

高雄縣中芸漁港漂沙模型試驗研究

黃清和 廖慶堂

蔡立宏 蔡金吉

委託單位：財團法人台灣漁業技術顧問社
台灣省政府交通處港灣技術研究所
中華民國八十一年七月卅一日
台中 梧棲

中芸漁港漂沙模型試驗研究

委託機關：財團法人台灣漁業技術顧問社

計劃名稱：中芸漁港漂沙模型試驗研究

金額：新台幣壹佰參拾伍萬元整

時間：自中華民國八十年九月十五日起
至中華民國八十一年七月三十一日止

行政監督：所長張金機

副所長莊甲子

計劃主持人：研究員黃清和
兼組長

協同主持人：助理研究員廖慶堂

研究人員：何良勝簡仲璟
蔡立宏蔡金吉
張富東蔡徐如娟
林受勲

技工：陳進冰蔡瑞成
何炳紹李江澤
楊怡芸錢爾潔

中芸漁港漂沙模型試驗研究

目 錄

圖 表 名	I
壹、 前 言	1
貳、 試驗設備	3
參、 模型相似律	4
肆、 模型縮尺及模型製作	8
伍、 試驗內容及條件	10
陸、 試驗波浪率定及試驗方法	15
柒、 漂沙堆積一般形式	16
捌、 資料分析及試驗結果	18
玖、 結 論	186
參考資料	187

圖 名

- 圖 1 高雄縣中芸漁港位置圖
- 圖 2-a 佈置 A 中芸漁港目前外廓堤防配置方案
- 圖 2-b 佈置 B 漁技社中芸漁港規劃配置方案
- 圖 2-c 佈置 C 漁技社中芸漁港規劃配置方案
- 圖 3 漂沙堆積一般形式圖
- 圖 4-a 中芸漁港附近水域六十八年水深測量圖
- 圖 4-b 中芸漁港附近水域七十七年水深測量圖
- 圖 4-c 中芸漁港附近水域七十八年水深測量圖
- 圖 4-d 中芸漁港附近水域七十九年水深測量圖
- 圖 4-e 中芸漁港附近水域八十年水深測量圖
- 圖 5-a 中芸漁港附近水域七十七年與六十八年水深測量比較圖
- 圖 5-b 中芸漁港附近水域七十八年與七十七年水深測量比較圖
- 圖 5-c 中芸漁港附近水域七十九年與七十八年水深測量比較圖
- 圖 5-d 中芸漁港附近水域八十年與七十九年水深測量比較圖
- 圖 6 中芸漁港附近水域資料分析各主要分區範圍示意圖
- 圖 7 中芸漁港附近水域各主要分區歷年土方量變化圖
- 圖 8-a 預備試驗造波初期地形圖
- 圖 8-b 預備試驗累積造波時間 1 小時後地形變化
- 圖 8-c 預備試驗累積造波時間 3 小時後地形變化
- 圖 8-d 預備試驗累積造波時間 5 小時後地形變化
- 圖 8-e 預備試驗累積造波時間 7 小時後地形變化

- 圖 8-f 預備試驗累積造波時間 9 小時後地形變化
- 圖 8-g 預備試驗累積造波時間 12 小時後地形變化
- 圖 8-h 預備試驗累積造波時間 15 小時後地形變化
- 圖 8-i 預備試驗累積造波時間 20 小時後地形變化
- 圖 9 預備試驗造波期間各主要分區之土方量變化
- 圖 10-a 佈置 A 試驗各主要水深點位置示意圖
- 圖 10-b 佈置 A 試驗各主要分區範圍示意圖
- 圖 11-a 佈置 A 季節風 WNW 向波浪試驗造波初期地形圖
- 圖 11-b 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 3 小時後地形變化
- 圖 11-c 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 6 小時後地形變化
- 圖 11-d 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 9 小時後地形變化
- 圖 11-e 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 12 小時後地形變化
- 圖 11-f 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 15 小時後地形變化
- 圖 12 佈置 A 季節風 WNW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化
- 圖 13 佈置 A 季節風 WNW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化
- 圖 14-a 佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗造波初期地形圖
- 圖 14-b 佈置 A 颱風 SW 向波浪累積造波時間 3 小時後地形變化
- 圖 14-c 佈置 A 颱風 SW 向波浪累積造波時間 6 小時後地形變化
- 圖 14-d 佈置 A 颱風 SW 向波浪累積造波時間 9 小時後地形變化
- 圖 15 佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化
- 圖 16 佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化
- 圖 17-a 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗造波初期地形圖
- 圖 17-b 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 3 小時後地形變化

- 圖 17-c 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 6 小時後地形變化
- 圖 17-d 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 9 小時後地形變化
- 圖 17-e 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 12 小時後地形變化
- 圖 17-f 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 15 小時後地形變化
- 圖 18 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化
- 圖 19 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化
- 圖 20-a 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗造波初期地形圖
- 圖 20-b 佈置 A 颱風 S 向波浪累積造波時間 3 小時後地形
- 圖 20-c 佈置 A 颱風 S 向波浪累積造波時間 6 小時後地形
- 圖 20-d 佈置 A 颱風 S 向波浪累積造波時間 9 小時後地形
- 圖 21 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化
- 圖 22 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化
- 圖 23-a 佈置 B 試驗各主要水深點位置示意圖
- 圖 23-b 佈置 B 試驗各主要分區範圍示意圖
- 圖 24-a 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗造波初期地形
- 圖 24-b 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 3 小時後地形
- 圖 24-c 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 6 小時後地形
- 圖 24-d 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 9 小時後地形
- 圖 24-e 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 12 小時後地化
- 圖 24-f 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 15 小時後地形
- 圖 25 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化
- 圖 26 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化
- 圖 27-a 佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗造波初期地形

- 圖 27-b 佈置 B 颱風 SW 向波浪累積造波 3 小時後地形
- 圖 27-c 佈置 B 颱風 SW 向波浪累積造波 6 小時後地形
- 圖 27-d 佈置 B 颱風 SW 向波浪累積造波 9 小時後地形
- 圖 28 佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化
- 圖 29 佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化
- 圖 30-a 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗造波初期地形
- 圖 30-b 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 3 小時後地形
- 圖 30-c 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 6 小時後地形
- 圖 30-d 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 9 小時後地形
- 圖 30-e 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 12 小時後地形
- 圖 30-f 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 15 小時後地形
- 圖 31 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化
- 圖 32 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化
- 圖 33-a 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗造波初期地形
- 圖 33-b 佈置 B 颱風 S 向波浪累積造波 3 小時後地形
- 圖 33-c 佈置 B 颱風 S 向波浪累積造波 6 小時後地形
- 圖 33-d 佈置 B 颱風 S 向波浪累積造波 9 小時後地形
- 圖 34 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化
- 圖 35 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化
- 圖 36-a 佈置 C 試驗各主要水深點位置示意圖
- 圖 36-b 佈置 C 試驗各主要分區範圍示意圖
- 圖 37-a 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗造波初期地形
- 圖 37-b 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗累積造波 3 小時後地形

圖 37-c 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗累積造波 6 小時後地形

圖 37-d 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗累積造波 9 小時後地形

圖 38 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

圖 39 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 名

表 1	各種試驗之試驗條件及波浪作用時間
表 2	中芸漁港附近水域 -5m 以上土方量
表 3	佈置 A 季節風 WNW 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 4	佈置 A 季節風 WNW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化
表 5	佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 6	佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化
表 7	佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 8	佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化
表 9	佈置 A 颱風 S 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 10	佈置 A 颱風 S 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化
表 11	佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 12	佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化
表 13	佈置 B 颱風 S 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 14	佈置 B 颱風 S 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化
表 15	佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 16	佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化
表 17	佈置 B 颱風 S 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 18	佈置 B 颱風 S 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化
表 19	佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要點水深變化
表 20	佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

照 片 名

- 照片 1-a 佈置 A 季節風 WNW 向波浪造波15小時後西防沙堤附近地形
- 照片 1-b 佈置 A 季節風 WNW 向波浪造波15小時後漁港航道入口處地形
- 照片 1-c 佈置 A 季節風 WNW 向波浪造波15小時後防波堤堤頭處地形
- 照片 1-d 佈置 A 季節風 WNW 向波浪造波15小時後東防波堤鄰近地形
- 照片 2-a 佈置 A 颱風 SW 向波浪造波9小時後西防沙堤堤址處内外地形
- 照片 2-b 佈置 A 颱風 SW 向波浪造波9小時後漁港航道入口處地形
- 照片 2-c 佈置 A 颱風 SW 向波浪造波9小時後漁港航道入口處地形
- 照片 2-d 佈置 A 颱風 SW 向波浪造波9小時後東防波堤外側地形
- 照片 3-a 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後西防沙堤以西海岸突堤區地形
- 照片 3-b 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後西防沙堤西側地形
- 照片 3-c 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後西防波堤外側以及內泊地入口處地形
- 照片 3-d 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後東防波堤内外側地形
- 照片 3-e 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後西防沙堤與西防波堤間地形
- 照片 3-f 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後東防波堤堤頭段外側地形
- 照片 4-a 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後西防沙堤以西堤腳處地形
- 照片 4-b 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後西防波堤堤頭段兩邊拋石以及西防波堤堤頭段外側變化情形
- 照片 4-c 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後西防沙堤以及西防波堤向岸側淤積情形

- 照片 4-d 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後西防波堤西側以及漁港入港航道處地形
- 照片 4-e 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後漁港港口附近地形
- 照片 4-f 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後東防波堤斜堤外側地形
- 照片 4-g 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後東防波堤外側堤址處堆積情形
- 照片 4-h 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後東防波堤以東地形變化
- 照片 5-a 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤外側後擴散情形
- 照片 5-b 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤外側後擴散情形
- 照片 5-c 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤外側後擴散情形
- 照片 5-d 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤外側後擴散情形
- 照片 5-e 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形
- 照片 5-f 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形
- 照片 5-g 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形
- 照片 5-h 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形
- 照片 5-e 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形
- 照片 6-a 佈置 B 季節風 WNW 向波浪造波15小時後，西防沙堤外側離岸堤近地形

- 照片 6-b 佈置 B 季節風 WNW 向波浪造波15小時後，西防沙堤內側堤址漂沙堆積情形
- 照片 6-c 佈置 B 季節風 WNW 向波浪造波15小時後，西防波堤外側以及中芸漁港港口、航道入口處地形
- 照片 6-d 佈置 B 季節風 WNW 向波浪造波15小時後，港口外側離岸堤設置地點附近地形
- 照片 7-a 佈置 B 季節風 S 向波浪造波9小時後，西防沙堤外側近堤址處地形
- 照片 7-b 佈置 B 季節風 S 向波浪造波9小時後，西防波堤外側以及漁港入口與航道附近地形
- 照片 7-c 佈置 B 季節風 S 向波浪造波9小時後，離岸堤外側地形
- 照片 7-d 佈置 B 季節風 S 向波浪造波9小時後，東防波堤外側變化地形
- 照片 8-a 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，西防沙堤以西海岸突堤區附近地形
- 照片 8-b 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，西防沙堤外側堤址處附近地形
- 照片 8-c 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，西防沙堤與西防波堤間地形
- 照片 8-d 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，離岸堤以及港口附近地形
- 照片 8-e 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，漁港航道入口處附近地形
- 照片 8-f 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，東防波堤以東海岸線附近地形
- 照片 9-a 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，西防沙堤外側變化地形
- 照片 9-b 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，西防波堤外側變化地形

- 照片 9-c 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，離岸堤以及港口間附近變化地形
- 照片 9-d 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，東防波堤外側堤址護基塊石破壞情形
- 照片 9-e 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，東防波堤外側海岸附近地形
- 照片 9-f 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，東防波堤外側沿岸變化地形

壹. 前 言

中芸漁港位於本省西南部高雄縣林園鄉內，位居浦仔漁港與汕尾漁港間，地處北緯 $22^{\circ} 29'$ ，東經 $120^{\circ} 23.3'$ ，北距高雄港約20公里，南距鵝鑾鼻約54公里，西南面對小琉球海程約12公里，如圖 1 所示，且海岸因成西北(NW)--東南(SE)走向，故不受東北季風影響，係本省南部沿海漁船主要避風港之一。於颱風期間除供當地漁船之停泊避風外，尚須提供臨近船澳之小型漁船及沿海從事捕漁作業船隻之緊急避風，故現有避風之內港泊地於颱風期間便不敷使用，使得過剩船隻必須緊急停泊於內泊地。惟內泊地內目前外廓堤防佈置遮蔽效果尚不甚理想，颱風期間常引起繫纜困難，且易造成船隻之碰撞。高雄縣政府有鑑於台灣南部一年當中約有三分之一期間係屬颱風期，故為確保漁民之生命財產安全及提供鄰近作業船隻緊急避風之良好泊地，乃委託財團法人台灣漁業技術顧問社(簡稱漁技社)進行全盤性規劃研究，漁技社為謹慎規劃設計除委託交通大學土木工程研究所辦理平面遮蔽水工模型試驗，期擬藉由水工模型試驗獲致最佳平面佈置外，且為瞭解所獲致最佳平面外廓堤防結構物之興建所引起鄰近地形變化乃進一步委託省府交通處港灣技術研究所(以下簡稱本所)繼續辦理水工模型漂沙試驗，以確保港內泊地於颱風侵襲期間除能提供安全避風外，更期因外廓堤防配置結構物之擴建能使鄰近區域地形之變化程度減至最低之影響。本漂沙模型試驗工作，模型製作始於民國八十年十月一日，全部試驗並於八十一年七月三十一日結束，先後進行一種預備試驗，九種主試驗，以及一種流沉試驗，謹將試驗經過及結果略述如后：

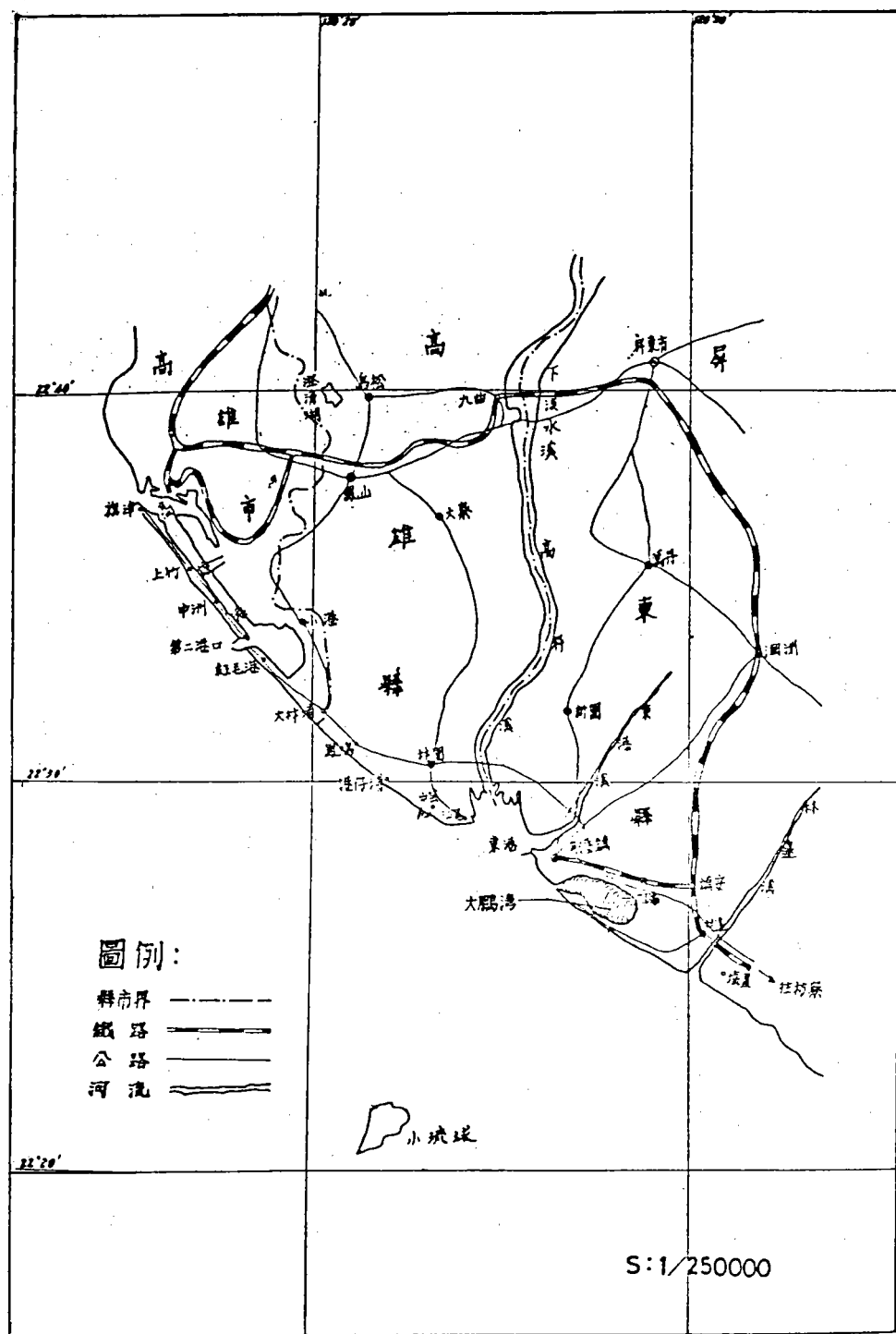


圖 1 高雄縣中芸漁港位置圖

貳. 試驗設備

本試驗在港研所第一試驗場棚辦理，場棚爲一鋼管建築，長60公尺，寬45公尺，內部主要設備有

一、試驗水池

長55公尺，寬40公尺，深 1公尺，附屬設備有蓄水池、環流系統、潮汐自動控制儀及導波板等。

二、規則造波機

規則造波機係由 3部長10公尺之自走式造波機所組成，可同步運作，並依據輸入波浪特性模擬規則試驗波浪。

三、測定儀器

(一)容量型波高計：爲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爲電阻變化，藉惠氏登電橋換成電流，再經增幅器予以放大後變成電壓，經由電腦類比數據轉換器獲得波浪資料。

(二)水平儀：測量漂沙地形變化高程，採用網格法以計算模型漂沙堆積或沖刷量。

參. 模型相似律

海岸現象之研究除以理論分析外，通常利用水工物理模型試驗(physical model)以求驗證，主要有遮蔽及漂沙兩種試驗，前者使用固定床(fixed-bed)，旨在研究深海波浪進入一海岸後之變化，包括折射(Refraction)、淺化(Shoaling)，以及侵入港灣受構造物作用發生之繞射(Diffraction)等之影響。有關模型縮尺之選定，若能符合流體運動之相似律，試驗結果將相當可靠。後者使用活動床(movable-bed)，其主要目的在研究底床形狀演變，因適用之運動相似律尚未發現，或已發現而無法尋得試驗所需流體，必須在試驗中利用原型漂沙現象在模型中重現，求得模型縮尺，故模型縮尺之選定常隨試驗者與試驗種類略有差異。此項試驗常因涵蓋範圍甚廣。且試驗水池面積有限，故通常模型縮尺可依實際需要採用等縮尺模型(undistorted-scale model)或變縮尺模型(distorted-scale model)。等縮尺模型水平及垂直縮尺相等，若忽略使波浪變形之底床及內部摩擦因素不計，一般運動方程式可寫為

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} &= - g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

為使原型與模型間力學相似性成立起見，對於原型之運動方程式與模型之運動方程式對應各項比值應相等，吾人可推導出

$$\frac{V_p}{V_m} = \left(\frac{l_p}{l_m} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{t_p}{t_m} = \left(\frac{l_p}{l_m} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{P_p}{P_m} = \left(\frac{U_p}{U_m} \right)^2 = \frac{l_p}{l_m} \dots\dots\dots (4)$$

亦即速度及時間縮尺均等於長度縮尺之平方根，單位面積之壓力其縮尺則等於長度縮尺。但在若干試驗中因受試驗水池之限制，無法達成水平及垂直縮尺必須相等之要求，勢必採用變縮尺模型(distorted-scale model)，則時間縮尺決定於下兩因素：

1. 若欲使模型折射現象與實地情況相似，則模型上時間縮尺亦即週期縮尺應選用水深(垂直)縮尺之平方根。

因波浪折射現象為波浪傳播(propagation)經過不同水深，因波速相異所引起之情況，設波速為C，依據微小振幅波理論 (small amplitude theory)

$$C = \sqrt{\frac{g L}{2 \pi} \tanh \frac{2 \pi h}{L}} \dots\dots\dots (5)$$

如原型波速與模型折射現象相似則

$$\frac{C_p}{C_m} = \frac{\sqrt{\frac{gL_p}{2 \pi} \tanh \frac{2 \pi h_p}{L}}}{\sqrt{\frac{gL_m}{2 \pi} \tanh \frac{2 \pi h_m}{L}}}$$

但 $L = L_o \tanh \frac{2 \pi h}{L} = \frac{gT^2}{2 \pi} \tanh \frac{2 \pi h}{L}$ 代入上式

得
$$\frac{C_p}{C_m} = \frac{T_p \tanh \frac{2\pi h_p}{L_p}}{T_m \tanh \frac{2\pi h_m}{L_m}}$$

即
$$\frac{C_p}{C_m} \times \frac{T_m}{T_p} = \frac{\tanh \frac{2\pi h_p}{L_p}}{\tanh \frac{2\pi h_m}{L_m}}$$

因
$$\frac{\tanh \frac{2\pi h_p}{L_p}}{\tanh \frac{2\pi h_m}{L_m}} \approx \frac{2\pi h_p / L_p}{2\pi h_m / L_m} = \frac{h_p L_m}{h_m L_p}$$

∴
$$\frac{C_p}{C_m} \times \frac{T_m}{T_p} \times \frac{L_p}{L_m} = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots(6-a)$$

又
$$\frac{L_p}{L_m} = \frac{L_{op}}{L_{om}} = \frac{T_p^2}{T_m^2}$$

及
$$\frac{C_p}{C_m} = \frac{L_p / T_p}{L_m / T_m} = \frac{T_m}{T_p} \cdot \frac{L_p}{L_m} = \frac{T_m}{T_p} \times \frac{T_p^2}{T_m^2} = \frac{T_p}{T_m} \quad (6-b)$$

將 (6-b) 代入 (6-a)
$$\frac{T_p}{T_m} \times \frac{T_m}{T_p} \times \frac{T_p^2}{T_m^2} = \frac{h_p}{h_m}$$

∴
$$\frac{T_p}{T_m} = \sqrt{\frac{h_p}{h_m}} \dots\dots\dots(7)$$

2. 若欲使模型繞射現象與原型情況相似則模型上時間縮尺應選用水平縮尺之平方根。

因波浪之繞射為在波峰平行方向上波能量之擴散現象，為使波浪繞射現象獲得相似必先求得波長之相似，因此

$$\frac{L_p}{L_m} = \frac{\frac{gT_p^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h_p}{L_p}}{\frac{gT_m^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h_m}{L_m}}$$

因 $L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} = L_o \tanh \frac{2\pi h}{L}$

即 $\tanh \frac{2\pi h}{L} = \frac{L}{L_o}$

$$\therefore \frac{L_p}{L_m} = \frac{T_p^2 \frac{L_p}{L_{op}}}{T_m^2 \frac{L_m}{L_{om}}}$$

$$\therefore \frac{T_p^2}{T_m^2} = \frac{L_m}{L_{om}} = \frac{L_m}{L_m}$$

亦即 $\frac{T_p}{T_m} = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}} \dots\dots\dots (8)$

肆. 模型縮尺及模型製作

(一) 模型縮尺

根據以上模型相似律之討論，考慮漂沙現象大部發生在淺海區域，而該處波浪之變化大都因折射而起，則模型製作應儘量讓其在模型內折射現象(Refraction)與實地相似。故本試驗漂沙模型縮尺選定如下：

1. 水平縮尺：根據試驗水池之大小及模型所涵蓋之範圍決定為1/50
2. 垂直縮尺：垂直縮尺採與水平縮尺相同為1/50之等比縮尺。
3. 波浪縮尺：波高縮尺取與垂直縮尺相同為1/50，週期縮尺則主要在使折射現象在模型上重現，取為垂直縮尺之平方根即 $1/\sqrt{50}$ 。
4. 潮汐之時間縮尺：應為水平縮尺/ $\sqrt{\text{垂直縮尺}}$ ，故

$$(T_{\text{tide}})_m = 2\text{小時}25\text{分} \times \frac{\frac{1}{50}}{\sqrt{\frac{1}{50}}} = 105\text{分鐘}$$

由於該地區朔望平均潮汐為 $+0.5^m \sim +1.5^m$ ，潮差僅為1公尺換算模型潮差為2公分，故本試驗季節風時均採平均水位 $+1.02^m$ 以進行試驗，而颱風時則採暴潮位 $+2.49^m$ 以進行試驗。

(二) 模型製作

1. 範圍：自中芸漁港西防沙堤堤址以西1公里處到東防波堤堤址以東750公尺處全長約2.2 公里，海側模型製作到水深 -15^m 處。

2. 製作方法：

- (1) 方格座標控制點：在平面水池底面，繪出一公尺見方網格
- (2) 斷面製作：預備試驗係依據民國77年5月30日漁技社所提供中芸漁港附近海域水深圖，每隔50公尺繪製一斷面，依等深線分佈計算模型上方格點之水深，以利鋪設模型；現狀試驗則採用漁技社所提供民國80年中芸漁港附近海域水深圖，每隔50公尺繪製一斷面。
- (3) 斷面放點及測定高程：在每一方格點上插上鐵條一支，並固定之；以水準儀在其上標定海底地形高程。
- (4) 鋪設模型底床：將砂填於模型中，約在模型上高程下20公分，然後於沙面上繞製5公分厚之水泥沙漿面作為模型底床。
- (5) 底質鋪設：在模型底床上根據漁技社所提供中芸漁港附近海域水深圖，鋪設外廓堤防附近土砂。先利用水準儀在固定鐵條上標註高程，將土砂鋪至所需高程後，進水排水使土砂增至所需密度，再校核整鋪高程。本試驗所使用之底質海沙比重為 $S = 2.67$ ，平均粒徑 $D_{50} = 0.60\text{mm}$ 。
- (6) 防波堤及海堤製作：根據中芸漁港外廓堤防平面佈置圖利用磚塊排置修砌成防波堤及海堤於模型中，為減緩外廓堤防及海堤因縮尺模型波浪反射有誇張現象，於堤防外側及沿岸拋置碎石。

3. 模型校正

模型經方格點高程控制鋪設完成後，抽水達試驗高水位，然後依次放水至各種等深線高程，依照所製作模型沿水深線鋪設白色棉線，根據地形圖校核模型上水深線，如有誤差則修正模型地形，使二者一致，以此方法逐條修正等深線至原型水深-15^m處。

伍、試驗內容及條件

漁技社爲瞭解中芸漁港規劃方案因興建離岸堤等後所引起鄰近地形變化之影響，故試驗內容除進行漁技社所提供二個配置方案（佈置 B、佈置 C、）外並辦理中芸漁港目前外廓堤防配置方案（佈置 A）分別如圖 2 所示，以定性比較三種配置在考慮季節風以及颱風波浪侵襲時，結構物鄰近範圍地形以及港內漂沙移動情形，俾作規劃方案擬定之參考，惟本所除辦理該三項主試驗外，爲了進一步瞭解試驗地形變化與現場地形變化兩者時間縮尺之關係，並辦理一項預備試驗，且爲進一步瞭解漂沙移動情形，於試驗期間利用過錳酸鉀作染劑投置於中芸漁港外廓堤防及港口附近進行流況試驗以觀測其流況分佈，謹將預備試驗、計劃佈置主試驗以及流況試驗之試驗內容及條件摘錄如表 1。

Layout: A Dir: WNW SSE S SW

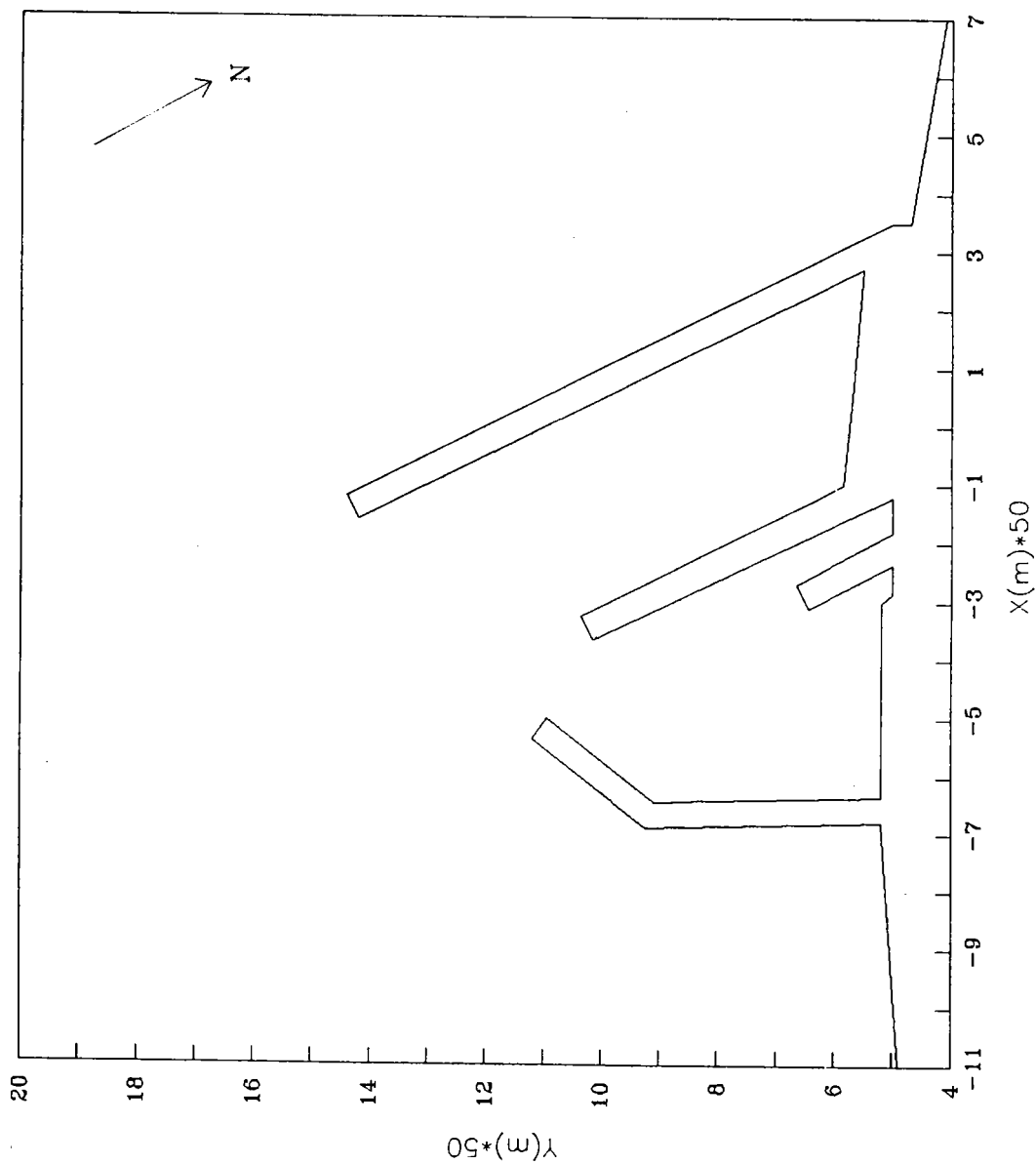


圖 2-a 佈置 A 中芸漁港目前外廓堤防配置方案

~ 11 ~

~ 11 ~

Layout: B Dir: WNW SSE S SW

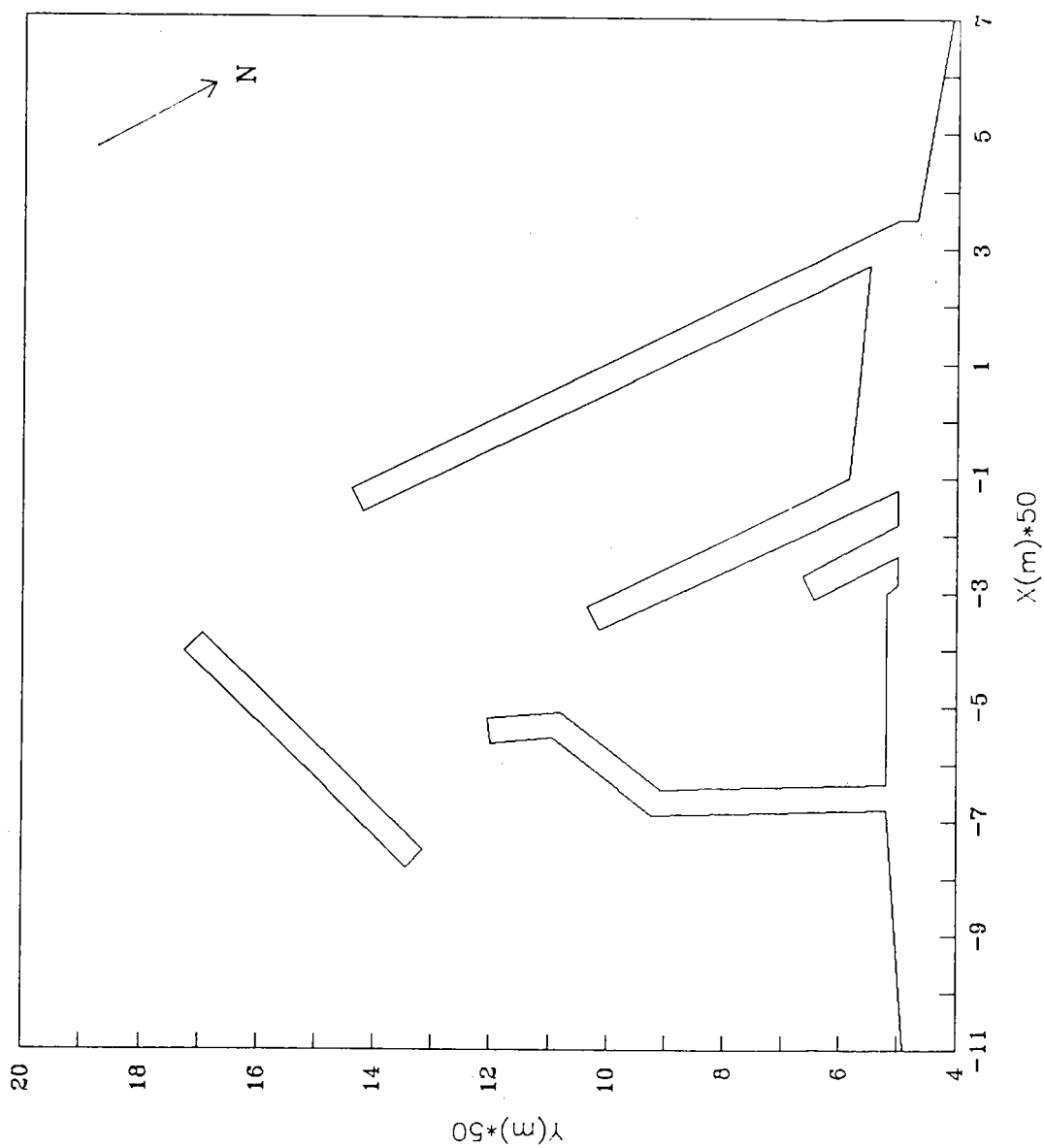


圖 2-b 佈置 B 漁技社中芸漁港規劃配置方案

Layout: C Dir: SW

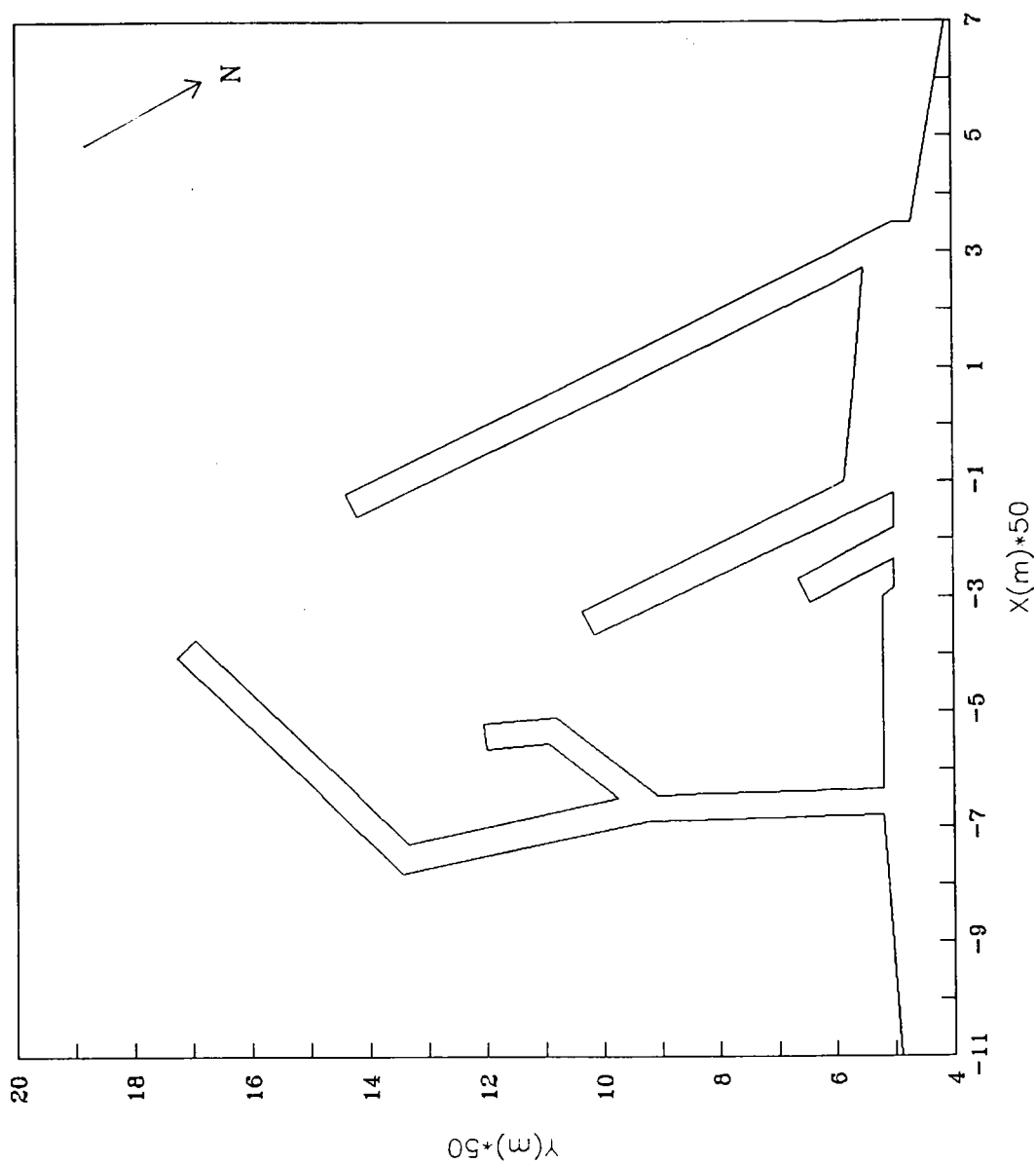


圖 2-c 佈置 C 漁技社中芸漁港規劃配置方案

表 1

各種試驗之試驗條件及波浪作用時間

試驗編號	波 浪 條 件	潮汐條件	初期地形	波浪作用時間	其 他 條 件
預備試驗	波 向 WNW H = 1.87 ^m T = 6.5 _{sec}	平均潮位 (+1.02 ^m)	77 年 5月	20 小時	無漂沙來源
佈 置 A	波 向 SSW H = 1 ^m T = 6.5 _{sec}	平均潮位 (+1.02 ^m)	80 年	15 小時	無漂沙來源
佈 置 A	波 向 WNW H = 1.87 ^m T = 6.5 _{sec}	平均潮位 (+1.02 ^m)	80 年	15 小時	無漂沙來源
佈 置 A	波 向 SW H = 5.5 ^m T = 9.4 _{sec}	暴 潮 位 (+2.49 ^m)	80 年	9 小時	無漂沙來源
佈 置 A	波 向 S H = 7.2 ^m T = 10.7 _{sec}	暴 潮 位 (+2.49 ^m)	80 年	9 小時	無漂沙來源
佈 置 B	波 向 SSW H = 1 ^m T = 6.5 _{sec}	平均潮位 (+1.02 ^m)	80 年	15 小時	無漂沙來源
佈 置 B	波 向 WNW H = 1.87 ^m T = 6.5 _{sec}	平均潮位 (+1.02 ^m)	80 年	15 小時	無漂沙來源
佈 置 B	波 向 SW H = 5.5 ^m T = 9.4 _{sec}	暴 潮 位 (+2.49 ^m)	80 年	9 小時	無漂沙來源
佈 置 B	波 向 S H = 7.2 ^m T = 10.7 _{sec}	暴 潮 位 (+2.49 ^m)	80 年	9 小時	無漂沙來源
佈 置 C	波 向 SW H = 7.1 ^m T = 10.7 _{sec}	暴 潮 位 (+2.49 ^m)	80 年	9 小時	無漂沙來源 港內航道浚 挖為-3 ^m 水深
佈 置 A 流況試驗	波 向 WNW H = 1.87 ^m T = 6.5 _{sec}	平均潮位 (+1.02 ^m)	80 年		

陸. 試驗波浪率定及試驗方法

一. 試驗波浪之率定

於模型鋪設完成後，依照模型設計圖將造波機調動到相關位置，使其與試驗波浪方向一致，迨造波機位置選定後依所需之試驗波浪條件調整模型波浪週期及所需之波高等，同時為避免波浪能量發散，將造波板依波向線排列於造波機兩端。

將容量型波高計感受器 (Transducer) 置於水深 $-12^m \sim 15^m$ 處，距造波板3~5個波長處，利用電腦資料處理系統，將波高儀控制箱輸出之電壓改接於類比/數據轉換器，利用類比/數據轉換器測取電壓數據值儲存於電腦記憶體內，以電腦程式分析計算，求得試驗波高與週期。

二. 試驗方法

準備工作完成後，隨即進行全區地形測量，用以計算初期地形土砂量，然後開動造波機進行各種波浪條件漂沙試驗，由於中芸漁港附近海域並無明顯漂沙來源，故所有試驗均係假設在無漂沙來源所作之定性比較。預備試驗時，重點在中芸漁港西防沙堤興建前後海岸漂沙移動變化情形，預備試驗時，累積造波一個小時後測量地形一次，爾後累積造波時間每隔2小時後測量地形一次，直到累積造波時間達9個小時以後，則每隔3小時再測地形一次，直到累積造波時間達20個小時為止。辦理計劃佈置主試驗時，季節風波浪每間隔3小時，測量地形一次，累積造波時間達15小時，而颱風波浪條件時，每間隔3小時，測量地形一次，惟累積造波時間達9個小時為止。然後利用網格計算方法，分別定性比較結構物鄰近區域漂沙沖淤積情況。同時為了解沿岸流況分佈於進行計劃佈置 A 季節風波浪時，利用染劑過錳酸鉀分別投置於兩防沙堤堤址以及堤頭處，以了解其流況分佈。

柒. 漂沙堆積一般形式

測定區全區土沙量增加之一般形式，如圖 3 所示，試驗開始後某一時間內有顯著沖刷現象成曲線變化，如圖中 A 部，以後按一定比率直線增加，如圖中之 B 部份達某一時間後增加之速率漸減如圖中 C 部份所示，最後土砂堆積量不再繼續增加而與歷時軸相平行。

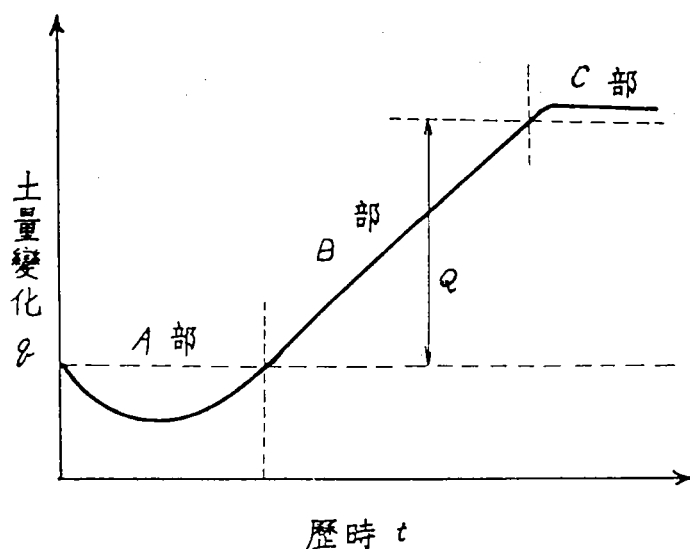


圖 3 漂沙堆積一般形式圖

茲就各部份與漂沙現象之關係分述如下：

(一) A 部

試驗開始時土砂量減少或沖刷現象其原因為：

1. 模型海灘於波浪開始作用時發生若干地形變化，以資適應漸漸達到平衡狀況為止，此種由試驗波浪作用所獲致之平衡地形與實地地形很難一致，兩者間之差異於研判試驗結果時似須扣除。

2. 防波堤等構造物與波浪相互作用使漂沙移出測定區範圍，亦即沿構造物附近之沖刷或崩潰現象與構造物之佈置形狀及附近地形有關。
3. 防波堤反射波所產生之水流，阻止漂沙侵入測定區中效應與構造物佈置及結構形式有關。

(二) B 部

防波堤攔截之漂沙，淤積於防波堤附近淤積速率（即圖中曲線之坡度）約與沿岸漂沙量相等。

(三) C 部

防波堤阻止漂沙能量達到飽和，土沙開始迂迴通過防波堤堤頭，測定區土沙量增加現象即告終止，土量變化曲線完全與歷時軸平行。圖中 Q 表示防波堤之貯沙能力，隨防波堤佈置而異。

由試驗結果判斷防波堤佈置之優劣，最困難者在於 A 部之判斷，該部所形成包括前述三項因素中第 2、3 兩項因素為防波堤等構造物之影響，而第 1 項純為實際技術上之問題須予扣除，惟三者混合存在無法明確劃分。

捌、資料分析及試驗結果

一、現場水深圖資料分析

漁技社接受高雄縣政府委託曾分別在民國六十八年三月、七十七年五月、七十八年五月、七十九年五月以及八十年五月，在中芸漁港西防沙堤興建前後辦理過五次中芸漁港附近水域水深測量分別如圖4(a)~(e)。為瞭解六十八年到八十年期間中芸漁港沿岸海底漂沙量變化情形作為辦理漂沙試驗依據，茲將歷次水深圖加以比較分析，結果如圖5(a)~(d)所示，圖形顯示在六十八年到七十七年這段期間西防沙堤未興建前中芸漁港外廓堤防附近水域 -4m 以(上含 -3 、 -2 ,.....等)均呈淤積狀況外，其餘均為侵蝕，而七十七年到七十八年間，西防沙堤以西乃呈淤積，惟西防沙堤與西防波堤間近岸處呈侵蝕，海側則呈淤積狀；而根據七十八年到七十九年間兩張地形圖分析比較明顯顯示該期間中芸漁港整個海域均呈侵蝕，惟到八十年時，中芸漁港附近水域則全面呈淤積，整個中芸漁港附近水域 -5m 以上歷年土方量變化摘要如表2所示，吾人若將中芸漁港附近水域劃分為9個分區，如圖6所示，則各分區土方量變化如圖7示，圖中第(15)區係指包含第(2)區~第(8)區土方量；第(25)區則包含第(1)區~(9)區土方量，資料分析結果顯示，第(1)區在西防沙堤尚未興建前平均每年以 $2.25 \times 10^3 \text{m}^3$ 呈侵蝕現象，自民國六十八年到七十七年間，該區土方量共減少 $2.0 \times 10^4 \text{m}^3$ ，惟自七十七年西防堤開始興建，到八十年止，該區淨增土沙量則為 $5.57 \times 10^4 \text{m}^3$ ；第(2)區資料顯示，其土方量變化與第(1)區同在七十七年到八十年土方量共增加 $8.35 \times 10^4 \text{m}^3$ ，惟兩者之差異，在第(1)區已開始呈侵蝕趨勢，然第(2)區則繼續呈淤積現象；第(3)區因位於防波堤結構物較遠處，資料顯示自民國六十八年到七十九年該區土方量並無顯著變化趨勢，惟自民國七十九年，西防沙堤興建416公尺以後，該區土方量則急速增加，共增加 $6.67 \times 10^4 \text{m}^3$ ；第(4)區自民國六十八年到七十七年均無顯著變化，自七十七年西防沙堤開始興建時，略呈淤

