

觀音亭海濱遊憩區定沙水工模型定性試驗研究

邱 永 芳 廖 慶 堂 徐 如 娟

委託單位：交通部觀光局澎湖風景特定區管理籌備處

台灣省政府交通處港灣技術研究所

中 華 民 國 八 十 二 年 七 月

台 中 梧 棲

觀音亭海濱遊憩區定沙水工模型定性試驗研究

委託機關：觀光局澎湖風景特定區管理籌備處

執行機關：台灣省交通處港灣技術研究所

執行期間：自中華民國八十一年十一月四日起

至中華民國八十二年七月四日止

計劃主持人：副研究員 邱永芳

協同主持人：助理研究員 廖慶堂

助 理 徐如娟

參與人員：何良勝

曾相茂

林受勳

張富東

技 工：陳進冰

何炳紹

蔡瑞成

李江澤

楊怡芸

目 錄

壹. 前言	1
貳. 現場實測	3
(1) 量測開口處之速度	
(2) 螢光砂追蹤漂沙移動的主要移動方向	
(3) 粒徑分析	
參. 水工模型試驗	11
3-1 定床試驗	11
3-1-1 試驗設備	
3-1-2 試驗範圍	
3-1-3 模型縮尺	
3-1-4 試驗用之波浪、潮汐條件及試驗佈置	
3-1-5 試驗步驟	
3-1-6 試驗結果與討論	
3-2 半固定床試驗	37
3-2-1 試驗設備	
3-2-2 試驗範圍	
3-2-3 模型縮尺	
3-2-4 試驗用之波浪、潮汐條件及試驗佈置	
3-2-5 試驗步驟	
3-2-6 試驗結果與討論	
3-2-6-1 原型檢核	40
3-2-6-2 改善方案	65
肆. 結論與建議	115
4-1 結論	
4-2 建議	
參考文獻	117
附 錄	118

圖 目 錄

- 圖 1 現場流速量測位置圖
- 圖 2 入口處流速向量圖
- 圖 3 波浪作用下之啓動速度圖
- 圖 4 螢光砂投置地點
- 圖 5 沙樣採樣地點分佈圖
- 圖 6 粒徑分佈圖
- 圖 7 模型佈置範圍圖
- 圖 8 波高計佈置圖
- 圖 9 流速量測位置圖
- 圖 10 潛堤佈置圖
- 圖 11 離岸堤佈置圖
- 圖 12 波高分佈圖
- 圖 13 波高分佈圖
- 圖 14 波高分佈圖
- 圖 15 波高分佈圖
- 圖 16 波高分佈圖
- 圖 17 波高分佈圖
- 圖 18 波高分佈圖
- 圖 19 波高分佈圖
- 圖 20 波高分佈圖
- 圖 21 波高分佈圖
- 圖 22 波高分佈圖
- 圖 23 波高分佈圖
- 圖 24 SW 向季節風原型之流況圖
- 圖 25 SW 向季節風潛堤之流況圖

- 圖 26 SW 向季節風離岸堤之流況圖
- 圖 27 SW 向颱風原型之流況圖
- 圖 28 SW 向颱風潛堤之流況圖
- 圖 29 SW 向颱風離岸堤之流況圖
- 圖 30 SSW 向季節風原型之流況圖
- 圖 31 SSW 向季節風潛堤之流況圖
- 圖 32 SSW 向季節風離岸堤之流況圖
- 圖 33 SSW 向颱風原型之流況圖
- 圖 34 SSW 向颱風潛堤之流況圖
- 圖 35 SSW 向颱風離岸堤之流況圖
- 圖 36 北側測點9之波高歷時圖
- 圖 37 北側測點10之波高歷時圖
- 圖 38 南側測點4之波高歷時圖
- 圖 39 南側測點5之波高歷時圖
- 圖 40 各斷面位置圖
- 圖 41 檢核試驗 SW 季節風 A 斷面比較圖
- 圖 42 檢核試驗 SW 季節風 B 斷面比較圖
- 圖 43 檢核試驗 SW 季節風 C 斷面比較圖
- 圖 44 檢核試驗 SW 季節風 D 斷面比較圖
- 圖 45 檢核試驗 SW 季節風 E 斷面比較圖
- 圖 46 檢核試驗 SW 颱風 A 斷面比較圖
- 圖 47 檢核試驗 SW 颱風 B 斷面比較圖
- 圖 48 檢核試驗 SW 颱風 C 斷面比較圖
- 圖 49 檢核試驗 SW 颱風 D 斷面比較圖
- 圖 50 檢核試驗 SW 颱風 E 斷面比較圖
- 圖 51 等深線
- 圖 52 等深線
- 圖 53 等深線

- 圖 54 等深線
- 圖 55 等深線
- 圖 56 等深線
- 圖 57 等深線
- 圖 58 等深線
- 圖 59 等深線
- 圖 60 等深線
- 圖 61 等深線
- 圖 62 等深線
- 圖 63 等深線
- 圖 64 等深線
- 圖 65 等深線
- 圖 66 等深線
- 圖 67 等深線
- 圖 68 等深線
- 圖 69 等深線
- 圖 70 等深線
- 圖 71 檢核試驗 SW 向季節風起始地形與終期地形比較圖
- 圖 72 檢核試驗 SW 向颱風起始地形與終期地形比較圖
- 圖 73 改善佈置等深線
- 圖 74 SW 向季節風時造波終期之流況圖
- 圖 75 SW 向颱風時造波終期之流況圖
- 圖 76 SW 季節風 A 斷面比較圖
- 圖 77 SW 季節風 B 斷面比較圖
- 圖 78 SW 季節風 C 斷面比較圖
- 圖 79 SW 季節風 D 斷面比較圖
- 圖 80 SW 季節風 E 斷面比較圖
- 圖 81 SW 颱風 A 斷面比較圖
- 圖 82 SW 颱風 B 斷面比較圖

- 圖 83 SW 颱風 C 斷面比較圖
- 圖 84 SW 颱風 D 斷面比較圖
- 圖 85 SW 颱風 E 斷面比較圖
- 圖 86 等深線圖
- 圖 87 等深線圖
- 圖 88 等深線圖
- 圖 89 等深線圖
- 圖 90 等深線圖
- 圖 91 等深線圖
- 圖 92 等深線圖
- 圖 93 等深線圖
- 圖 94 等深線圖
- 圖 95 等深線圖
- 圖 96 等深線圖
- 圖 97 等深線圖
- 圖 98 等深線圖
- 圖 99 等深線圖
- 圖 100 等深線圖
- 圖 101 等深線圖
- 圖 102 等深線圖
- 圖 103 等深線圖
- 圖 104 等深線圖
- 圖 105 等深線圖
- 圖 106 SW 向季節風起始地形與終期地形比較圖
- 圖 107 SW 向颱風起始地形與終期地形比較圖
- 圖 108 SSW 向季節風時造波終期之流沉圖
- 圖 109 SSW 向颱風時造波終期之流沉圖

- 圖 110 SSW 季節風 A 斷面比較圖
- 圖 111 SSW 季節風 B 斷面比較圖
- 圖 112 SSW 季節風 C 斷面比較圖
- 圖 113 SSW 季節風 D 斷面比較圖
- 圖 114 SSW 季節風 E 斷面比較圖
- 圖 115 SSW 颱風 A 斷面比較圖
- 圖 116 SSW 颱風 B 斷面比較圖
- 圖 117 SSW 颱風 C 斷面比較圖
- 圖 118 SSW 颱風 D 斷面比較圖
- 圖 119 SSW 颱風 E 斷面比較圖
- 圖 120 等深線圖
- 圖 121 等深線圖
- 圖 122 等深線圖
- 圖 123 等深線圖
- 圖 124 等深線圖
- 圖 125 等深線圖
- 圖 126 等深線圖
- 圖 127 等深線圖
- 圖 128 等深線圖
- 圖 129 等深線圖
- 圖 130 等深線圖
- 圖 131 等深線圖
- 圖 132 等深線圖
- 圖 133 等深線圖
- 圖 134 等深線圖
- 圖 135 等深線圖
- 圖 136 等深線圖
- 圖 137 等深線圖
- 圖 138 SSW 向季節風起始地形與終期地形比較圖
- 圖 139 SSW 向颱風起始地形與終期地形比較圖

表 目 錄

表 1	高低潮位時間表
表 2	固定床試驗條件
表 3	SW 向三控制點流速比較圖
表 4	SSW 向三控制點流速比較圖
表 5	季節風波高比值比較圖
表 6	颱風波高比值比較圖
表 7	半固定床試驗條件

照 片

- 照片 1 潛水人員
- 照片 2 綠色螢光砂
- 照片 3 觀音亭海水浴場退潮時地形圖
- 照片 4 漂沙沉積位置
- 照片 5 SW 向季節風之終期地形
- 照片 6 SW 向颱風之終期地形
- 照片 7 SSW 向季節風之終期地形
- 照片 8 SSW 向颱風之終期地形

壹. 前 言

澎湖觀音亭海水浴場為澎湖馬公觀賞落日餘暉及夏季戲水之主要休憩地點，甚具開發觀光之價值。因而交通部觀光局澎湖風景特定區管理籌備處擬將海水浴場之開發配合馬公觀音亭海埔新生地及遊艇港之闢建，有系統的整體規劃成觀音亭觀光帶，帶動地方繁榮。但因鑑於觀音亭海水浴場底床沙質常受波浪、潮流等外力之作用，又缺乏外來沙源供應之情況下，導至海水浴場底床沙質流失，岩石牡蠣殼露出造成戲水質感的破壞。澎湖縣政府曾於該海水浴場以人工加沙之方式，改善底床沙質流失之現象，但經二、三年之經常風及颱風波浪潮流等作用，投置之沙源亦再度流失殆盡。因此，本研究擬先行針對底床沙質之流向及發生之成因做一全盤的瞭解，進而提出解決流沙之方案，提供觀音亭觀光帶配置規劃時之參酌。

據當地居民表示在觀音亭海水浴場築南堤時，海水浴場內在退潮期間會出現很漂亮的沙灘，但南堤築堤後，沙灘底床質漸漸流失，因而澎湖縣政府於七十七年再以人工加沙補充底床沙質，但經過二年至三年的時光，所加之沙亦流失殆盡。至今僅在整個海水浴場之角隅處尚有少許之貝殼沙留存。經由以上的查訪大概可推測海水浴場沙源流失之可能原因為：

- (1) 潮汐之漲退是否在開口處形成較大之潮流而將沙源帶走，但據居民及泳者表示在開口處很少發生意外事件，在開口處游泳亦沒有流向外海的感覺，因此在可游泳的期間，因開口束縮所引起的開口處流速加大，而將沙源帶走的可能性較小，又由訪談中得知在可游泳的期間海水浴場內水質清澈亦即海水浴場內之底床質不會受波浪作用形成懸浮質再由潮流帶走。但颱風期間於開口處之流速是否很大，或受波浪作用而形成海水浴場內之底床質形成懸浮質，便不得而知，或許此時段潮流亦是加強沙源外移的另一原因。

- (2) 南堤築後，海水浴場形成一個三面封閉開口很小，形狀像港澳的海域，同時海水浴場之底床高程為北高南低，因此是否波浪由SW向或SSW向傾斜入射進入海水浴場後水流在封閉海域內形成順時針之環流，而將沙源帶到海側。
- (3) 海水浴場之形狀因素所引起之港池振盪，而形成環流將沙源帶走。
- (4) 颱風期間波浪方向大約為SW和SSW向，而此向之波浪正好斜向進入海水浴場，可能在海水浴場內形成環流，又颱風期間水位暴漲，颱風過後水位突降，在此雙重因素作用下很快的把海水浴場內之沙帶到海側。
- (5) 南堤築後斷絕西南向進來之沙源，使得海水浴場內沙僅有出而沒有補，造成供需失調而破壞平衡。
- (6) 傾斜入射時，南堤內側形成一個遮蔽區，此區內波浪因繞射形成環流。

本研究即針對以上討論之流沙可能發生的原因，擬以現場實測及水工模型試驗二大方向來逐一探討，進而找出主要發生流沙之原因，並提出定沙的方案。

貳. 現場實測

現場實測之目的係要了解在經常風期間潮汐所引起之潮流對海水浴場內沙源流失之影響程度，同時追查沙源之流失走向，因此現場實測共分成三大部份來討論，即為開口處以流速儀量測距底床約100公分處之流速，投置螢光砂與採取底床沙做粒徑分析，詳述如下：

(1) 量測開口處之速度

澎湖於冬季時，東北季風盛行，因而此時波浪進行的方向與開口處入口方向正好約成垂直，故較可分離出潮汐所引起的潮流速度或波浪引起的環流所形成的入口流速。10月份正值颱風期過後，東北季風尚未很強的期間，因此選擇10月的大潮期間做現場量測較可釐出潮汐漲退產生的潮流對沙源流失的影響程度。

本現場量測從81年10月27日至10月29日共連續量測36小時共三次漲潮三次退潮，量測位置如圖 1 示。量測地點水深在漲退潮間為 2公尺到5公尺，流速儀設置之位置為在底床上1公尺。二次潮之水位與時間如表一所示。圖 2顯示在入口處之流速向量圖，由圖中顯示二次退潮最大流速一次發生在10月28日3時到5時間之退潮速度最大，而其10分鐘平均速度最大發生在10月28日3時50分之12.40cm/sec，另一次發生在10月28日16時到18時之間，其10分鐘平均最大流速發生在10月28日 16 時之 12.02cm/sec。而二次退潮期間之平均入口方向之流速為7.61cm/sec，垂直於入水方向之速度為7cm/sec。

圖 3取自Komar(1976)圖8-9，由此圖顯示在不同粒徑下，底床載之臨界啟動速度，由此圖中查出如粒徑為0.22mm，週期10秒時其臨界啟動速度約為20cm/sec。此速度遠大於入口處之實測速度，因此可得知潮汐尚無法啟動底床質，故僅經常風期間之潮汐殘差流對海水浴場之流沙影響不大。

表 一

高 低 潮 位 時 間 表

	第 一 次 潮				第 二 次 潮			
10月27日	05:42	0.91L	12:13	3.71H	17:50	1.65L	*****	
10月28日	00:00	3.72H	06:24	0.90L	12:58	3.64H	18:29	1.74L
10月29日	00:40	3.66H	07:05	0.94L	13:42	3.54H	19:08	1.81L

(2) 螢光砂追蹤漂沙移動的主要移動方向

投置螢光砂係利用螢光砂之移動而分析其漂沙走向，本研究共在海水浴場內投置四個位置，綠色與紅色等二種顏色之螢光砂，投置時間為10月22日至10月29日共八天的時間，投置地點如圖 4所示。照片一為投置點 3，在投置八天後的情況，本地點正好在潮間帶，每日漲退二次潮，由照片中可明白看出，漲退潮對該地點之螢光砂似乎沒有影響，亦就是漲退潮對該區域之漂沙影響不大，而其餘三地點之螢光砂，據潛水人員追蹤亦發現沒有移動的現象，由此更可證明經常風期間潮汐的漲落所引起的潮流對海水浴場之漂沙移動影響不大。

(3) 粒徑分析

粒徑分析係利用採集海水浴場內之沙樣與海側沙樣比對分析，以利瞭解海水浴場內投置沙之流失方向。由於現場目前幾乎沒有沙，無法分區做散亂採樣，僅依有沙地點做任意採樣，其採樣地點如圖 5所示。經由粒徑分析得知粒徑 D_{50} 超過0.4cm以上者皆為貝殼沙， D_{50} 在0.2cm左右者為沙，其分析結果如圖6所示，由圖中可發現目前僅在靠近南堤內側尚有少許沙 D_{50} 在0.2cm左右，而在入口處附近 D_{50} 皆在0.7cm以上，顯示無沙粒僅有貝殼沙，南堤外側據潛水人員表示有一大片

沙其粒徑亦在0.2~0.28mm之間與海水浴場內之粒徑相對，很有可能海水浴場內之沙流出海水浴場後之堆積地點，因在海水浴場北堤側皆為岩石，無法採沙比對，復又海水浴場面積很小所流出之砂量很有限，故無法確定的判斷流出的沙是否停留在南堤外側，但可確定因無南堤外的沙源來補充，而形成供需不平衡而造成海水浴場內無沙的現象。

經由以上之分析，可以得知經常風期間潮汐所產生的潮流對海水浴場內之沙源流失之影響不大，而沙源可能停留在南堤外側。



照片 1 潜水人員



照片 2 綠色螢光砂

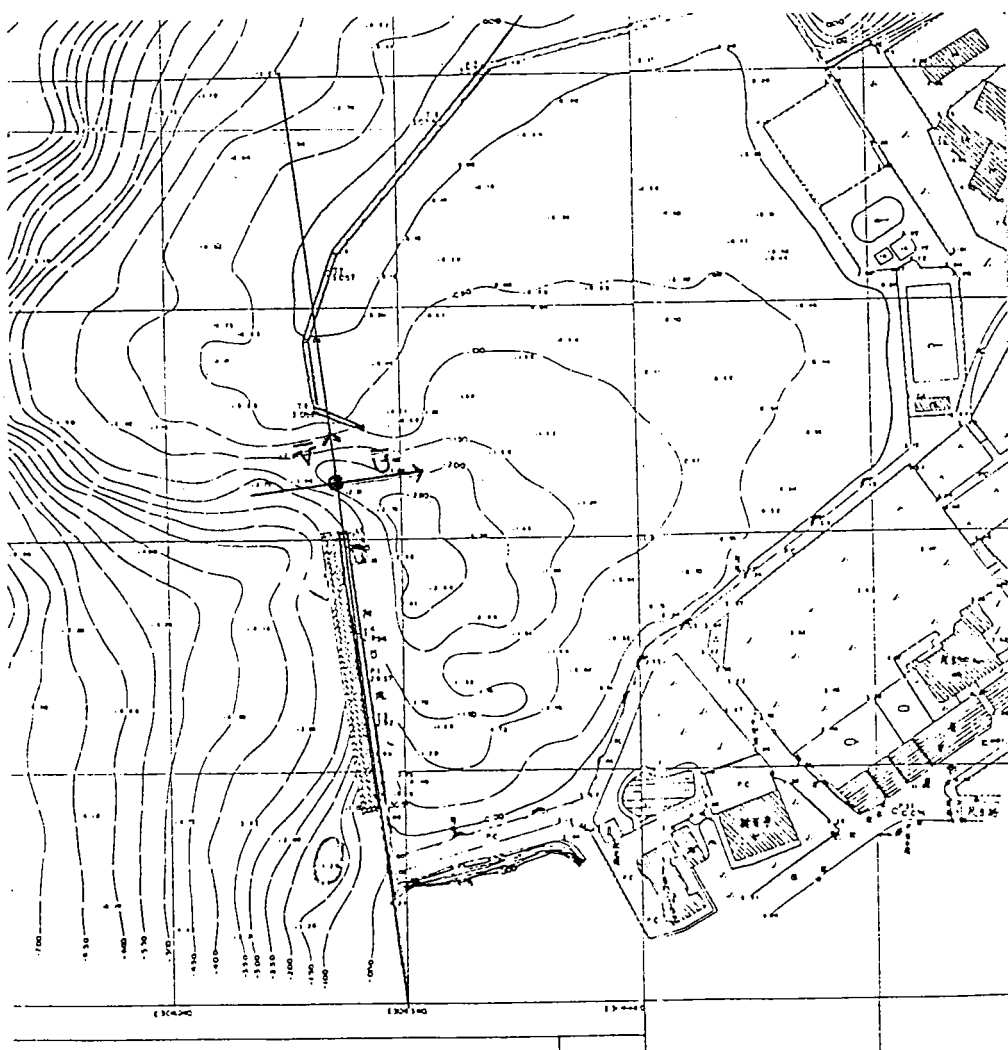


圖 1 現場流速量測位置圖

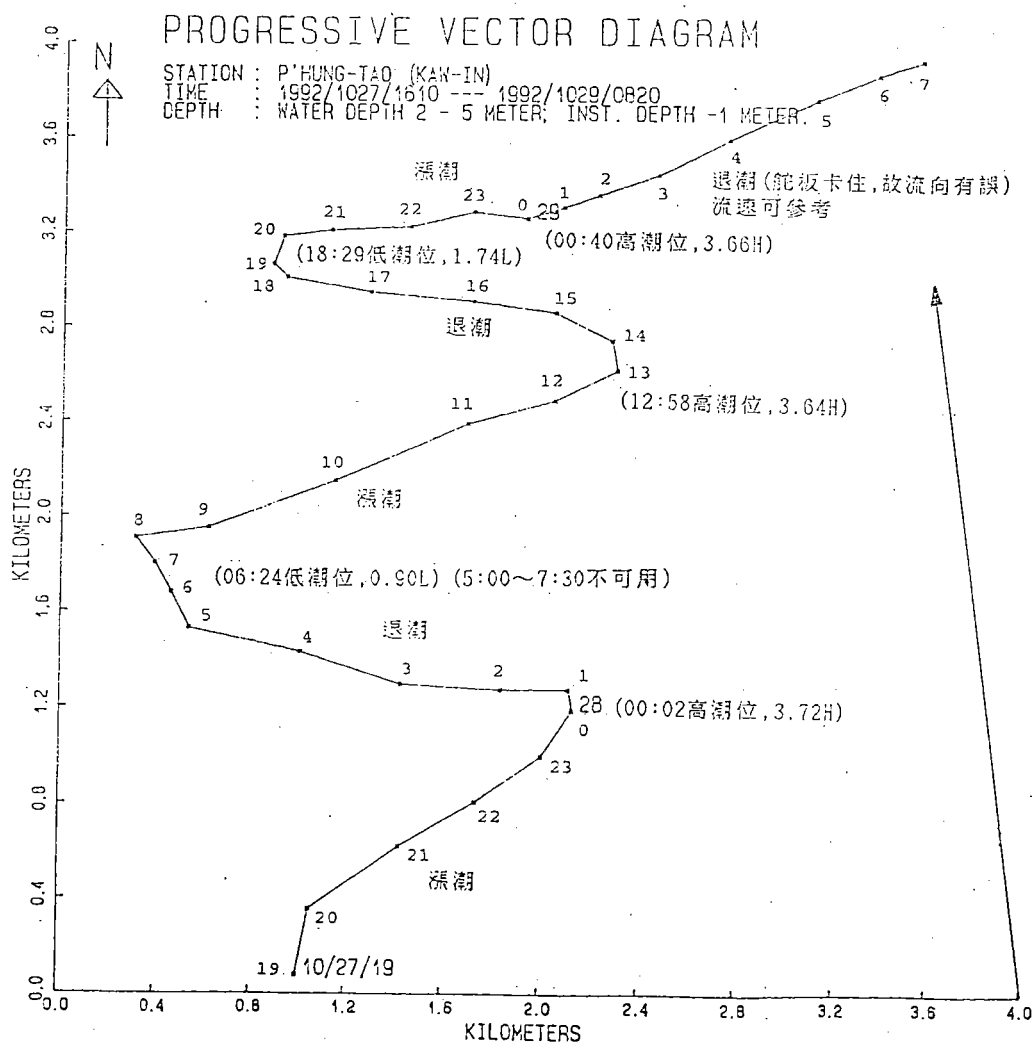


圖 2 入口處流速向量圖

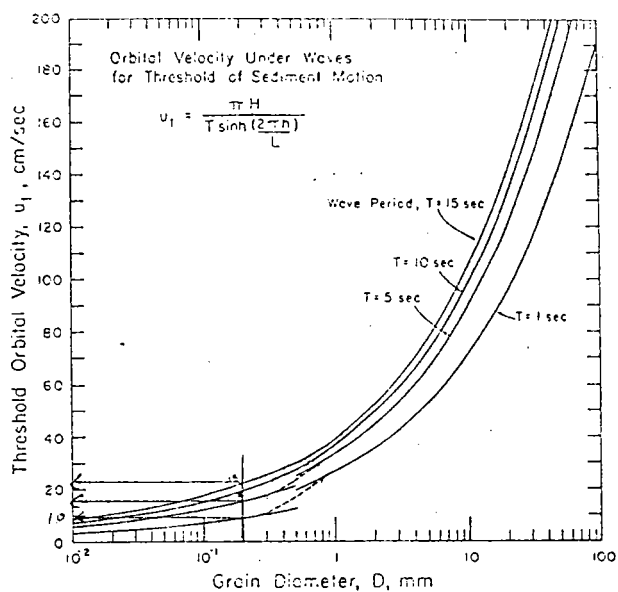


圖 3 波浪作用下之啟動速度圖

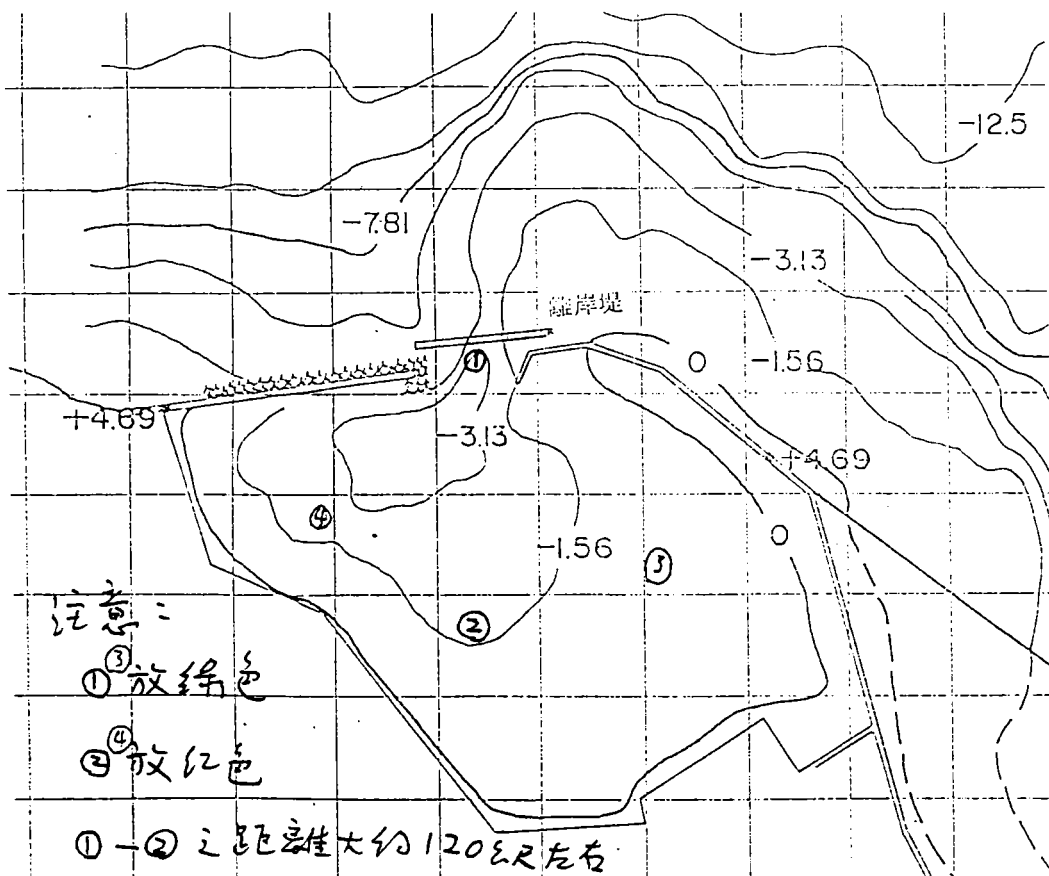


圖 4 螢光砂投置地點

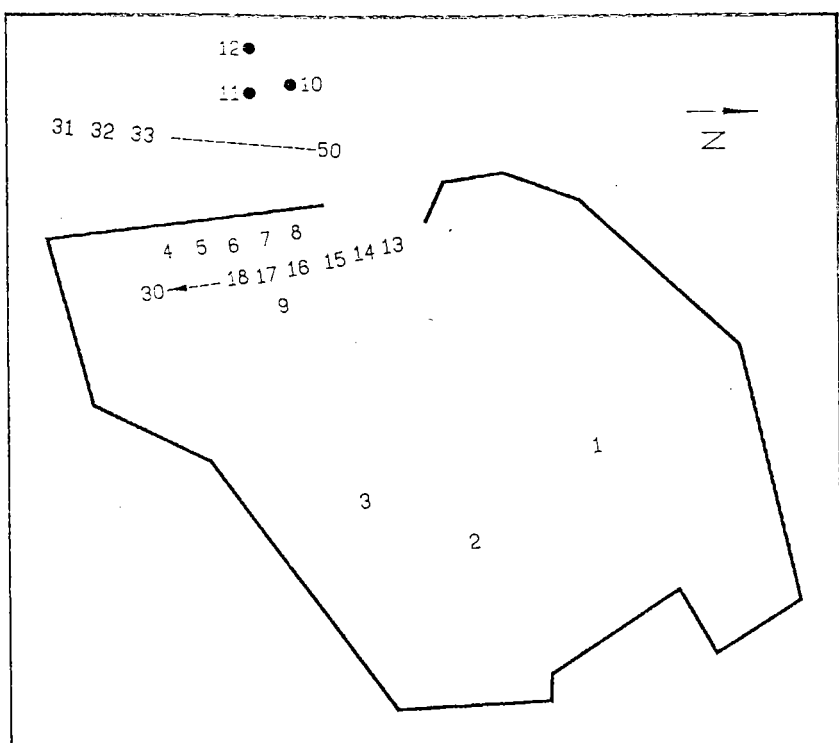


圖 5 沙樣採樣地點分佈圖

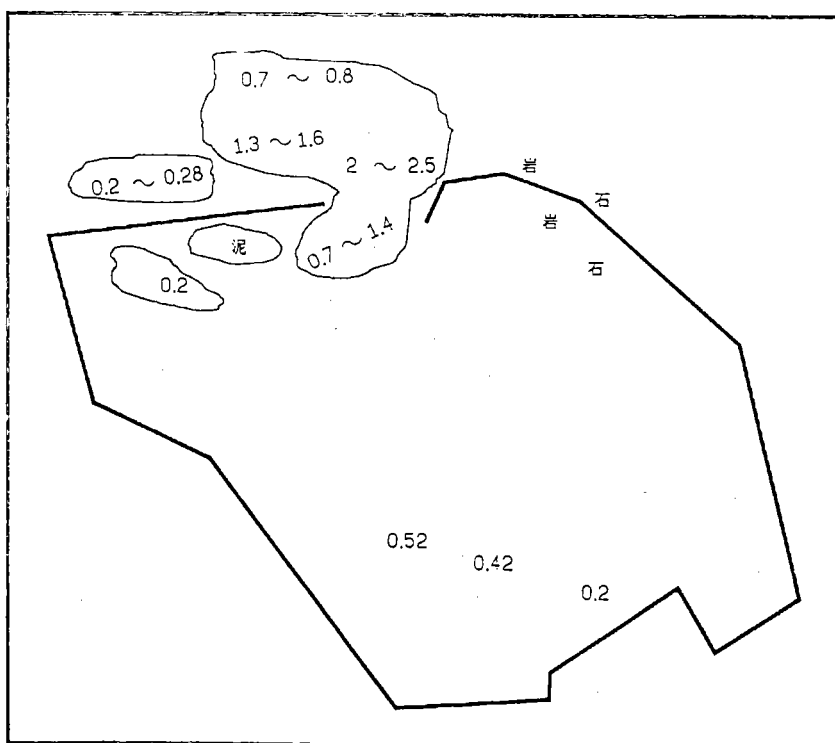


圖 6 粒徑分佈圖

參. 水工模型試驗

本研究分成二大部份來探討流沙之原因，其一為定床試驗，其二為半固定床試驗。定床試驗係用來探討 (1)波浪斜向入後海水浴場內環流是否形成，(2)加入潛堤及離岸堤後，海水浴場內波況及流況，(3)校驗海水浴場形狀因素之影響而形成之振盪。而以半固定床試驗方式來探討漂沙移動方向，採用半固定床的原因為本試驗區域底床目前皆為岩石，底床沙已經流失殆盡，又假設沙源不會由外海補充僅考慮沙源流失之情況來探討，海水浴場內砂源移動的機制及移動方向並提出定沙方案。以上將依定床試驗與無固定床試驗分別詳述之。

3-1 定床試驗

3-1-1 試驗設備

(1)大型試驗水池：長60公尺，寬45公尺，深1公尺其內設有

(a)可移動推移式造波機：

由四部可移動推移式造波機組成一體，可造出規則波與不規則波。試驗所需波浪之週期及波高可分別調整變速機之變速比及衝程而獲得。因造波機為可移動性，故可以變換位置製造現地海岸各種方向之波浪。

(b)環流系統：

試驗池兩端各設進水及排水槽各一道，寬1公尺，深2公尺與室外蓄水池間設有管路及控水閥。室外蓄水池裝有40匹馬力抽水機一座，以30公分輸水管分別通至兩水槽，作為環流之給水系統。兩水槽與試驗池之隔牆上裝置木閘41處控制模型內水流之流速分佈。並利用控制閥調節流量。

(c)潮汐自動控制儀：

由電子計器及控制器自動調節空壓機分配至各控制閥之壓力，使控水閥作週期性啓動關閉，控制進出試驗池水量，俾試驗水池內水位能作連續正弦變化以模擬現場潮汐曲線變化現象。

(d)導波板：

在造波板兩端沿波浪方向平行裝置，引導波浪於固定方向，以避免該試驗波浪能量擴散。

(2)蓄水池：

長60公尺，寬14公尺，深2.65公尺為鋼筋混凝土建築，蓄水量約2,200公噸，四周裝置鐵絲網，池之南端鑿井兩口，深120公尺，並設置抽水機抽取地下水過濾後，供試驗用。

(3)測定儀器：

(a)容量型波高儀(Capacitance Type Wave Meter)為試驗用波浪測定儀器，係將水面起伏變化，先經一對白金電容線感受器轉變為電阻變化，藉惠氏登電橋換成電流，再經增幅器(Amplifier)予以放大後變成電壓，經由自動記錄儀(Oscil-lograph)記錄波形變化或經電腦類化數據轉換器獲得波浪資料。

(b)螺旋槳式流速計：可測單向流速。

(c)水準儀。

3-1-2 試驗範圍

本試驗模型範圍採原海水浴場及鄰近海域如圖七所示，顧及影響海水場周邊之邊界條件及考慮離結構物 7倍試驗波長以上之造波距離。模型之距離範圍採用20公尺長20公尺寬換算成實地長度為720公尺長720公尺寬

3-1-3 模型縮尺

本試驗在考慮各種波浪條件之造波影響，水槽尺寸及試驗精確性之條件，因而模型之水平與垂直向採用等縮尺，其縮尺比例取為1/36。由於水體運動不考慮粘滯性之影響，僅以重力為考慮之因素，因此，模型律採用福祿數(Froude No.)來控制，其長度與時間之關係表示如下：

$$\frac{T_p}{T_m} = \left(\frac{L_p}{L_m} \right)^{1/2}$$

此處 p 表示實體； m 為模型

3-1-4 試驗用之波浪、潮汐條件及試驗佈置

本試驗共採二種入射方向，即SW方向與SSW方向，三種佈置即原型、入口處置潛堤及入口海側設置離岸堤。波浪條件採季節風與颱風並加潮汐變化如表二所示，本表採用環海顧問公司推算結果。

表 二 固 定 床 試 驗 條 件

	模 型			實 體		
	波 高 (cm)	週 期 (sec)	水 位 (cm)	波 高 (m)	週 期 (sec)	水 位 (m)
季 節 風	3	0.8	+4.75	1.08	4.8	+1.71
颱 風	14.4	1.8	+4.75	5.18	10.8	+1.71

3-1-5 試驗步驟

本試驗依下列步驟實施：

(1) 模型製作

依據澎湖特定區管理籌備處提供之現場地形圖，依縮尺關係佈置於平面水槽內，並利用水泥、沙漿鋪設 5 公分厚之表面。潛堤及離岸堤皆使用鋁製之消波堤模型鋪設。

(2) 原型試驗

1. 利用乒乓球加水，使其比重與水相似。而以定點定時投放與全面平均投放二種方式追蹤海水浴場內之流況。
2. 追蹤流況採用人為繪圖，照相及 V8 錄影機同時做記錄。
3. 率定波高計共 14 支，為求較精確之水位變化，因而將波高計改成量測部份僅 10 公分長。
4. 在海水浴場內佈置 12 支波高計，造波機前佈置二支波高計控制入射波高，為精確量測海水浴場內之波高變化，容量式波高計皆改成 10 公分長，以減少量測誤差。波高計佈置如圖八所示。
5. 在海水浴場內佈三支螺旋槳式流速計，以量測固定點流速之變化，此三支流速計採用三角形佈置，以利環流之監測，其佈置如圖九示。

(3) 潛堤試驗

潛堤試驗時採用原型地形試驗，僅在入口處以消波塊佈置透水性的潛堤，其堤高高程為 +0.5 公尺。其餘各項試驗與原型相同，其佈置如圖十所示。

(4) 離岸堤試驗

離岸堤試驗亦採原型地形試驗，在入口處前以消波塊設置長3.1公尺之透水性離岸堤，其餘各項試驗與原型試驗相同，如圖十一所示。

3-1-6 試驗結果與討論

依流速、波高分佈、環流及水位抬升等四個主題分別討論如下

(a) 流速

表三與表四分別表示波浪進行方向為 SW向與SSW向時在三種佈置及季節風與颱風等二種波浪條件下，三個控制點之流速比較表，由表中可以很明顯的發現潛堤佈置時其流速皆為最低，而離岸堤與原型佈置其流速大致相，無法降低海水浴場內之環流速度。

表 三 SW 向三控制點之流速比較表

條件 佈置	季 節 風			颱 風		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3
原型佈置	6.0	1.6	3.3	13.2	9.2	12.7
潛堤佈置	2.6	1.4	3.1	12.0	8.0	8.1
離岸堤佈置	5.3	1.7	4.5	12.0	9.0	13.2

表 四

SSW 向三控制點之流速比較表

條件 佈置	季 節 風			颱 風		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3
原型佈置	4.9	2.6	3.4	14.2	6.8	13.6
潛堤佈置	3.7	2.7	2.6	8.7	5.7	12.2
離岸堤佈置	3.9	2.8	3.8	8.9	5.8	8.9

(b) 波高分佈

圖12到圖23分別表示在SW向與SSW 向時季節風與颱風波浪作用下，三種佈置之遮蔽效果。由SW向季節風各佈置之入射波高與當地波高比值之各比較圖可得知，在入口處潛堤尚保存有百分之九十以上，離岸堤與原型之波高比皆大於1，顯示波高尚存有淺化之現象，而海水浴場內之波高比值大致上也以潛堤波高比值之平均0.169為最低，其次為離岸堤(0.199)，再其次為原型(0.217)。

SW向颱風之各種佈置下入射波高與當地波高比值之比較圖(圖15至圖17)中得知在入口處之比值皆在0.3至0.4之間，顯示波浪在堤前已有發生碎波現象，雖然在入口處佈置了消波結構物，雖其消能的效果有限，但仍然以潛堤之比值0.32為最低，其次原型0.36，再其次為離岸堤0.37。海水浴場內波高比值的平均值潛堤0.117，離岸堤0.164，原型0.159。

SSW 向季節風之各佈置下入射波高與當地波高比值各比較圖(圖18至圖23)中，顯示情況與SW向季節風情況相類似，但其比值較SW向為小，潛堤0.75，離岸堤0.95，原型0.79，海水浴場內波高比值平均值潛堤為0.164，離岸堤為0.206，原型為0.193。

由SSW向颱風之各佈置下，入射波高與當地波高比值之各比較圖(圖21至23)中，顯示情況與SW向颱風情況相類似，入口處之比值分別為潛堤0.28，離岸堤0.38，原型0.32，海水浴場內波高比值與平均法分別為潛堤0.11，離岸堤0.136，原型0.141。

經由以上之波高比值之討論與分析，可得到以下之結論，潛堤佈置能有效的降低波能，達到良好的遮蔽效果，而離岸堤與原型遮蔽效果相類似，換句話說，離岸堤無法有效的防止SW向及SSW向波浪的進入。

表 五 季 節 風 之 波 高 比 值 比 較 表

波 向	佈 置	入 口 處 波 高 比	海 水 浴 場 內 波 高 比 之 平 均 值
SW	原 型	1.07	0.217
	潛 堤	0.91	0.169
	離 岸 堤	1.09	0.195
SSW	原 型	0.79	0.193
	潛 堤	0.75	0.164
	離 岸 堤	0.95	0.206

表 六 颱風之波高比值比較表

波 向	佈 置	入 口 處 波 高 比	海 水 浴 場 內 波 高 比 之 平 均 值
SW	原 型	0.36	0.159
	潛 堤	0.32	0.117
	離 岸 堤	0.37	0.164
SSW	原 型	0.32	0.141
	潛 堤	0.28	0.110
	離 岸 堤	0.38	0.136

(c) 流況追蹤

流況追蹤係採用乒乓球加水至比重與水接近，採用定點定時拋放，與整個平面平均拋放二種追蹤方式，記錄方式採用人為繪圖，依乒乓球在模型內移動軌跡並配合地面上之網格點測繪，同時使用V8攝影機拍攝存證。

圖24至圖29為SW方向之各種佈置與波浪條件下，整個平面之流況分佈圖。SW向在原型佈置情況下在海水浴場內形成一個順時針的環流，但在颱風條件時在北堤內側有一股沿堤向入口處移動之流，季節風時於南邊角落亦形成一股小環流，同時在入口處亦有向外之流速存在。潛堤佈置時季節風情況下，沿著岸邊有順時針方向之環流出現，而在颱風時，順時針之流在進入南側後，再迴流入海水浴場，離岸堤情況與原型佈置相類似。圖30至圖35為SSW向之各種佈置與波浪條件下整個平面之流況分佈圖。SSW向在原型佈置季節風的情

況，在北側半部有一股順時針之環流，南側有較小之環流發生，沿著北堤有一股沿堤而移動到入口處之流，同時在入口處有向外之流速存在。颱風情況與季節風相似，唯環流範圍較小。潛堤佈置在入口處靠近北堤附近，沿北堤向外移動之流速明顯減小且大部份往內迴流，而在颱風時已無明顯迴流出現。離岸堤情況時，南北堤繞射均大於原型與潛堤，而在南側有移動緩慢之流出現。

綜合以上之討論得知，在原始地形高程不變，同時潮汐亦固定不變之情況下，無論何種方向之入射波及佈置，在海水浴場內均會有順時針之環流出現，同時大致上可判斷此環流係由地形北高南低，而迫使斜向入射(SW、SSW向)之水體受地形擁高而往南側較低處移動而形成環流。同時因南堤的遮蔽而形成的繞射區域亦為加強環流的另一主因。

(d) 水位抬昇

由於實驗室內發現海水浴場內有環流產生，以致懷疑是否有水位抬昇引致海水浴場產生振盪，而形成環流將沙源帶走。圖36至圖39為水位之歷時記錄，橫座標為時間(秒)，縱座標為水位(cm)，圖36和圖37之測點位於海水浴場內之北側，此處高程較南側高，當此時之時間歷時記錄中可發現其水位抬昇約0.89公分。南側地勢較低，水位抬昇分別為0.73公分及0.76公分。由於實驗室內因造波的關係會將水位抬昇，因此二位址之水位抬昇差為其兩側水位之差，其值為0.13公分，換算成現場之水位差為4.68公分，此差值不大，故海水浴場尚不會發生振盪之現象，再由當地居民訪談中，亦無發現海水浴場內會有週期性振盪的現象說明。

3-1-7 分析結果

- (1) 經由定床試驗的結果，可得知海水浴場內沙源流失可能不是經常風時潮汐所引起。
- (2) 海水浴場內之環流可能由於地形南北二側高不同而引起水體運動及南堤的遮蔽而形成繞射區域所致。
- (3) 潛堤之佈置可得到較原型及離岸堤好的效果。
- (4) 海水浴場內不致因水位抬昇而產生振盪。
- (5) 由以上之討論可得知，海水浴場內流沙之原因為地形不平衡而產生之環流及斜向入射而形成之繞射區內之環流現象復加上颱風時暴潮位之突降，而將沙帶出海水浴場。

