Winton, T.C., Chou, I.B., Powell, G.M., and Crane, J.D., Analysis of coastal sediment transport processes from Wrigtsville Beach to Fort Fisher, North Carolina, U.S. Army Corps Eng. CERC, Misc. pap. 81-6, 1981.
18. Winton, T.C., Prediction of post-fill beach response, Proc. 6th Aust. Conf. Coastal Ocean Eng., p. 246, 1983.
19. 野田英明、岩佐敏博，「海岸堤防堤脚部の洗掘に関する研究」，第19回海岸工学講演會論文集，pp. 53-57 (1972)。
20. 橋本宏、田中茂信、筒井保博，「緩傾斜堤の局所洗掘と岸沖漂砂への影響」，第30回海岸工学講演會論文集，pp. 249-253 (1983)。

21. 佐伯浩、佐藤俊哉、小野敏行、浜中建一郎，「海岸護岸堤脚部の洗掘に関する実験的研究」，第32回海岸工学講演會論文集，pp.440-444 (1985)。
22. 豊島修，「緩傾斜岸工法」，第34回海岸工学講演會論文集pp.447-451 (1987)。
23. 大木喜月朗、橋田望、吉井勝彦、黒川忠良、杉浦國男，「遊水部付緩傾斜消波工の潮風害防止効果について」，第34回海岸工学講演會論文集，pp.526-530(1987)。