積，但在民國七十八年～七十九年間該區則呈侵蝕，土方量計減少 $2.53 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，而自民國七十九年西防沙堤興建416公尺則開始呈淤積，在民國七十九年到八十年間土方量共增加 $5.72 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，惟較西防沙堤未興建前，土方量共增加 $3.77 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；而位處西防波堤以及西防沙堤間之第(5)區，資料顯示，自民國六十八年以後平均每年則以 $7.58 \times 10^3 \text{ m}^3$ 速率增加，累計自民國六十八年到八十年間該區土方量共計淤積 $9.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；位居中芸漁港港口處第(6)區資料顯示，自民國六十八年到七十七年間該區土方量變化並不顯著，而自七十七年到七十九年間該區則呈侵蝕，土方量計減少 $3.32 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，惟自七十九年開始則呈淤積且土沙量反較七十七年時增加 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；港內第(7)區土方量變化趨勢自六十八年到七十七年間則略呈侵蝕，累計九年間土方量共減少 $1.55 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；七十七年與七十八年間土方量無顯著變化，而七十八年到七十九年間則呈侵蝕，按七十九年與七十七年土方量比較共減少 $2.12 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，惟自七十九年後則呈淤積，土方量較六十八年時則增加 $1.27 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；東防沙堤外側第(8)區資料分析結果顯示，自民國六十八年到七十七年間，該區土方量共計增加 $2.12 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，七十七年到七十八年間土方量無顯著變化，七十八年到七十九年間則呈侵蝕，該年度土方量共減少 $2.87 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，若與68年土方量比較則減少 $9.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ ，惟自七十九年後該區則呈淤積，土方量反較六十八年時地形增加了 $3.42 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；而第(9)區資料顯示，西防沙堤未興建前該區土方量並無顯著變化惟略呈侵蝕，自六十八年到七十七年間土方量共減少約 $6.75 \times 10^3 \text{ m}^3$ ，西防沙堤興建後該區土方量則沖淤互見現，迨西防沙堤興建長416公尺後該區土方量則較六十八年時增加 $7.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ ；故就現場資料分析顯示西防沙堤未興建前中芸漁港附近水域地形變化略呈淤積，惟土方量無明顯趨勢興建以後雖沖淤互現惟若以長期資料分析研判，當中芸漁港西防沙堤興建以後該區則以平均每年約10萬米立方速率逐年呈淤積現象，如圖7中第(15)區圖形所示。

表 2 中芸漁港附近水域 -5m 以上土方量

日 期	土 方 量	侵蝕或淤積	說 明
1979/03	-1,219,500M ³		(+)堆積
1988/05	-1,181,500M ³	+38,000M ³	(-)侵蝕
1989/05	-1,105,000M ³	+76,500M ³	(+)
1990/05	-1,258,250M ³	-153,250M ³	(-)
1991/08	-891,250M ³	+367,000M ³	

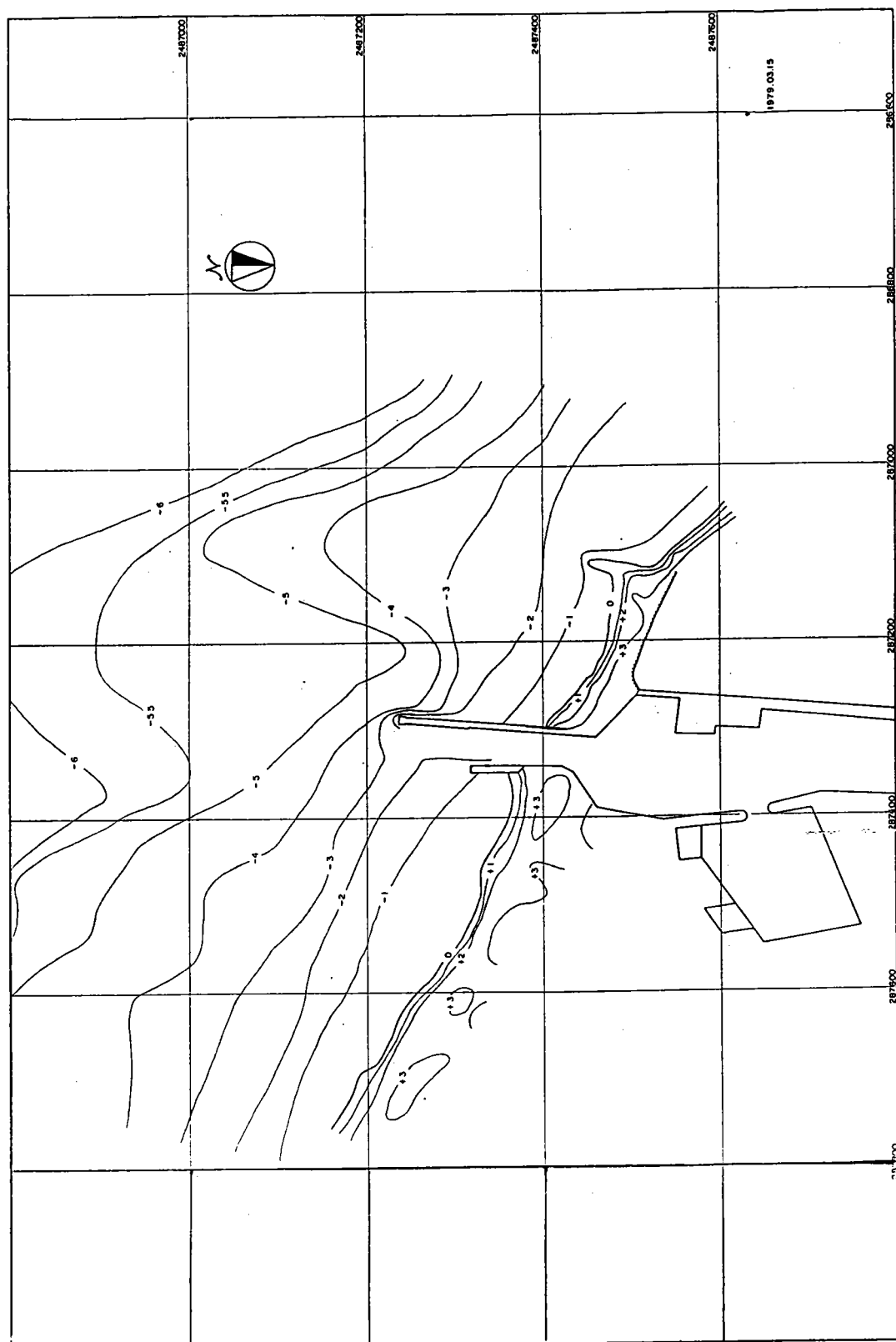


圖 4-a 中芸漁港附近水域六十八年水深測量圖

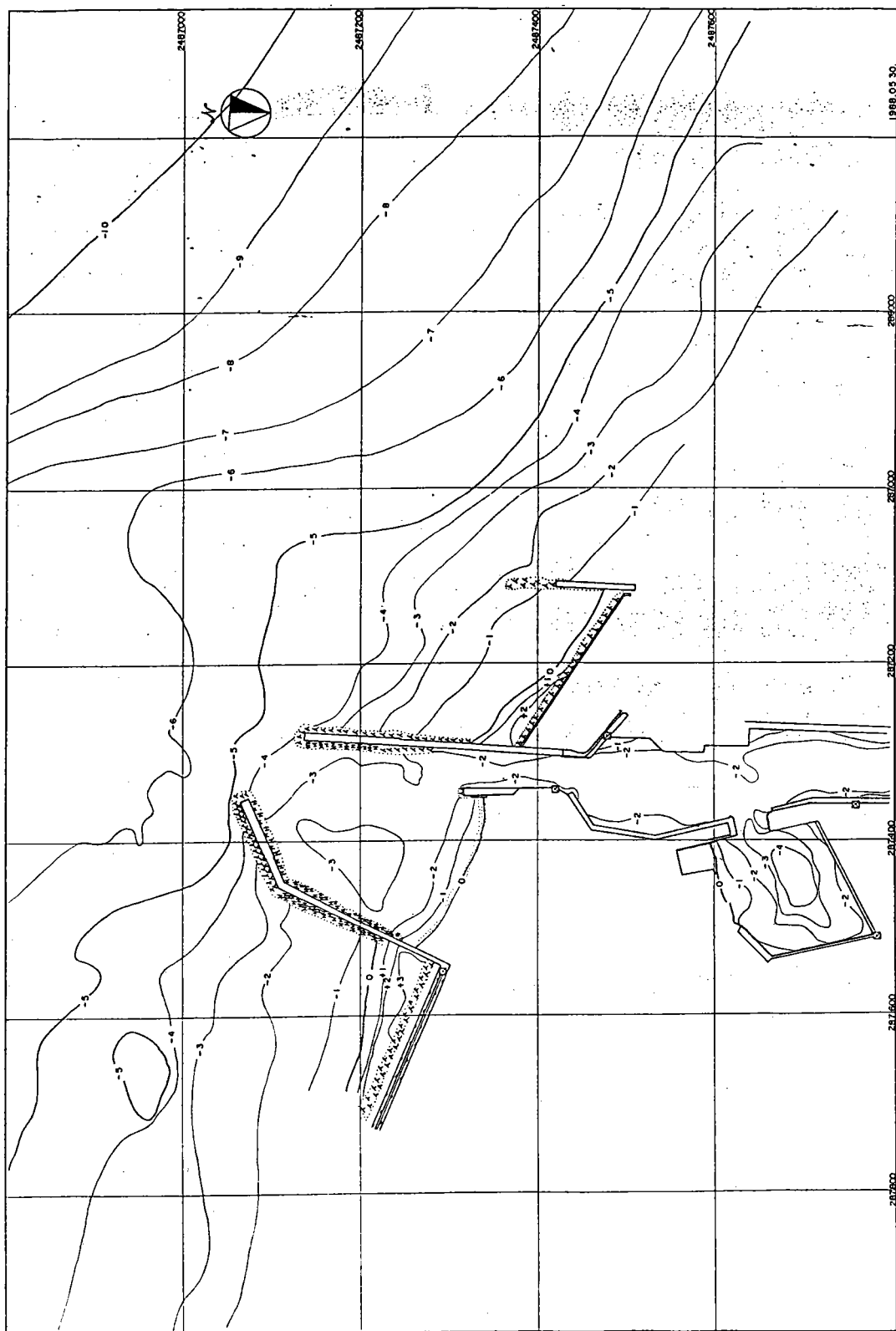


圖 4-b 中芸漁港附近水域七十七年水深測量圖

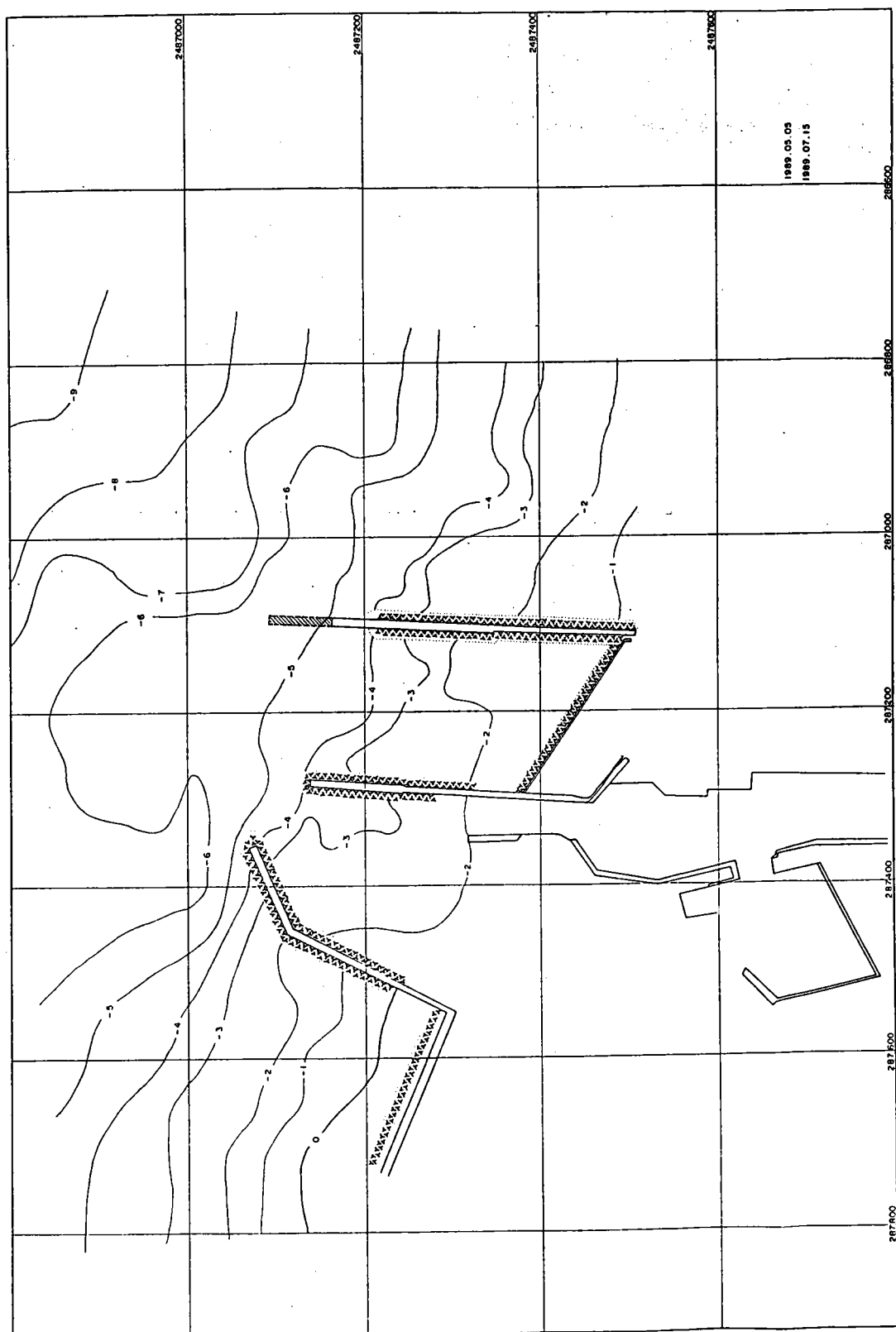


圖 4-c 中芸漁港附近水域七十八年水深測量圖

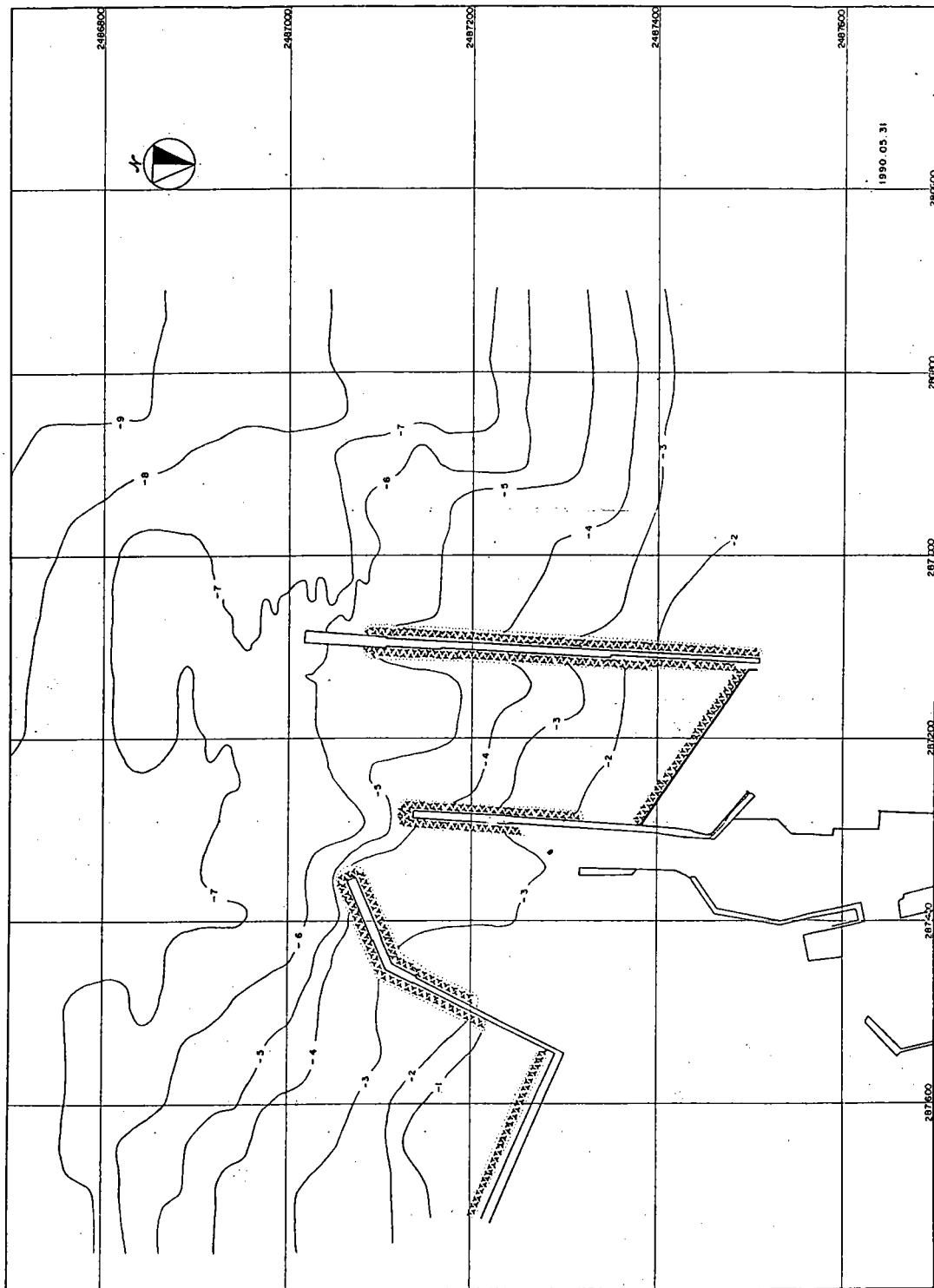


圖 4-d 中芸漁港附近水域七十九年水深測量圖

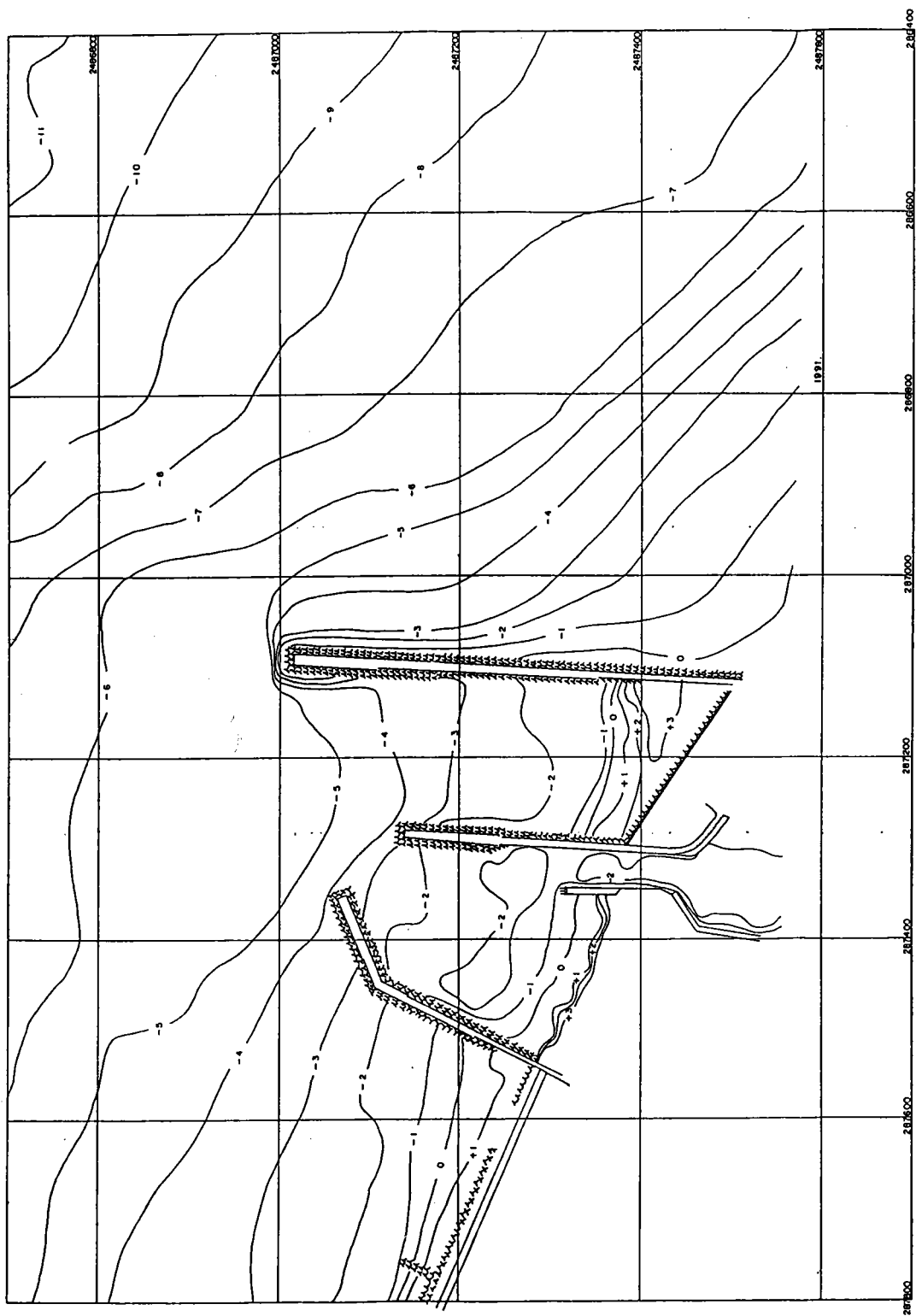


圖 4-e 中芸漁港附近水域八十年水深測量圖

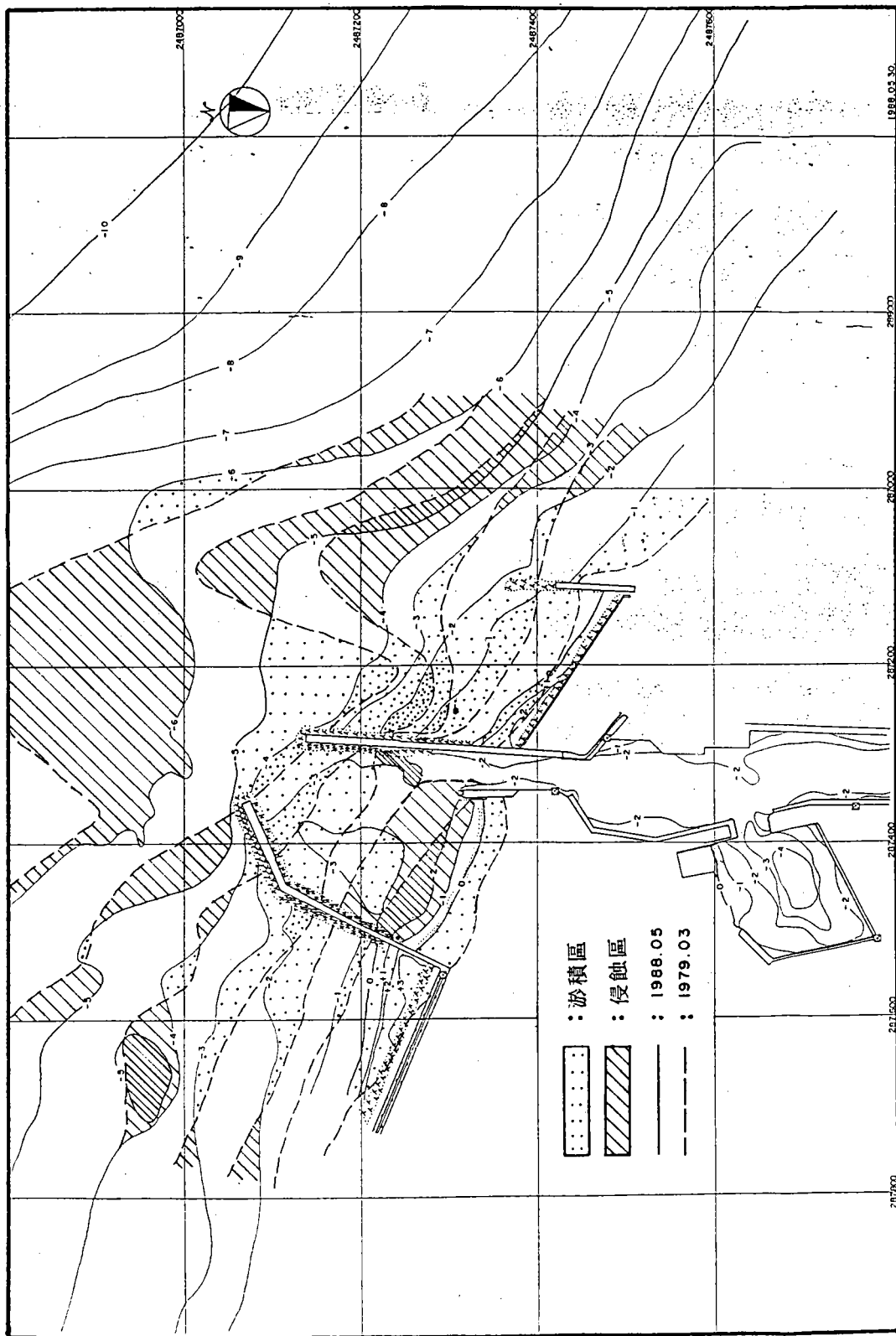


圖 5-a 中芸漁港附近水域七十七年與六十八年水深測量比較圖

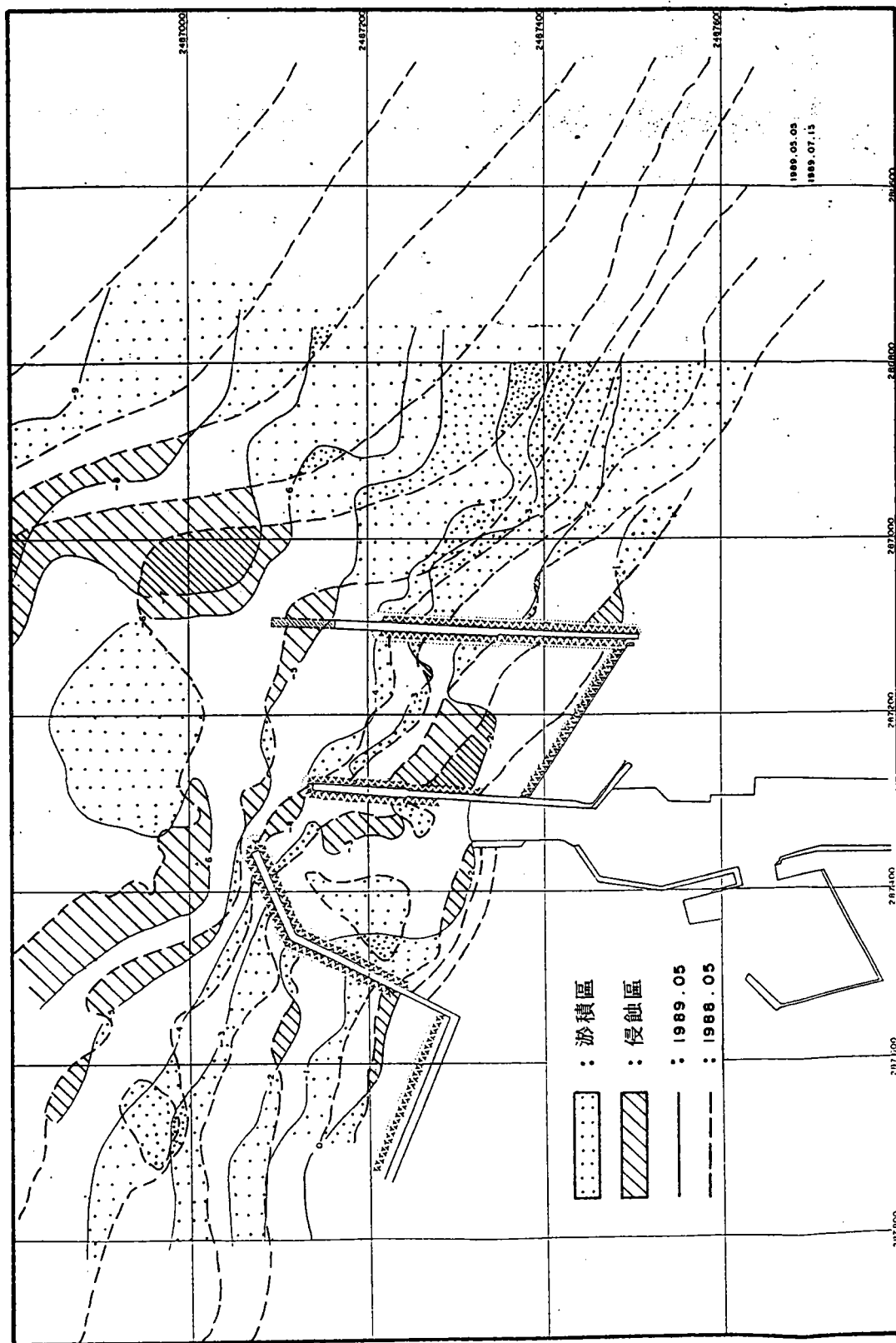


圖 5-b 中芸漁港附近水域七十八年與七十七年水深測量比較圖

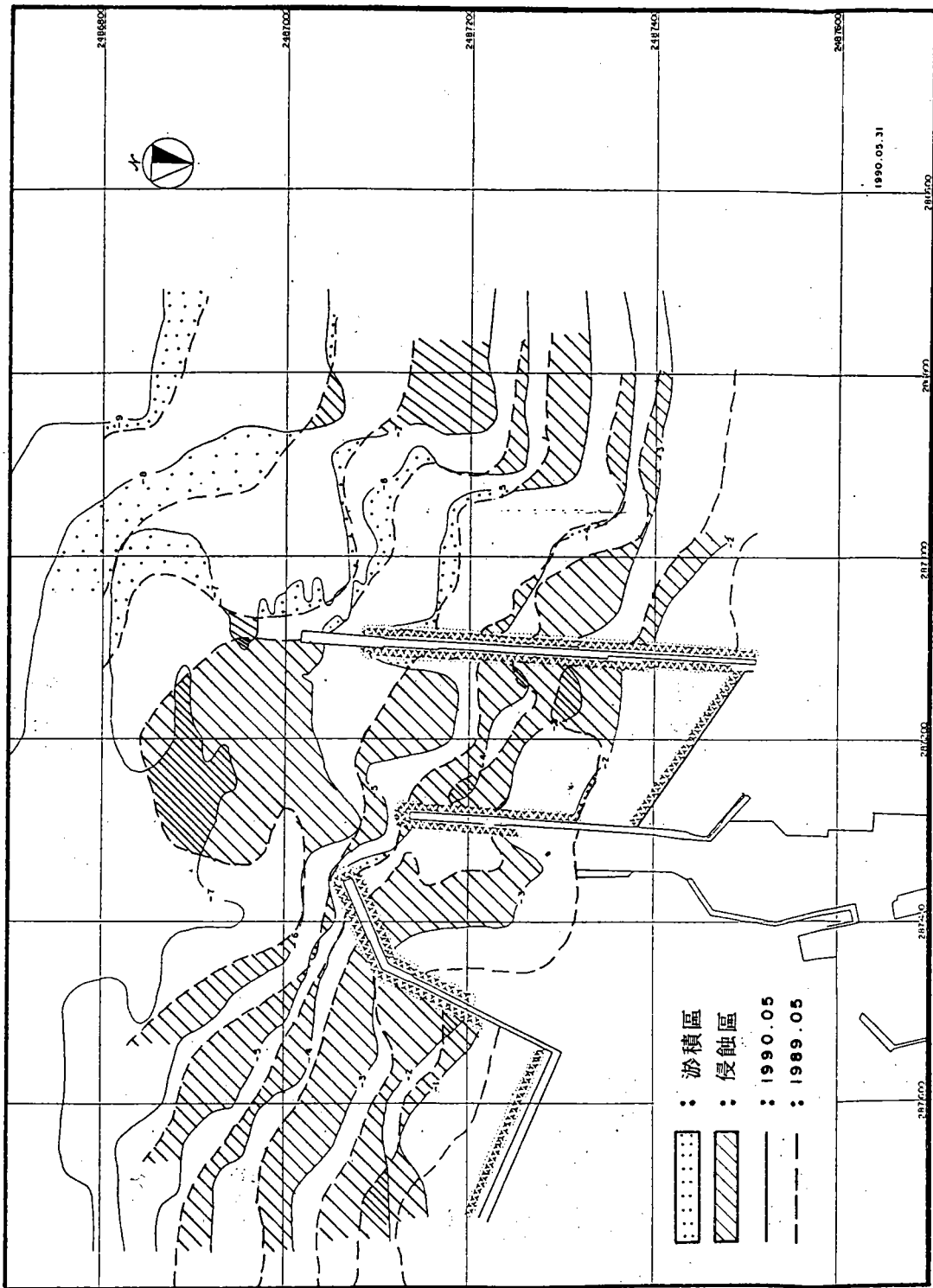


圖 5-c 中芸漁港附近水域七十九年與七十八年水深測量比較圖

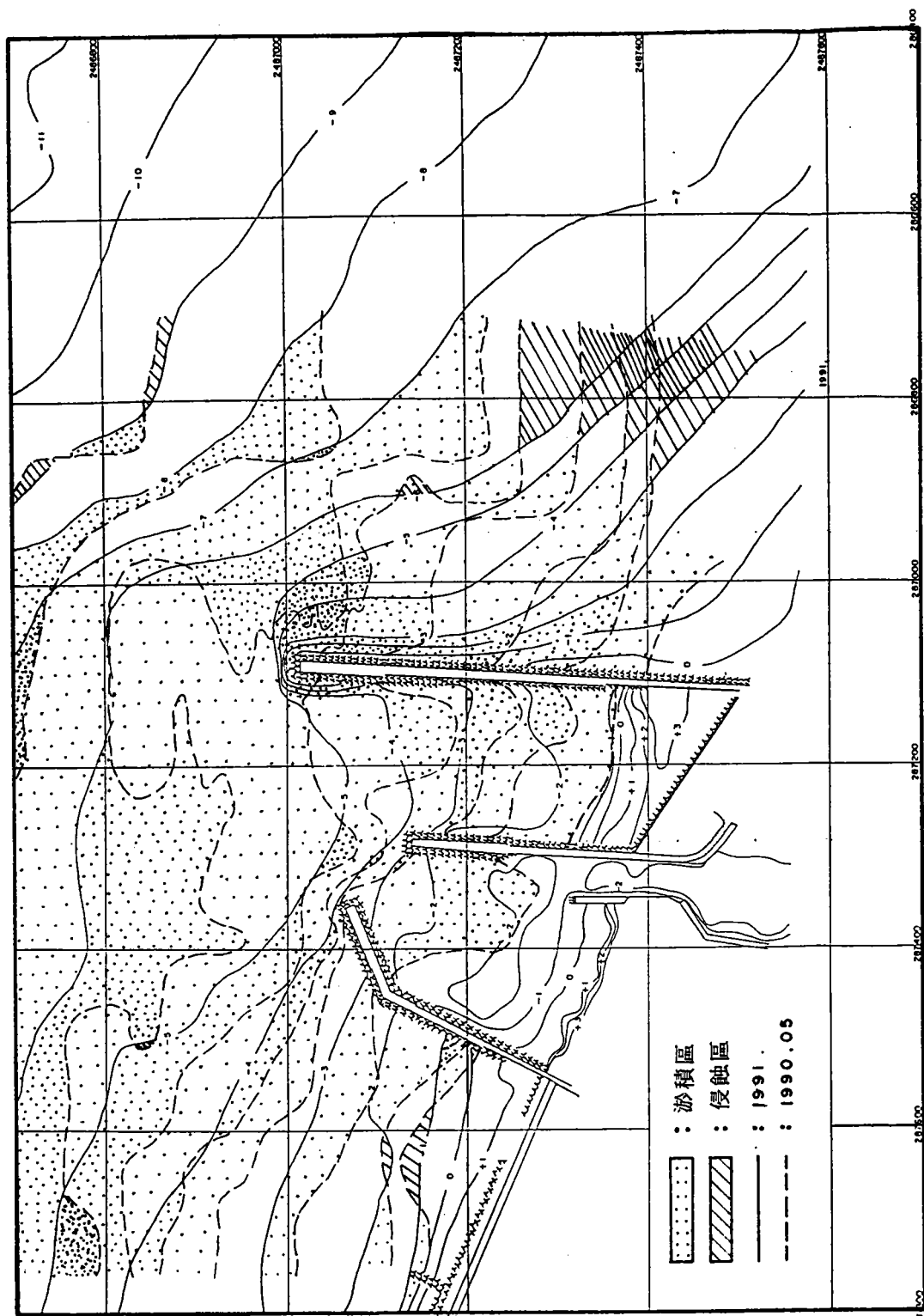


圖 5-d 中芸漁港附近水域八十年與七十九年水深測量比較圖

Layout: Dir: WNW

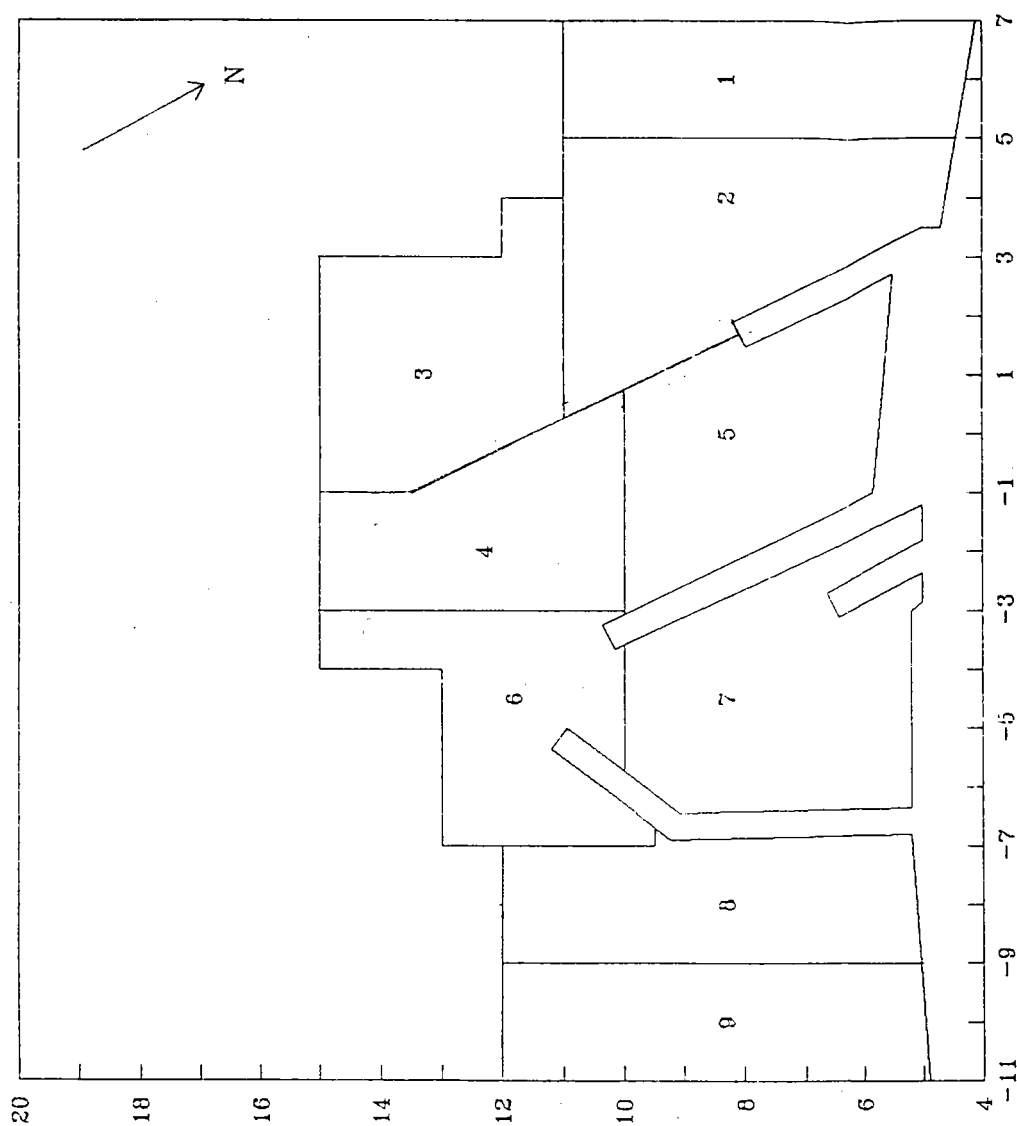


圖 6 中芸漁港附近水域資料分析各主要分區範圍示意圖

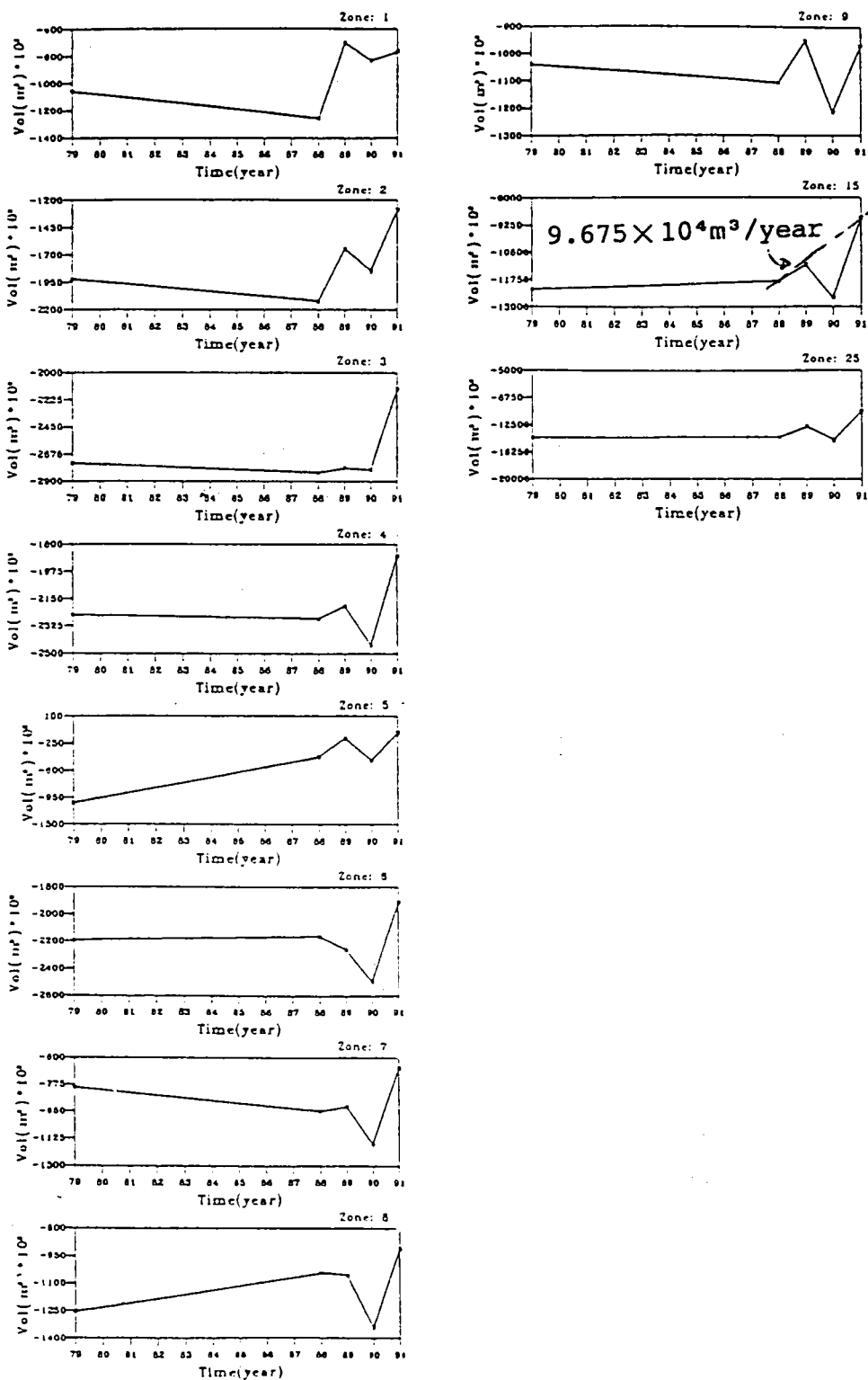


圖 7 中芸漁港附近水域各主要分區歷年土方量變化圖

二、預備試驗結果及討論

根據中芸漁港歷次水深圖資料分析研判，該漁港結構物鄰近水域地形土方量並無明顯變化趨勢，惟就長期研判，自民國七十七年當西防沙堤開始興建以後，該區土方量則以平均每年約10萬米立方速率逐年呈淤積現象，而此漂沙來源及方向當來自西向之鄰近海域地形變化當無疑議，蓋中芸漁港東邊雖有河川輸沙量頗大之高屏溪，惟因在河溪入口處有一深達200公尺以上之深谷，為台灣西南海岸一明顯之漂沙走向分界，且根據中芸漁港附近海域波浪狀況分析結果顯示，全年最大波高在1.5公尺以下者佔94.3%，而週期在9秒以下者佔89.3%；冬季季風時台灣海峽中雖然NNE方向之強風，但在高雄地區附近，海岸風速因地形呈喇叭狀而風力分散之影響使得冬季季節風時，波浪主要由台灣海峽出口處分散而來；而於夏季季節風期間，波浪為風浪或遠處傳來之湧浪，波高均不大故為瞭解模型試驗與現場資料兩者間之時間縮尺，乃採用季節風WNW向波浪，波高為 1.87^m 、週期為 $6.5sec$ 、平均水位 $+1.02^m$ 以及無加沙條件下進行該項預備試驗，累積造波時間長達20個小時，試驗初期地形採用民國七十七社所測水深圖，西防沙堤長度為290公尺之配置以及報告中所指各分區範圍示意圖詳如圖6。