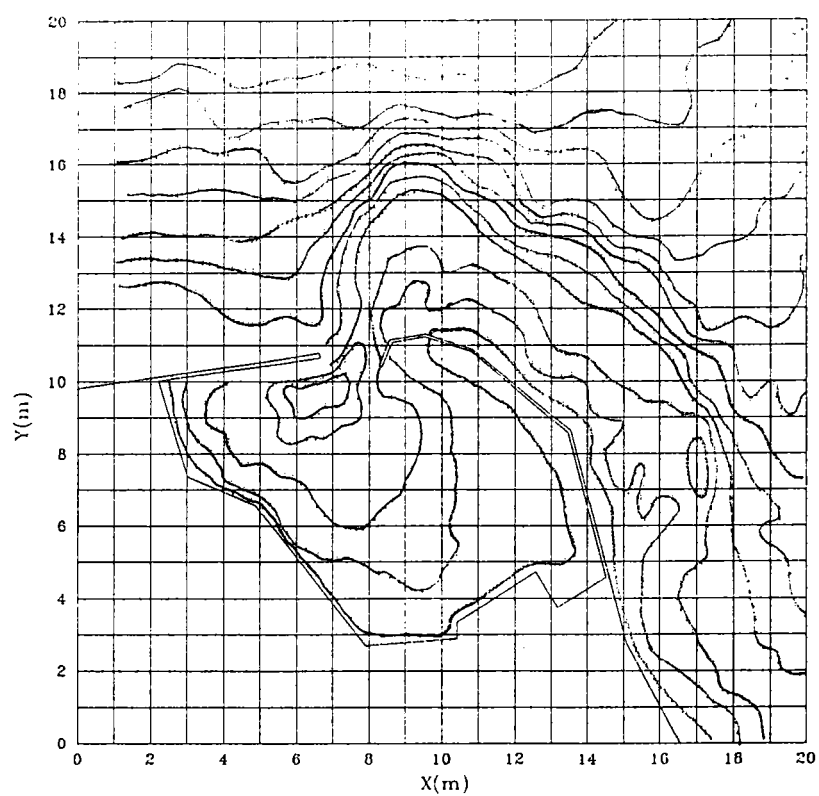


圖 7 模型佈置範圍圖

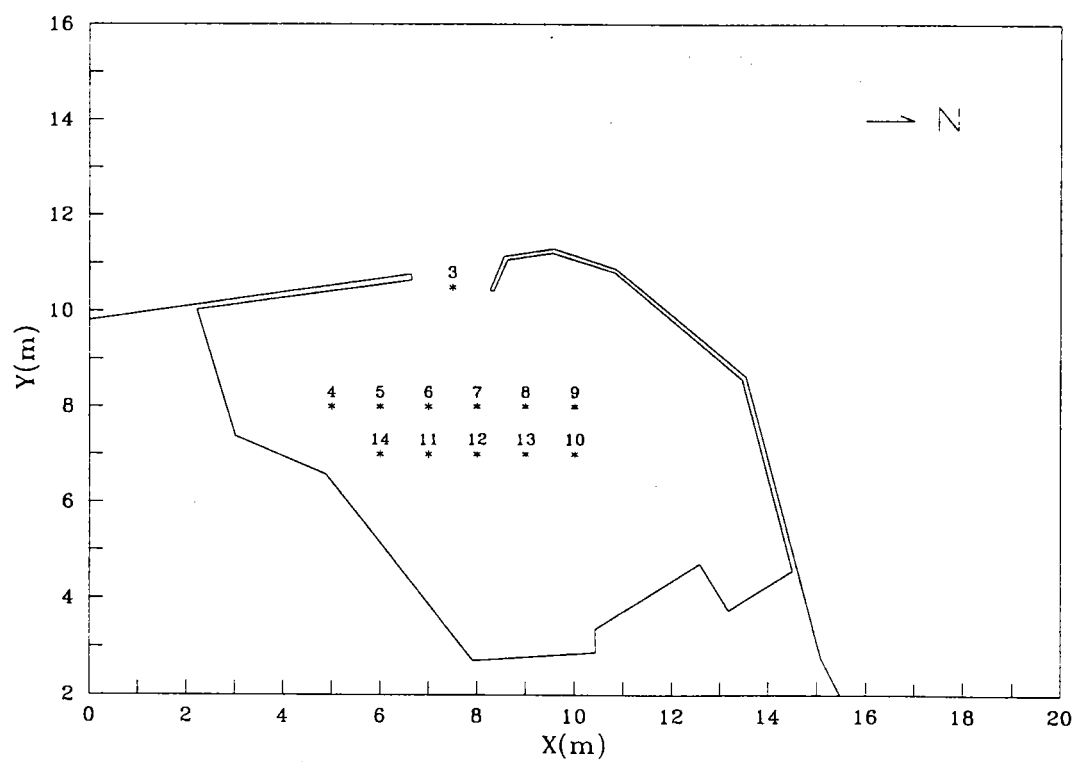


圖 8 波高計佈置圖

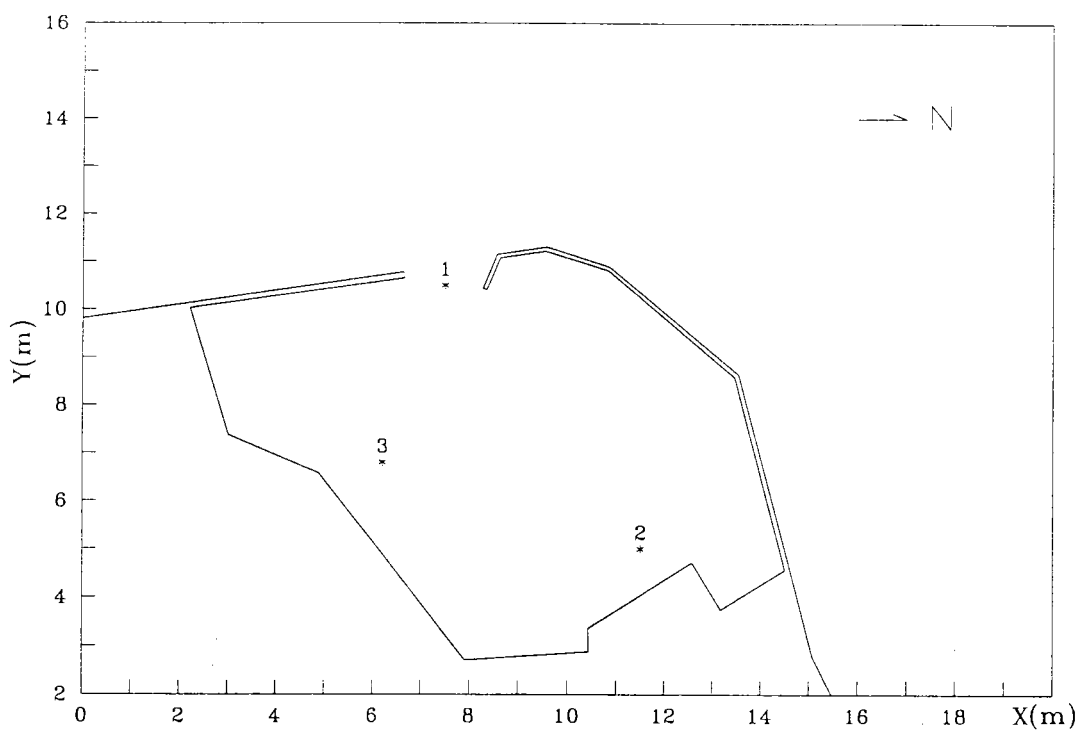


圖 9 流速量測位置圖

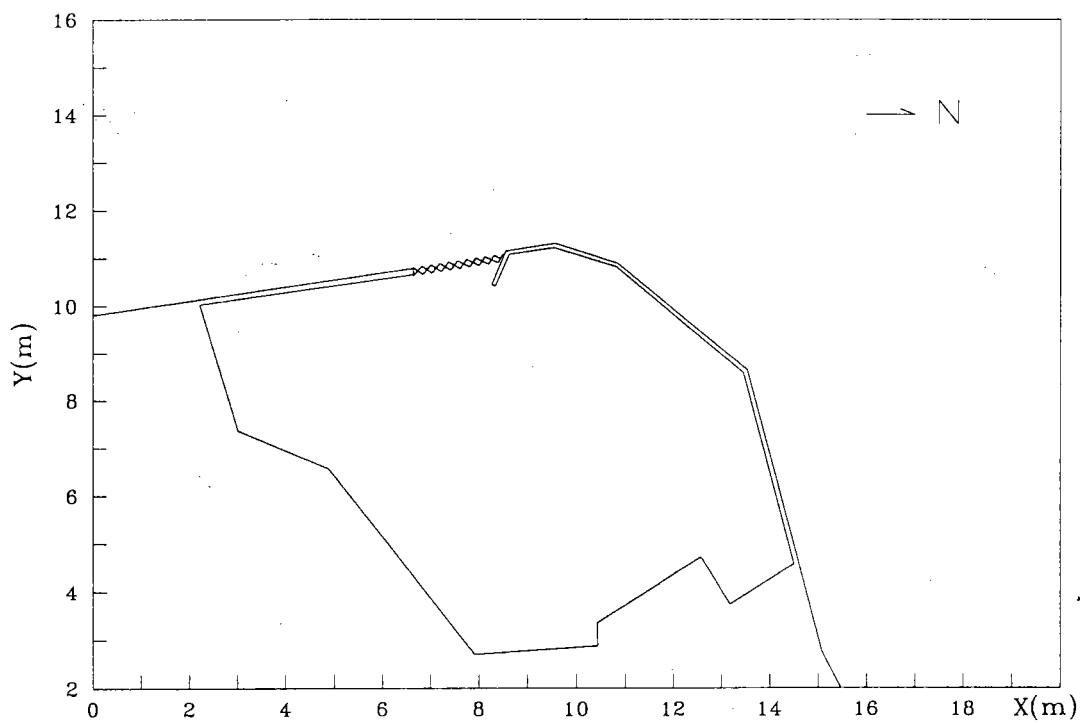


圖 10 潛堤佈置圖

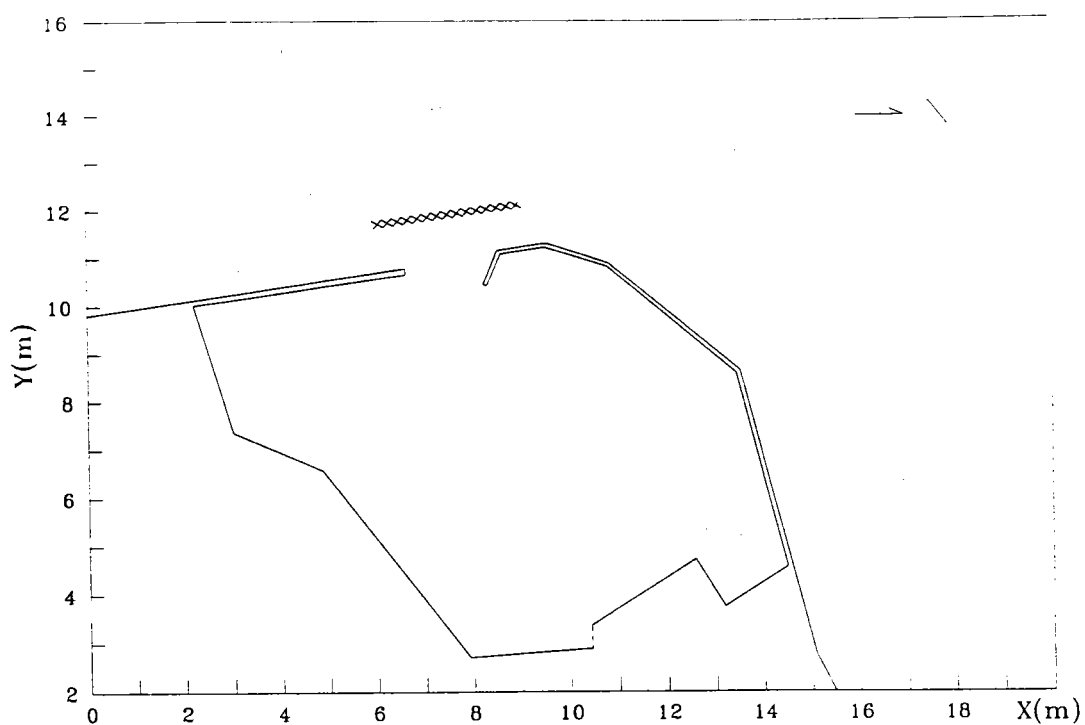


圖 11 離岸堤佈置圖

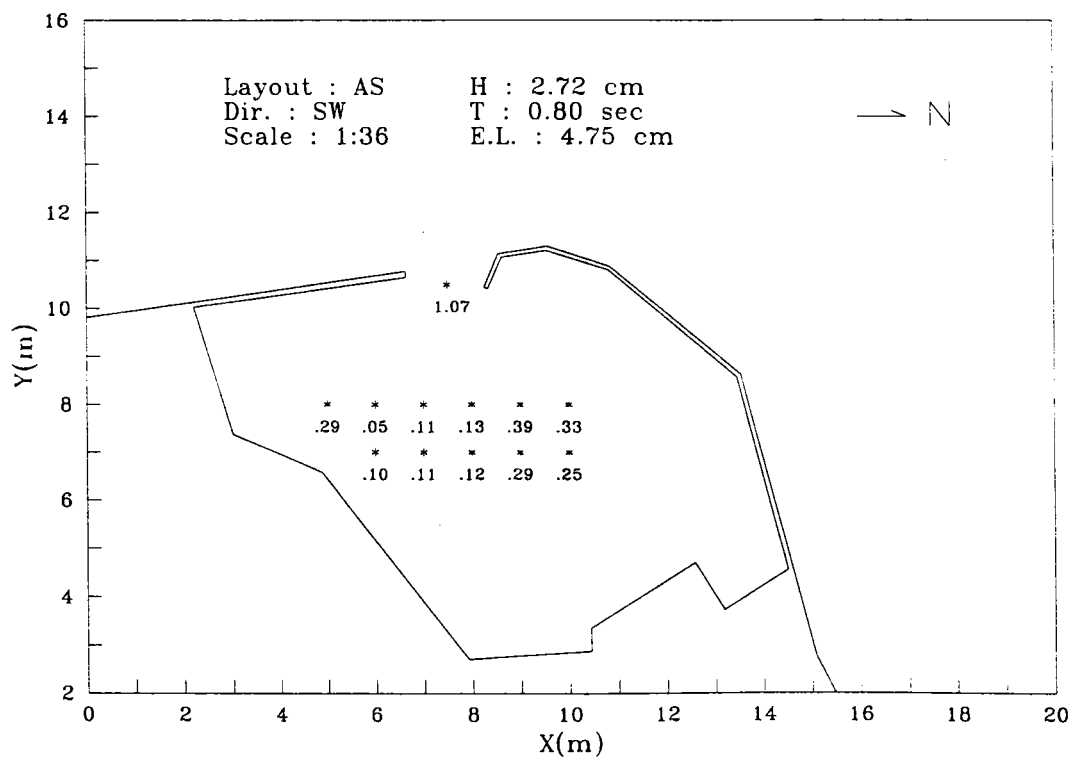


圖 12 波高分佈圖

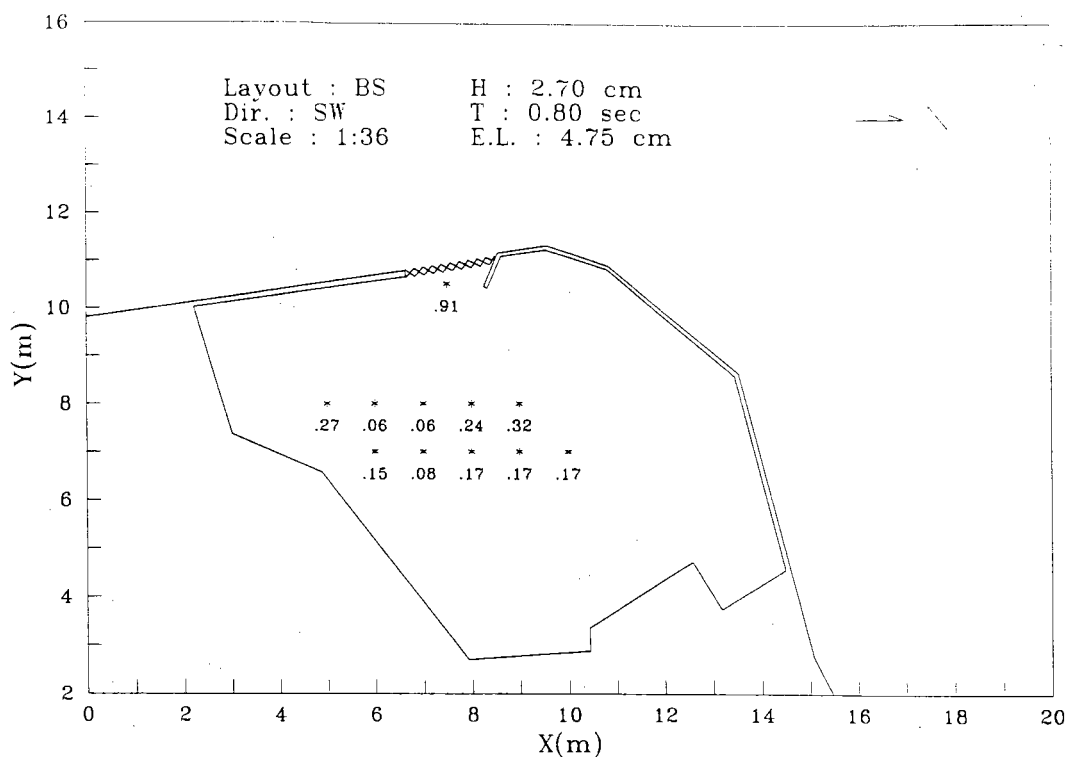


圖 13 波高分佈圖

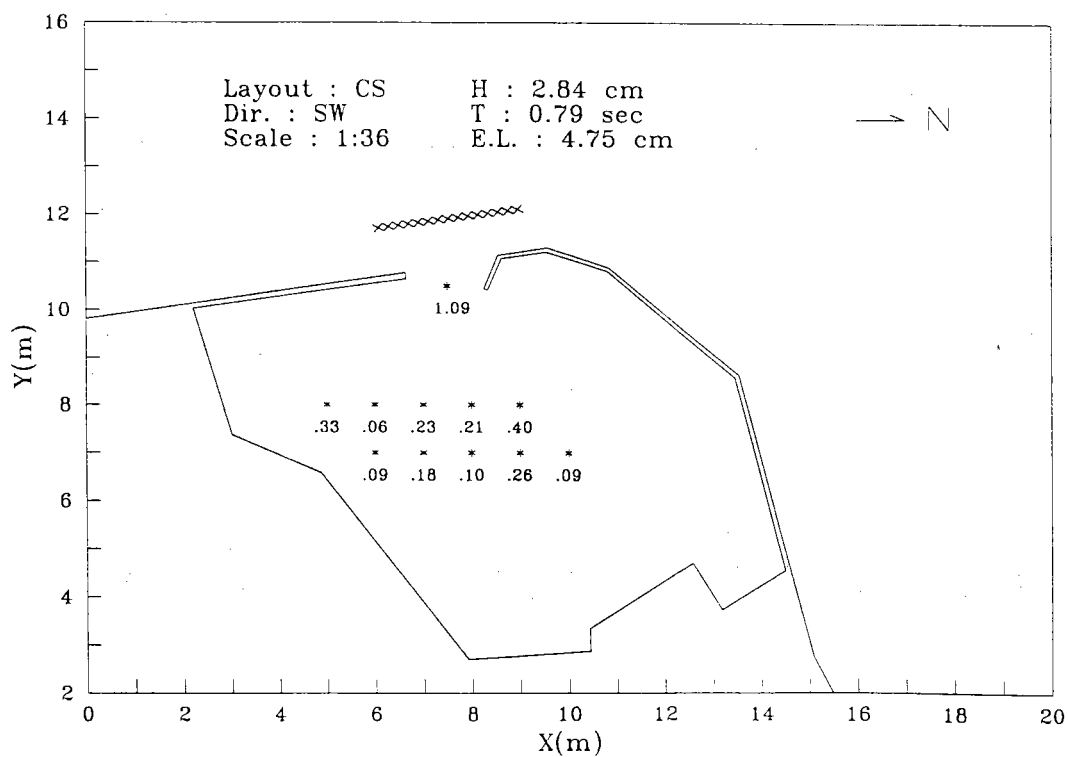


圖 14 波高分佈圖

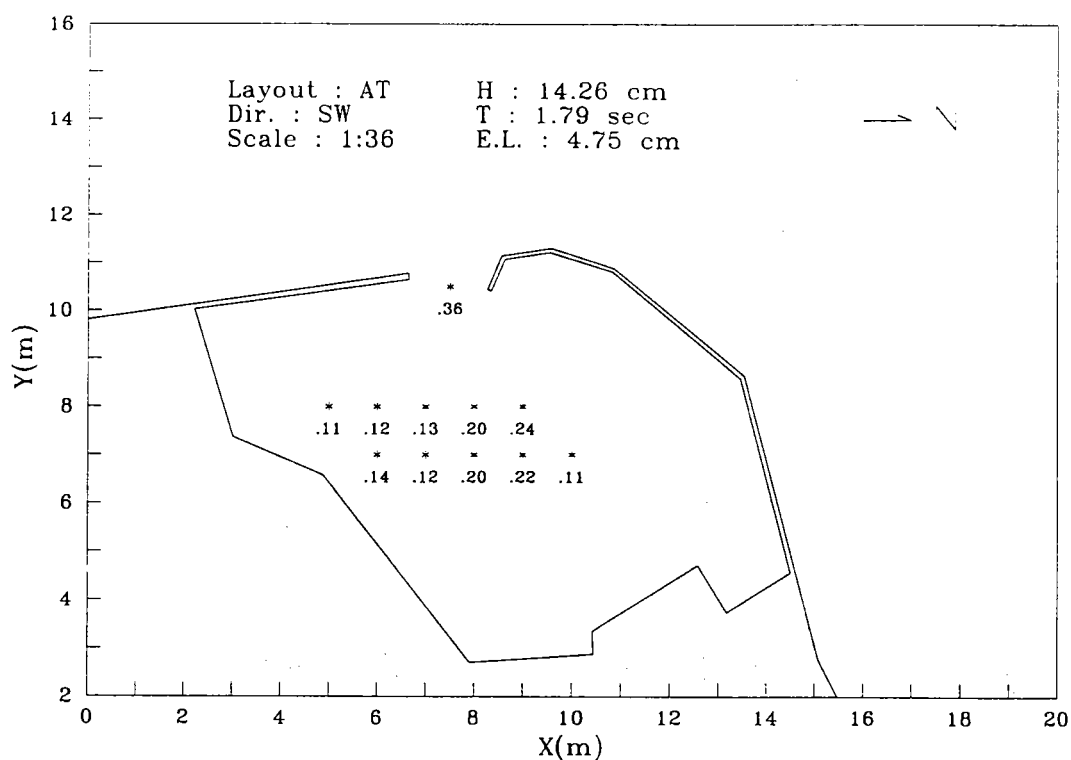


圖 15 波高分佈圖

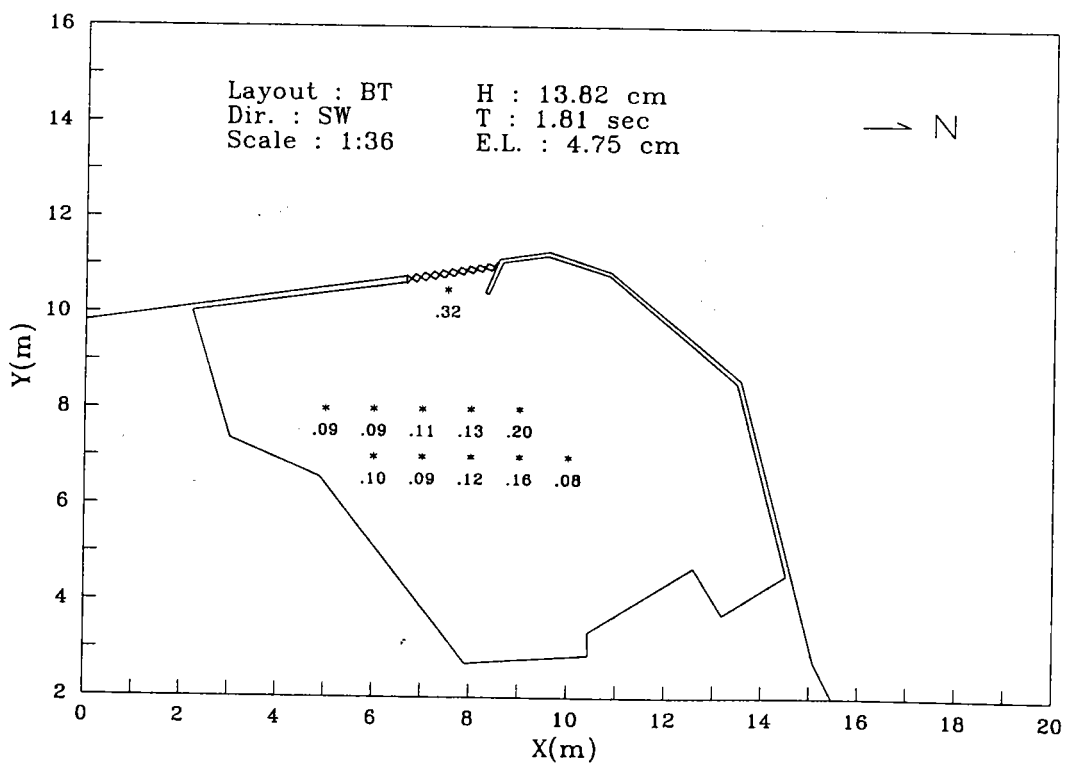
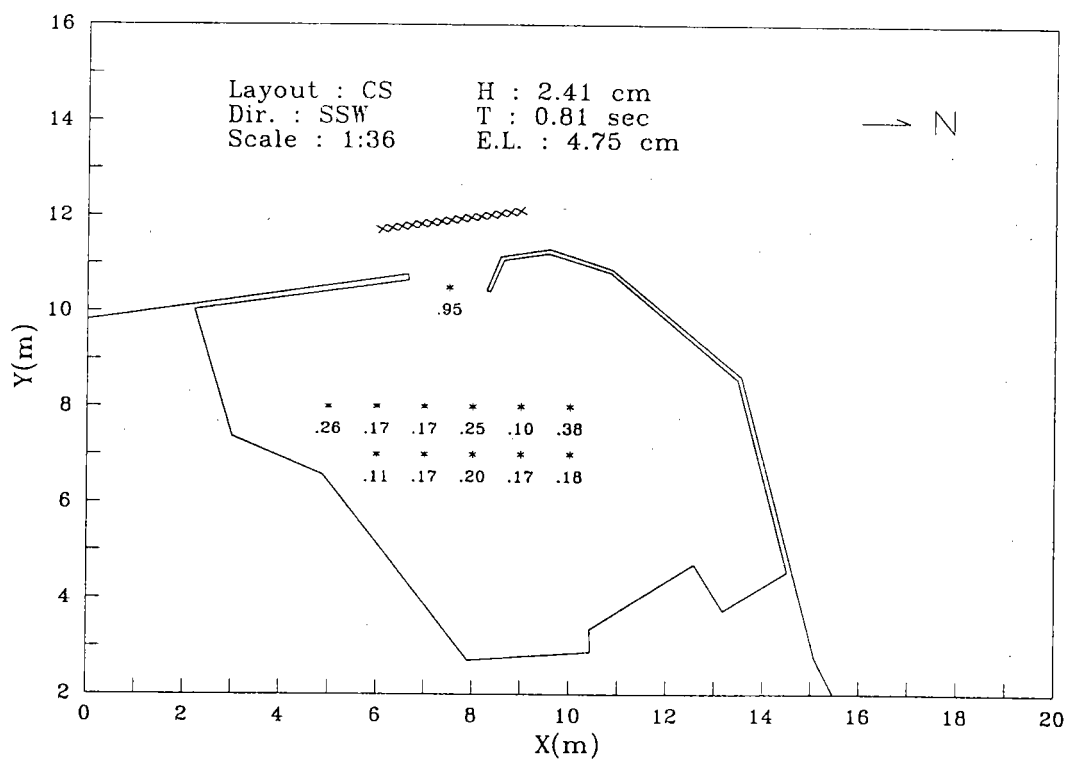
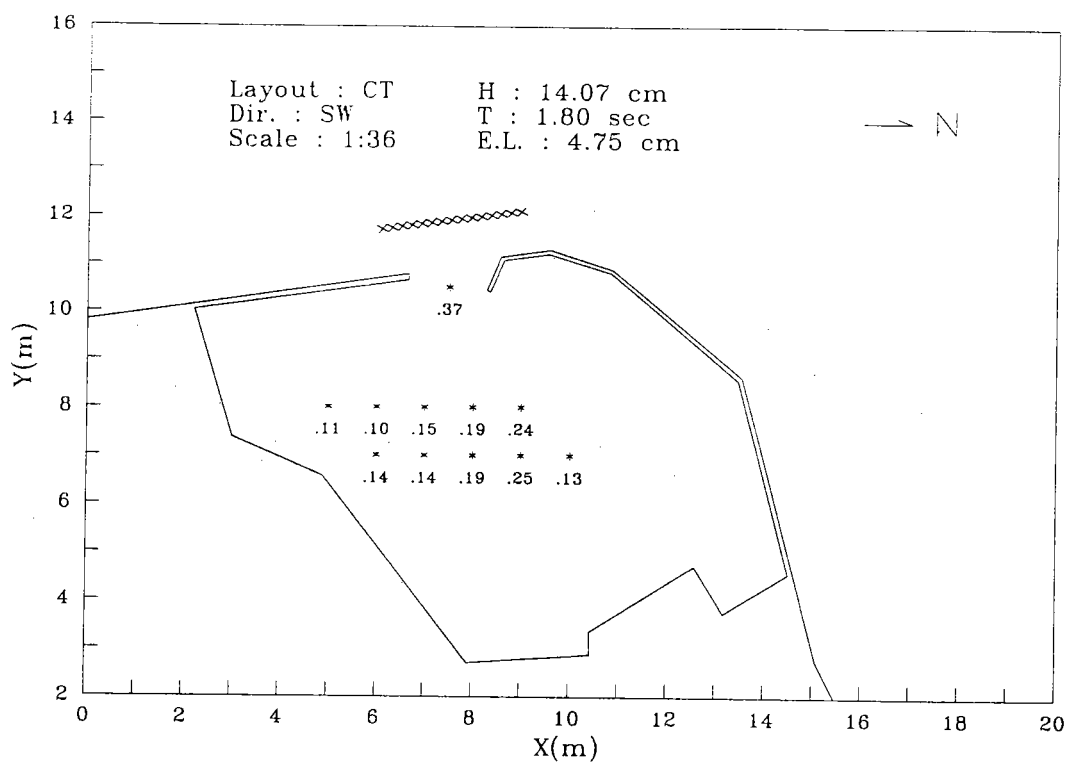


圖 16 波高分佈圖



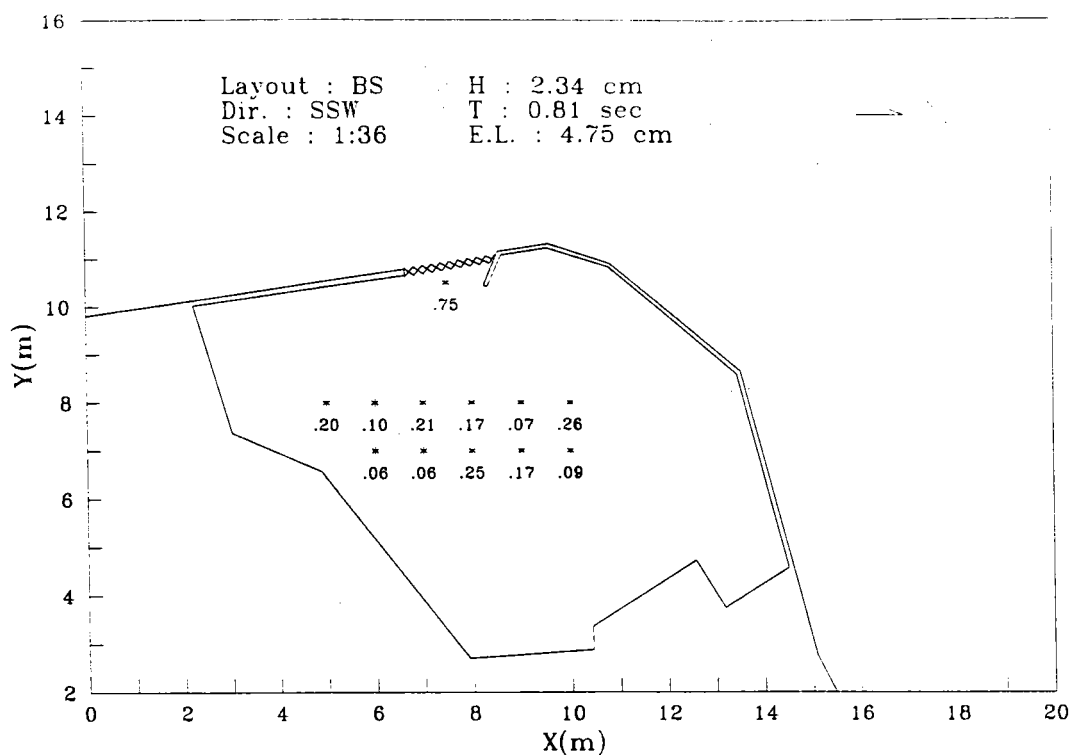


圖 19 波高分佈圖

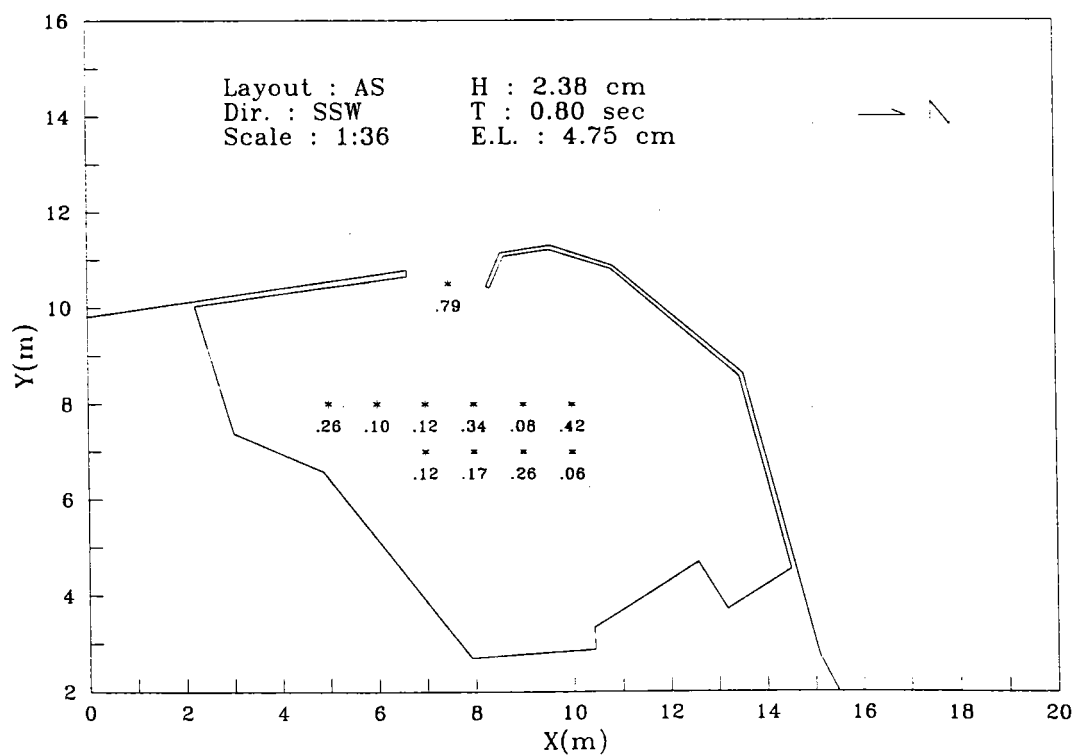
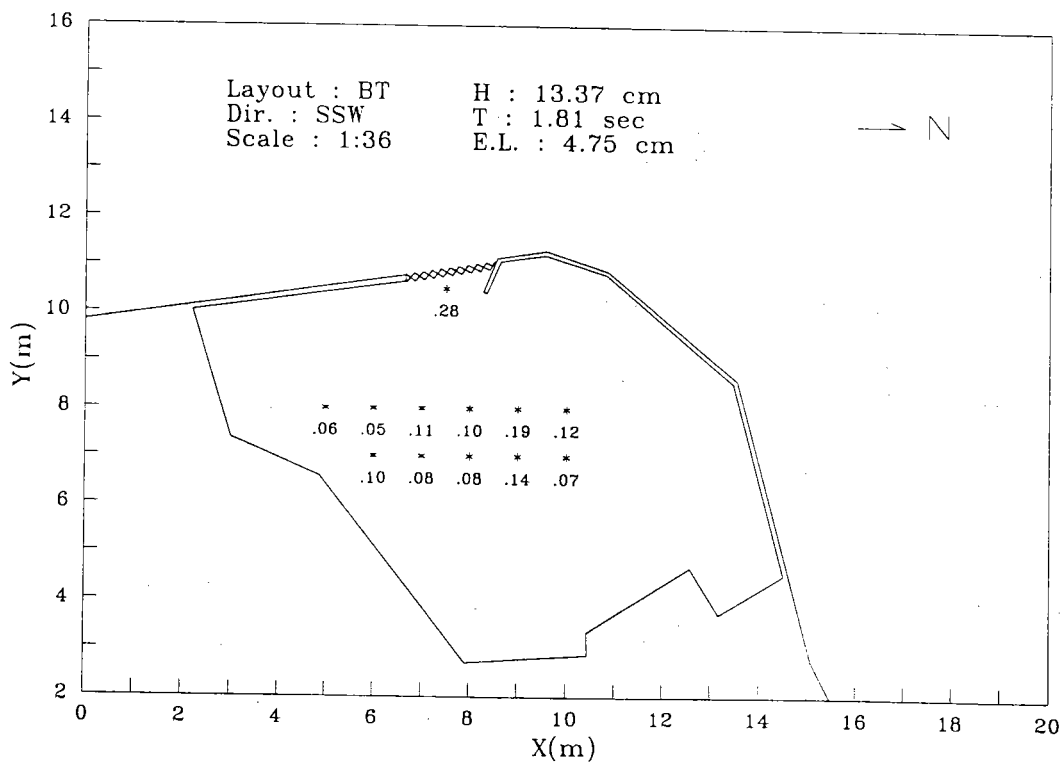
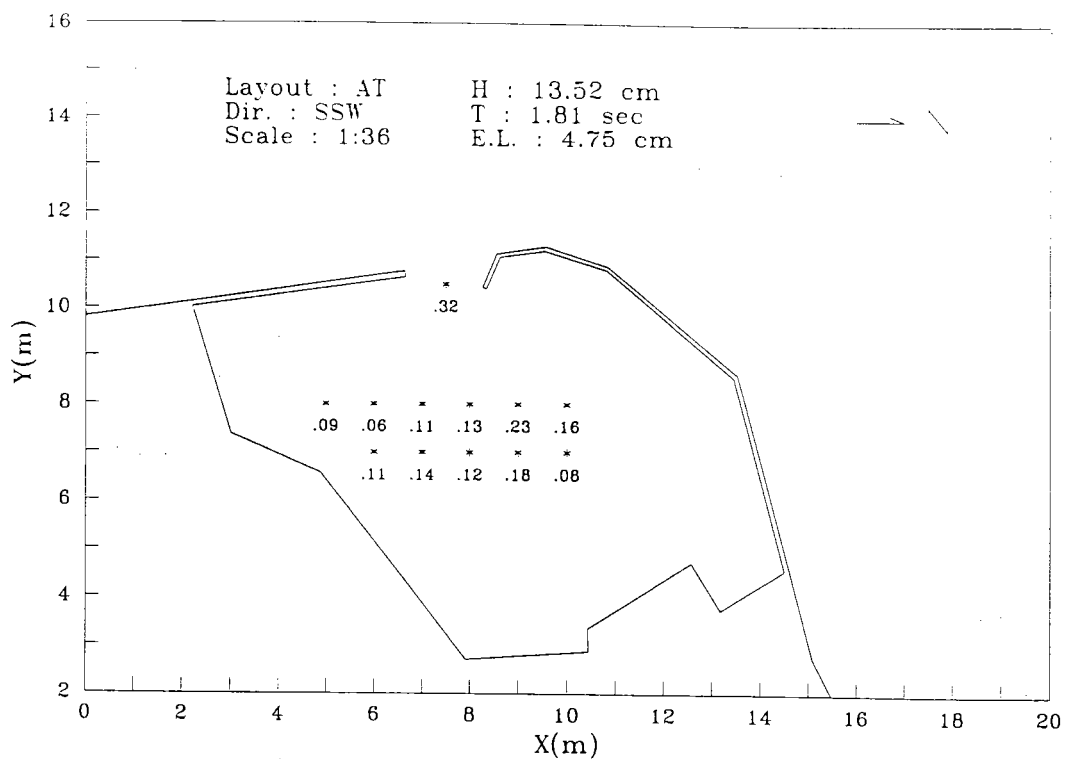


圖 20 波高分佈圖



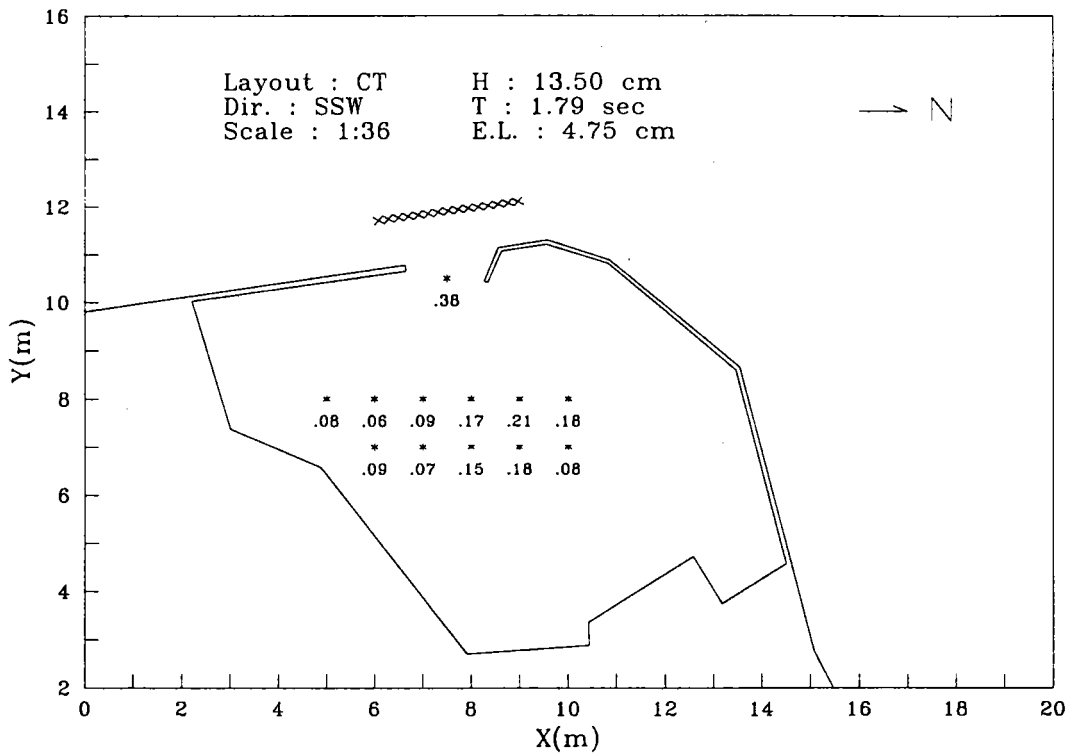


圖 23 波高分佈圖

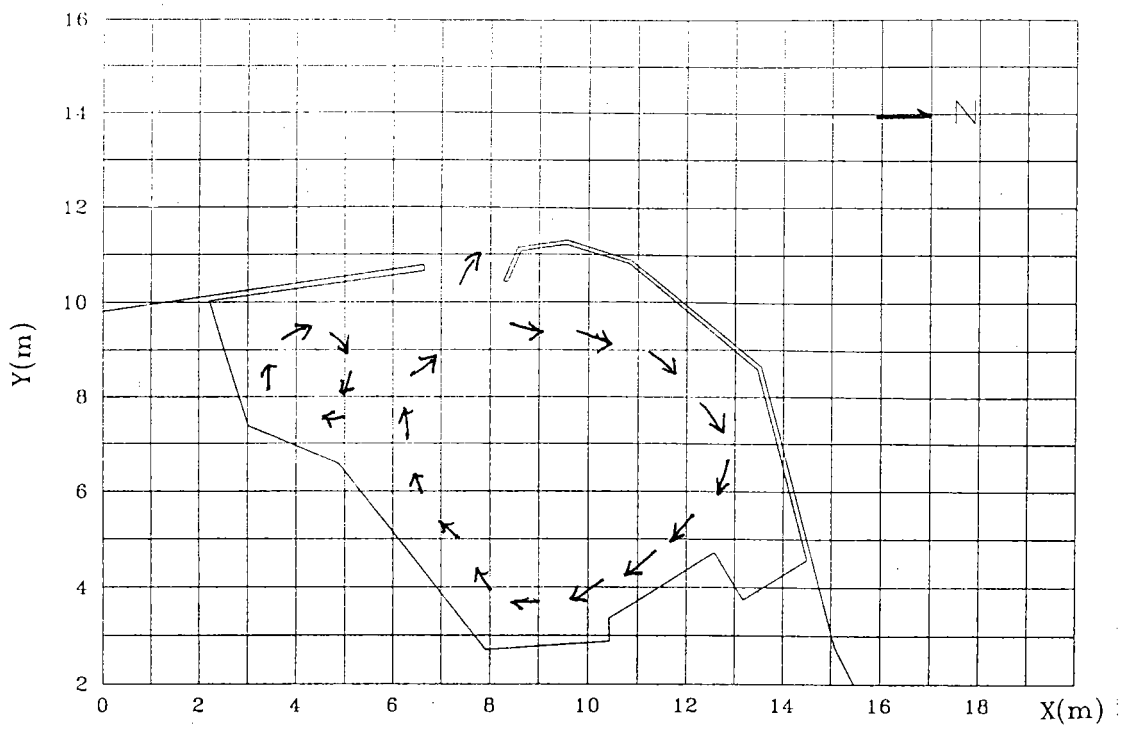


圖 24 SW 向季節風原型之流況圖

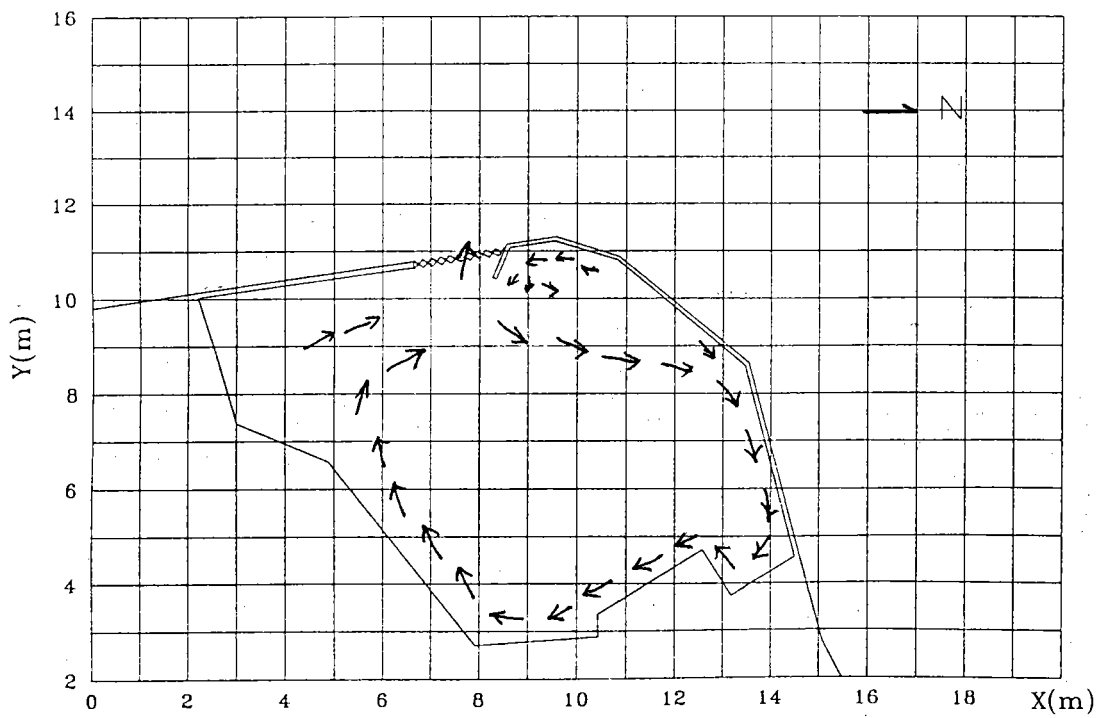


圖 25 SW 向季節風潛堤之流況圖

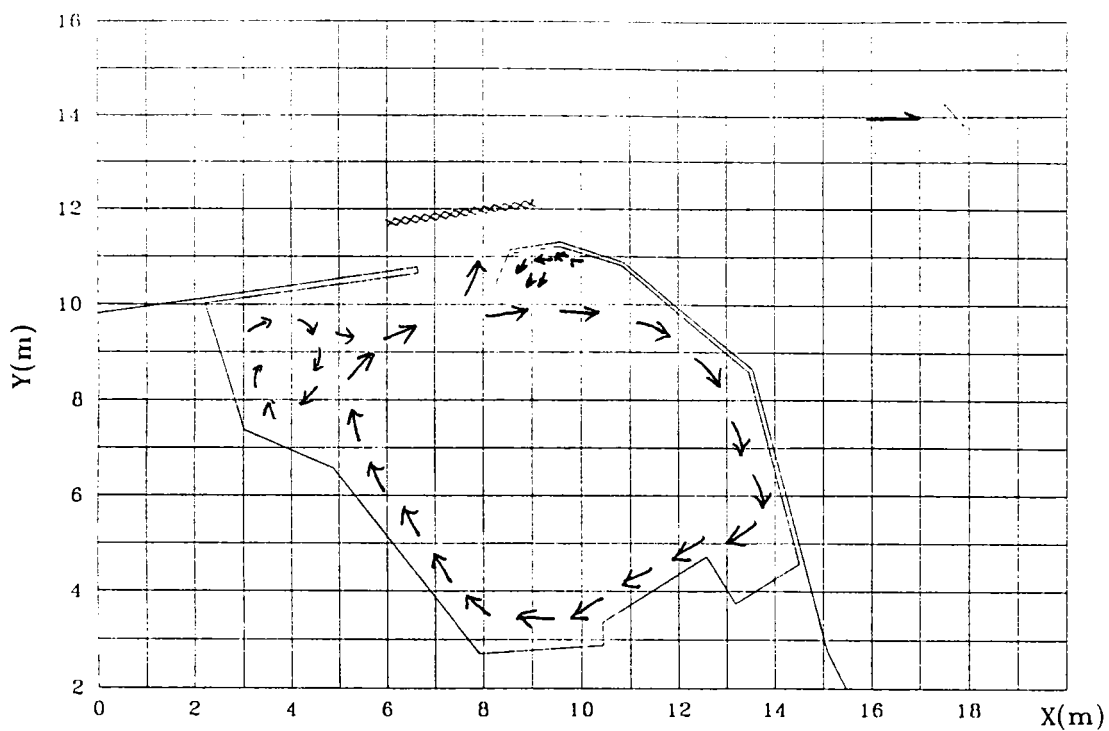


圖 26 SW 向季節風離岸堤之流況圖

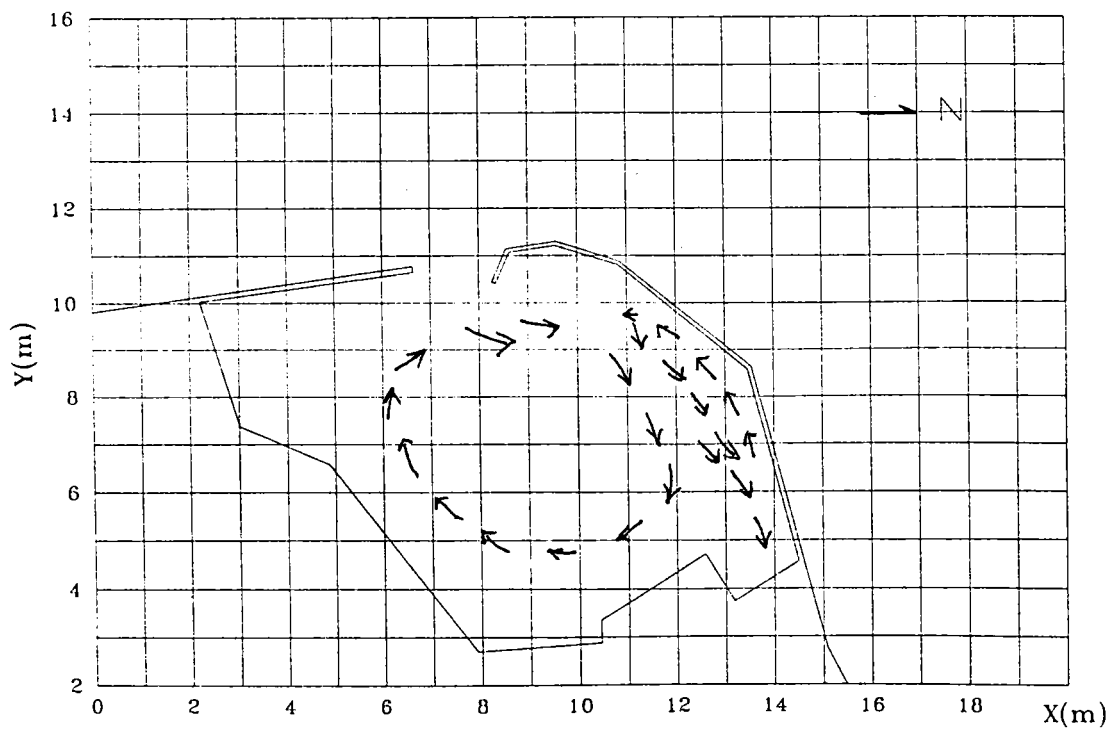


圖 27 SW 向颱風原型之流況圖

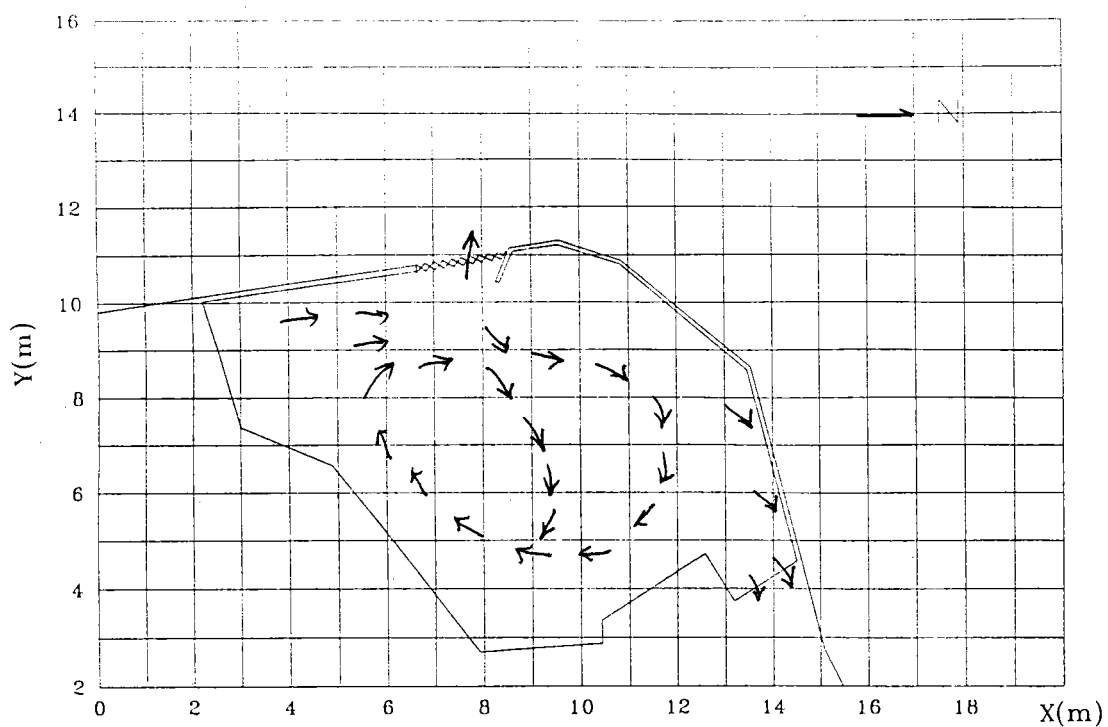


圖 28 SW 向颱風潛堤之流況圖

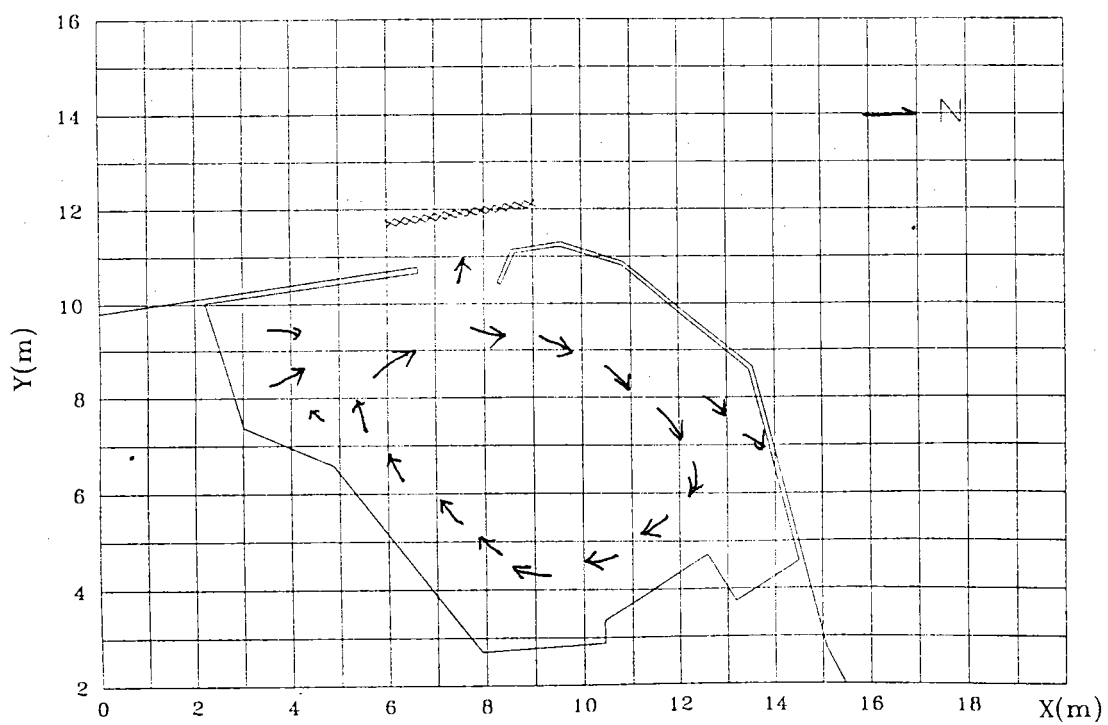


圖 29 SW 向颱風離岸堤之流況圖

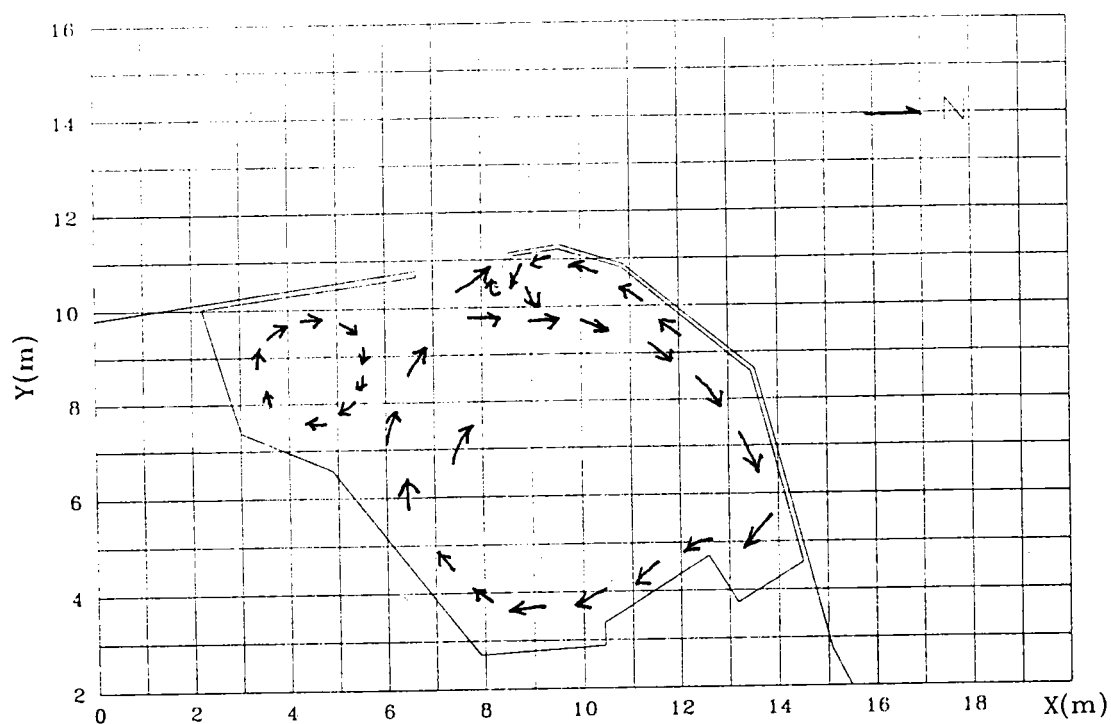


圖 30 SSW 向季節風原型之流況圖

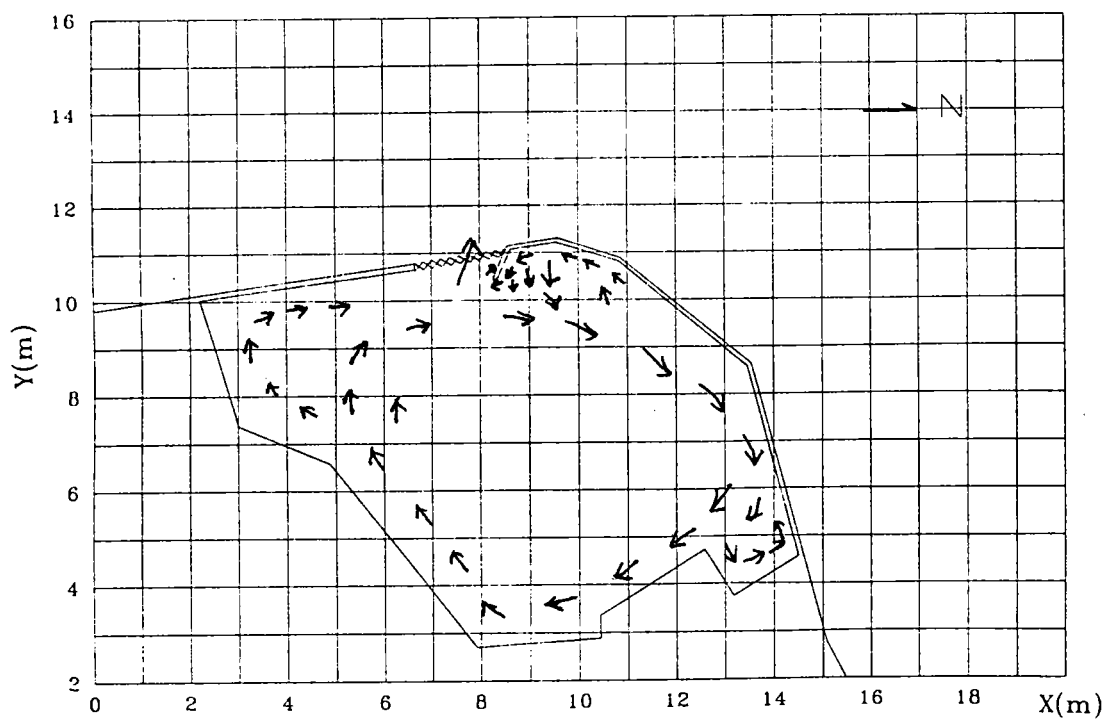


圖 31 SSW 向季節風潛堤之流況圖

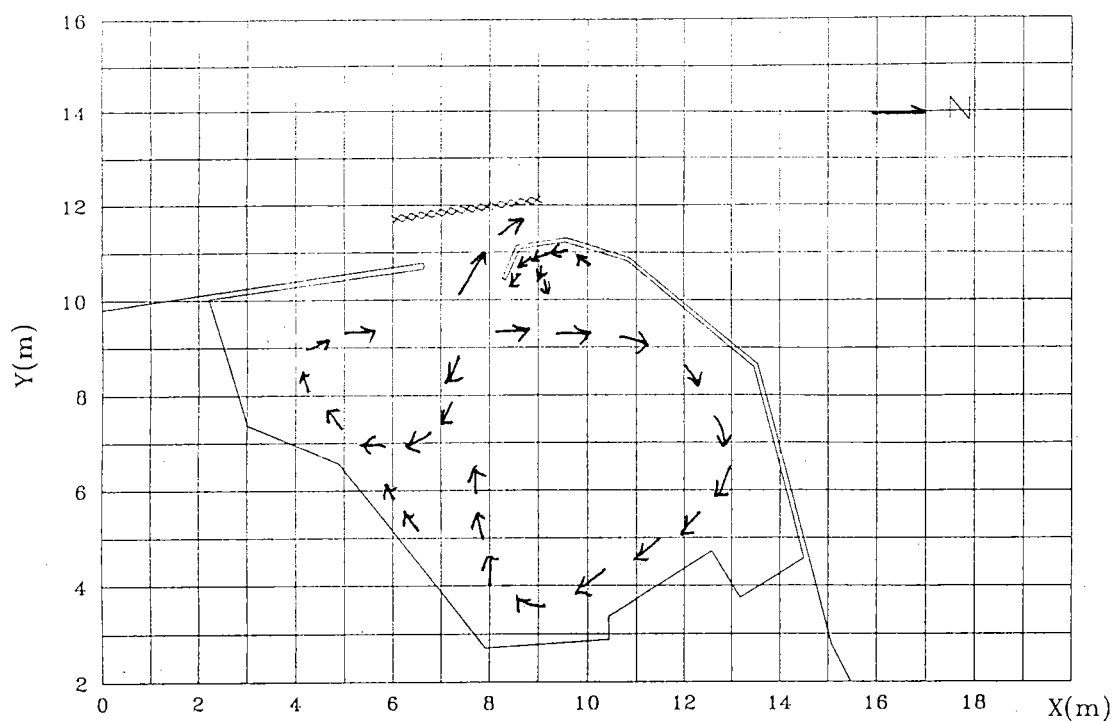


圖 32 SSW 向季節風離岸堤之流況圖

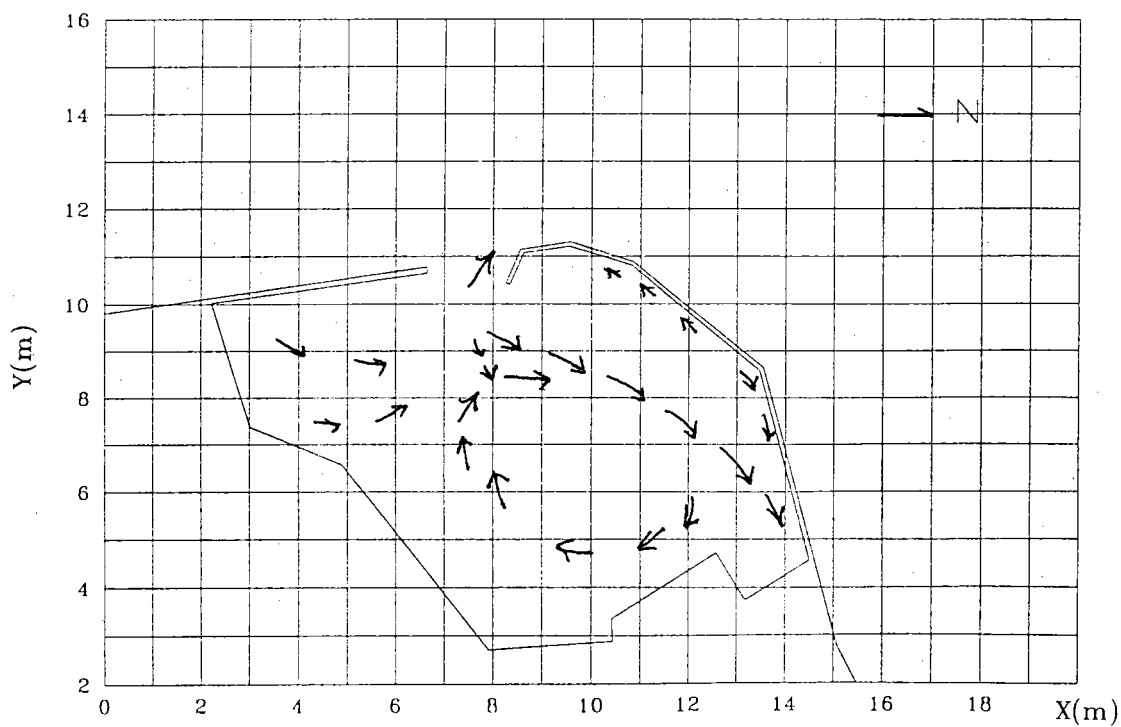


圖 33 SSW 向颱風原型之流況圖

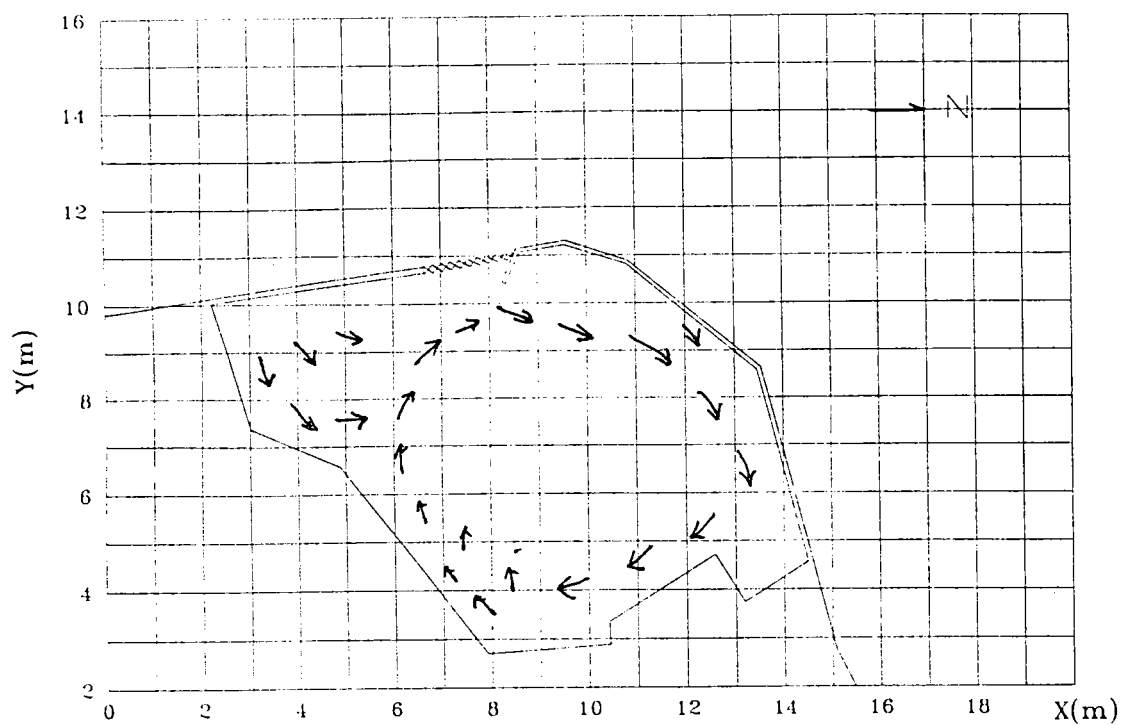


圖 34 SSW 向颱風潛堤之流況圖

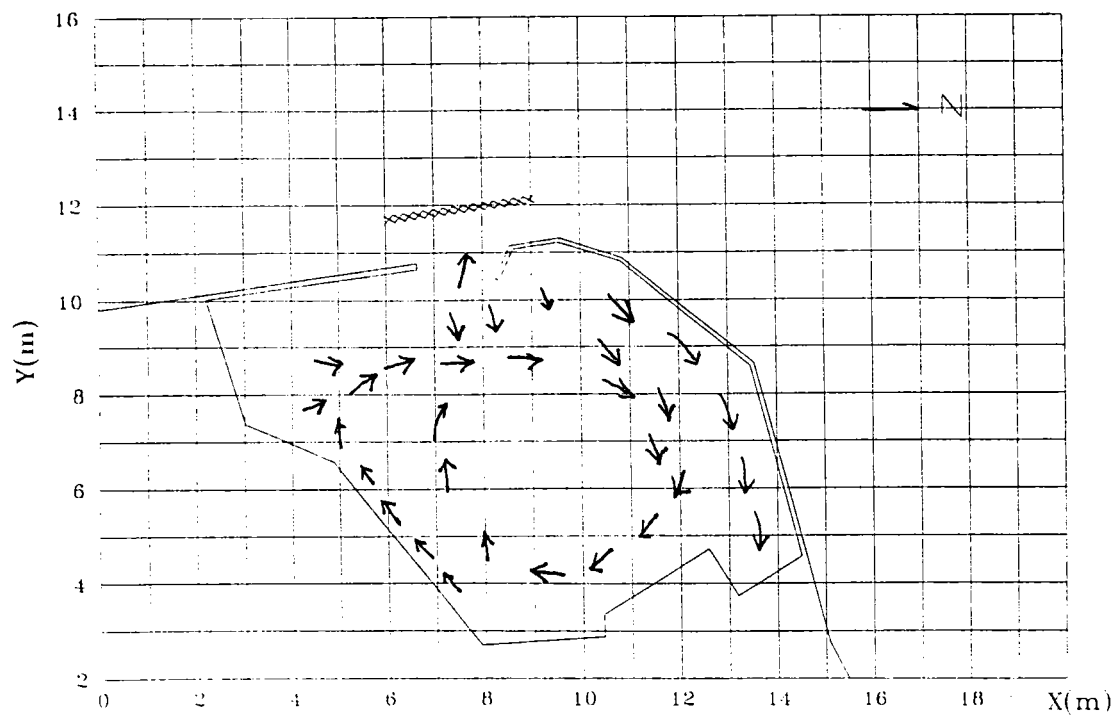


圖 35 SSW 向颱風離岸堤之流況圖

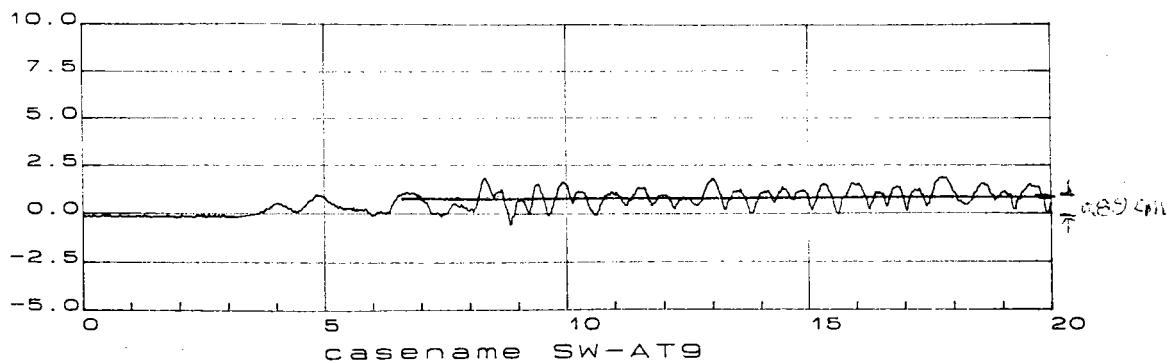


圖 36 北側測點9之波高歷時圖

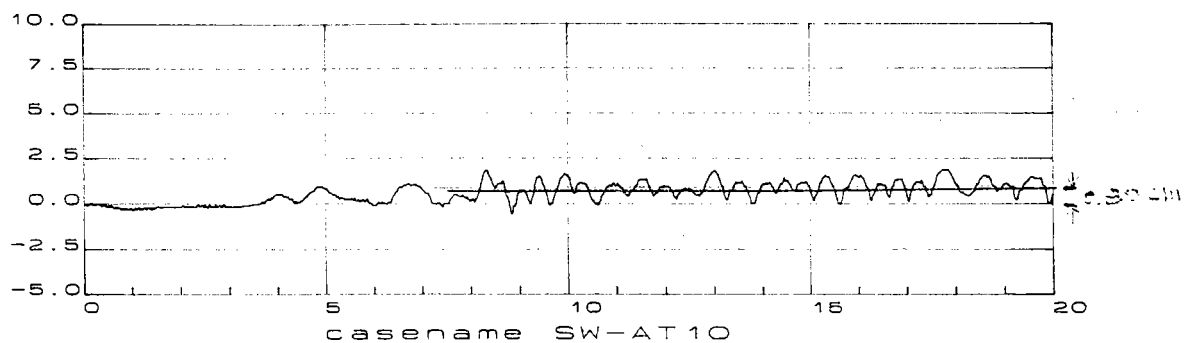


圖 37 北側測點10之波高歷時圖

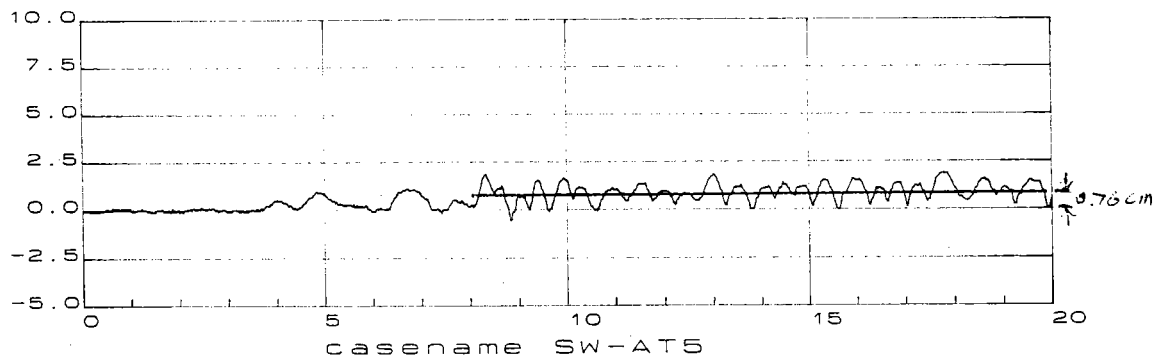


圖 38 南側測點4之波高歷時圖

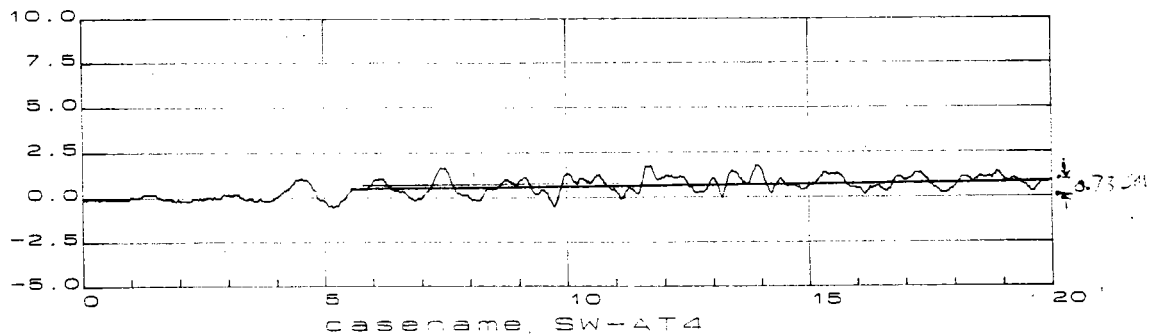


圖 39 南側測點5之波高歷時圖

3-2 半固定床試驗

由於觀音亭海水浴場為三面封閉之港澳形狀之海域，其港外北側海域為岩石底床，南側雖有沙源但被南堤阻擋無法供給海水浴場；入口處亦為岩石底床，因此本研究先行認定海水浴場無沙源可供給，僅考慮沙是否能穩定於海水浴場內，或流出海水浴場之問題，故本模型試驗海水浴場外為固定底床以混凝土沙漿鋪設底床，而海水浴場內才使用煤灰鋪設底床。

3-2-1 試驗設備

同定床試驗

3-2-2 試驗範圍

同定床試驗

3-2-3 模型縮尺

本試驗在考慮各種波浪條件之造波影響及試驗精確性之條件，水平及垂直向採用等縮尺，其縮尺比取為1/36。底質中值粒徑底質浸水比重之縮尺俟現地採樣後再做決定。

考慮徐爾茲數(Shields Numbers)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周期之比尺：

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

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

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 $N_f=10.4$

潮汐現象主要外力為重力，故需滿足重力相似條件，即福祿數 Fr (Froude Numbers) 為 1。

$$N_{fr} = \frac{N_h}{(N_g N_h)^{1/2}} = 1$$

可得潮汐周期之比尺為

$$N_t = N_v^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

3-2-4 試驗用之波浪、潮汐條件及試驗佈置

本試驗共採二入射方向，即 SW 方向與 SSW 方向，依定床試驗之結論，潛堤在流速及波高分佈二者比較結果皆較原型及離岸堤有良好的效果，因此本試驗僅採用潛堤佈置來討論定沙之效果。波浪條件採季節風與颱風並加潮汐變化如表七所示，本表採用環海顧問公司推算結果。

表 七 半 固 定 床 試 驗 條 件

	模 型			實 體		
	波 高 (cm)	週 期 (sec)	水 位 (cm)	波 高 (m)	週 期 (sec)	水 位 (m)
季節風	3	0.8	+4.75	1.08	4.8	+1.71
颱 風	14.4	1.8	+6.38 +4.75	5.18	10.8	+2.30 +1.71

3-2-5 試驗步驟

本試驗依下列步驟實施

(1) 模型製作

依據定床試驗的結論知，海水浴場內沙流出之機制，可能為地不平衡造成的環流及南堤後繞射區內形成之環流復加上颱風時期的潮位突降所引起，因此針對此原因來採取對策，亦是將地形儘量調成與波向線成垂直，同時高程平均，及坡度緩變，如圖40所示。

海水浴場外側利用水泥沙漿鋪設5公分厚之表面，海水浴場內鋪設通過100號篩而停留在200號篩之煤灰。潛堤使用鉛製之消波塊模型鋪設。

(2) 模型鋪設後浸水半日再量測原始地形。

(3) 以季節風之條件造波半小時後再量取地形變化，連續二次。

(4) 爾後再造波一小時，再量取地形變化，再連續造波三小時後改為每造波二小時後量測地形。

(5) 俟地形穩定後，再施放乒乓球以測繪流況，並用V8攝機拍攝流況。

(6) 連續造波13小時後，地形已呈穩定狀態。

(7) 每隔2公分放水線一條。

(8) 颱風之起始地形採用季節風之終期期地形。

(9) 颱風之造波時間與季節風相同。

(10) 重複步驟(1)到步驟(9)。

3-2-6 試驗結果與討論

本節將依原型檢核與改善方案試驗等，並針對流沉追蹤、斷面高程變化、漂沙移動方向等三項做詳細比較說明：

3-2-6-1 原型檢核

本檢核試驗係利用民國七十七年澎湖縣政府以人工加沙方式，投置沙源入海水浴場時，發包圖說之地形圖為初始地形，並以SW向為入射波方向，採季節風、颱風二種波浪條件，其試驗結果分別說明如下：

(a) 流沉追蹤

本檢核實驗之地形與現況地形相類似，又本檢核實驗之目的僅探討海水浴場內鋪設之沙源受波浪作用後移動方向，因此本檢核實驗沒有再對流沉追蹤，但流沉可參考定床試驗的結果。

(b) 斷面高程比較

為清楚的剖析海水浴場內沙源移動的走向，因此將海水浴場分割成五個斷面來比較說明，斷面A與斷面B為南北向，依網格點之標定分別為9m及7m處（比例尺為1:36），斷面C、D、E為東南向分別位於6m、8m、10m等三斷面。如圖40所示。

圖41至圖45為原始斷面SW向季節風時五個斷面之各時段斷面高程與初始斷面高程比較圖，由圖41與圖42中可明顯發現在橫斷面上皆呈現涮深的現象，而二端涮深較中央為大，同時由此二圖之比較可發現斷面A侵蝕較斷面B嚴重，亦就是漂沙有由海水浴場內側往外海移動及二端往中央移動之趨勢，雖然有向

外側移動的趨勢但移動量尚小。由圖43至圖45各縱斷面（東西向）圖中亦可得知，海水浴場中央三斷面亦呈微量侵蝕的現象。由以上討論得知，在季節風之條件作用下，雖然有呈現沙源外帶之趨勢但量尚屬微量。

圖46至圖50各圖表示SW向颱風波浪條件下，各斷面各時段之地形高程與起始斷面高程之比較圖。圖46和圖47為橫斷面（南北向），由此二圖可明顯發現在各時段颱風波浪加上退潮條件之作用下，斷面B受沖蝕的情況較斷面A為小，亦就是靠近入口處漂沙移動較為激烈，此原因可能受颱風過後退潮所引起。

圖48至圖49為東西走向之縱斷面剖面圖，由此三圖可得知南側由岸向海側整個斷面有被侵蝕的現象，此可證明南堤興建後造成的繞射區所引起的環流，將沙源全部起動而成懸浮質再由潮汐帶出海水浴場。再由斷面D與斷面E之各時段可發現，每個時段之斷面皆成波浪狀凸凹相間的出現，而在靠岸處受侵蝕較大，此與固定床實驗時所得之流沉分佈相吻合。

綜合以上分析可得知，在季節風之條件作用下，雖然有沙源往外帶之現象出現，尚屬輕微。但在颱風波浪加上突然退潮的條件作用時，方有較大沙源外帶的情況，亦即季節風時海水浴場清內澈水質而沒有懸浮質的印證。

(C)底床高程平面比較

圖71與圖72分別為檢核試驗之SW向季節風和颱風之起始地形與初期地形平面比較圖，由此二圖可得知在季節風時平面刷深區域較少，變化量不大，而在颱風期地形刷深較大，皆有向海側移動現象出現。

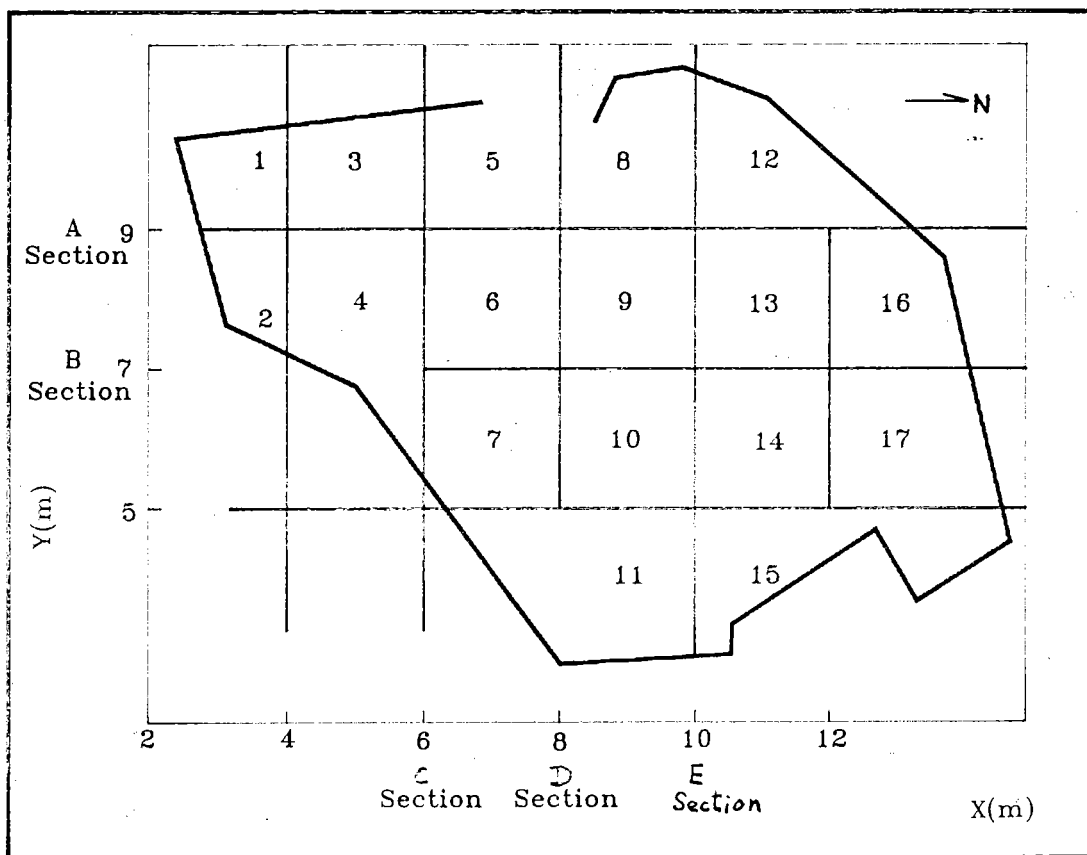


圖 40 各斷面位置圖

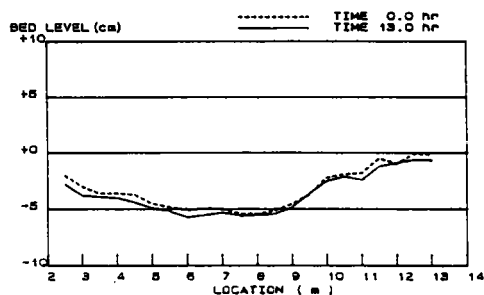
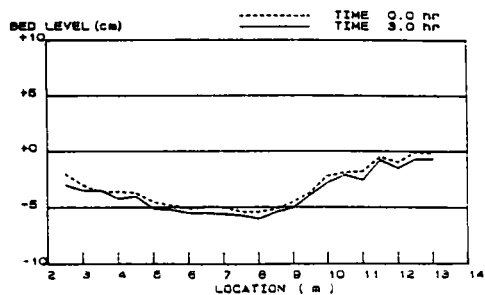
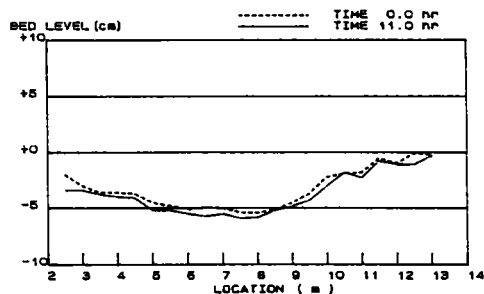
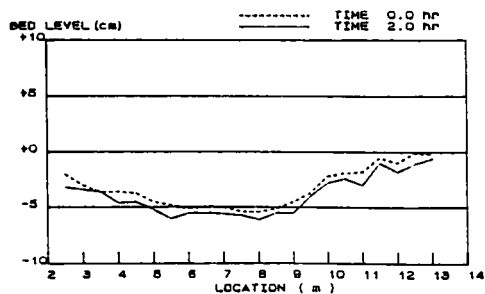
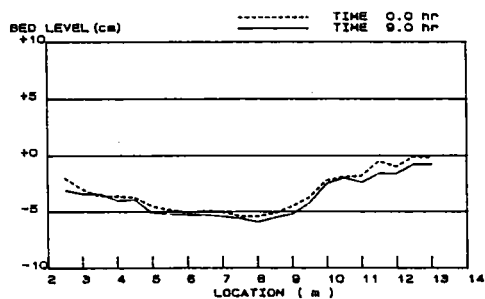
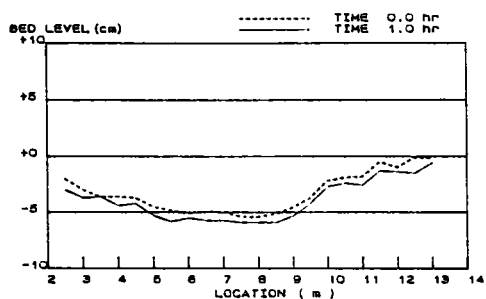
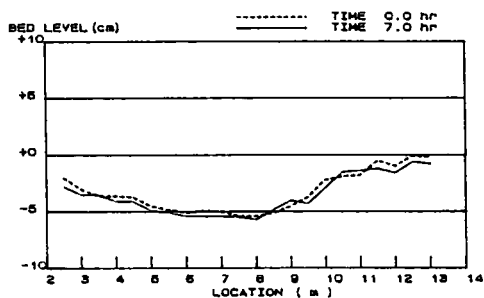
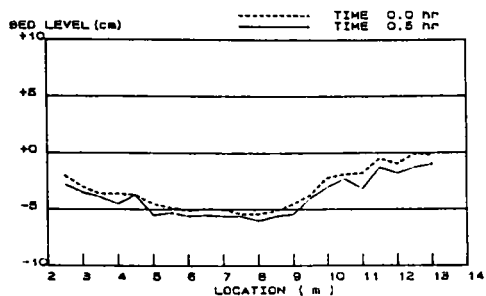
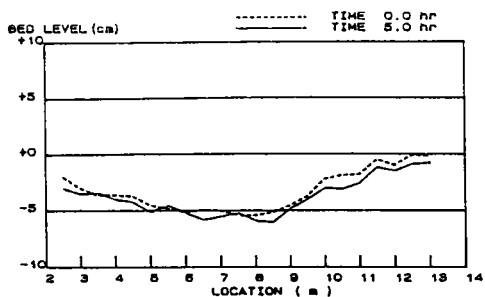
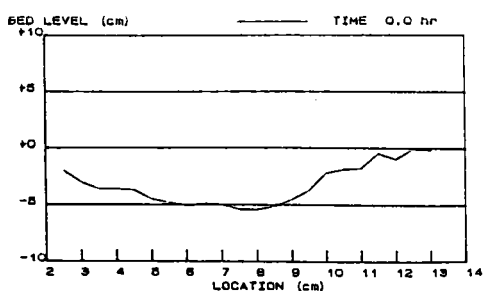


圖 41 檢核試驗 SW 季節風 A 斷面比較圖

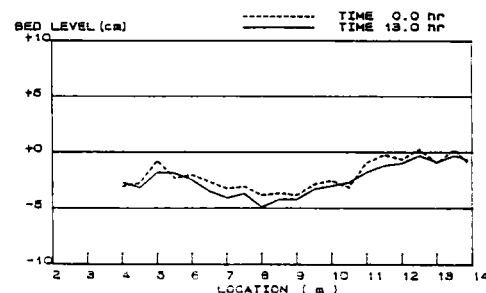
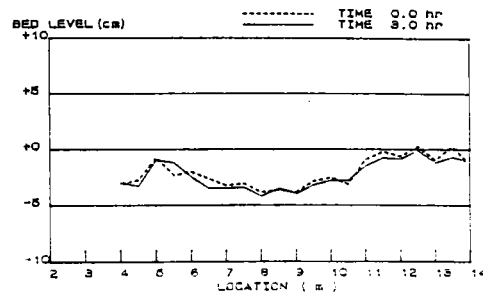
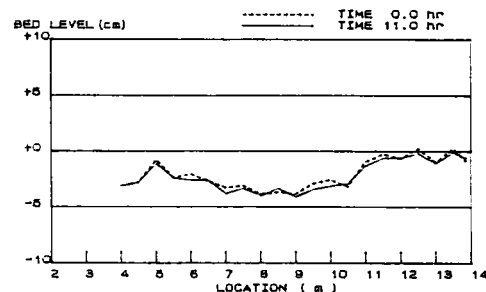
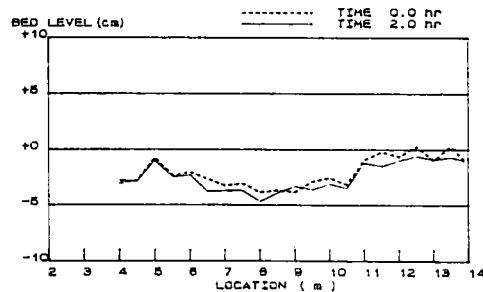
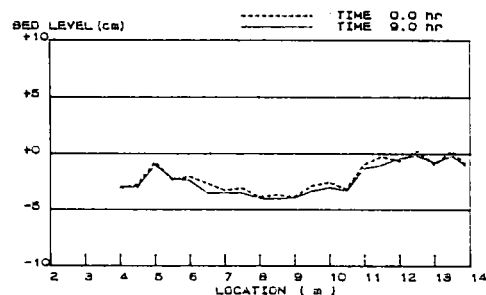
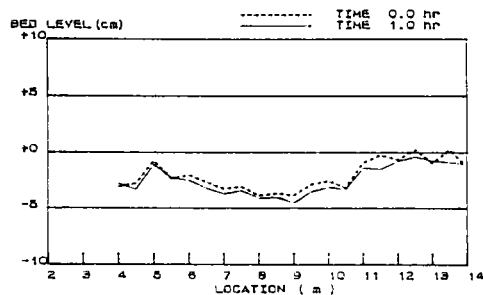
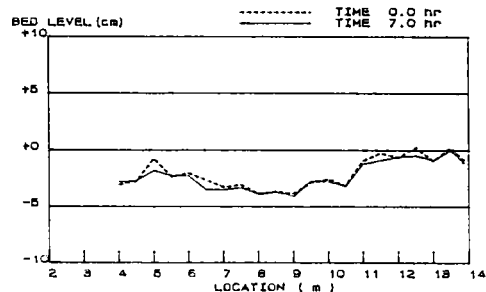
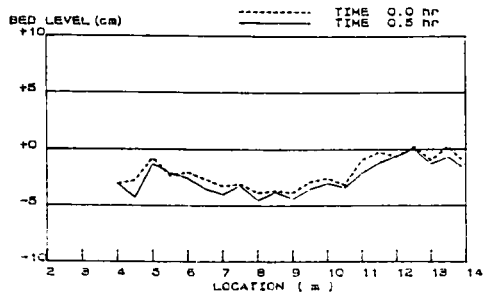
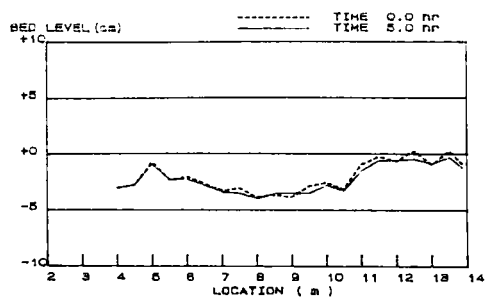
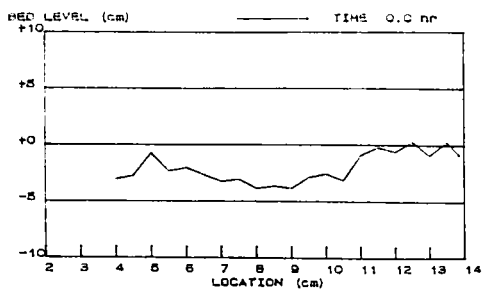


圖 42 檢核試驗 SW 季節風 B 斷面比較圖

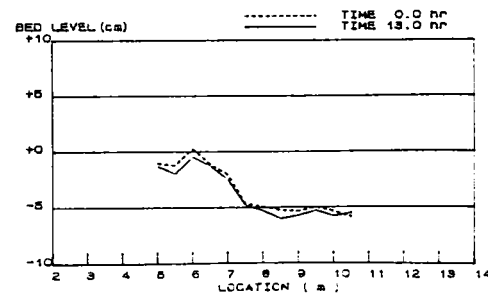
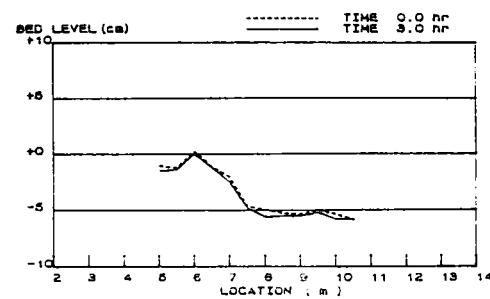
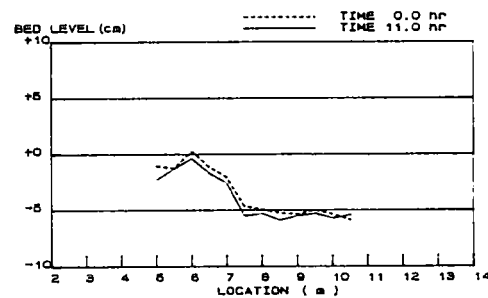
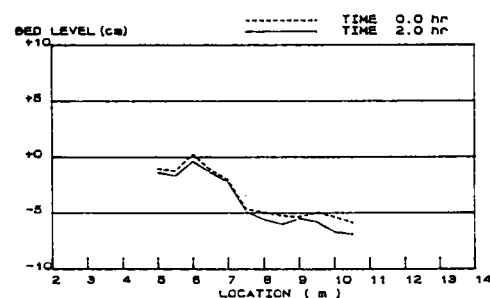
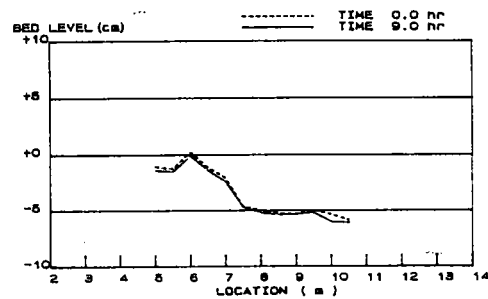
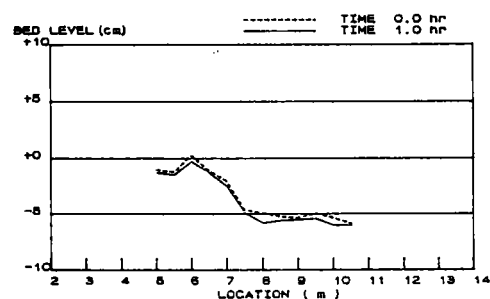
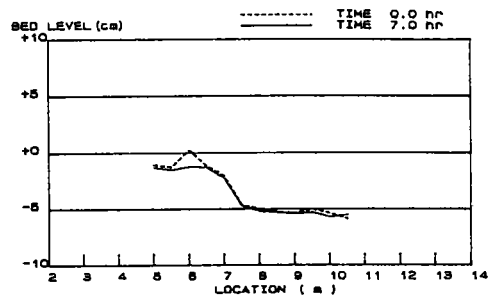
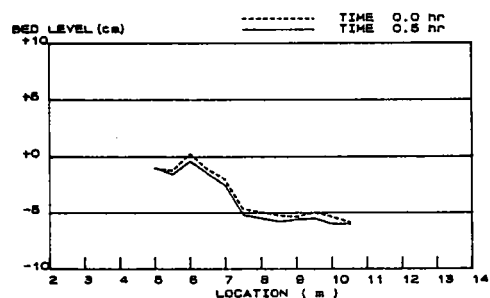
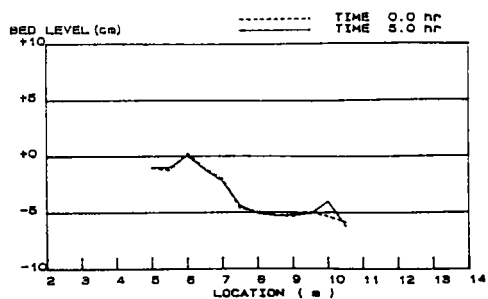
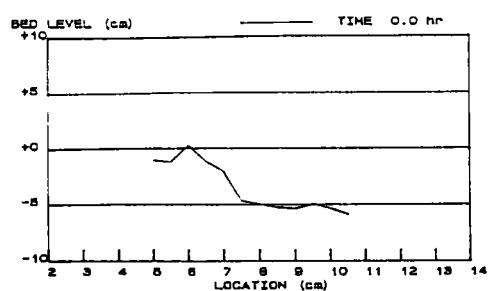


圖 43 檢核試驗 SW 季節風 C 断面比較圖

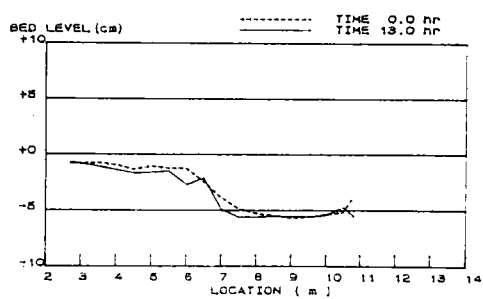
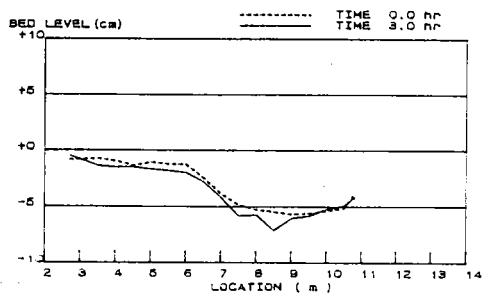
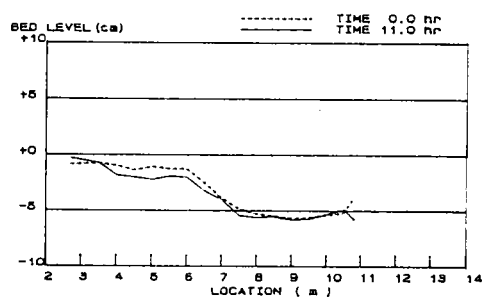
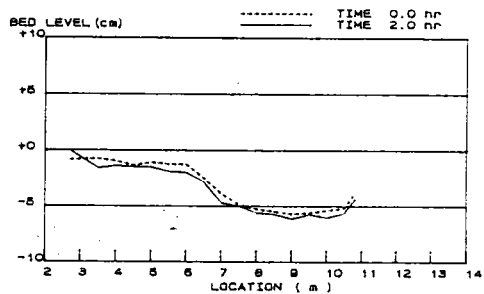
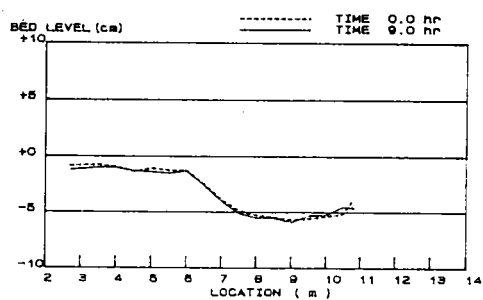
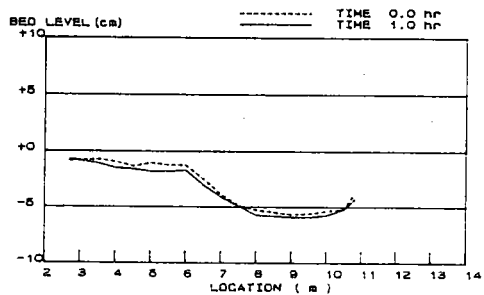
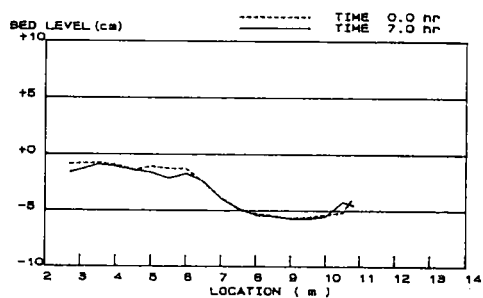
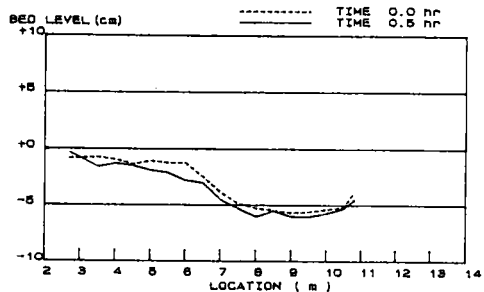
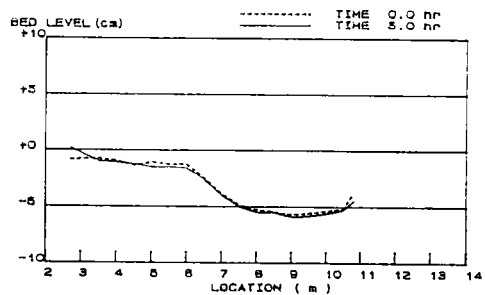
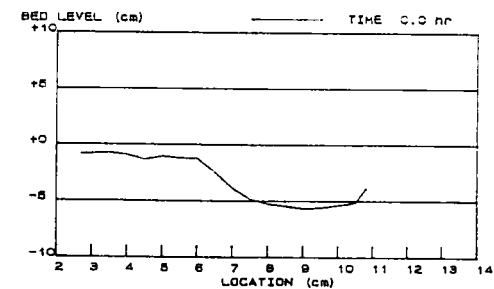


圖 44 檢核試驗 SW 季節風 D 斷面比較圖

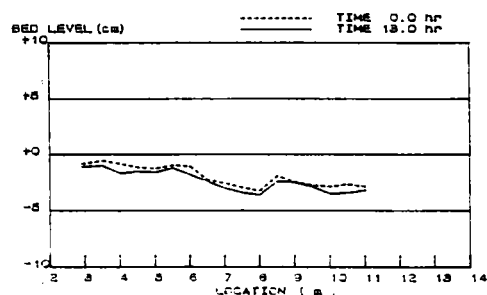
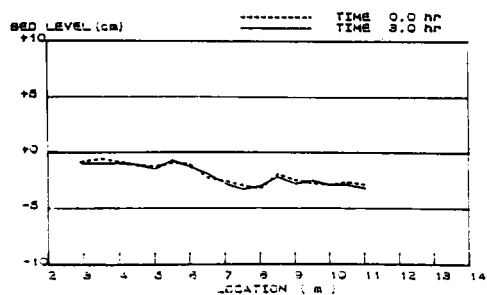
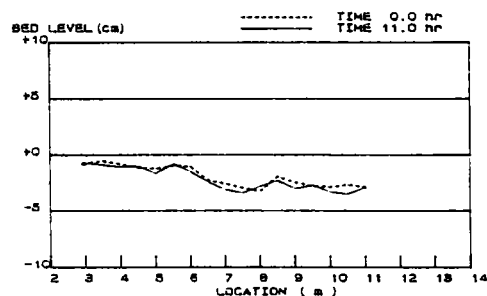
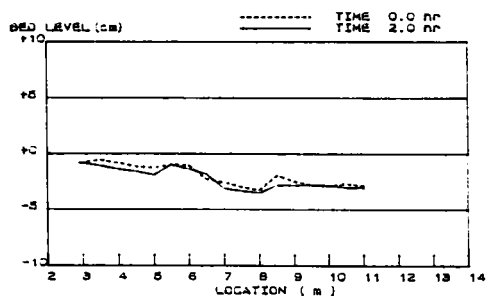
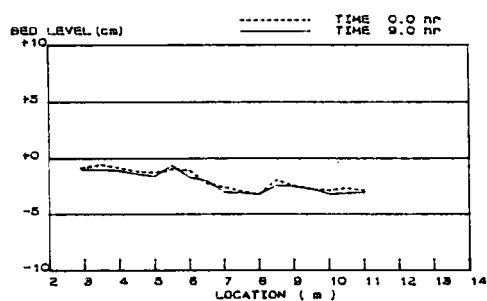
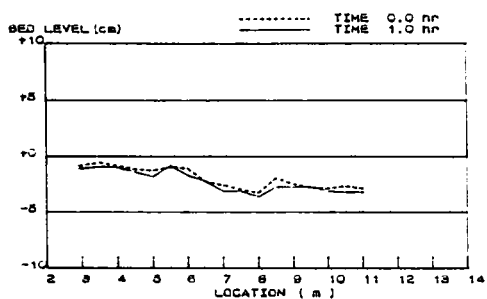
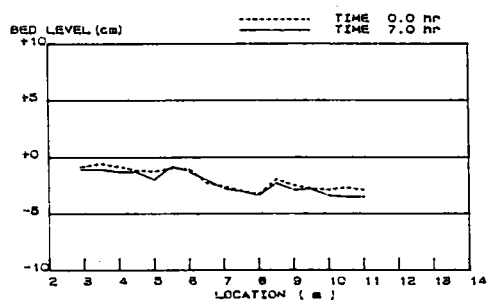
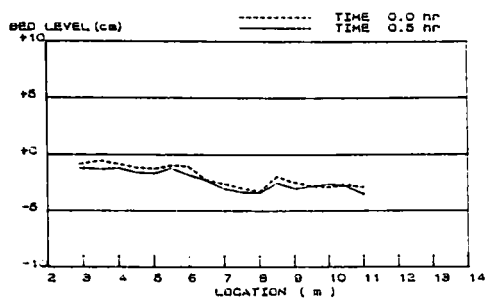
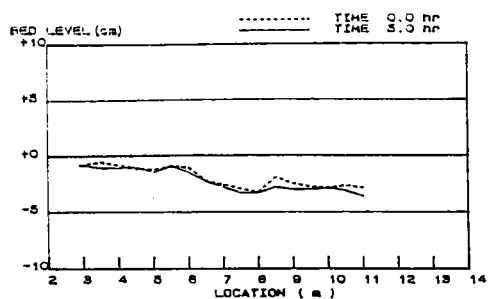
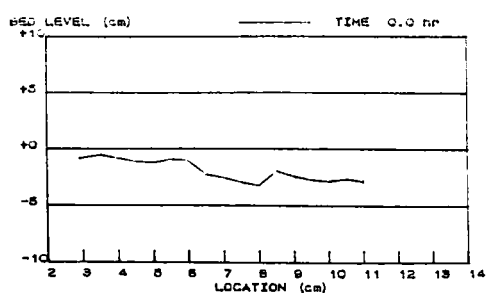


圖 45 檢核試驗 SW 季節風 E 斷面比較圖

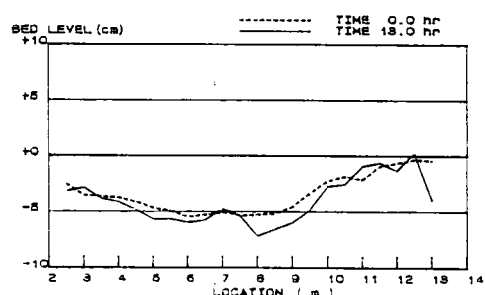
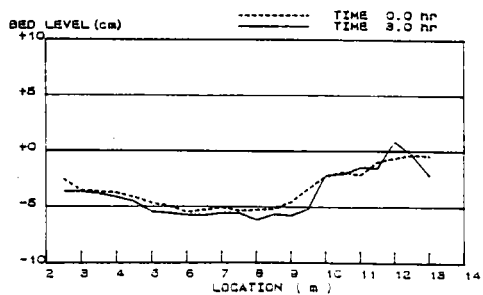
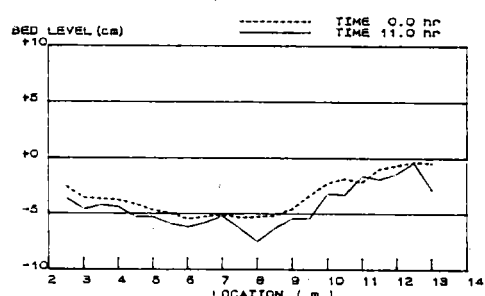
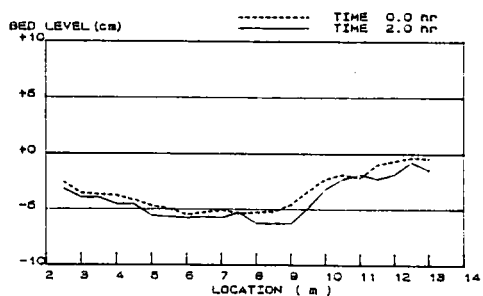
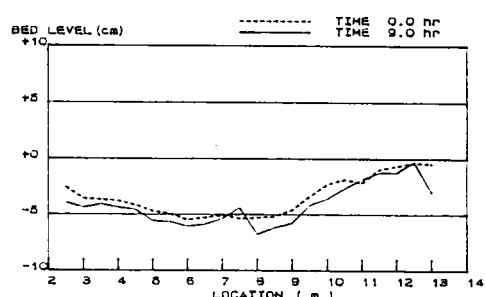
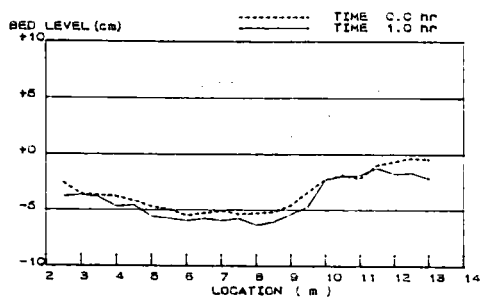
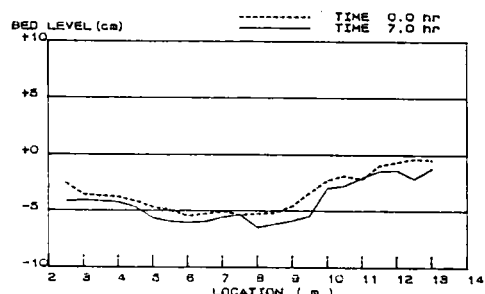
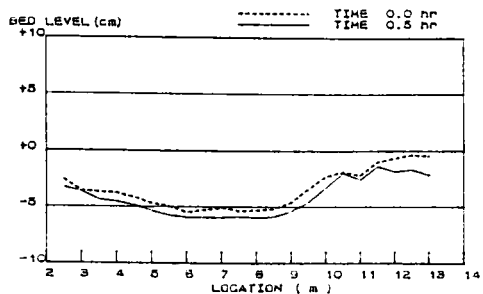
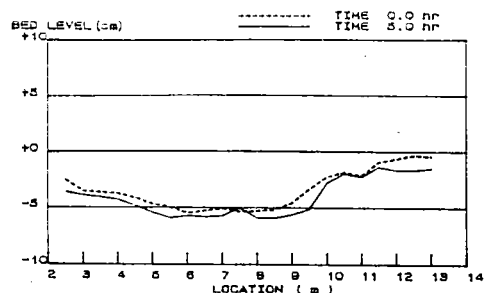
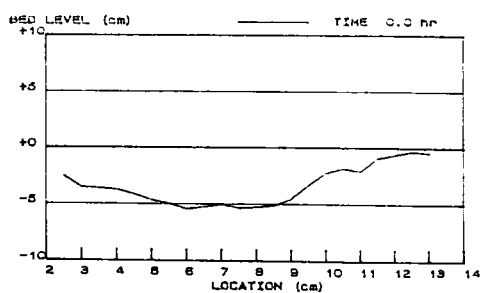


圖 46 檢核試驗 SW 颱風 A 斷面比較圖

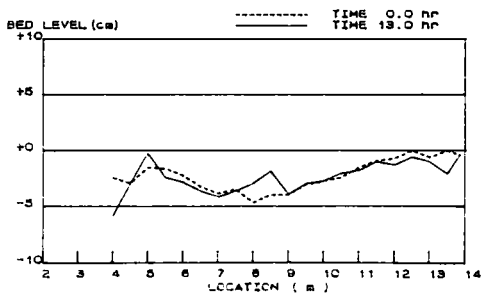
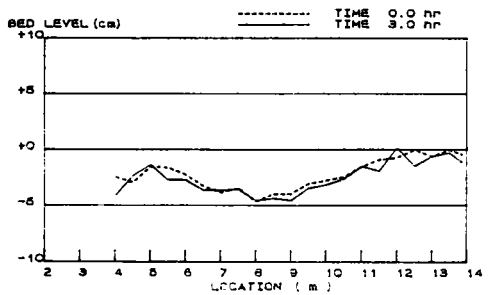
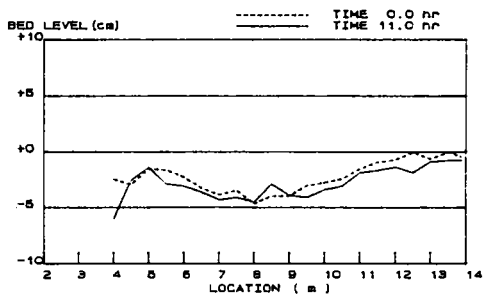
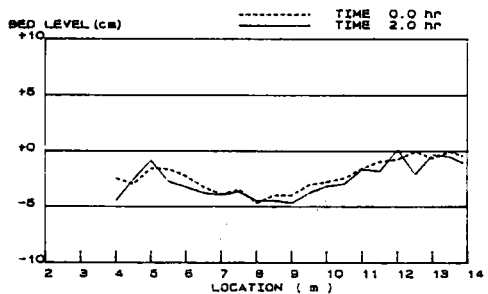
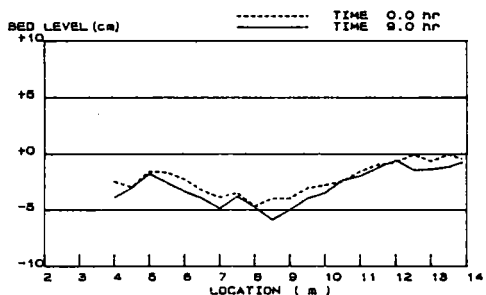
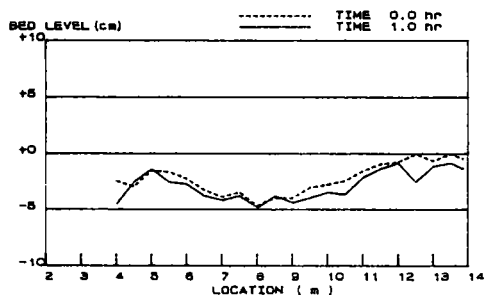
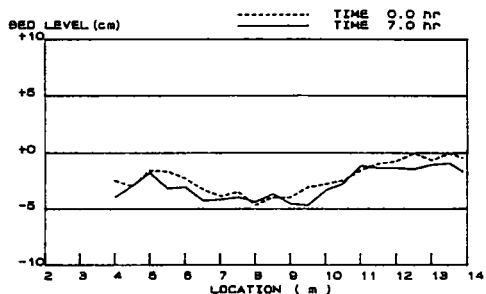
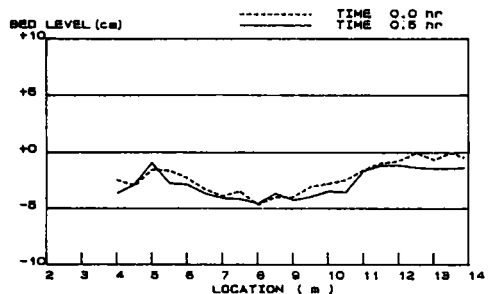
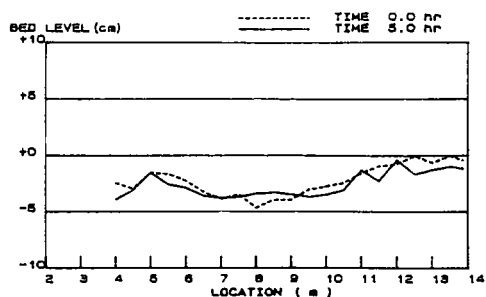
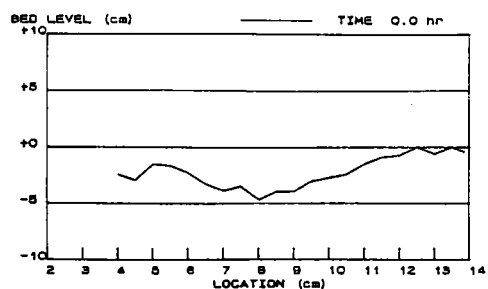


圖 47 檢核試驗 SW 颱風 B 斷面比較圖

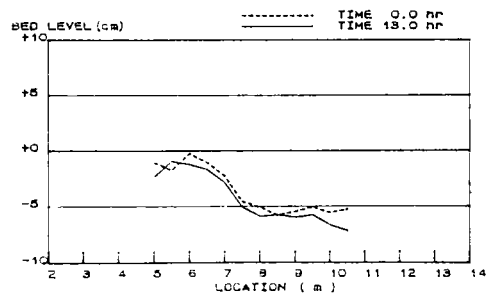
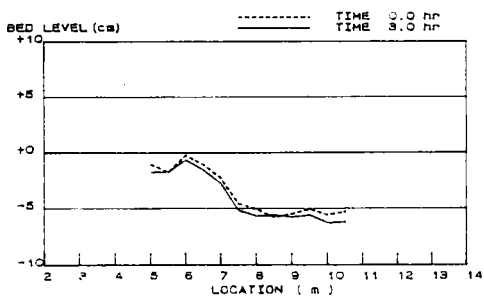
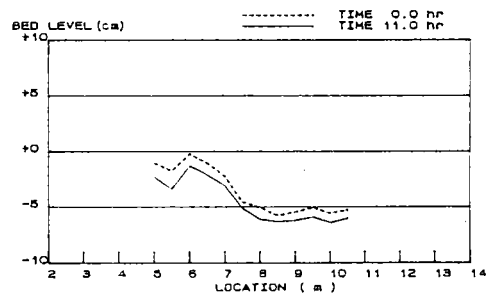
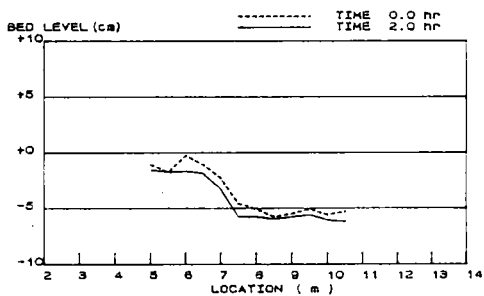
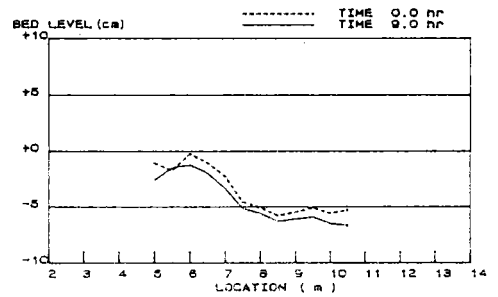
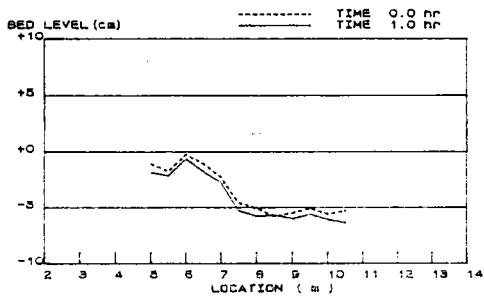
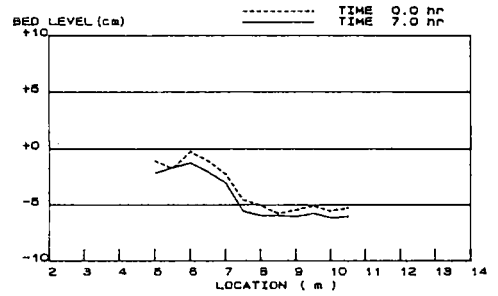
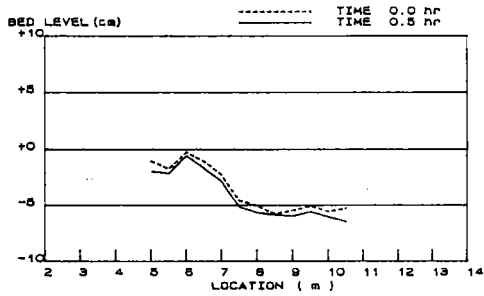
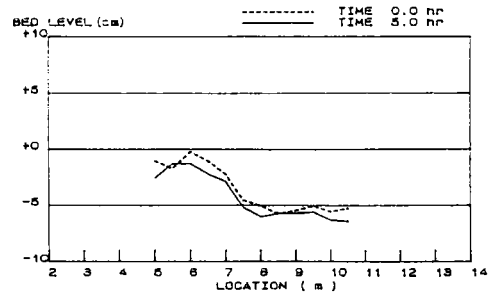
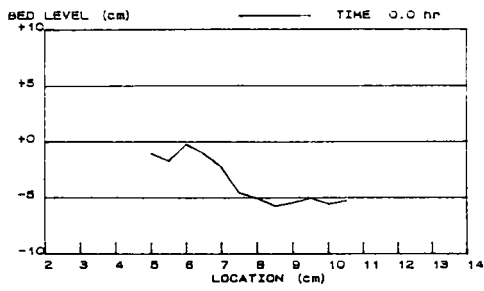


圖 48 檢核試驗 SW 颱風 C 斷面比較圖

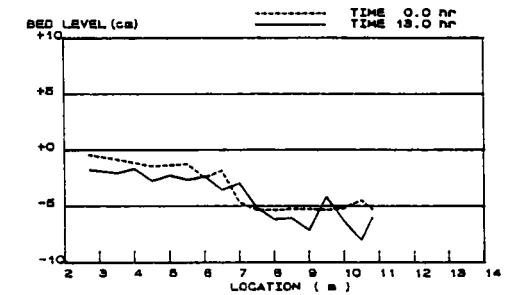
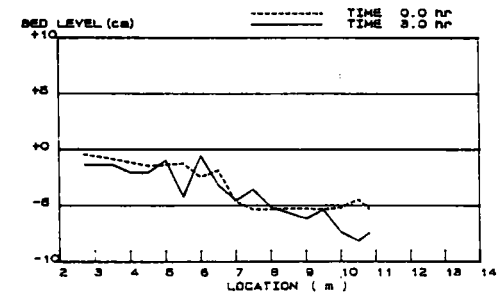
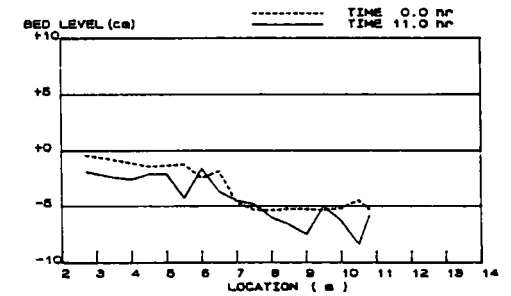
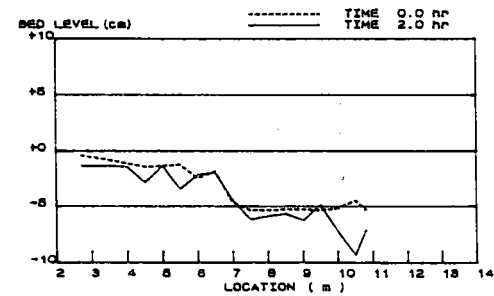
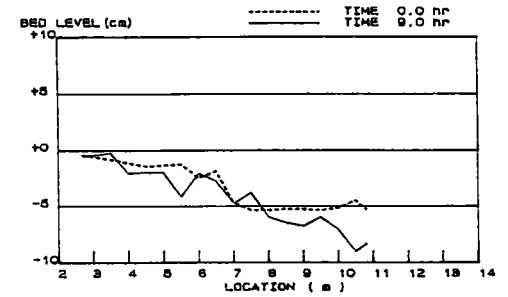
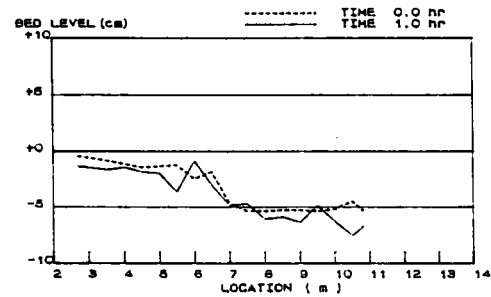
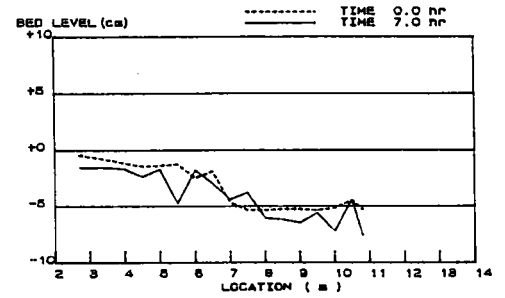
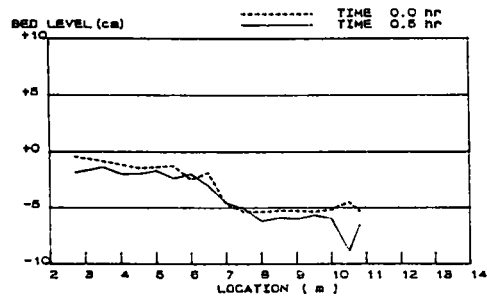
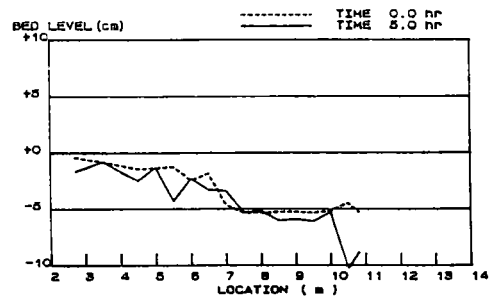
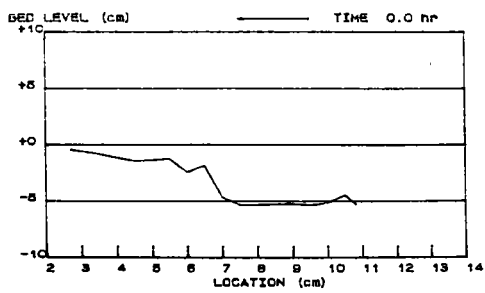