圖8，(a)～(i)為累積造波期間防波堤附近之地形變化

圖9，為造波期間各分區土方量變化

在季節風WNW向波浪作用下，該預備試驗結果顯示，造波初期第1個小時，各分區均呈侵蝕，直到累積造波時間達到9個小時以後，各分區土方量除第(1)區因位在造波上游區充當漂沙來源之供應者呈侵蝕現象外，其餘各分區則有緩慢呈淤積現象，而就中芸漁港全區而言包含第(2)區～第(8)區土方量如圖9第(15)區所示，自累積造波時間第9個小時開始則以 $5.44 \times 10^3 m^3/hr$ 速率呈淤積，若以該淤積速率換算為現場資料土方量淤積速率 $0.675 \times 10^4 m^3/year$ （參考圖7第(15)區），則時間縮尺

模型 1 小時 $\equiv$ 現場 17.7 年

若為安全計，取其一半值，則模型時間縮尺約略相當於現場 9 年。

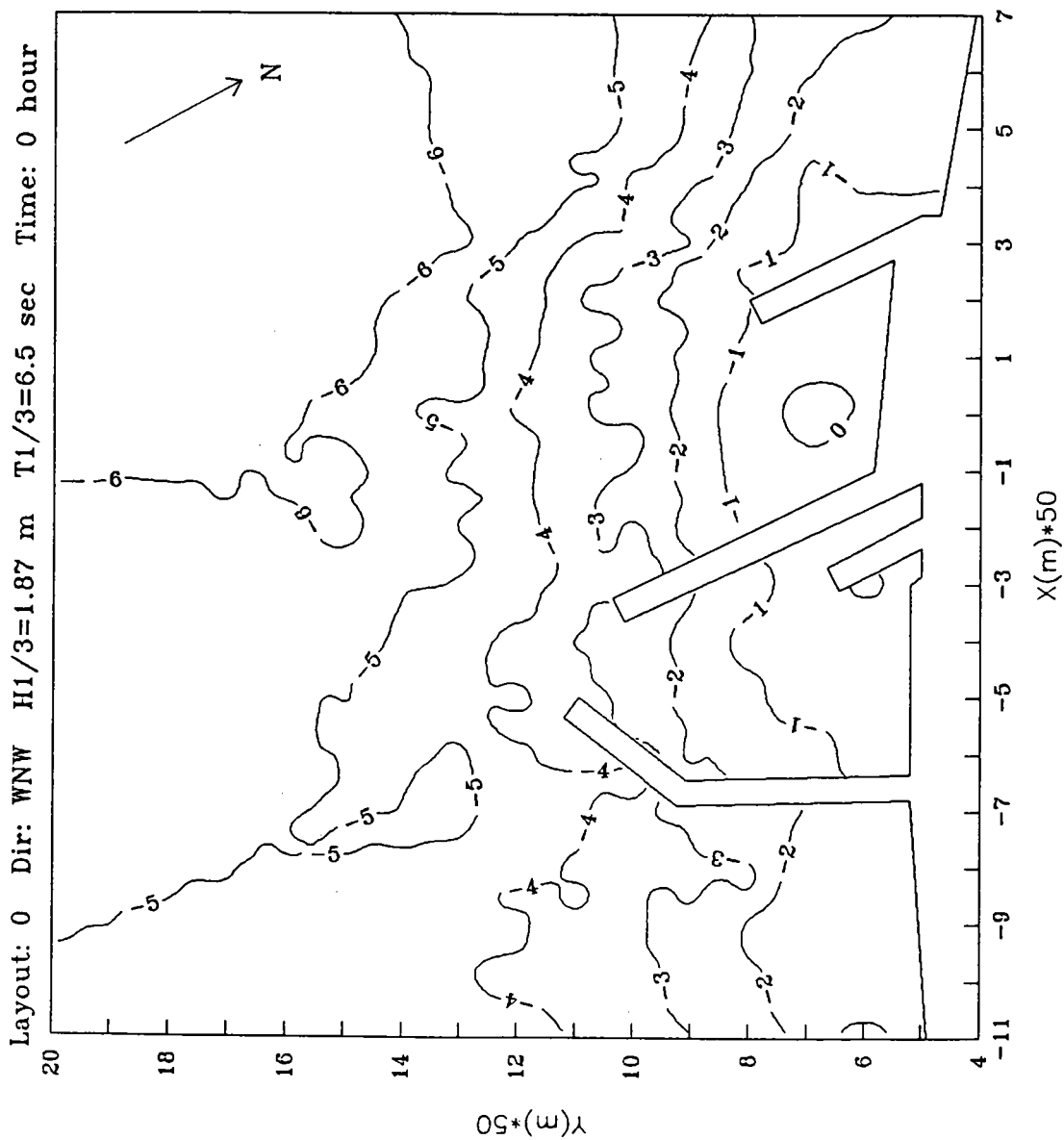


圖 8-a 預備試驗造波初期地形圖

Layout: 0 Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 1 hour

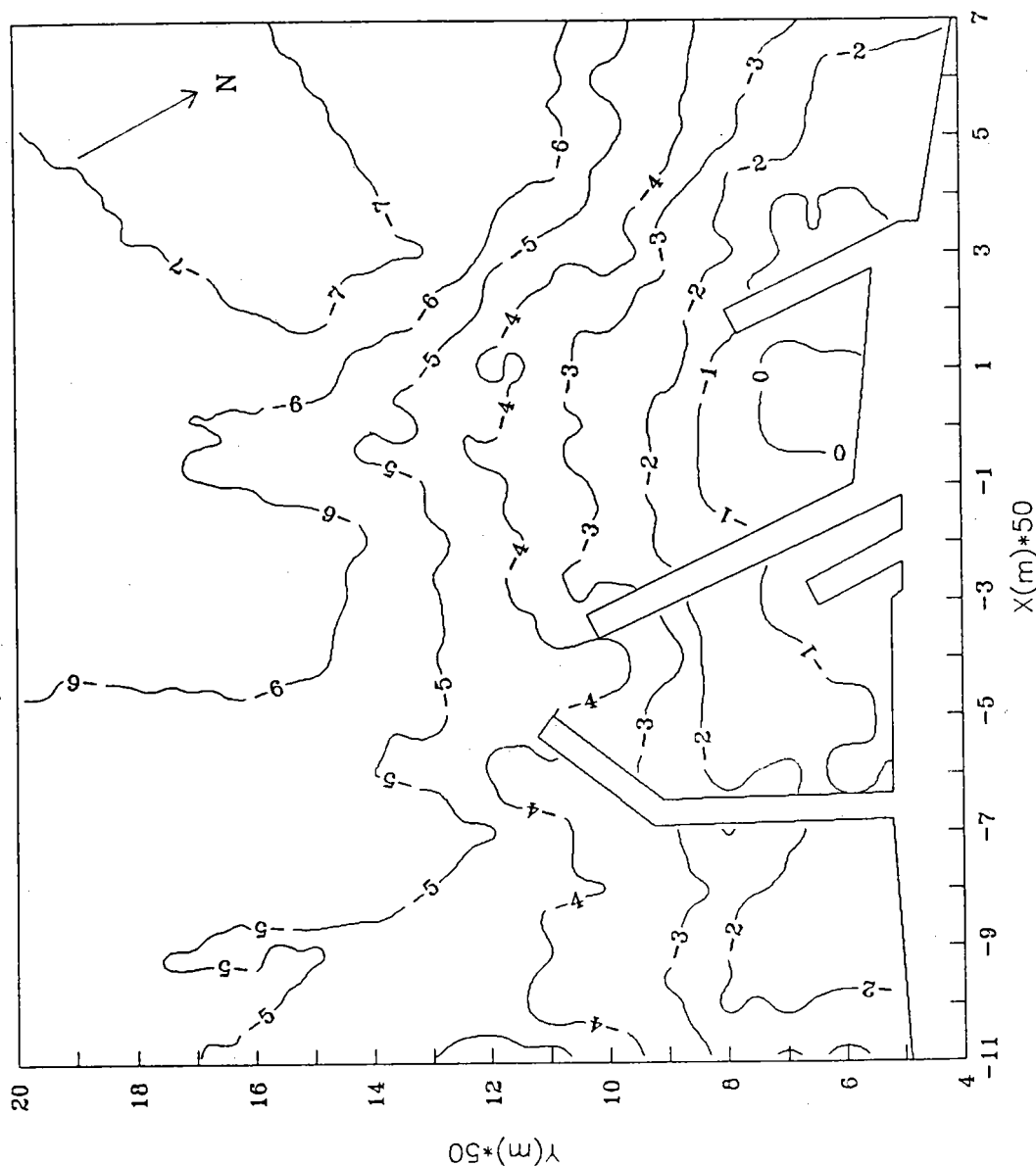


圖 8-b 預備試驗累積造波時間 1 小時後地形變化

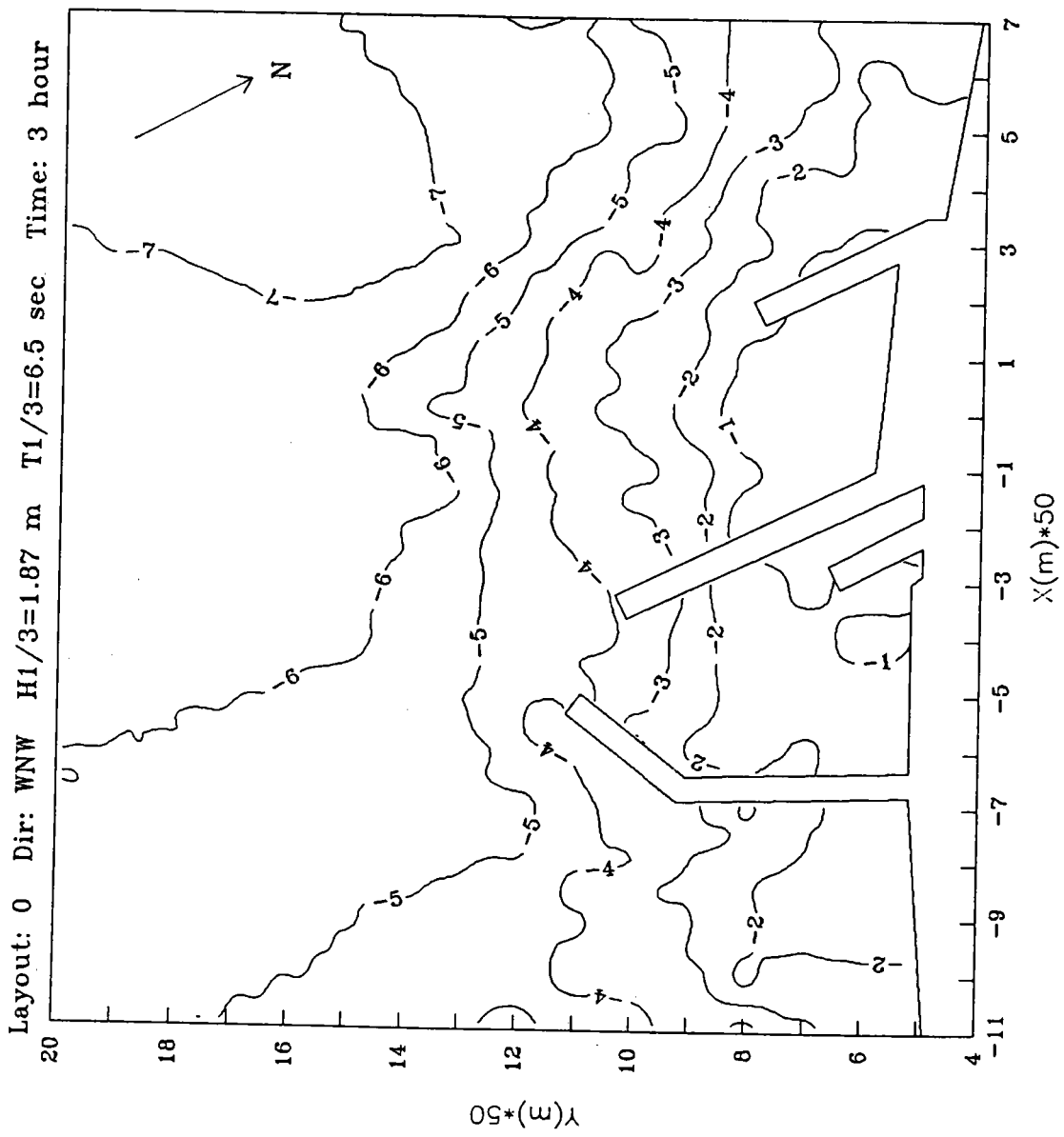


圖 8-c 預備試驗累積造波時間 3 小時後地形變化

Layout: 0 Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 5 hour

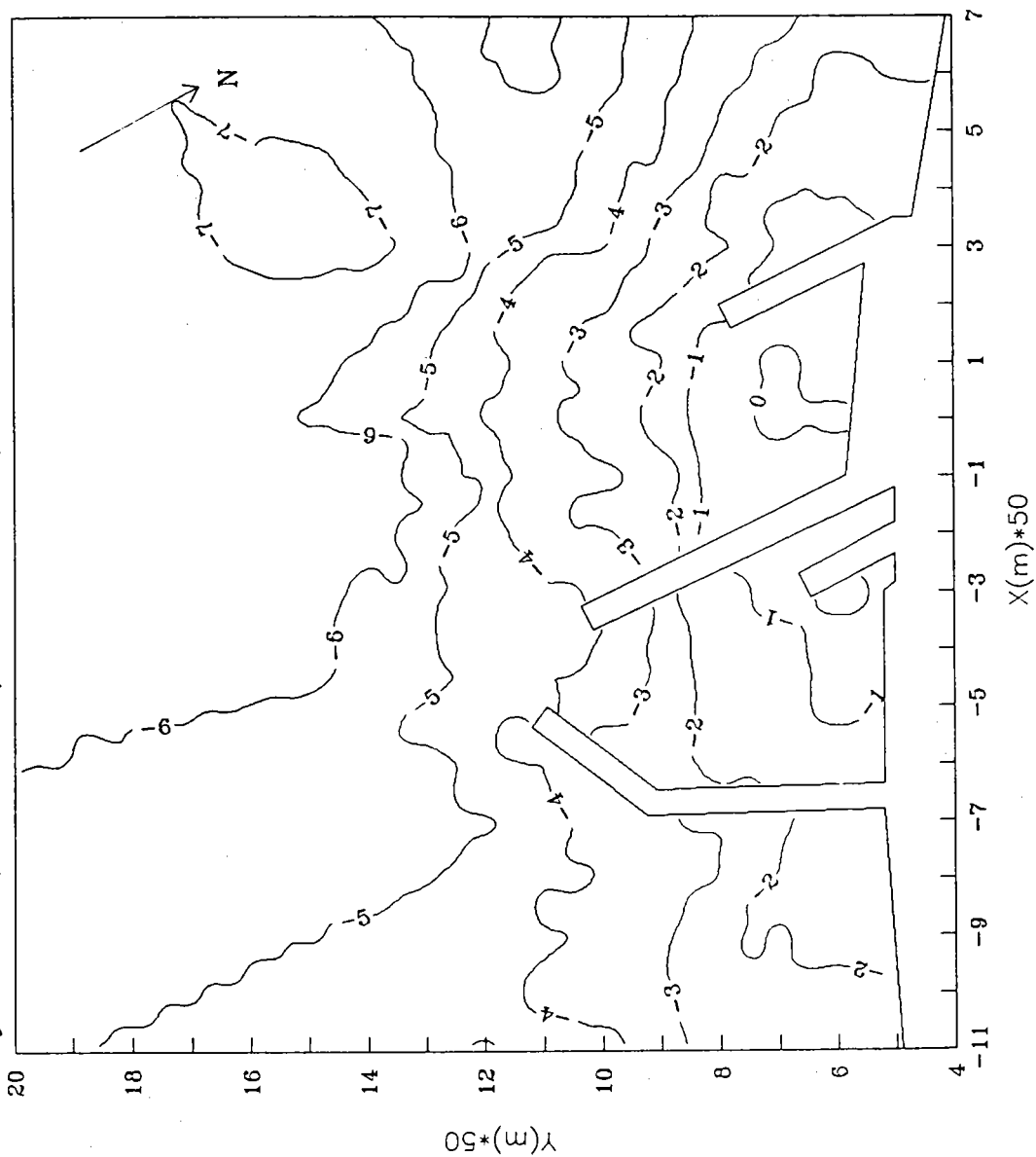


圖 8-d 預備試驗累積波造時間 5 小時後地形變化

Layout: 0 Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 7 hour

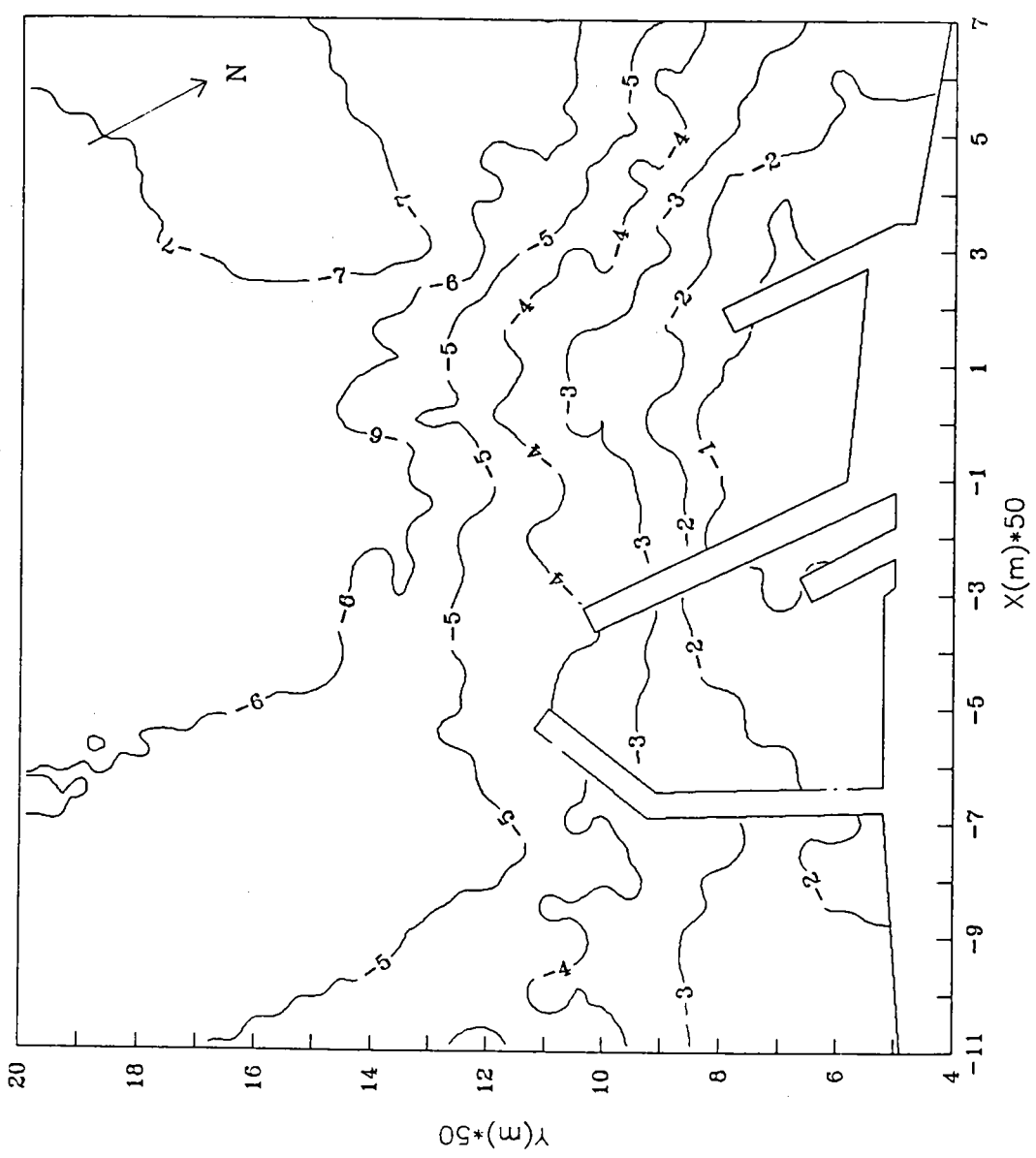


圖 8-e 預備試驗累積造波時間 7 小時後地形變化

Layout: 0 Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 9 hour

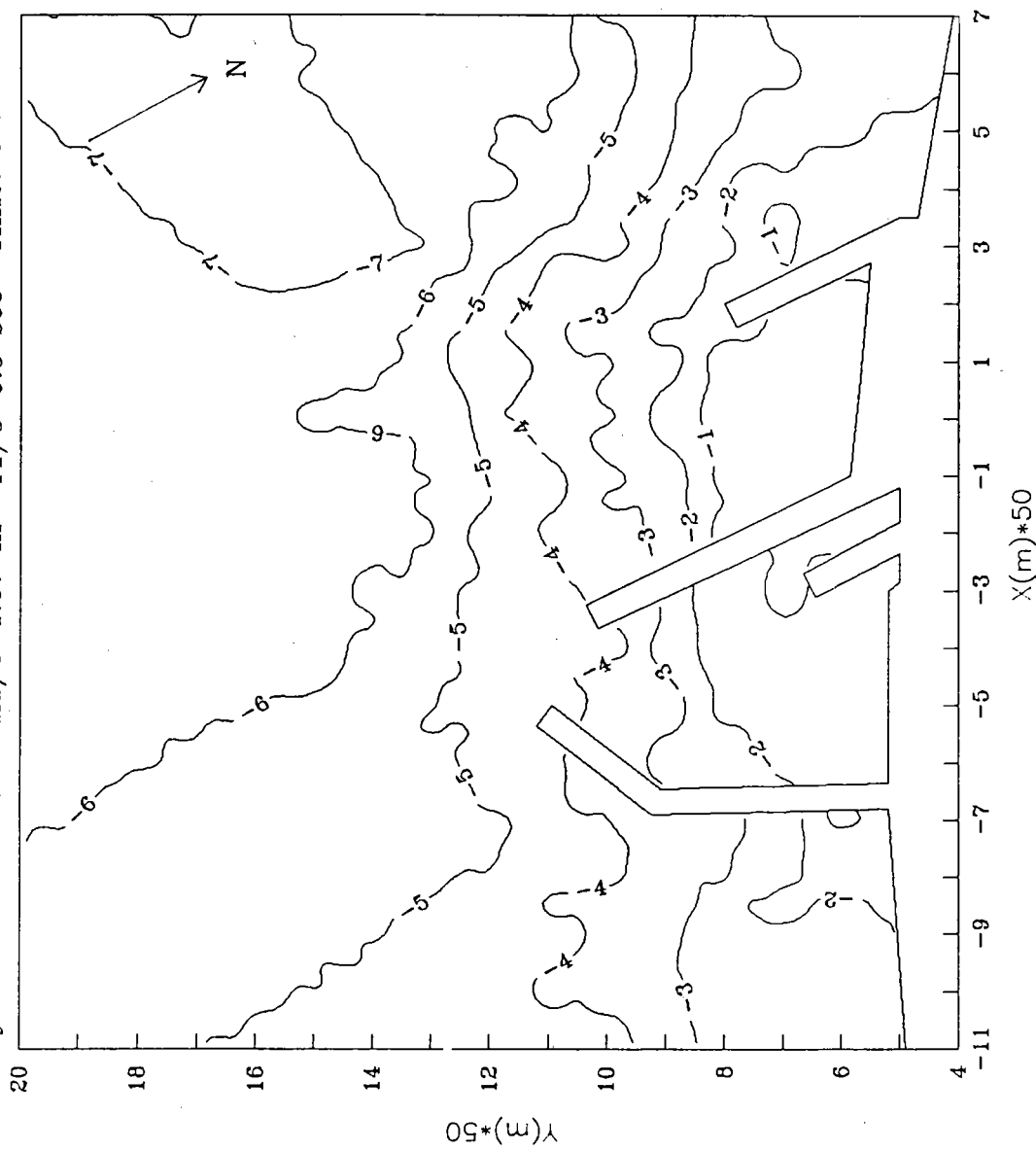


圖 8-f 預備試驗累積造波時間 9 小時後地形變化

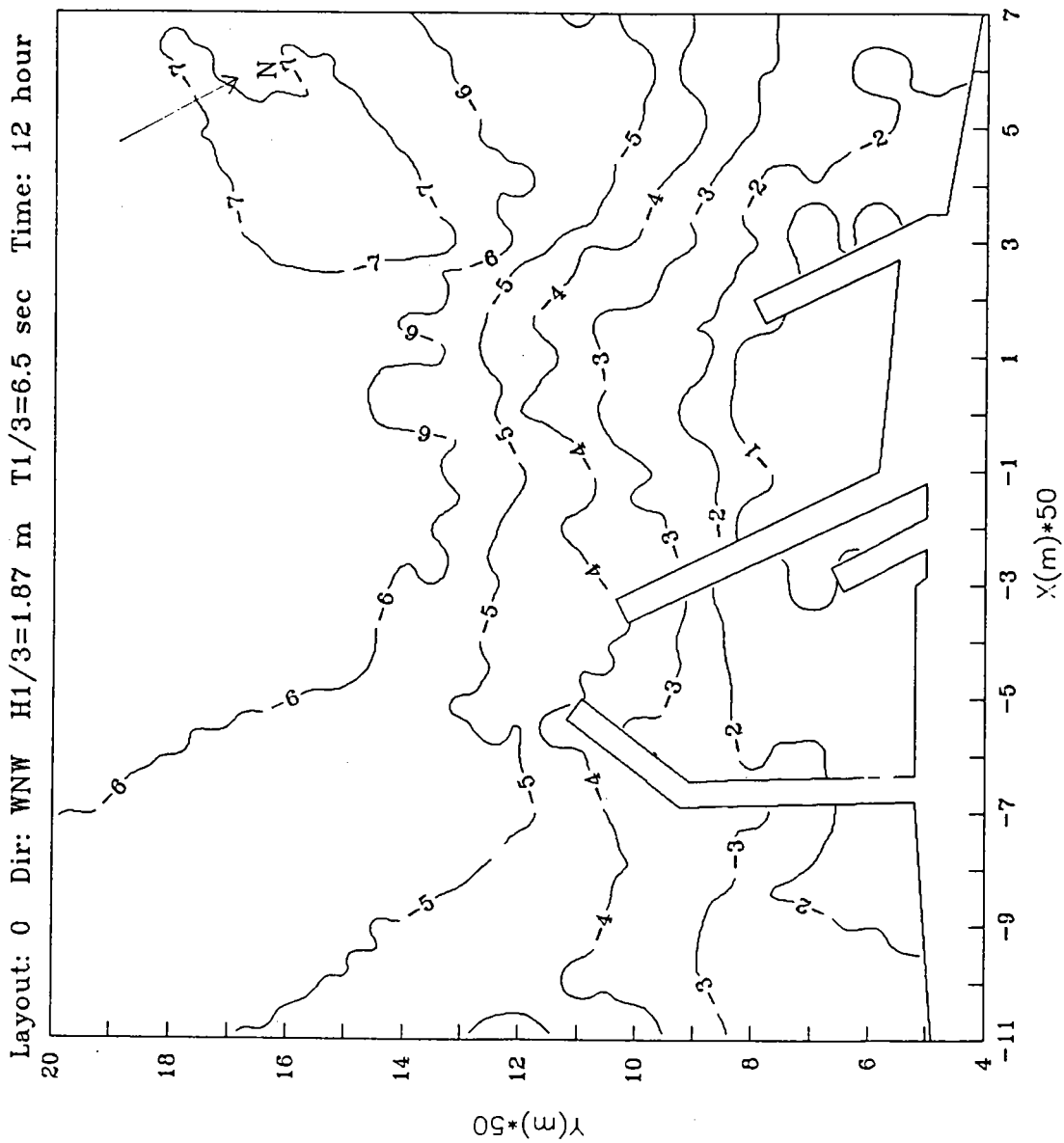


圖 8-g 預備試驗累積造波時間 12 小時後地形變化

Layout: 0 Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 15 hour

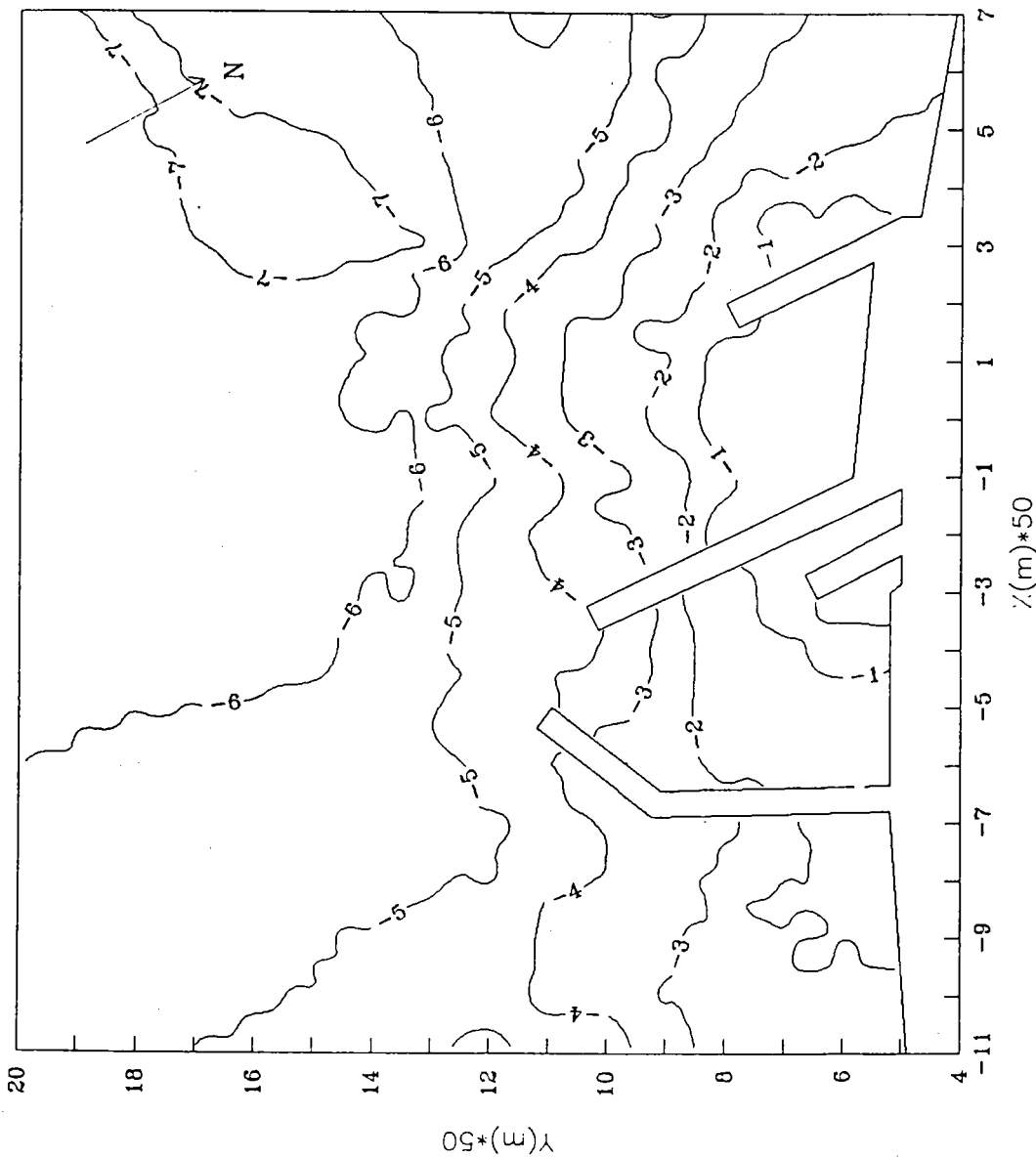


圖 8-h 預備試驗累積造波時間 15 小時後地形變化

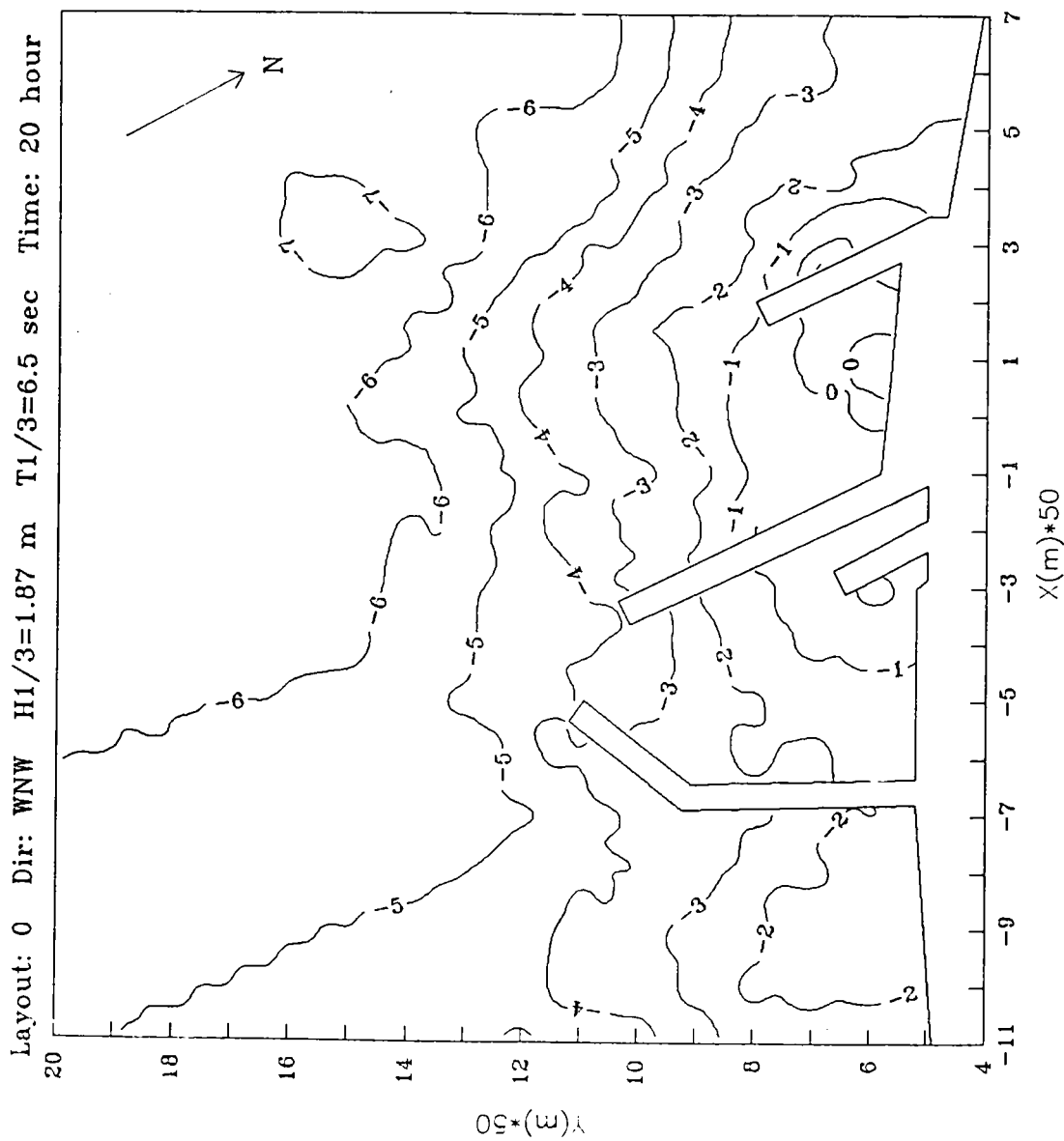


圖 8-i 預備試驗累積造波時間 20 小時後地形變化

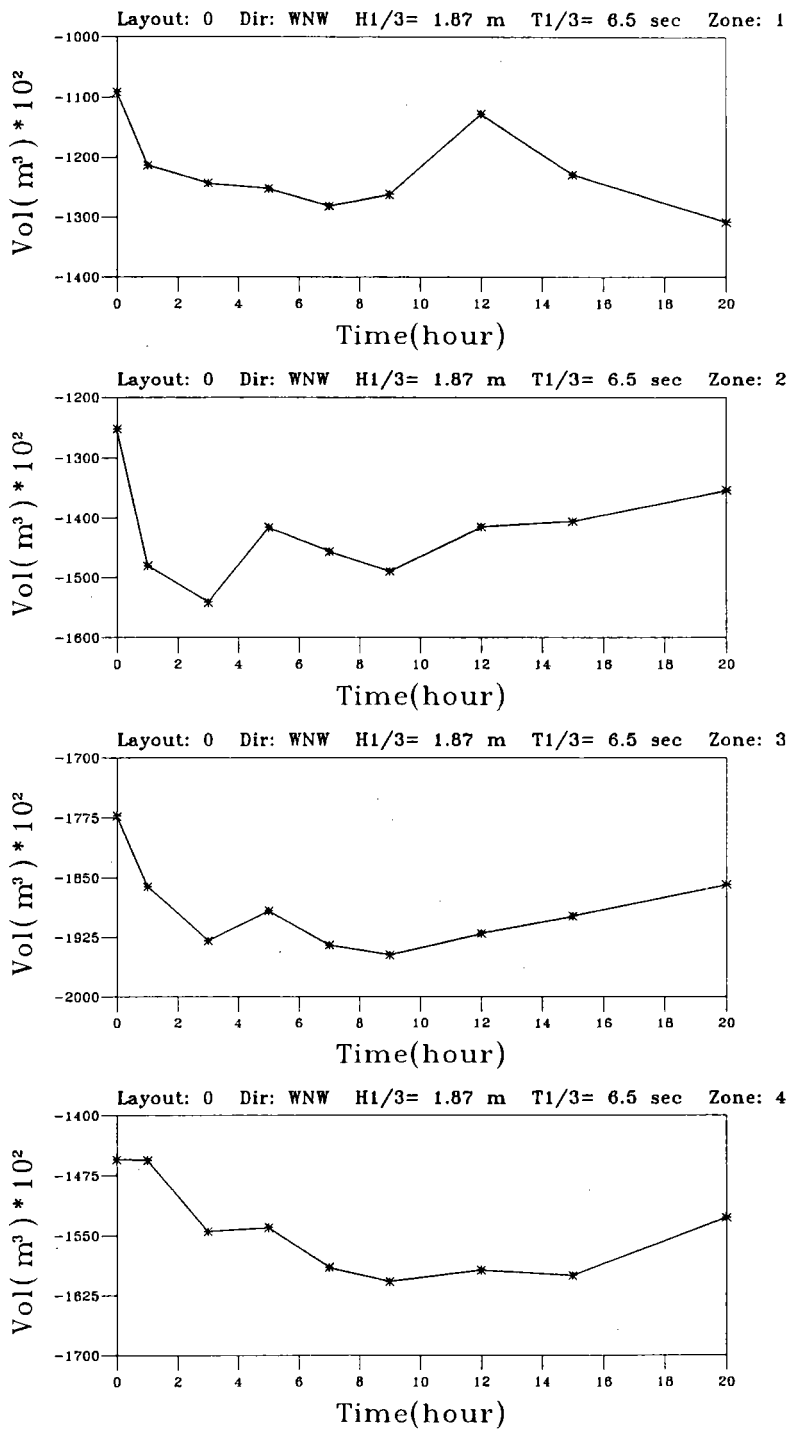


圖 9 預備試驗造波期間各主要分區之土方量變化

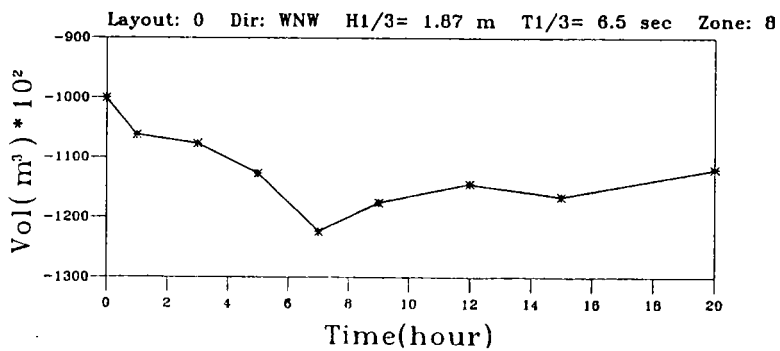
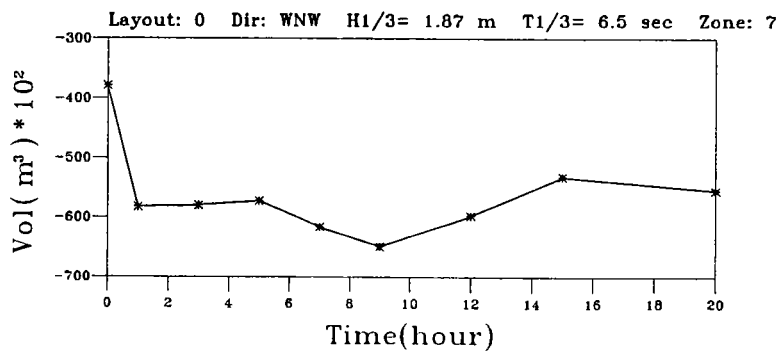
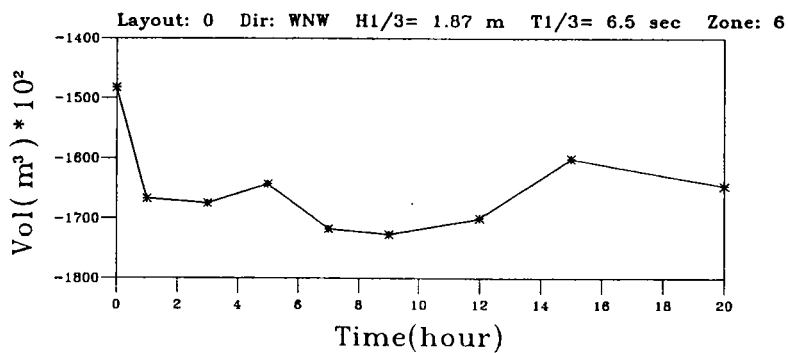
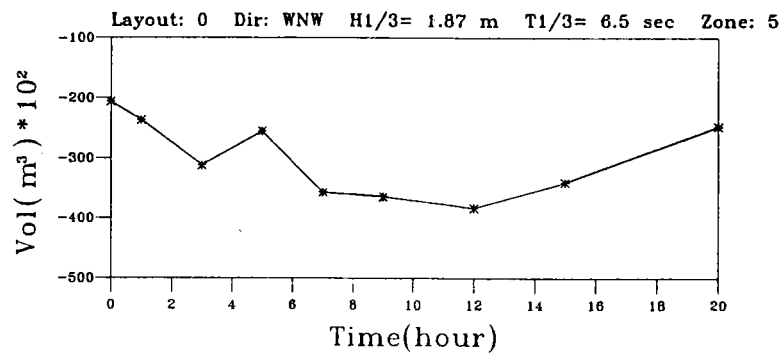


圖 9(續)預備試驗造波期間各主要分區之土方量變化

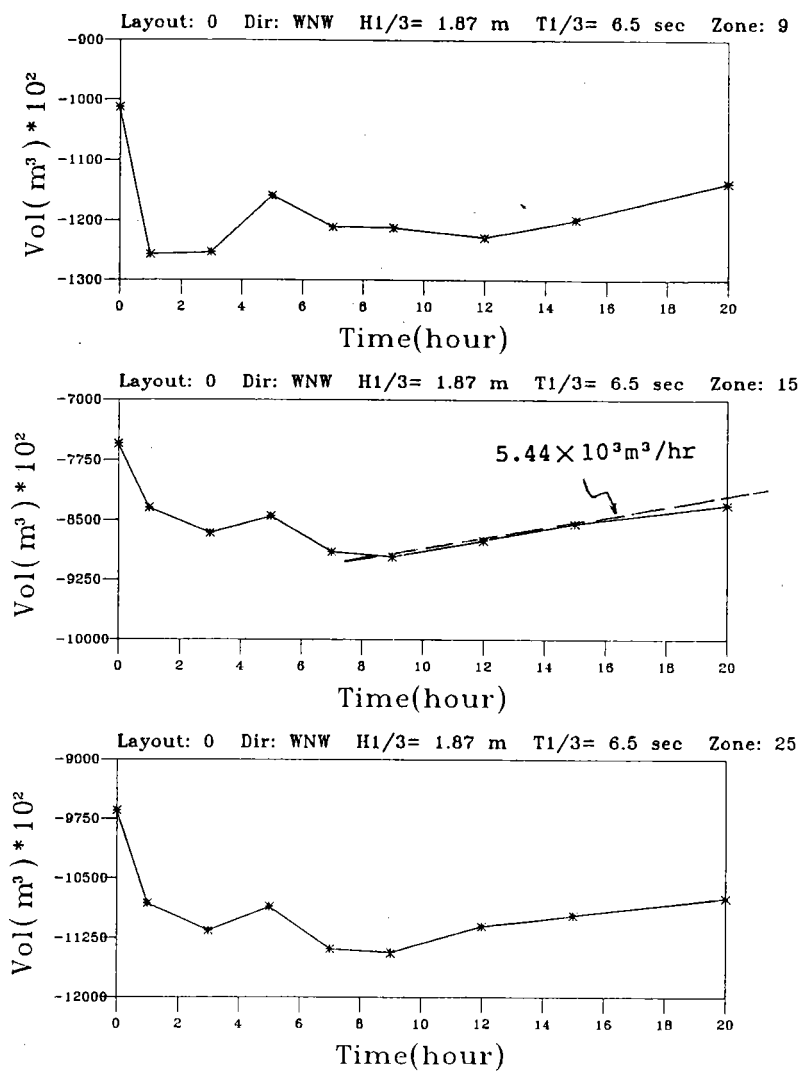


圖 9(續)預備試驗造波期間各主要分區之土方量變化

三、計劃佈置主試驗結果及討論

(一)佈置 A 試驗

佈置 A 為中芸漁港目前外廓防波堤現狀配置，西防沙堤長470公尺，試驗初期地形採用民國八十年漁技社所測水深圖，圖10(a)與(b)中數字，分別為報告資料分析圖表中所述主要水深點位置以及土方量變化各分區範圍示意圖，該佈置在無加沙條件下共進行二次颱風波浪、二次季節風波浪以及一次流況試驗，其中季節風波浪與颱風波浪累積造波時間分別為15個小時與9個小時，而圖表中第(15)區係指第(2)區～第(8)區土方量總和，第(25)區係指第(1)區～第(13)區之總和，謹將試驗結果分述如下：

1. 季節風 WNW 向波浪

(波高 $H=1.87\text{m}$ 、週期 $T=6.5\text{sec}$ 、平均水位 1.02m)

圖 11, (a)～(f)為累積造波期間防波堤附近之地形變化

圖 12, 為造波期間各分區之土方量變化

圖 13, 為造波期間各主要點之水深變化

試驗中各段時間之水深，土量變化分別摘要列如表3及表4。

季節風WNW方向波浪幾乎平行海岸線，累積造波時間累積3個小時後，試驗結果顯示，西防沙堤堤址處有淤積現象，該處之砂源來自其上游之鄰近區域，考慮在 -4m 等深線內共淤積 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$ ，在波浪上游區由於在沒有砂源補給條件下則呈侵蝕，且由於行進波浪受到西防沙堤反射作用結果，於堤頭附近處， -4m 、 -5m 等深線雖無顯著變化，惟 -6m 、 -7m 、 -8m 等水深線則有向海側外側趨勢；漁港航道區亦呈淤積，故在整個中芸漁港鄰近海域地形變化，累積造波時間達3個小時後