圖 49 檢核試驗 SW 颱風 D 斷面比較圖

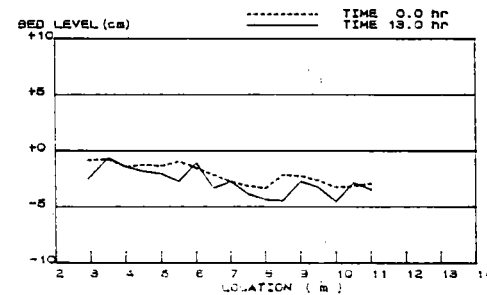
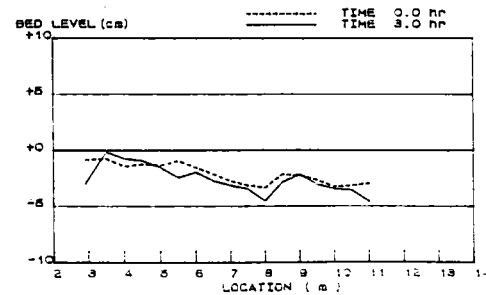
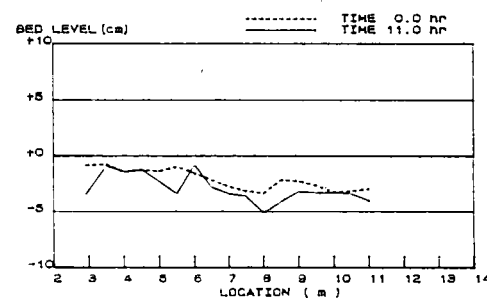
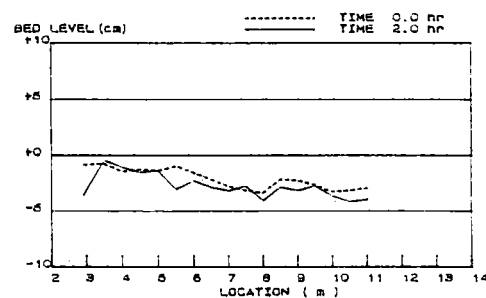
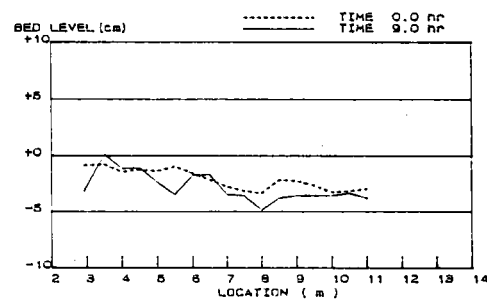
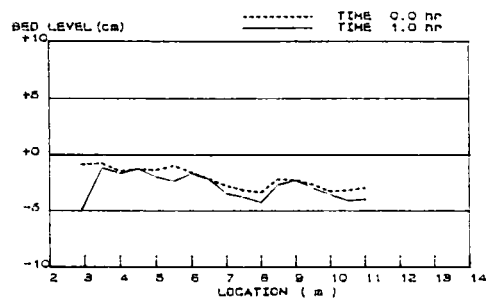
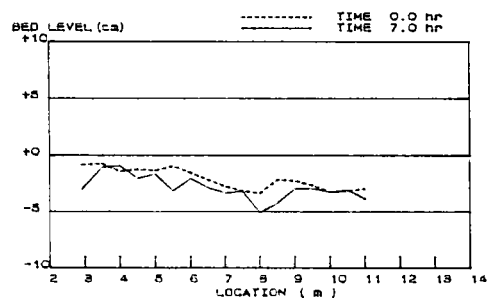
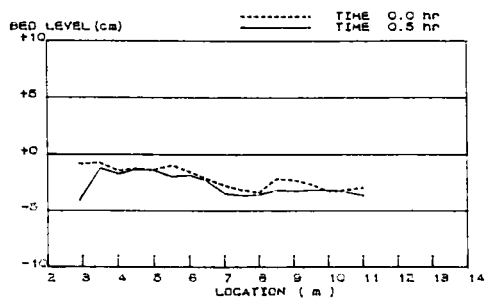
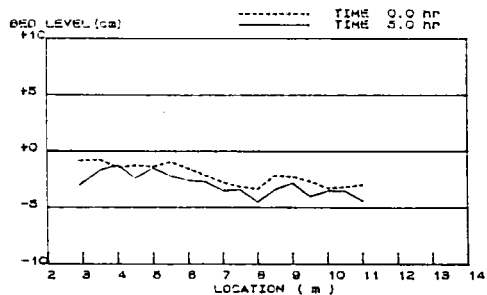
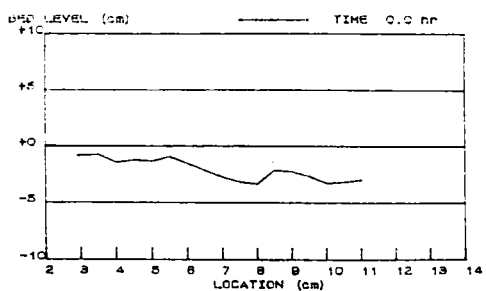


圖 50 檢核試驗 SW 颱風 E 斷面比較圖

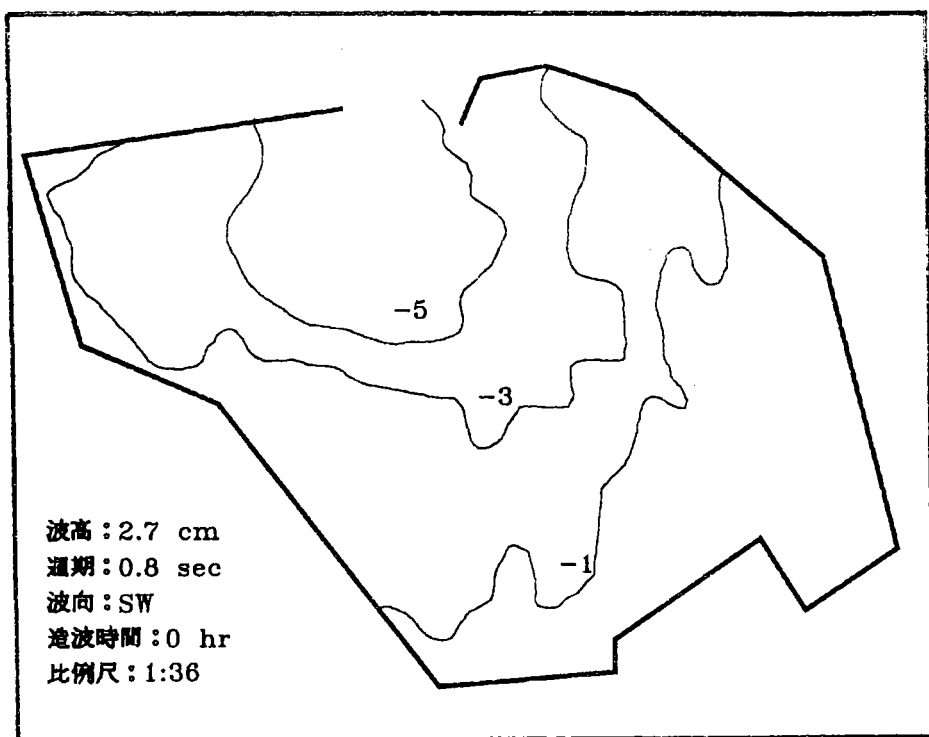


圖 51 等深線

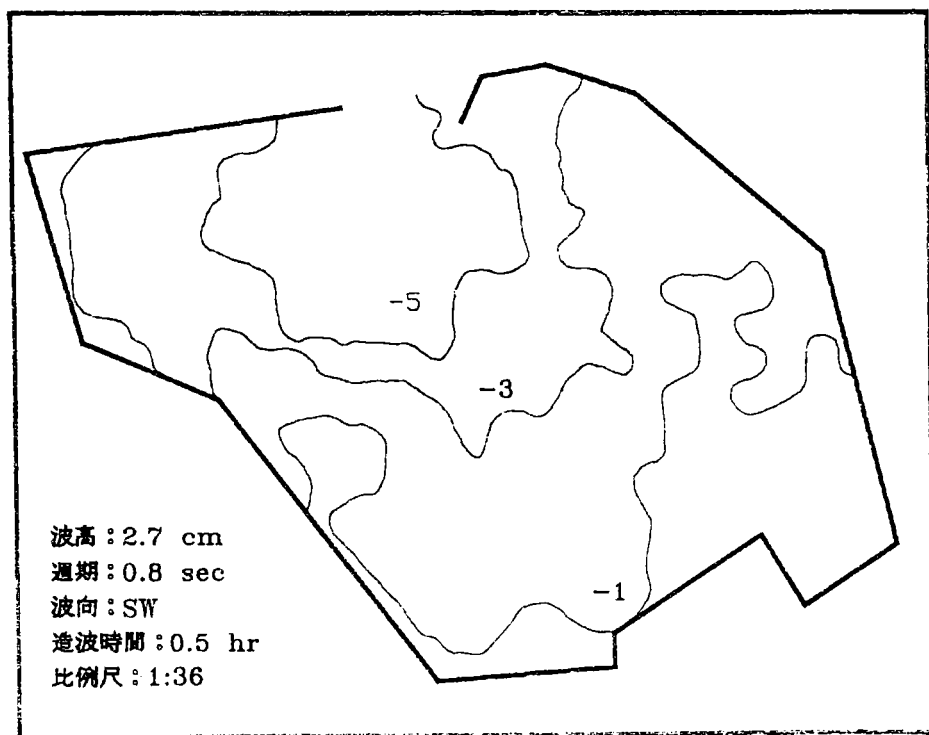


圖 52 等深線

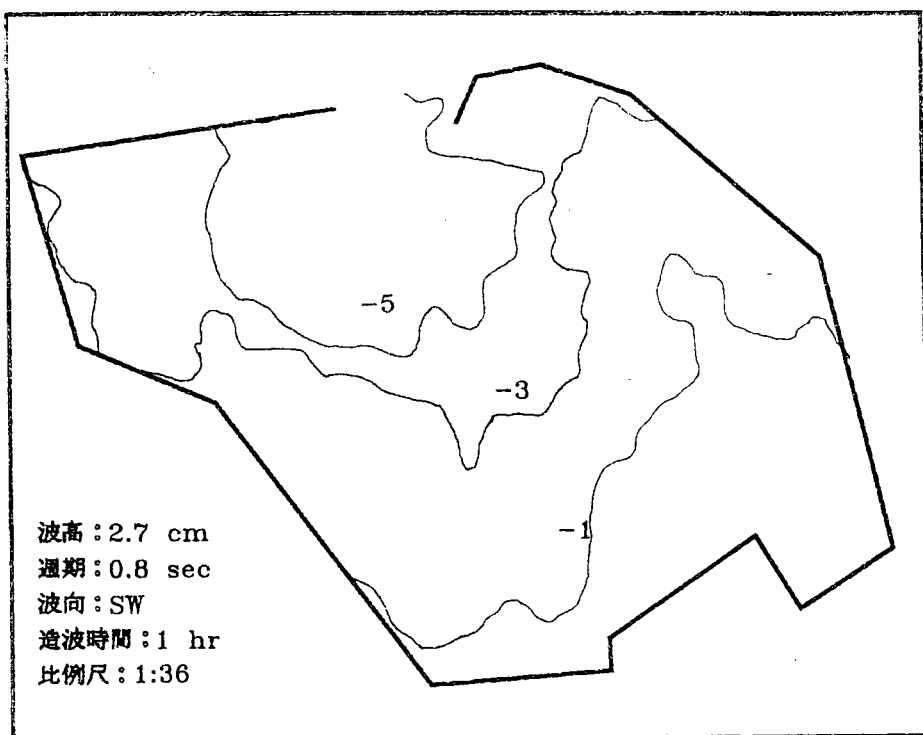


圖 53 等深線

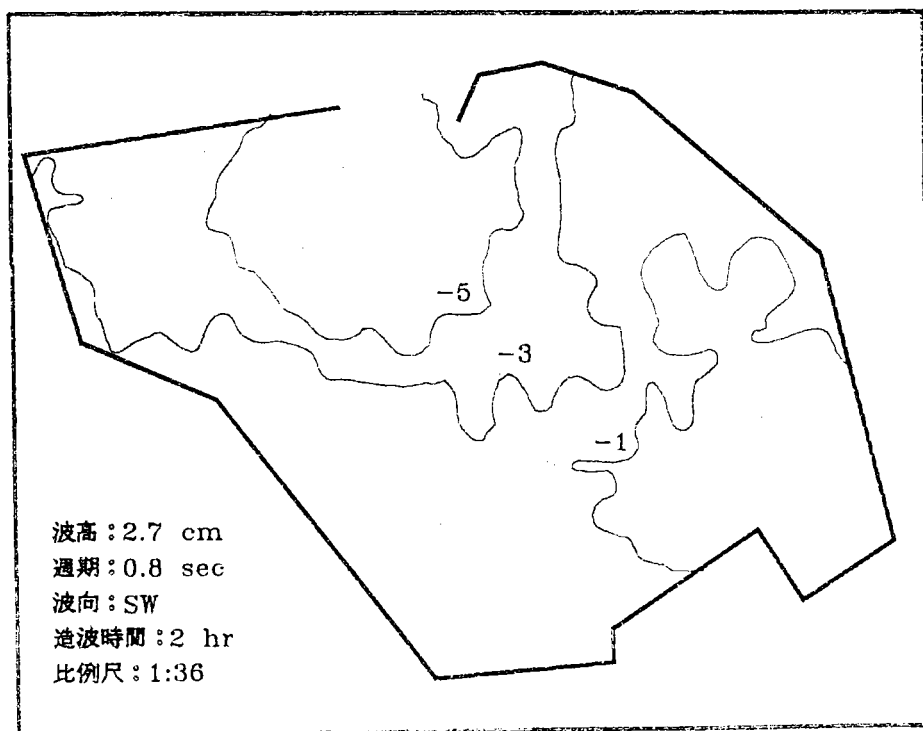


圖 54 等深線

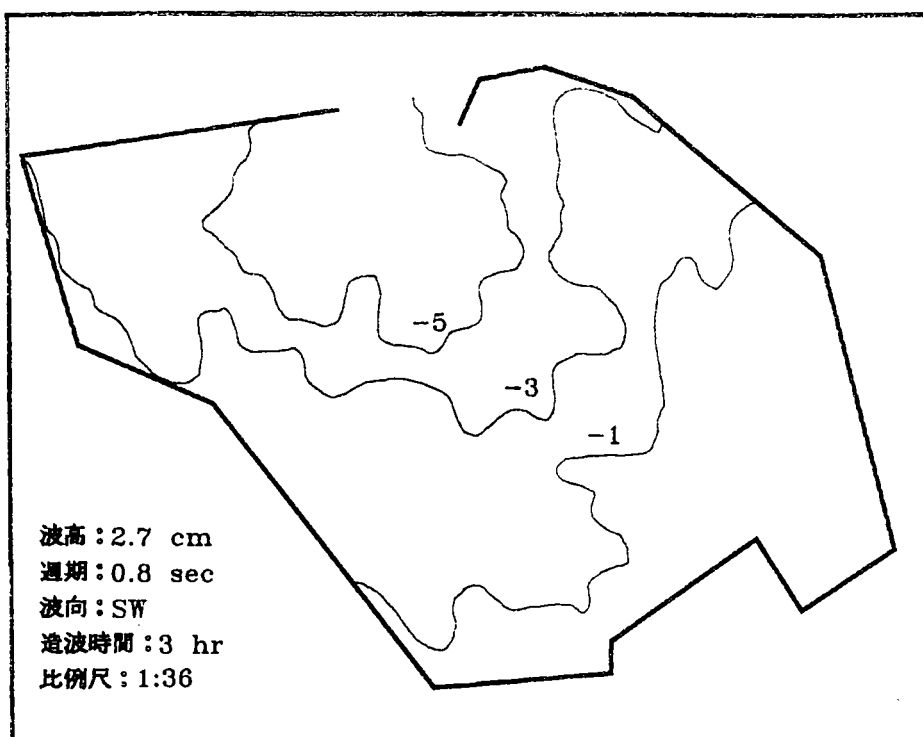


圖 55 等深線

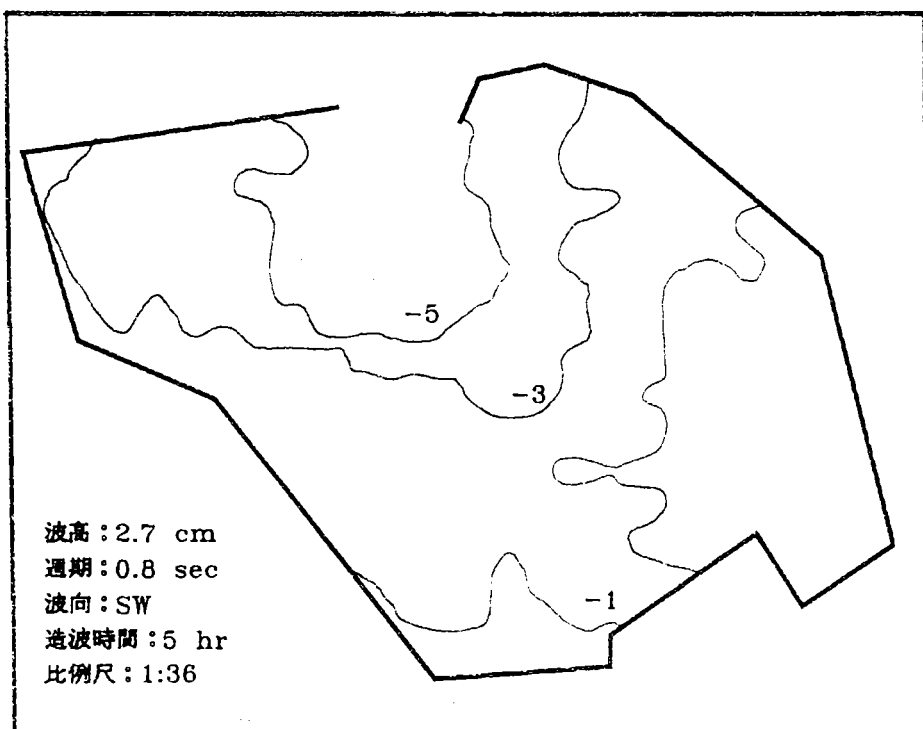


圖 56 等深線

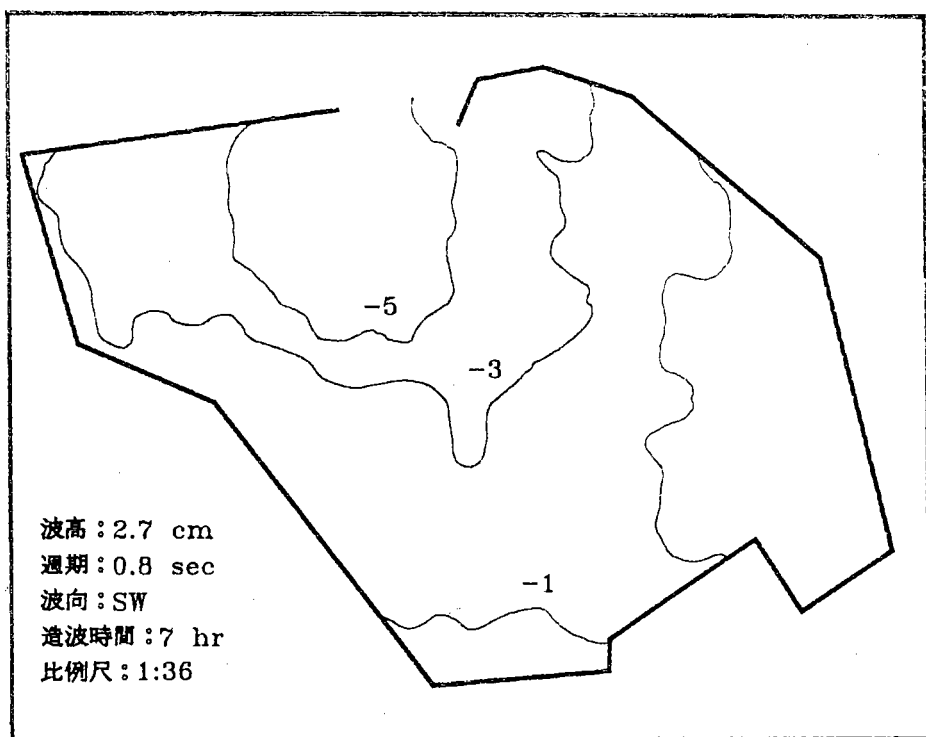


圖 57 等深線

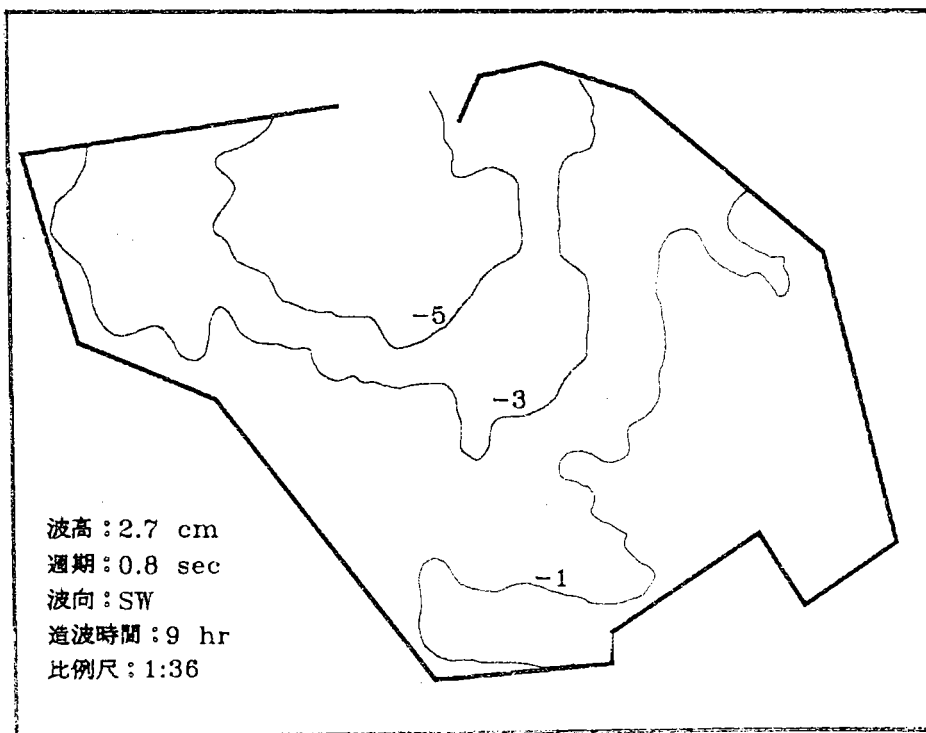


圖 58 等深線

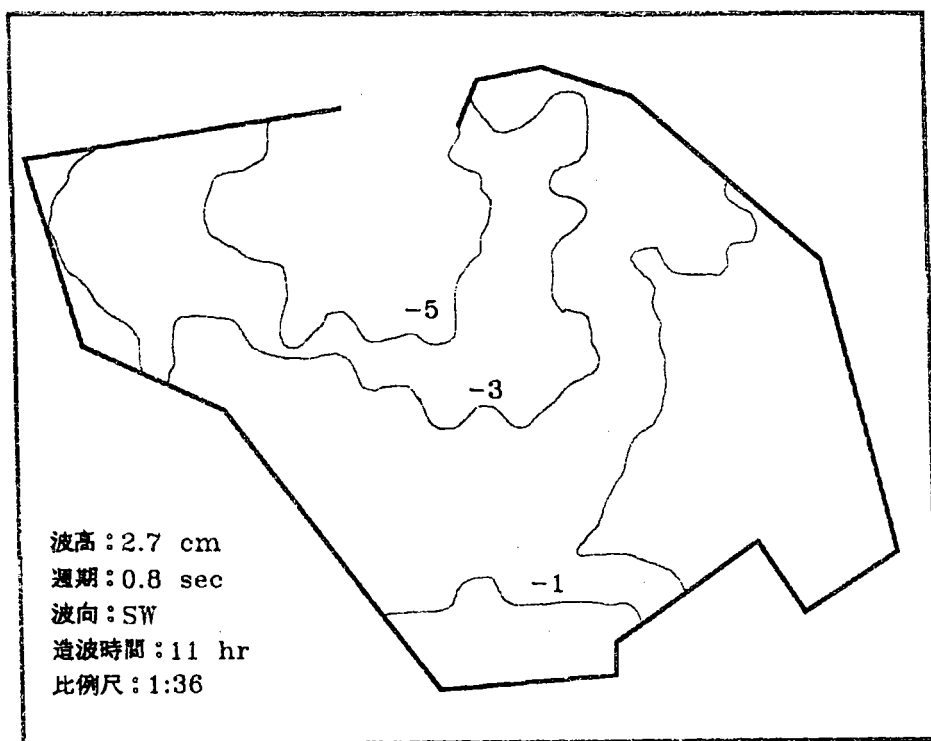


圖 59 等深線

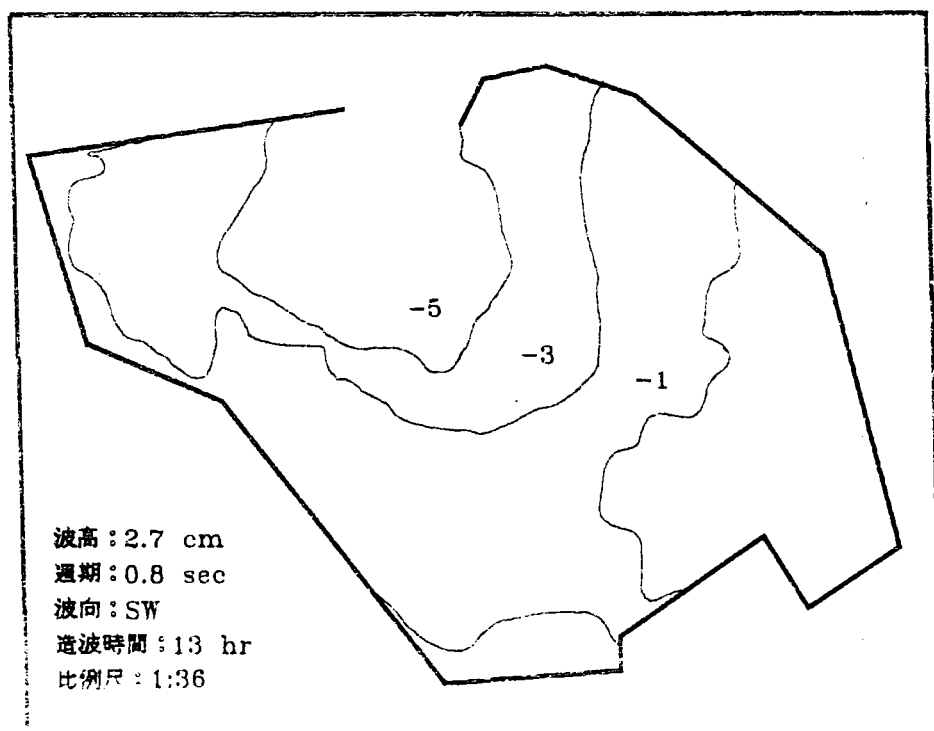


圖 60 等深線

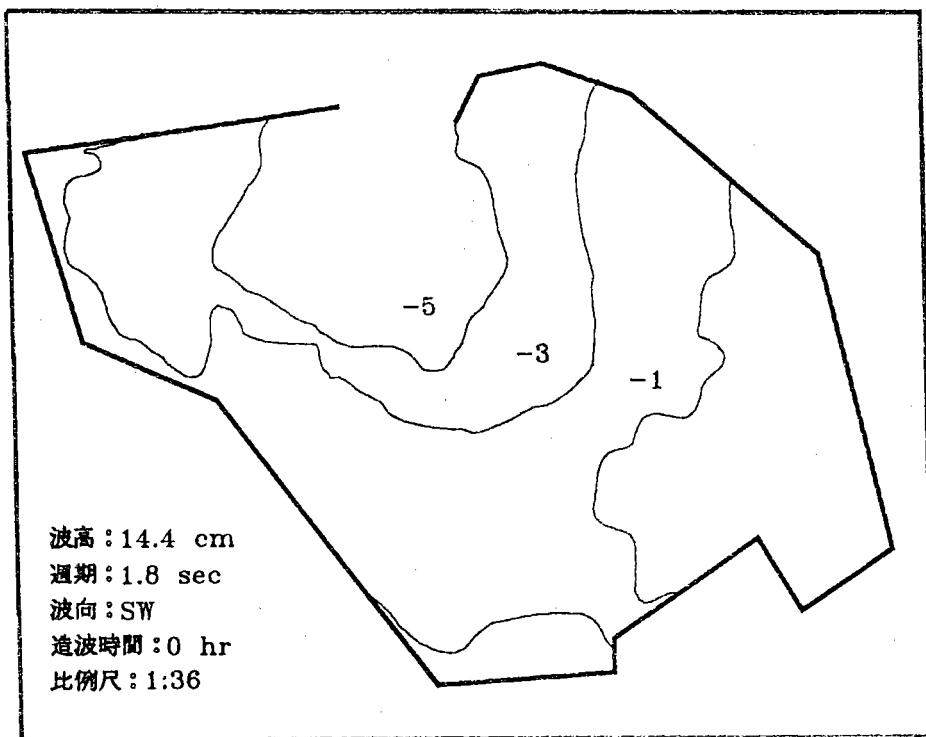


圖 61 等深線

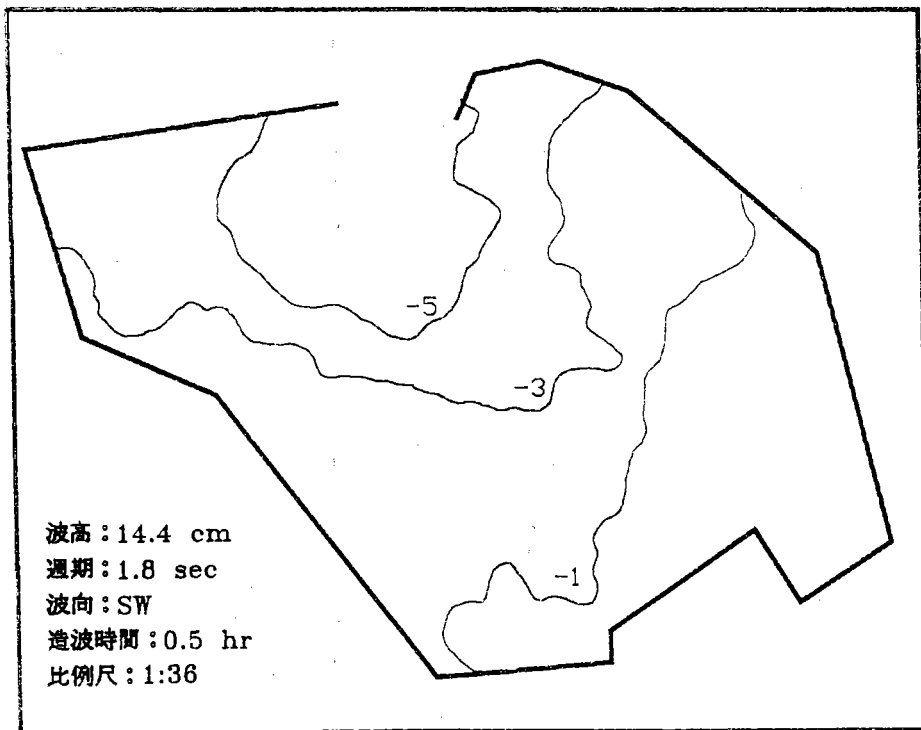


圖 62 等深線

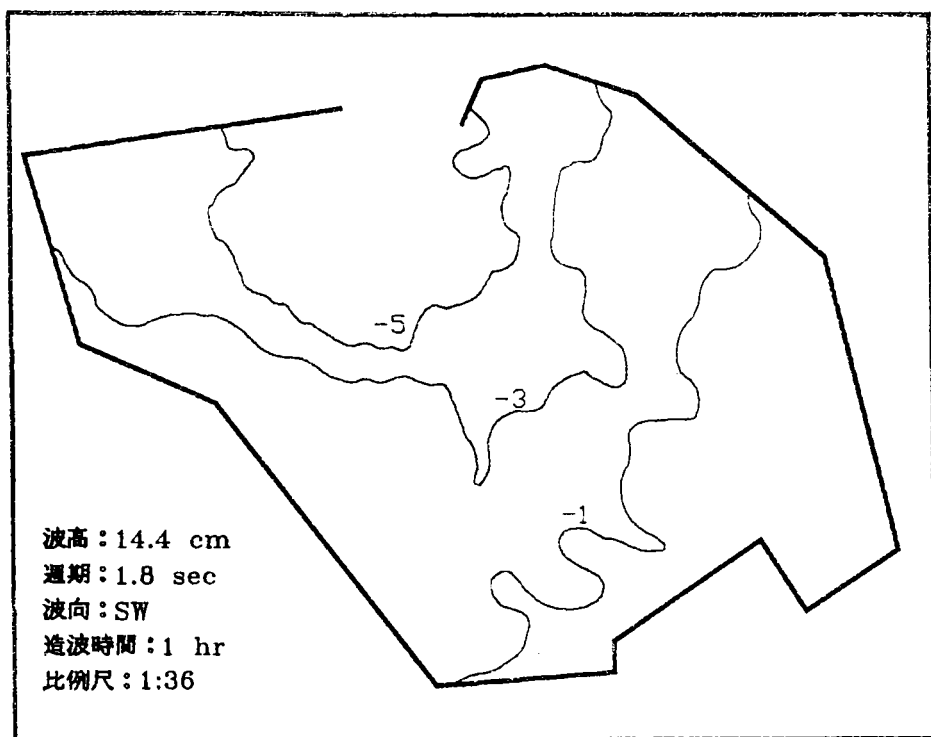


圖 63 等深線

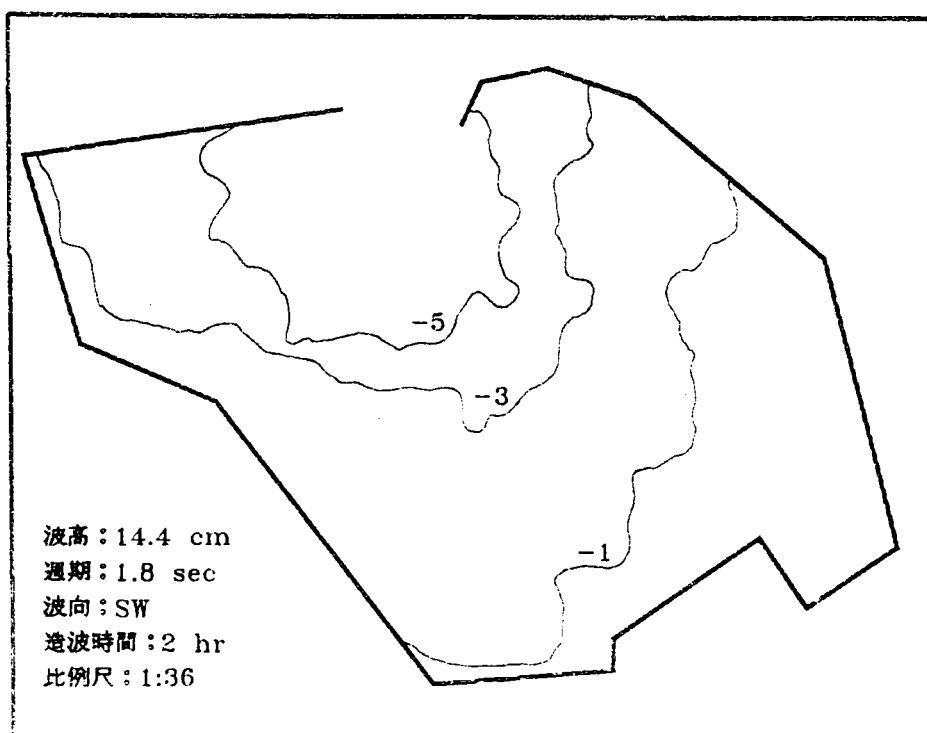


圖 64 等深線

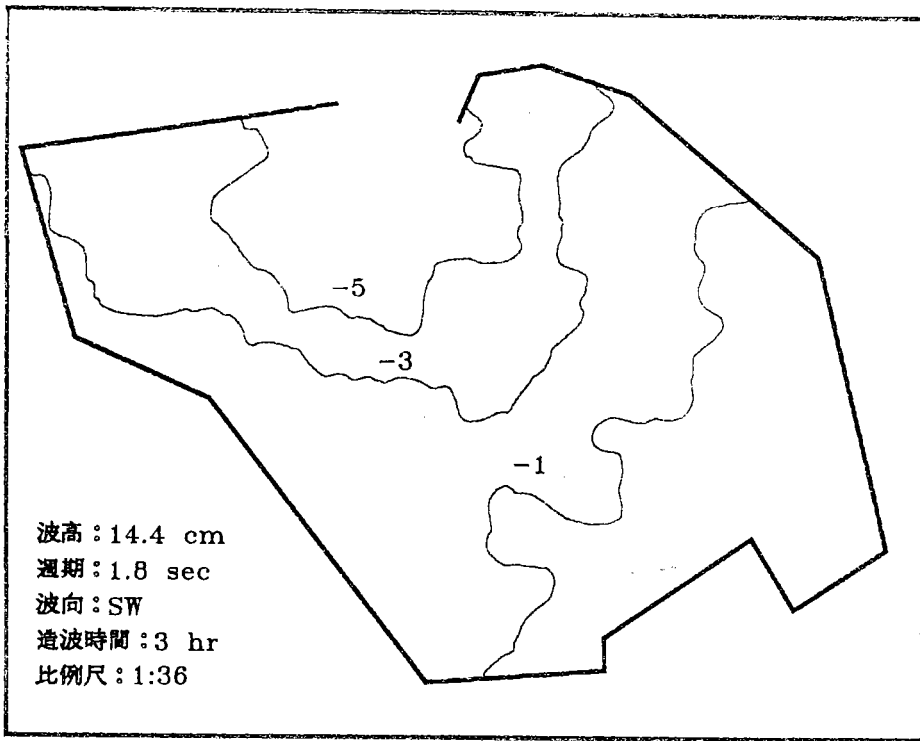


圖 65 等深線

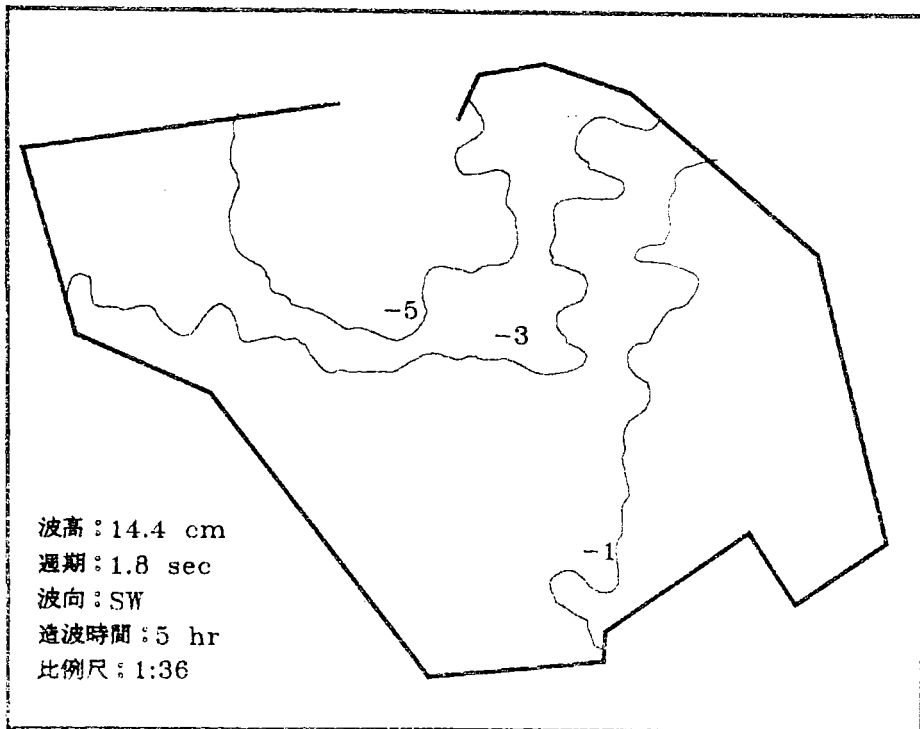


圖 66 等深線

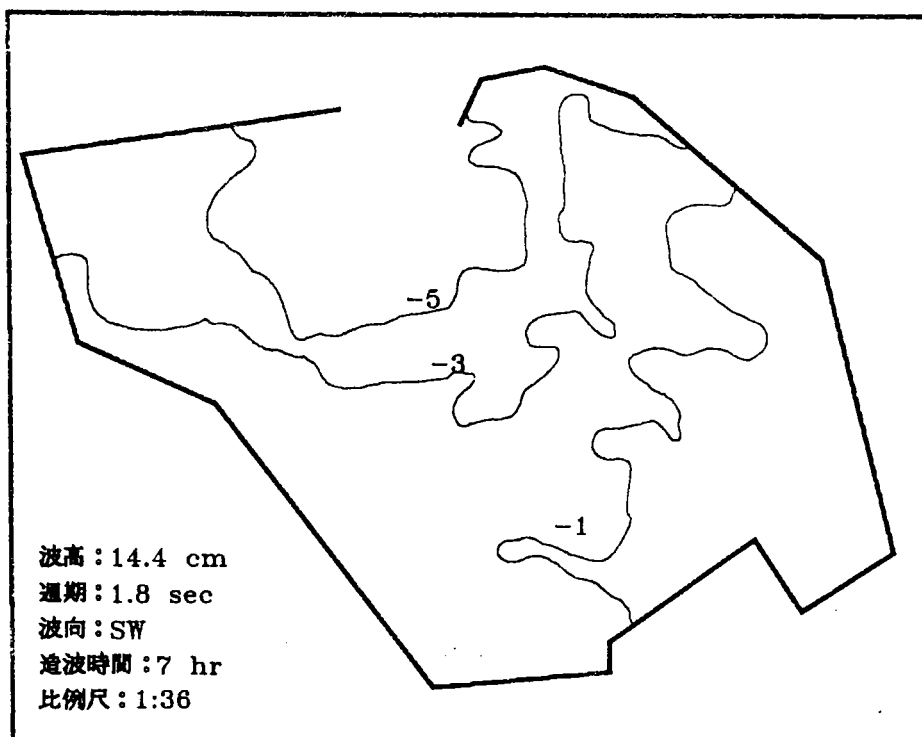


圖 67 等深線

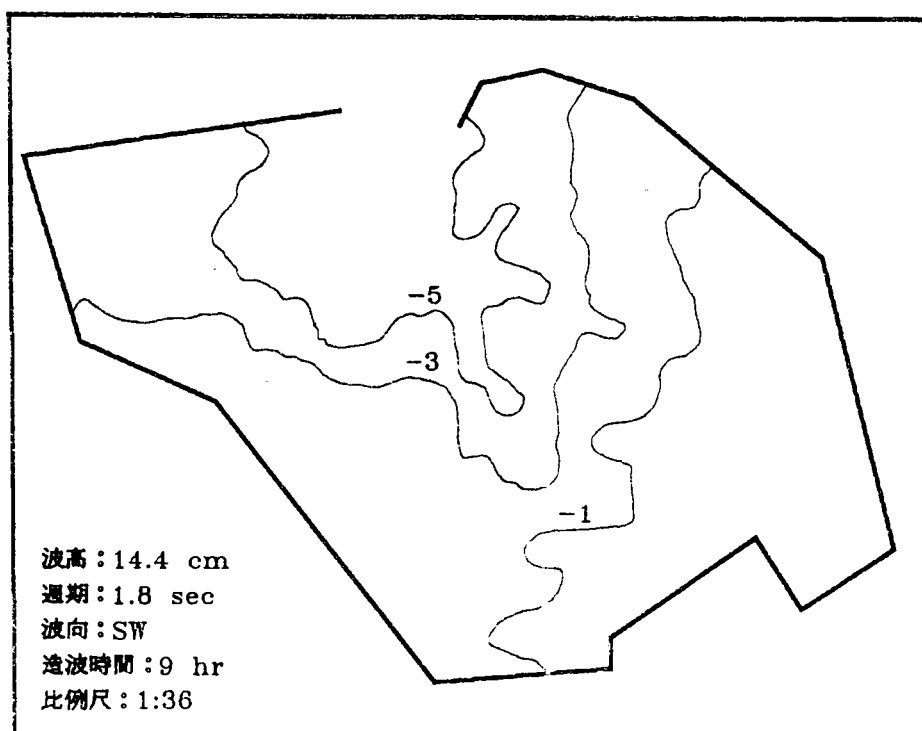


圖 68 等深線

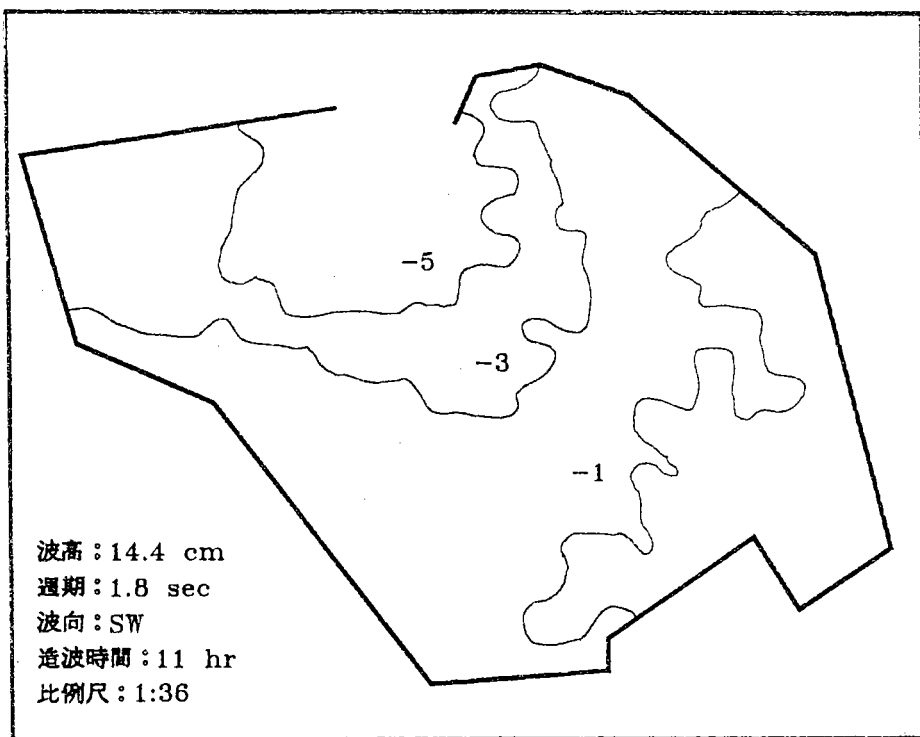


圖 69 等深線

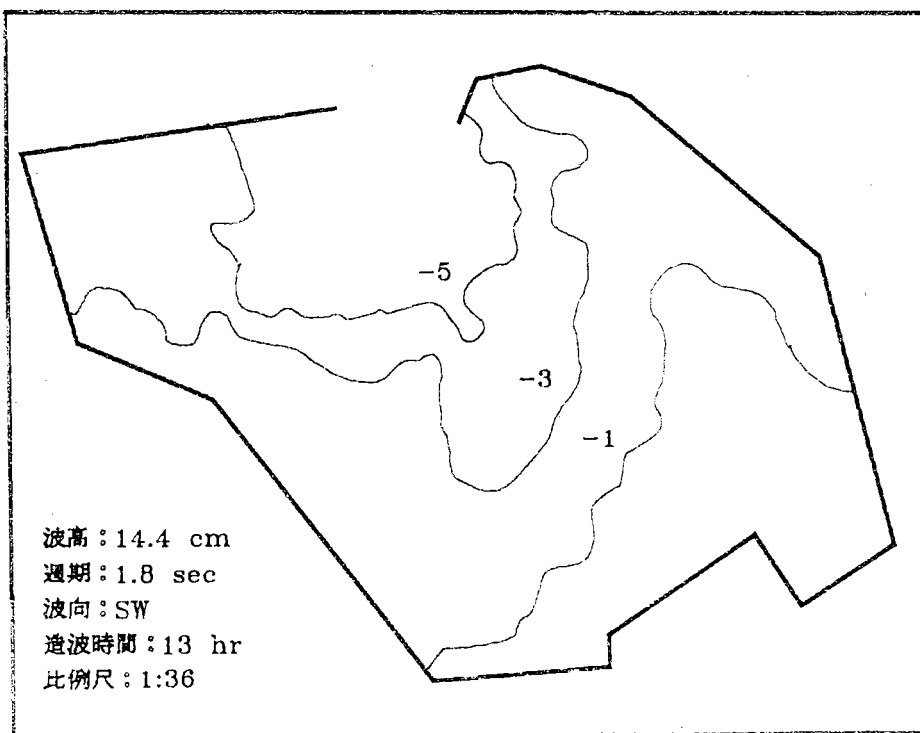


圖 70 等深線

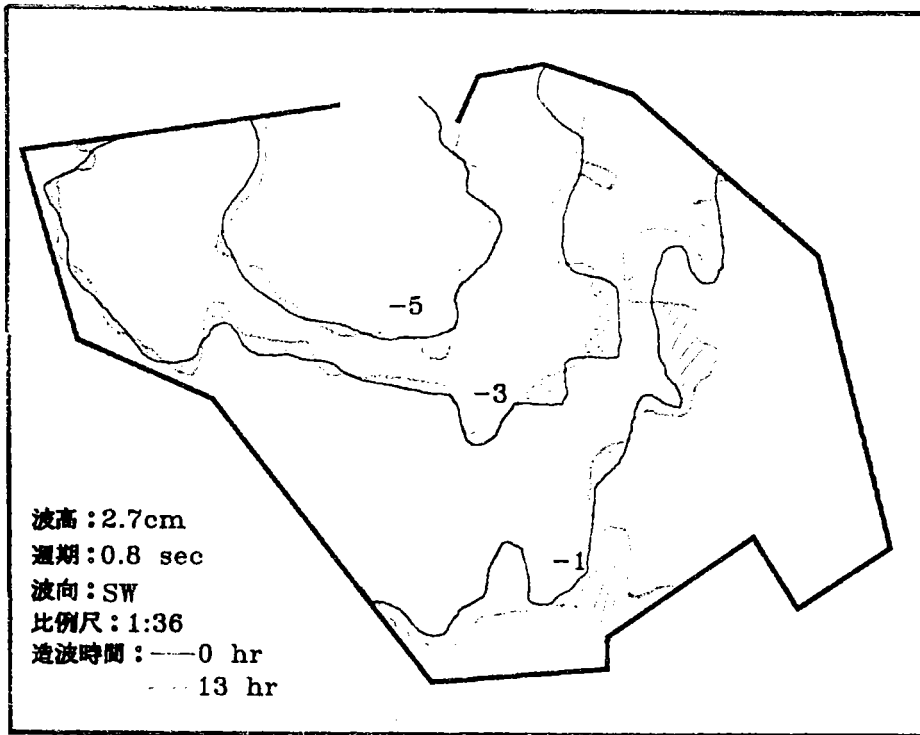


圖 71 檢核試驗 SW 向季節風起始地形與終期地形比較圖

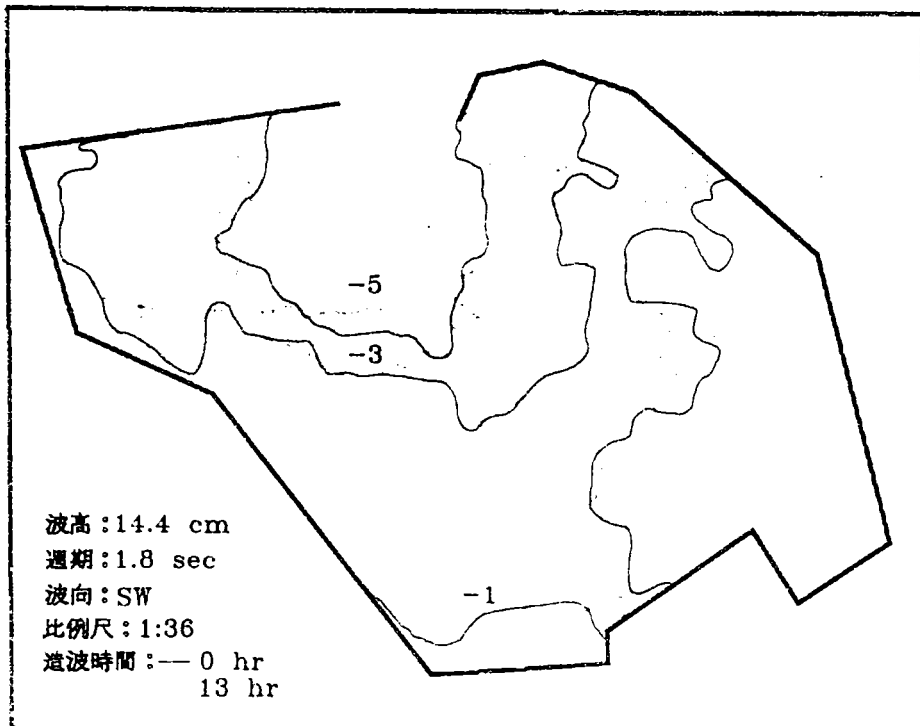
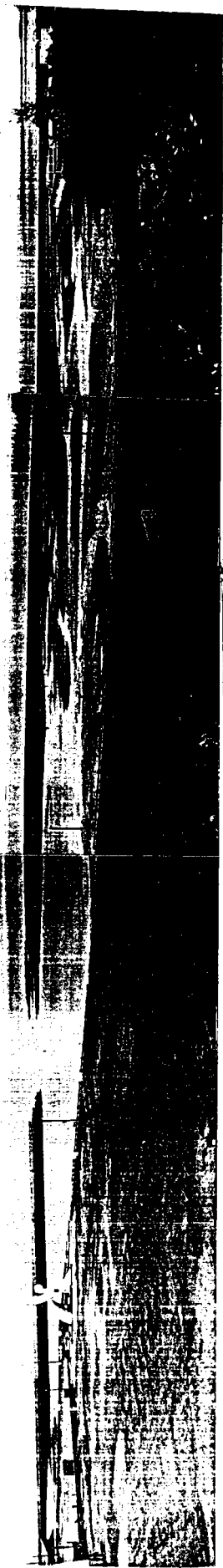


圖 72 檢核試驗 SW 向颱風起始地形與終期地形比較圖



照片 3 觀音亭海水浴場退潮時地形圖



照片 4 漂沙沉積位置

3-2-6-2 改善方案

依據定床試驗的結論得知，海水浴場內沙源流出之機制，可能為地形不平衡造成的環流及南堤後繞射區內形成的環流，颱風期間波浪能量較大而將底床質懸浮後加上颱風時期的潮位突降引起，因此本改善方案即針對此原因來採取對策，亦將地形儘量調成與波向線垂直，同時高程平均及坡度緩變，並於入口處加一道潛堤迫使進入海水浴場前波浪形成碎波消除波能，減小底床質形成懸浮質之可能性，其佈置圖如圖73所示。

A. SW 向

(1) 流況追蹤

流況之追蹤採用乒乓球加水至比重與水接近，採用定點定時拋放與整個平面拋放二種追蹤方式，記錄方式採用人為繪圖，依乒乓球在模型內移動軌跡並配合地圖上之網格點測繪，同時使用V8攝影機拍攝存証。

圖74與圖75分別為SW向季節風和SW向颱風等二種情況下終期地形時之流況。由圖74中可明顯得知，在季節風時環流的現象已不復存在，僅有向岸之流速發生，圖75亦顯示在颱風模擬退潮之情況時，離岸流速出現但環流已消失，綜合以上之討論可得知經由地形的改變，已可成功的消除環流的現象，但颱風暴潮位之突降所引起的離岸速度尚無法消除，此可能為沙源外移的主因。

(2) 斷面高程比較

圖76至圖80為SW向季節風時五個斷面之各時段斷面高程圖與起始斷面高程比較圖，由各圖中顯示在各斷面侵蝕

堆積互見，而有將剖面平滑化之現象出現，亦就是在季節風時本改善佈置已經有效的防止因環流而引起的漂沙移動，改以向離岸移動為主而將地形平滑化。

圖81至圖85為SW向颱風時五個斷面之各時段斷面高程和起始斷面高程比較圖，由各圖中很明顯各斷面皆有淤深現象出現，但尚屬輕微。圖81為斷面A得知在南北二側淤深較中央部分嚴重，但較斷面B輕微，亦就是靠岸部份淤深較嚴重，而入口處附近反而較輕微，此即說明颱風期間退潮時可能將潮間帶內之沙源往海側帶動，而使得整個平面形成較為緩變的結果。再由縱斷面之圖83到圖85得知，在靠北側的斷面淤深較大靠南側及中央斷面變化較小，此可能係因向離岸受退潮的影響。

綜合以上分析得知，季節風時改善方案已能防止SW向之波浪作用，但在颱風時波能加大，而引起之底床質，形成懸浮後受颱風引起暴潮突降而將沙源帶出之現象，本改善佈置尚無法完全防止。

(3)底床高程之平面比較

圖86至圖105為SW向之季節風和颱風情況下各時段之等深圖，圖106為SW向季節風起始地形與終期地形比較圖，在北側地形坡度較緩，而南側坡度較陡，而與起始地形變化不大，圖107為SW向颱風起始地形與終期地形之比較，可明白發現在靠近岸側皆為淤深而在北側靠入口處附近有少量之堆積，而在南側地形變化較小。

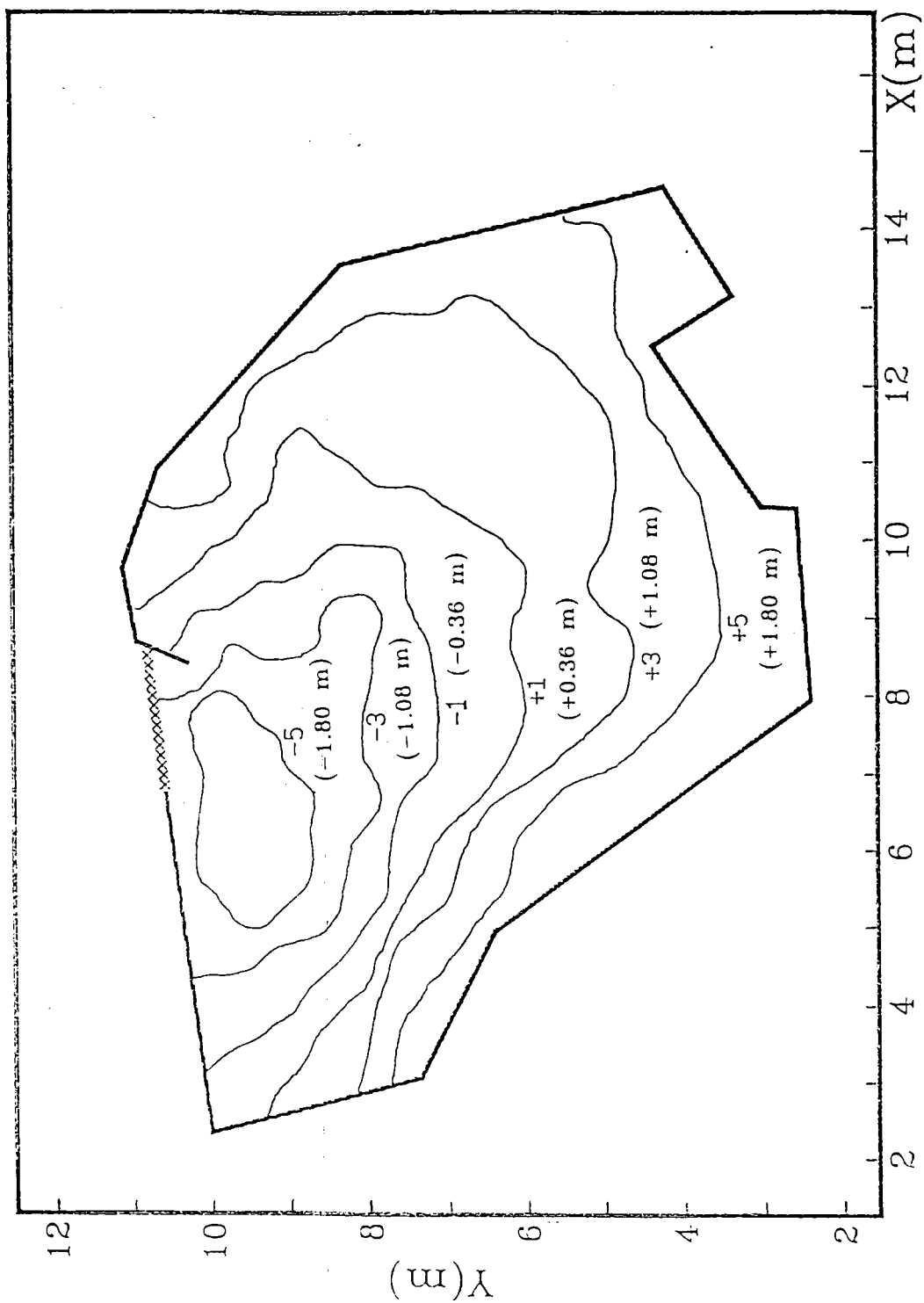


圖 73 改善佈置等深線

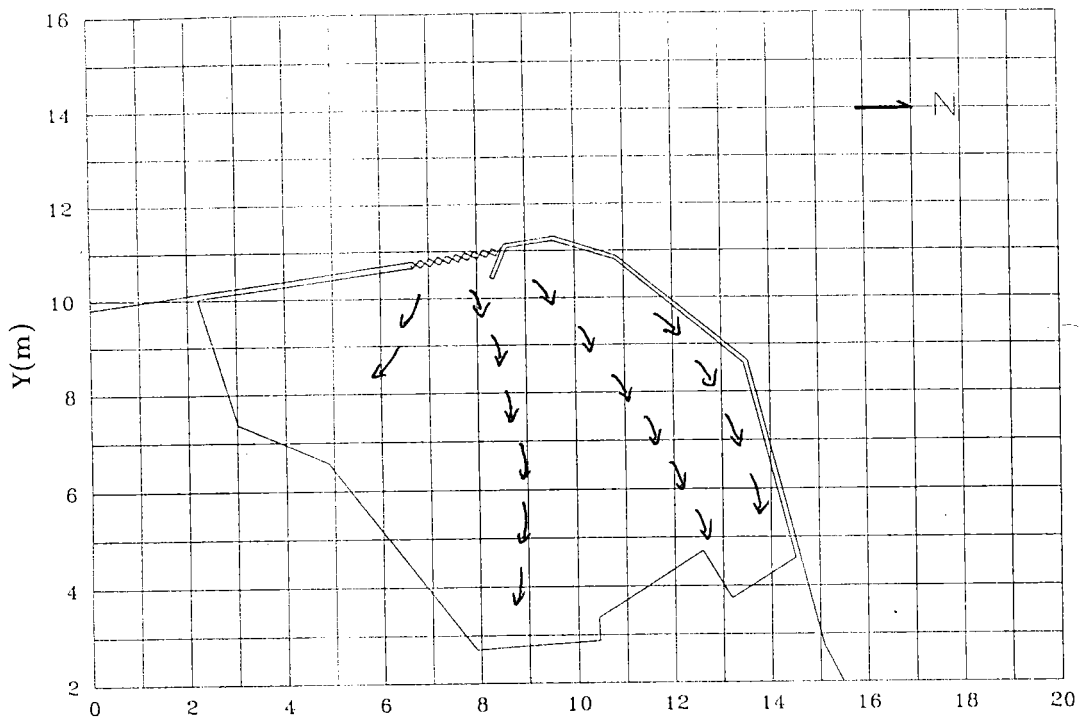


圖 74 SW 向季節風時造波終期之流況圖

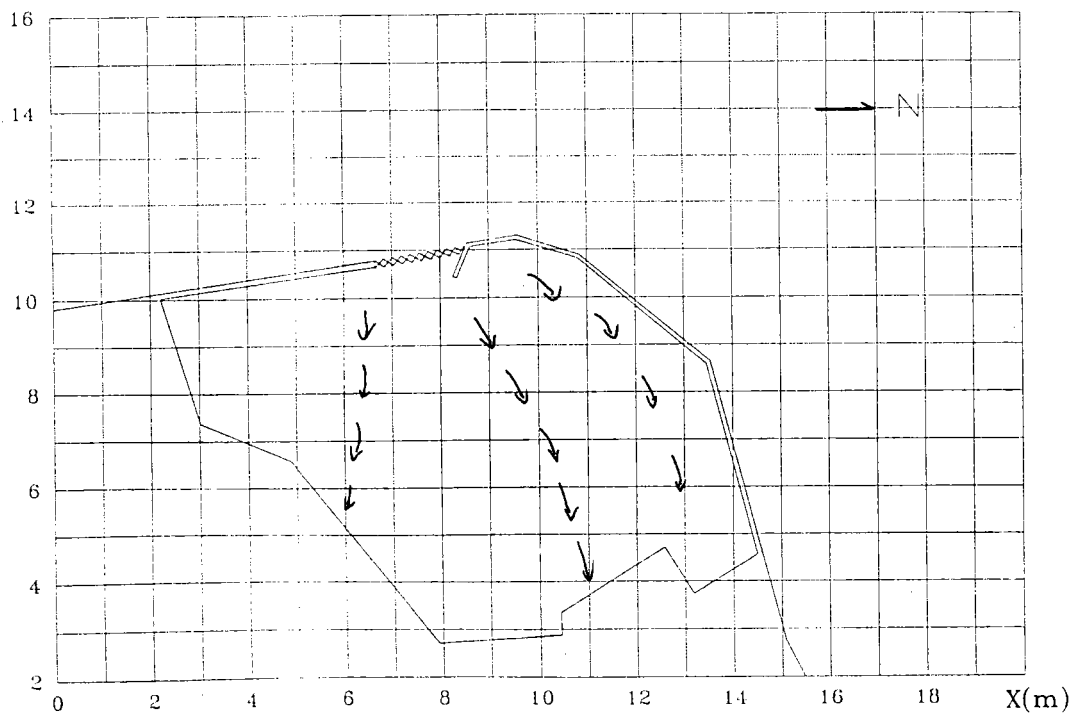


圖 75 SW 向颱風時造波終期之流況圖

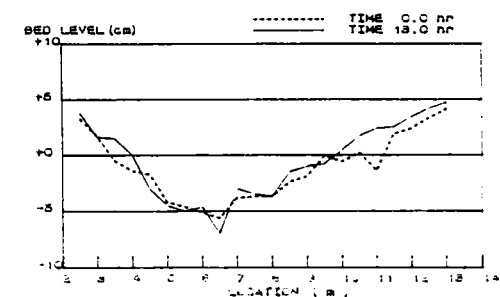
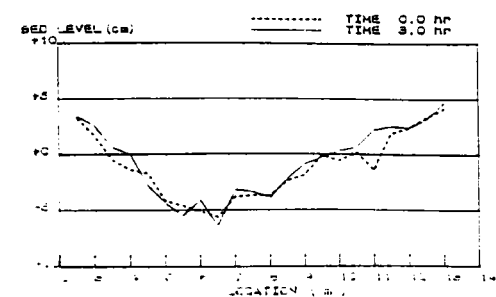
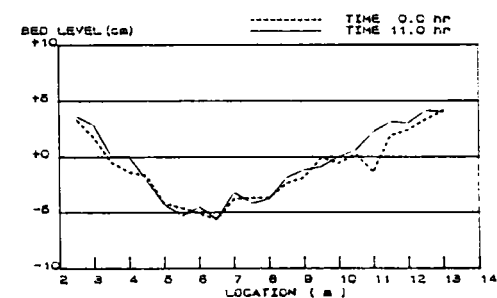
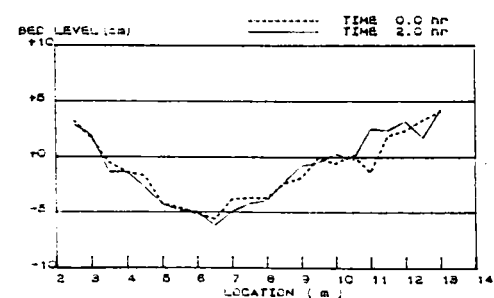
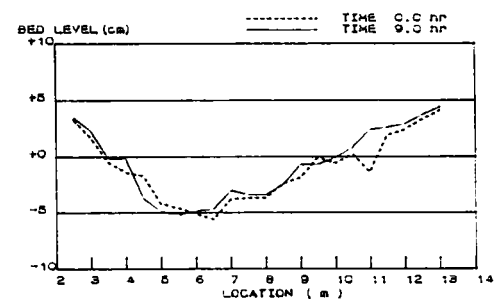
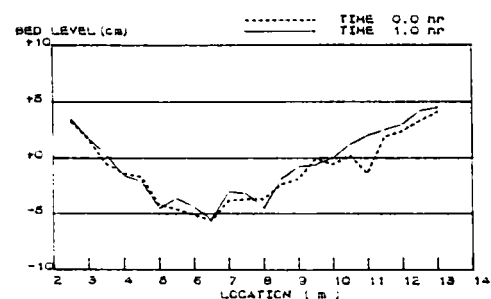
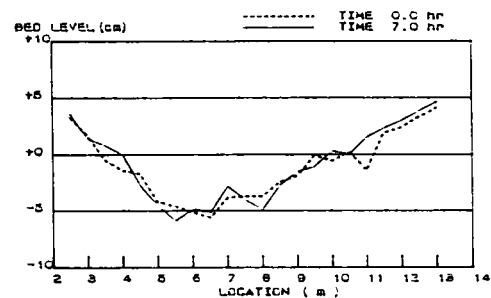
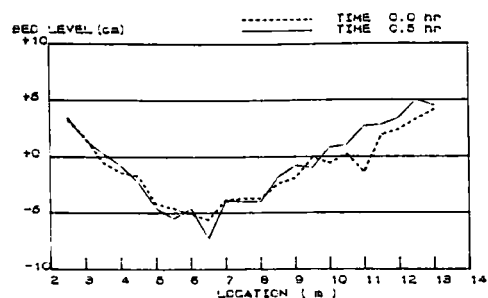
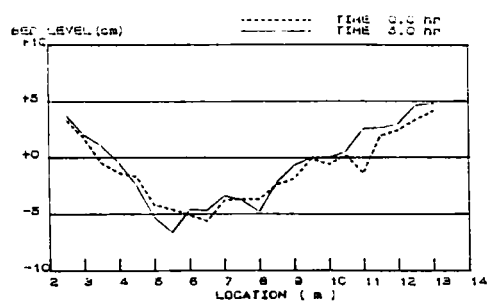
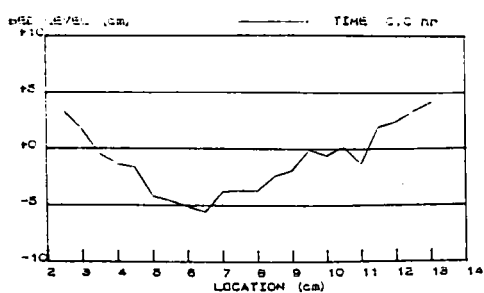


圖 76 SW 季節風 A 斷面比較圖

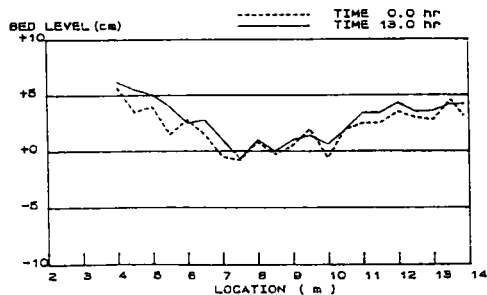
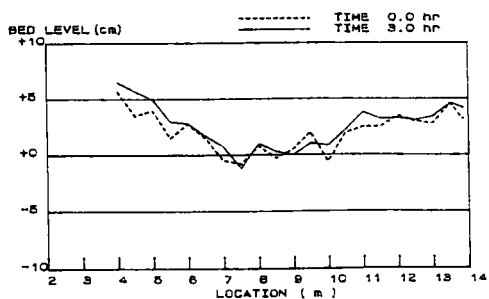
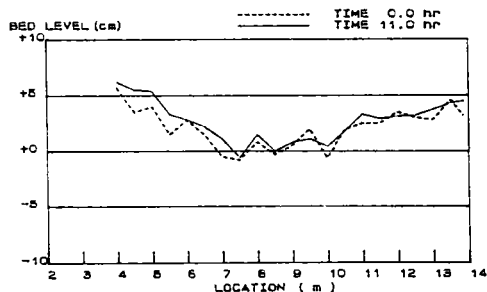
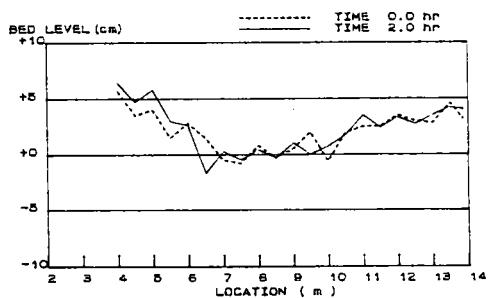
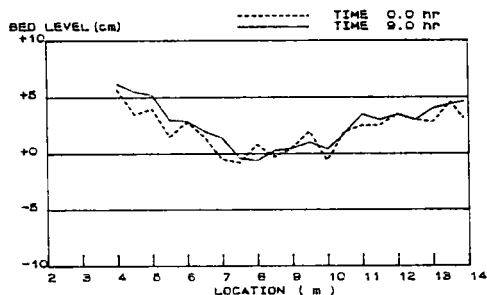
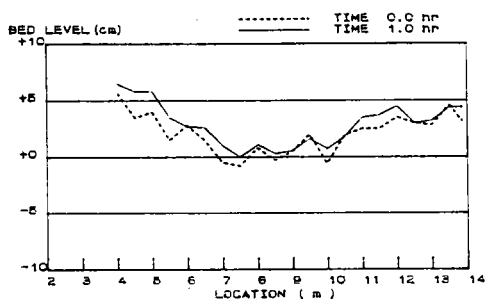
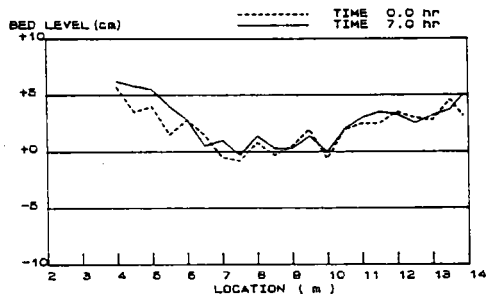
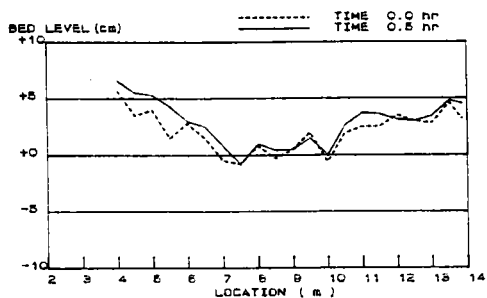
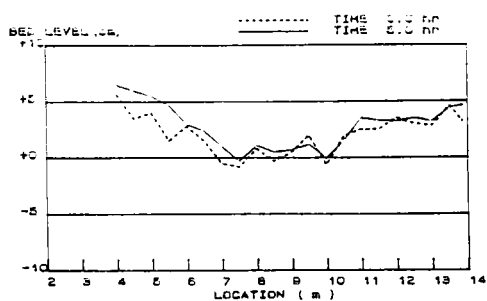
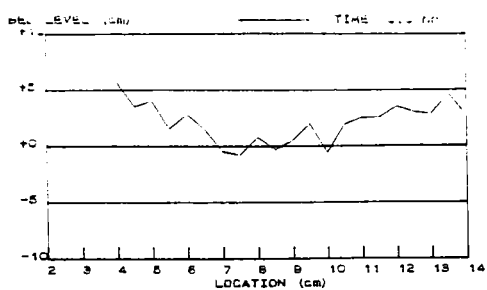


圖 77 SW 季節風 B 斷面比較圖

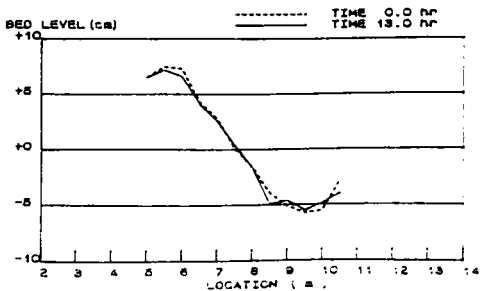
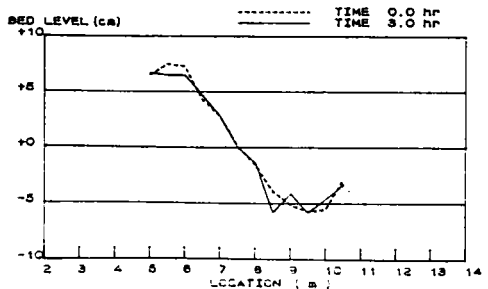
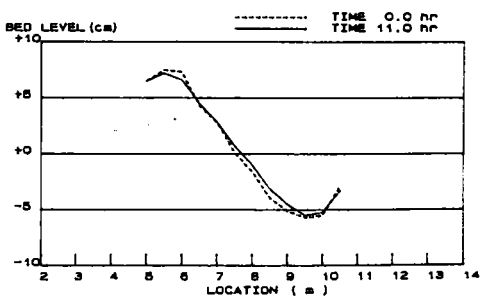
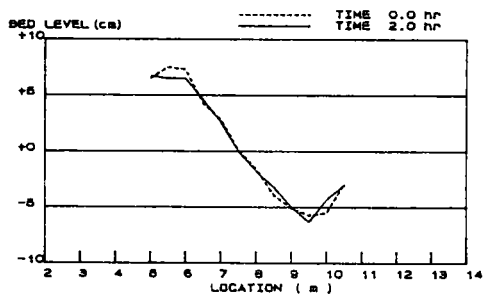
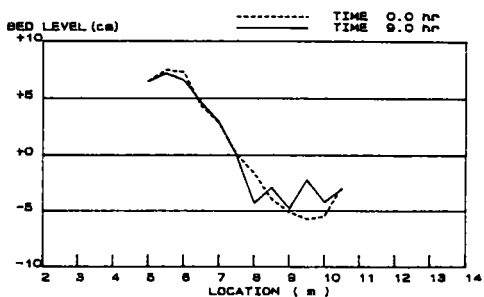
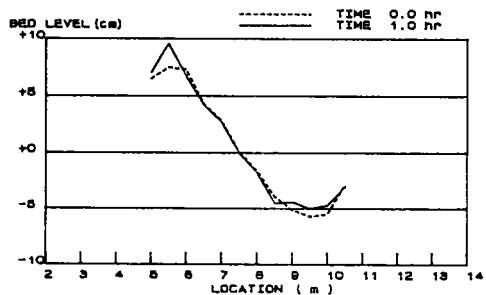
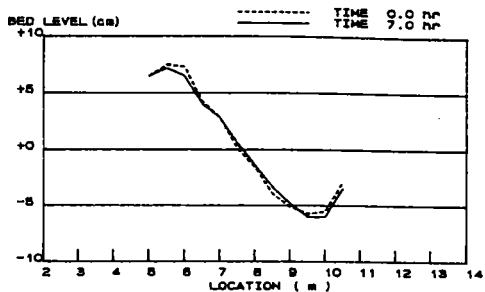
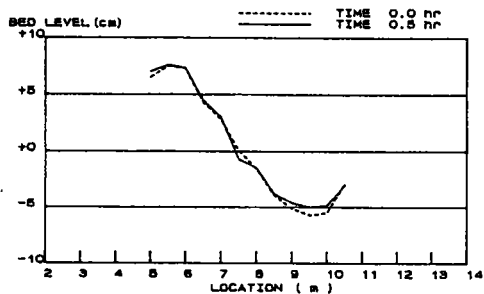
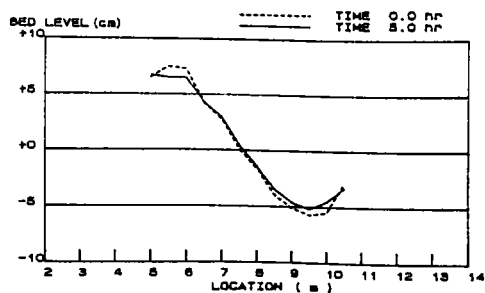
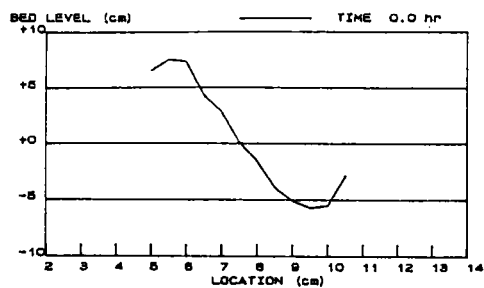


圖 78 SW 季節風 C 斷面比較圖

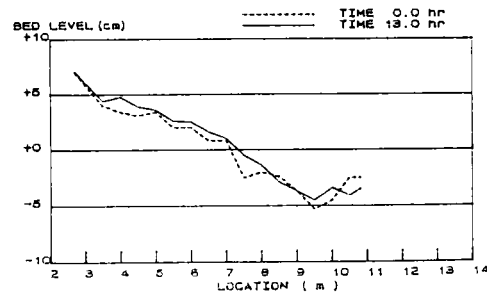
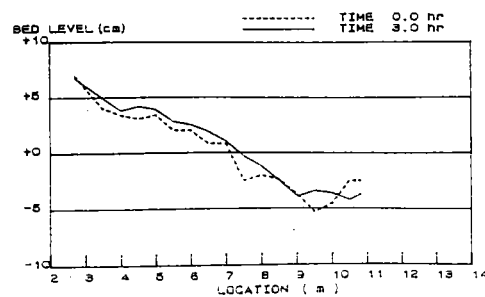
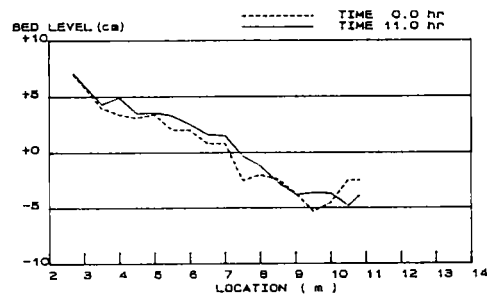
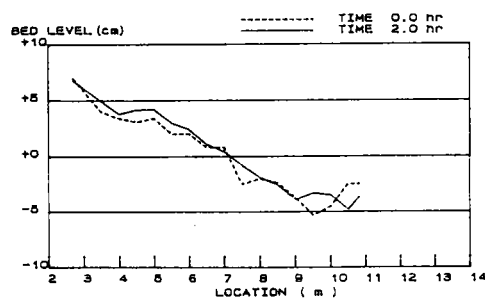
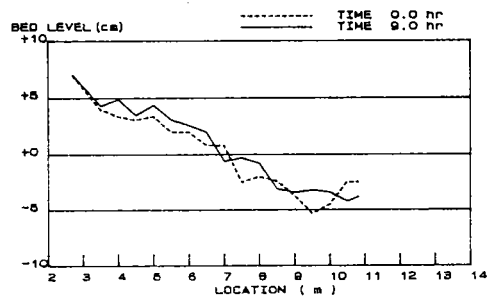
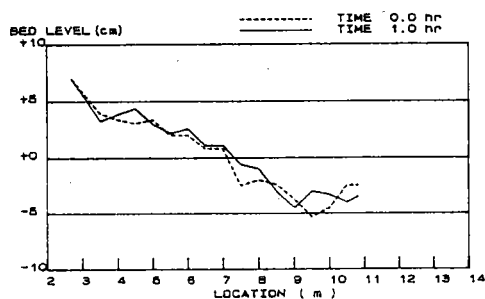
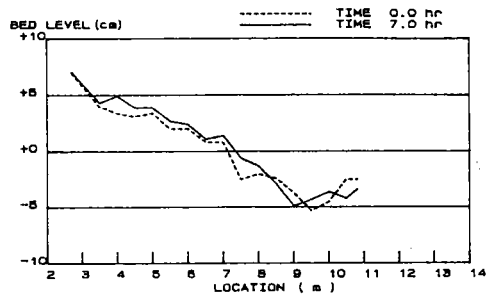
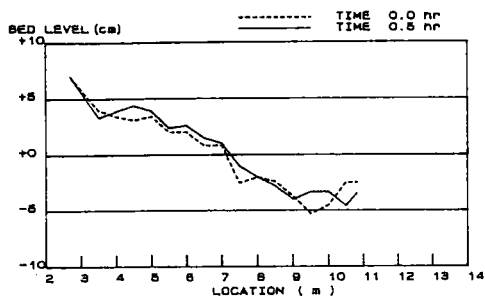
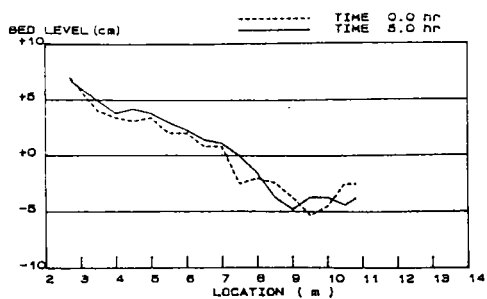
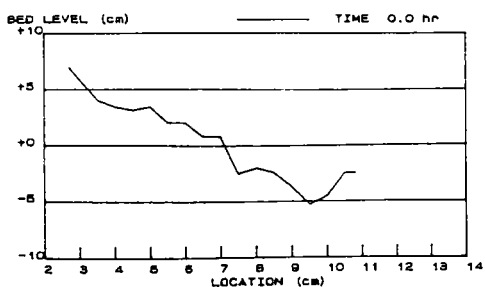


圖 79 SW 季節風 D 斷面比較圖

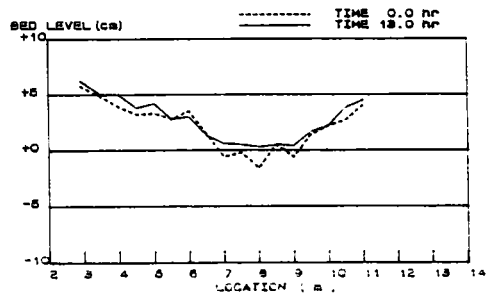
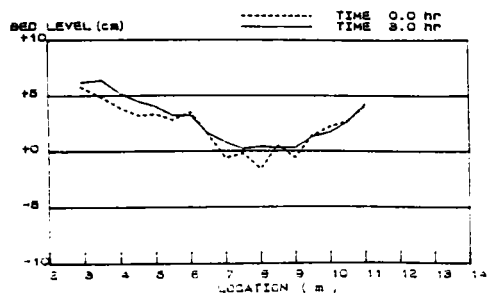
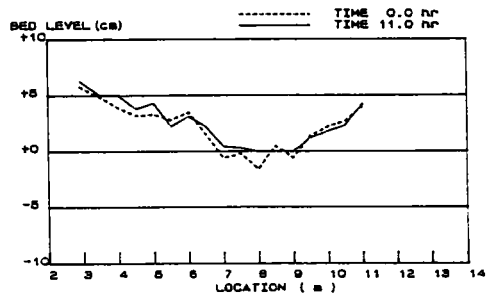
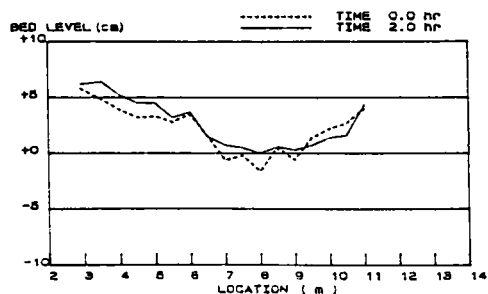
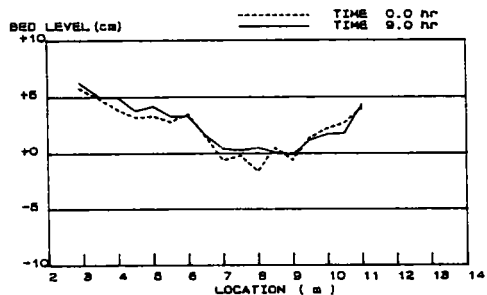
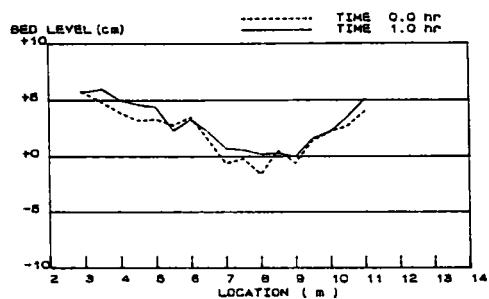
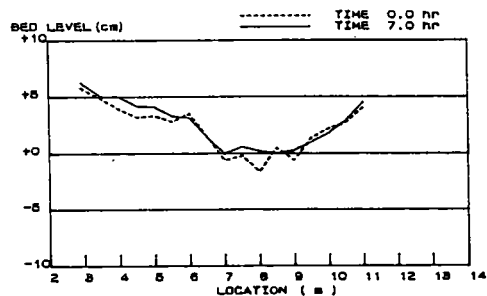
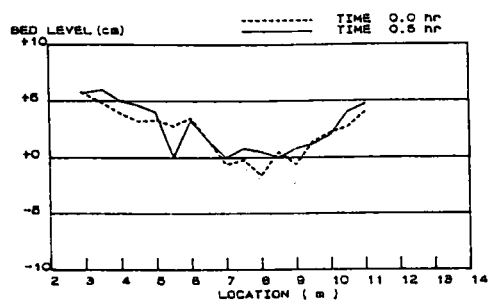
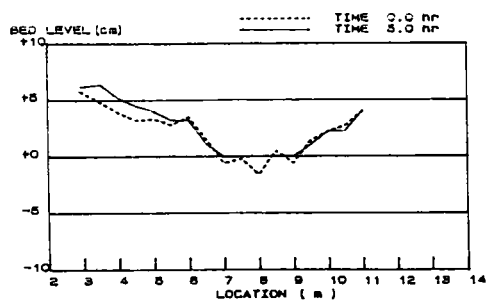
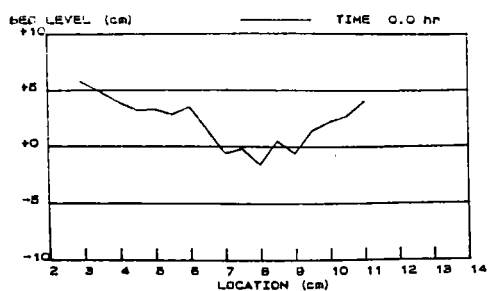


圖 80 SW 季節風 E 斷面比較圖

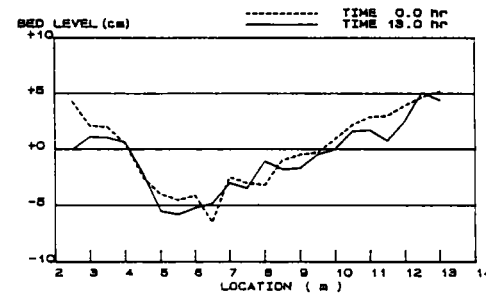
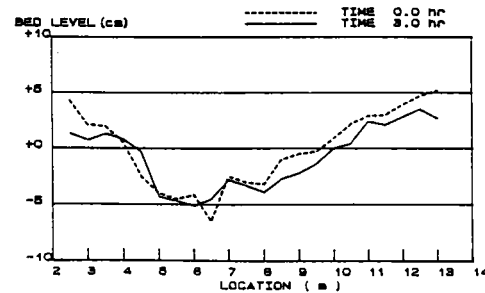
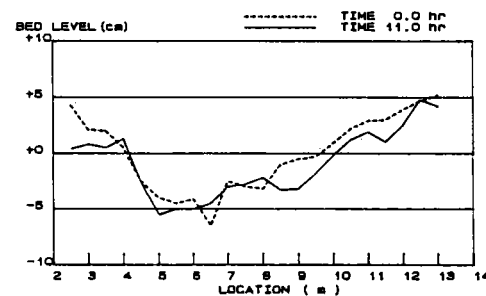
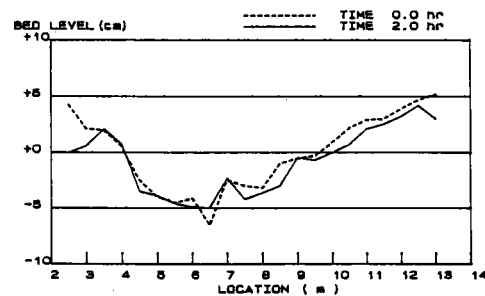
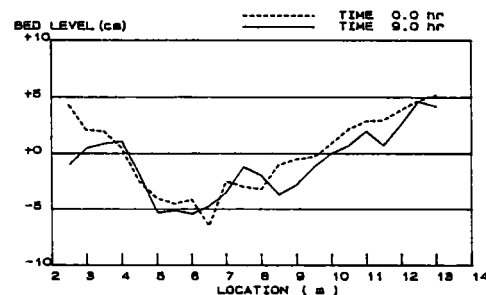
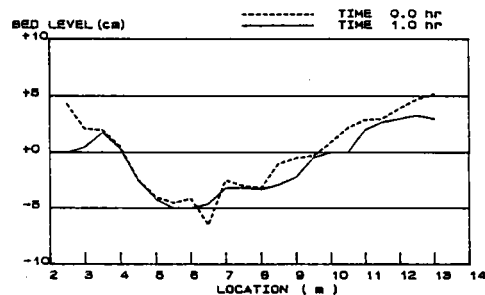
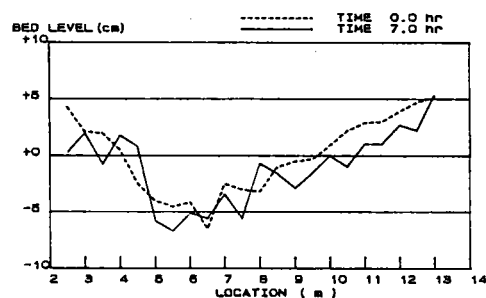
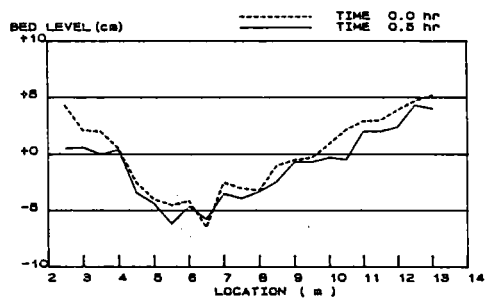
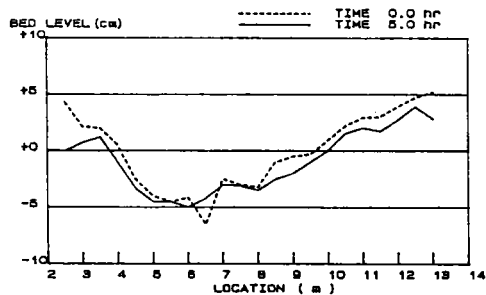
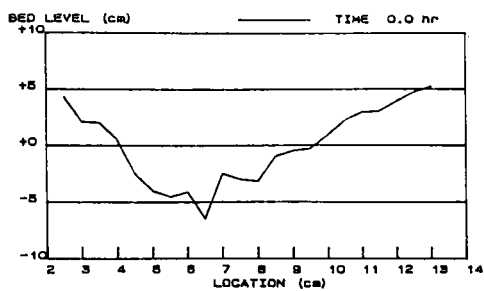


圖 81 SW 颱風 A 斷面比較圖

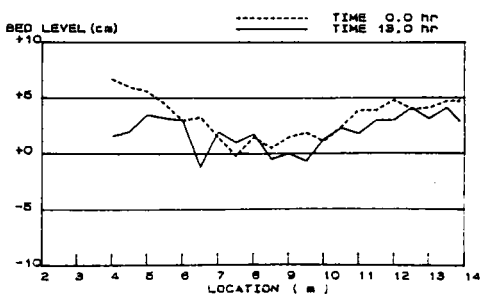
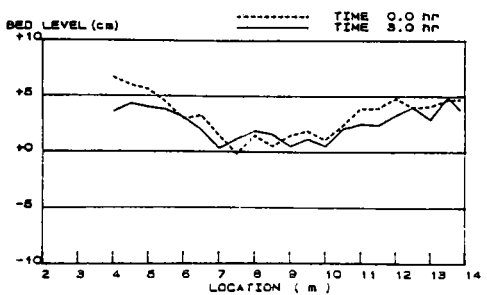
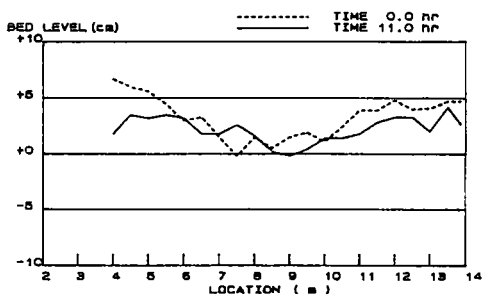
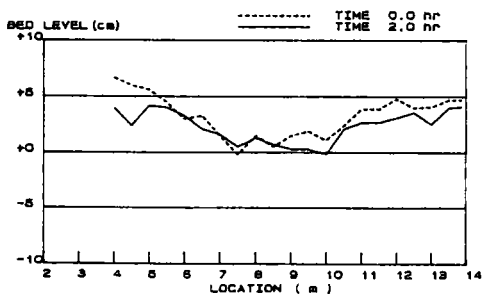
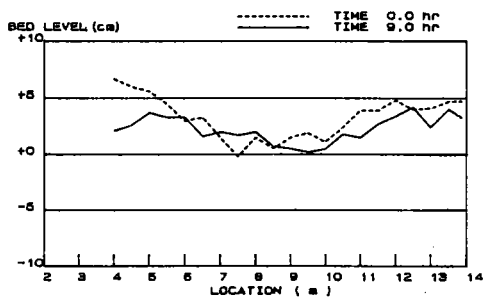
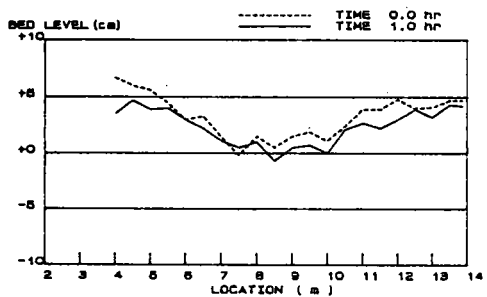
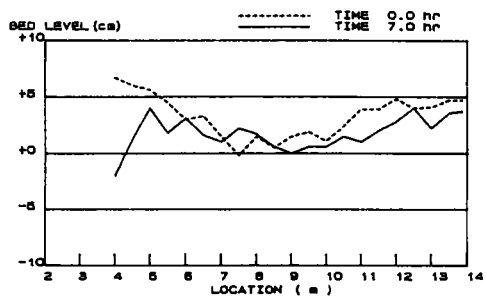
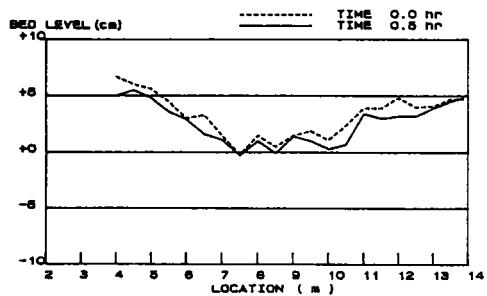
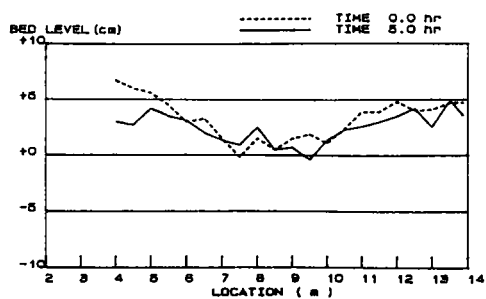
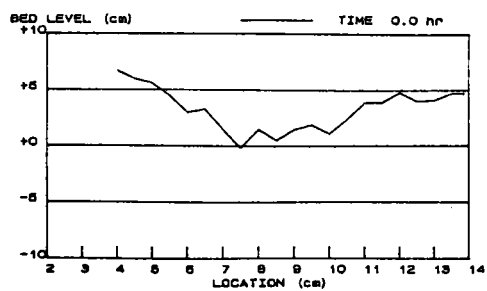


圖 82 SW 颱風 B 斷面比較圖

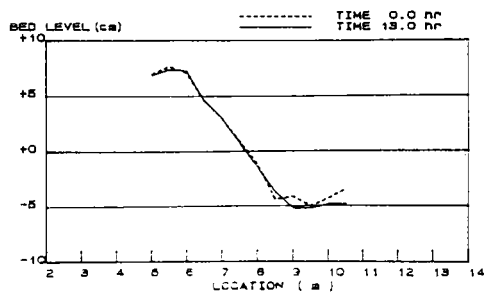
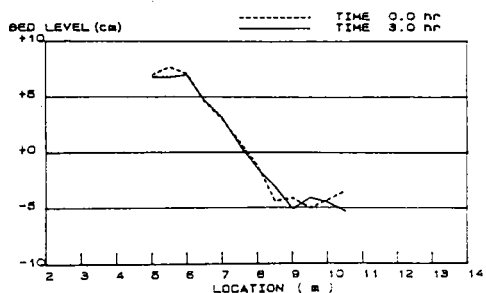
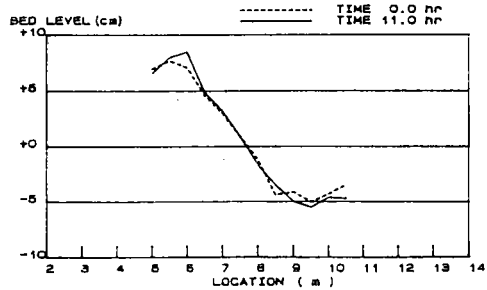
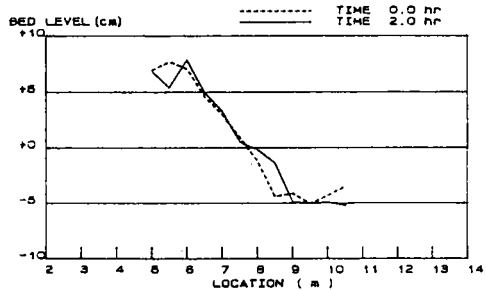
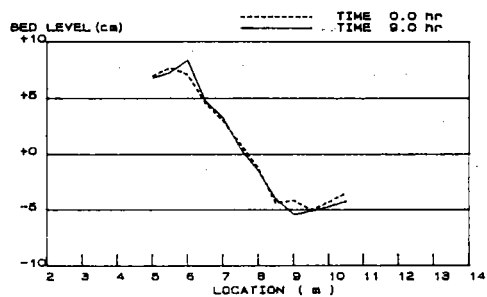
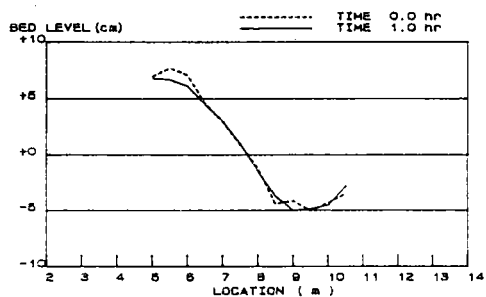
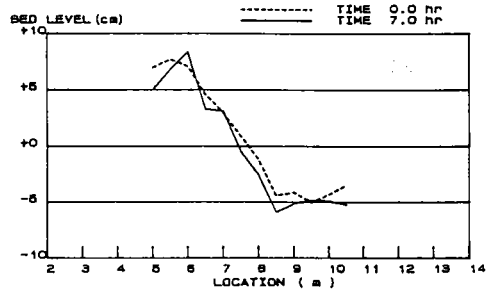
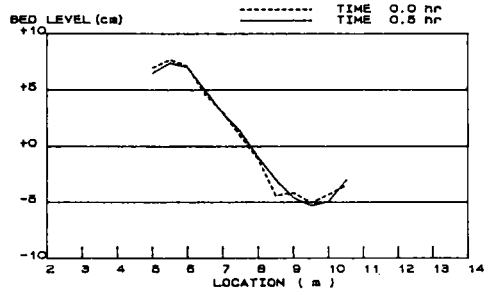
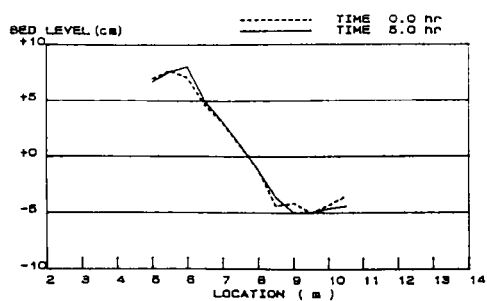
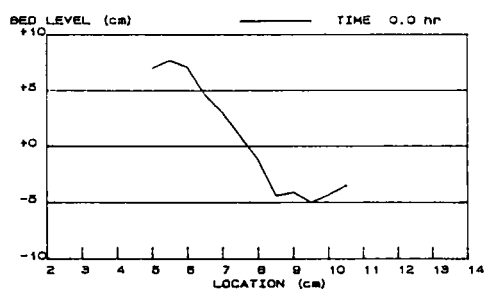


圖 83 SW 颱風 C 斷面比較圖

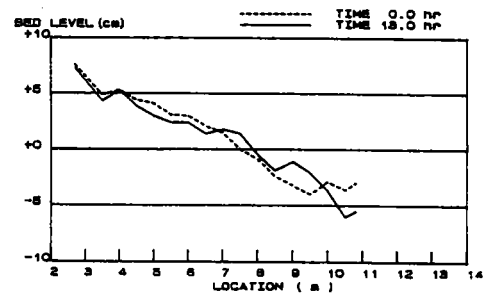
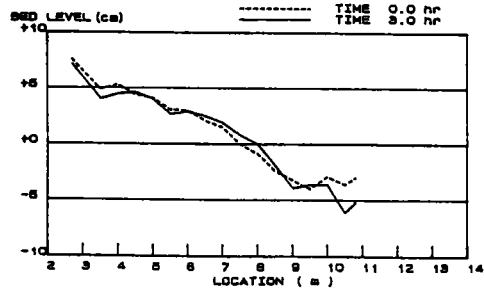
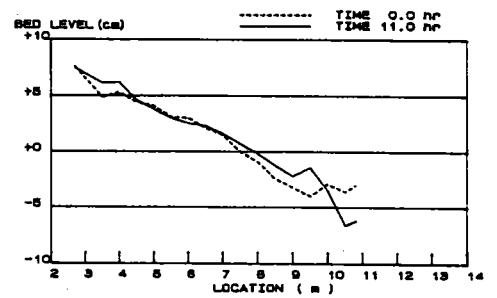
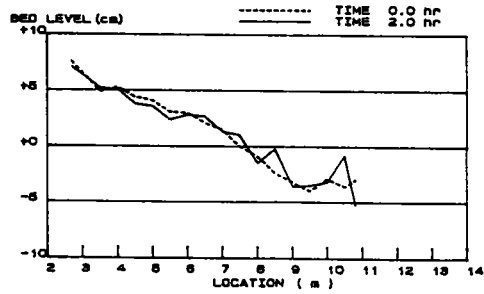
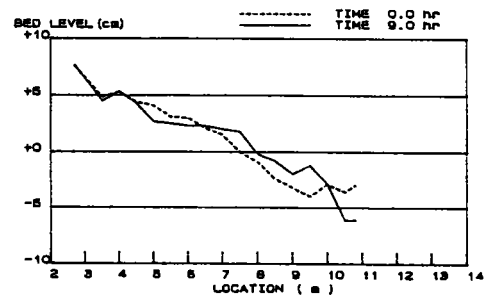
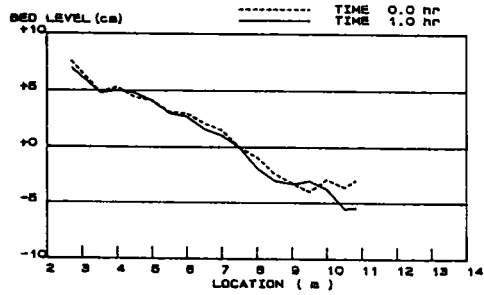
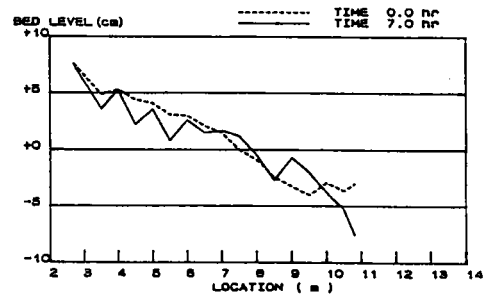
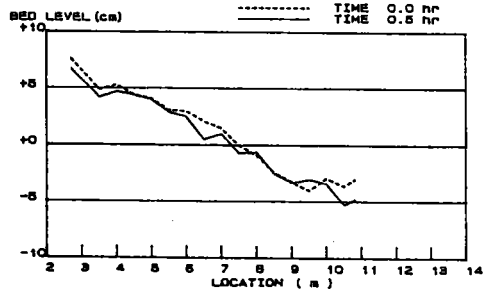
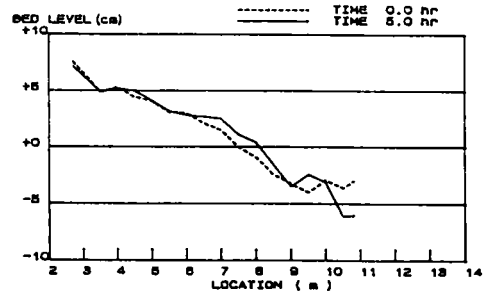
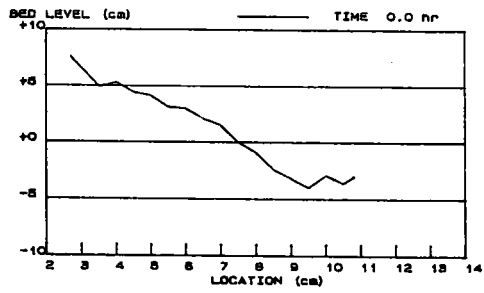


圖 84 SW 颱風 D 斷面比較圖

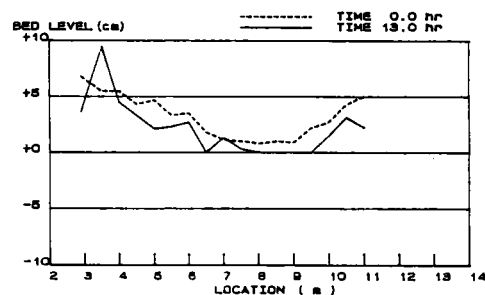
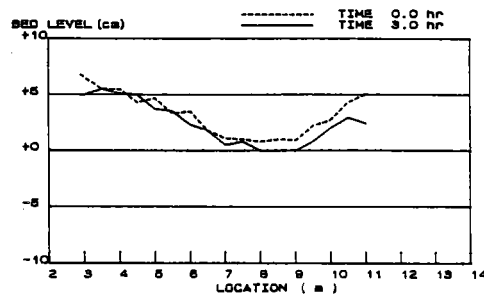
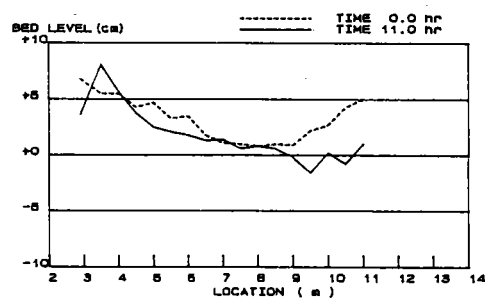
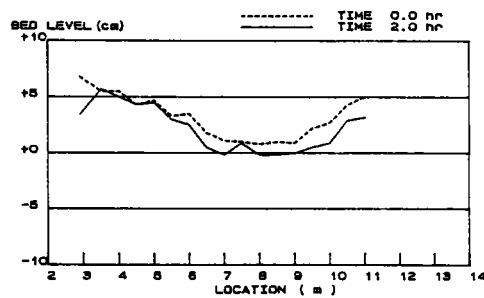
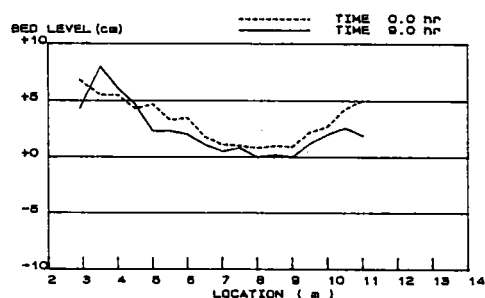
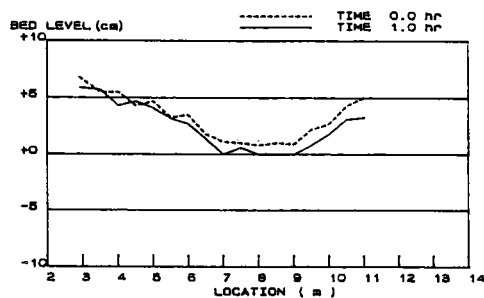
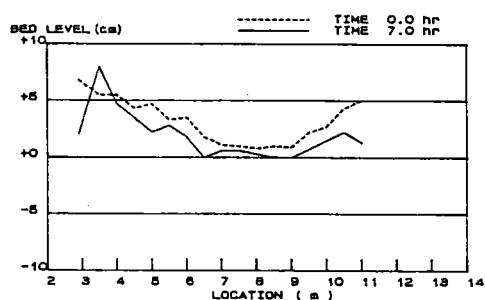
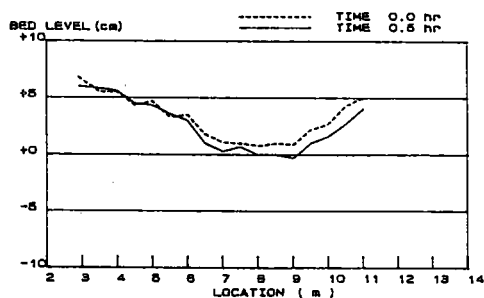
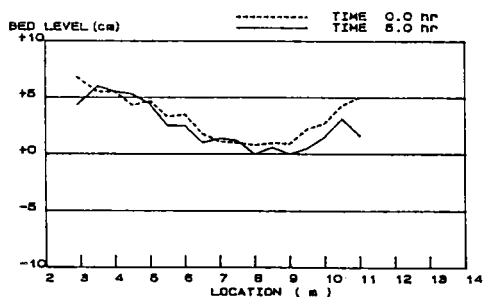
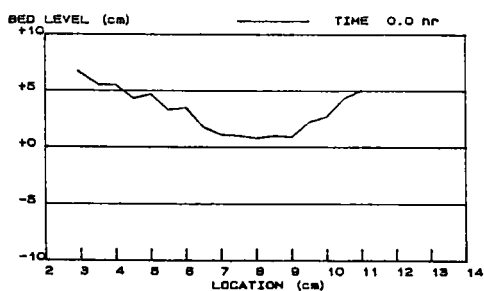