試驗結果顯示，除在第(1)區因無砂源補充情況下呈侵蝕狀外，其餘各區均呈淤積；累積造波時間達6個小時後，試驗結果顯示，西防沙堤以西除第(1)區、(10)區造波方向上游區仍呈侵蝕狀外，其餘各分區等深線並無顯著變化，惟此時西防沙堤與西防波堤間以及漁港入口航道區則呈侵蝕狀，-4m以上等深線有向陸側內移趨勢；整體而言，中芸漁港鄰近地形累積造波時間達6小時後，因在無沙源補充情況下呈侵蝕狀態；累積造波時間達9小時後，中芸漁港西防沙堤以西各等深線均有內移侵蝕趨勢；惟西防沙堤以東則略呈淤積然無明顯地形變化，而就整個中芸漁港結構物鄰近海域地形總土方量而言，則略呈淤積然並無明顯變化；當累積造波時間滿12個小時後，除第(4)、(6)、(8)、(9)及第(13)區略呈侵蝕現象外，其餘各區皆呈淤積狀，以第(1)區及第(10)區最為顯著，其土方量分別增加 $1.9 \times 10^4 \text{m}^3$ 與 $2.9 \times 10^4 \text{m}^3$ ，就整個海域地形變化而言，在該時段仍呈淤積狀(砂源均來自造波方向上游區)；迨累積造波時間達15小時，-4m、-5m、-6m、-7m以及-8m等深線已無顯著變化，故就佈置 A 整個現狀試驗結果顯示，在季節風WNW向波浪作用下，自累積造波時間6小時以後中芸漁港結構物鄰近海域均呈緩慢淤積現象，分別如圖12第(15)區、第(20)區以及第(25)區所示。照片1中(a)~(d)分別為季節風WNW向波浪作用下累積造波時間達15個小時後，(a)西防沙堤附近(b)漁港航道入口處(c)防波堤堤頭處(d)東防波堤鄰近區域等地形等深線，照片顯示，西防沙堤堤址處東西兩側均呈淤積並有+2m等深線出現，航道東側亦然，按照片中+4係指模型中+4m等深線換算為現場地形則為+2m等深線。

Layout: A Dir: WNW SSE S SW

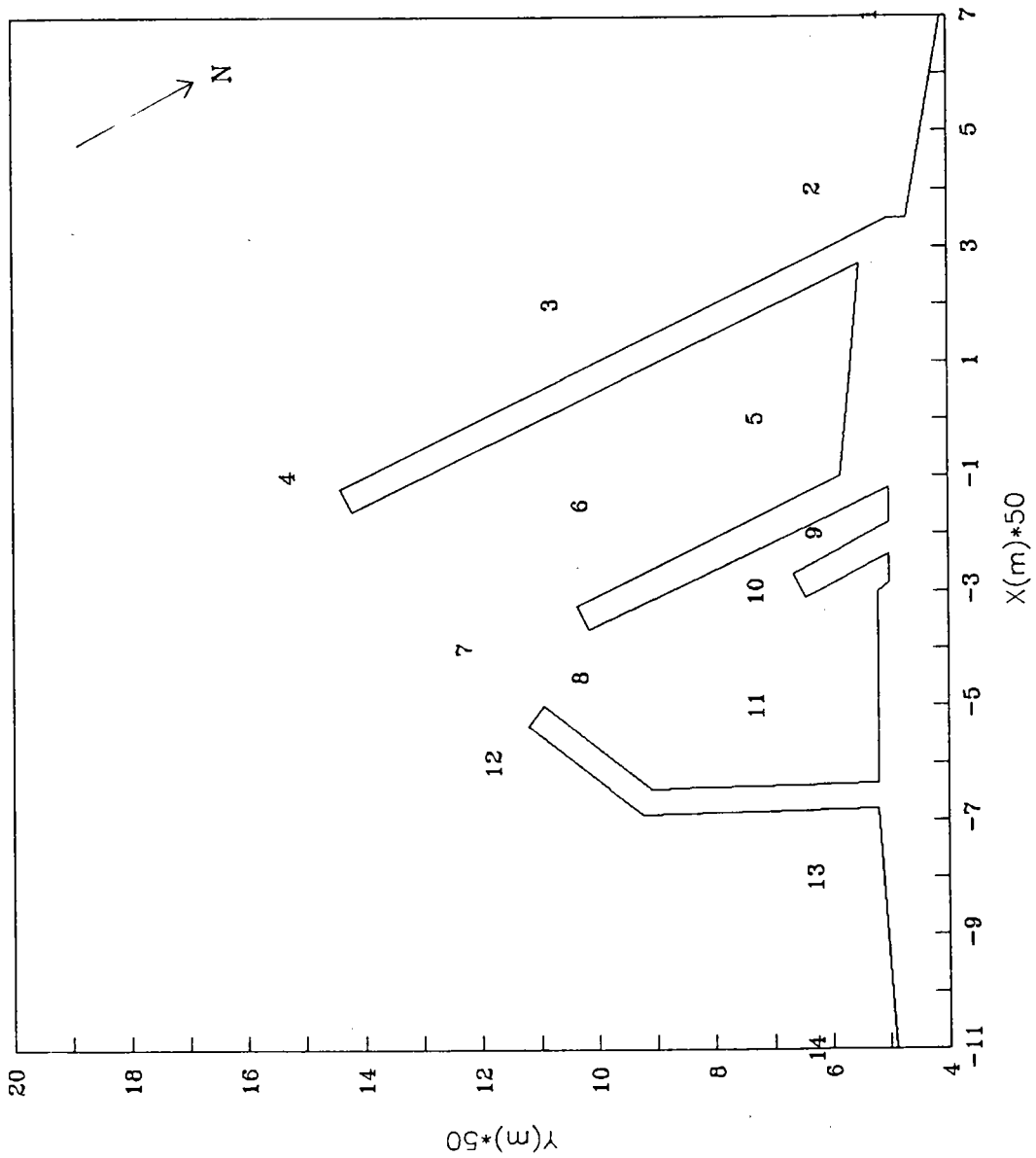


圖 10-a 佈置 A 試驗各主要水深點位置示意圖

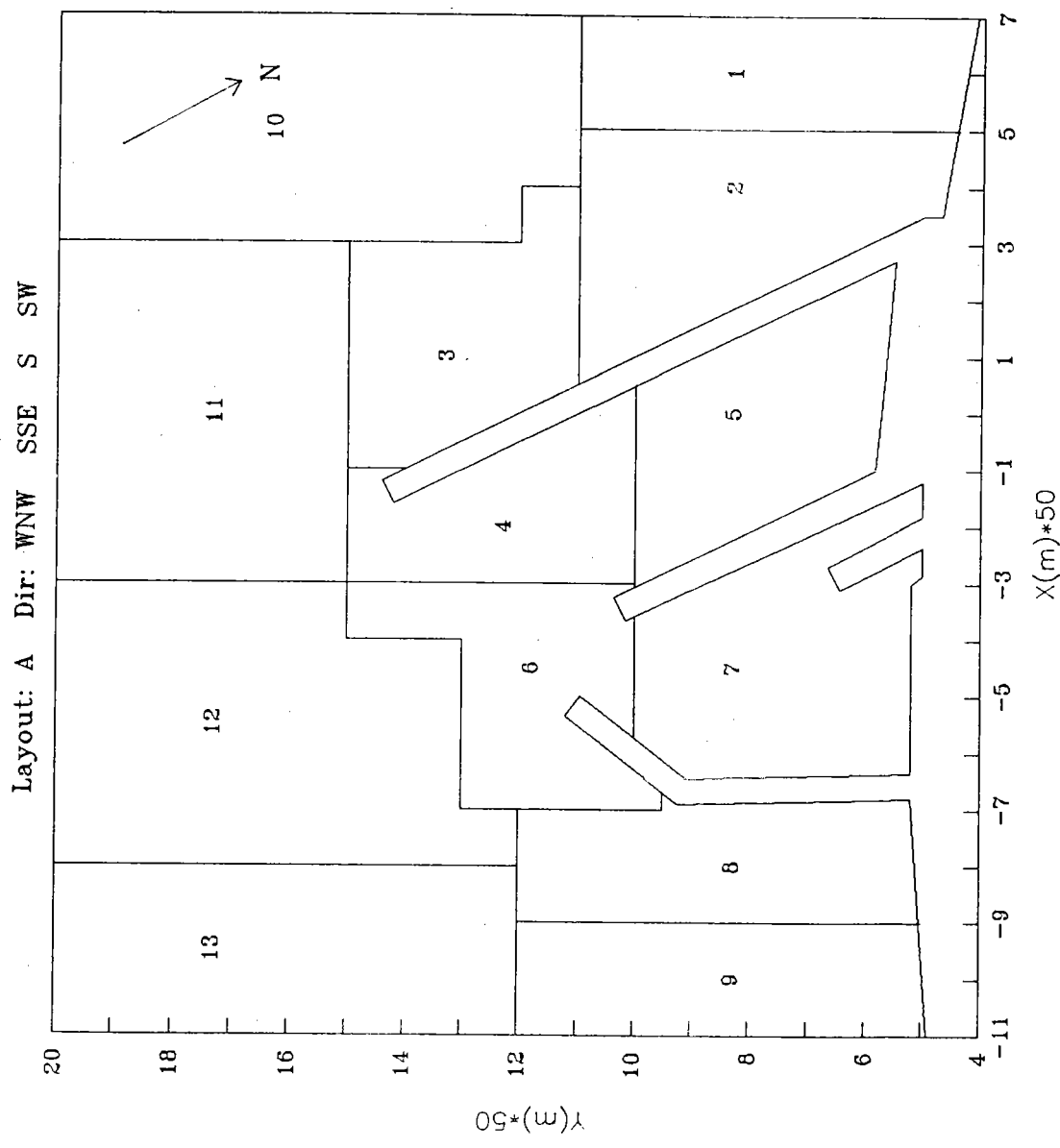
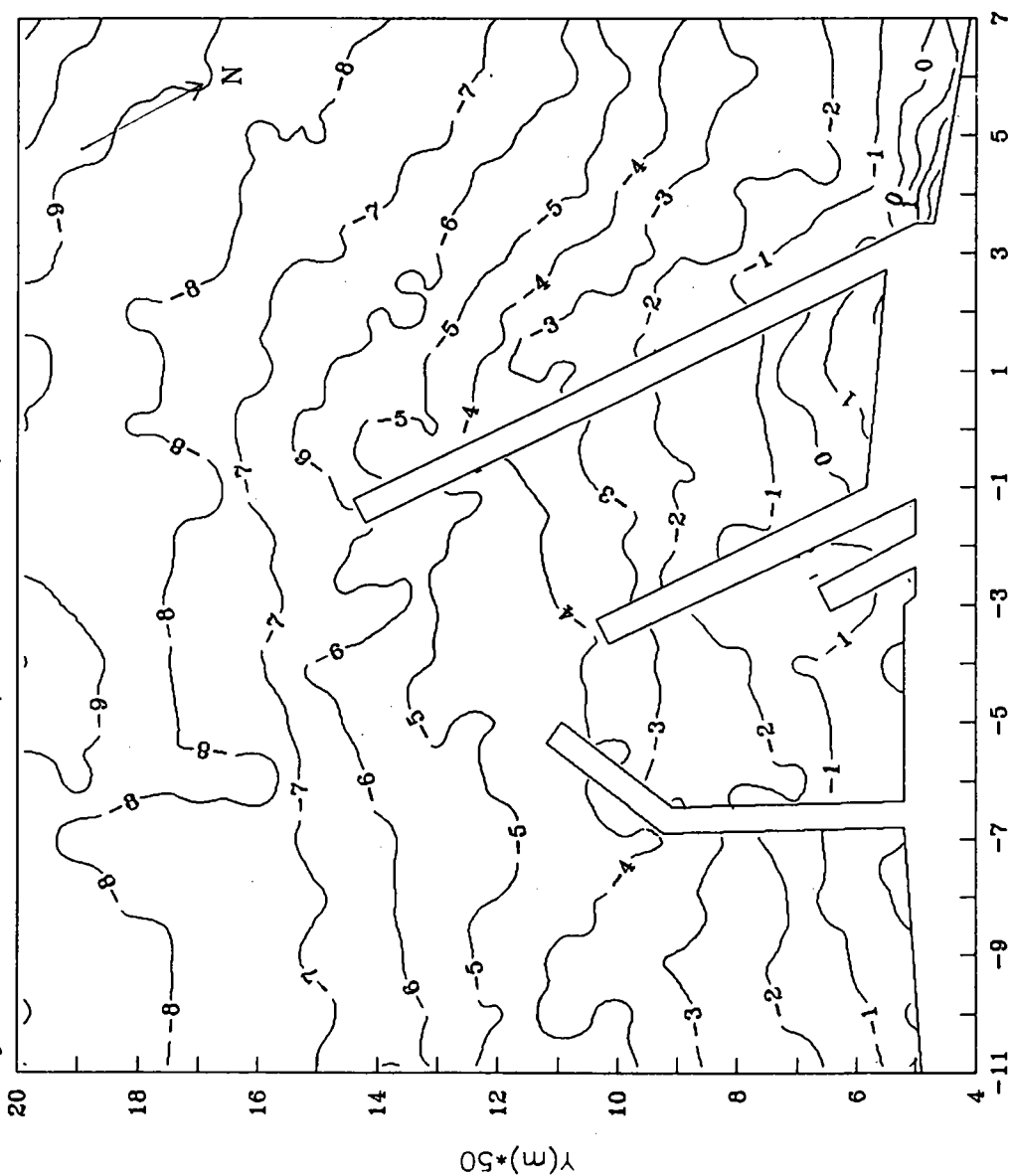


圖 10-b 佈置 A 試驗各主要分區範圍示意圖

Layout: A Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 0 hour



X(m)*50

圖 11-a 佈置 A 季節風 WNW 向波浪試驗造波初期地形圖

Layout: A Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 3 hour

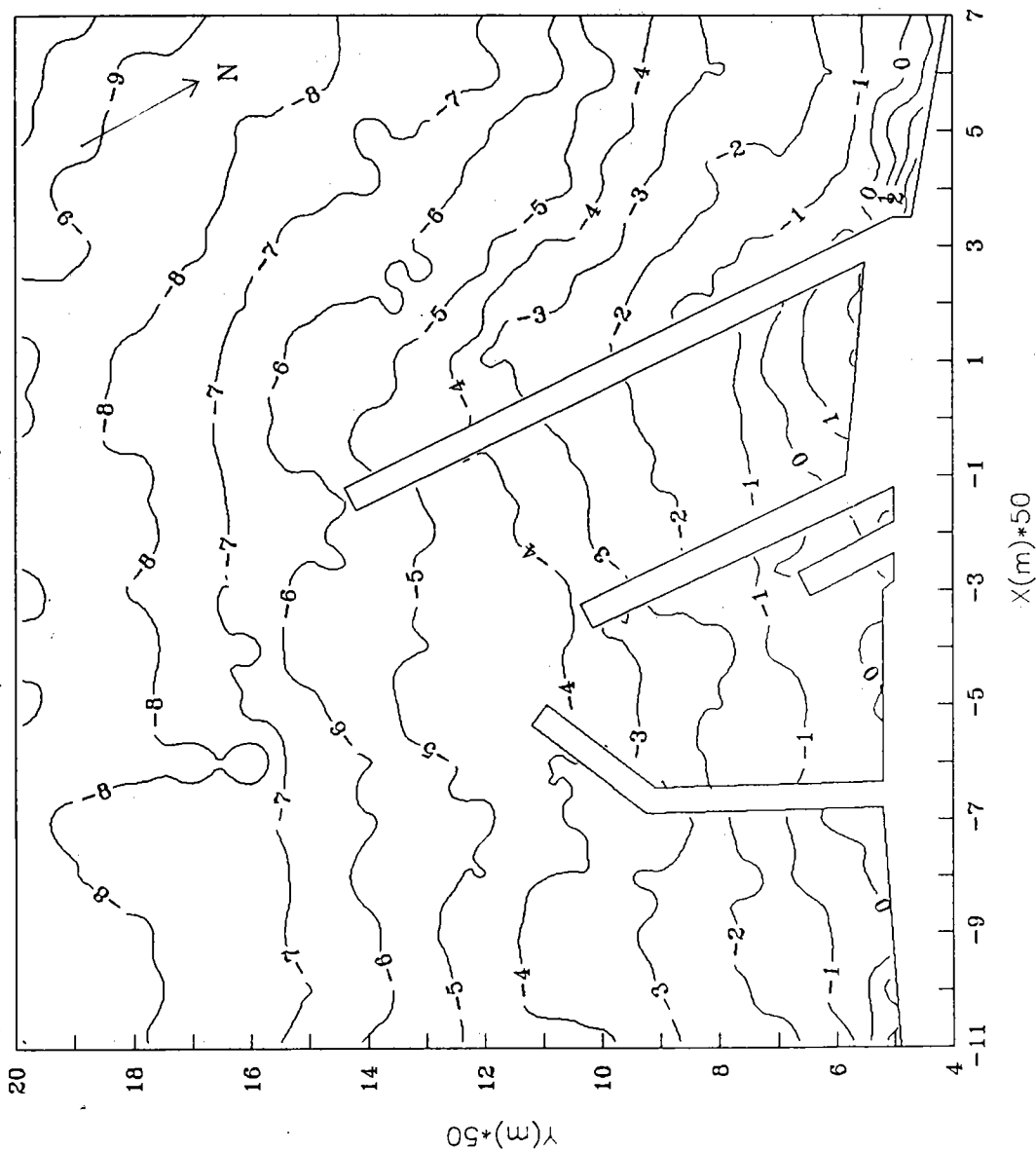


圖 11-b 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 3 小時後地形變化

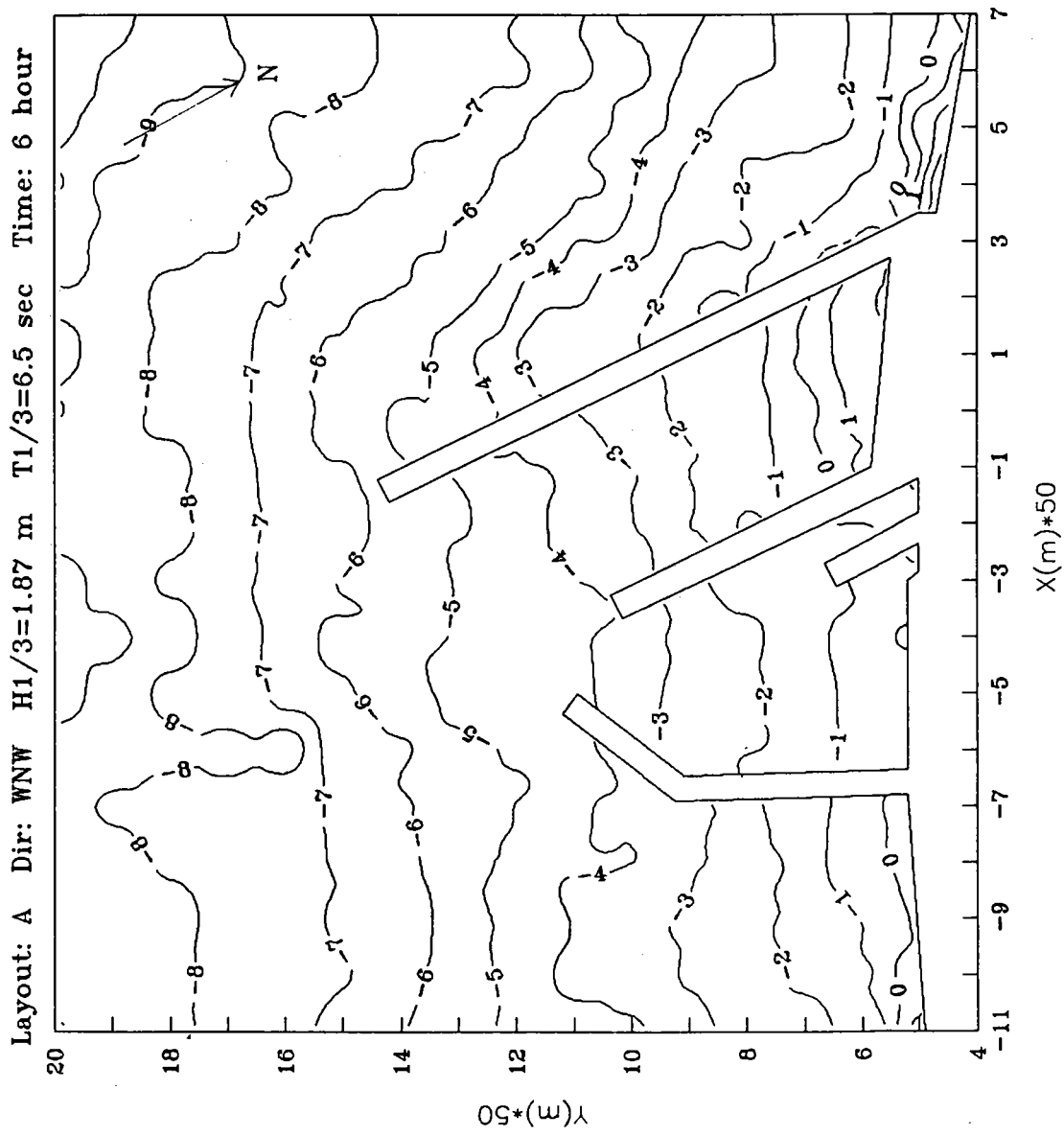


圖 11-c 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 6 小時後地形變化

Layout: A Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 9 hour

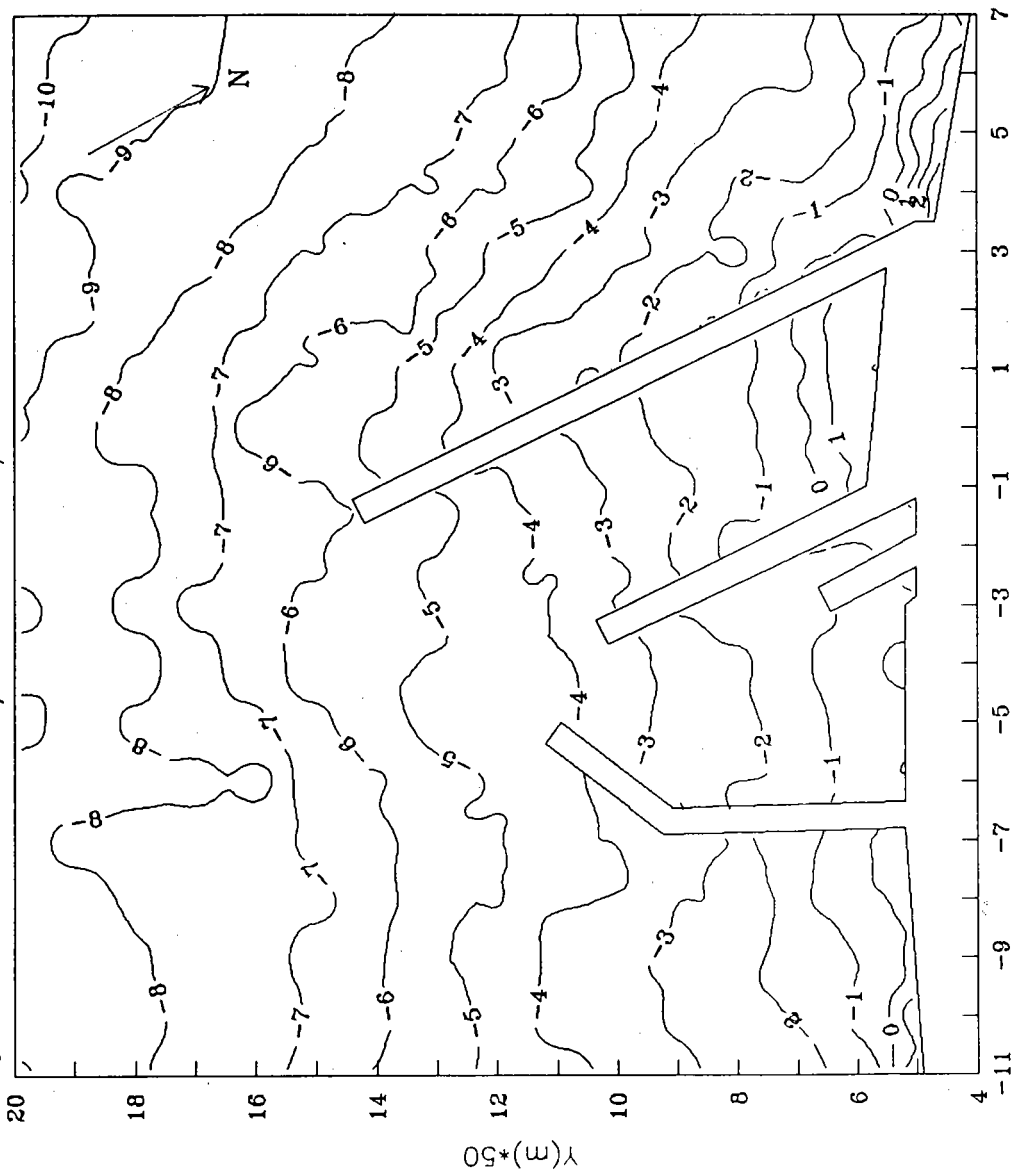


圖 11-d 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 9 小時後地形變化

Layout: A Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 12 hour

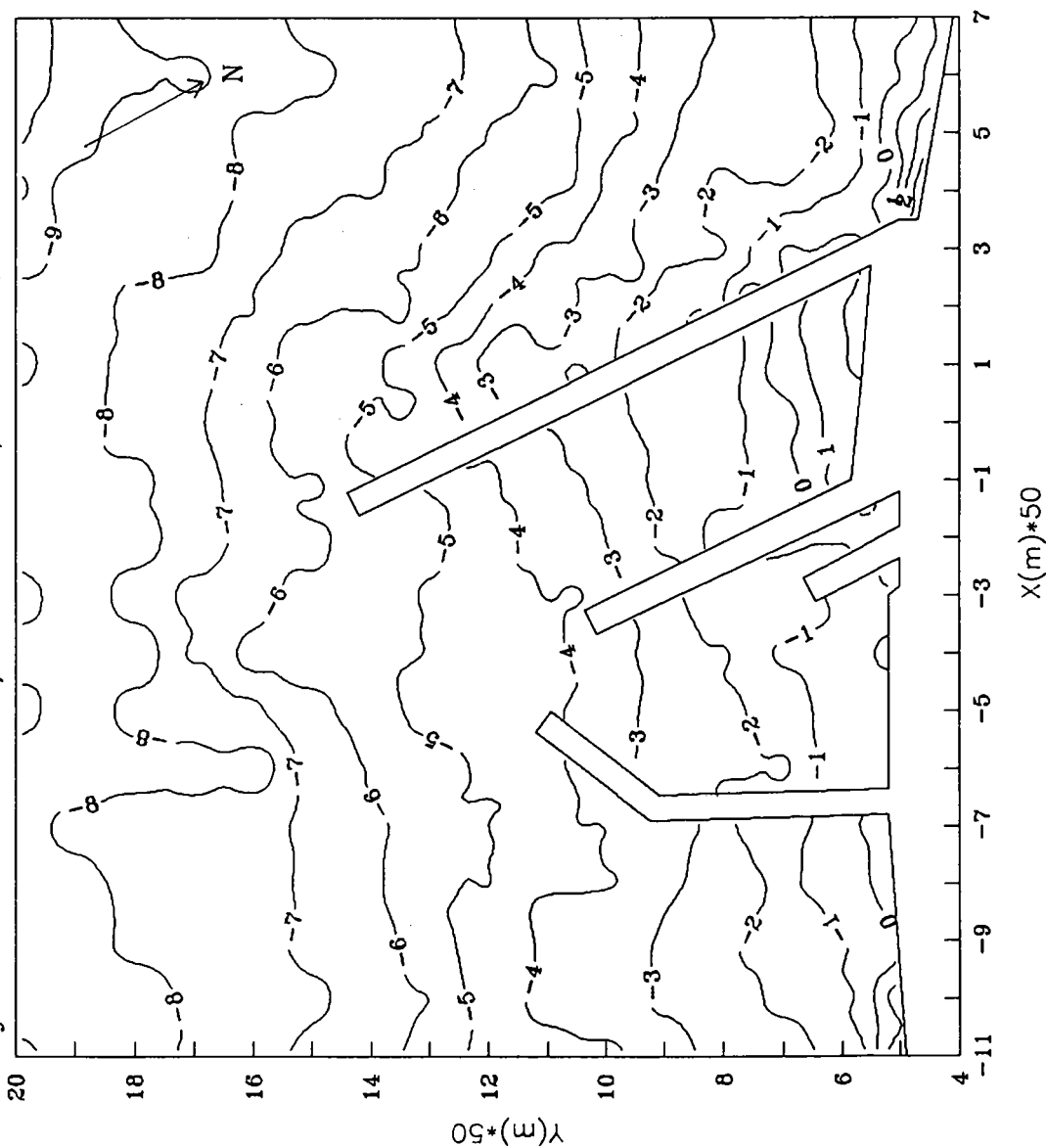


圖 11-e 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 12 小時後地形變化

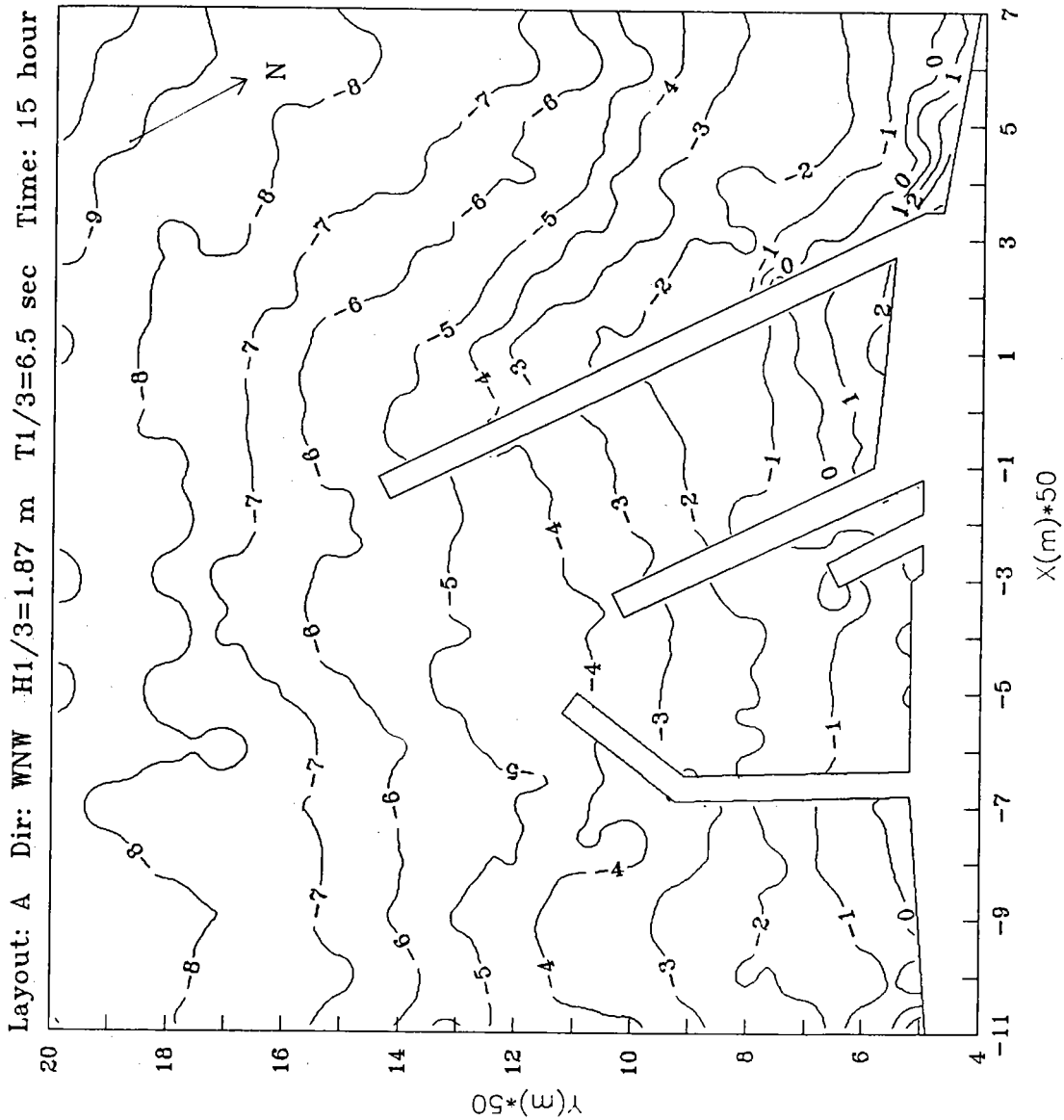


圖 11-f 佈置 A 季節風 WNW 向波浪累積造波時間 15 小時後地形變化

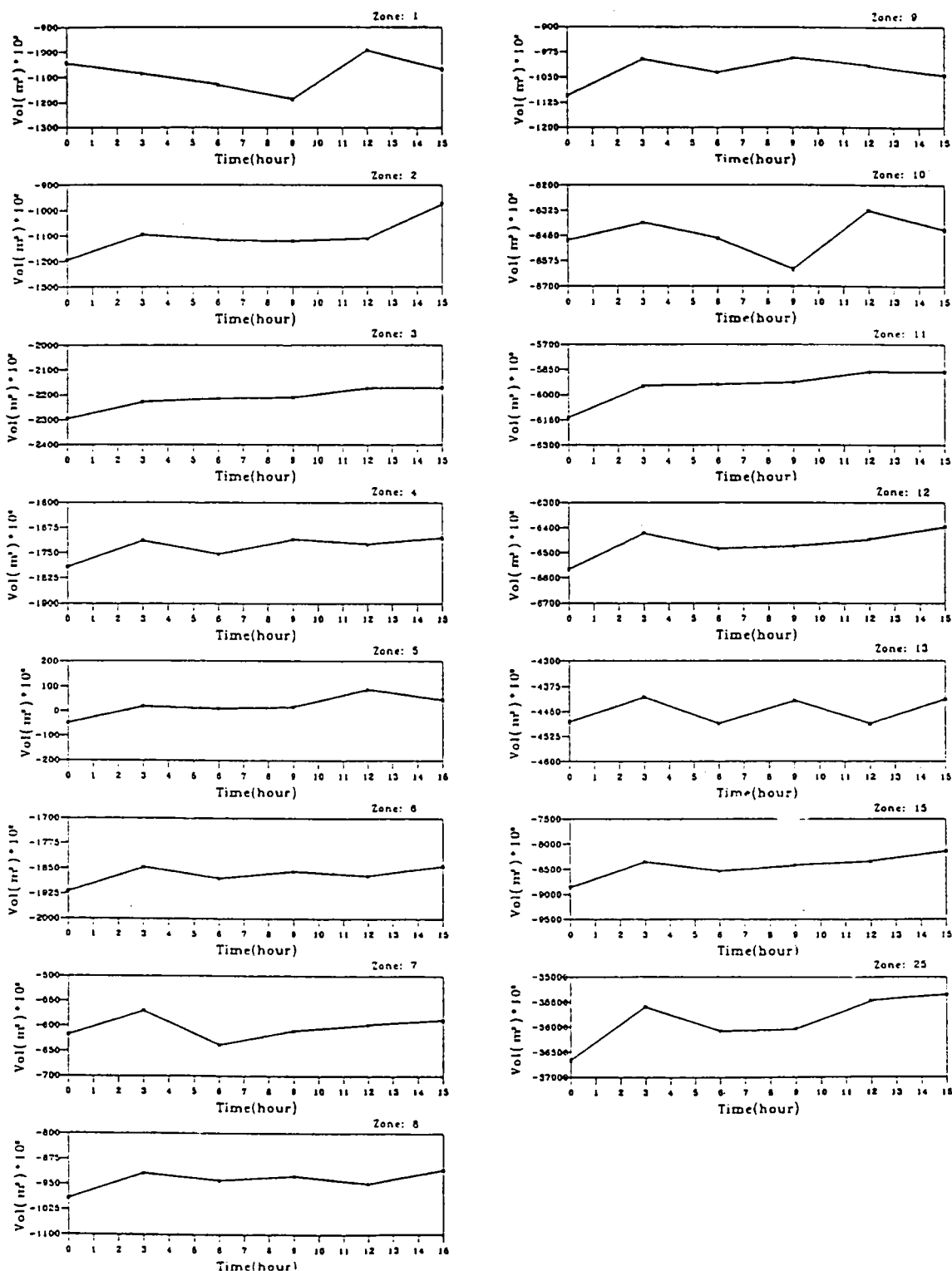


圖 12 佈置 A 季節風 WNW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: A Dir: WNW $H_{1/3}=1.87\text{m}$ $T_{1/3}=6.5\text{ sec}$

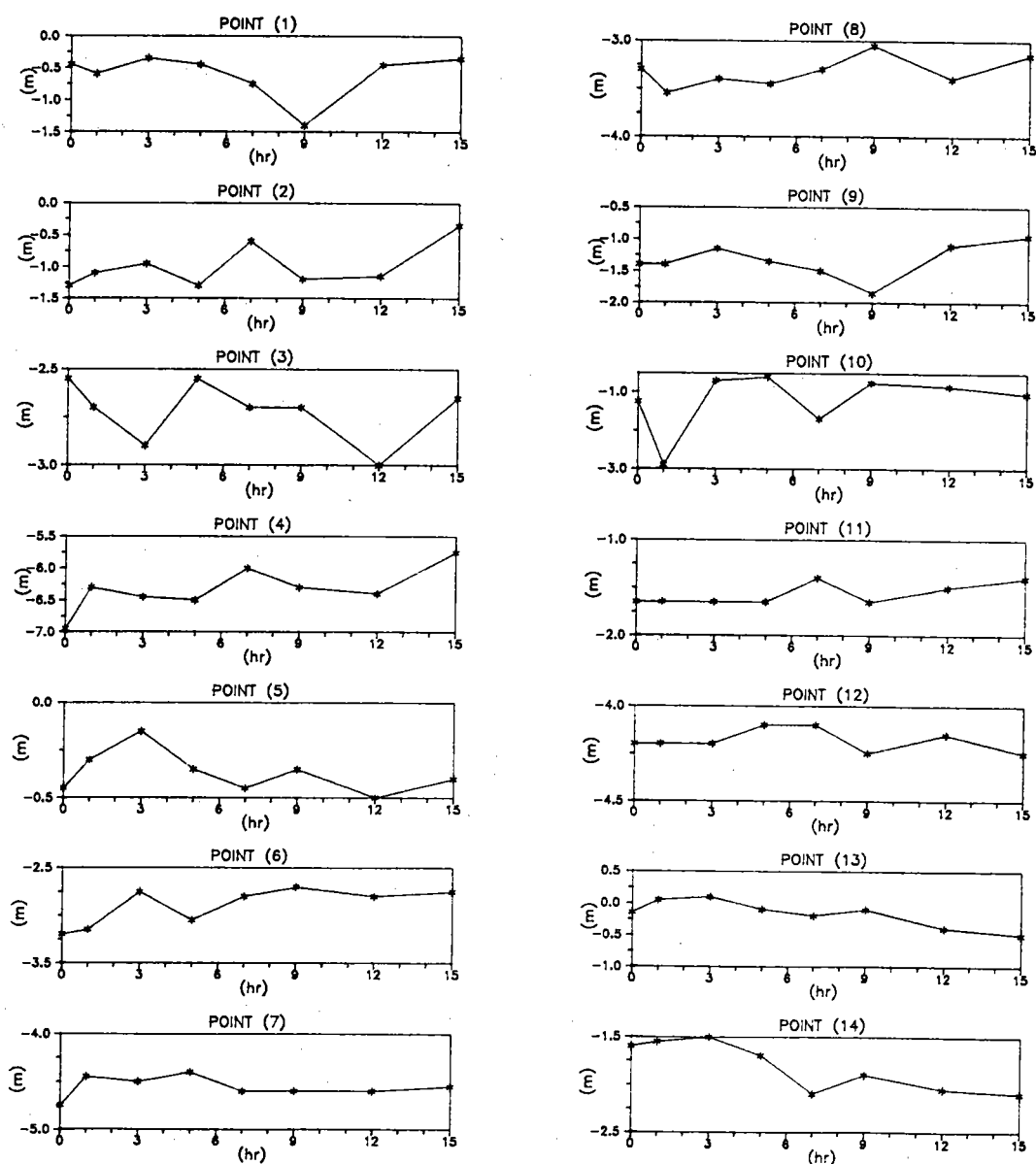


圖 13 佈置 A 季節風 WNW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 3 佈置 A 季節風WNW向波浪試驗結果各主要點水深變化

時間 項目位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
水 深 變 化	1	造波初期呈侵蝕，180分鐘後略呈淤積	侵蝕	累積造波時間540分鐘後侵蝕到最低點，共刷深約1 ^m	逐漸淤積	無顯著變化恢復最初地形
	2	呈淤積	呈侵蝕直到300分鐘後則呈淤積。	到420分鐘時又呈侵蝕恢復到初期地形	無顯著變化	呈淤積，到900分鐘時達最高，共淤積1 ^m
	3	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	4	呈淤積	無顯著變化	略呈侵蝕	無顯著變化	呈淤積，累積共淤積約1 ^m
	5	呈淤積，180分鐘時達最高點，共淤積約0.3 ^m	呈侵蝕狀	無顯著變化	無顯著變化	恢復初期地形
	6	呈淤積，180分鐘時達最高點，共淤積約0.5 ^m	呈侵蝕狀	略呈淤積，恢復到180分鐘時之地形	無顯著變化	無顯著變化
	7	造波初期60分鐘時呈淤積達最高點共淤積0.3 ^m ，前後即無顯著變化	無顯著變化	開始侵蝕，到420分時，恢復為初期地形	無顯著變化	無顯著變化
	8	造波初期60分鐘時呈侵蝕到180分鐘時恢復為初期地形	無顯著變化	360分鐘後開始淤積到540分鐘時達最高點	開始侵蝕	恢復初期地形

表 3(續) 佈置 A 季節風WNW向波浪試驗結果各主要點水深變化

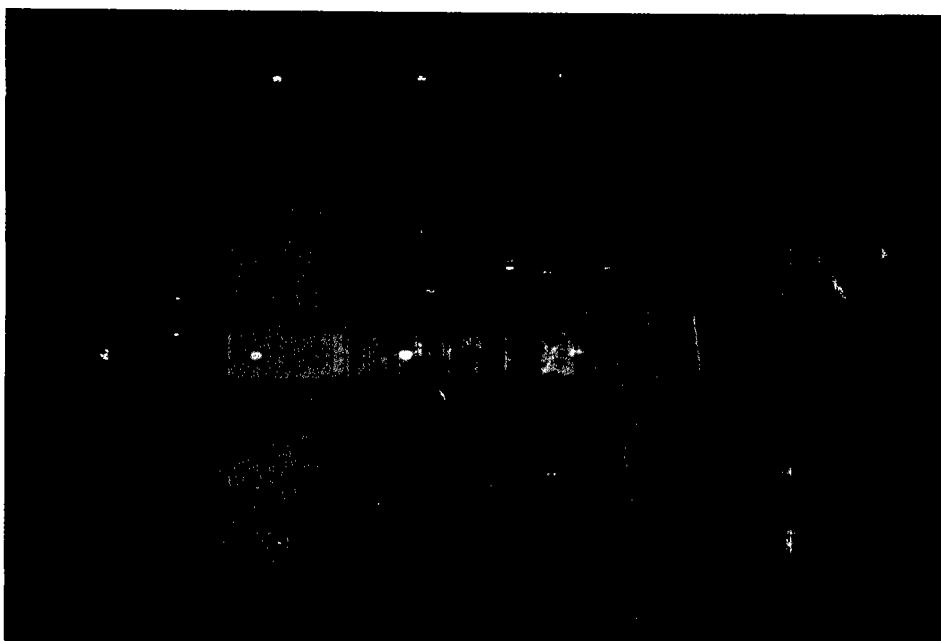
時間 項目		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
水深變化	9.	初期60分鐘無顯著變化，爾後呈淤積180分鐘時達最高點	開始侵蝕	繼續侵蝕到540分鐘時，達最低點，共刷深約0.5 ^m	開始急速淤積，並恢復初期地形	呈淤積，與初期地形比較共淤積約0.5 ^m
	10	造波初期60分急速刷深共1.7爾後又急速淤積達最高點累積共淤積0.6 ^m	300分鐘後開始呈侵蝕狀	420分鐘後又呈淤積並比初期地形淤積約0.5 ^m	無顯著變化	無顯著變化
	11	無顯著變化	300分鐘後開始呈淤積	420分鐘時達最高點共淤積0.3 ^m 以後又呈侵蝕並恢復初期地形	呈淤積	與初期地形比較共淤積約0.3 ^m
	12	造波初期無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	13	造波初期60分呈淤積，以後則無顯著變化共淤積0.5 ^m	呈侵蝕	420分鐘後，恢復成初期地形	呈侵蝕	呈侵蝕共刷深約0.4 ^m
	14	造波初期無顯著變化	呈侵蝕狀	420分鐘時侵蝕最大共刷深約0.5 ^m	無顯著變化	無顯著變化

表 4 佈置 A 季節風WNW向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時間 位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
土 方 量 變 化	1	初期發生冲刷現象, 以 $1.4 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少	繼續以相同速率減少	繼續以 $2.0 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少, 共減少約 $1.43 \times 10^4 \text{m}^3$	造波540分鐘開始以 $1.95 \times 10^4 \text{m}^3/\text{hr}$ 快速淤積	累積900分逐漸恢復原初期地形土方量
	2	造波180分時產生淤積現象, 以 $3.3 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	以 $4.6 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率淤積共淤積 $2.22 \times 10^4 \text{m}^3$
	3	初期產生淤積以 $3.3 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加	無顯著變化	無顯著變化	繼續以 $1.3 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加	無顯著變化共淤積 $1.24 \times 10^4 \text{m}^3$
	4	造波初期以 $2.6 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率淤積	以 $1.3 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少	恢復到造波180分鐘時土方量	無顯著變化	無顯著變化共淤積 $8.6 \times 10^3 \text{m}^3$
	5	初期以 $2.2 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加共增加 $6.7 \times 10^3 \text{m}^3$	無顯著變化	無顯著變化	繼續以 $2.4 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加與初期地形比較共增加 $1.36 \times 10^4 \text{m}^3$	以 $1.4 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少
	6	造波初期以 $1.8 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化土方量共增加 $7.7 \times 10^3 \text{m}^3$
	7	造波180分鐘時以 $1.6 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加。0.3m, 前後即無顯著變化	180分鐘後產生侵蝕, 速率為 $1.3 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$	略呈淤積, 無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化共淤積 $2.9 \times 10^3 \text{m}^3$
	8	造波初期呈淤積現象, 以 $2.5 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積無顯著變化累積900分鐘共淤積 $8.5 \times 10^3 \text{m}^3$