圖 85 SW 颱風 E 斷面比較圖

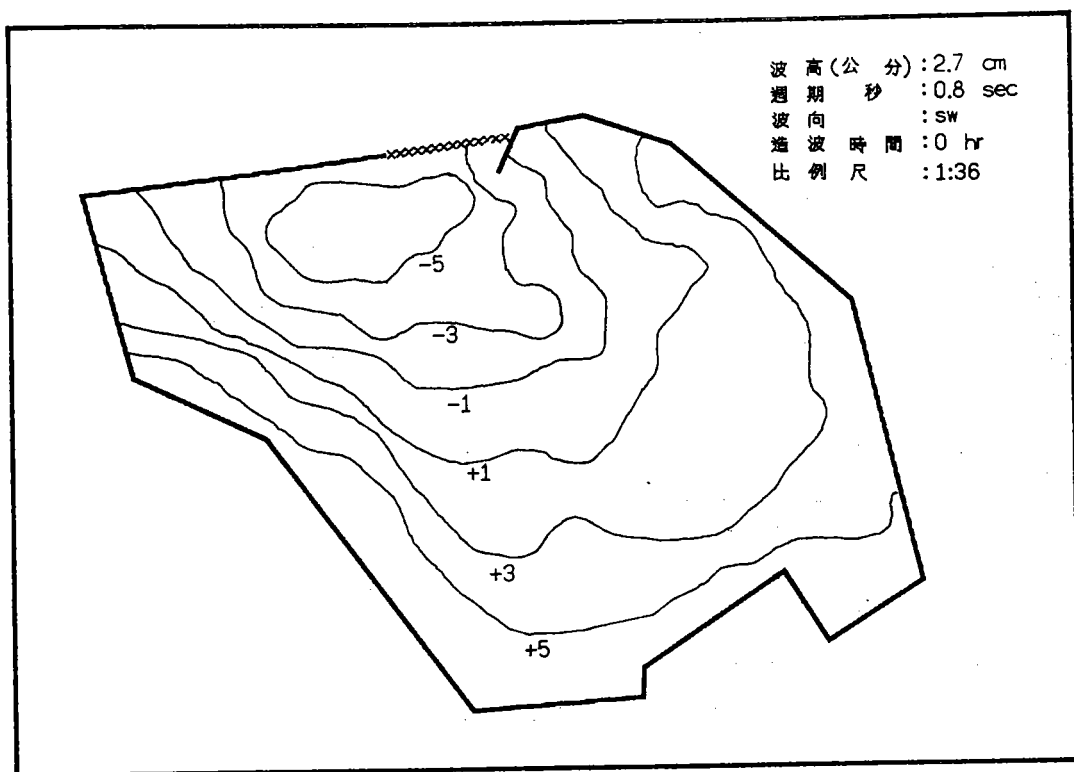


圖 86 等深線圖

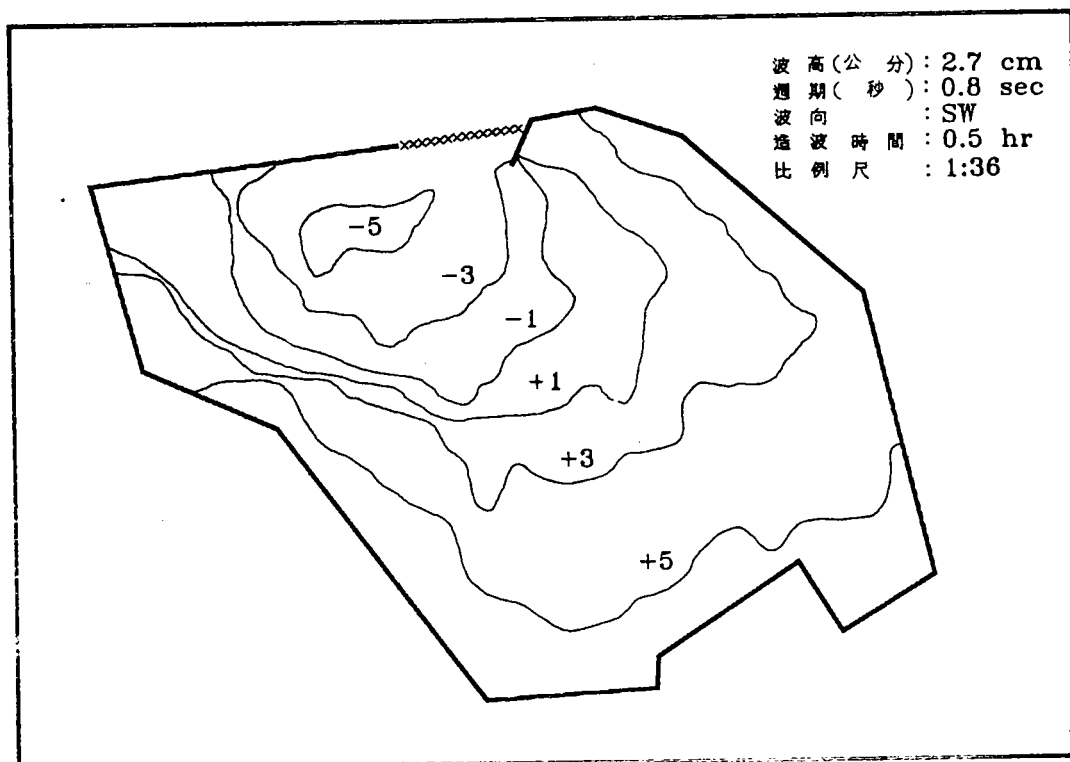


圖 87 等深線圖

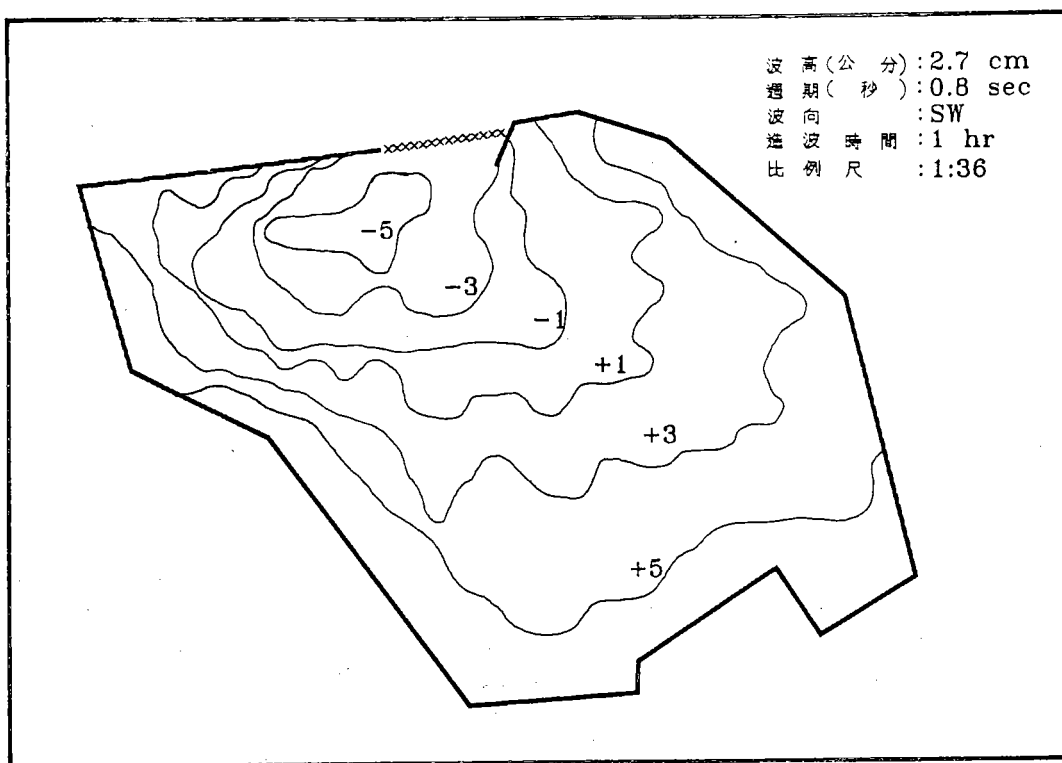


圖 88 等深線圖

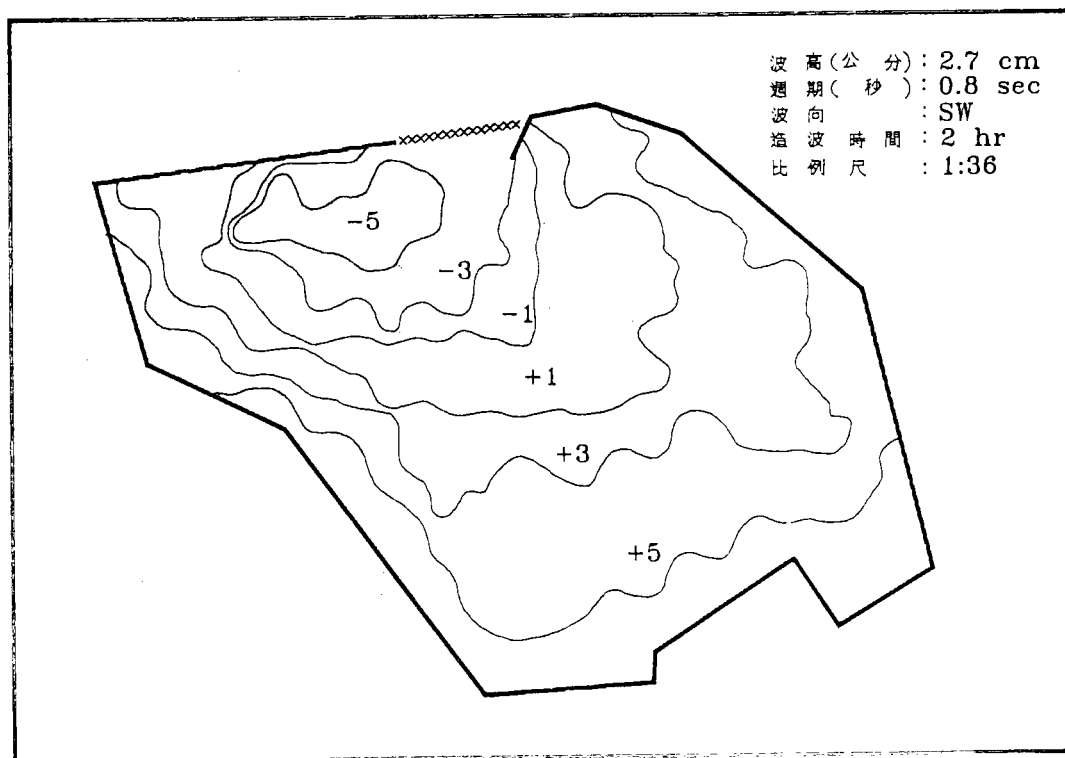


圖 89 等深線圖

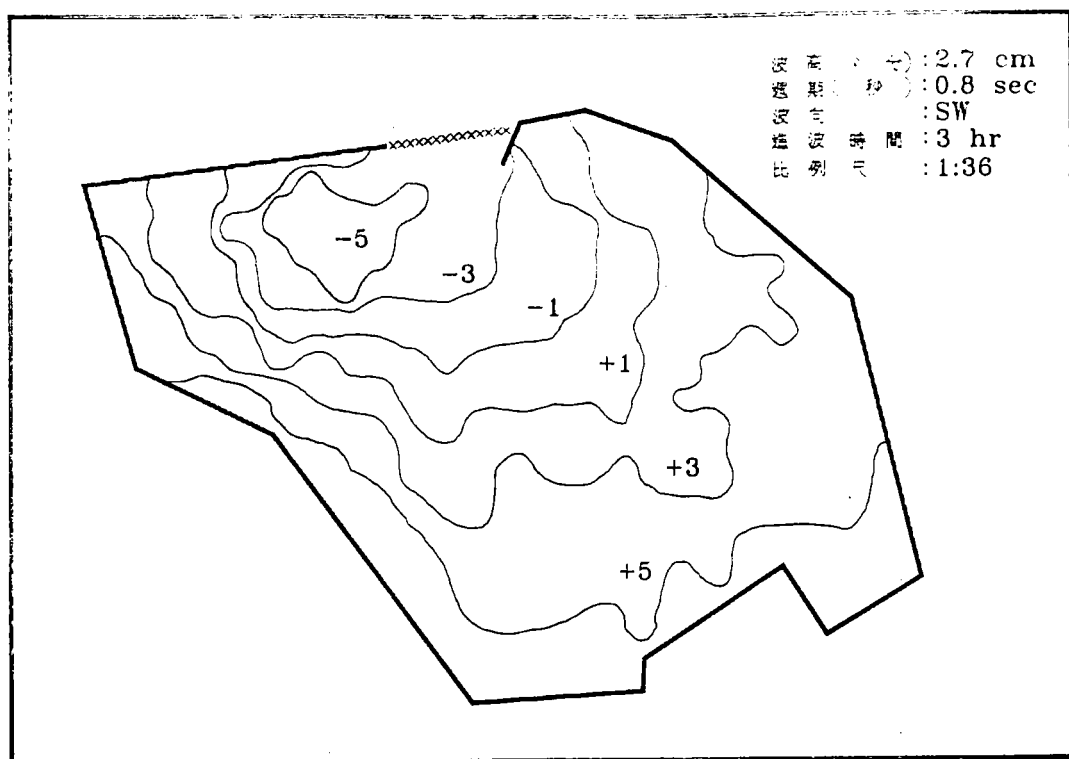


圖 90 等深線圖

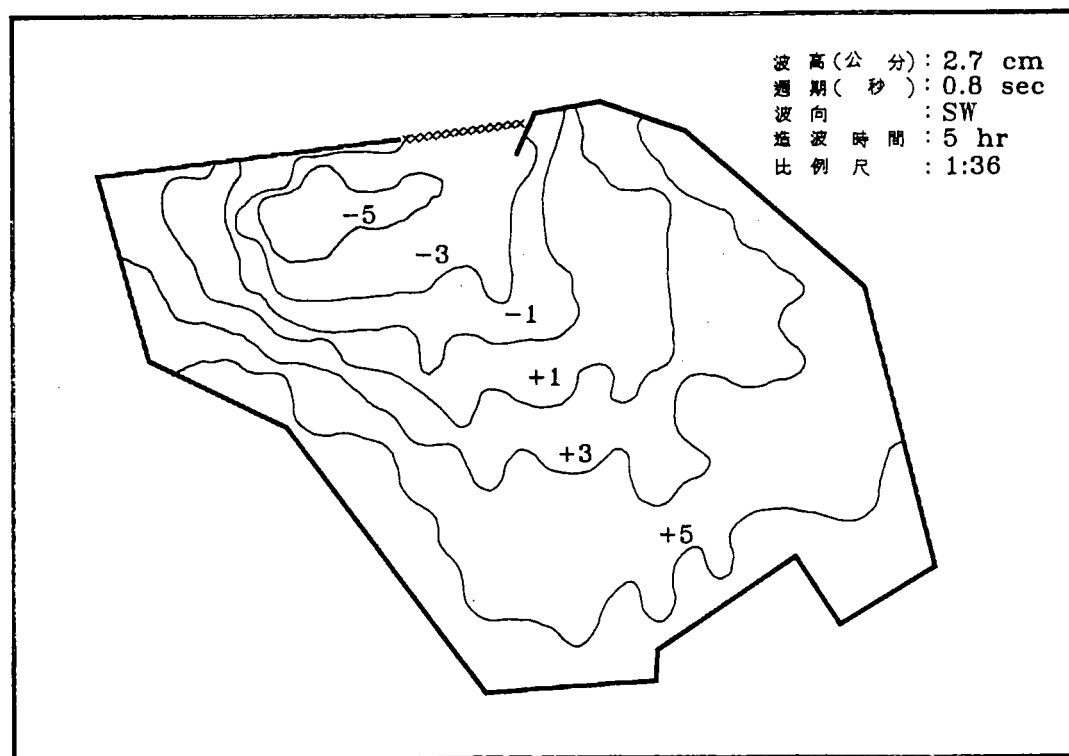


圖 91 等深線圖

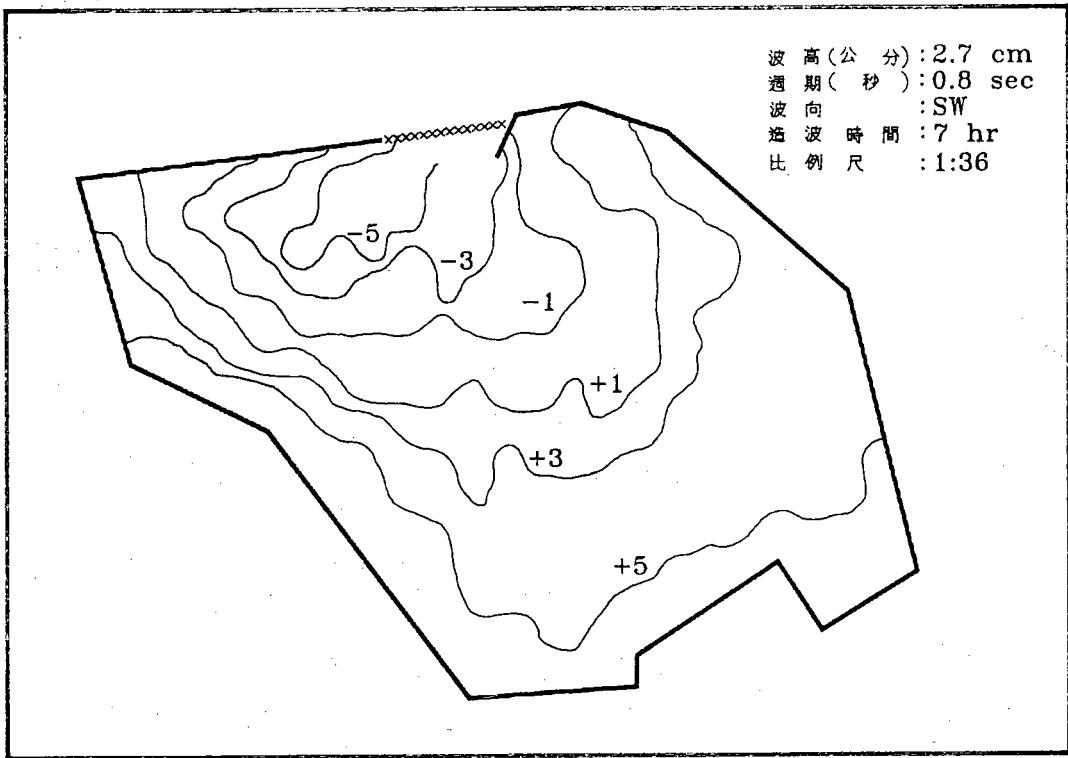


圖 92 等深線圖

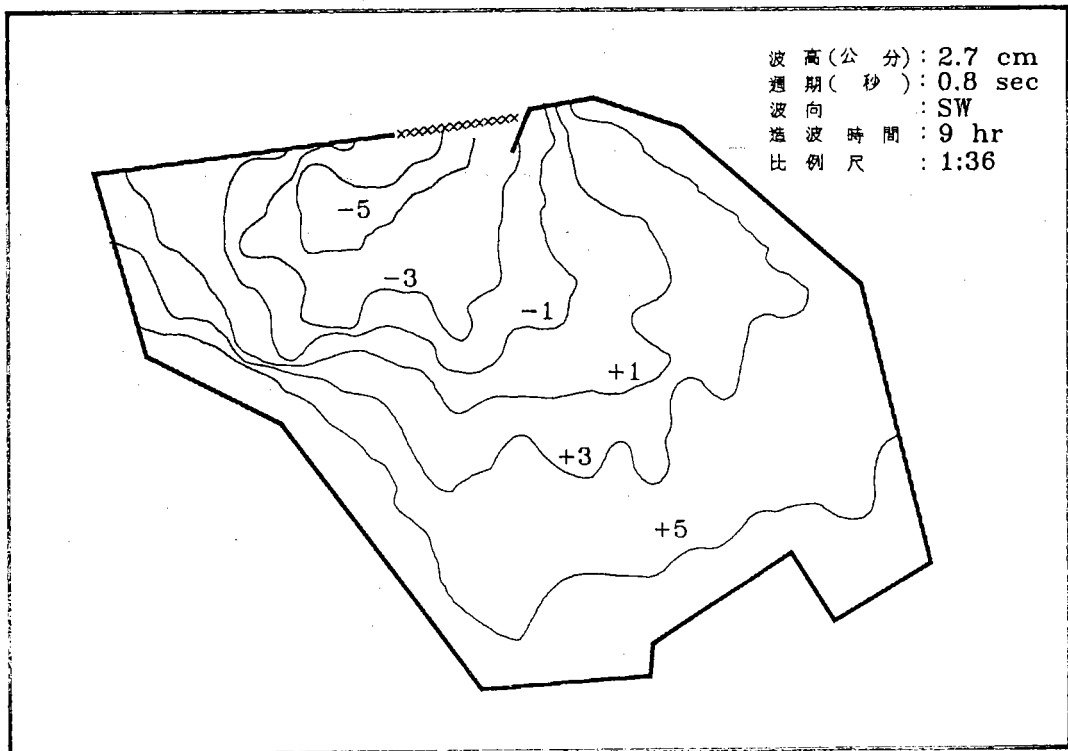


圖 93 等深線圖

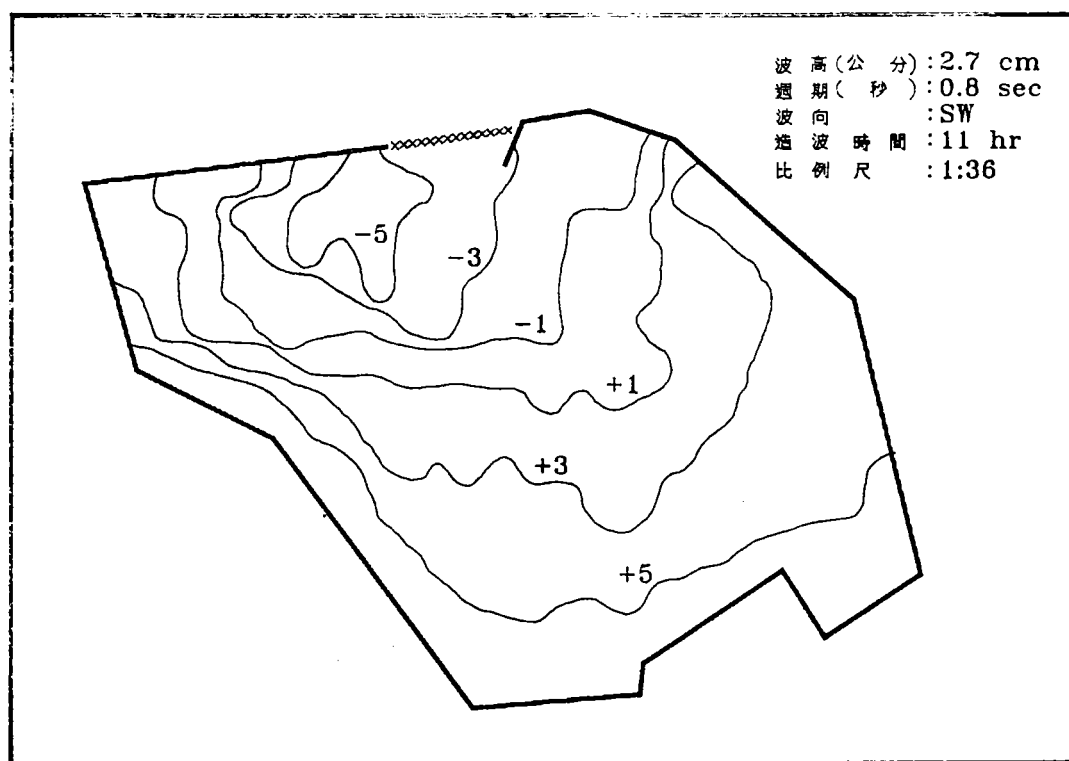


圖 94 等深線圖

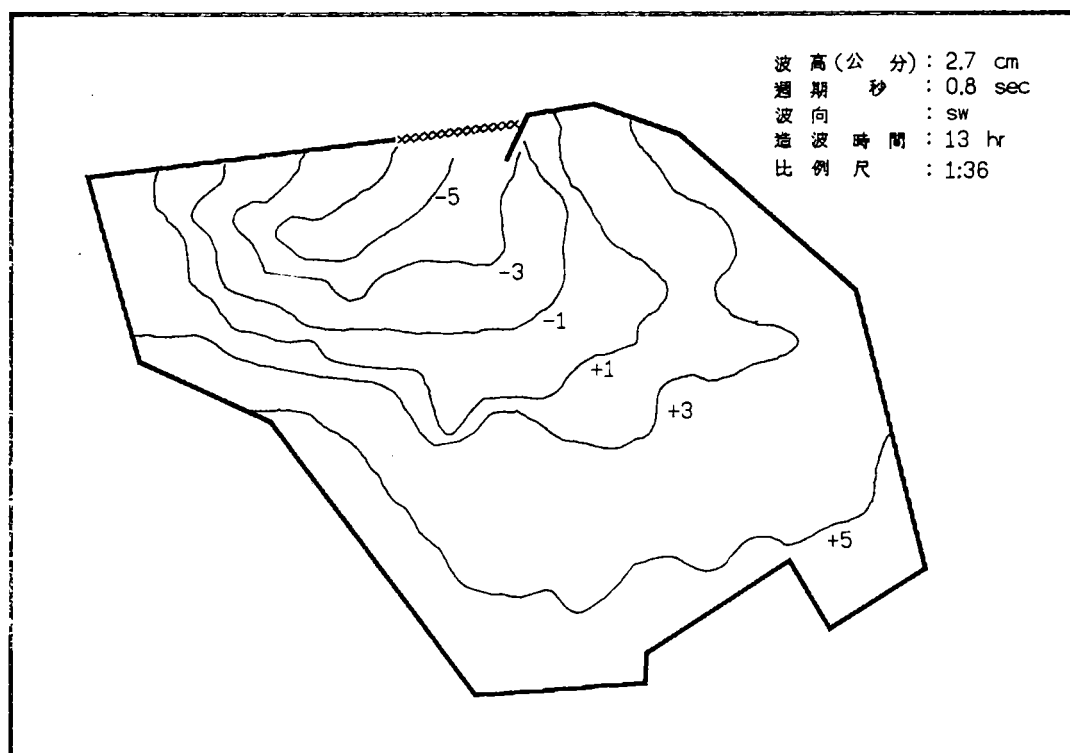


圖 95 等深線圖

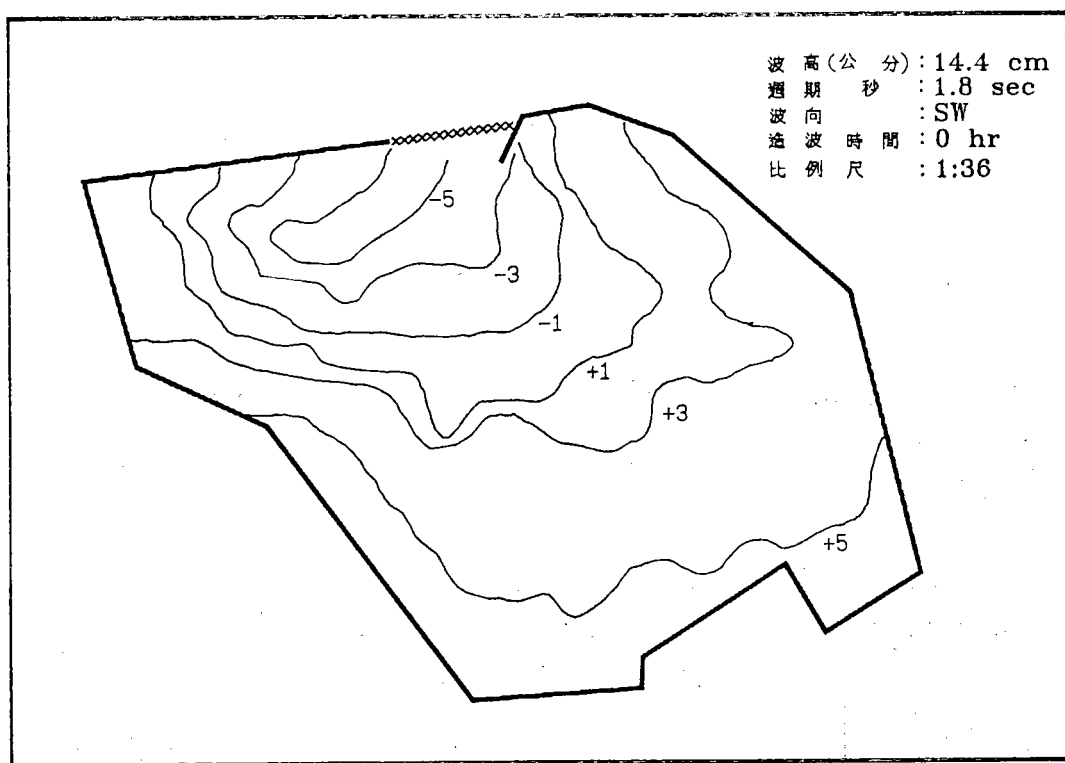


圖 96 等深線圖

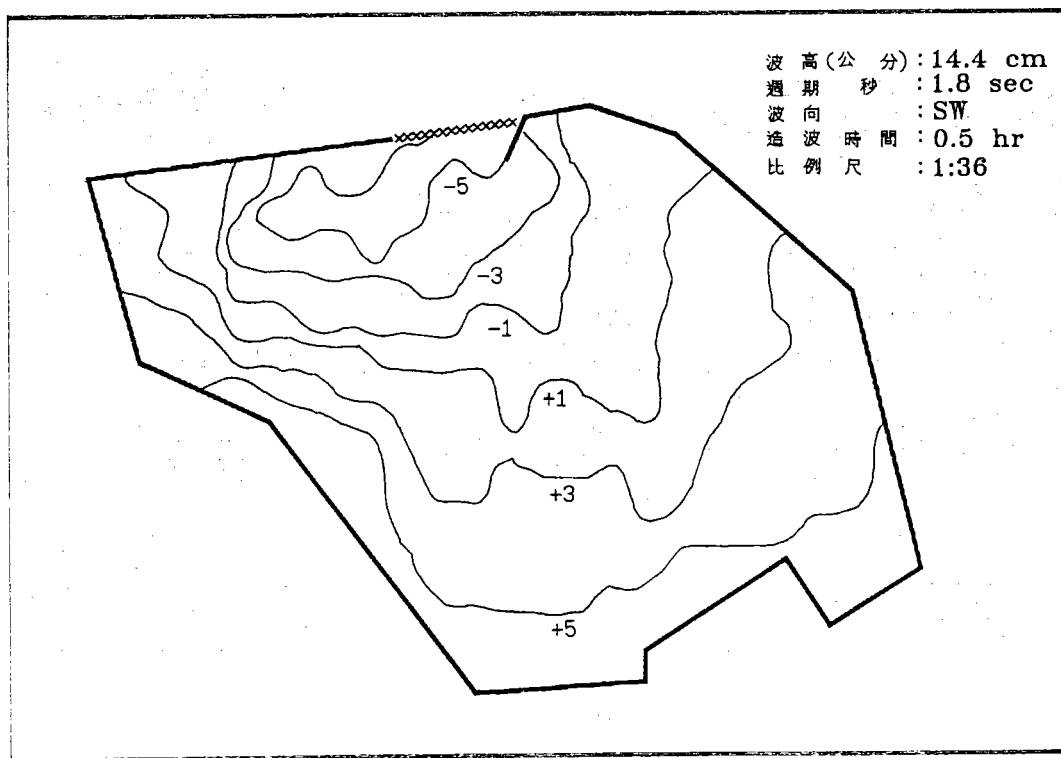


圖 97 等深線圖

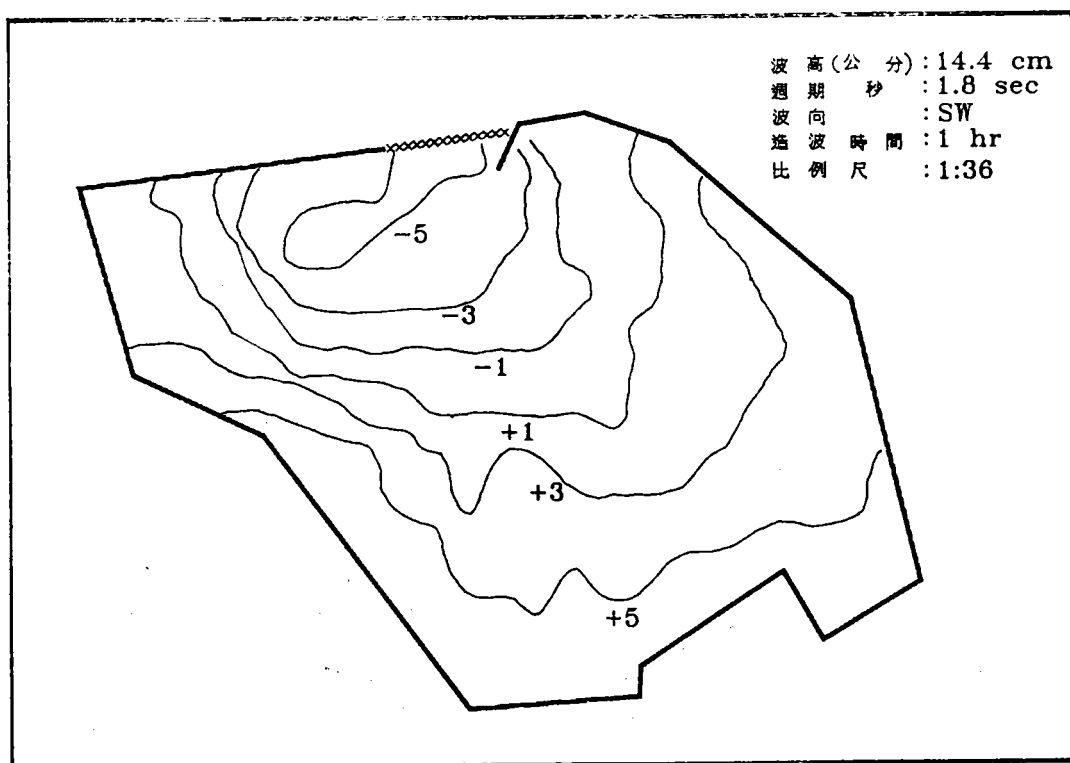


圖 98 等深線圖

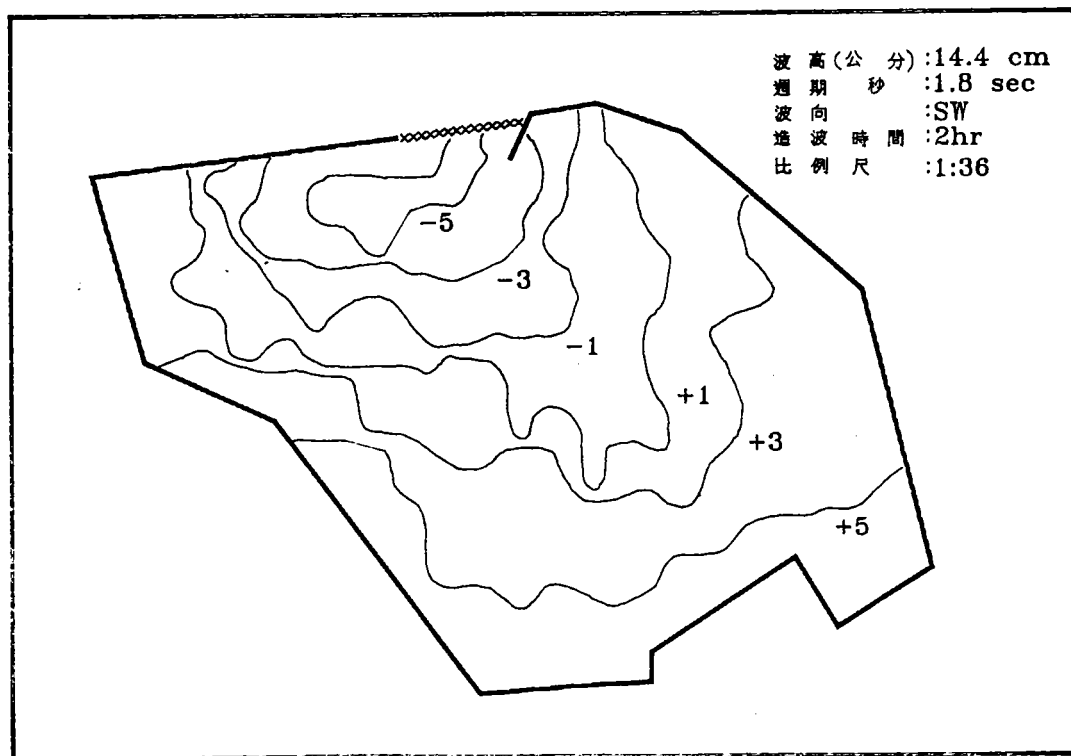


圖 99 等深線圖

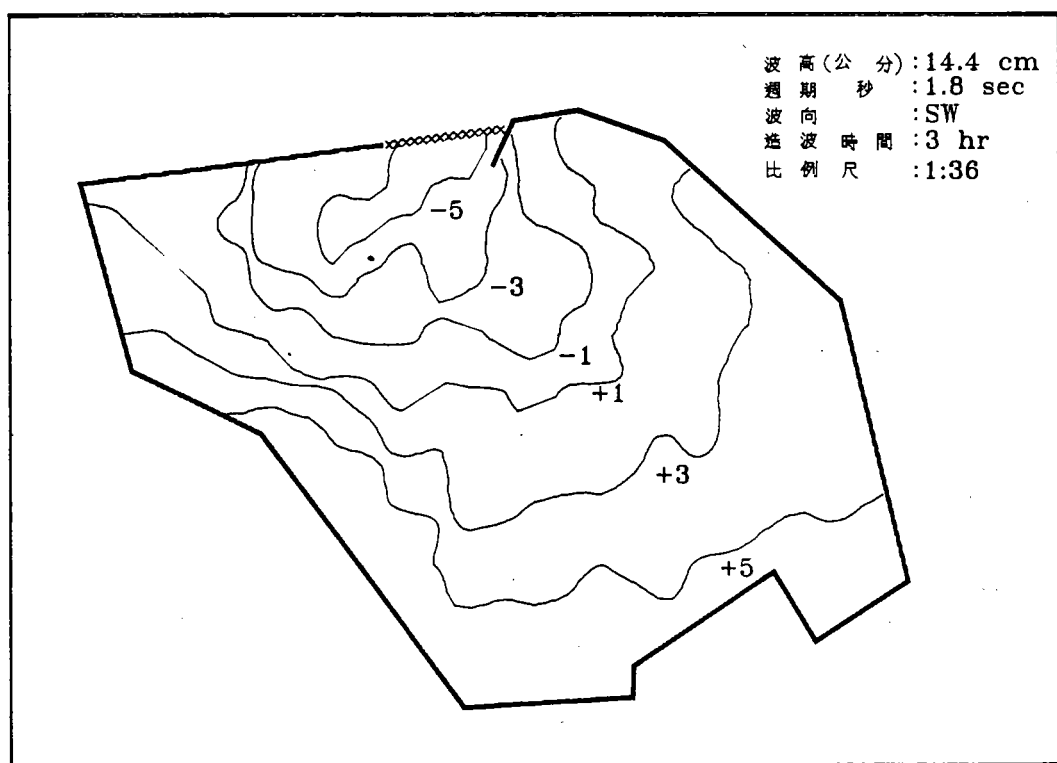


圖 100 等深線圖

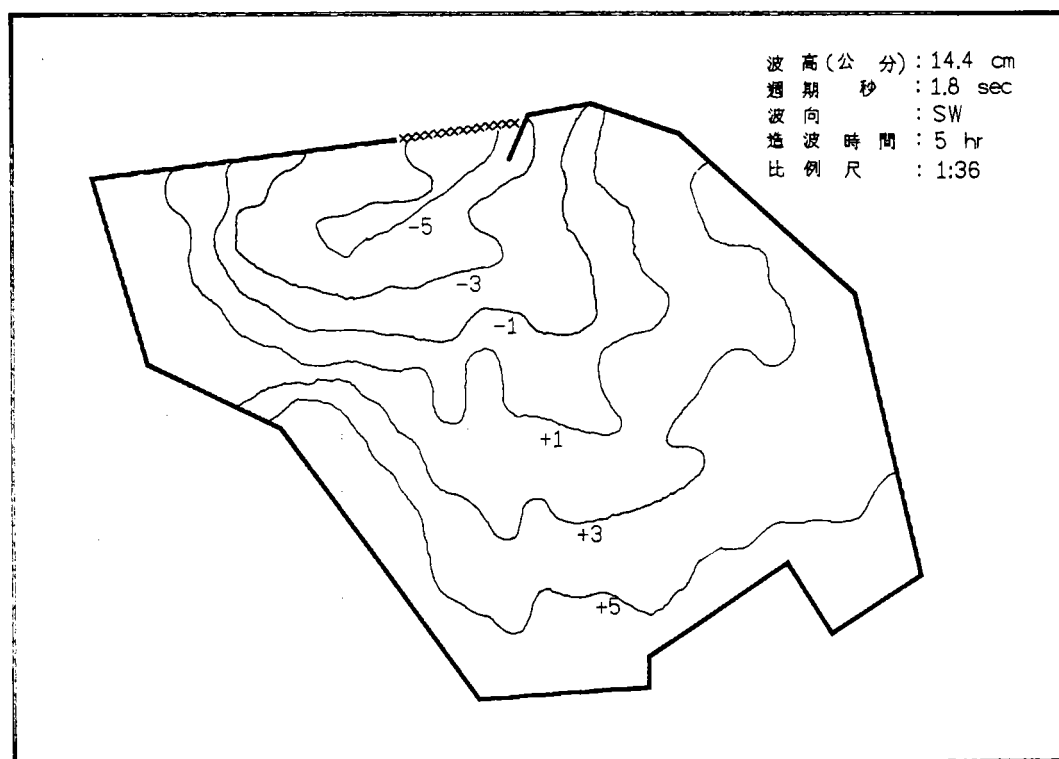


圖 101 等深線圖

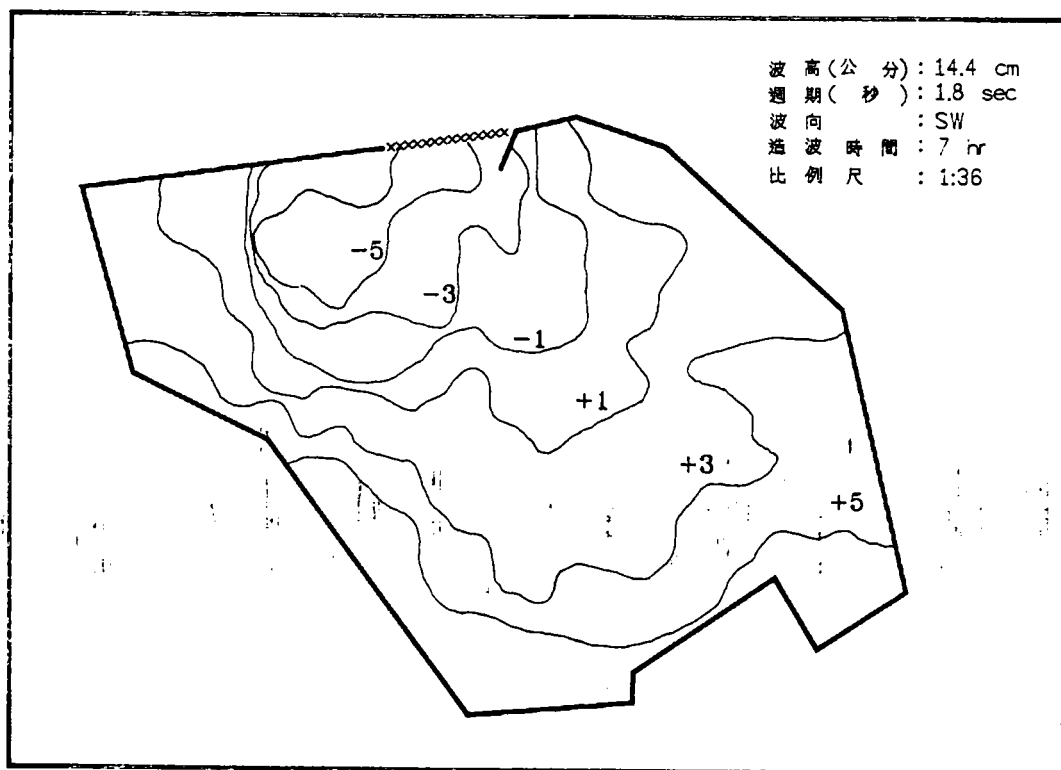


圖 102 等深線圖

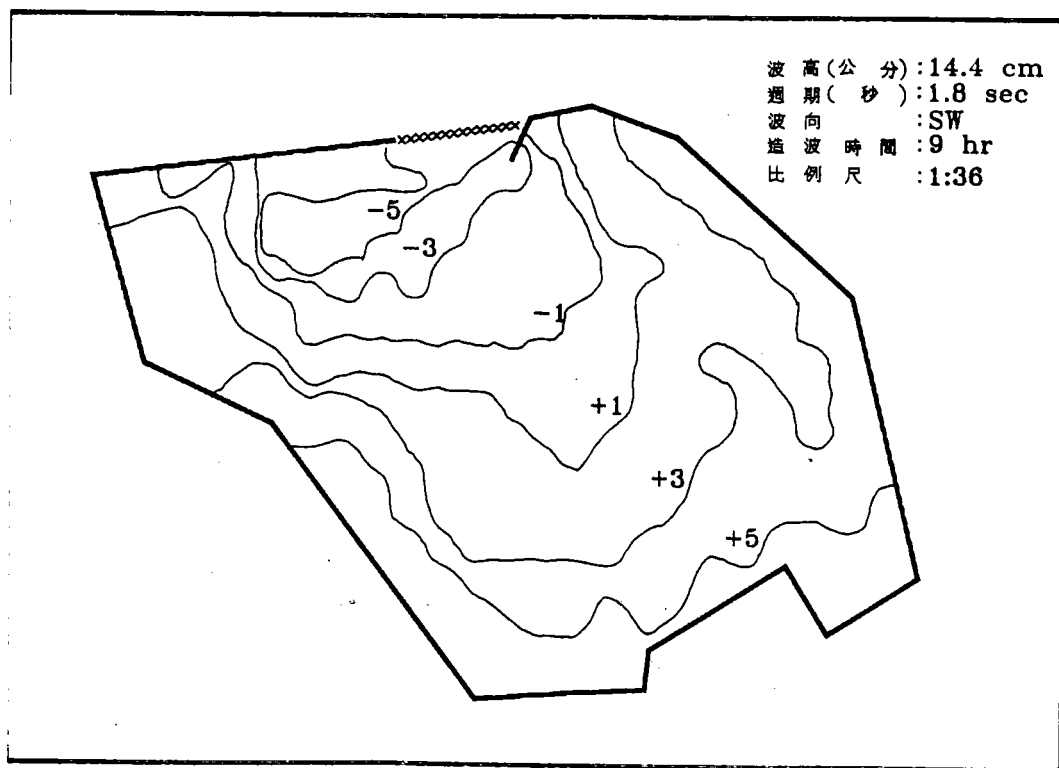


圖 103 等深線圖

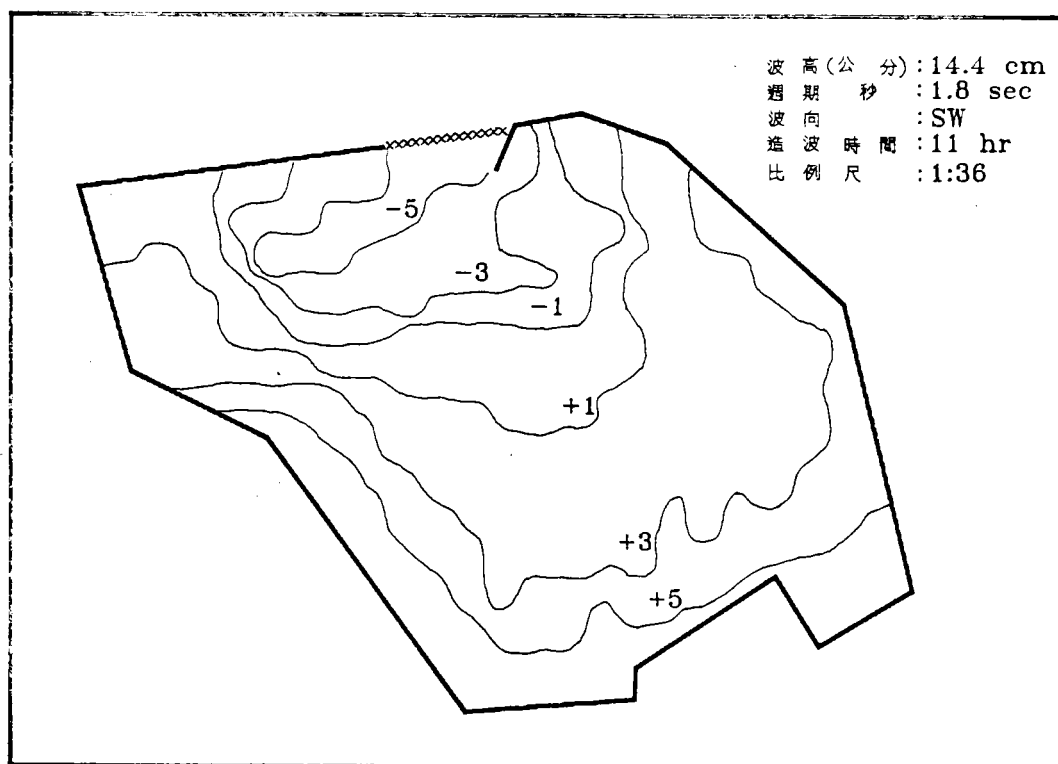


圖 104 等深線圖

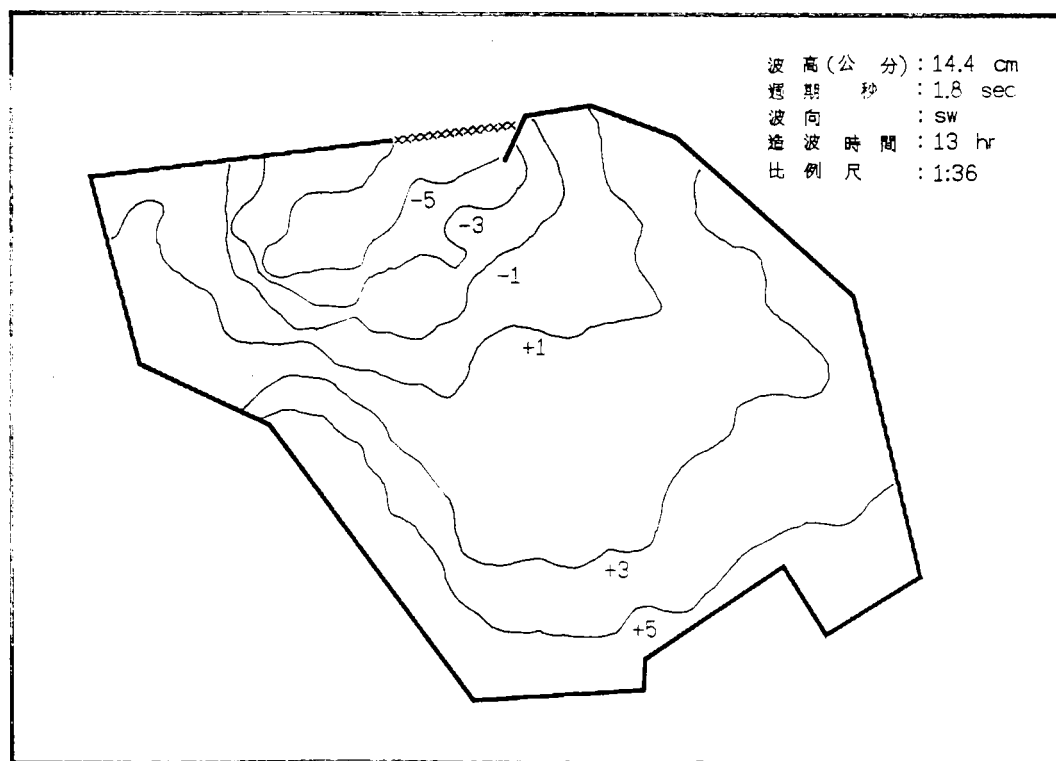


圖 105 等深線圖

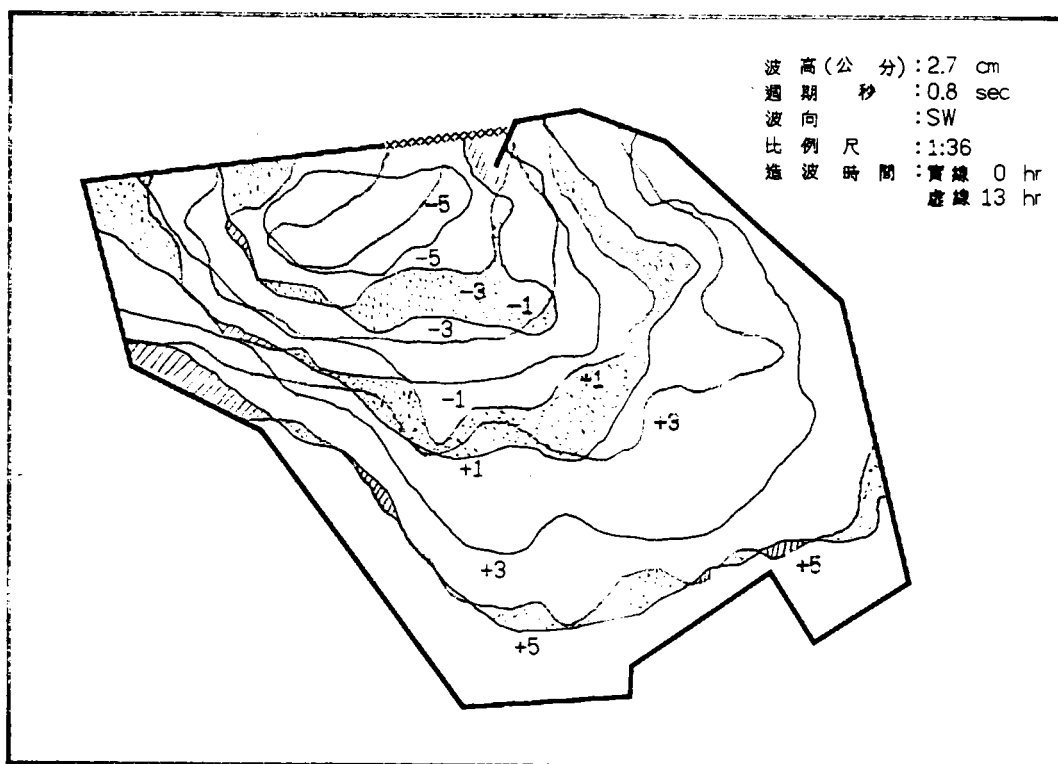


圖 106 SW 向季節風起始地形與終期地形比較圖

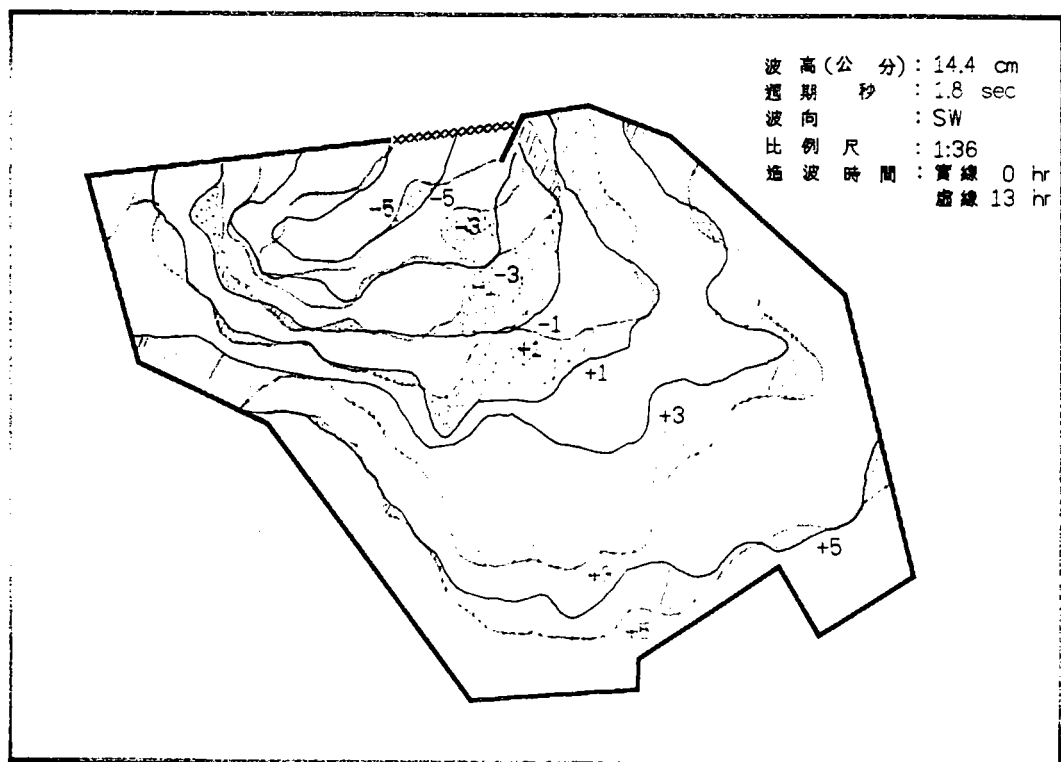


圖 107 SW 向颱風起始地形與終期地形比較圖



照片 5 SW 向季風之終期地形



照片 6 SW 向颱風之終期地形

B. SSW 向

(1) 流況追蹤

圖108與圖109為SSW向季節風和颱風時之流況分佈圖，此二圖之流況分佈與SW向時相類似，亦沒有環流出現。

(2) 斷面高程比較

圖110至圖114為 SSW向季節風時各時段各斷面高程與起始高程之比較圖，由斷面 A得知在入口處有輕微淤深的現象，而斷面B反而輕微之累積出現，斷面C保持斷面相近，斷面D略有淤深，斷面E在入口處附近有堆積，由各斷面之淤深與堆積情況來判斷，得知在SSW向季節風之作用下，漂沙似乎有向岸側移動和向北堤內側移動的趨勢，此種情況與流況分佈狀況相似。

圖115至圖119為 SSW向颱風時各時段各斷面高程與起始高程之比較圖，由各斷面圖可得知皆有少量淤深之現象發生，亦就是SSW向時颱風波浪加上暴潮位的突降造成全面的沙源向外側移動。

(3) 底床高程平面比較圖

圖138及圖139分別為 SSW向季節風和颱風時整個平面等深圖之比較圖，由138圖中可得知沙源有向岸側移動的現象，圖139中獲知造波結束後沙源形成向海側移動的現象。

綜合以上之分析得知，改善佈置在季節風時沙源會緩慢的往岸側移動，但是颱風又加上暴潮突降的條件後，就形成淤深沙源向外側移動的現象，亦就是改善佈置對於防制颱風條件時尚無法完全達成防止沙源外移的目的。由實