表 4 (續) 佈置 A 季節風WNW向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

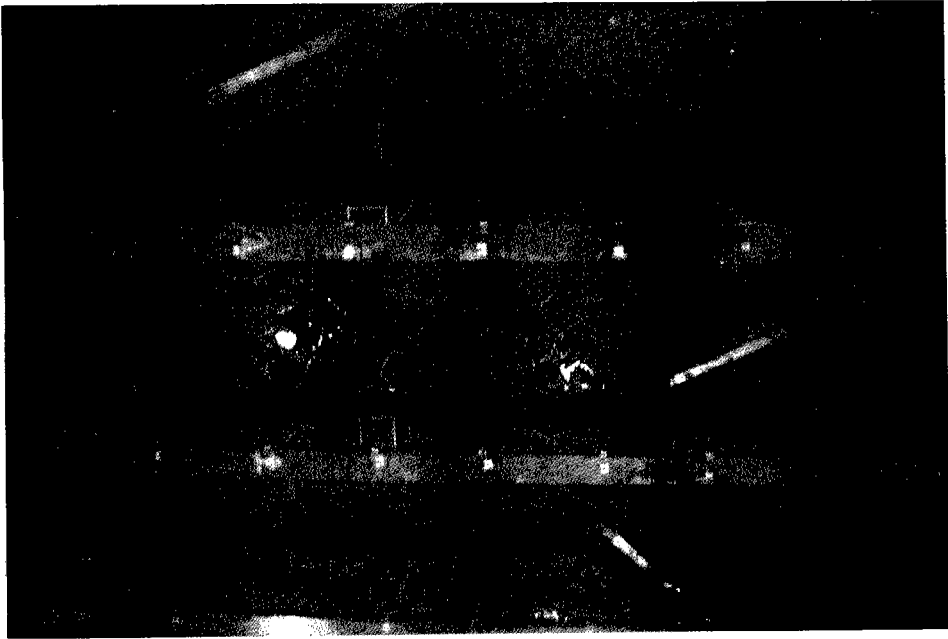
時 間 項 目 位 置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
土 方 量 變 化	9	造波初期呈淤積現象以 $3.6 \times 10^3/\text{hr}$ 速率增加	呈侵蝕現象	呈淤積現象恢復到180分鐘時之土方量	呈侵蝕	繼續以 $1 \times 10^3\text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少
	10	初期呈淤積狀土方量增加 $8.6 \times 10^3\text{m}^3$	呈侵蝕	繼續侵蝕速率為 $5.1 \times 10^3\text{m}^3/\text{hr}$ 共侵蝕 $1.4 \times 10^4\text{m}^3$	開始以 $9.8 \times 10^3\text{m}^3/\text{hr}$ 快速淤積	呈侵蝕
	11	造波開始180分以 $6.3 \times 10^3\text{m}^3/\text{hr}$ 速率呈淤積	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積無顯著變化	無顯著變化共淤積 $2.76 \times 10^4\text{m}^3$
	12	初期呈淤積狀速率為 $4.8 \times 10^3\text{m}^3/\text{hr}$	180分鐘後即呈侵蝕	逐漸增加，並無明顯變化	逐漸增加，並無明顯變化。	呈淤積現象與初期地形比較共增加 $1.7 \times 10^4\text{m}^3$
	13	呈淤積現象，共增加 $7.5 \times 10^3\text{m}^3$	恢復初期土方量，共減少 $8 \times 10^3\text{m}^3$	呈淤積現象共增加 $6.9 \times 10^3\text{m}^3$	恢復初期地方土方量，共減少 $7 \times 10^3\text{m}^3$	呈淤積狀，共增加 $7.4 \times 10^3\text{m}^3$
	全區 (19)	造波初期呈淤積，全區以速率 $1.88 \times 10^4\text{m}^3/\text{hr}$ 增加	180分後土方量減少，減少速率較緩	無顯著變化，逐漸增加	土方量緩慢增加	土方量緩慢增加，並無顯著變化，全區土方量共增加 $7.5 \times 10^4\text{m}^3$



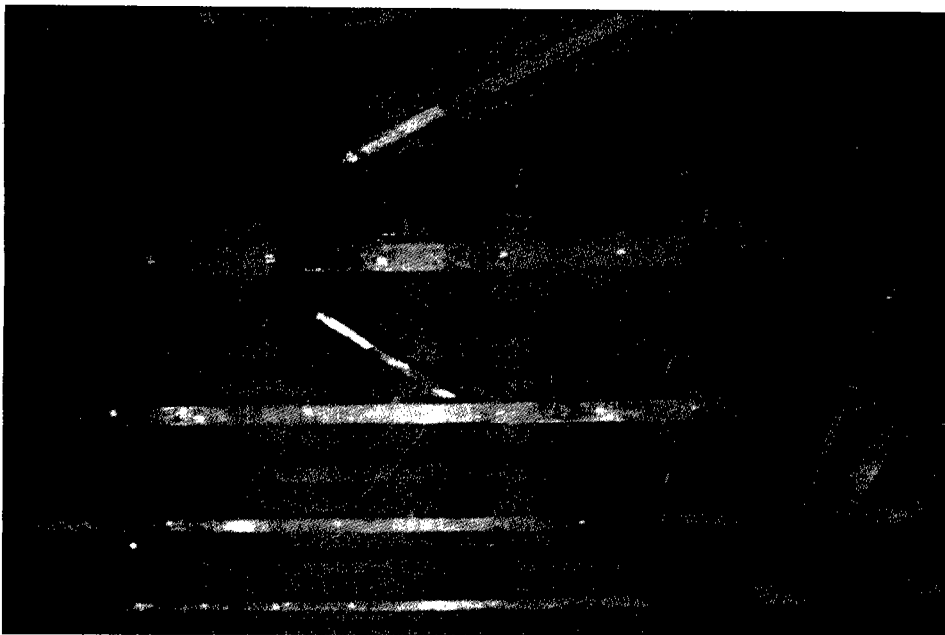
照片 1-a 佈置 A 季節風 WNW 向波浪造波15小時後西防沙堤附近地形



照片 1-b 佈置 A 季節風 WNW 向波浪造波15小時後漁港航道入口處地形



照片 1-c 佈置 A 季節風 WNW 向波浪造波15小時後防波堤堤頭處地形



照片 1-d 佈置 A 季節風 WNW 向波浪造波15小時後東防波堤鄰近地形

2. 颱風 SW 向波浪

(波高 $H = 5.5\text{m}$, 週期 $T = 9.4\text{sec}$, 暴潮位 $+2.49\text{m}$)

圖 14, (a)~(d)為累積造波期間防波堤附近地形變化

圖 15, 為造波期間各分區之土方量變化

圖 16, 為造波期間各7主要點之水深變化

試驗中各段時間之水深、土量變化分別摘要列如表 5 及表 6

颱風SW向波浪正斜對中芸漁港港口而入，造波累積時段達3 個小時後，試驗結果顯示，-6m以上(含-7m，-8m以及-9m)等水深除在西防沙堤以東部份等水深線內移呈侵蝕狀外，西防沙堤以西則無顯著變化，惟西防沙堤以西 -5m，-4m 以及以下等深線因入射波受西防沙堤反射影響，等水深線向海側外移呈淤積趨勢，沿著西防沙堤外側則有數處淤積狀，如照片2(a)所示，堤腳處拋石有向外移動現象，而西防沙堤與西防波堤間水域地形，因入射波浪受西防沙堤繞射影響，沿著西防沙堤內側，試驗結果顯示有淤積現象；至於中芸漁港港內水域等深線則無明顯變化，而漁港東防波堤以東-3m等深線則有內移呈侵蝕趨勢，惟沿著東防波堤堤腳處則有淤積現象，故就整個中芸漁港結構物鄰近海域而言，在開始造波 3個小時，第(1)區屬侵蝕，第(2)區則呈淤積現象，第(3)區在西防沙堤堤頭外側區域則無顯著變化，惟內側則呈淤積狀，西防沙堤以及西防波堤間在該時段，試驗結果顯示呈侵蝕；而漁港東西防波堤堤頭附近區域則呈侵蝕，整個港內水域土方量則無明顯變化；至於東防波堤以東除沿堤附近海域地形呈淤積外，第(9)區則呈侵蝕；而就中芸漁港防波堤結構物附近整區水域而言，在造波初期無漂沙來源情況下試驗結果則屬淤積時段；當累積造波時間達6個小時，試驗結果顯示，-9m、-7m 以及 -6m 等深線無變化，惟 -8m 等深線在西防沙堤以東則呈內移侵蝕狀；而西防沙堤以西-5m、-4m等水深無明顯變化，惟-3m等深線因入射波浪受西防沙堤反射影響，等

深線內移呈侵蝕，然沿著西防沙堤則有數處明顯淤積；西防沙堤與西防波堤間水域，試驗結果顯示在西防沙堤堤址處則有明顯淤積現象；而港內等水深線在該時段則均內移呈侵蝕狀而東防波堤以東-5m以下等水深線則無明顯變化，故就累積造波180分到360分這時段而言，第(1)區整個土方量並無顯著變化，西防沙堤外側第(2)區土方量則開始減少，堤頭段第(3)區則呈快速淤積狀，土方量以 $2.8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 速率增加；西防沙堤與西防波堤堤頭區域則呈侵蝕，而西防沙堤與西防波堤間第(5)區亦呈侵蝕，第(6)區、第(7)區亦呈侵蝕，東防波堤外側第(8)區則土方量略為增加，第(9)區則無明顯變化，就整個海域而言，當颱風SW向波浪侵襲，累積造波時間達6個小時，試驗結果則屬侵蝕時段，至於西防沙堤與東防波堤間仍略呈淤積；當累積造波時間滿9個小時以後，試驗結果顯示，西防沙堤以西-3m以上等深線並無顯著變化，惟-2m、-1m等深線則有內移侵蝕跡象；西防沙堤與西防波堤間試驗結果顯示，等深線外移呈淤積，港內水域亦然，至於東防沙堤以東，等深線-4m、-3m、-2m以及-1m則明顯有內移趨勢即產生侵蝕，故綜觀該時段，除西防沙堤、西防波堤間即第(4)區、第(5)區以及港內第(7)區呈淤積狀況外，其餘各區均呈侵蝕現象，尤以第(3)區西防沙堤堤頭段外側，以及東防波堤外側第(8)區為烈，就整個中芸漁港結構物附近海域地形變化在颱風SW向波浪作用累積達9個小時，等深線在-5m以內，整個區係屬侵蝕，土方量共減少 $3.78 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。照片2中(a)~(d)分別為颱風SW向波浪作用9個小時後，(a)西防沙堤址處內外側(b)漁港航道入口處(c)港口入口處(d)東防波堤外側等造波後地形變化，照片(a)顯示，西防沙堤堤址處有+2m等深線淤積現象，且西防沙堤外側堤腳處拋石因入射波受西防堤反射及導浪作用，在西防沙堤外側有產生短峰波現象，有數處外移呈堆積跡象。

Layout: A Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 0 hour

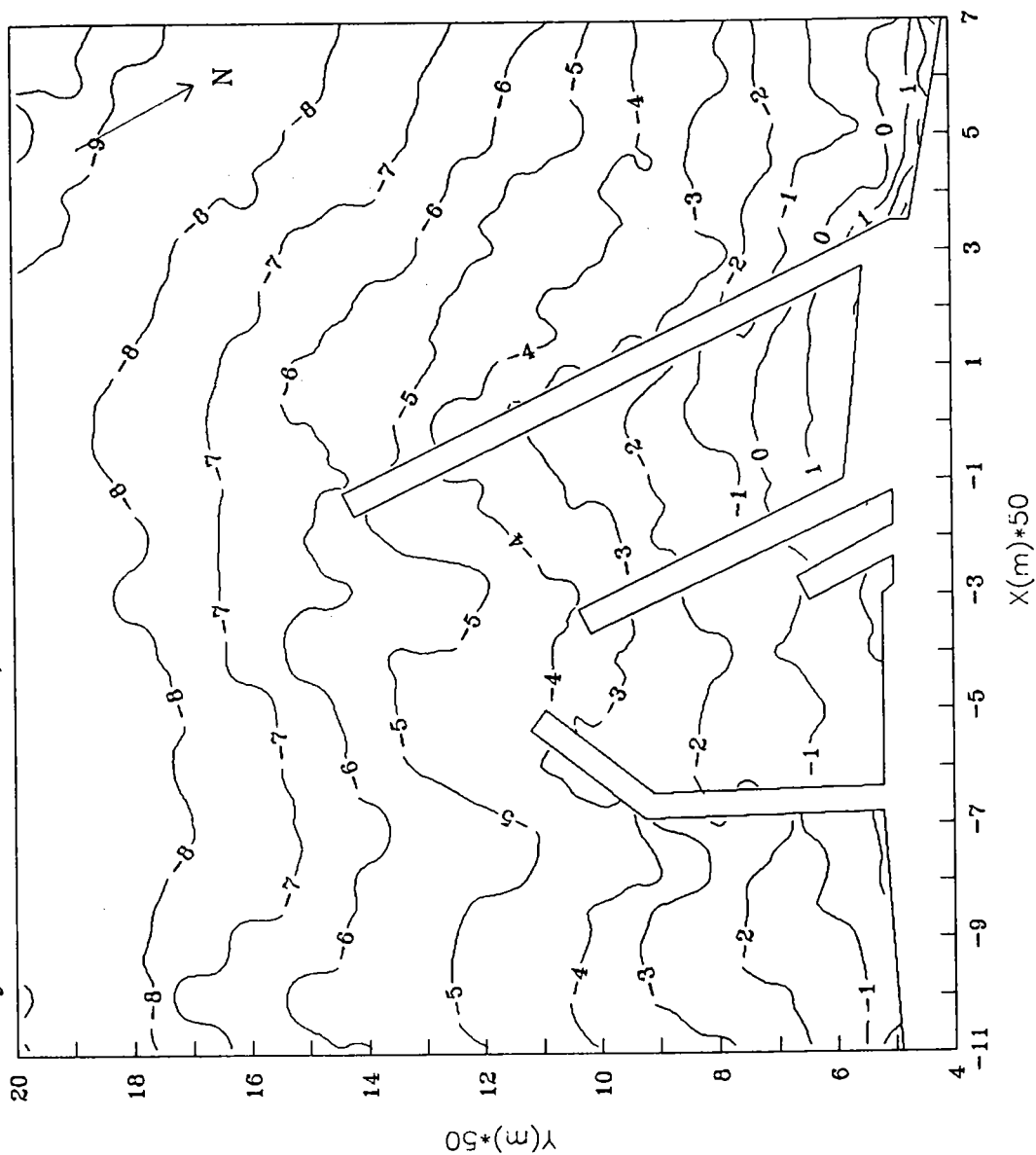


圖 14-a 佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗造波初期地形圖

Layout: A Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 3 hour

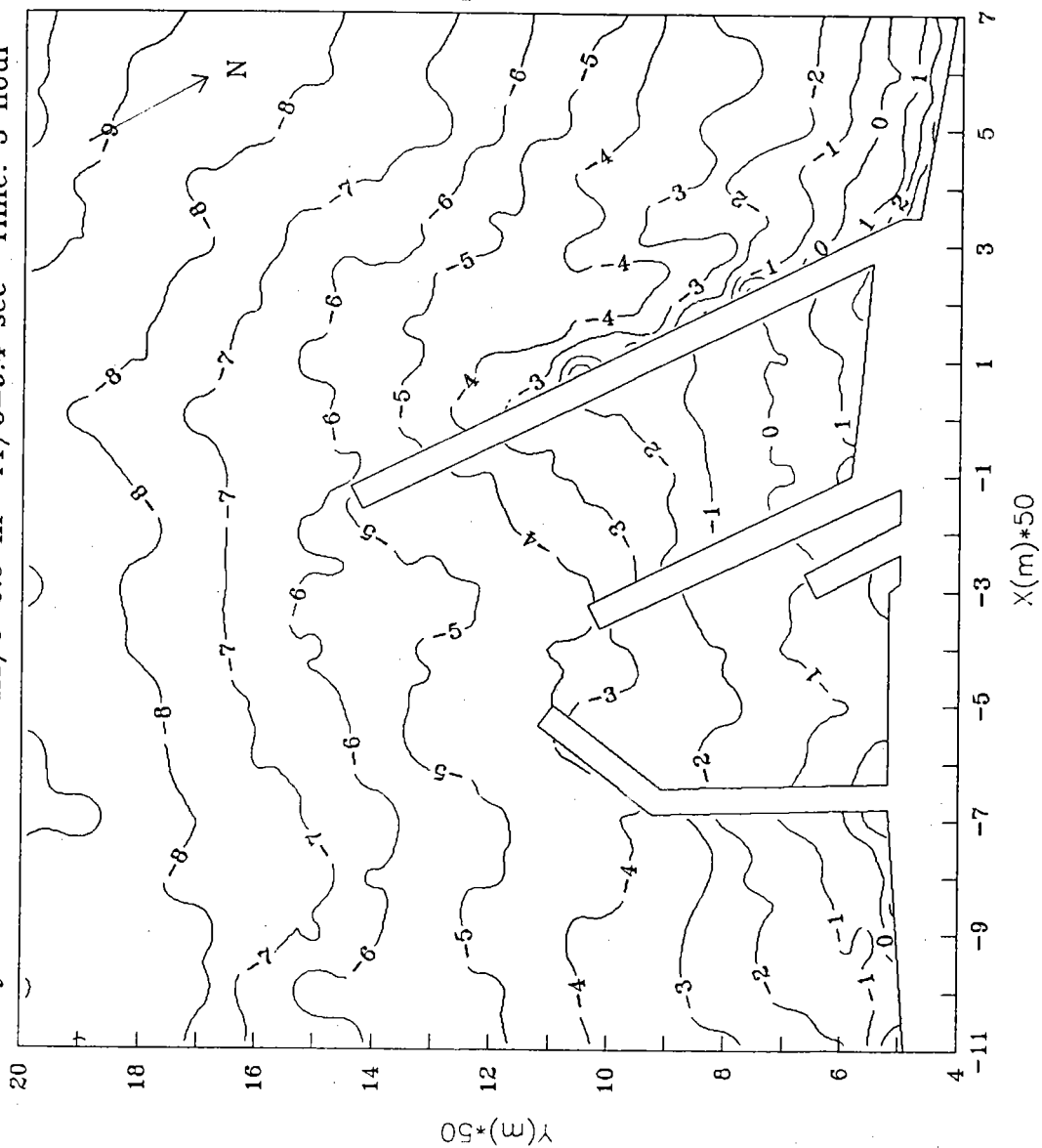


圖 14-b 佈置 A 颱風 SW 向波浪累積造波時間 3 小時後地形變化

Layout: A Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 6 hour

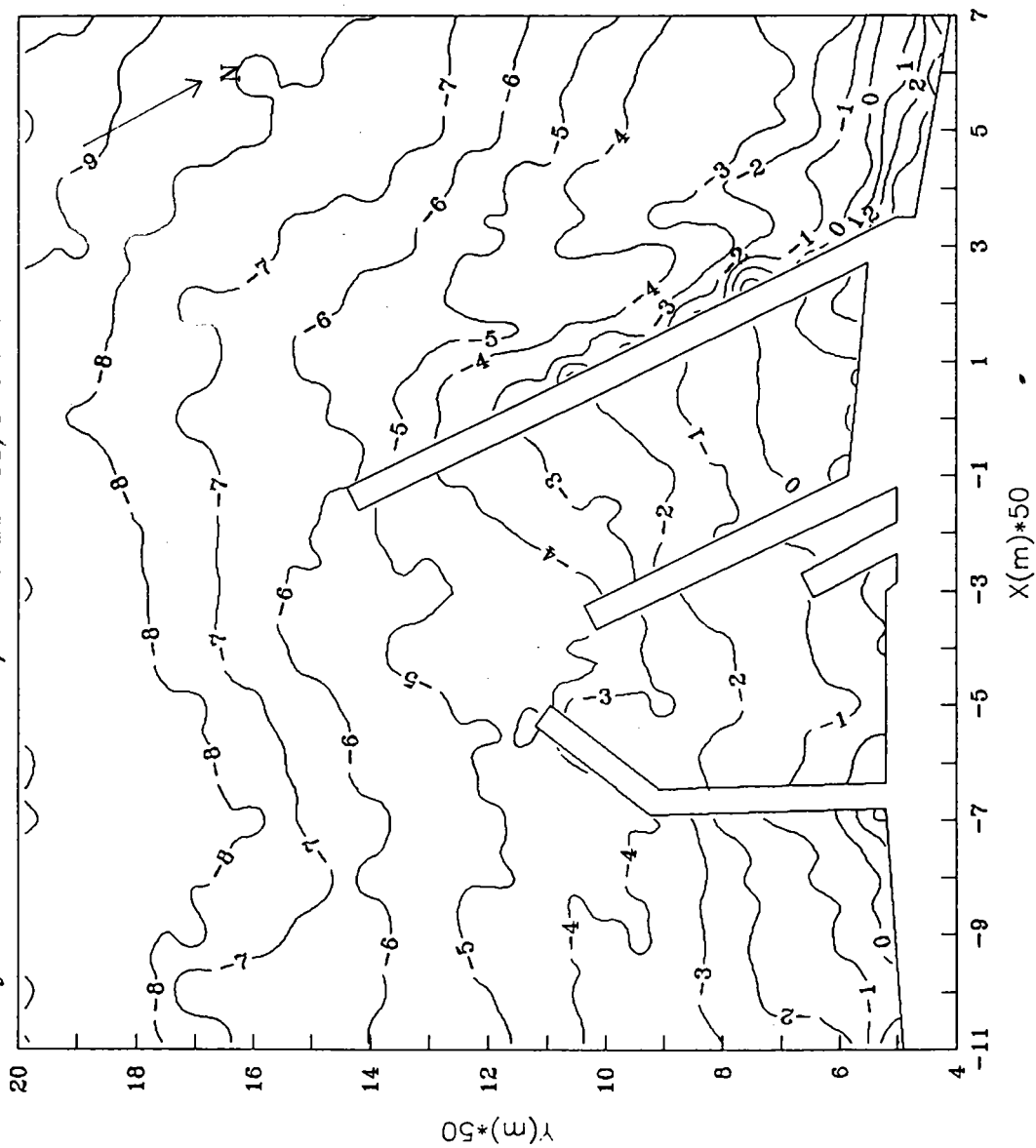


圖 14-c 佈置 A 颱風 SW 向波浪累積造波時間 6 小時後地形變化

Layout: A Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 9 hour

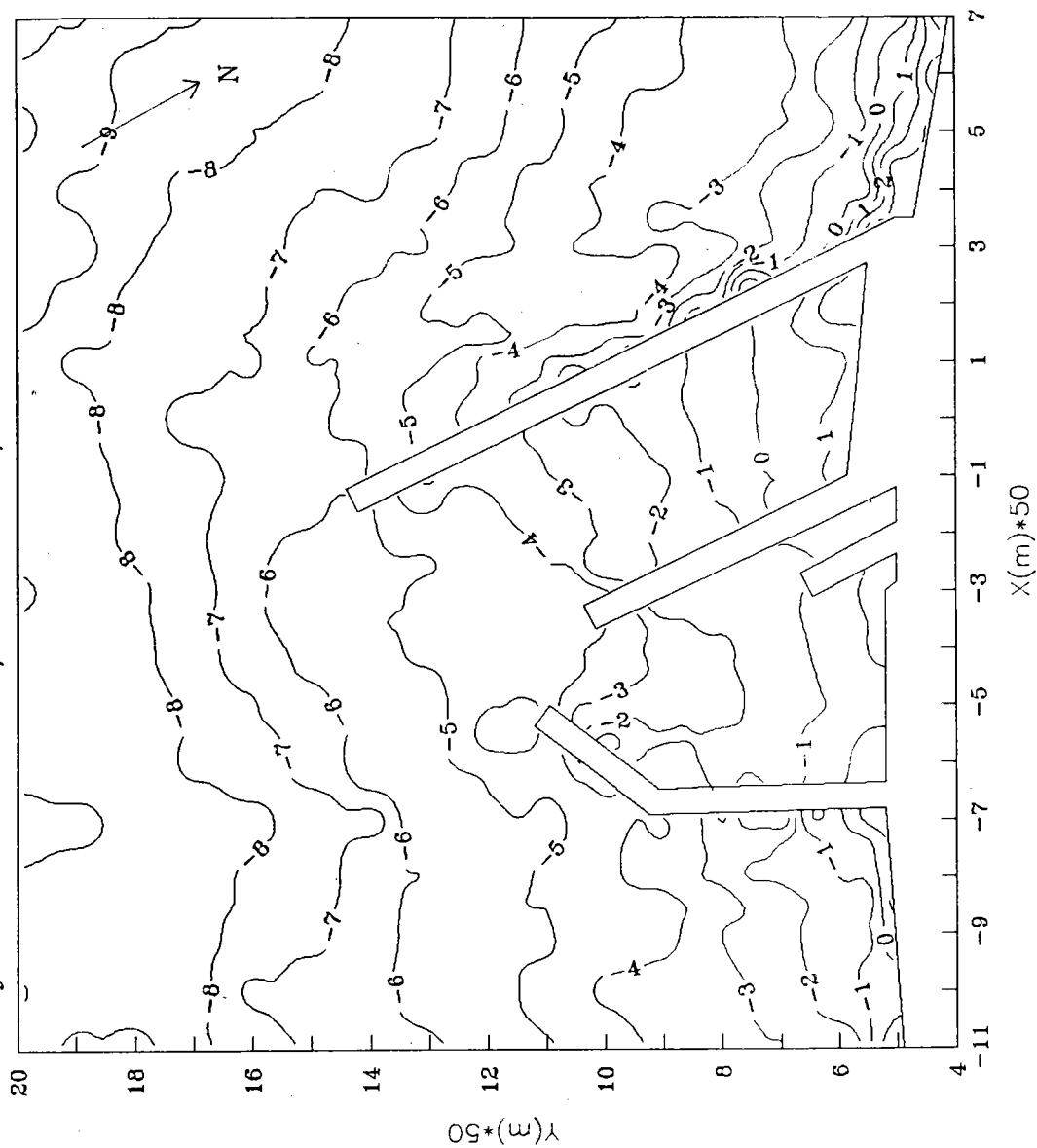


圖 14-d 佈置 A 颱風 SW 向波浪累積造波時間 9 小時後地形變化

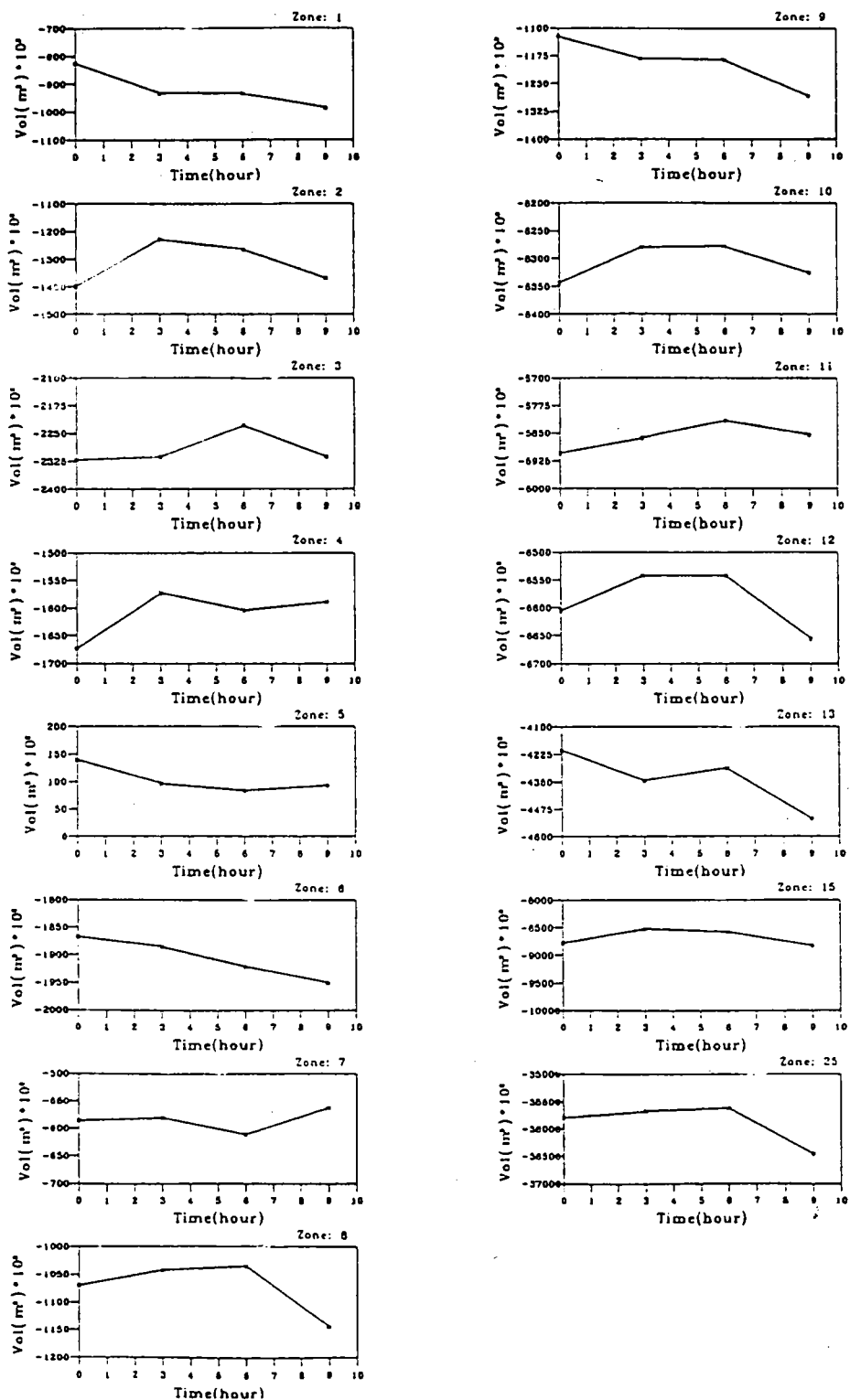


圖 15 佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: A Dir: SW $H_{1/3}=5.50\text{m}$ $T_{1/3}=9.4\text{ sec}$

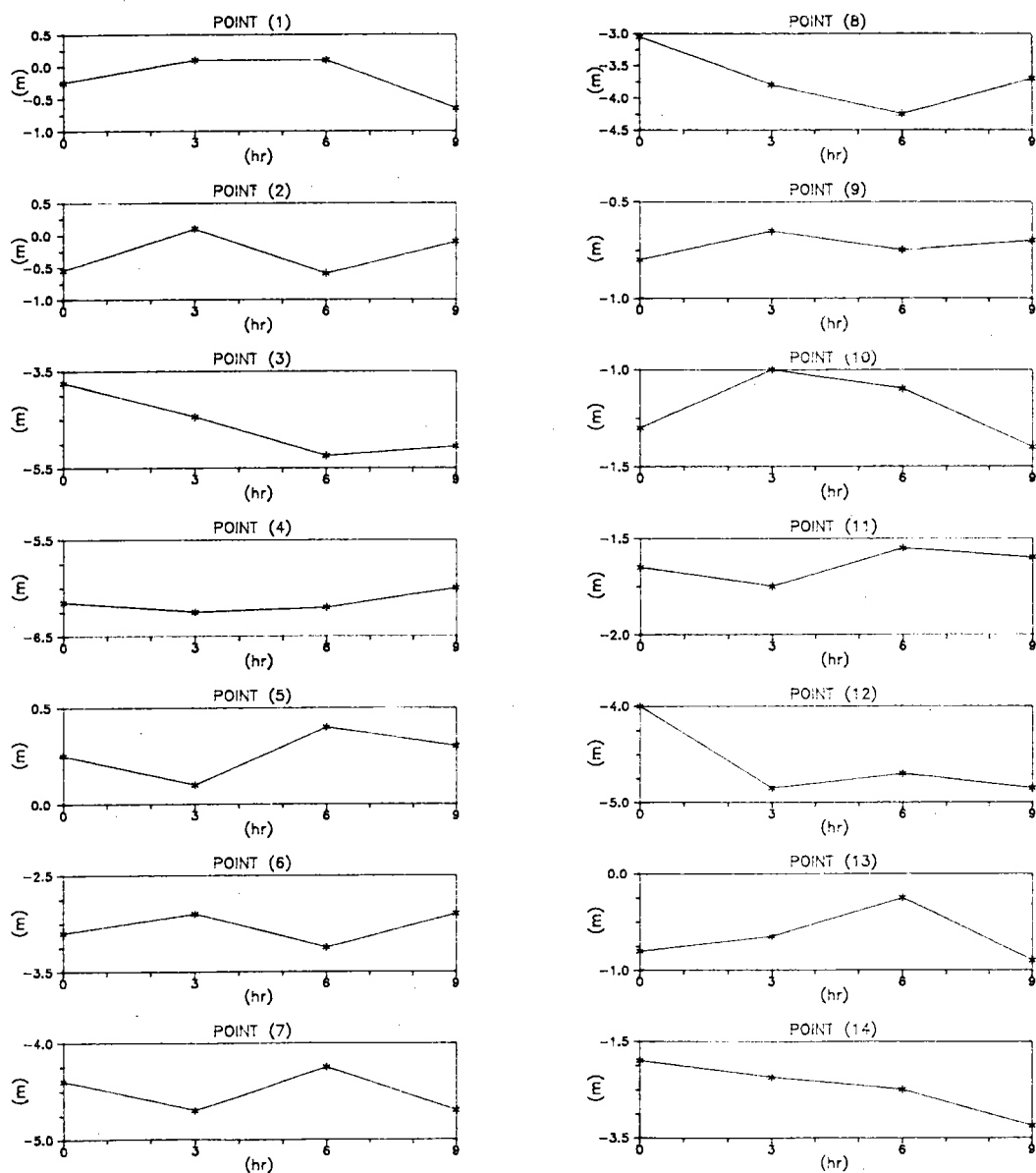


圖 16 佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 5 佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要點水深變化

時間 項目位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
水 深 變 化	1	造波初期呈淤積	無顯著變化	呈侵蝕，其水深以 0.25m/hr 速率減少，共刷深 0.4m
	2	初期呈淤積現象 共淤積 0.6m	呈侵蝕，恢復到 初期地形水深	呈淤積，與初期 地形水深比較， 增加 0.45m
	3	呈侵蝕。	繼續呈侵蝕，360 分時已刷深 1.3m	無顯著變化
	4	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	5	無顯著變化 略呈侵蝕	呈淤積	與初期水深比較 無顯著變化
	6	呈淤積	呈侵蝕	呈淤積
	7	侵蝕 0.3m	淤積 0.4m 與初期 水深無顯著變化	侵蝕與 180 分時 水深相同
	8	造波初期 180 分 鐘後刷深 0.8m	繼續侵蝕，與初 期地形水深比較 共刷深 1.2m	開始回淤約 0.5m
	9	呈淤積狀	無顯著變化	無顯著變化
	10	呈淤積狀	無顯著變化	無顯著變化
	11	呈淤積狀	無顯著變化	無顯著變化
	12	造波初期，刷深 約 0.9m	180 分鐘後，無 顯著變化	無顯著變化
	13	呈淤積	呈淤積，與初期 水深比較共增高 0.6m	360 分鐘後開始 侵蝕到 540 分鐘 時又恢復到初期 水深
	14	呈侵蝕 $\times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速 率增加	呈侵蝕	呈侵蝕，與初期 水深比較共刷深 約 1.4m

表 6 佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
土 方 量 變 化	1	造波初期呈侵蝕現象以 $3.5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 速率減少	無顯著變化	以 $1.4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 速率減少與初期地形比較共減少 $1.61 \times 10^4 \text{ m}^3$
	2	初期以 $5.7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 淤積，共增加土方量 $1.72 \times 10^4 \text{ m}^3$	無顯著變化	呈侵蝕現象，速率為 $3.5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 與初期地形比較僅淤積 $3.1 \times 10^3 \text{ m}^3$
	3	造波初期，土方量無顯著變化	180分鐘後開始淤積，以 $6.2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 速率增加	540分後則以相同速率侵蝕，恢復為初期地形時土方量
	4	初期180分鐘內土方量以 $3.4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 速率淤積	180分鐘後土方量無顯著變化	無顯著變化，與初期地形比較，土方量增加 $8.4 \times 10^3 \text{ m}^3$
	5	呈侵蝕現象，共減少 $4.2 \times 10^3 \text{ m}^3$	無顯著變化	無顯著變化
	6	呈侵蝕	呈侵蝕	呈侵蝕，土方量共減少 $9.3 \times 10^3 \text{ m}^3$
	7	無顯著變化	無顯著變化	自360分鐘後略呈淤積，土方量增加 $2.4 \times 10^3 \text{ m}^3$
	8	略呈淤積	略呈淤積，惟無顯著變化	360分鐘後，開始侵蝕，以 $3.6 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 速率減少，土方量共減少 $7.4 \times 10^3 \text{ m}^3$

表 6(續)佈置 A 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

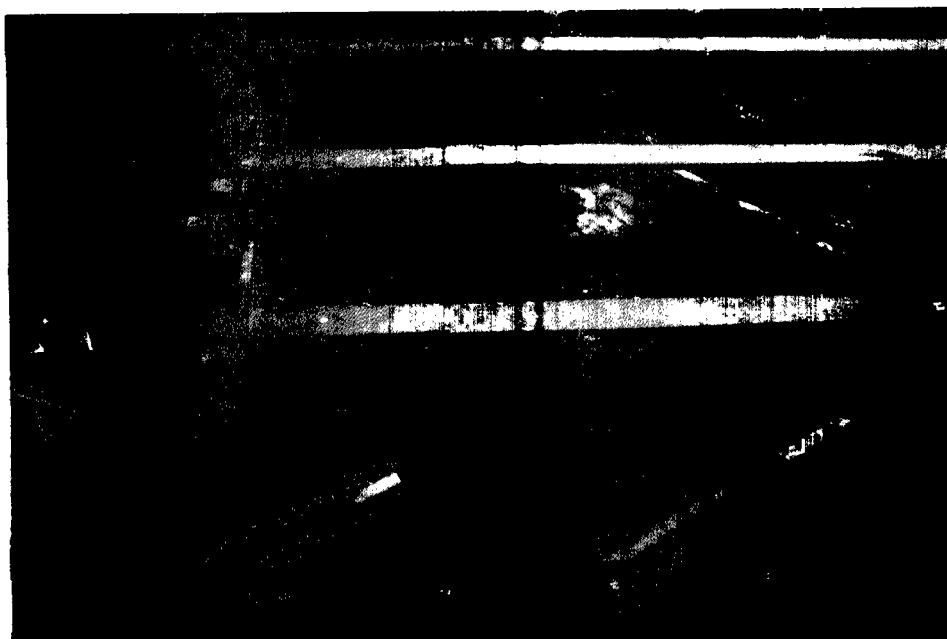
項目		時間 位置	0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
土 方 量 變 化	9		初期呈侵蝕	地形無顯著變化	360分鐘後又開始侵蝕，土方量共減少 $1.61 \times 10^3 \text{m}^3$
	10		造波開始呈淤積現象，以 $2.1 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加	無顯著變化	360分鐘開始侵蝕又恢復到初期地形
	11		呈淤積	呈淤積現象，360分鐘後，土方量共增加 $9 \times 10^3 \text{m}^3$	360分鐘開始侵蝕。
	12		初期呈淤積	無顯著變化	360分鐘開始以 $3.8 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少，土方量共減少 $5 \times 10^3 \text{m}^3$
	13		初期呈侵蝕	180分鐘開始淤積	360分鐘以後則繼續侵蝕，以 $7.8 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少，土方量共減少 $3.13 \times 10^4 \text{m}^3$
	全區 (19)		造波初期整區略呈淤積	略呈侵蝕，恢復成初期地形時土方量	360分鐘後則以 $1.35 \times 10^4 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少，土方量與初期地形比較共減少 $3.78 \times 10^4 \text{m}^3$



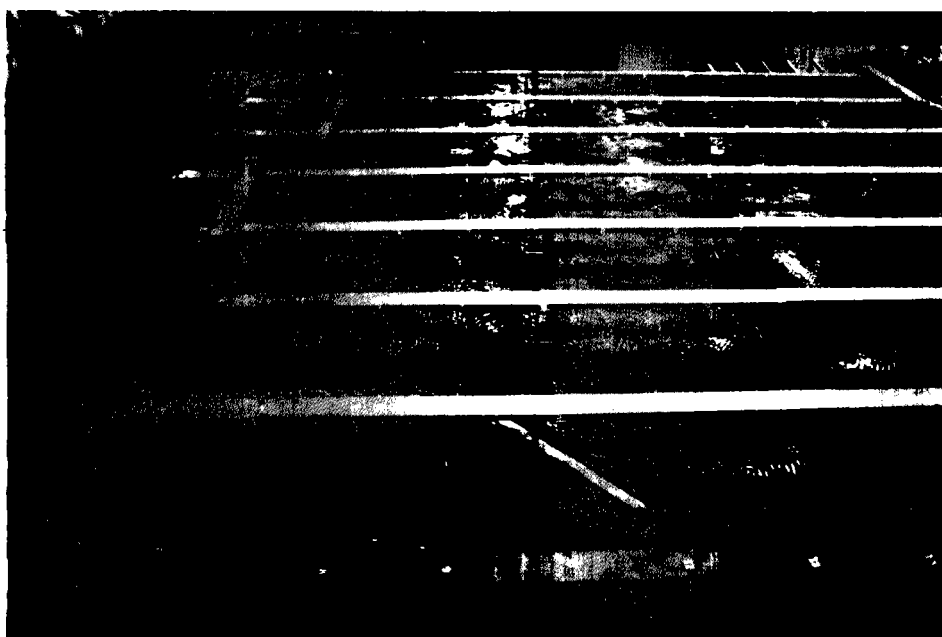
照片 2-a 佈置 A 颱風 SW 向波浪造波9小時後西防沙堤堤址處内外地形



照片 2-b 佈置 A 颱風 SW 向波浪造波9小時後漁港航道入口處地形



照片 2-c 佈置 A 颱風 SW 向波浪造波9小時後漁港航道入口處地形



照片 2-d 佈置 A 颱風 SW 向波浪造波9小時後東防波堤外側地形

(波高 $H = 1.0\text{m}$, 週期 $T = 6.5\text{sec}$, 平均水位 $+1.02\text{m}$)

圖 17, (a)~(f)爲不同累積造波時段防波堤附近地形變化。

圖 18, 爲造波期間各分區之土方量變化

圖 19, 爲造波期間各主要點之水深變化。

試驗中各時段累積造波期間其主要點水深及土方量變化分別摘要列如表 7 及 8。

季節風SSE向波浪由東往西斜向入射中芸漁港口,造波累積時間在達3個小時後,試驗結果顯示,由於試驗波高較小,西防沙堤-4m等深線以上(如-5m、-6m、...)均無明顯變化,而-3m以下等深線則有內移略呈侵蝕現象;西防沙堤以東,由於屬波浪方向上游區,各不同等深線均有內移趨勢,以西防沙堤與西波堤間-3m等深線爲最顯著;而中芸漁港港內各等深線均呈侵蝕,東防波堤以東亦然,在該時段累積造波時間內除了西防沙堤以西第(2)區,西防波堤及西防沙堤間第(5)區呈現淤積外,其餘結構物附近區域均呈侵蝕,故就整區而言在造波初期屬侵蝕階段;當累積造波時間達6個小時,試驗結果顯示,-3m以上等深線均無顯著變化,惟西防沙堤外側第(2)區則乃呈淤積,其他結構物附近第(4)區、(6)區、(7)區、(8)區亦呈淤積趨勢,故就整個中芸漁港結構物鄰近區域自累積造波時段達3個小時到6個小時係屬淤積階段;當累積造波時間滿9個小時,試驗結果顯示,西防沙堤以西,除-8m、-9m等水深線外移呈淤積-5m、-6m、-7m等深線無顯著變化外,其餘-4m、-3m、-2m以及-1m、 $\pm 0\text{m}$ 等深線靠近堤外側處均有向陸側內移呈侵蝕狀,被侵蝕之沙即被入射波浪帶往堤外側,故就西防沙堤以西第(1)區土方量增加呈淤積,第(2)區則土方量減少屬侵蝕,第(3)區堤頭段則無顯著變化,第(10)區、第(11)區則均爲淤積,土方量增加,其沙源多來自上游區即第(12)區;而西防沙堤與西防波堤間-5m

等深線沒有變化，-4m、-3m等水深線稍向外移，-2m、-1m等深線則內移±0m、1m、2m等深線則無顯著變化，故試驗結果顯示在SSE向波浪作用下，該時段兩堤間內部之沙有被往外帶走之趨勢；而中芸漁港港內，-4m以上(如-3m、-2m...)等深線則有向陸側內移，尤以-1m等深線，顯示港內在該時段則呈侵蝕階段，至於東防波堤以東水域，試驗結果顯示，東堤堤址處有侵蝕跡象，故就整個區域而言，第(1)區土方量以 $5.1 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 速率增加，而其沙源則來自西防沙堤外側第(2)區，其餘各區除第(10)區、第(11)區呈淤積外，均呈侵蝕現象，而整個結構物鄰近區域(含第(1)~(9)區)在該時段則呈侵蝕狀態，正以 $1.26 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$ 速率減少；當造波累積時間達12個小時後，試驗結果顯示除西防沙堤堤頭外側，波浪上游區第(10)區呈侵蝕外，其餘各區地形均無明顯變化，故該時段應處於平衡狀態；當累積造波時間達15個小時後，整個區域地形已趨於穩定，並無顯著變化，如圖 18 第(15)區、第(20)區圖顯示。照片 3 中(a)~(f)分別為季節風 SSE 向波浪作用15個小時後(a)西防沙堤以西海岸突堤區地形變化，照片中顯示在西防沙堤外側堤址已有+2m等水深線出現(在模型為+4cm) (b)為西防沙堤西側地形變化(c)西防波堤外側以及中芸漁港內泊地入口處地形變化(d)東防波堤內外側地形變化，照片中顯示在東堤外側堤址已有+1m等深線出現(e)西防沙堤與西防波堤間地形變化(f)為東防波堤堤頭段外側地形變化，照片顯示在東堤堤頭四周水深為-4m(在模型上為-8cm)。

Layout: A Dir: SSE H1/3=1.0 m T1/3=6.5 sec Time: 0 hour

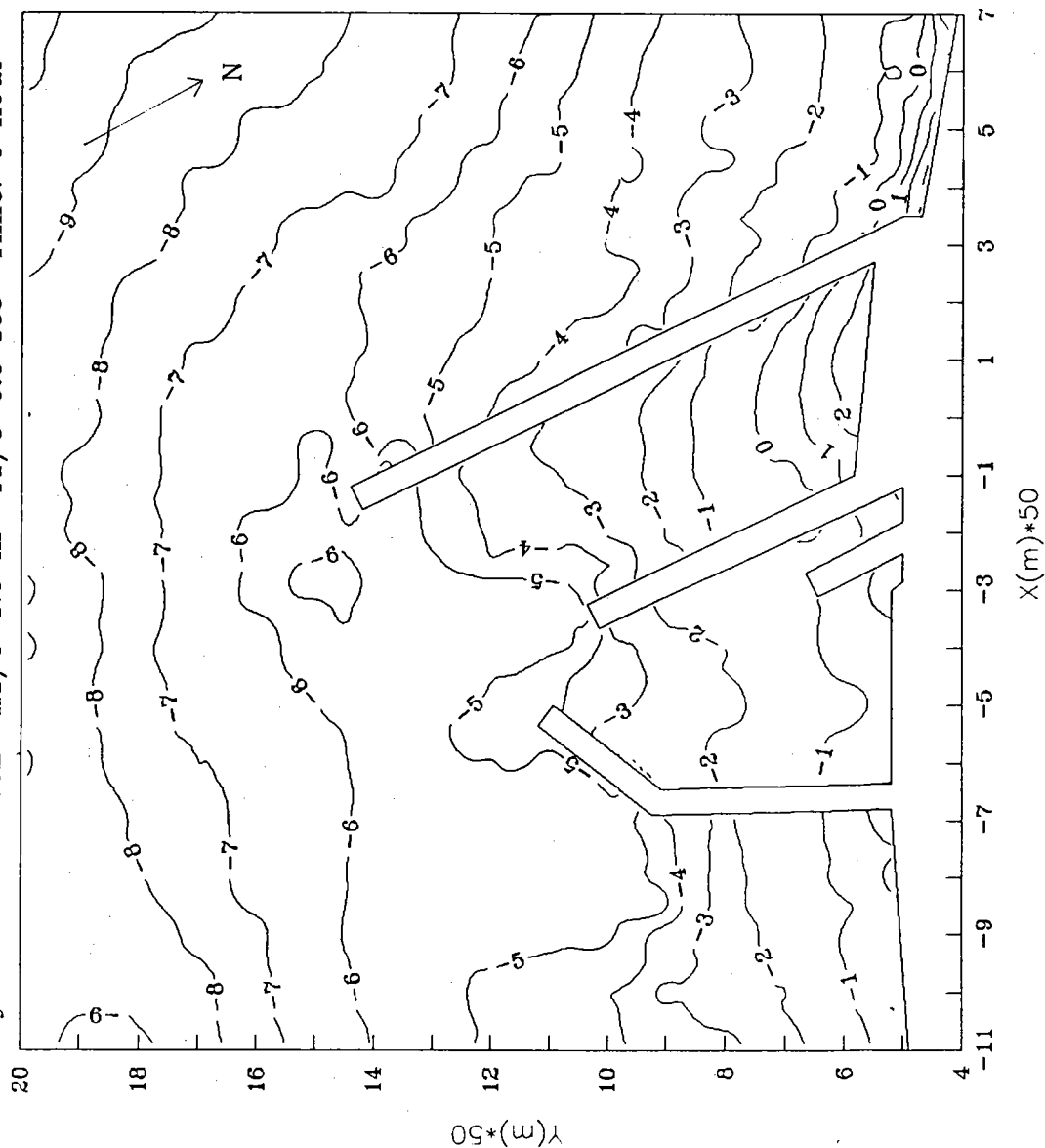
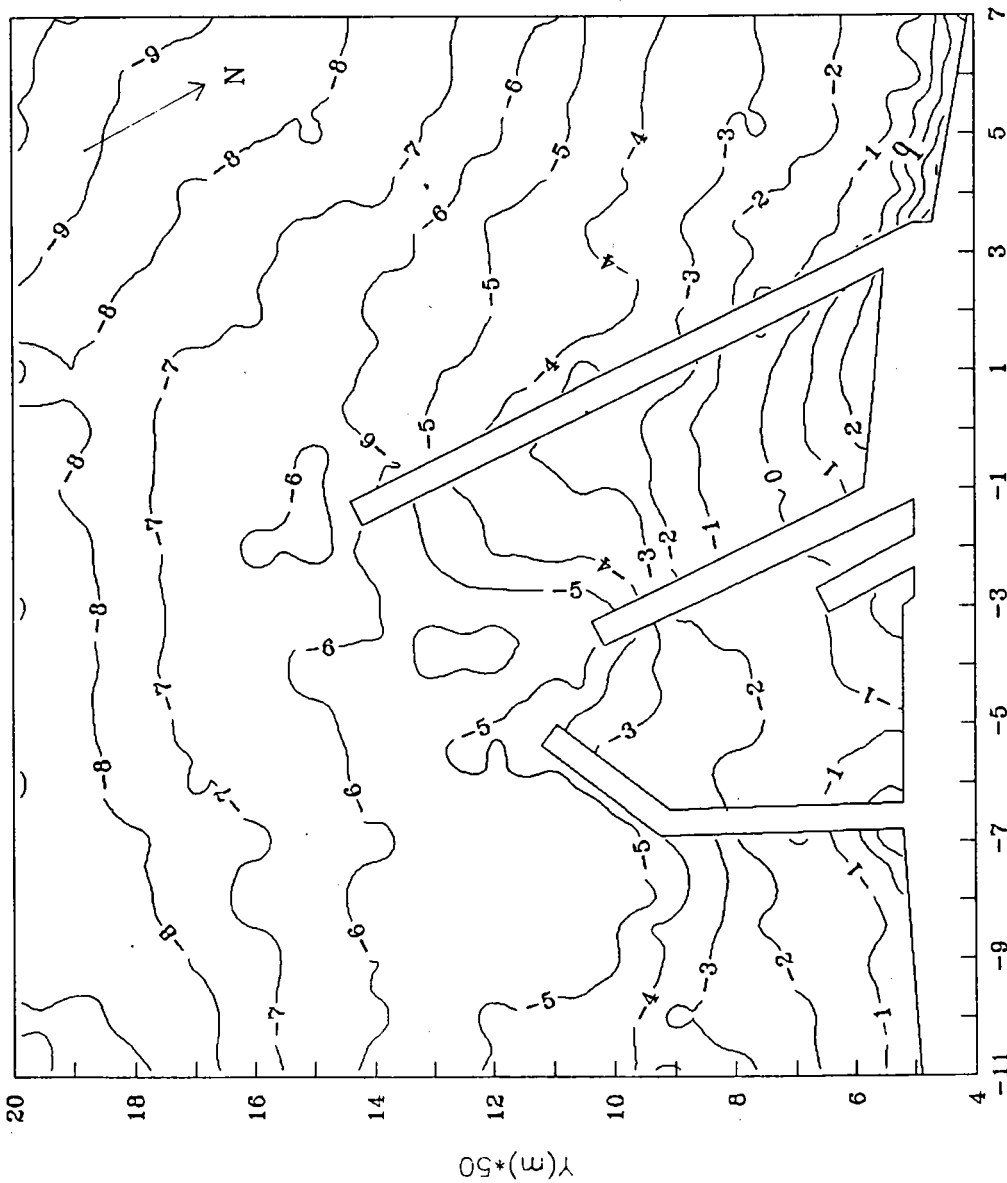


圖 17-a 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗造波初期地形圖

Layout: A Dir: SSE H1/3=1.0 m T1/3=6.5 sec Time: 3 hour



$X(m) \cdot 50$

圖 17-b 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 3 小時後地形變化

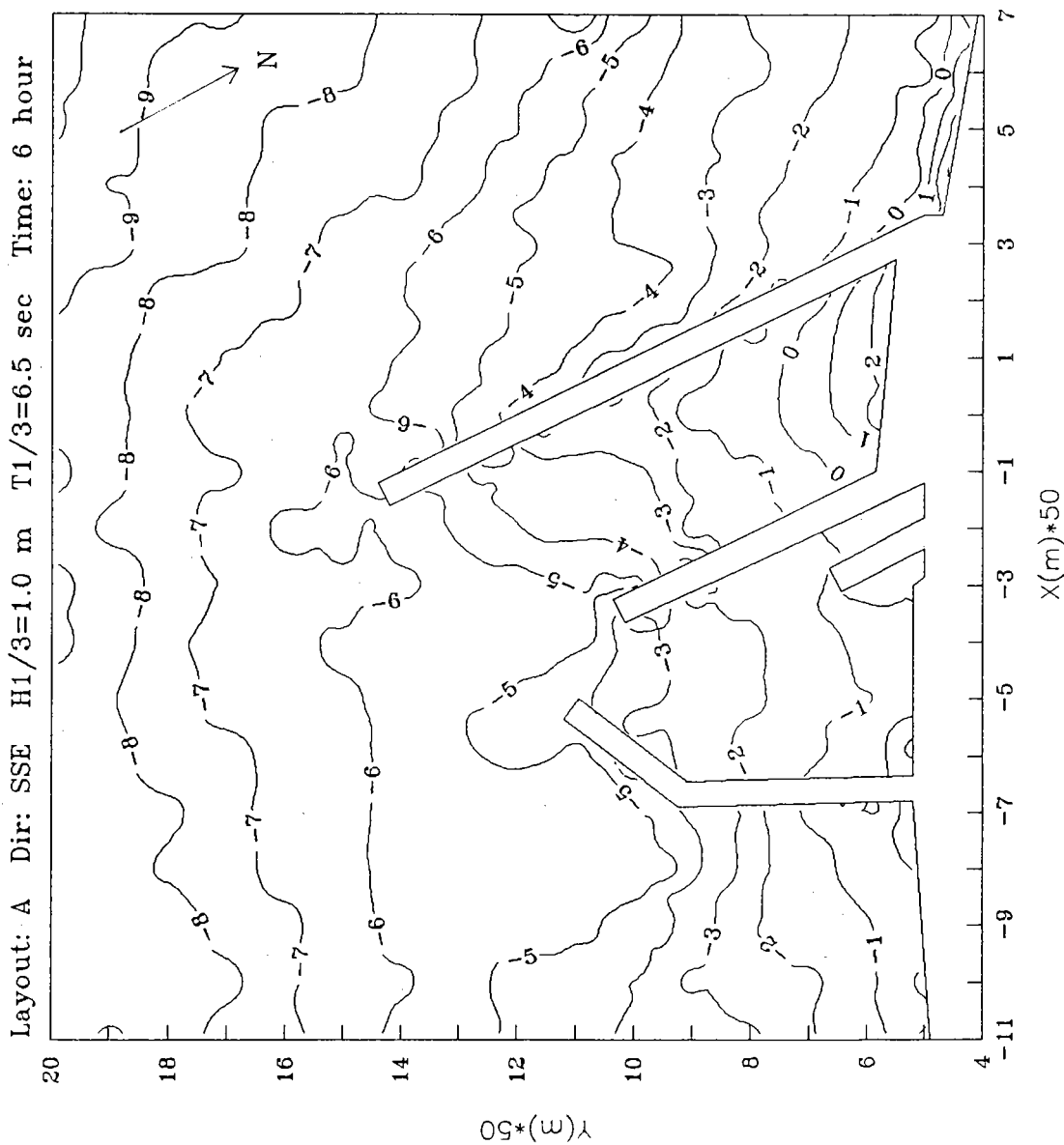


圖 17-c 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 6 小時後地形變化

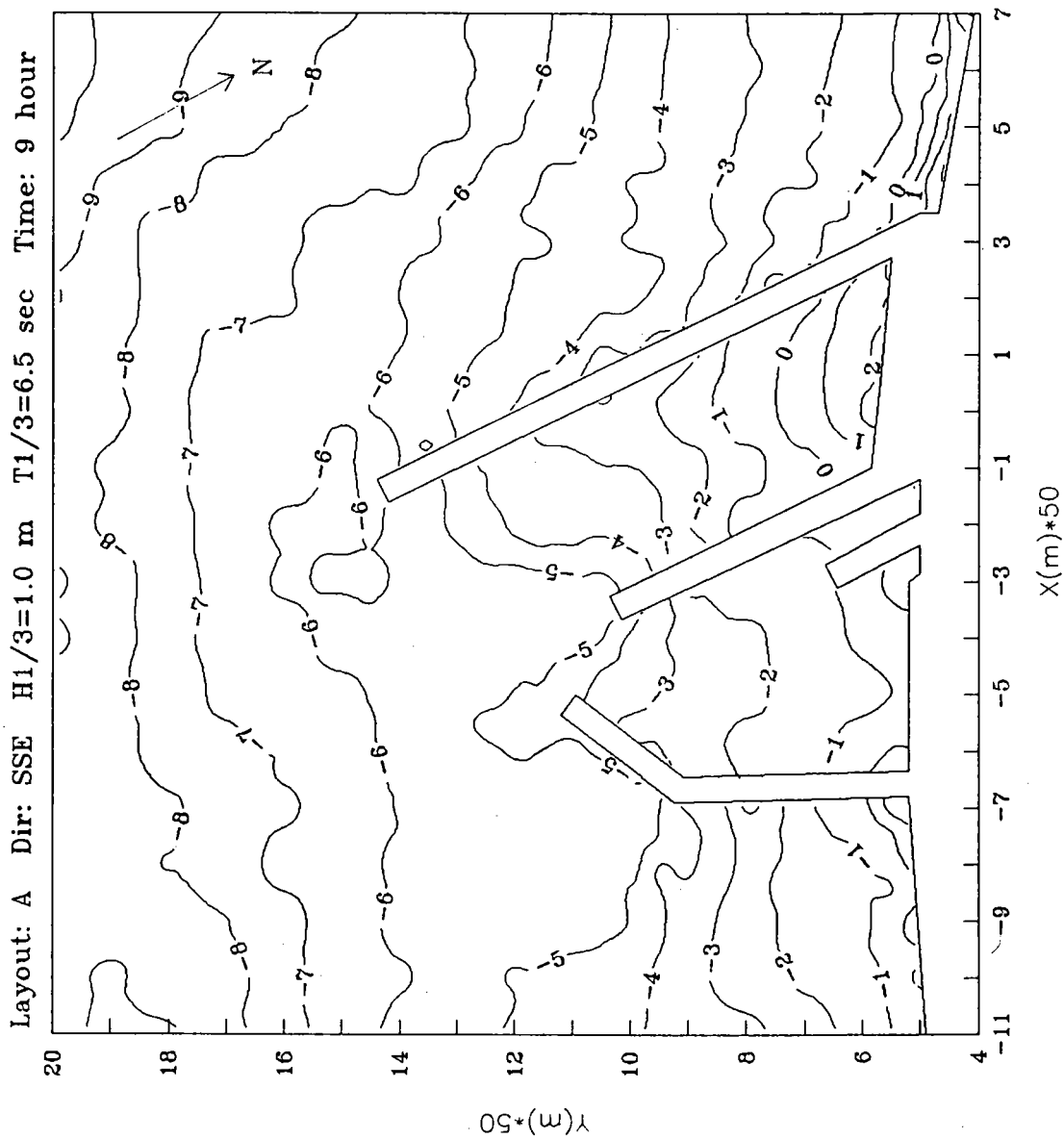


圖 17-d 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 9 小時後地形變化

Layout: A Dir: SSE H1/3=1.0 m T1/3=6.5 sec Time: 12 hour

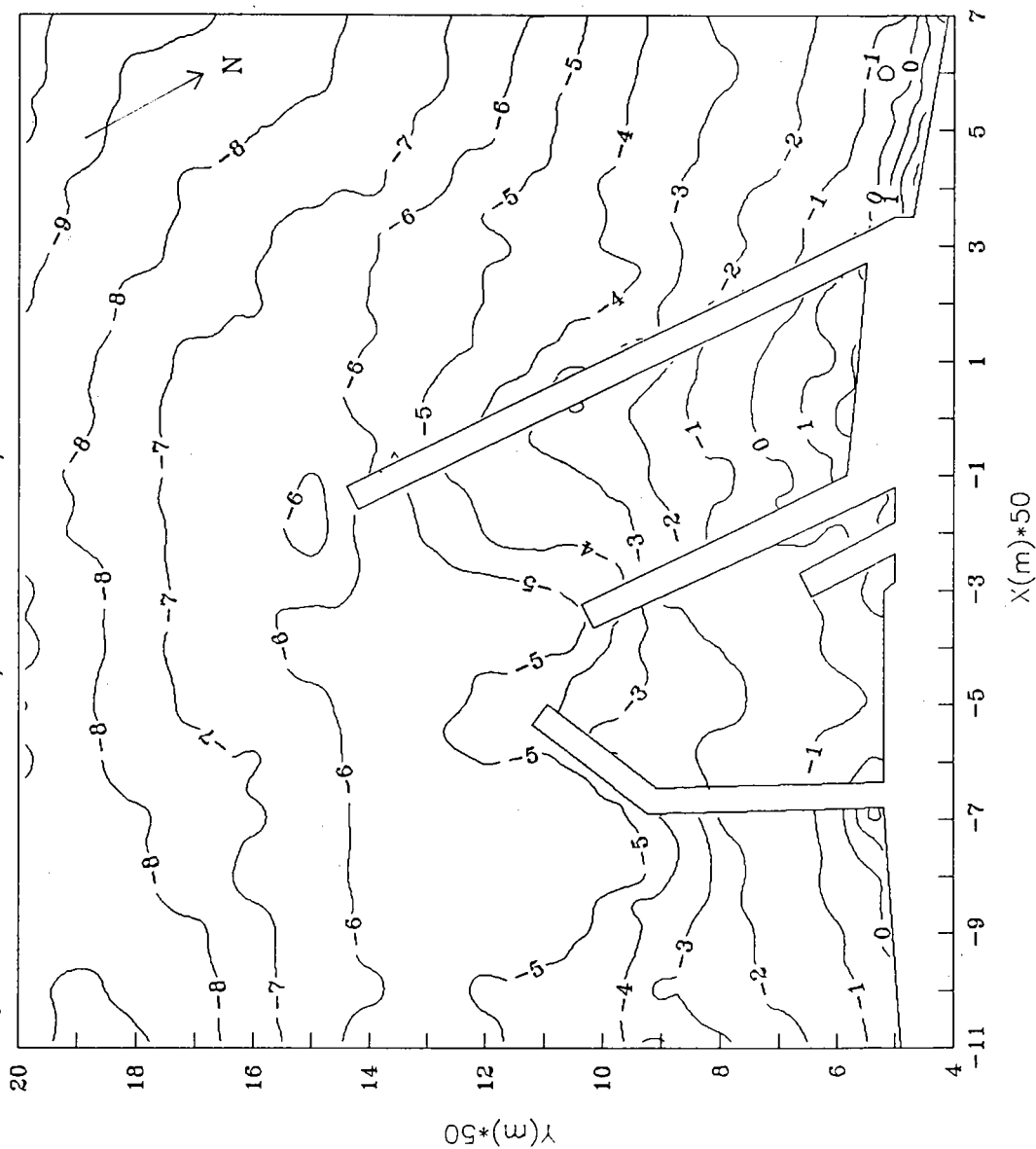


圖 17-e 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 12 小時後地形變化

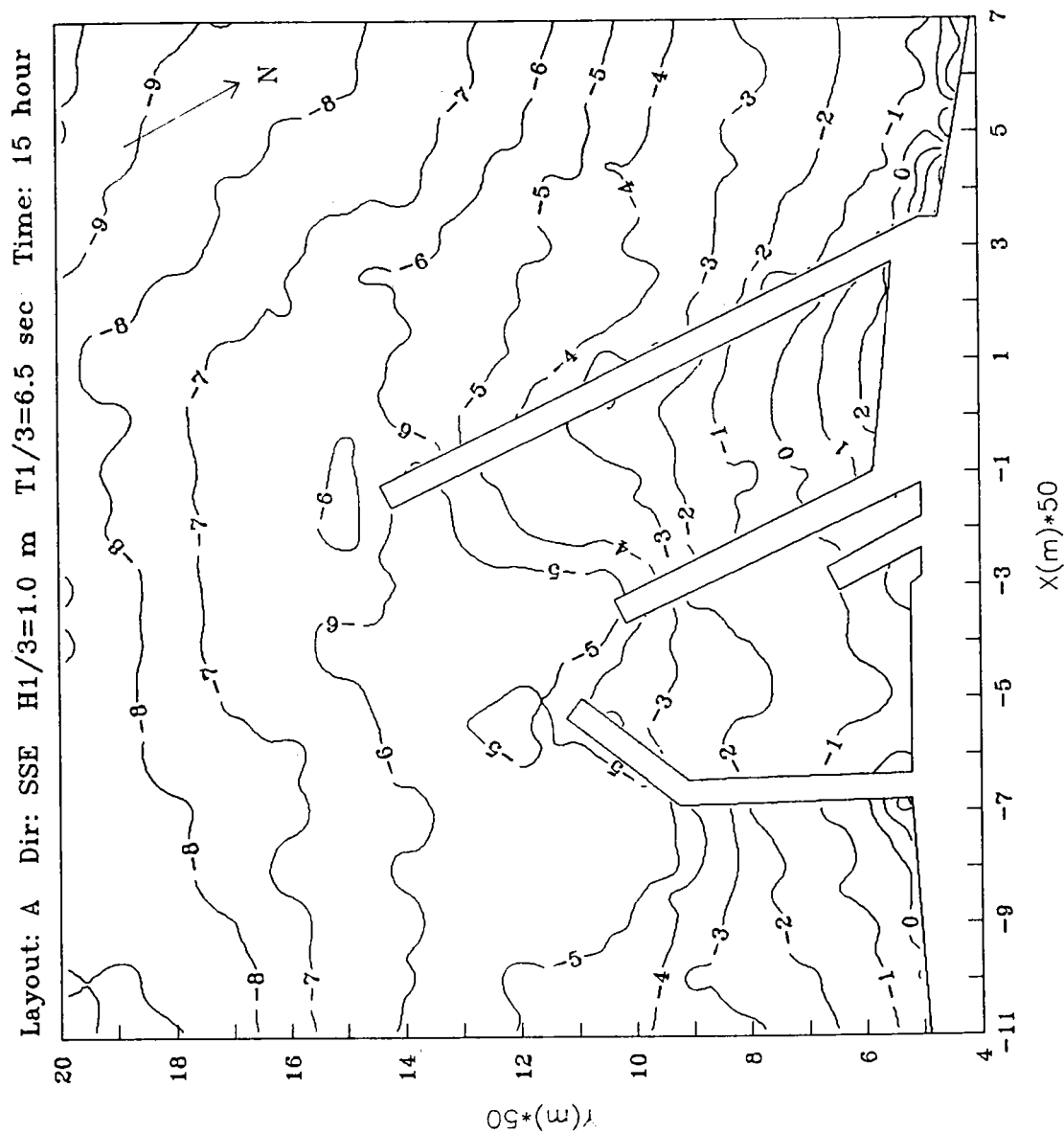


圖 17-f 佈置 A 季節風 SSE 向波浪累積造波時間 15 小時後地形變化

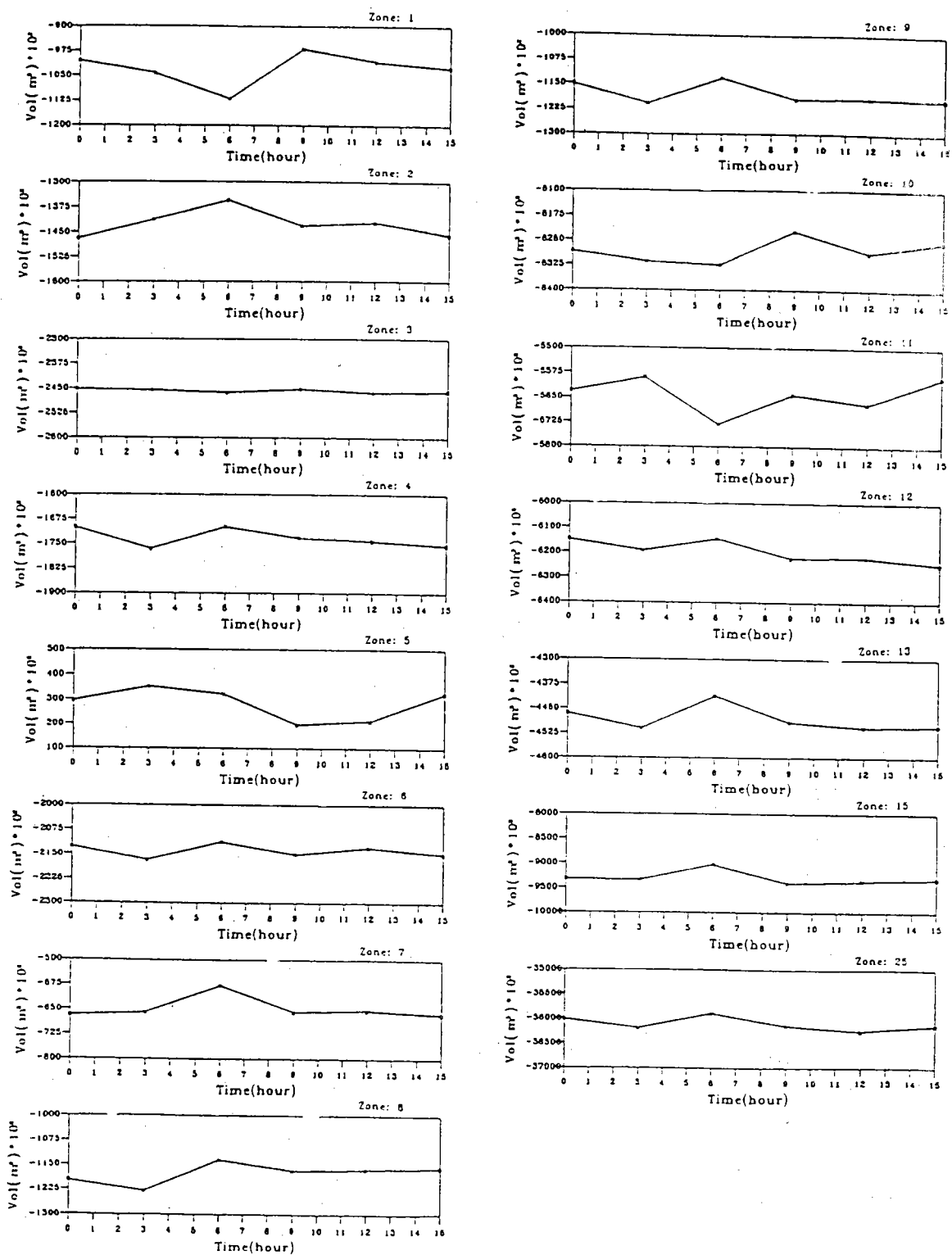


圖 18 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: A Dir: SSE $H_{1/3}=1.00\text{m}$ $T_{1/3}=6.5\text{ sec}$

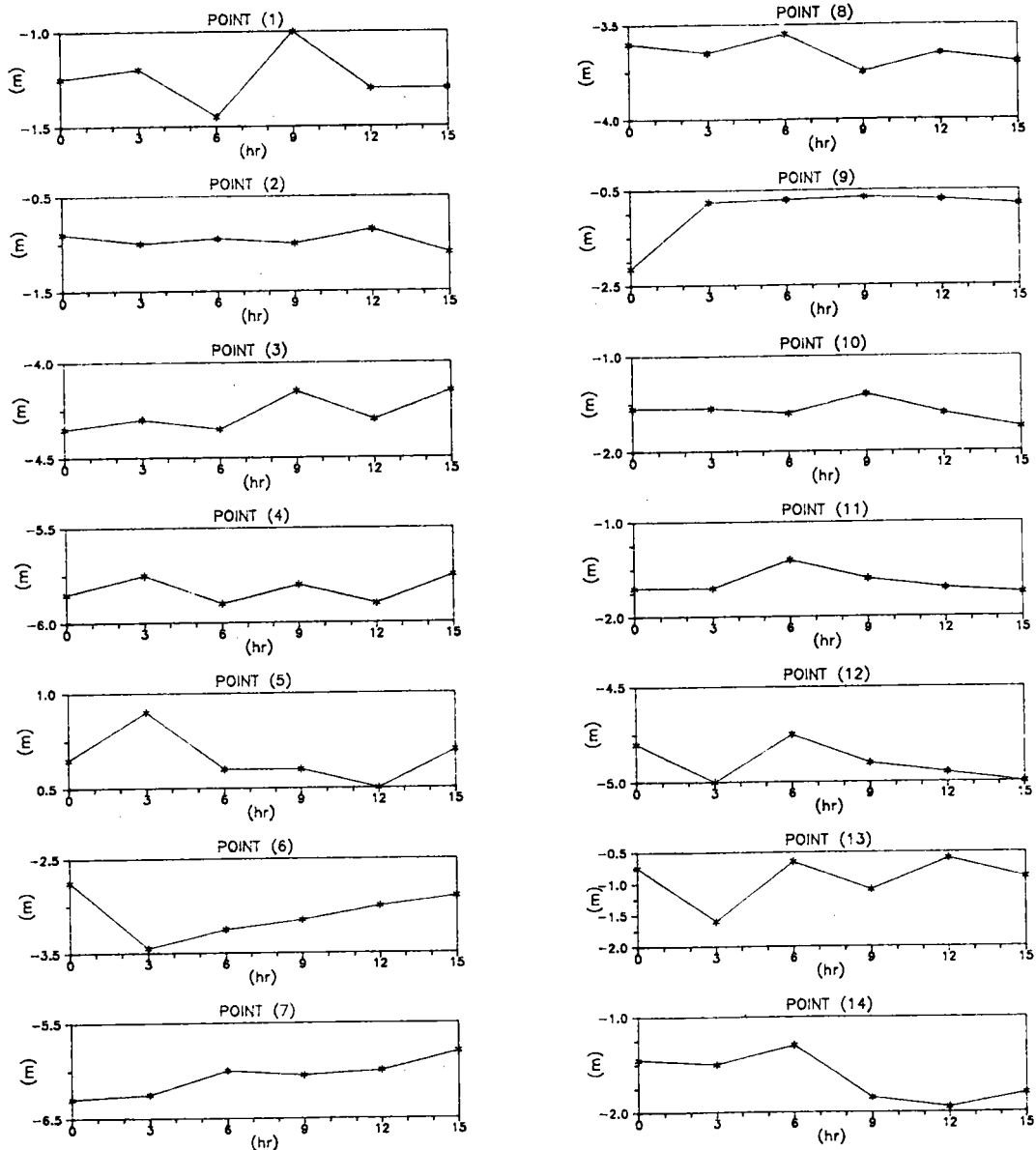


圖 19 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 7 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要點水深變化

時 間		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
項 目						
水 深 變 化	1	無顯著變化	呈侵蝕，刷 深約0.3m	呈淤積，高 出初期地形 水深約0.3m	呈侵蝕，恢 復到初期地 形時相同水 深	沒有變化
	2	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化 略呈侵蝕
	3	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化 略呈淤積
	4	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	5	略呈淤積，水 深淤淺約0.3m	呈侵蝕，恢 復為初期地 形水深	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	6	侵蝕，刷深0.7m	略呈淤積	無顯著變化	無顯著變化	逐漸恢復到 初期地形水 深
	7	無顯著變化	淤積約0.3m	無顯著變化	無顯著變化	與初期水深 比較共淤淺 約0.5m
	8	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化

表 7 (續) 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要點水深變化

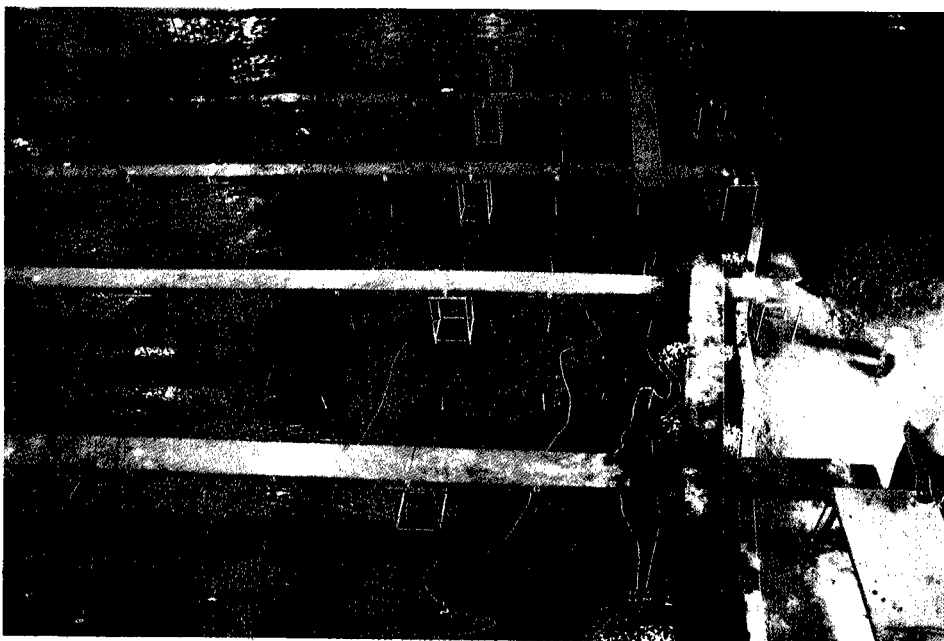
時 間		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
項 目 位 置						
水 深 變 化	9	造波初期，急速淤積，計淤積1.4m	自180分鐘後地形即無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化 累計淤淺 1.4m
	10	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	11	無顯著變化	淤積0.4m	恢復到初期地形	無顯著變化	無顯著變化
	12	刷深0.2m	恢復原先地形	無顯著變化 略呈侵蝕	無顯著變化	與初期地形 比較計刷深 0.2m
	13	初期即刷深約 0.8m	逐漸恢復初期地形	再次刷深約 0.5m	逐漸恢復原先地形	無顯著變化
	14	無顯著變化	淤積0.2m	開始明顯刷深，比原來地形計刷深 0.4m	無顯著變化	無顯著變化 累計刷深約 0.4m

表 8 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
土 方 變 化	1	初期以 1.25×10^3 /hr速率減少	繼續侵蝕，與初期地形比較，共減少 1.2×10^4 m ³	自360分開始淤積以 5.1×10^3 m ³ /hr速率增加	恢復到初期地形土方量	無顯著變化
	2	以 1.9×10^3 m ³ /hr速率淤積	以相同速率增加，360分鐘時，共增加土方量 1.15×10^4 m ³	自360分鐘後，開始侵蝕，逐漸恢復到初期地形	無顯著變化	恢復到初期地形
	3	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	4	初期以 2.2×10^3 /hr速率侵蝕	自180分鐘開始逐漸恢復成原來土方量	略呈侵蝕，恢復到初期地形	無顯著變化	無顯著變化
	5	初期略呈淤積	到360分鐘時恢復到初期地形土方量	以 4.2×10^3 m ³ /hr速率侵蝕，共減少 9.7×10^3 m ³	無顯著變化	呈淤積，逐漸恢復到初期地形
	6	初期略呈淤積	逐漸恢復成初期地形土方量	自360分後又呈侵蝕，惟速率較緩	又逐漸恢復到初期地形	無顯著變化
	7	造波初期，土方量無顯著變化	自180分開始以 2.7×10^3 /hr淤積	恢復到180分鐘時之土方量	無顯著變化	無顯著變化恢復到初期地形土方量
	8	略呈侵蝕	自180分鐘後開始以 3.2×10^3 m ³ /hr速率增加	呈侵蝕，到540分後，與初期土方量比較共增加 3×10^3 m ³	自540分鐘，土方量即無明顯變化。	無顯著變化

表 8(續) 佈置 A 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

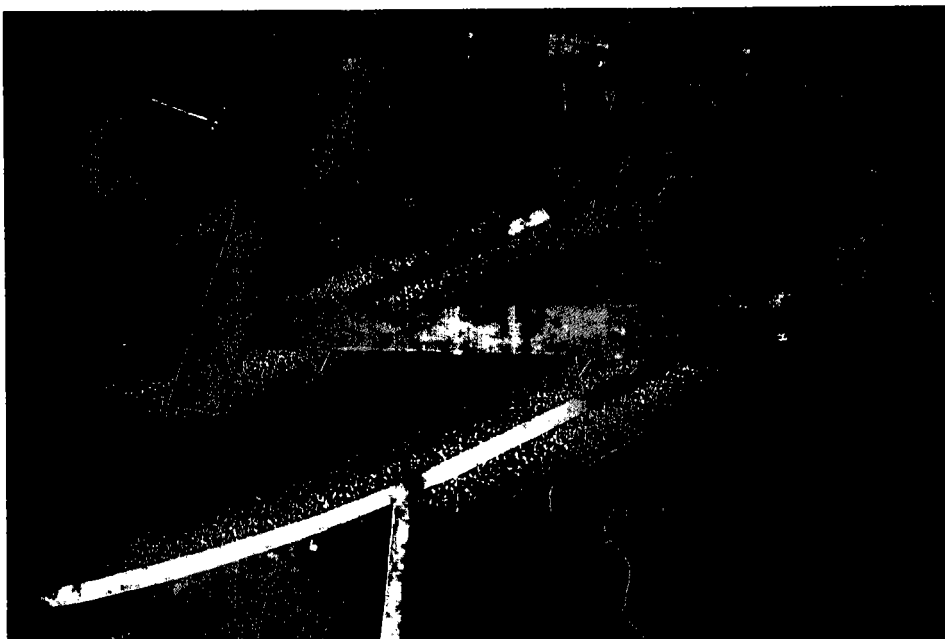
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
土 方 量 變 化	9	初期略呈侵蝕	恢復初期地形	呈侵蝕，與初期地形比較，土方量共減少 $4.5 \times 10^3 \text{m}^3$	趨於穩定，無顯著變化	無顯著變化
	10	略呈侵蝕 無顯著變化	略呈侵蝕 無顯著變化	以 $3.42 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率淤積，土方量與初期地形比較增加 $6.3 \times 10^3 \text{m}^3$	略呈侵蝕	略呈淤積，恢復到初期地形。
	11	初期略呈淤積	以 $4.75 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少，共減少土方量 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$	以約略相同速率土方量增加逐漸恢復初期地形	略呈侵蝕	略呈淤積，與初期地形比較，土方量共計增加 $4.4 \times 10^3 \text{m}^3$
	12	略呈侵蝕	恢復到初期地形	呈侵蝕，與初期地形比較土方量減少 $8.5 \times 10^3 \text{m}^3$	無顯著變化	無顯著變化
	13	略呈侵蝕	以 $3.3 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加與初期地形比較，增加土方量 $5.5 \times 10^3 \text{m}^3$	呈侵蝕，恢復到初期地形	無顯著變化	無顯著變化
	全區 (19)	無顯著變化	略呈淤積，土方量增加 $5.5 \times 10^4 \text{m}^3$	恢復到初期地形	無顯著變化	無顯著變化



照片 3-a 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後西防沙堤以西海岸突堤區地形



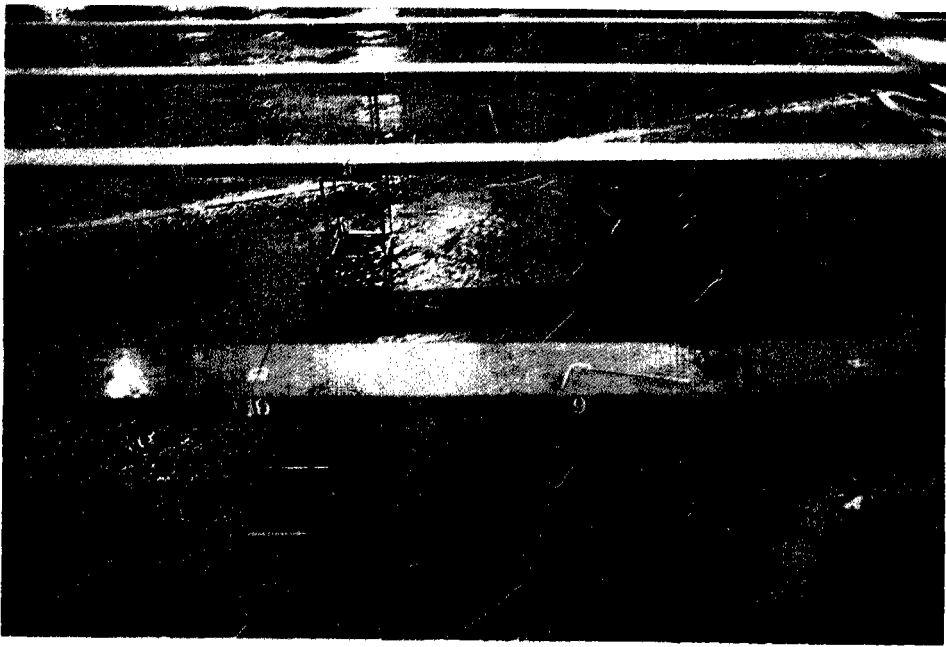
照片 3-b 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後西防沙堤西側地形



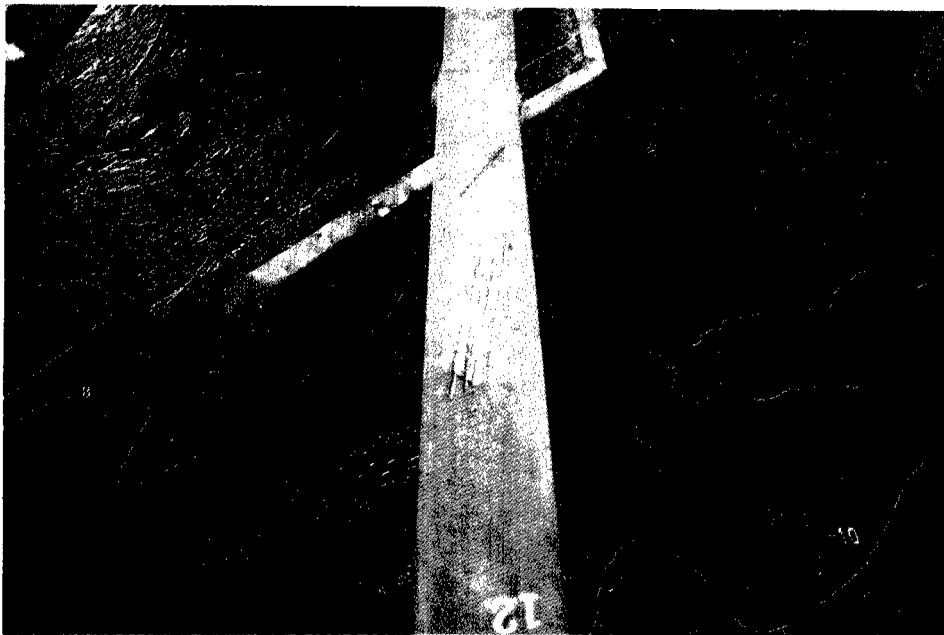
照片 3-c 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後西防波堤外側以及
內泊地入口處地形



照片 3-d 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後東防波堤內外側地形



照片 3-e 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後西防沙堤與西防波堤間地形



照片 3-f 佈置 A 季節風 SSE 向波浪造波15小時後東防波堤堤頭段外側地形

4 颱風 S 向波浪

(波高 $H=7.2\text{m}$ 、週期 $T=10.7\text{sec}$ 、暴潮位 $+2.49\text{m}$)

圖 20, (a)~(d)不同累積造波時段防波堤附近地形變化。

圖 21, 佈置 A 在波浪作用期間, 各分區之土方量變化。

圖 22, 佈置 A 在波浪作用期間, 各主要點之水深變化。

試驗中各時段累積造波時間其主要點水深及土方量變化分別摘要列如表 9 及表 10。

颱風 S 向波浪, 正對中芸漁港港口而入, 在無漂沙來源情況, 當累積造波時間達 3 個小時後, 試驗結果顯示, 西防沙堤外側 -4m 以下等水深並無顯著變化, -3m 、 -2m 等深線則因西防沙堤外側導浪作用有外移呈淤積現象, 惟在西防沙堤堤頭 -6m 等深線亦有外移趨勢, 而各堤頭處 -5m 、 -4m 等深線因波浪正對港口而入, 等深線內移呈侵蝕, 被侵蝕之土方量則被帶進港內; 東防波堤外側 -5m 、 -4m 等深線內移呈侵蝕, 被侵蝕之土方量則堆積在水深 -3m 處, 故在該時段, 中芸漁港附近水域除在第 (13) 區因位於造波上游, 在無漂沙源供應情況呈侵蝕外, 其餘各區均有淤積現象; 當累積造波時間達 6 個小時, 試驗結果顯示, 除港內水域第 (7) 區以及東防波堤外側第 (9) 區呈淤積外, 其餘各區均呈侵蝕或無明顯變化趨勢, 而就整個水域而言, 該時段在 S 波向颱風作用無砂源供應情況下, 整區呈侵蝕; 當累積造波時間滿 9 個小時, 試驗結果顯示, 西防沙堤外側第 (1) 區、第 (2) 區土方量均無顯著變化, 與初期地形比較係呈淤積, 而堤頭段內外側第 (3)、(4) 區則呈侵蝕, 第 (5) 區則因上游區被侵蝕之土方量堆積於此而呈淤積, 較初期地形比較共增加 $2 \times 10^4 \text{m}^3$, 而東防波堤內外側第 (6)、(7)、(8) 以及 (9) 區則均呈侵蝕, 尤其第 (8)、(9) 區地形則逐漸恢復初期土方量, 且就整區而言, 當颱風 S 向波浪作用時, 在無沙源情況初期係呈淤積, 惟自第 3 個小時後即逐漸恢復到初期地形土方量而呈侵蝕, 如圖 21 第 (15) 區以及

第(25)區所示。照片 4 中(a)~(h)分別為颱風 S 向波浪作用 9 個小時後(a)西防沙堤以西堤腳處等深線變化情形(b)西防波堤堤頭段兩邊拋石以及西防波堤堤頭段外側破壞情形 (c)西防沙堤以及西防波堤間岸側淤積情形 (d)西防波堤兩側以及中芸漁港入港航道處(e)中芸漁港港口附近地形變化(f)東防波堤斜堤外側地形變化(g)東防波堤外側堤址處堆積情況以及(h)東防波堤以東地形變化。