驗中可明顯發現，在颱風條件時整個實驗水池形成濁度較大現象，亦發生較高的波能引起底床質的懸浮，而受退潮帶出，沙源流出後沉積於南堤外側形成沙連的形狀，如照片4所示。

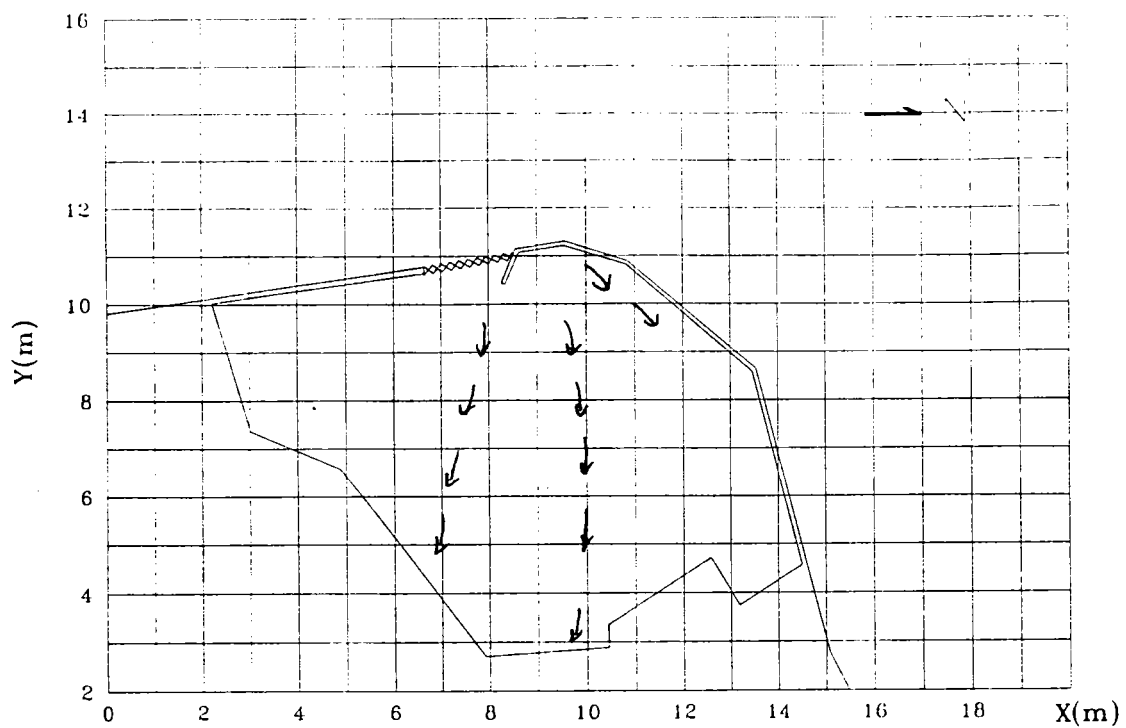


圖 108 SSW 向季節風時造波終期之流況圖

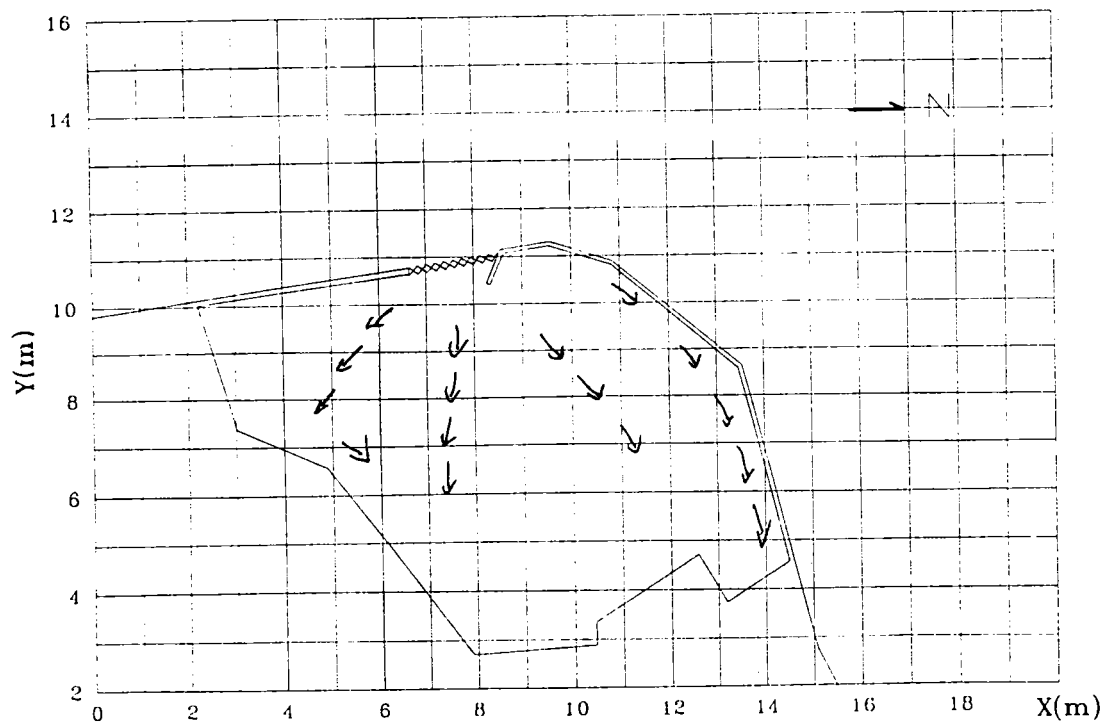


圖 109 SSW 向颱風時造波終期之流況圖

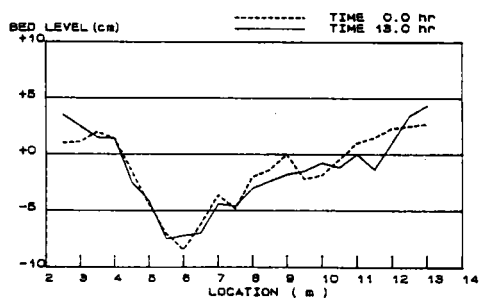
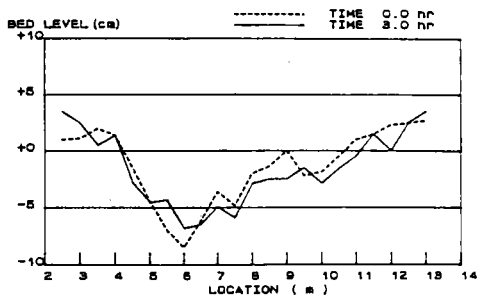
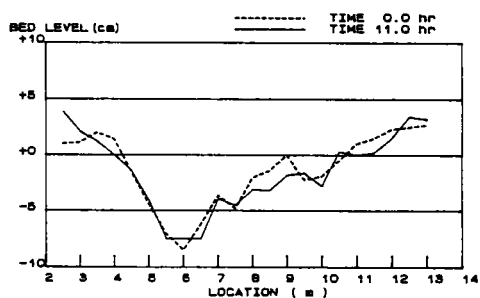
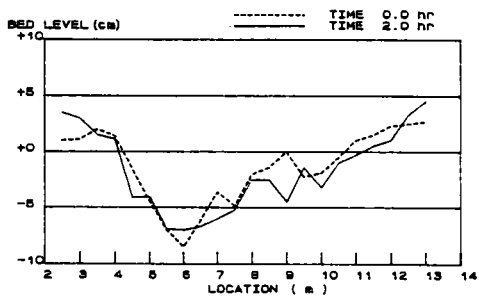
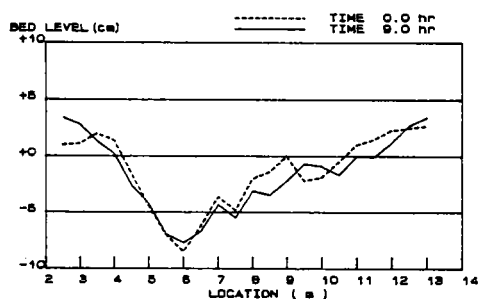
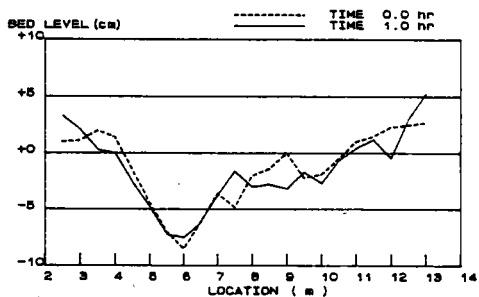
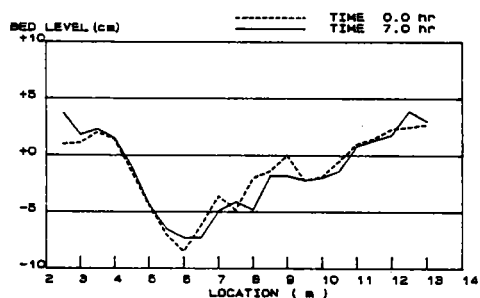
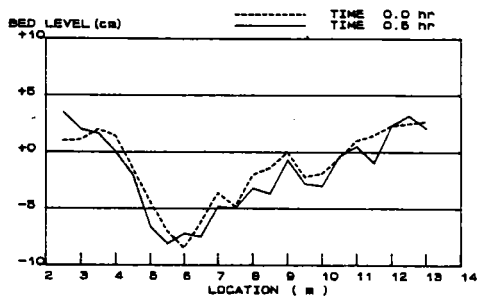
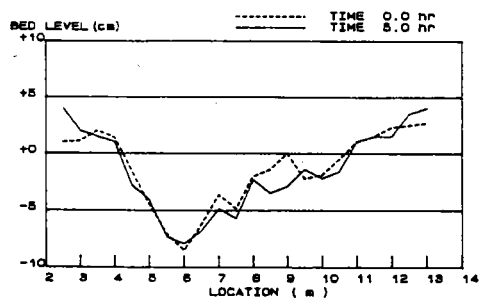
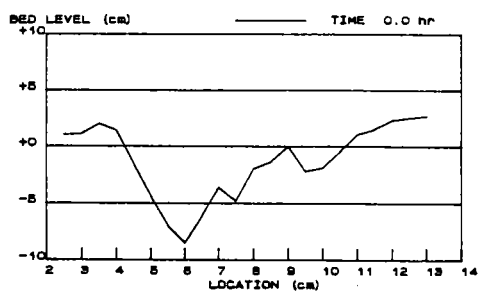


圖 110 SSW 季節風 A 斷面比較圖

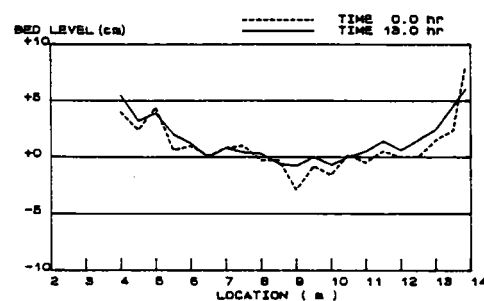
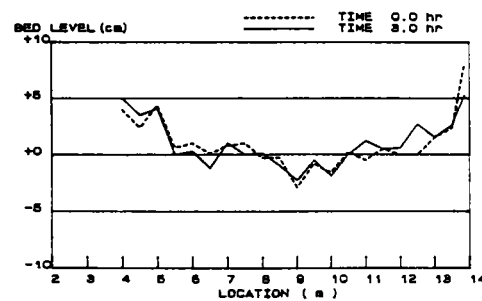
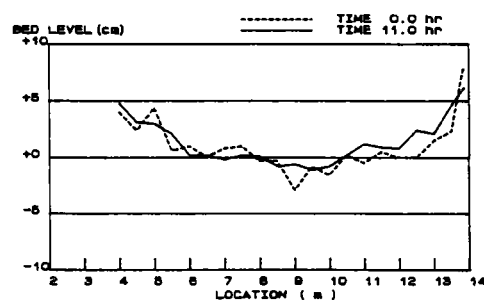
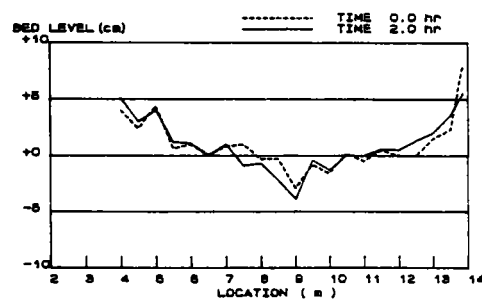
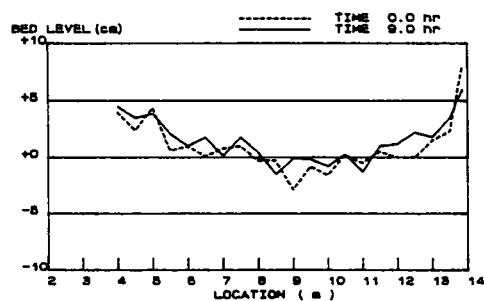
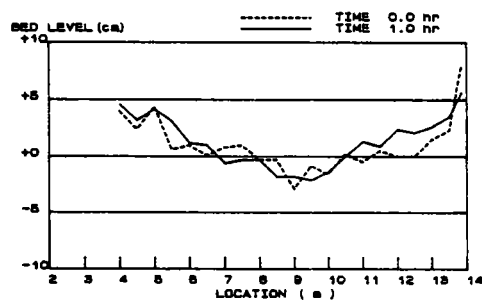
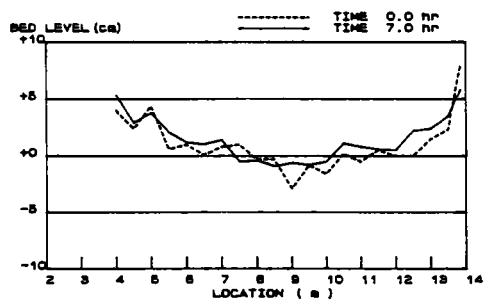
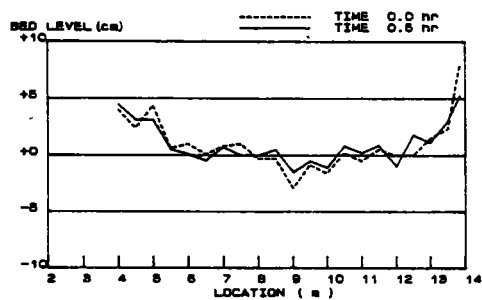
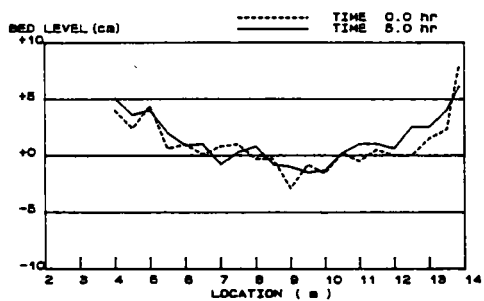
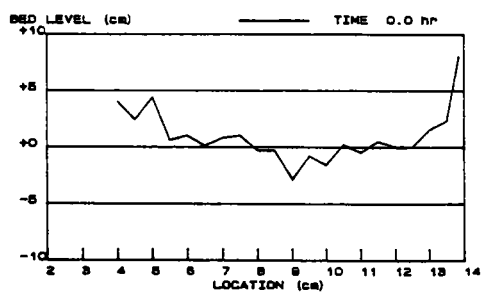


圖 111 SSW 季節風 B 斷面比較圖

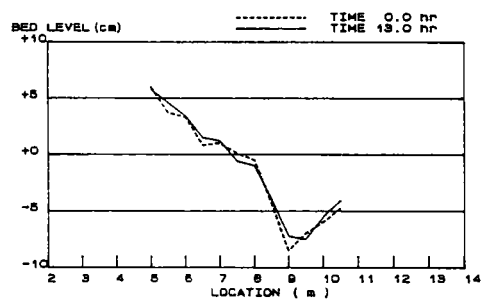
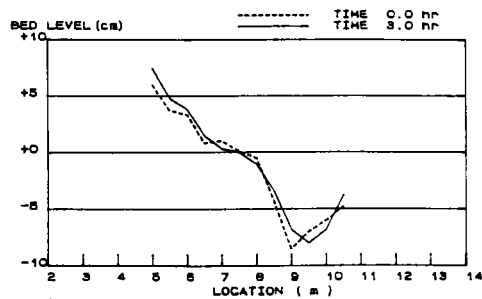
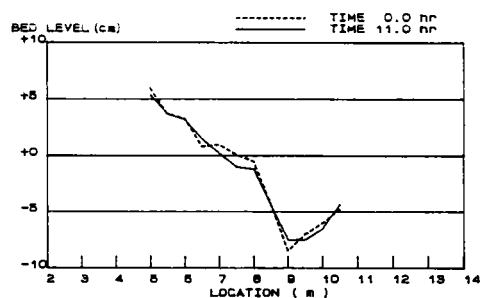
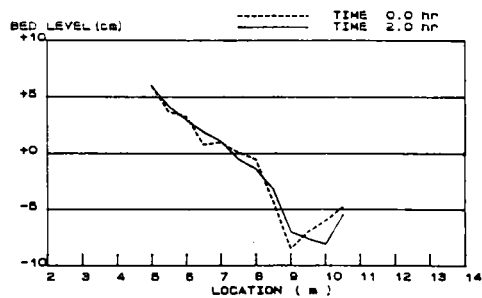
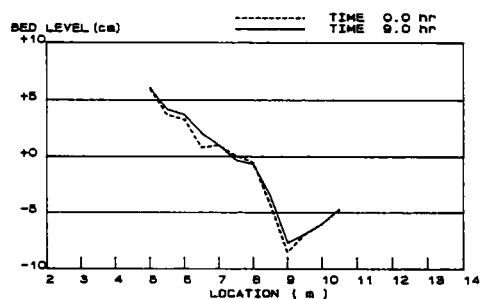
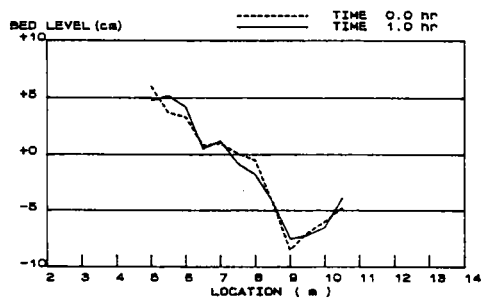
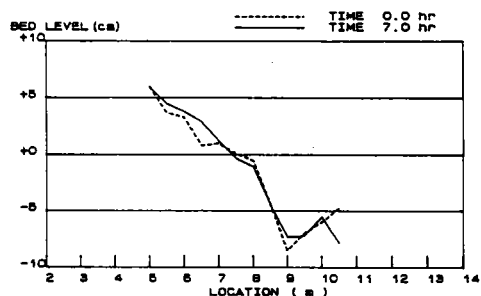
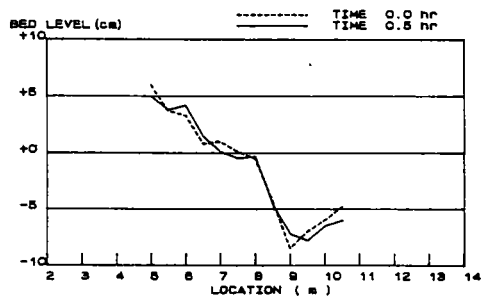
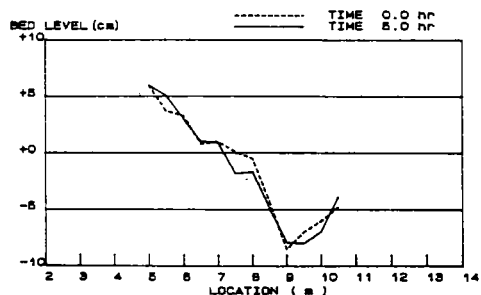
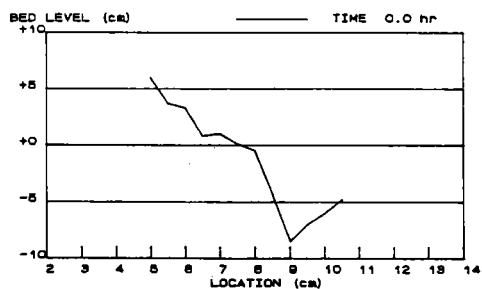


圖 112 SSW 季節風 C 斷面比較圖

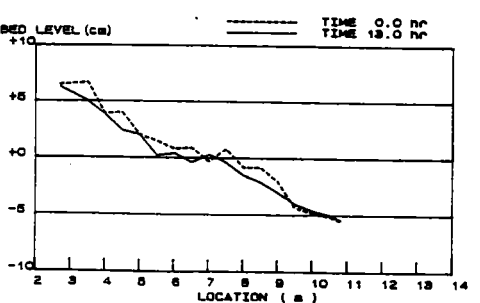
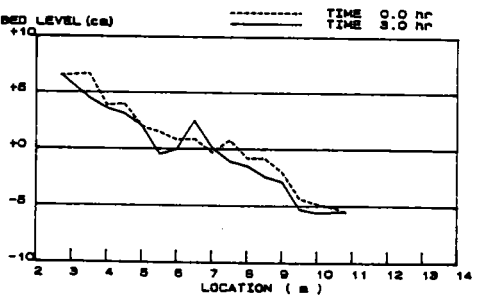
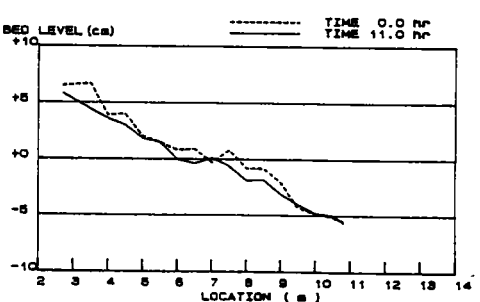
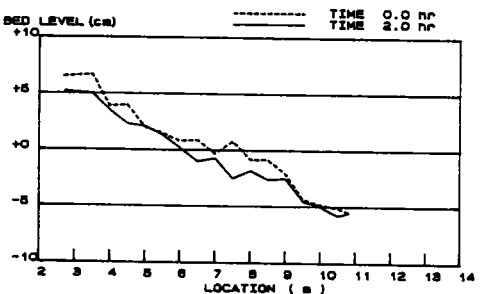
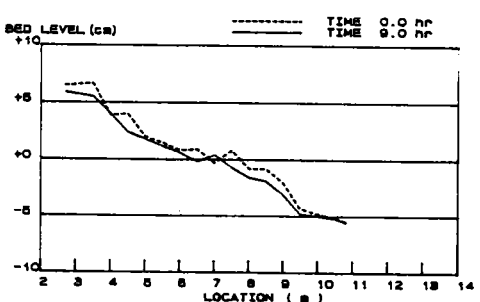
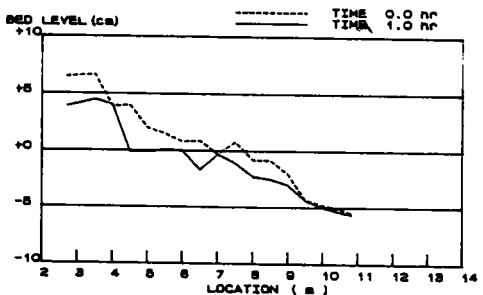
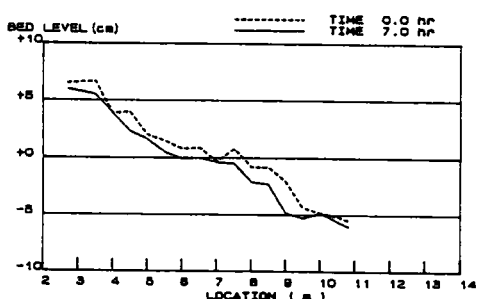
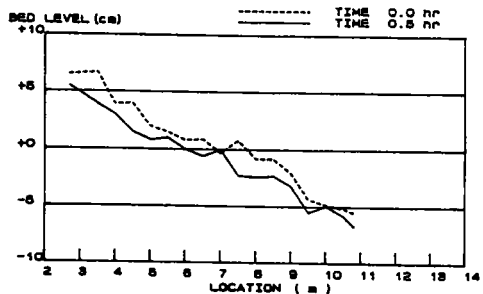
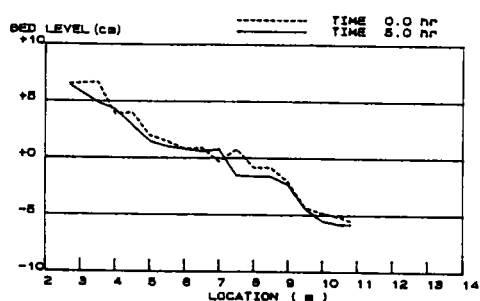
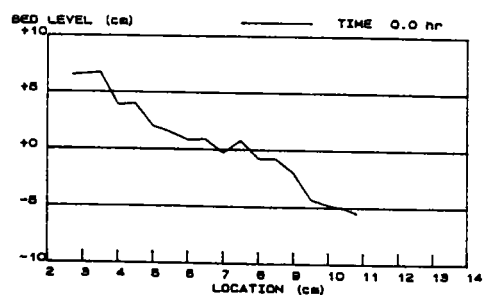


圖 113 SSW 季節風 D 斷面比較圖

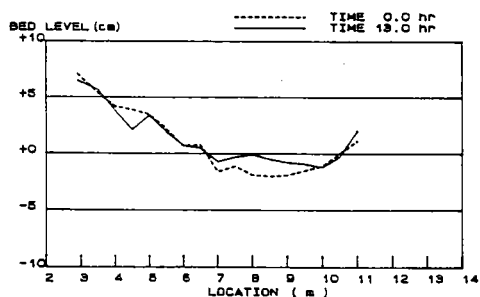
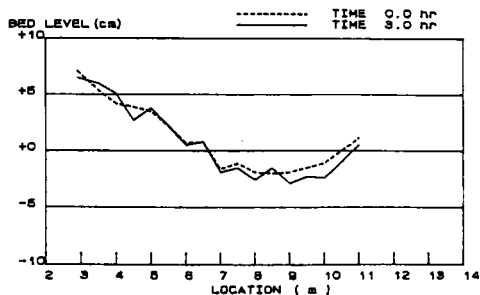
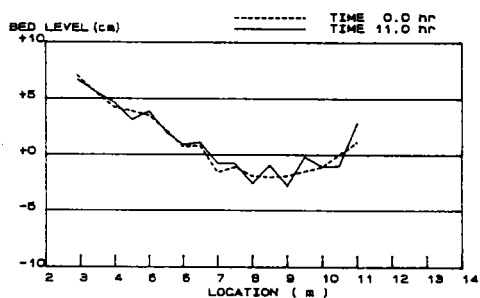
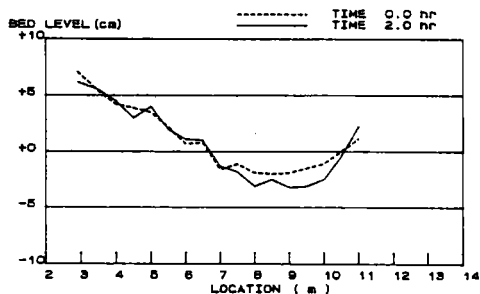
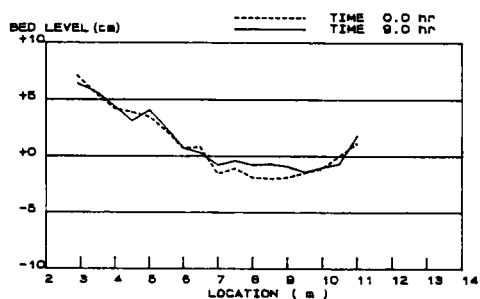
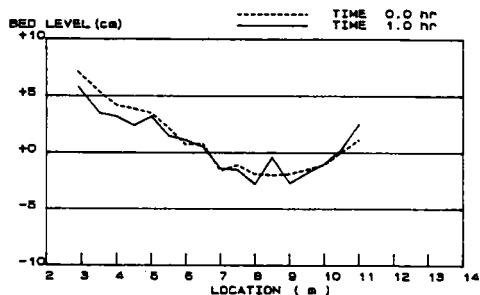
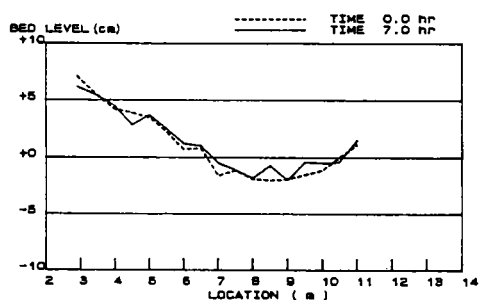
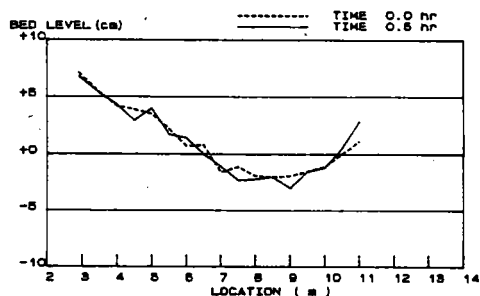
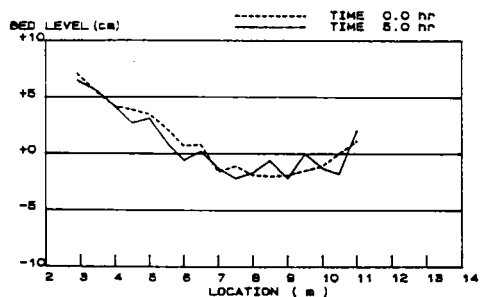
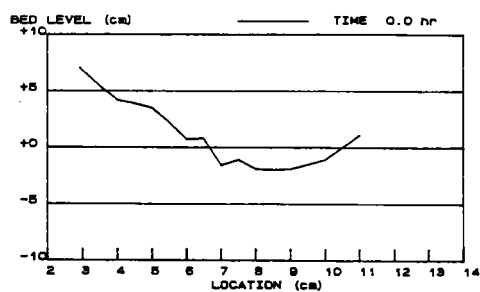


圖 114 SSW 季節風 E 斷面比較圖

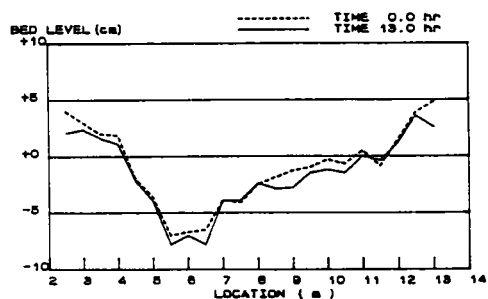
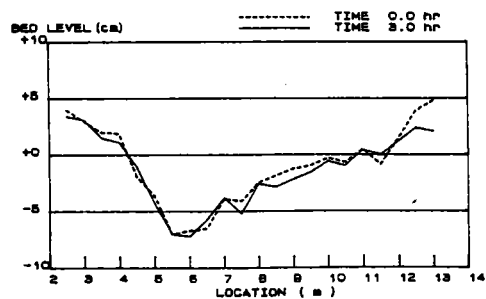
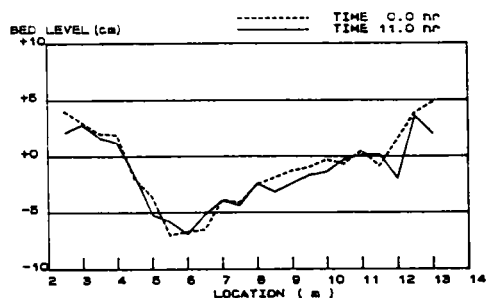
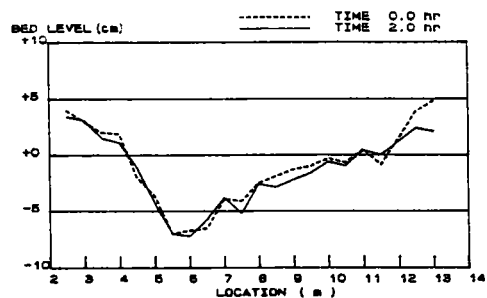
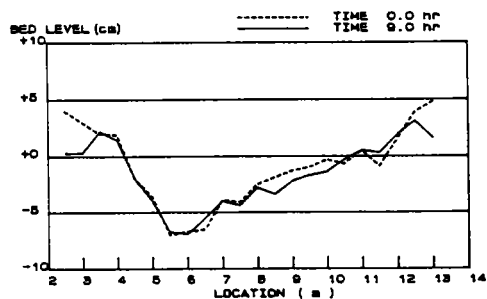
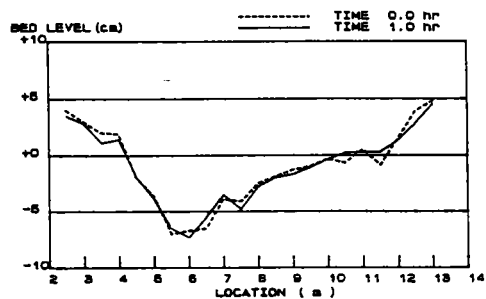
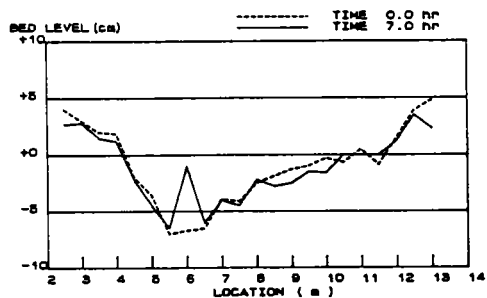
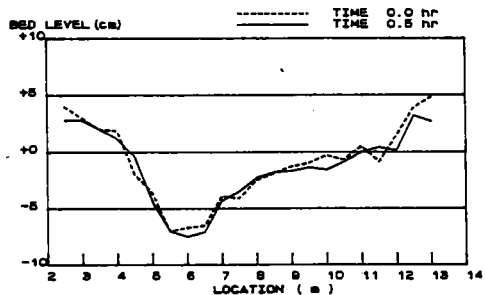
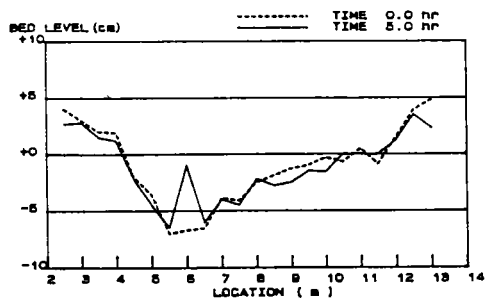
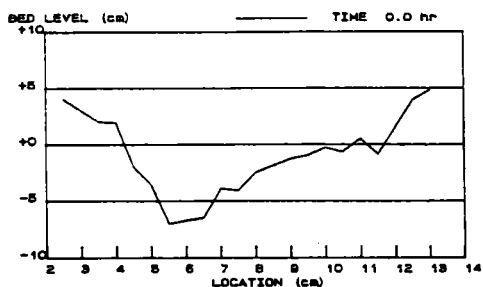


圖 115 SSW 颱風 A 斷面比較圖

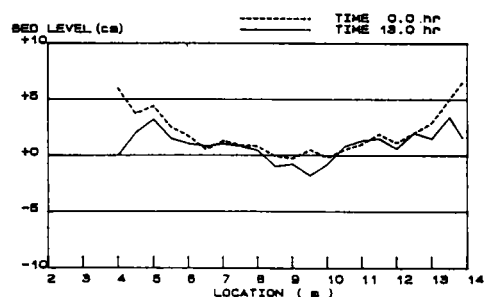
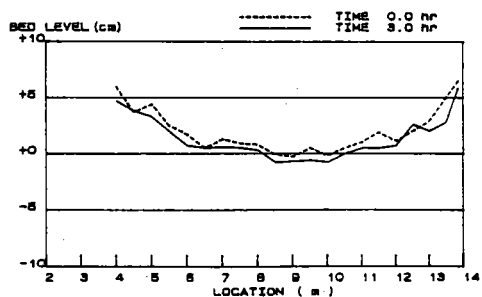
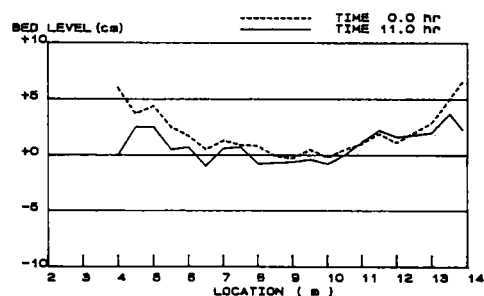
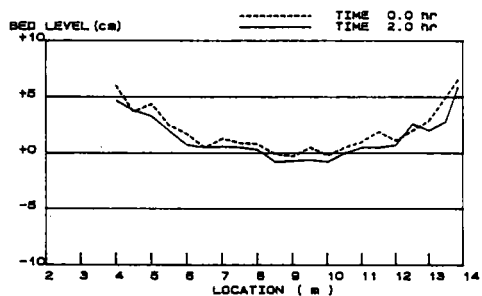
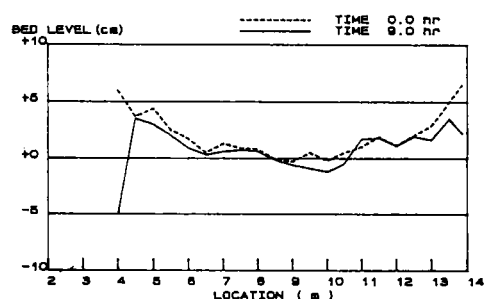
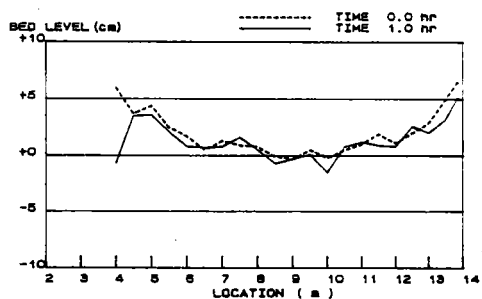
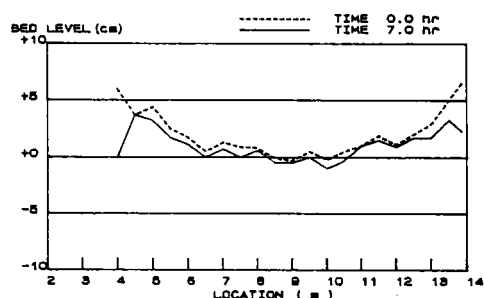
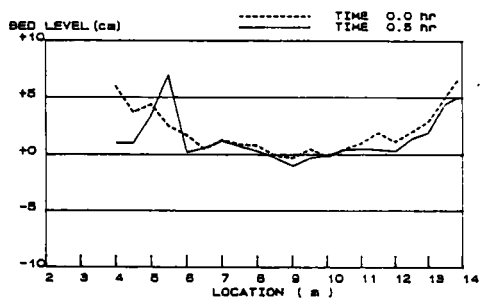
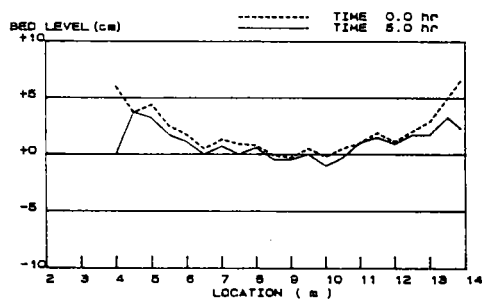
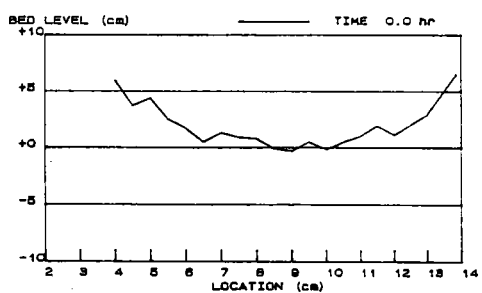


圖 116 SSW 颱風 B 斷面比較圖

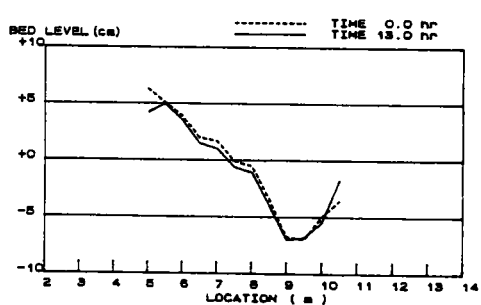
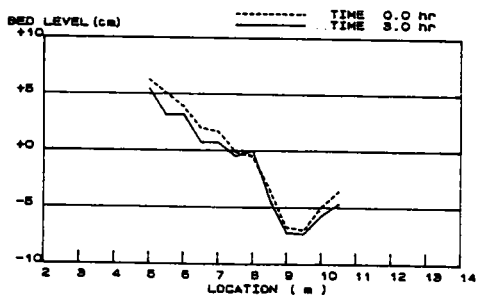
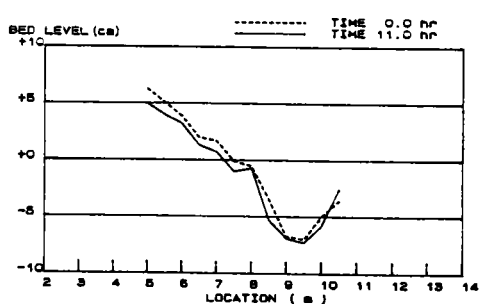
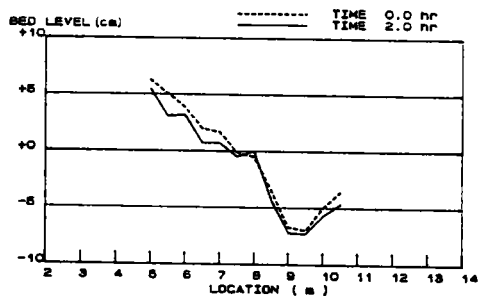
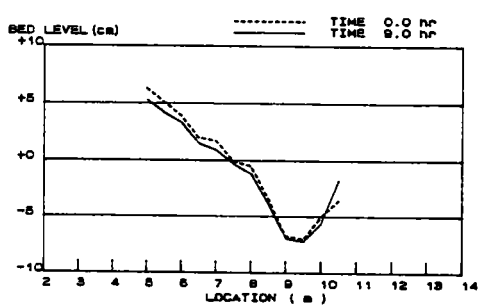
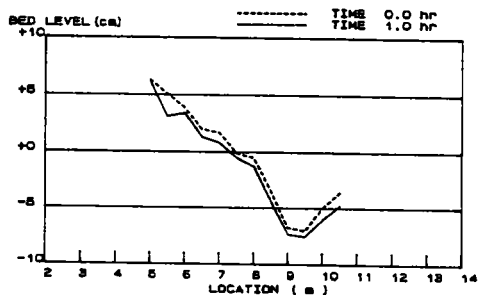
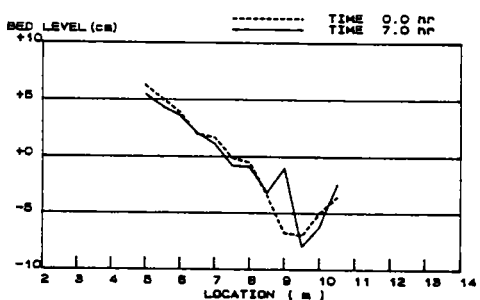
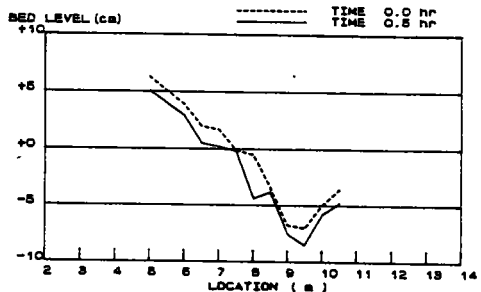
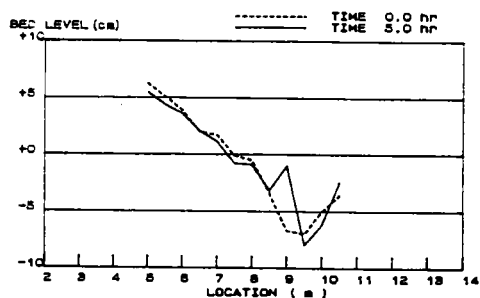
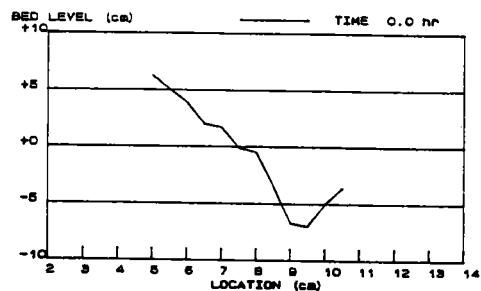


圖 117 SSW 颱風 C 斷面比較圖

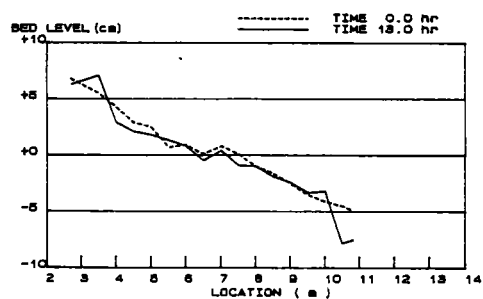
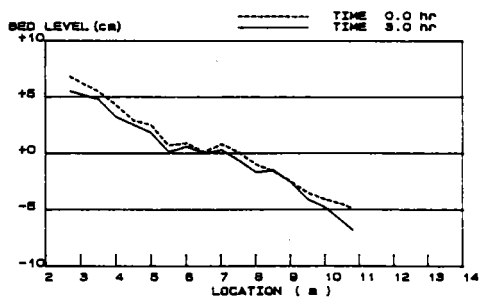
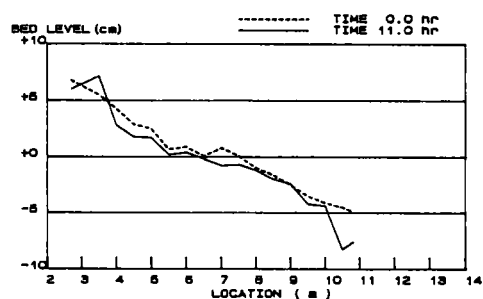
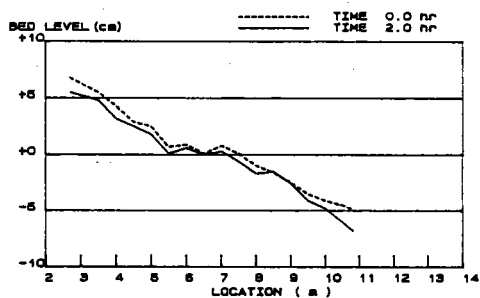
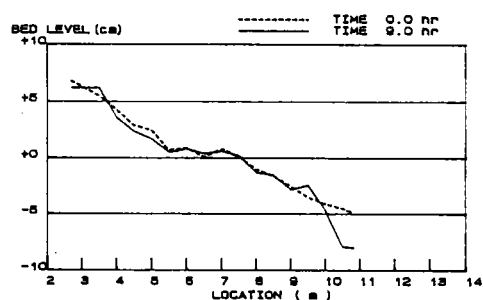
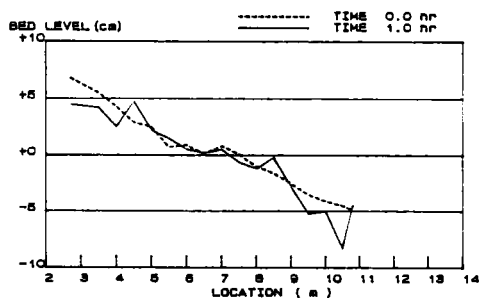
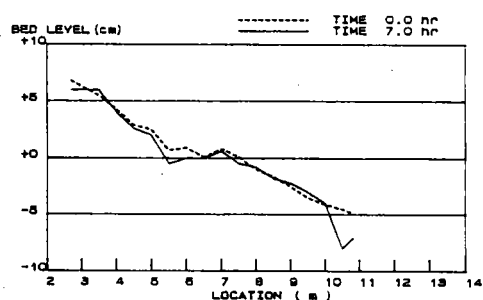
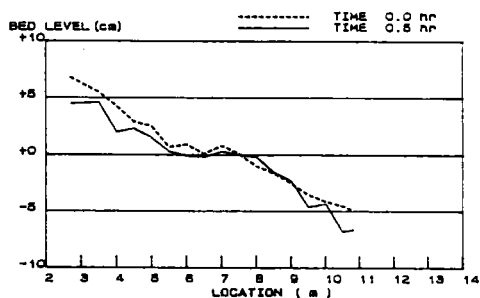
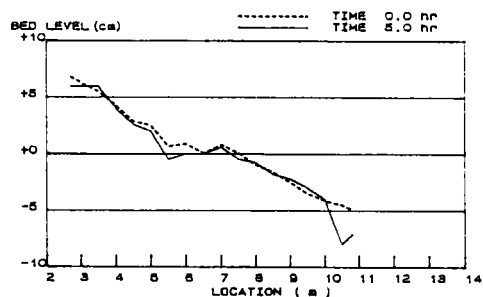
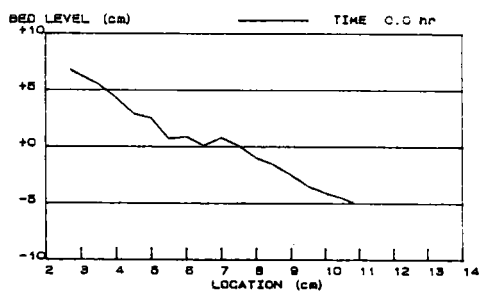


圖 118 SSW 颱風 D 斷面比較圖

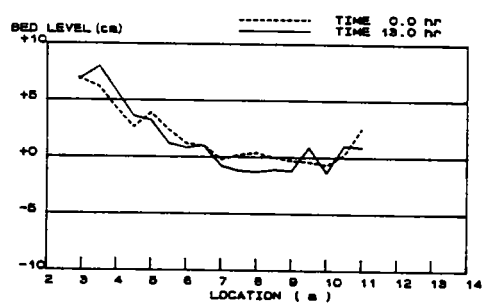
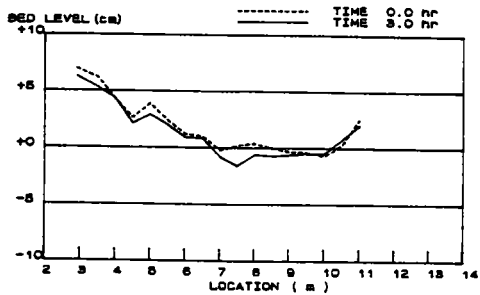
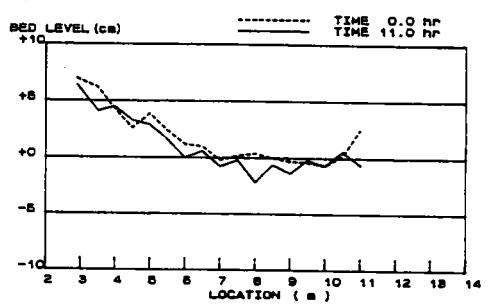
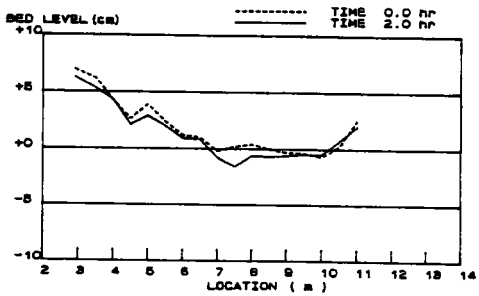
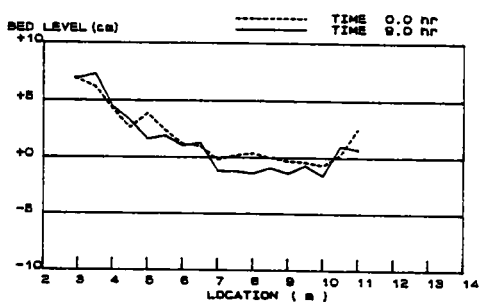
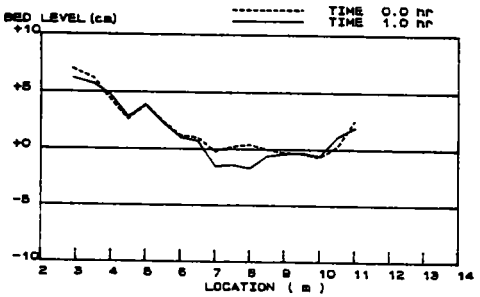
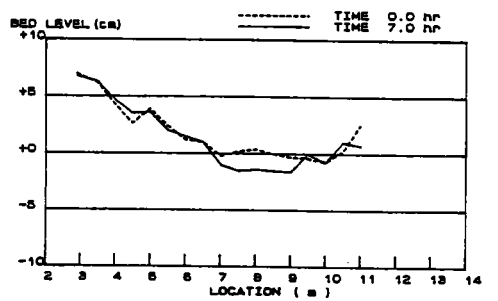
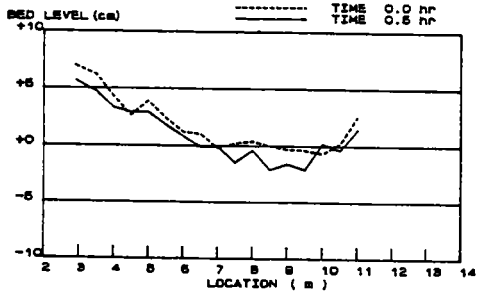
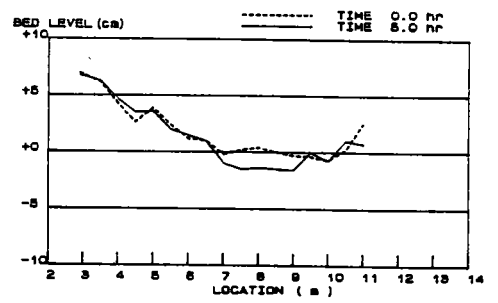
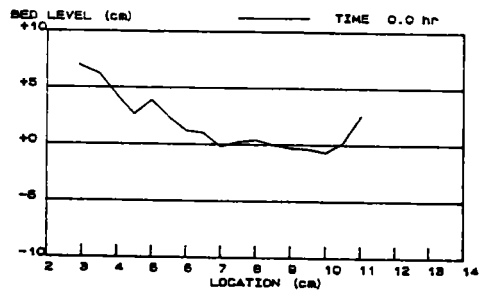