Layout: A Dir: S H1/3=7.2 m T1/3=10.7 sec Time: 0 hour

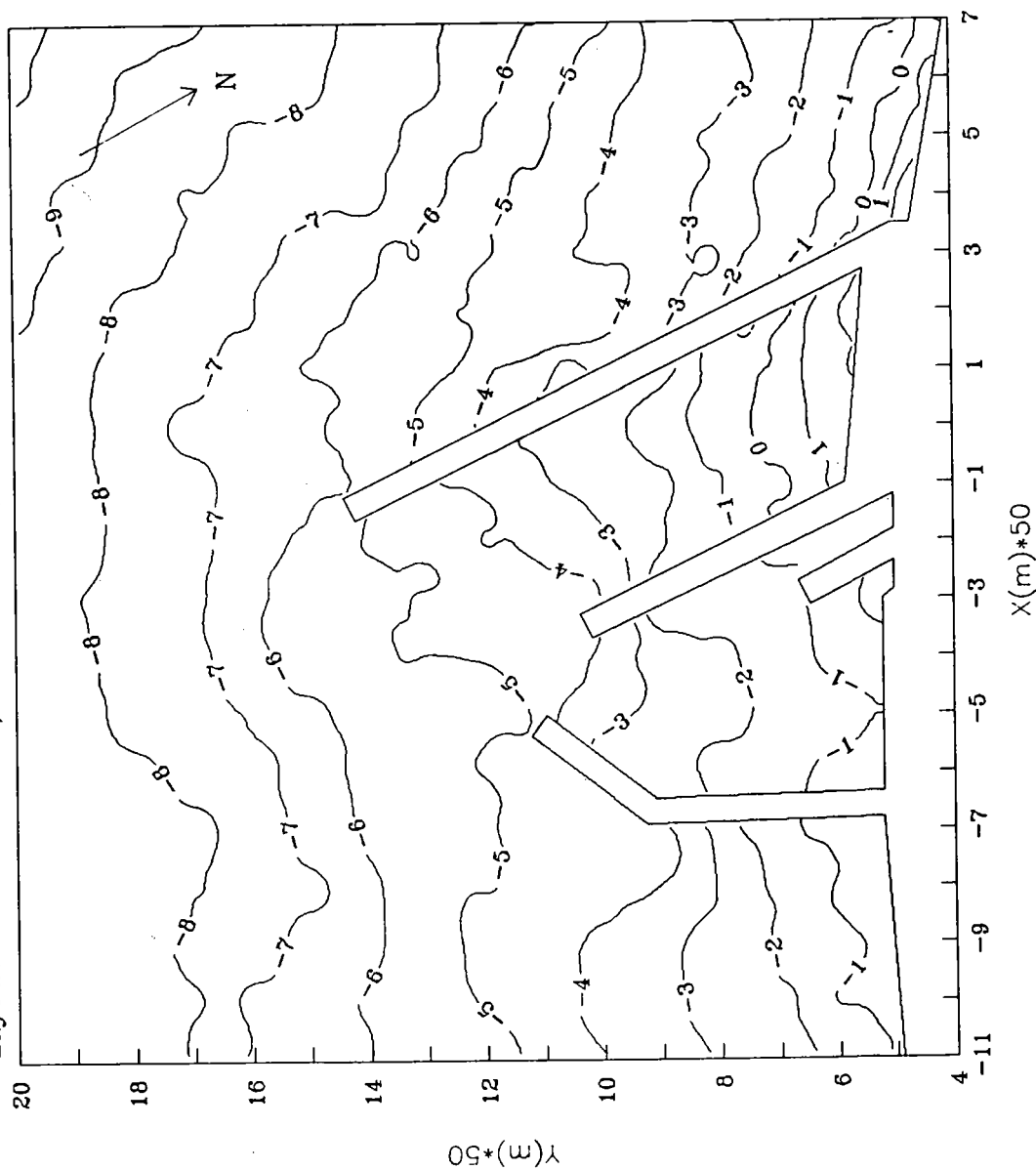


圖 20-a 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗造波初期地形圖

Layout: A Dir: S H1/3=7.2 m T1/3=10.7 sec Time: 3 hour

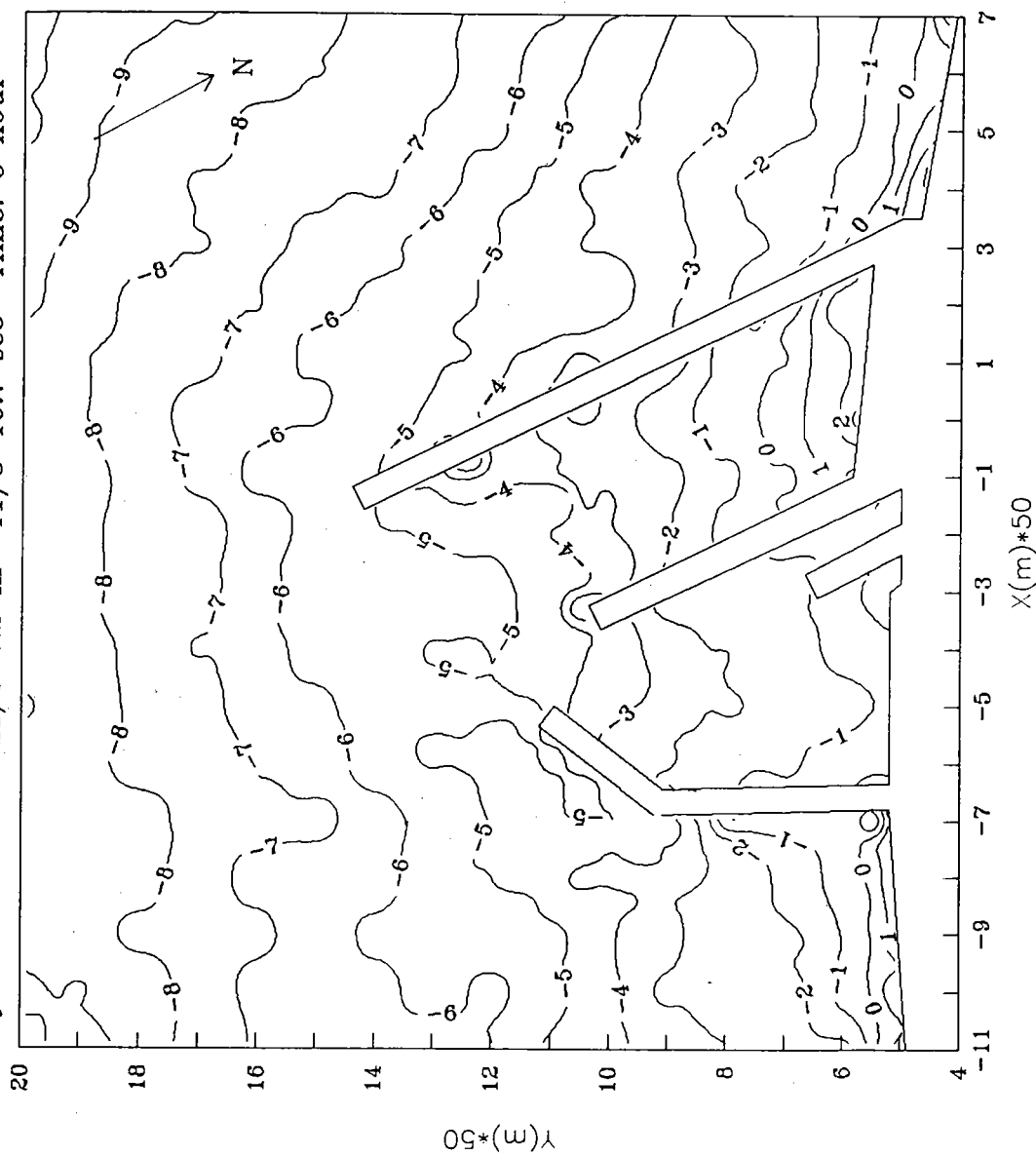


圖 20-b 佈置 A 颱風 S 向波浪累積造波時間 3 小時後地形

Layout: A Dir: S H1/3=7.2 m T1/3=10.7 sec Time: 6 hour

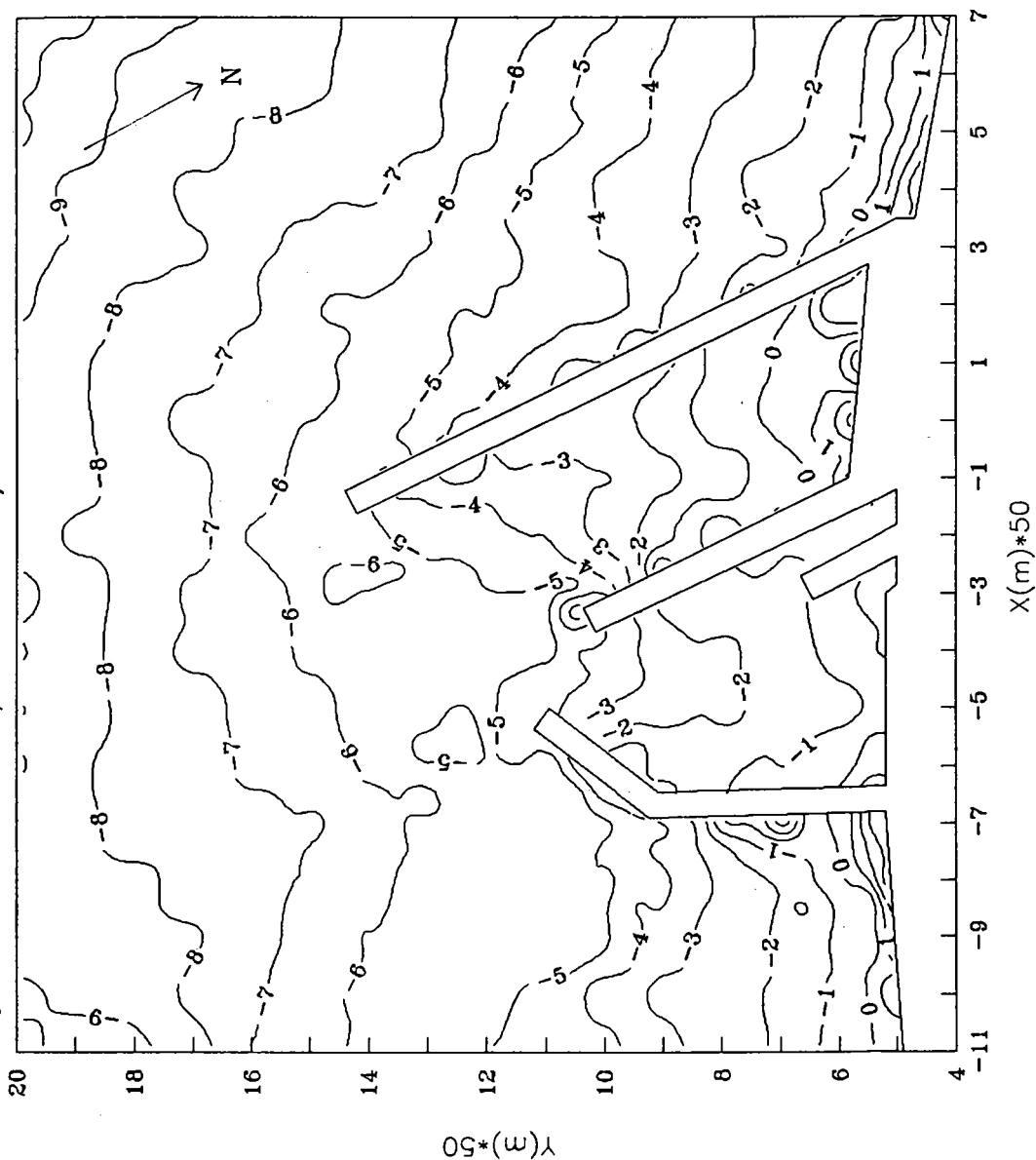


圖 20-c 佈置 A 颱風 S 向波浪累積造波時間 6 小時後地形

Layout: A Dir: S H1/3=7.2 m T1/3=10.7 sec Time: 9 hour

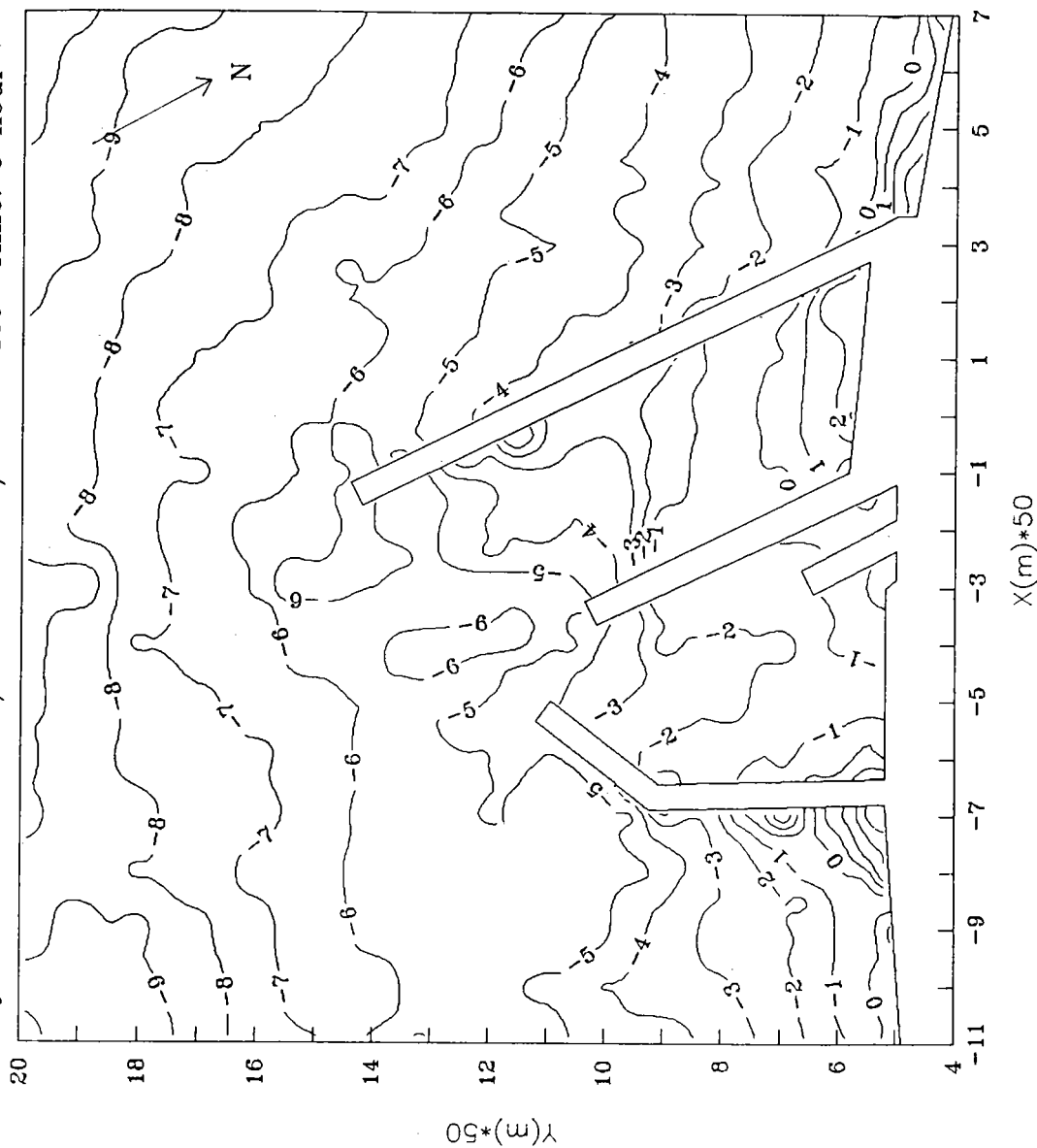


圖 20-d 佈置 A 颱風 S 向波浪累積造波時間 9 小時後地形

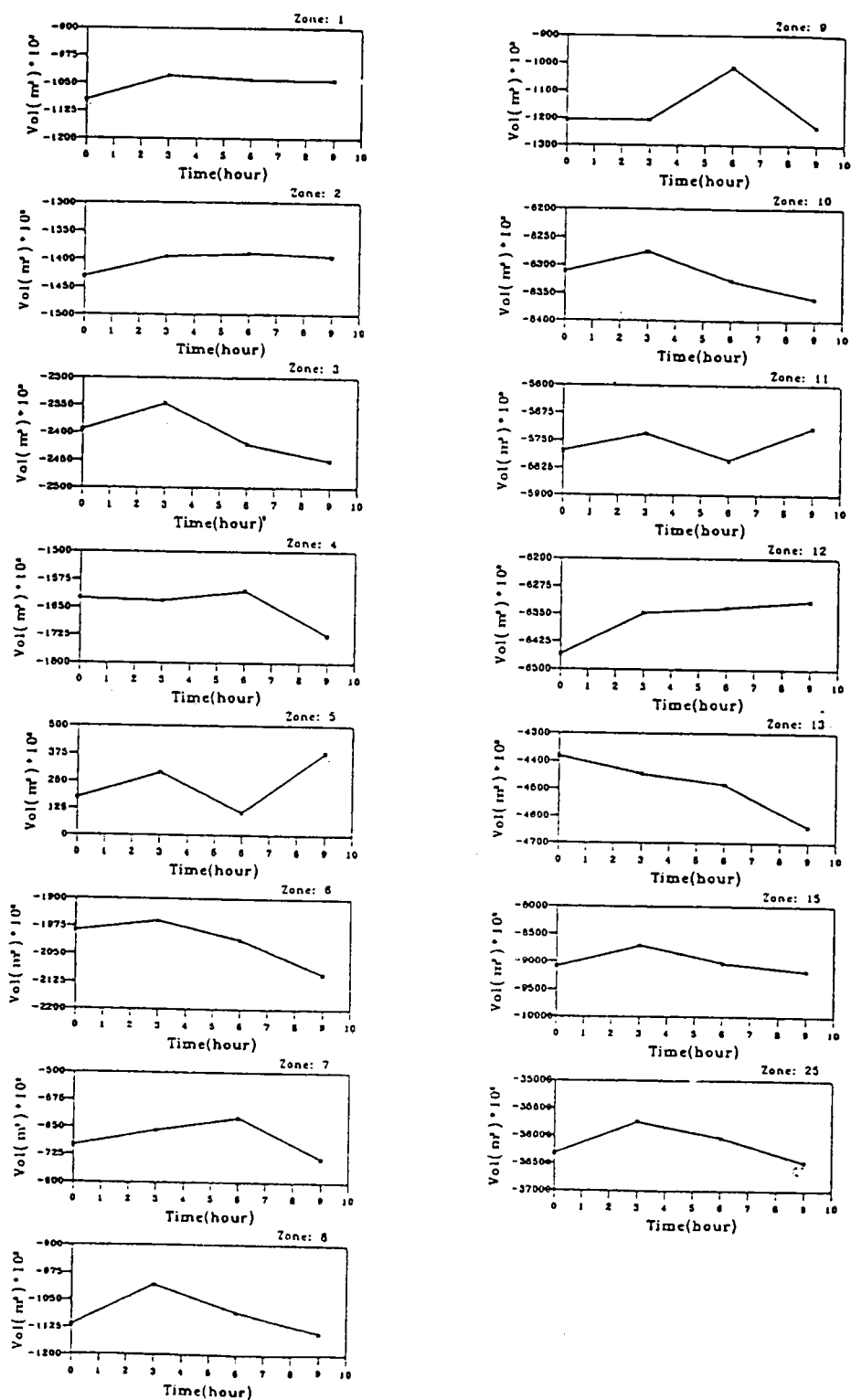


圖 21 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: A Dir: S $H_{1/3}=7.20\text{m}$ $T_{1/3}=10.7\text{ sec}$

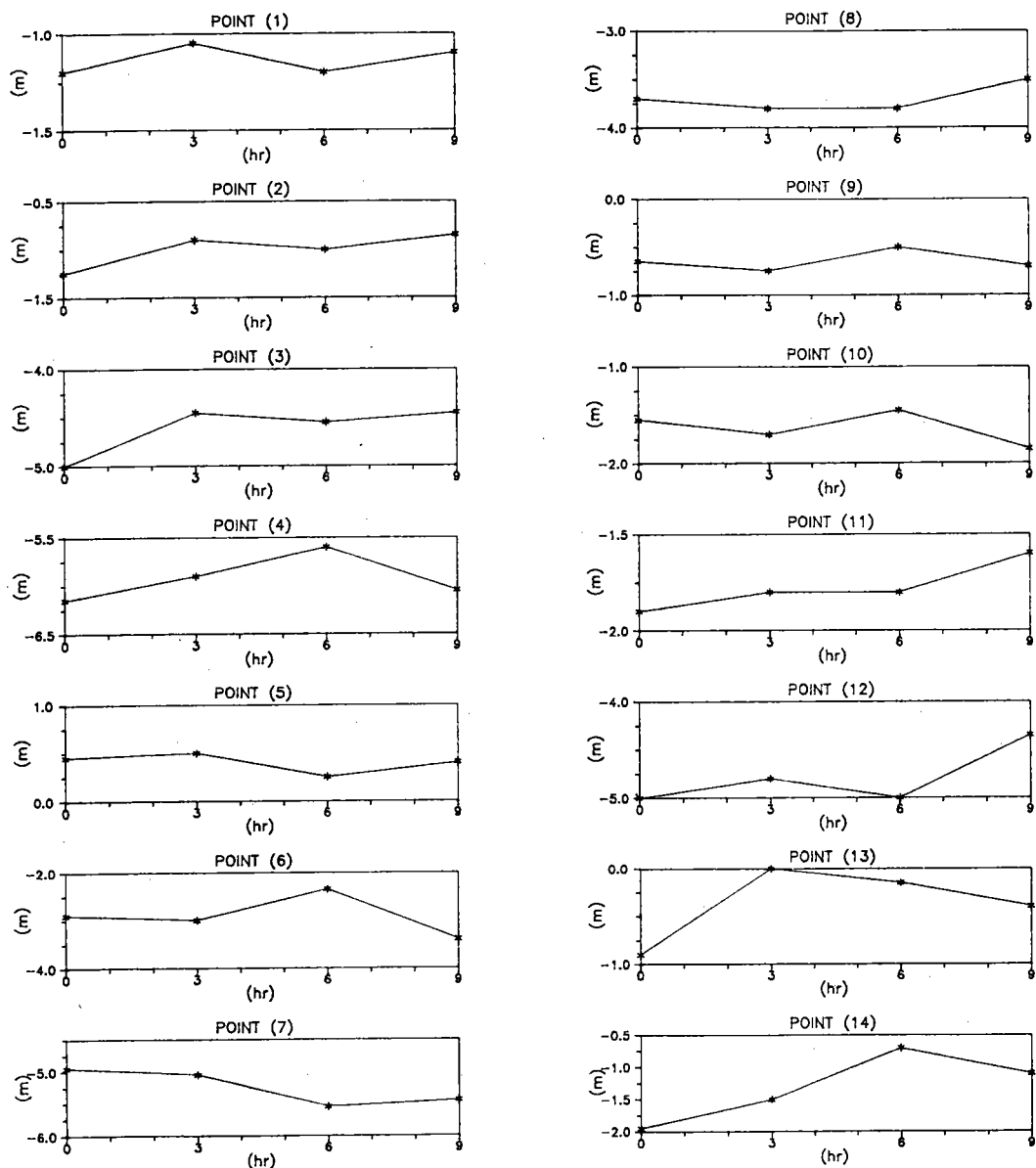


圖 22 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 9 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗結果各主要點水深變化

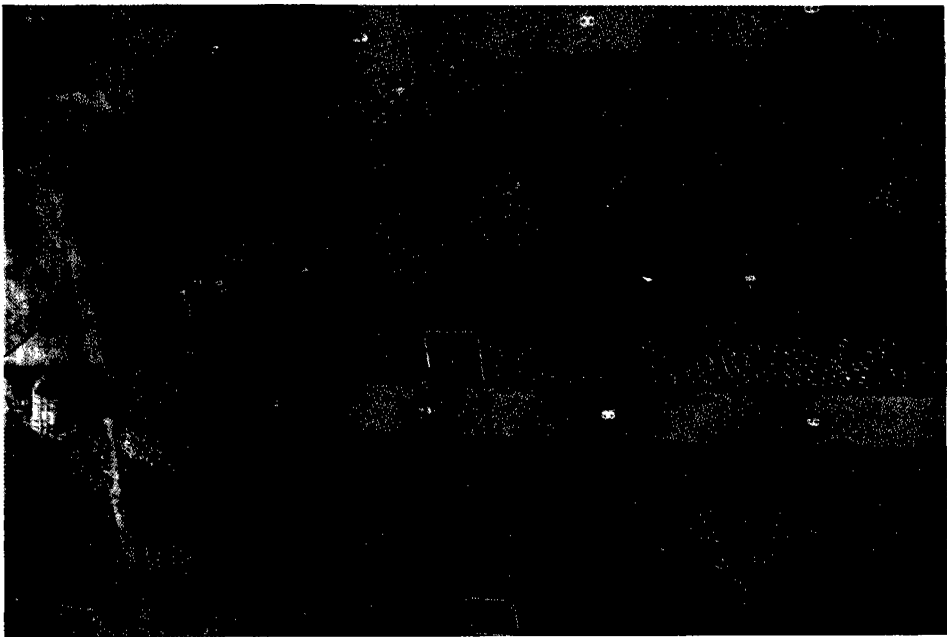
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
水 深 變 化	1	略呈淤積，無顯著變化	恢復到初期水深	略呈淤積，同180分後之水深
	2	淤積0.35m	無顯著變化	無顯著變化
	3	淤積0.55m	無顯著變化	無顯著變化
	4	呈淤積	繼續淤積，水深計淤淺0.55m	恢復到初期水深
	5	無顯著變化	淤積0.25m	恢復到初期水深
	6	無顯著變化	淤積0.65m 其刷深1.2m	呈侵蝕，較初期地形刷深0.5m
	7	無顯著變化	刷深0.5m	無顯著變化
	8	無顯著變化	無顯著變化	呈淤積，水深較初期地形淤淺0.2m
	9	無顯著變化	略呈淤積	恢復到初期地形
	10	略呈侵蝕	呈淤積	呈侵蝕，較初期地形減少0.3m
	11	無顯著變化	無顯著變化	與初期地形比較淤淺0.3m
	12	略呈淤積	恢復到初期地形	較初期地形淤淺0.65m
	13	淤淺0.9m	恢復侵蝕	恢復侵蝕，較初期地形仍淤淺0.5m
	14	呈淤積	較初期地形共淤淺1.25m	略呈侵蝕

表 10 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

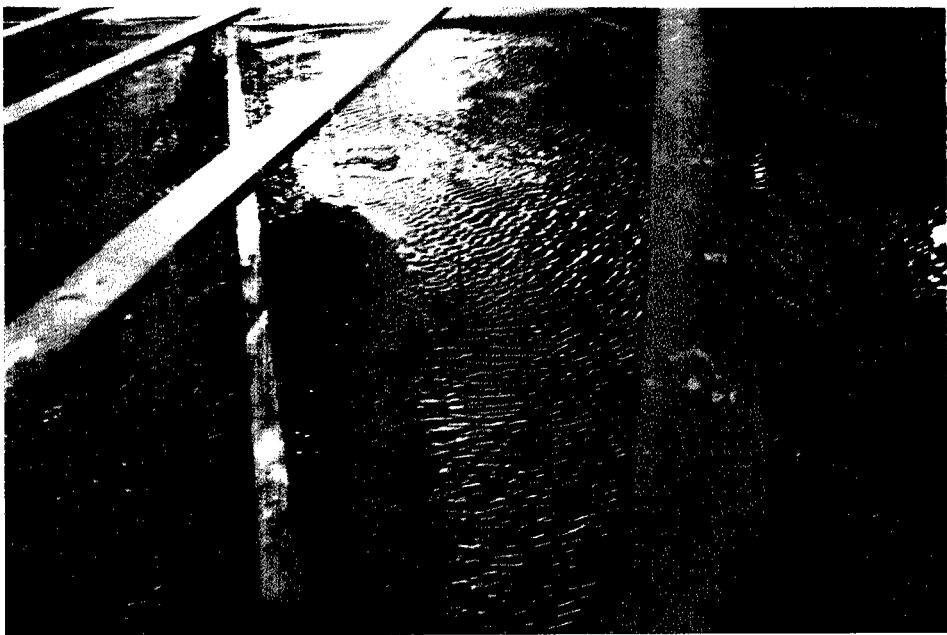
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
土 方 量 變 化	1	造波初期以 $2.25 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率呈淤積	無顯著變化	無顯著變化
	2	略呈淤積 無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化，與初期地形比較，共計增加 $3.5 \times 10^3 \text{m}^3$
	3	略呈淤積	自180分後開始侵蝕	繼續侵蝕，土方量共計減少 $5.6 \times 10^3 \text{m}^3$
	4	無顯著變化	略呈淤積	自360分鐘後開始侵蝕，與初期地形比較，共減少 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$
	5	初期呈淤積	180分鐘後開始侵蝕，較初期地形減少 $7.0 \times 10^3 \text{m}^3$	360分鐘後開始淤積，較初期地形增加 $2.0 \times 10^4 \text{m}^3$
	6.	略呈淤積	開始侵蝕	繼續侵蝕，較初期地形土方量減少 $1.2 \times 10^4 \text{m}^3$
	7.	呈淤積	呈淤積，土方量共增加 $7.6 \times 10^3 \text{m}^3$	自360分鐘後開始侵蝕，較初期地形減少 $1.0 \times 10^3 \text{m}^3$
	8.	初期呈淤積	侵蝕，恢復到初期地形	繼續侵蝕，土方量共減少 $2.1 \times 10^3 \text{m}^3$

表 10(續) 佈置 A 颱風 S 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

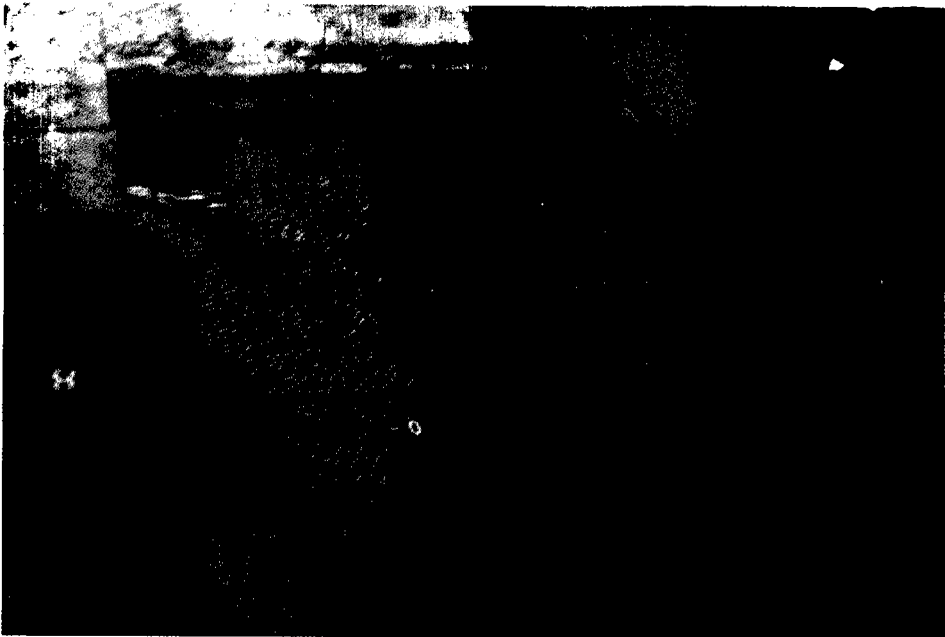
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
土 方 量 變 化	9	無顯著變化	呈淤積，土方量 增加 $1.9 \times 10^4 \text{m}^3$	侵蝕，恢復到初 期地形
	10	略呈淤積	侵蝕，恢復初期 地形	繼續侵蝕，土方 量減少 4.8×10^3 m^3
	11	略呈淤積	恢復到初期地形	呈淤積，土方量 增加 $4.8 \times 10^3 \text{m}^3$
	12	呈淤積，土方量 增加 $1.1 \times 10^4 \text{m}^3$	無顯著變化	略呈淤積，速率 緩慢
	13	略侵蝕	略呈侵蝕	侵蝕速率加快土 方量共減少 2.5 $\times 10^4 \text{m}^3$
	全 區 (1 9)	造波初期呈淤積 土方量增加 5.8 $\times 10^4 \text{m}^3$	自180分鐘後開 始侵蝕	繼續侵蝕與初期 地形比較土方量 計減少 $1.62 \times$ 10^4m^3



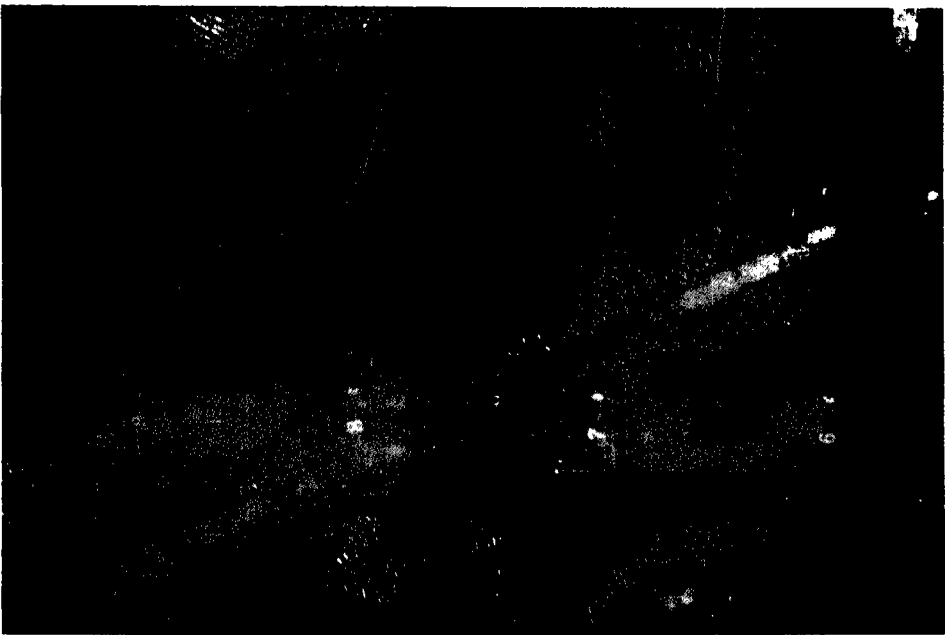
照片 4-a 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後西防沙堤以西堤腳處地形



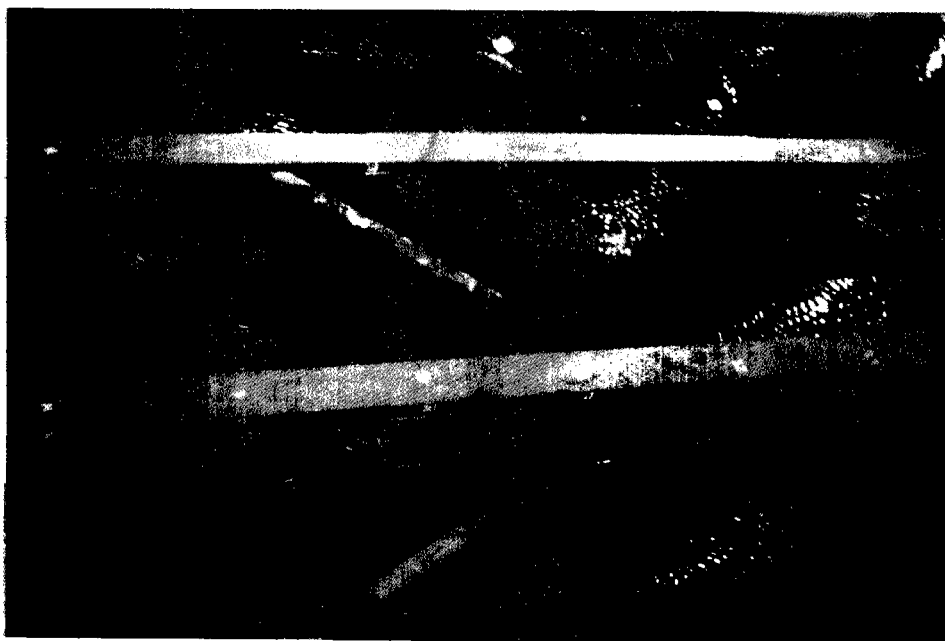
照片 4-b 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後西防波堤堤頭段兩邊拋石以及西防波堤堤頭段外側變化情形



照片 4-c 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後西防沙堤以及西防波堤向岸側淤積情形



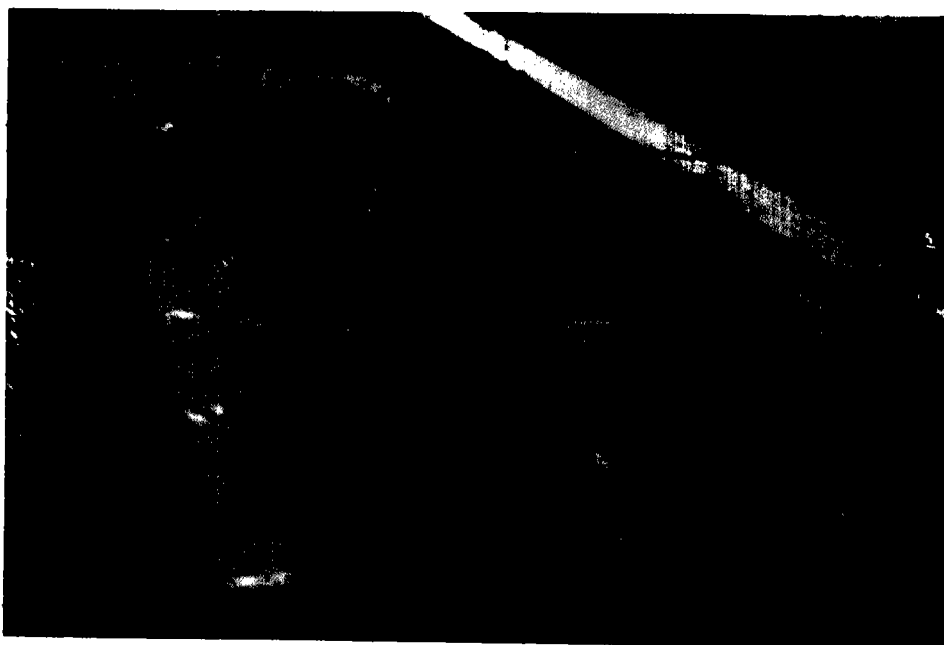
照片 4-d 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後西防波堤西側以及漁港入港航道處地形



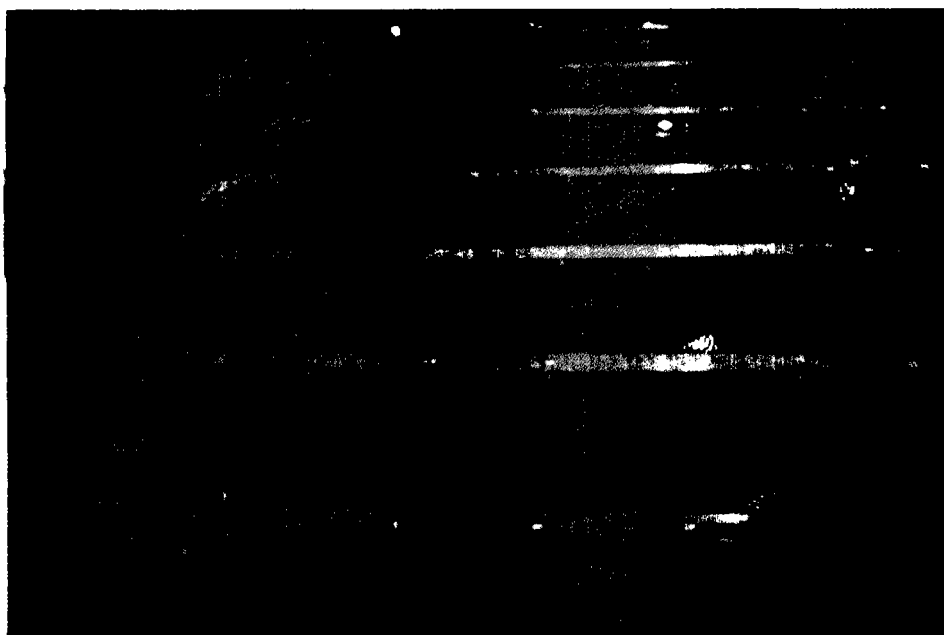
照片 4-e 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後漁港港口附近地形



照片 4-f 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後東防波堤斜堤外側地形



照片 4-g 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後東防波堤外側堤址處堆積情形

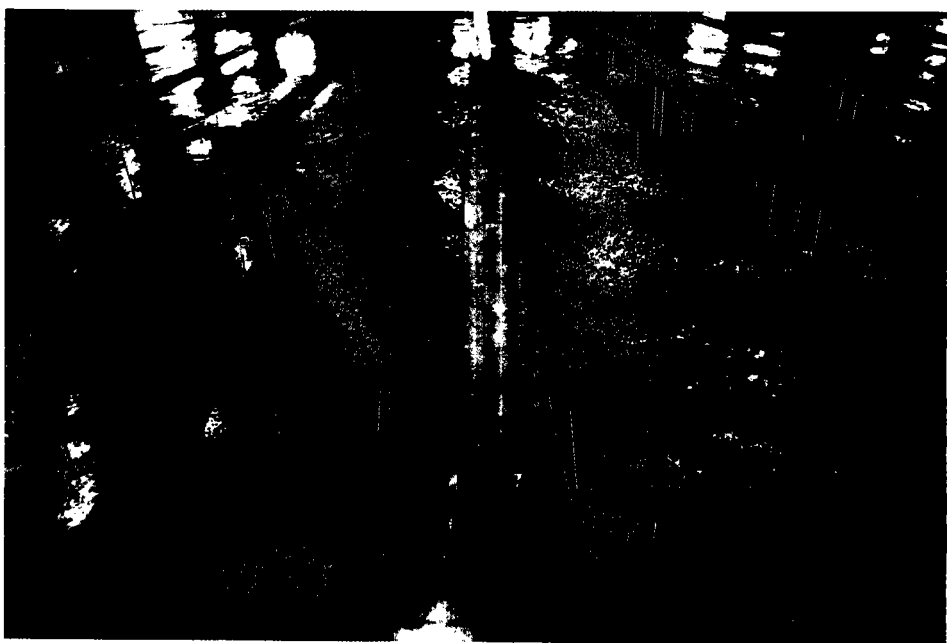


照片 4-h 佈置 A 颱風 S 向波浪造波9小時後東防波堤以東地形變化

5. 季節風 WNW 向波浪作用流況定性試驗

根據中芸漁港現場歷年水深測量圖資料顯示，該區海域漂沙優勢方向為自西北往東南方向，故為瞭解中芸漁港現狀配置附近海域流況分佈趨勢，乃選擇進行 WNW 波向流況試驗。

本試驗分別在中芸漁港西防沙堤外側堤址以及堤頭處投置過錳酸鉀進行二次流況定性觀察，試驗結果分別如照片 5-a～照片 5-h 所示；照片 5-a～照片 5-d 為染劑投置於西防沙堤外側堤址處試驗結果，照片顯示在 WNW 向波浪作用下，染劑沿著西防沙堤順勢而下，惟並無繞過堤頭進入港口跡象；照片 5-e～照片 5-h 為染劑投置於西防沙堤堤頭處試驗結果，照片顯示在 WNW 向波浪作用下，有部份染劑逐漸流向中芸漁港港口處；此意謂著入侵中芸漁港港口之漂沙來源當來自其港口鄰近水域，其主導方向決定於波浪入侵方向及其波高之大小。



照片 5-a 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤外側後擴散情形



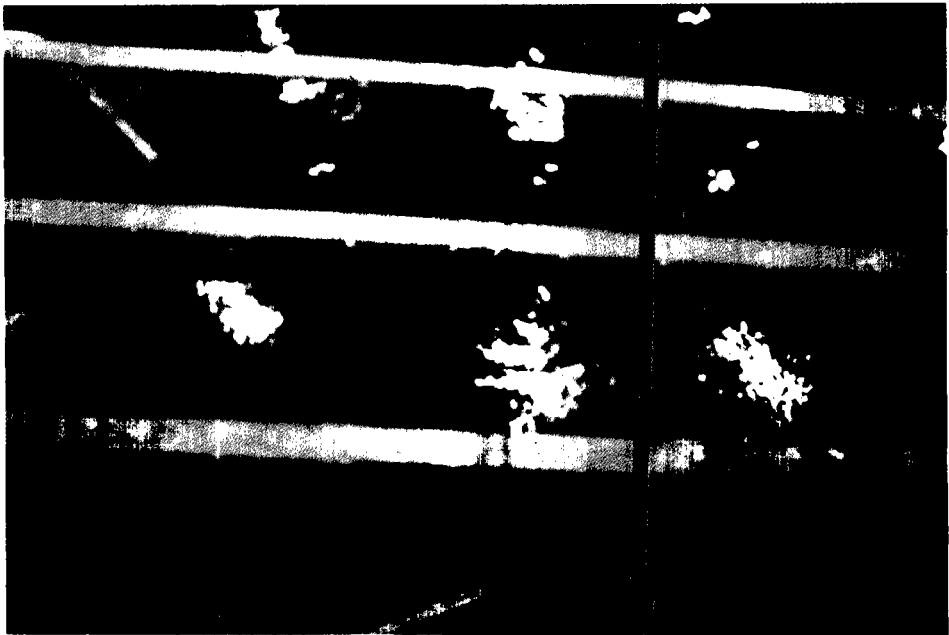
照片 5-b 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤外側後擴散情形



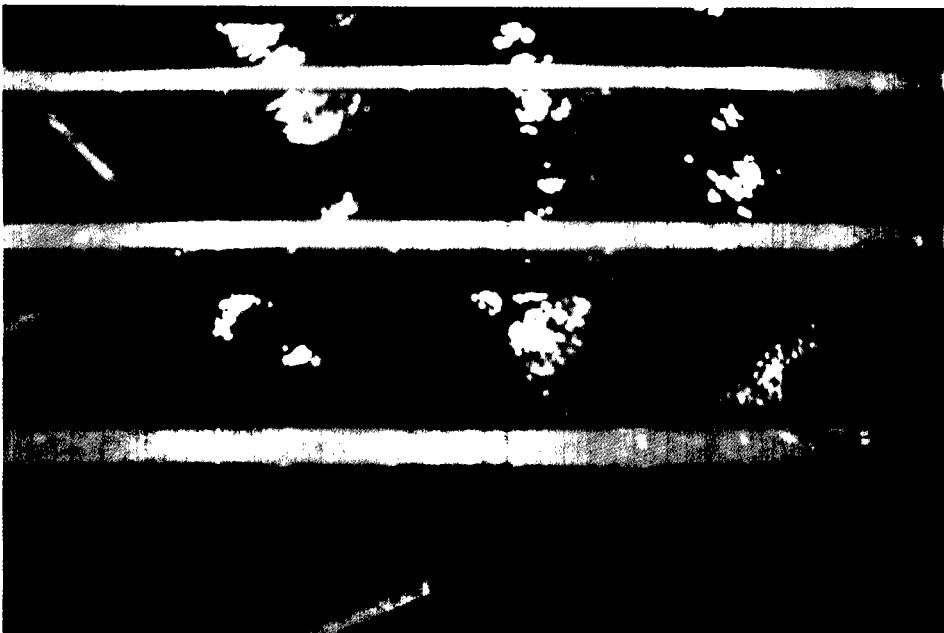
照片 5-c 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤外側後擴散情形



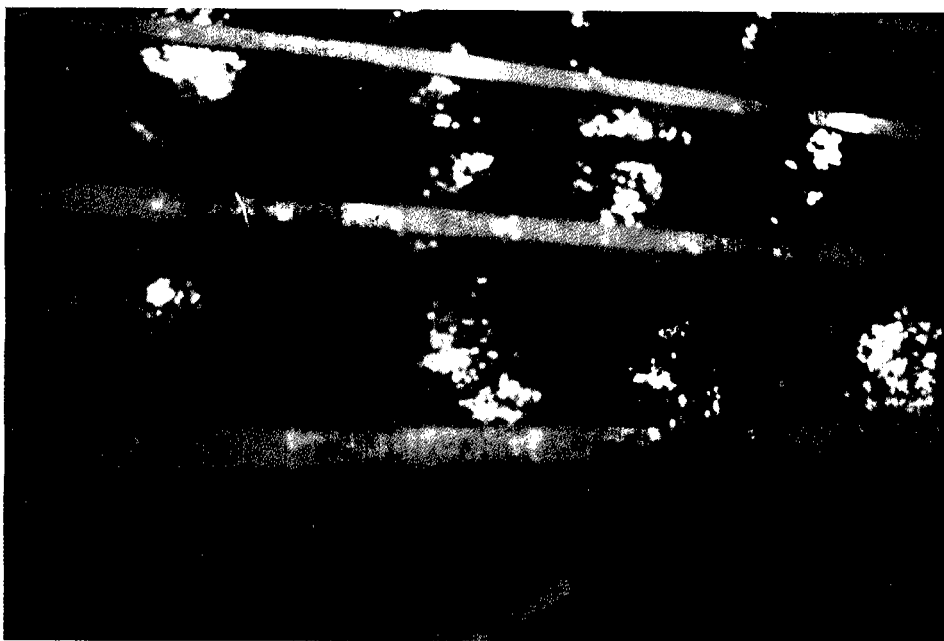
照片 5-d 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤外側後擴散情形



照片 5-e 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形



照片 5-f 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形



照片 5-g 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形



照片 5-h 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形



照片 5-a 佈置 A 季節風 WNW 向波浪流況試驗，過錳酸鉀投置於西防沙堤堤頭處後擴散情形

(二)佈置 B 試驗

佈置 B 乃漁技社為改善中芸漁港港內泊地等穩靜度，根據交大土研所遮蔽試驗結果所研擬之一種改善方案配置，係在目前港口東南方向處設置一道長為 250公尺離岸堤且自東防波堤堤頭沿東堤外緣方向轉 135° 方向延伸55公尺，同時試驗結果為與佈置 A 相比較，初期地形乃採民國八十年漁技社所測水深圖，圖23-(a)與(b)中數字亦同樣分別為報告資料分析圖表中所述主要水深點位置以及土方量變化各分區範圍示意圖，其各分區範圍大小、試驗條件以及累積造波時間均與佈置A 相同，謹將試驗結果分述如下：