圖 119 SSW 颱風 E 斷面比較圖

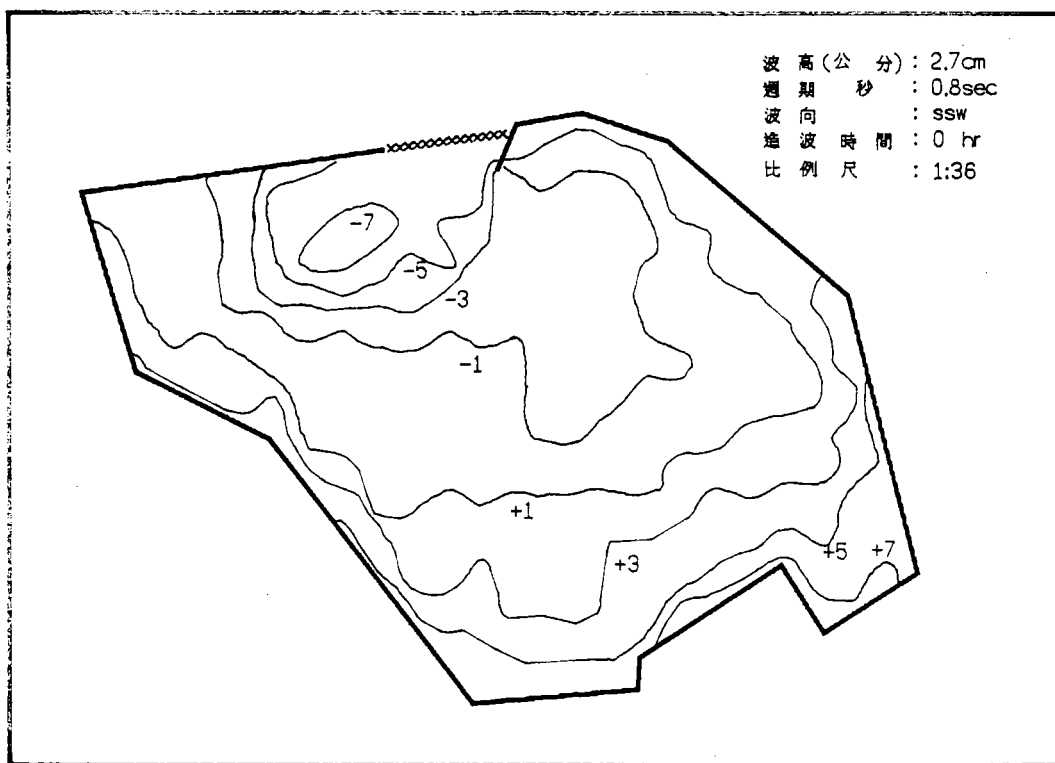


圖 120 等深線圖

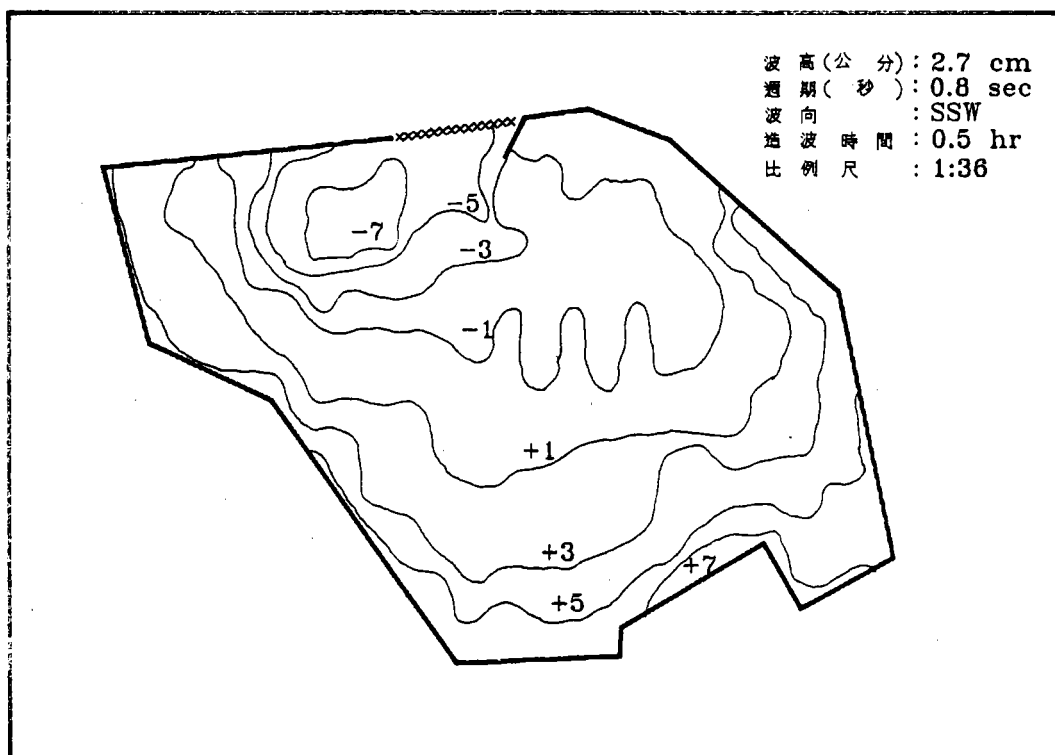


圖 121 等深線圖

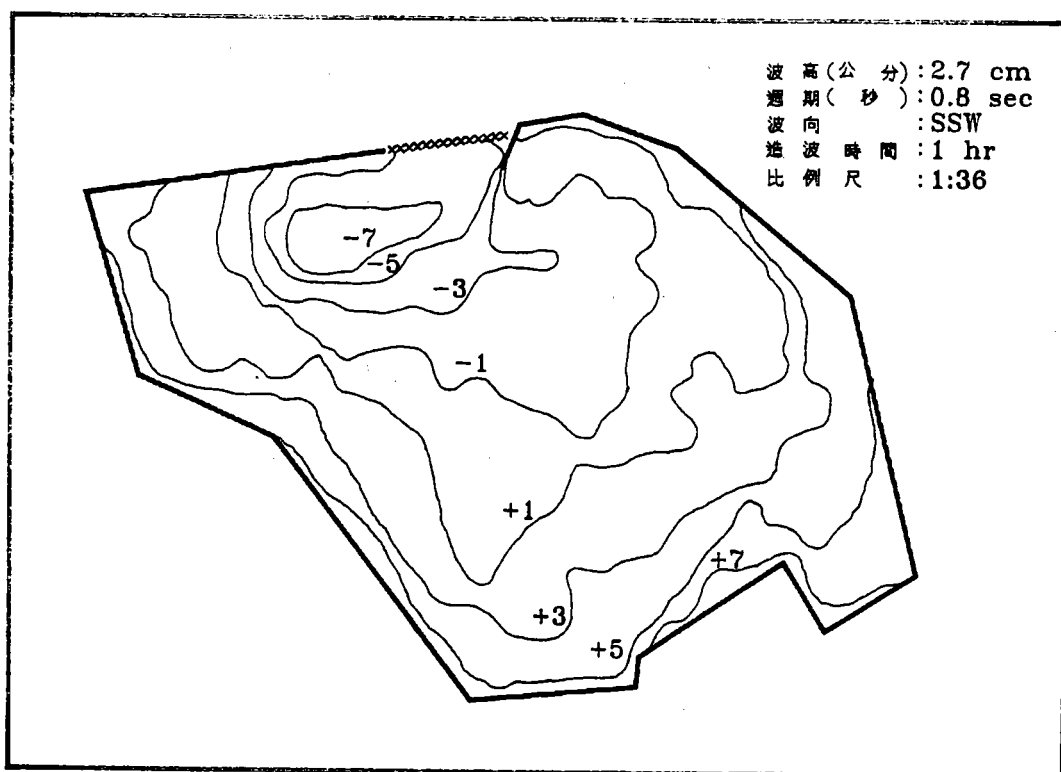


圖 122 等深線圖

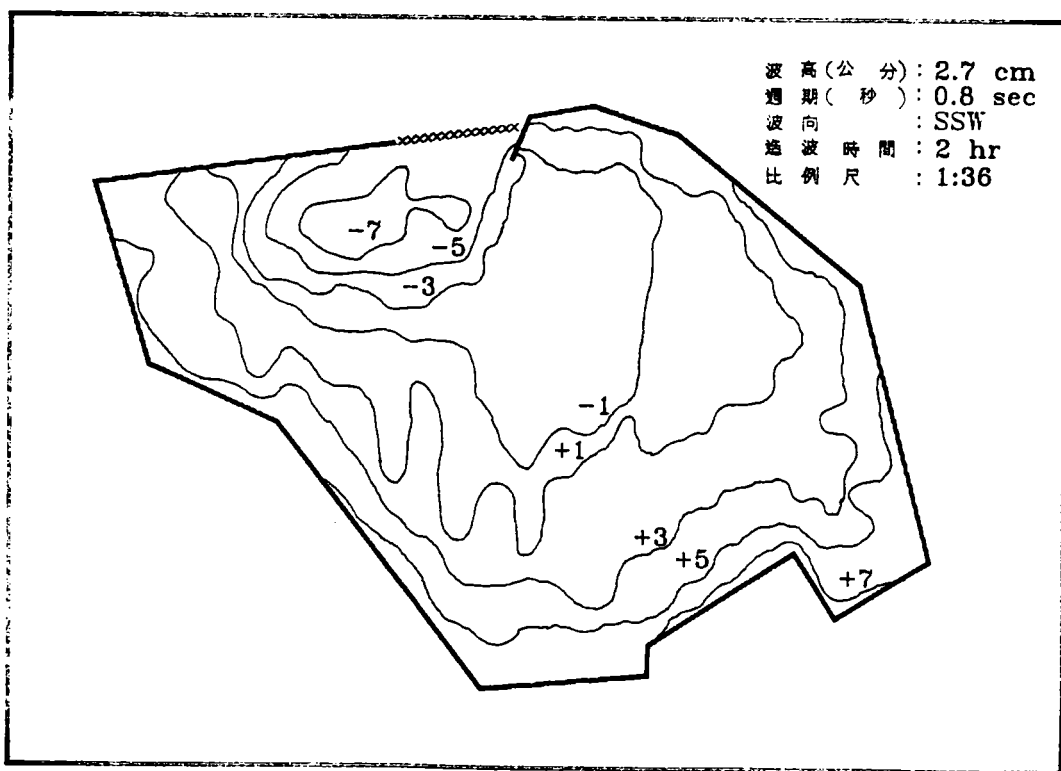


圖 123 等深線圖

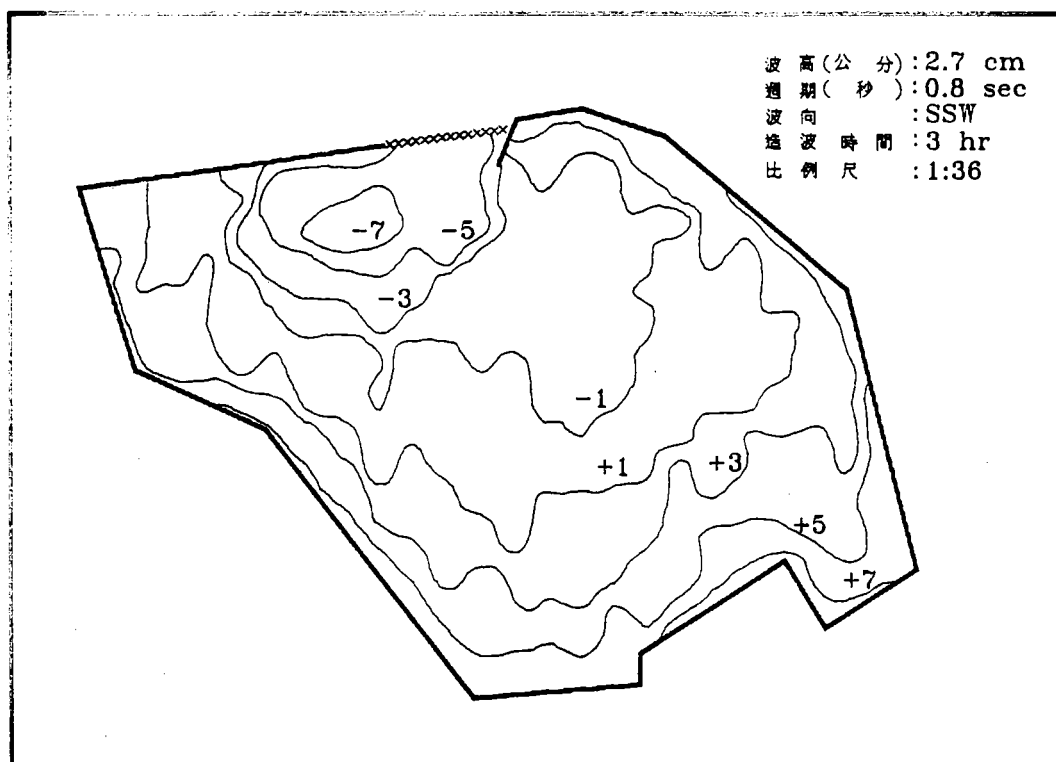


圖 124 等深線圖

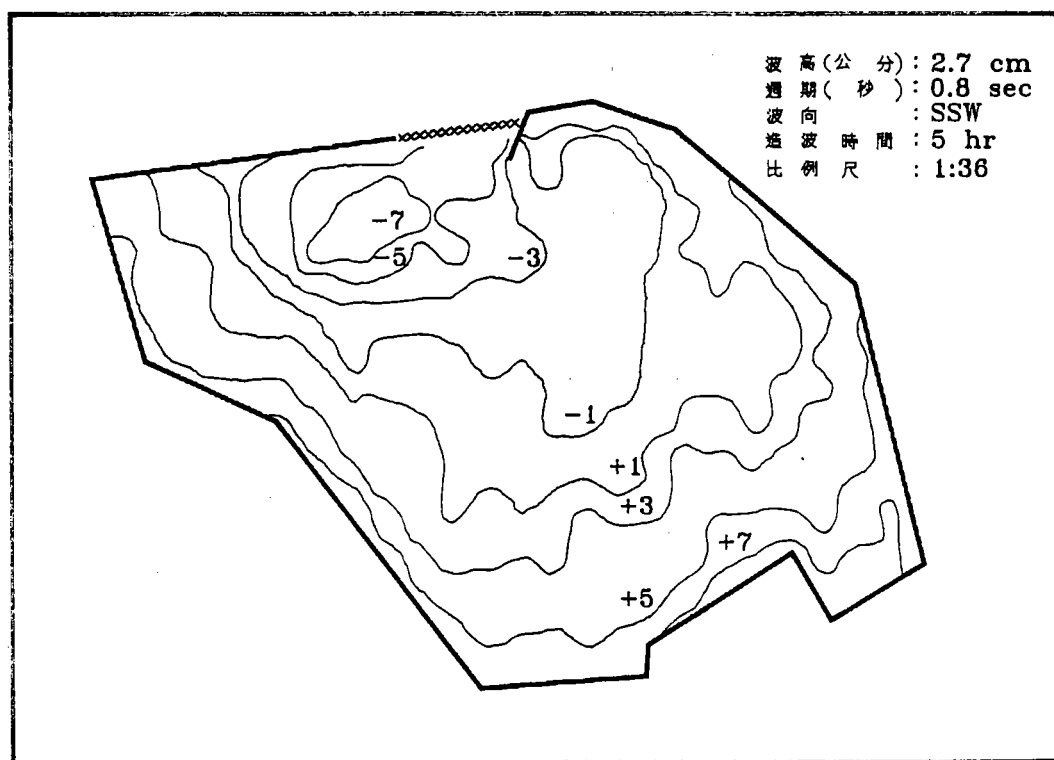


圖 125 等深線圖

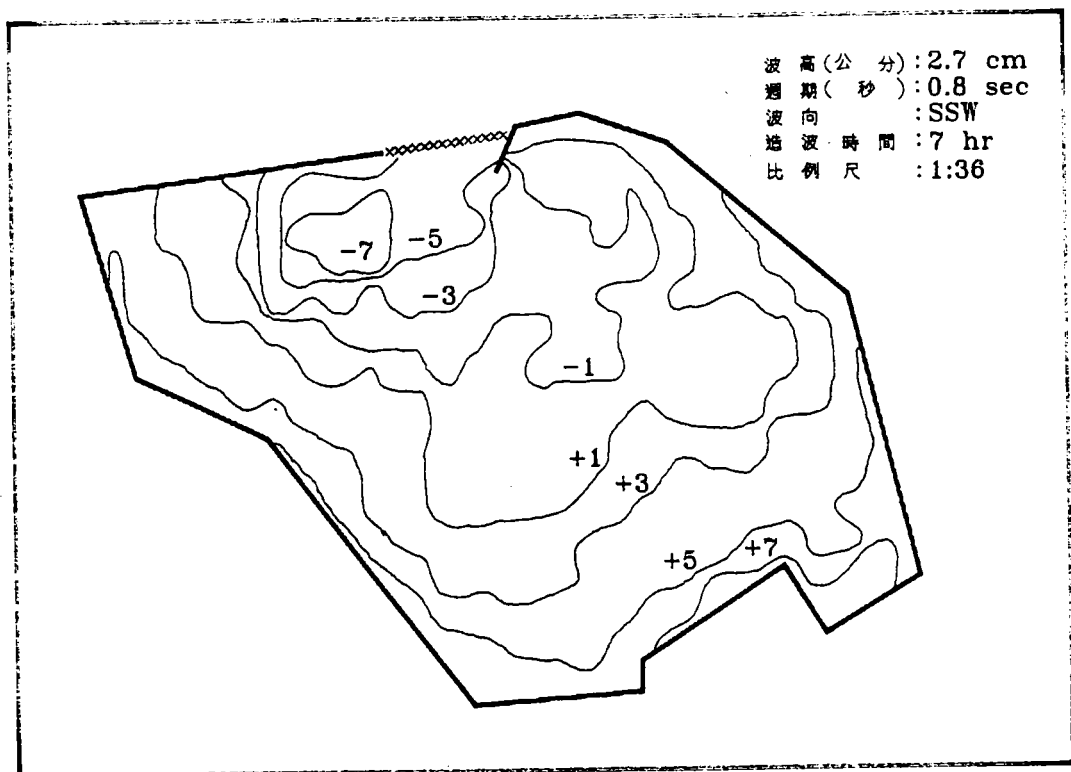


圖 126 等深線圖

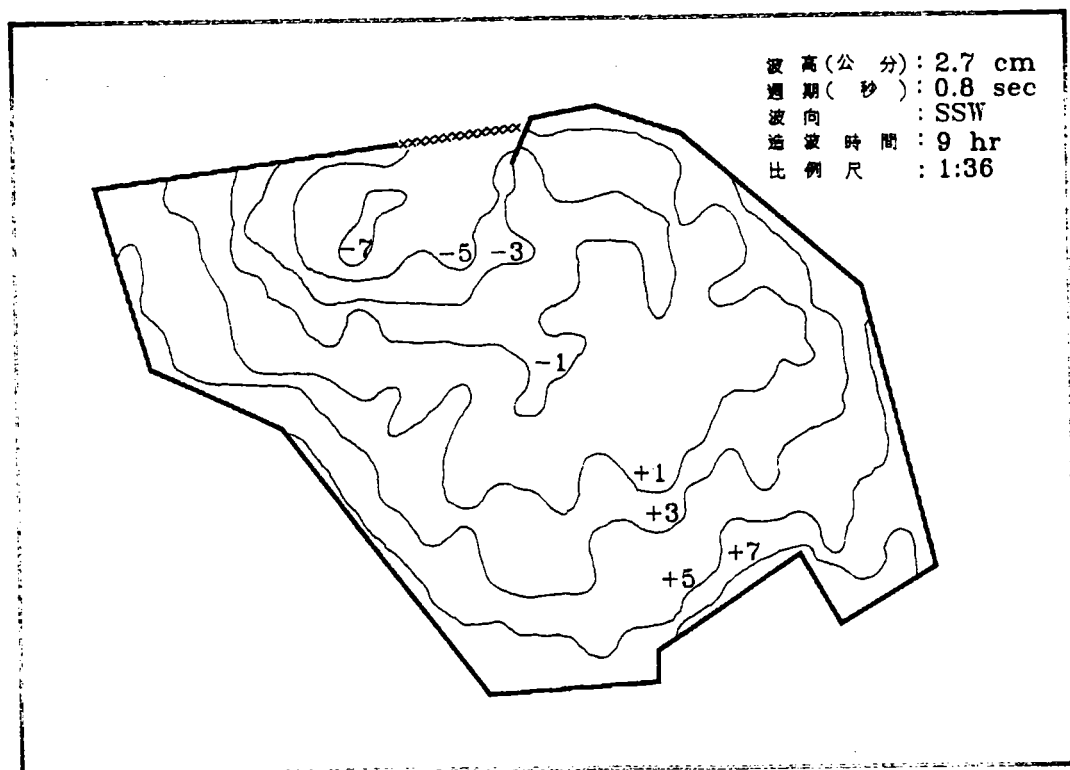


圖 127 等深線圖

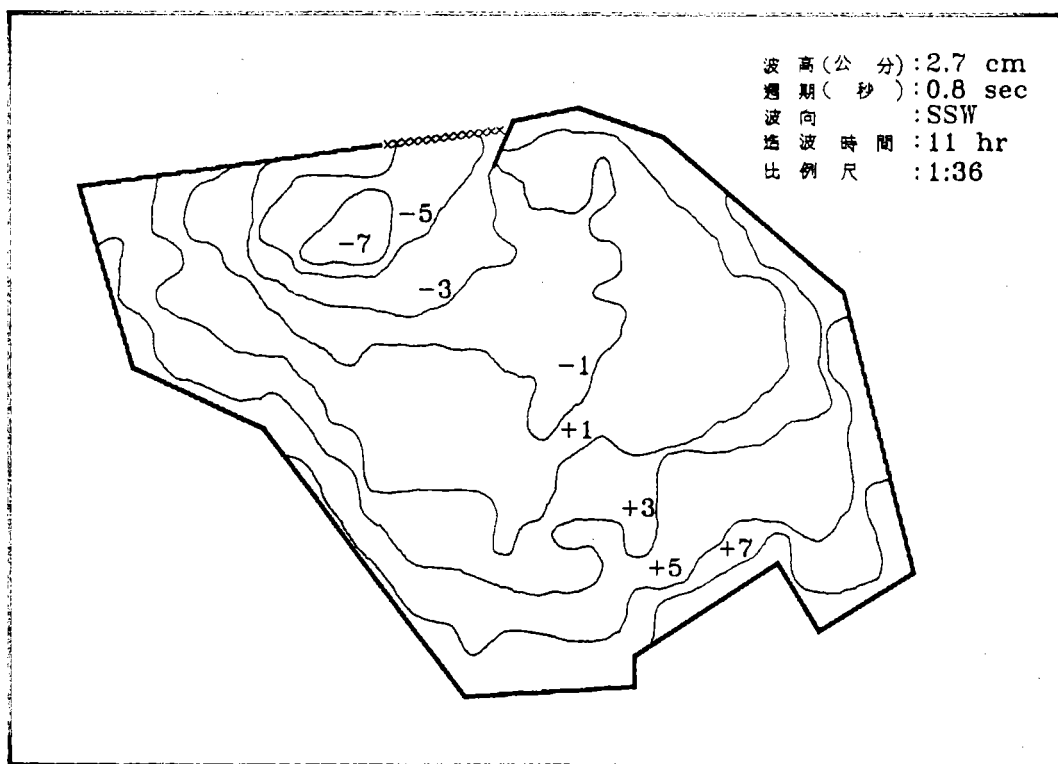


圖 128 等深線圖

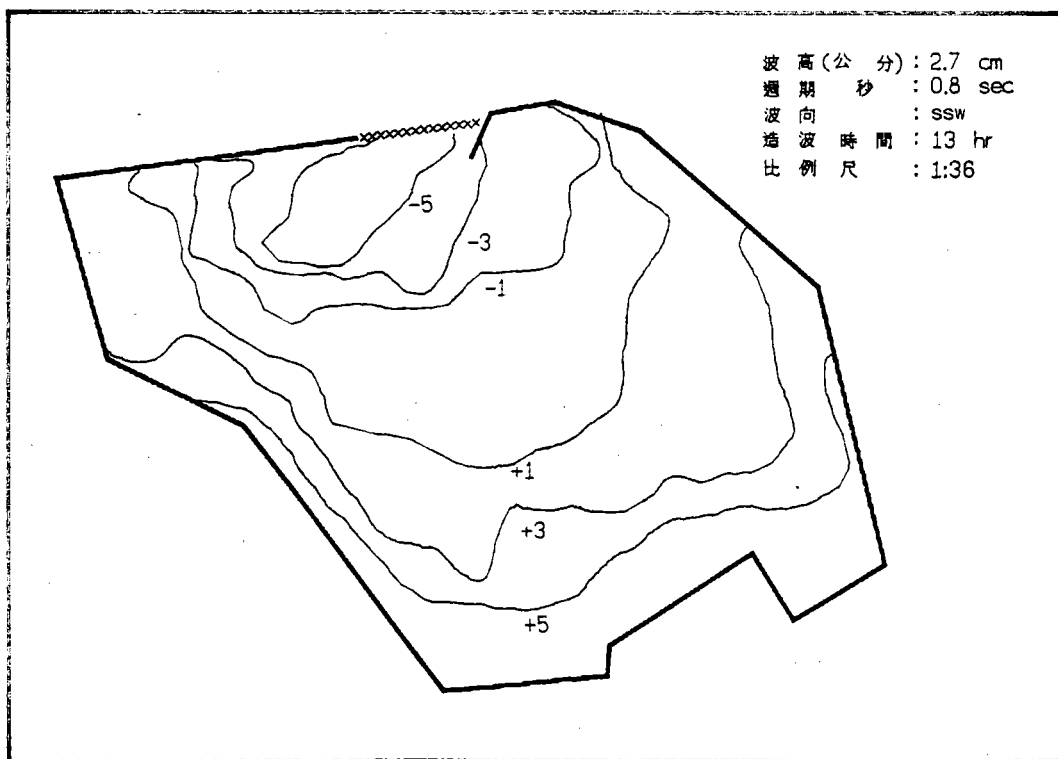


圖 129 等深線圖

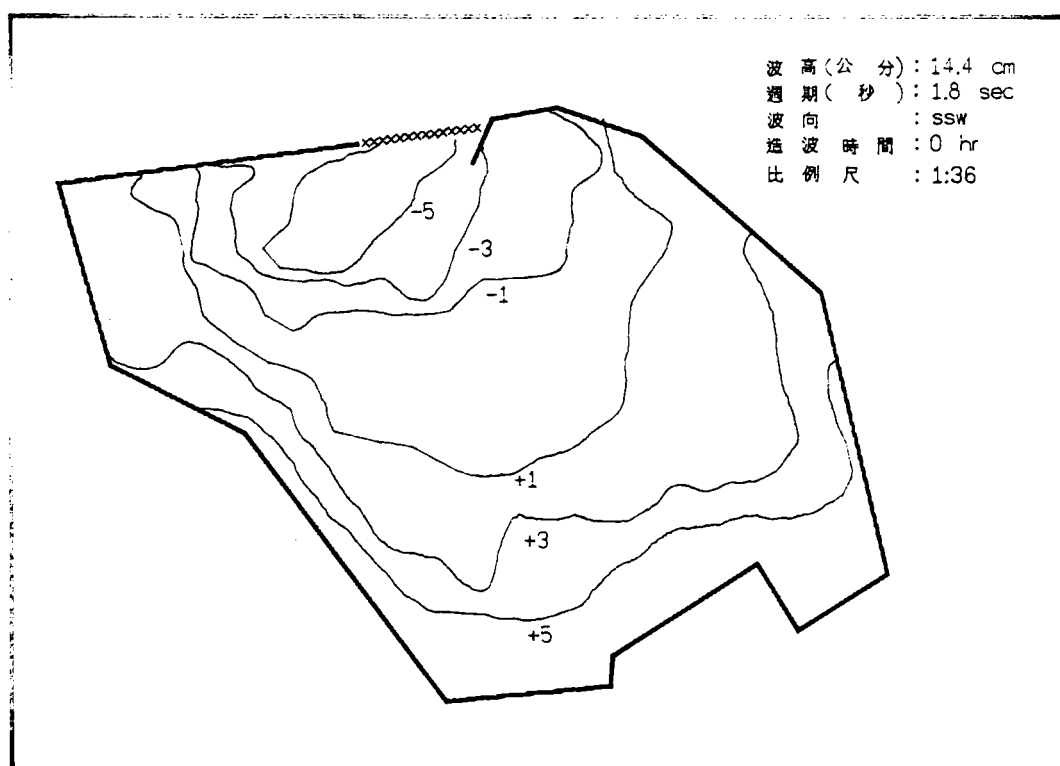


圖 130 等深線圖

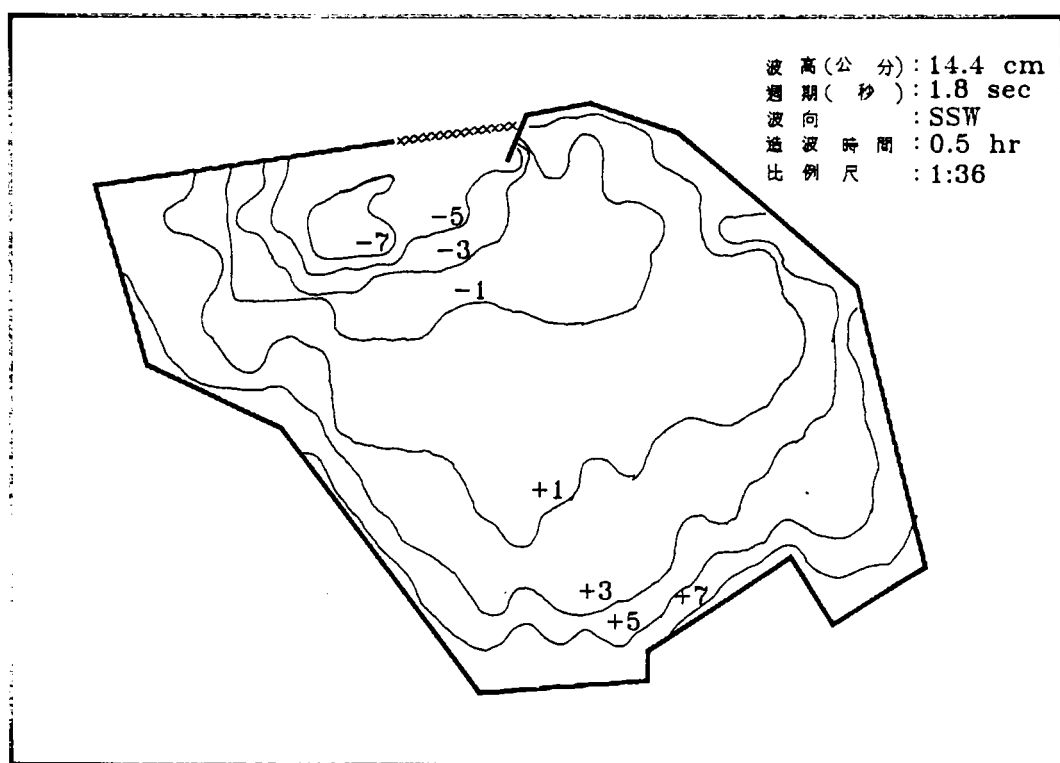


圖 131 等深線圖

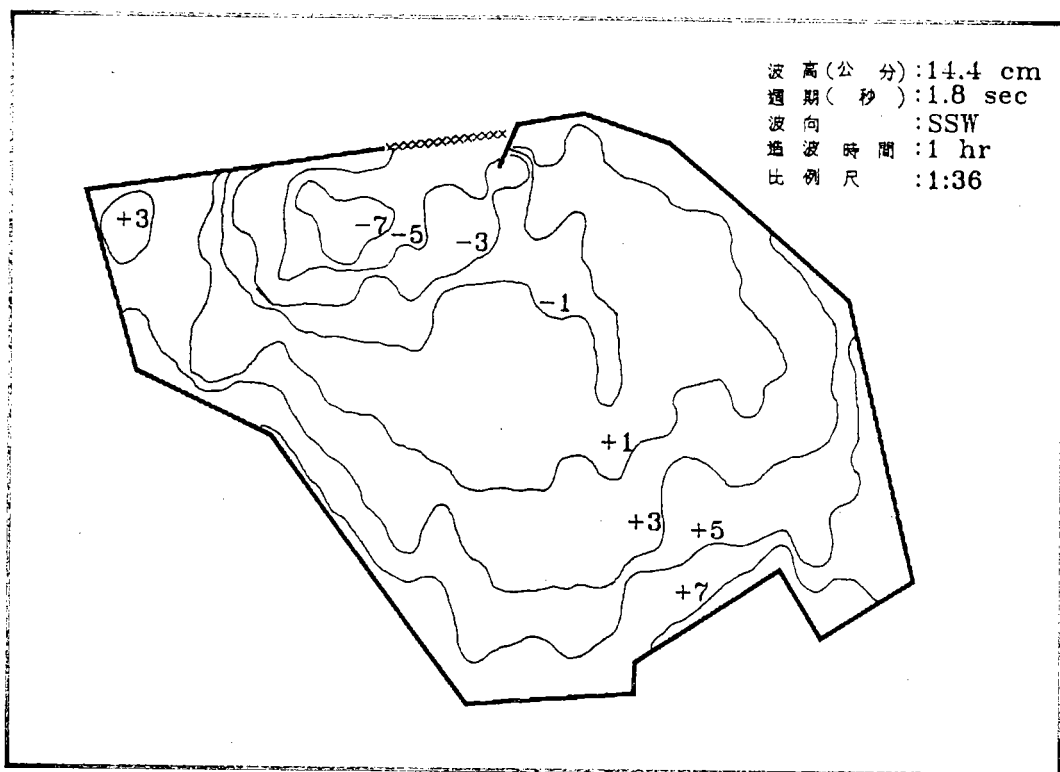


圖 132 等深線圖

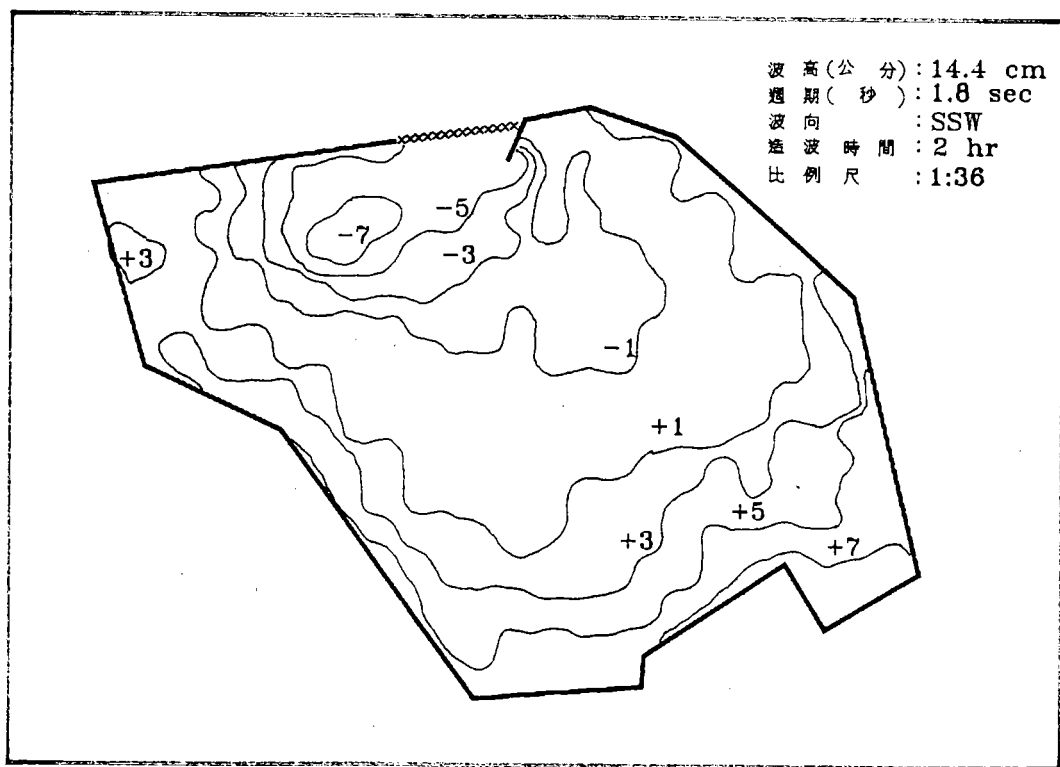


圖 133 等深線圖

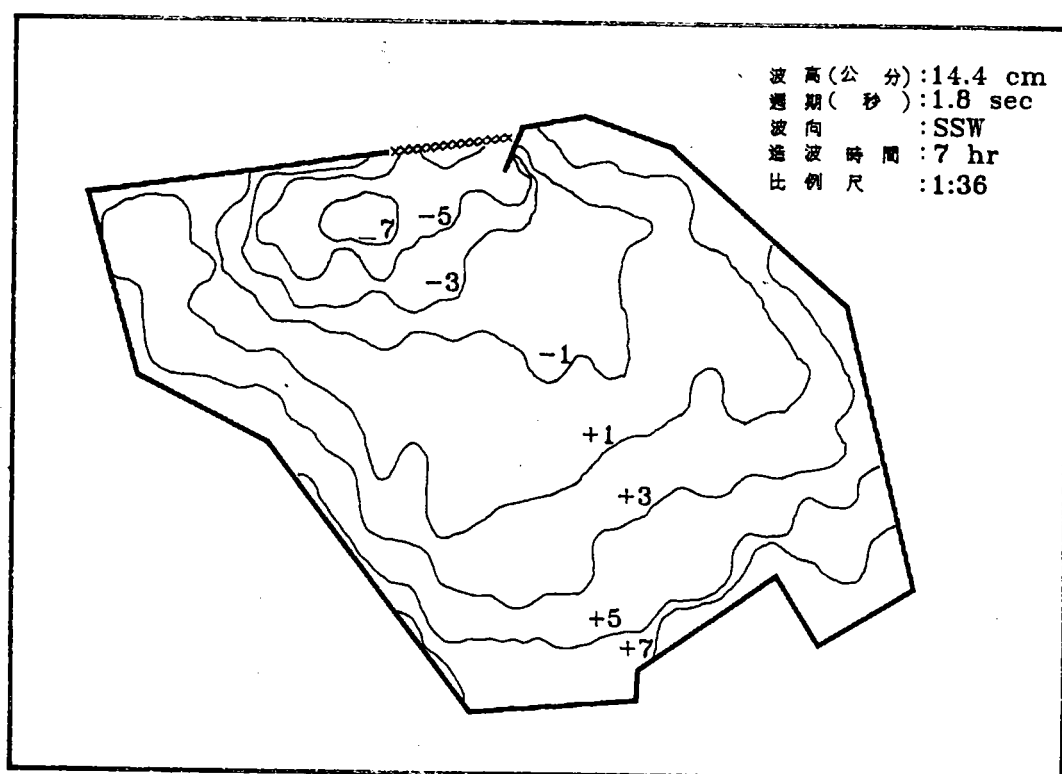


圖 134 等深線圖

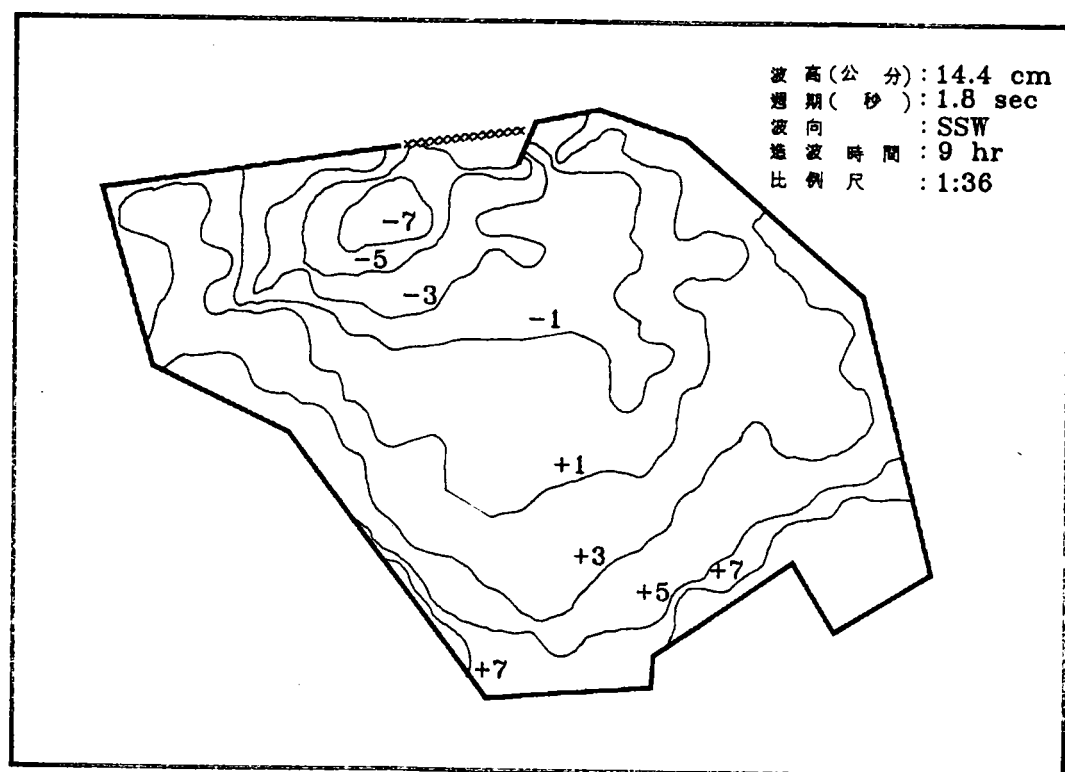


圖 135 等深線圖

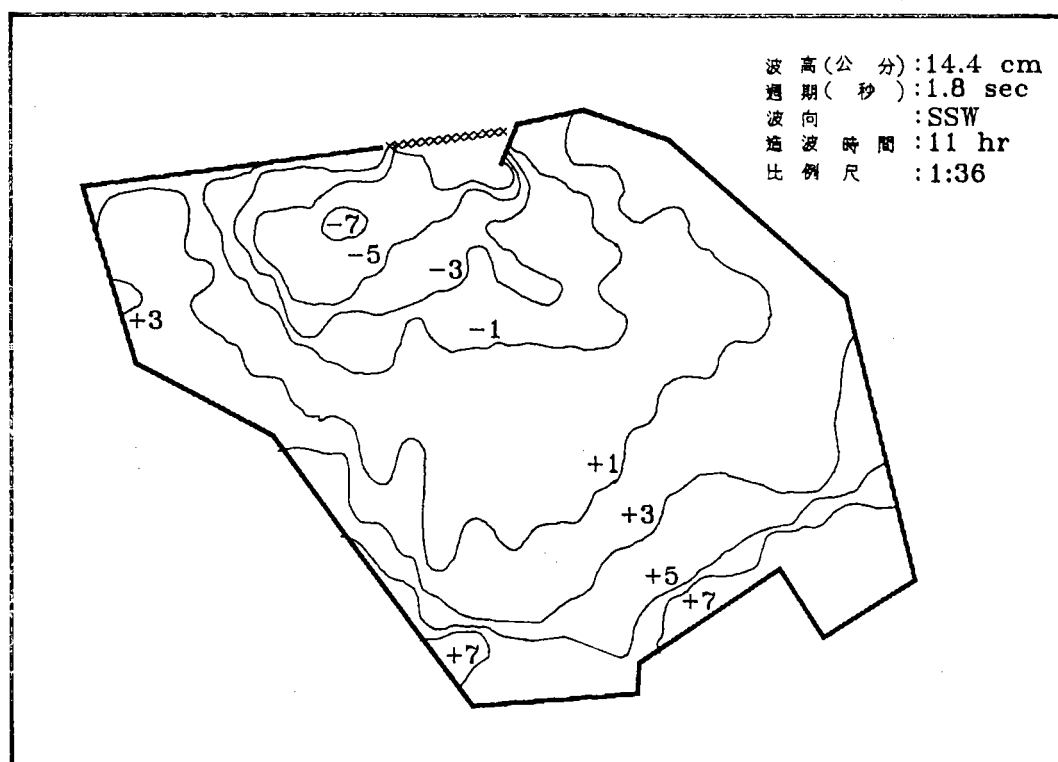


圖 136 等深線圖

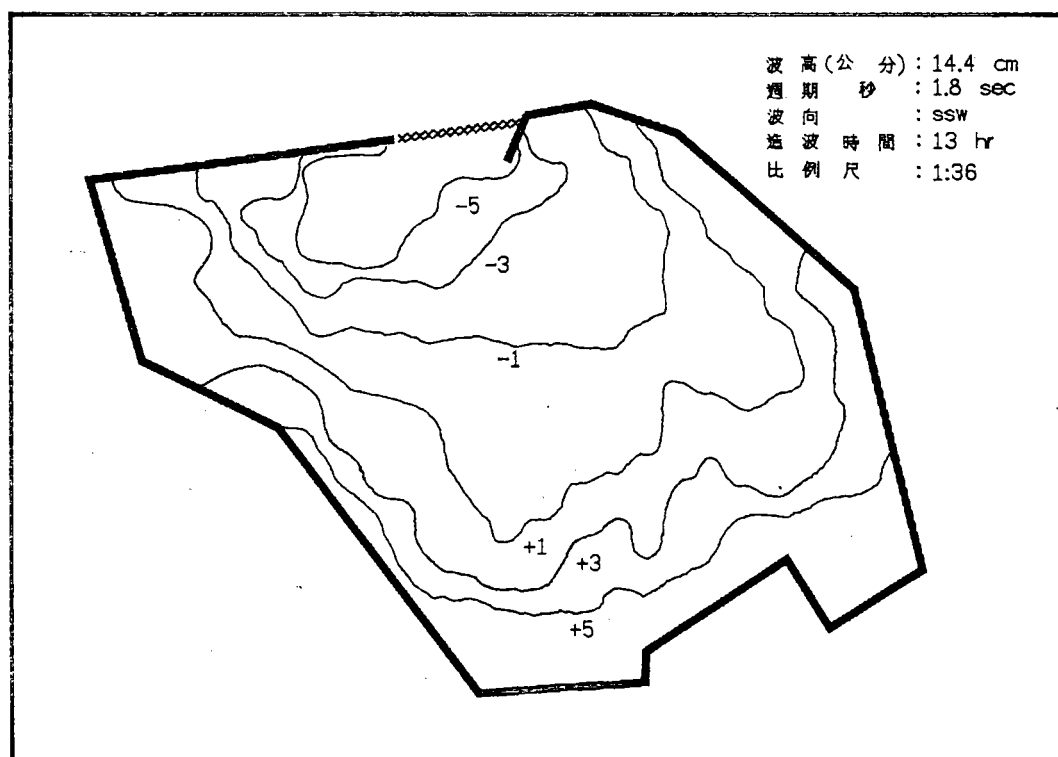


圖 137 等深線圖

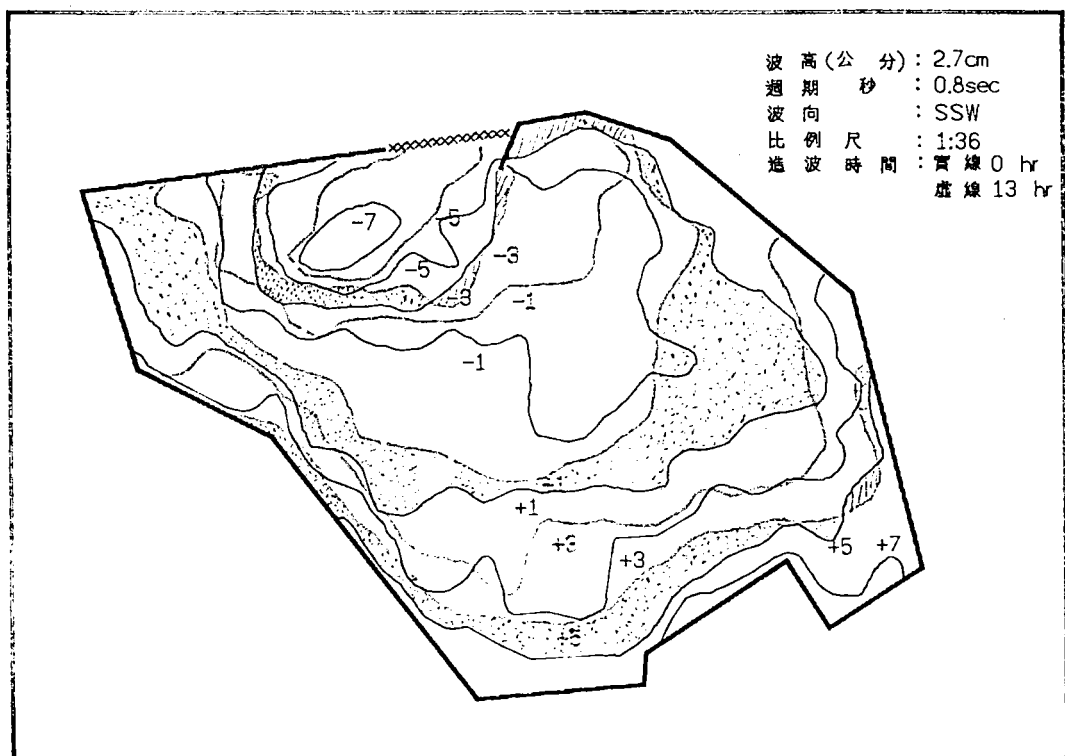


圖 138 SSW 向季節風起始地形與終期地形比較圖

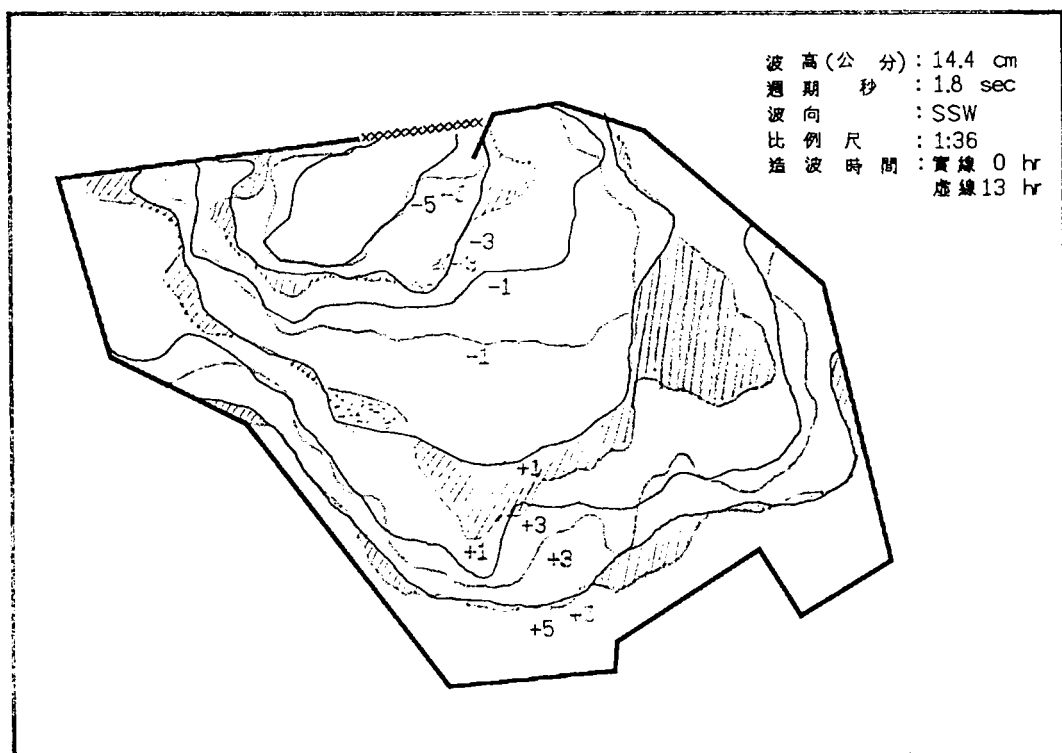
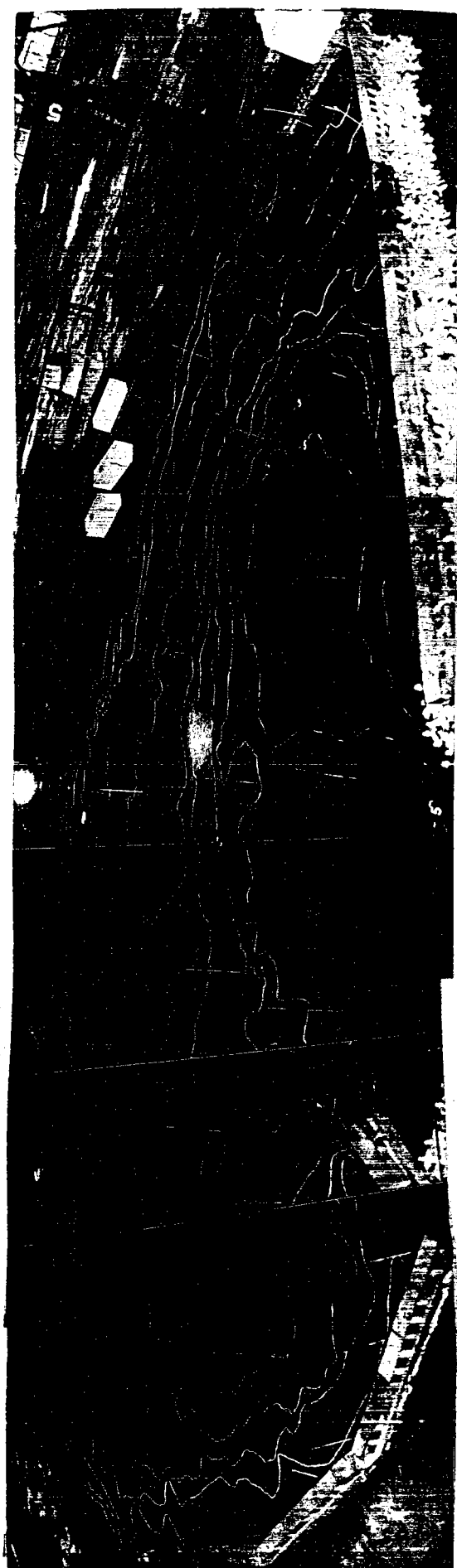
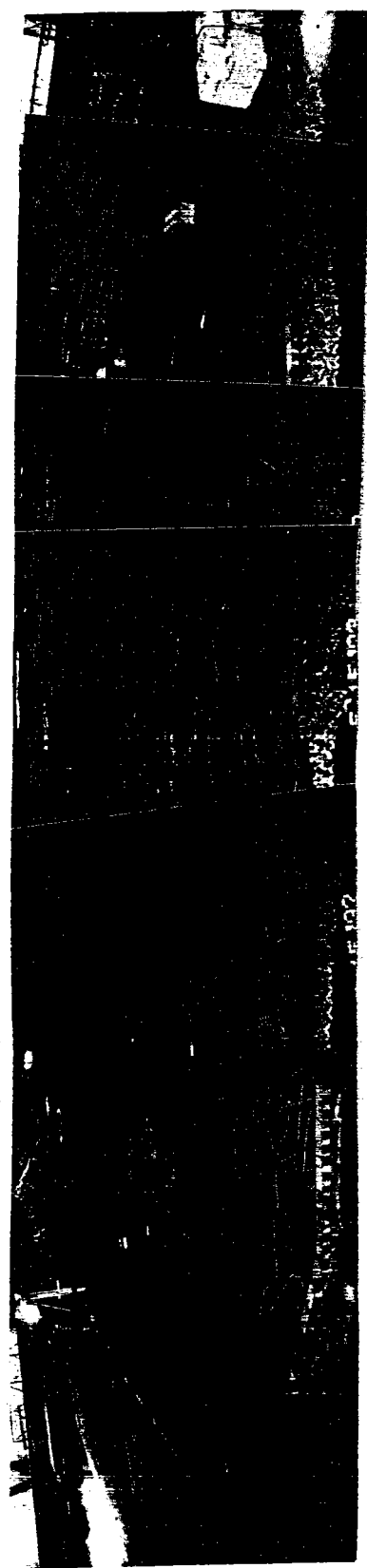


圖 139 SSW 向颱風起始地形與終期地形比較圖



照片 7 SSW 向季節風之終期地形



照片 8 SSW 向颱風之終期地形

肆. 結論與建議

4-1 結 論

經由現場實測與固定床、半固定床等水工模型試驗，得到以下各點結論：

- (1) 由現場實測得知，海水浴場內入口處之流速在十月份大潮期間之最大退潮流速為12.44cm/sec。
- (2) 經常風期間內潮汐所引起的潮流不是海水浴場內沙源流出的主因，亦就此時期之潮流對漁沙影響不大。
- (3) 由地形北高南低及波浪斜向入射所造的繞射，而造成海水浴場內有環流出現。
- (4) 颱風時之暴潮位之突降，係沙源被帶出海水浴場之主因。颱風時較高的波能使底床質形成懸浮質而被突降之退潮潮流帶出海水浴場。
- (5) 經由調整海水浴場之地形高程後，發現在季節風時期沙源會向岸側移動，而在颱風期沙源即會往海側漂出去。
- (6) 颱風時期所帶走的沙源如沒有補充來源，即會呈現海水浴場內沒沙之情況。
- (7) 經地形調整後海水浴場內之環流現象已經排除，但對於颱風暴潮位所引起的漂沙動力，無法有效克服，因此改善方案僅能達到延緩沙源帶出海水浴場之時間。
- (8) 由檢核試驗中發現，由於澎湖縣政府所投入沙源不適，而且底床為岩石，因而造成二種材質間之結合性較差，更易形成沙源的移動。

4-2 建議

- (1) 用來鋪設海水浴場之沙源之粒徑應採用粒徑較大者，方能較有效的抵抗颱風時之暴潮位突降所引起之流。粒徑應大到多少應以景觀及海灘質感為判斷依據，但粒徑愈大愈有效果。
- (2) 每年應編列維護費來補充沙源。
- (3) 南堤如拆除後是否堆置在南堤外側的沙源會產生補充海水浴場之效果，應再做進一步之研究，同時南堤外側沙源分佈範圍究竟有多大，應再詳細調查評估。
- (4) 地形可採用圖73所示之等深圖。

參 考 文 獻

- (1) 僑龍工程顧問公司，「澎湖馬公觀音亭海埔新生地及遊艇港闢建可行性研究暨環境影響說明」，民國八十一年。
- (2) 環海工程顧問公司，「觀音亭海水浴場改善配置規劃，期末報告」民國八十二年。
- (3) Komar, P. D. " Beach Processes and Sedimentation " (1976)。
- (4) Mitumura and Shiraishi, " Laboratory Study on Shoreline Changes behind a Coastal Structure", Coastal Eng. Vol. 5, PP.51-81. (1981)。

附 錄

初步報告審核會議意見摘要暨處理情形說明

附 錄 初步報告審核會議意見摘要暨處理情形說明

提 議 單 位	意 見 內 容 摘 要	處 理 說 明
(一)台灣省水利局 蔡工程司振源	1. 澎湖地區海灘要長期補沙，其沙源可能有問題，可否配合工程方法解決。 2. 建請提出潛堤及離岸堤不同位置之功能比較。 3. 是否能針對南北堤拆除、整體重新布置加以研提分析蝕砂作用。	1. 環海工程顧問公司規劃報告有詳估 2. 入口處潛堤效果較佳。 3. 南堤拆除、流砂問題均應深入研究
(二)澎湖縣政府農業 科趙技士若隆	1. 南堤之興建是否為確實造成海砂流蝕之主因，請詳列說明 2. 南堤之消波塊過去曾只擺設堤頭，曾於韋恩颱風破損，供參採。	已有考量，詳見報告。
(三)環海工程顧問有 限公司盧顯卿先 生	1. 本試驗報告和本公司規劃案「觀音亭海水浴場改善配置」對海砂配置相當符合。 2. 建請港研所能於報告中明確說明，潛堤之功能及效果。	潛堤之功能，報告中已有詳述。

提 議 單 位	意 見 內 容 摘 要	處 理 說 明
(四)交通大學土木工程研究所郭教授一羽	1. 在降低暴水位之方式，可採行透波堤或另行開口使水位能短時下降。 2. 潛堤之興建對於水位退卻有增強流速之考量，建請採用浮式堤防之形式。 3. 報告對於暴潮位之推算缺乏明確參採數據，擬詳列說明。	非本研究主題 1. 採透水堤或浮式堤防或另行開口，應再研究。 2. 波浪條件係由參考文獻(2)所推算
(五)澎湖風景特定區管理籌備處陳國財	1. 圖24係連續時間之變化，與P8、P16僅一個值，如何輸入比較請詳述。 2. P3第二段之說明與圖二及表一資料稍有出入，擬請更正說明。 3. P18第三段最後二行所述兩邊侵蝕與結果P60、P61、P62不符，且第四行離岸流出現與圖不符。 4. P88、表105、106修改SSW為SW，P19SSW與SSW相似的敘述與圖中結果不盡相同。 5. 粒徑尺寸問題，建請明確提出，供日後工程施行參採。	1. 已更正。 2. 試驗採用煤灰固定粒徑之砂源。

提 議 單 位	意 見 內 容 摘 要	處 理 說 明
(六)澎湖風景特定區 管理籌備處蔡課 長裕欽	1. 建請提出試驗成果所建 議之地形圖現況尺寸圖 供日後工程建設之參採 。 2. 報告中試驗半固定之各 項數據是否均是採潛堤 配置方案之情況，擬請 說明。 3. 是否能於報告書中說明 砂床鋪設厚度。	1. 已修改。 2. 均採潛堤配置。 3. 如圖40所示。
(七)澎湖風景特定區 管理籌備處蔡技 正春風	希請環海公司說明設置潛 堤之需要性及對報告試驗 是否影響潛堤以及遊憩區 海岸地形之配置。	
(八)成功大學水利及 海洋工程研究所 郭教授金棟	1. 澎湖縣政府或馬公市政 府在觀音亭投下之砂量 有多少？投在海灘上那 一部份？（此點需查清 楚，才能找出原因）。 2. 因該處已成港口狀，且 港口實測流速僅 0.14 m/s，流速即使再大二倍 亦不足造成漂砂，即使 有也只有港口附近局部 底床沖刷，不致以使沙 灘上之砂成掃流砂流出 港口外。砂灘砂可能被 波浪帶到港內分佈於港 域底床上。	1. 縣政府於民國77年曾補砂一次，詳 見施工報告。 2. 詳見報告說明。 3. 結論與建議已述，需深入研究。

提 議 單 位	意 見 內 容 摘 要	處 理 說 明
	設全港域有5cm厚之積砂就達0.25萬m^3之砂量(即約5,000噸砂)但小變化非肉眼或測量所可測出,即使1cm積砂也有1,000噸砂,百部車量 3.如砂灘或港內之砂確有減少,唯一可能是成懸移質被潮水帶出流失,以及港口局部性沖刷,果如此則建潛堤,離岸堤以阻波浪入侵,均無法阻止懸浮質之流失,應以他法解決。	
(九)澎湖風景特定區 管理籌備處陳處 長水源	1.感謝各單位代表出席本次會議,所提意見俟彙整繕印後分送各相關單位參採,並請試驗單位據為修訂報告書之依據。 2.報告書所列假設和試驗結果擬請試驗單位予以明確比較說明調整。 3.建請將報告書之圖例標示明確、清晰,以利閱讀方便。 4.有關建議事項擬請明確敘述,以供本籌備處日後施工參採。 5.建請於報告書中詳列參考文獻。	導照辦理。