1. 季節風 WNW 向波浪

(波高 $H=1.87\text{m}$ 、週期 $T=6.5\text{sec}$ 、平均水位 $+1.02\text{m}$)

圖 24, (a)~(f)為波浪作用期間防波堤附近地形變化

圖 25, 為波浪作用期間各分區之土方量變化

圖 26, 為波浪作用期間各主要點之水深變化

試驗期間各主要點水深變化以及各主要分區土方量變化，分別摘要列如表 11 及表 12。

因季節風 WNW 向波浪約略平行海岸線，造波初期前3個小時，試驗結果顯示，除第(10)區因係造波上游區以及第(13)區係在離岸堤下游區在無沙源情況下土方量呈現侵蝕現象外，其餘各區均呈淤積，尤以第(9)區波浪因離岸堤導流作用以及第(2)區、(3)區因係西防沙堤阻絕之故，淤積較為明顯，就整區而言，該時段係呈淤積，土方量僅增加 $1.4 \times 10^4 \text{m}^3$ ，惟佈置 A 相同時段整區土方量則增加 $7.1 \times 10^4 \text{m}^3$ 而當累積造波時間達6個小時，試驗結果顯示，除第(9)區呈明顯侵蝕，又恢復到初期地形土方量外，其餘各分區均無顯著變化，就整區而言，土方量並無顯著變化；當累積造波時間達9個小時，除離岸堤外以及東防波堤外側第(12-2)區、(13)區以及(9)區因處造波下游區呈較顯著淤積外，其餘各區沖淤互

見，就整區土方量變化而言並不顯著；當累積造波時段達12個小時，西防沙堤外側第(1)區、(2)區呈淤積現象，第(3)區、(10)區、(11)區則無顯著變化，而該時段試驗結果顯示中芸漁港港口及港內第(6)區與第(7)區則呈侵蝕，離岸堤外側第(12-2)區以及(13)區亦呈明顯侵蝕，就整區而言，該時段土方量略呈侵蝕，侵蝕土方量達 $1.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；迄累積造波時間達15個小時，西防沙堤外側第(1)區與第(10)區開始侵蝕，被帶走之土方量則堆積在第(2)區、(3)區與(11)區，其餘各區則無明顯變化，故就季節風WSW向波浪言，佈置 B 中芸漁港整個鄰近水域總土方量僅增加 $1.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 佔初期地形總土方量之1.6%，如圖25第(15)區所示，而相同試驗條件，佈置 A所增加之土方量則佔初期地形總土方量之8%，故為維持港內水域穩靜所研擬之離岸堤配置，並未造成明顯鄰近地形變化。照片 6 中(a)~(d)分別為佈置B 在季節風 WNW 向波浪作用15個小時後(a)西防沙堤外側離岸堤附近地形變化，照片顯示在堤址處漂沙堆積情形(b)為西防沙堤內側堤址漂沙堆積情形(c)西防波堤外側以及中芸漁港港口以及航道入口處地形變化以及(d)中芸漁港港口外側離岸設置地點附近地形變化。

Layout: B Dir: WNW SSE S SW

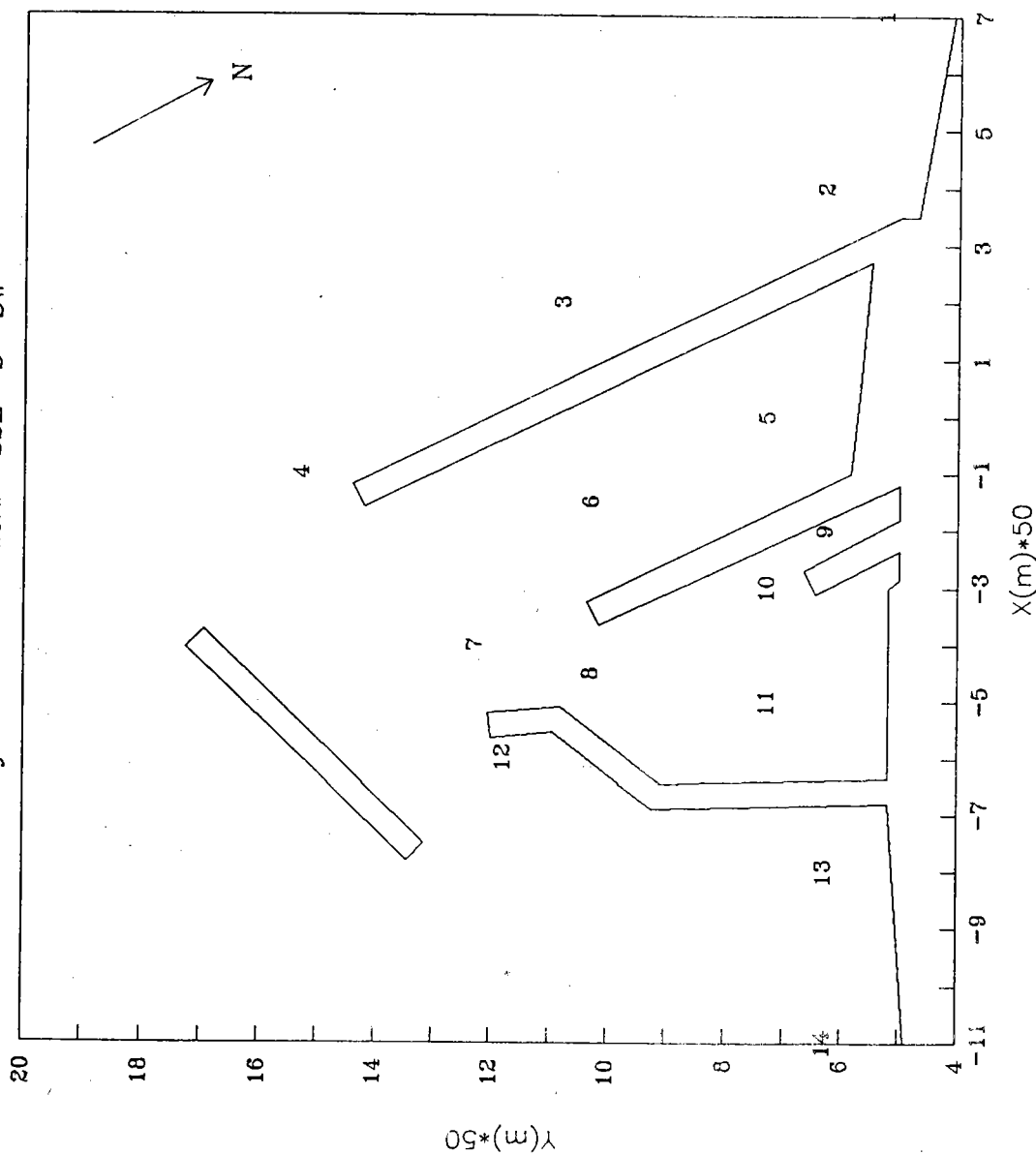
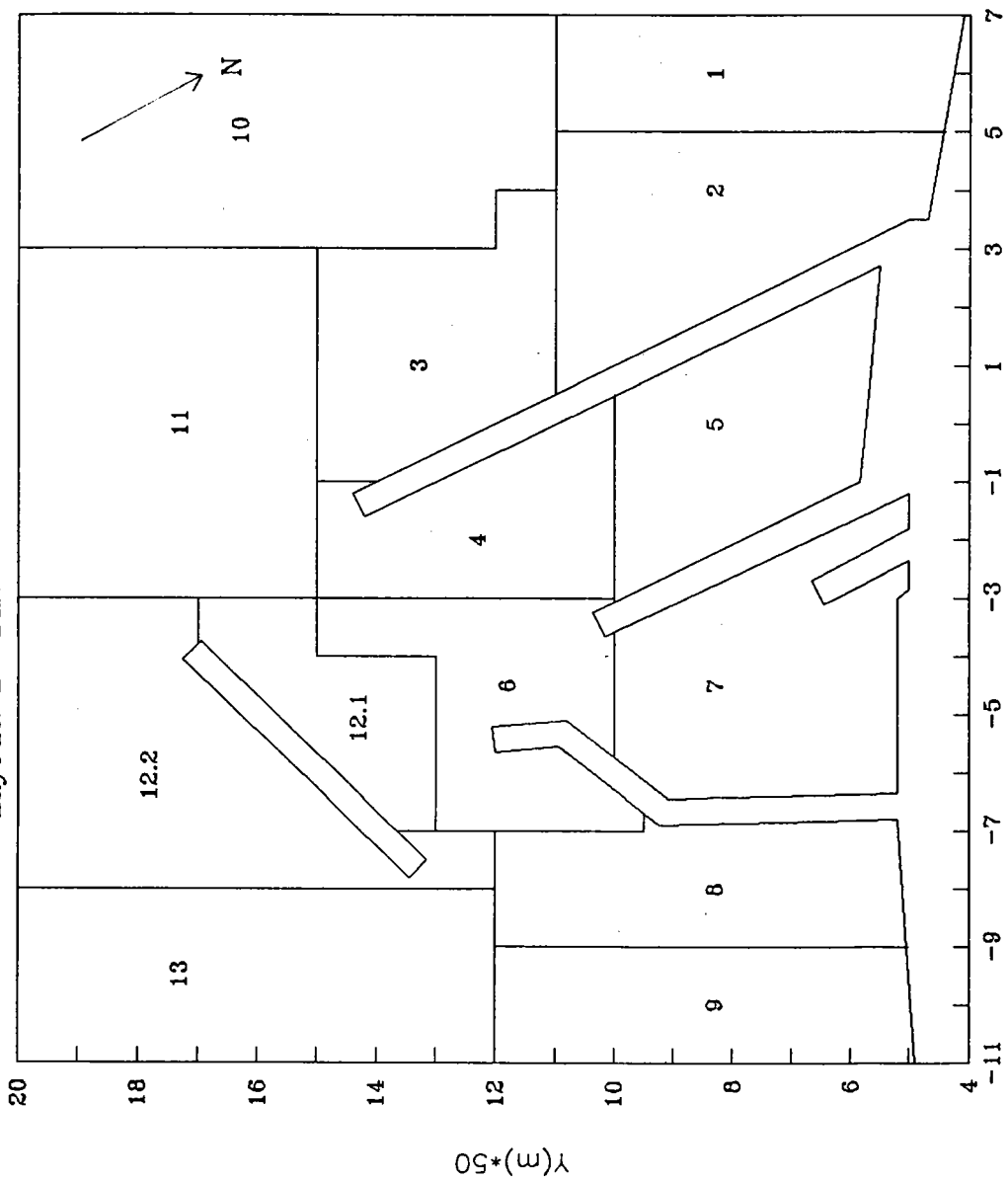


圖 23-a 佈置 B 試驗各主要水深點位置示意圖

Layout: B Dir: WNW SSE S SW



$X(m)*50$

圖 23-b 佈置 B 試驗各主要分區範圍示意圖

Layout: B Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 0 hour

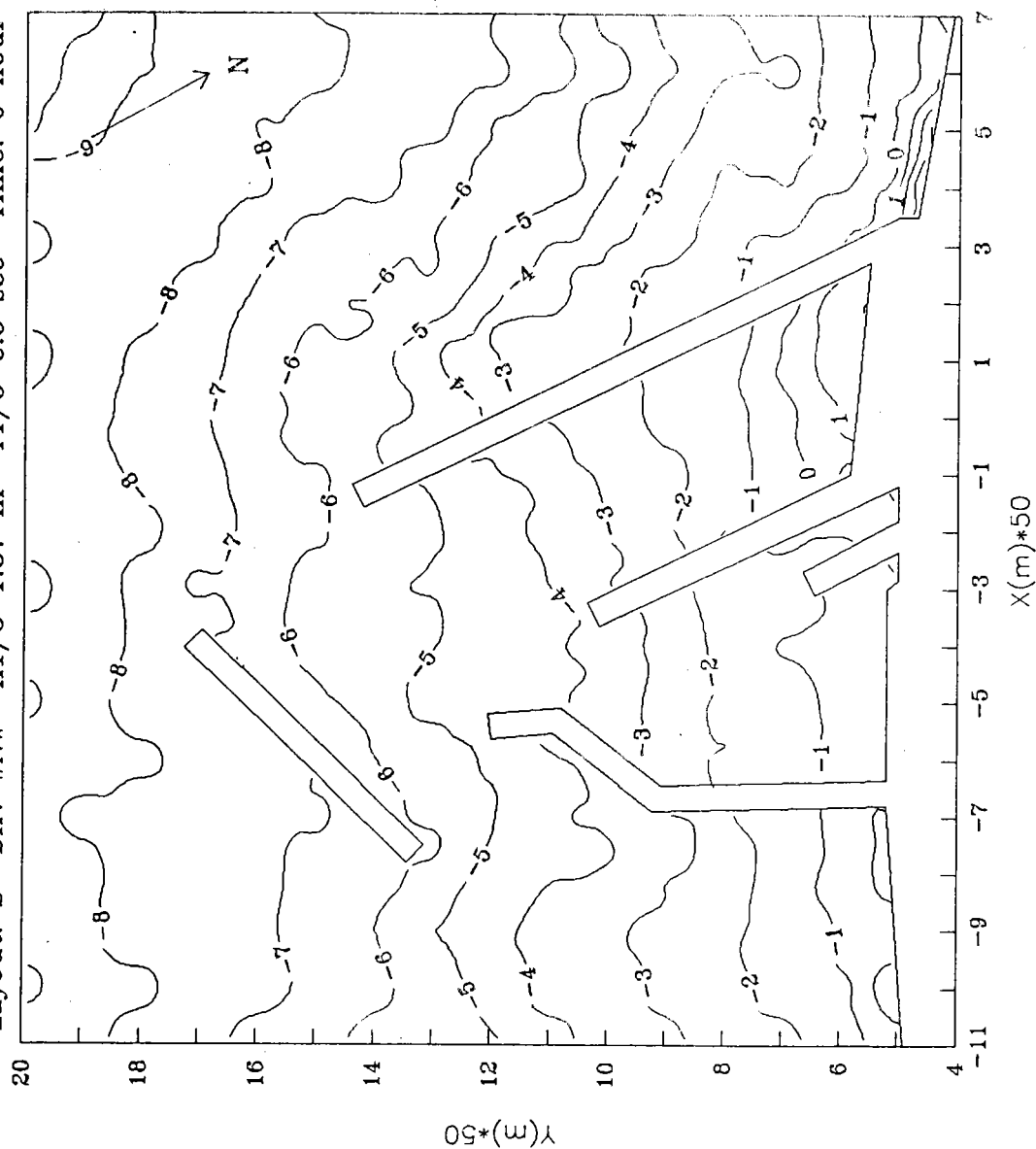


圖 24-a 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗造波初期地形

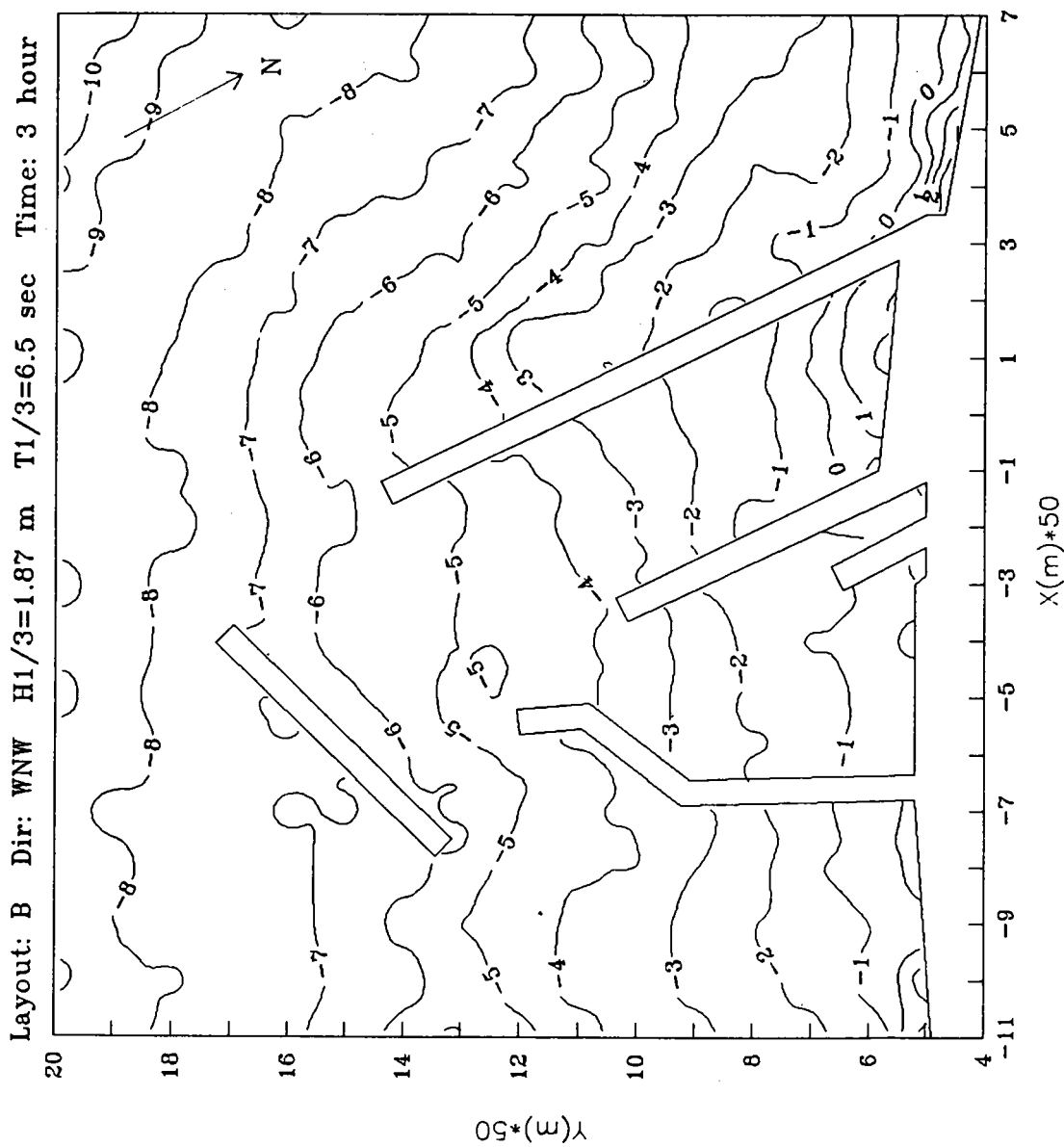


圖 24-b 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 3 小時後地形

Layout: B Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 6 hour

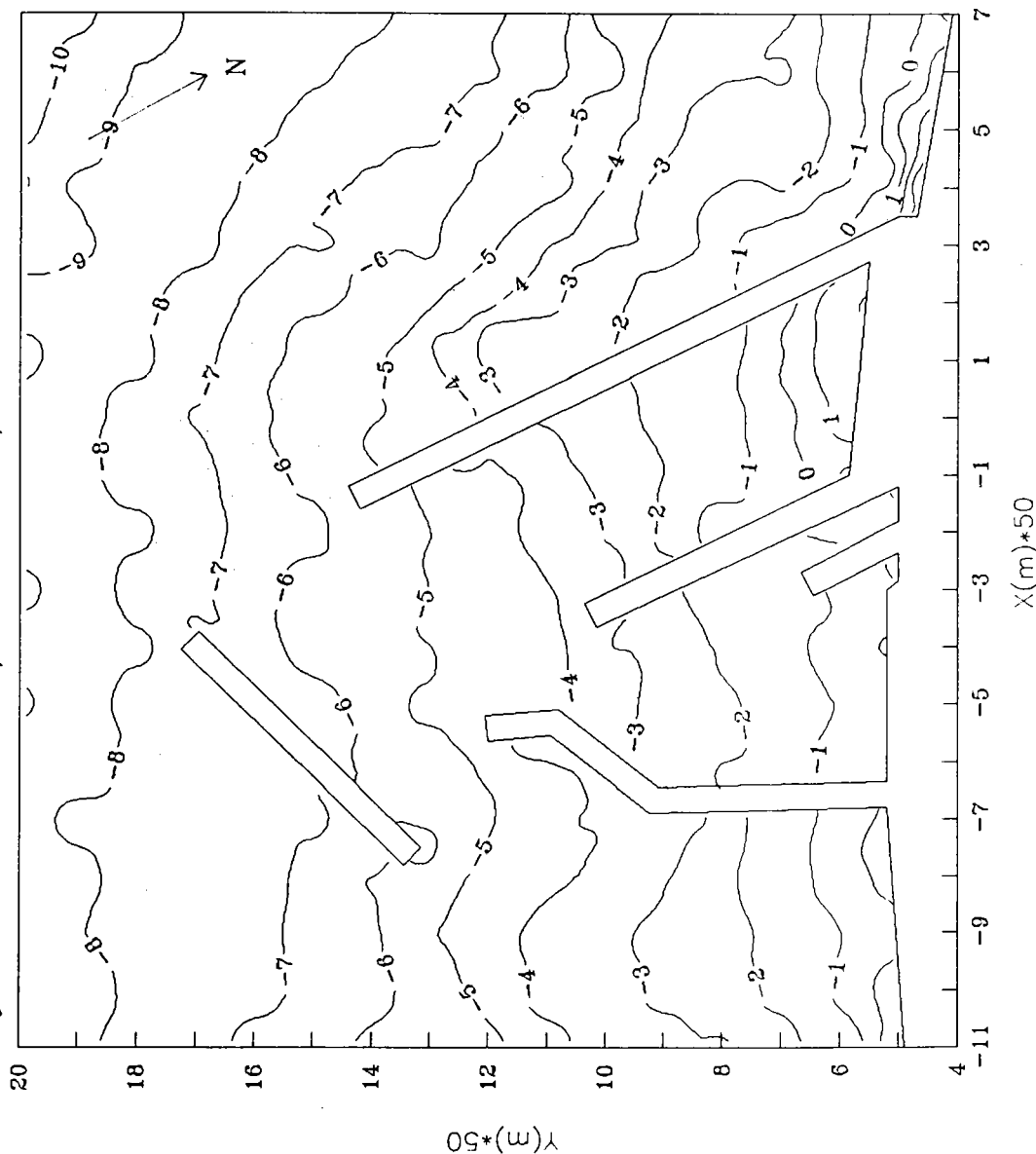


圖 24-c 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 6 小時後地形

Layout: B Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 9 hour

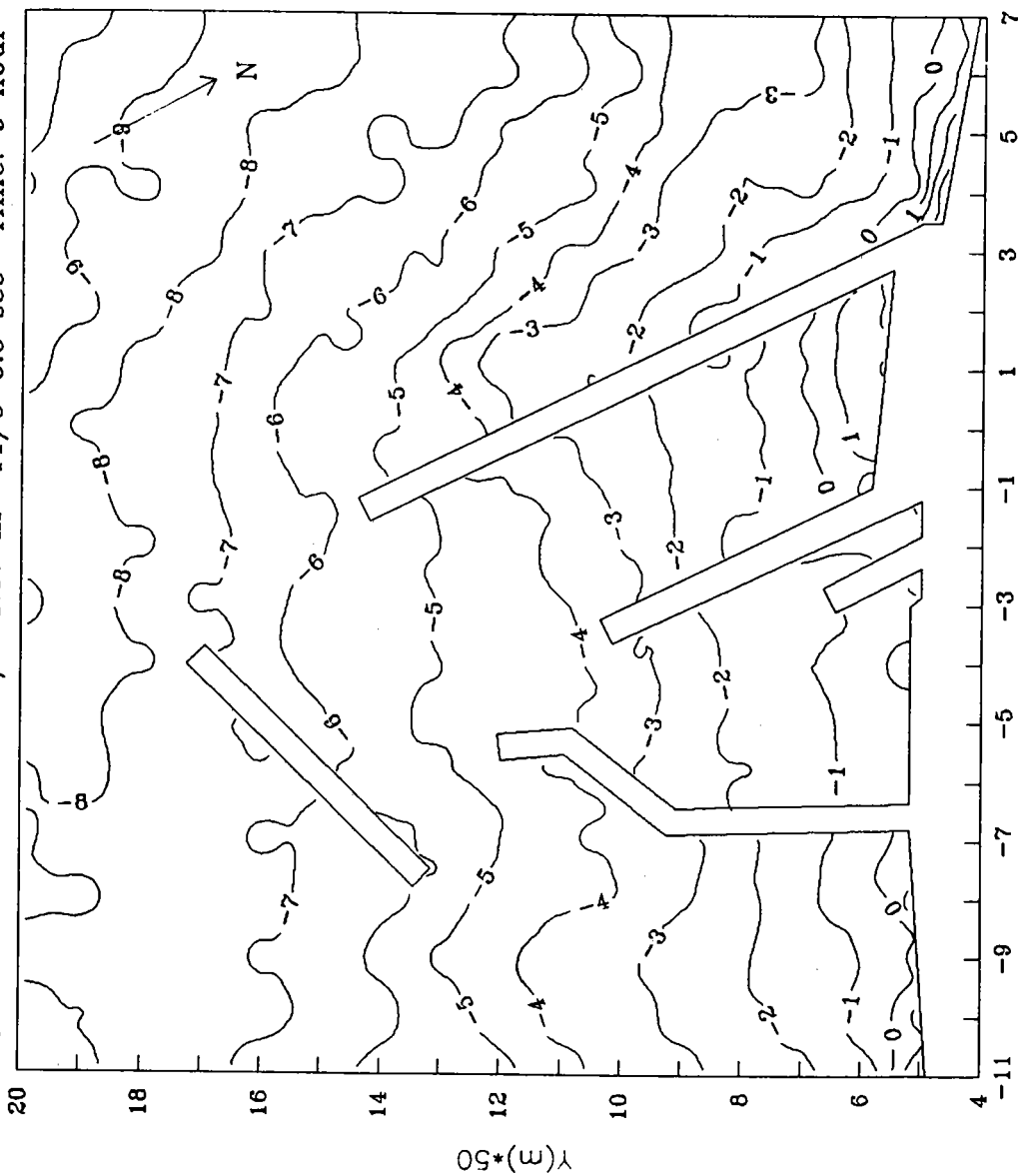


圖 24-d 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 9 小時後地形

Layout: B Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 12 hour

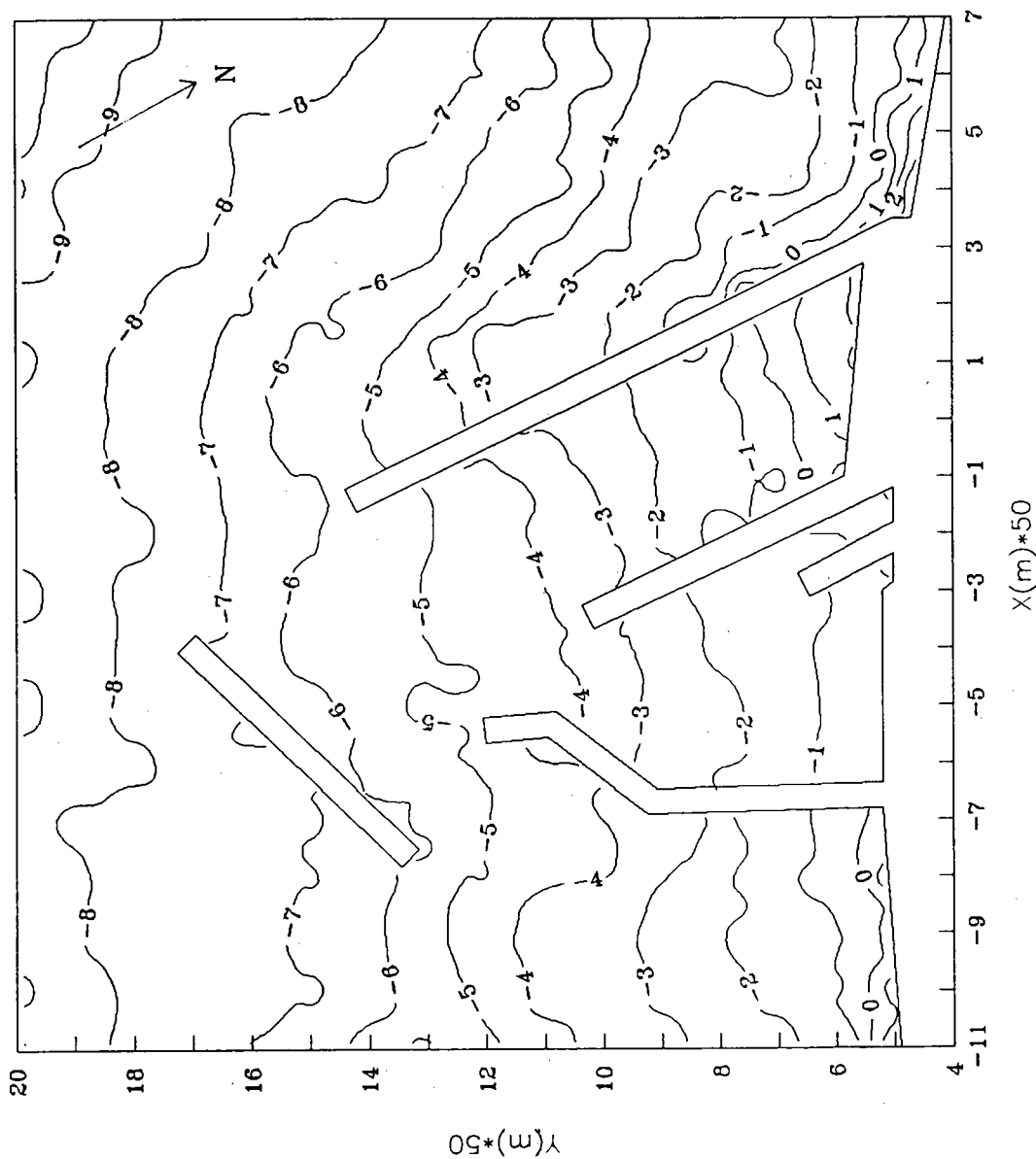


圖 24-e 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 12 小時後地化

Layout: B Dir: WNW H1/3=1.87 m T1/3=6.5 sec Time: 15 hour

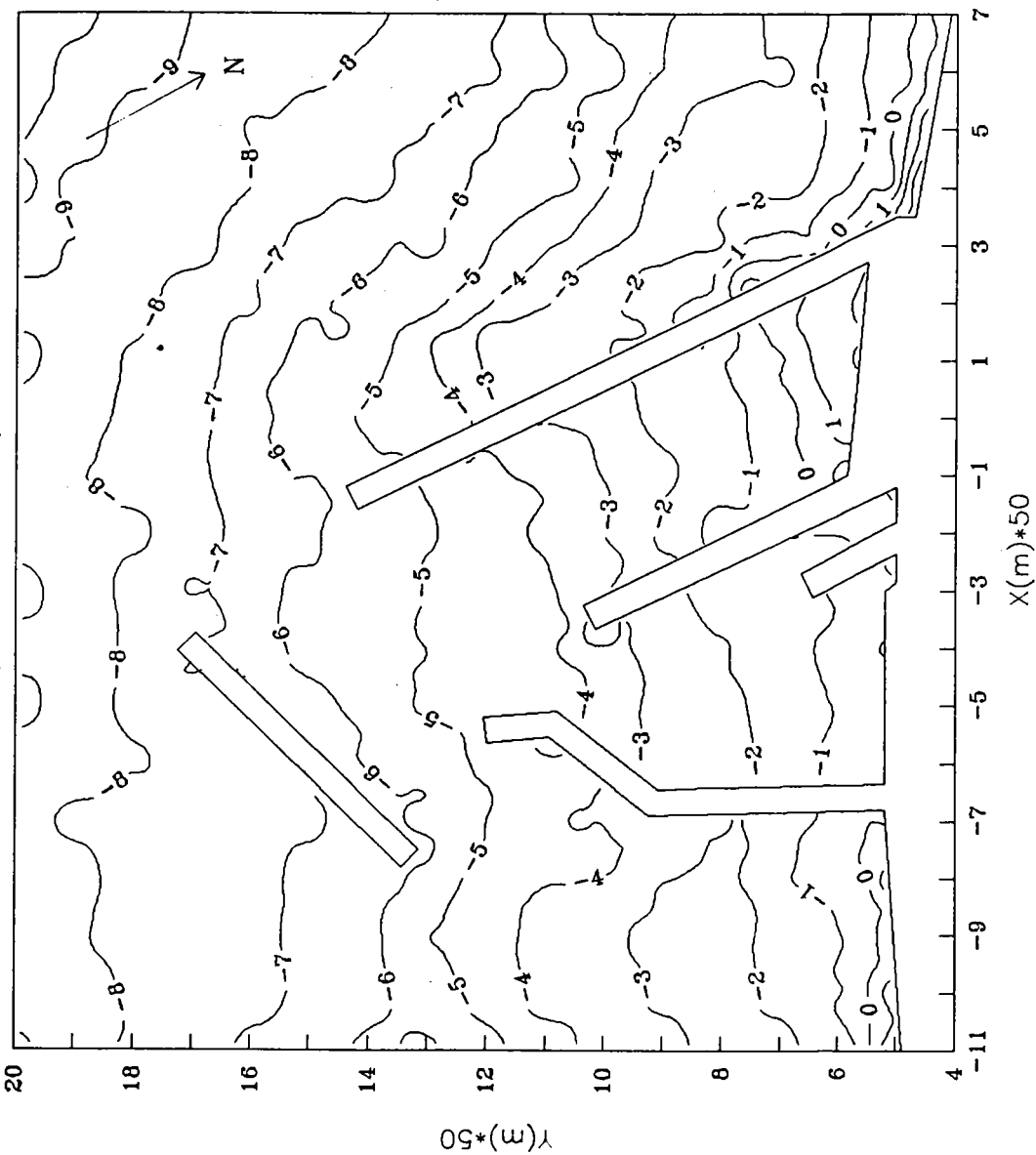


圖 24-f 佈置 B 季節風 WNW 向波浪累積造波 15 小時後地形

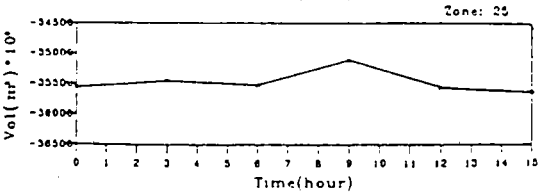
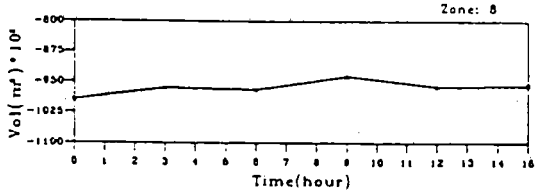
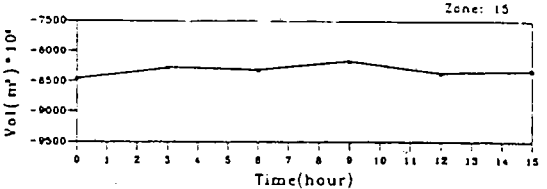
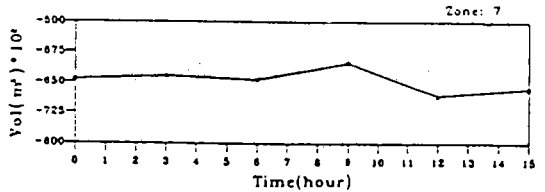
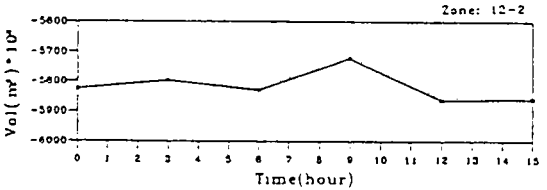
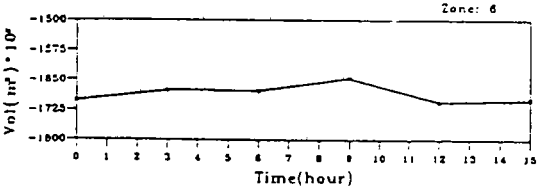
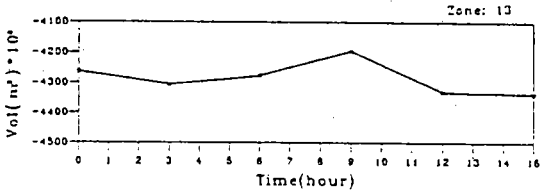
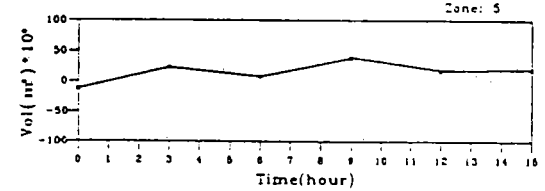
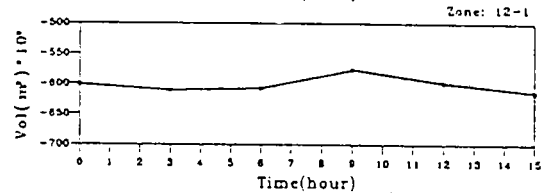
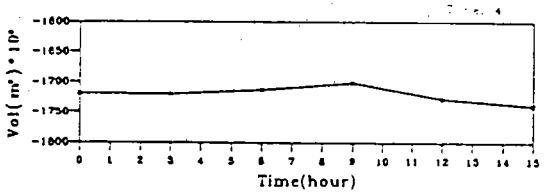
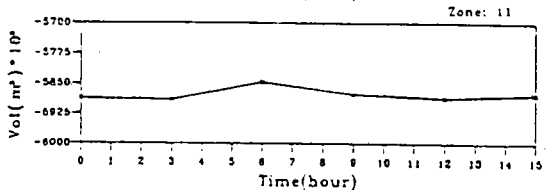
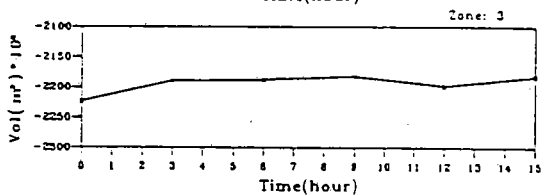
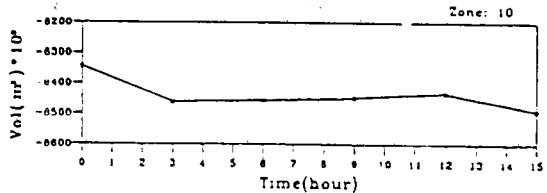
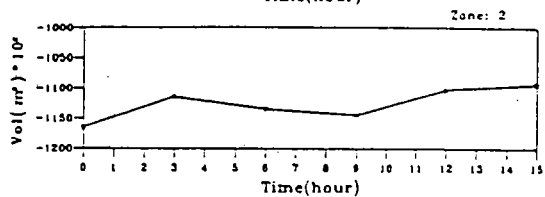
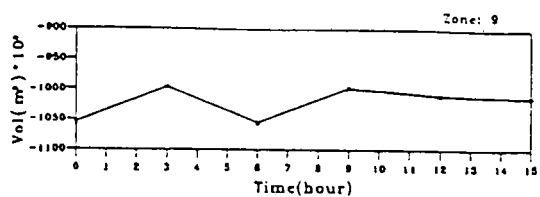
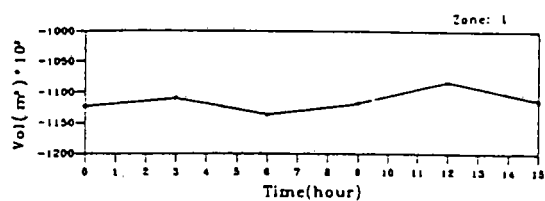


圖 25 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: B Dir: WNW $H_{1/3}=1.87\text{m}$ $T_{1/3}=6.5\text{ sec}$

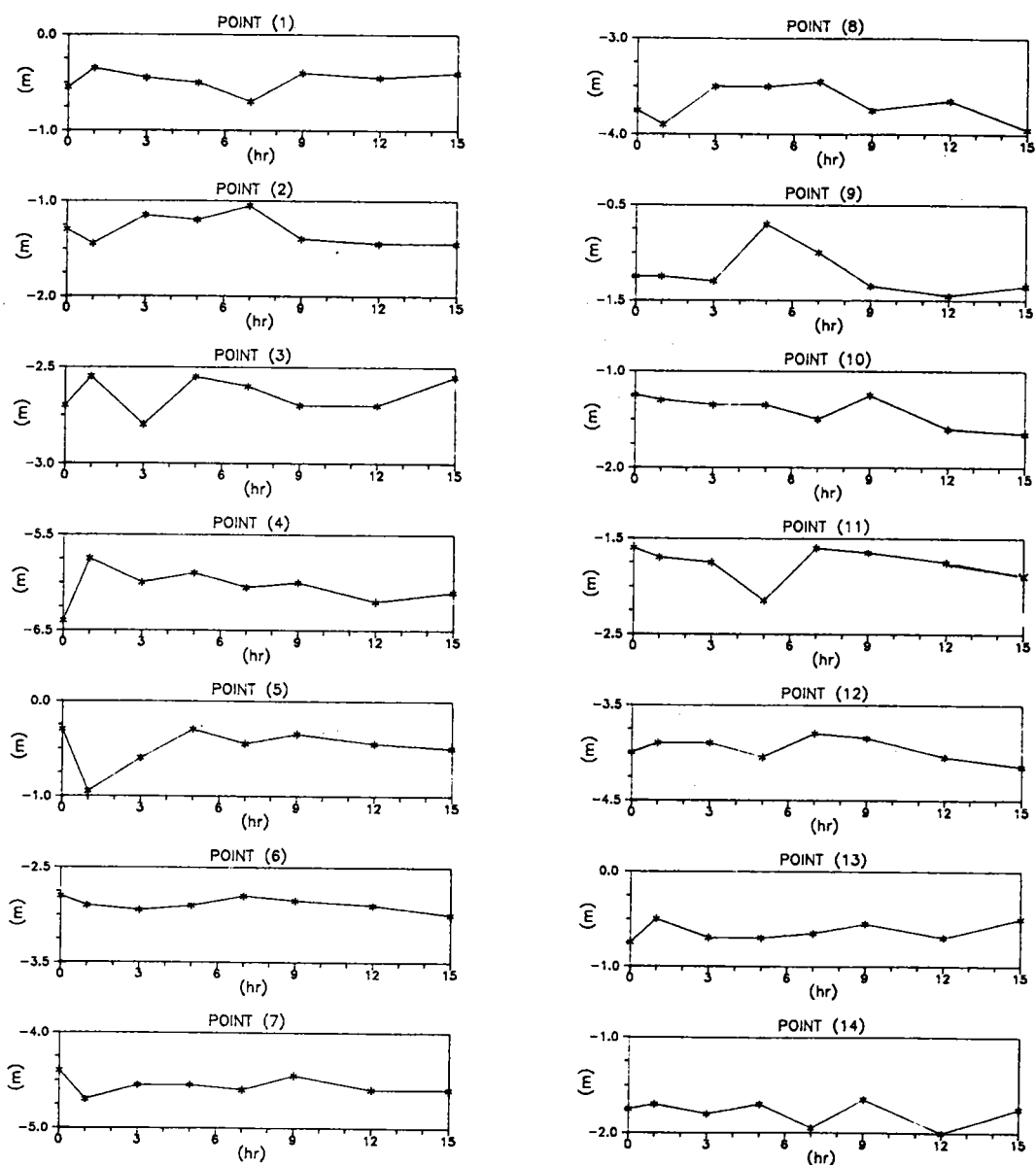


圖 26 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 11 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗結果各主要點水深變化

時 間		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
項 目	位 置					
水 深 變 化	1	初期呈淤積,自60分鐘則呈侵蝕	300分鐘時,恢復為初期地形水深	到420分鐘時,水深達最低點,以後開始淤積	呈淤積較初期地形淤淺0.15m	無顯著變化
	2	初期前60分鐘呈侵蝕,爾後再呈淤積	180分~300鐘時無變化爾後續呈淤積	到420分鐘時淤積達最高點,較初期地形淤淺0.25m,爾後呈侵蝕,恢復初期地形	無顯著變化	無顯著變化
	3	前60分鐘呈淤積,以後則呈侵蝕,反較初期地形刷深0.1m	呈淤積,較初期地形淤淺0.15m,300分鐘後無顯著變化	略呈侵蝕,逐漸恢復成初期地形	無顯著變化	呈淤積,較初期地形淤淺0.15m,
	4.	前60分鐘淤淺迅速計淤淺0.65m,爾後略呈侵蝕	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化較初期地形淤淺0.3m
	5.	前60分鐘快速刷深0.65m,以後即呈淤積	到300分鐘時恢復初期地形	無顯著變化	略呈侵蝕	略呈侵蝕,較初期地形刷深0.2m
	6.	略呈侵蝕	恢復初期地形	無顯著變化恢復到180分鐘時之地形。	略呈侵蝕	略呈侵蝕,較初期地形刷深0.2m
	7.	前60分鐘略呈侵蝕	無顯著變化	恢復初期地形	略呈侵蝕	略呈侵蝕,較初期地形刷深0.2m

表 11(續) 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗結果各主要點水深變化

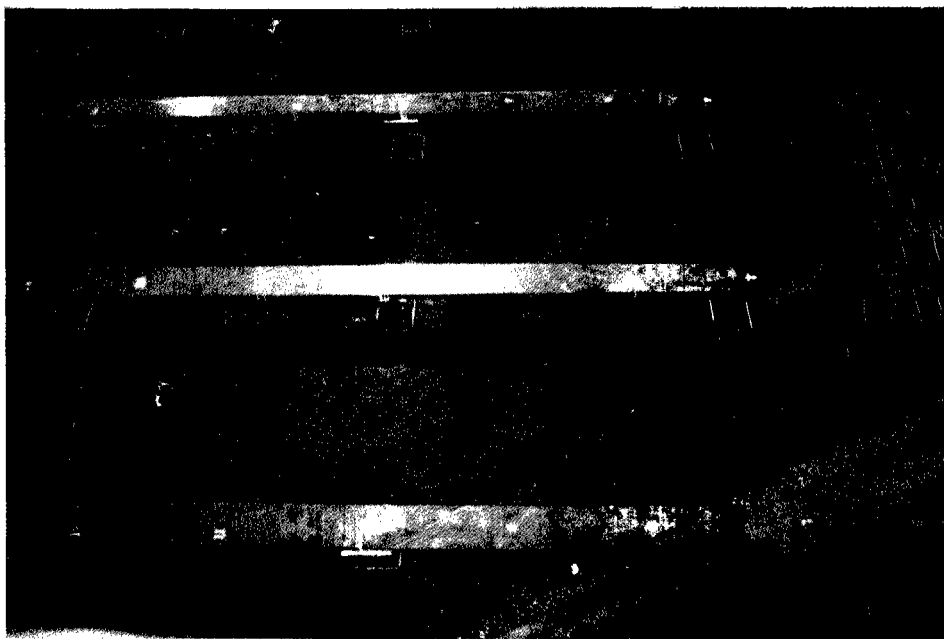
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
水 深 變 化	8	初期呈侵蝕180分鐘時，較初期地形淤淺0.25m	無顯著變化	自420分鐘略呈侵蝕，而恢復到初期地形	無顯著變化	略呈侵蝕，較初期地形刷深0.2m
	9	無顯著變化	呈淤積，到300分鐘時計淤淺0.55m後即呈侵蝕	呈侵蝕，恢復初期地形	略呈侵蝕	略呈淤積，恢復初期地形
	10	無顯著變化	略呈侵蝕	到420分鐘後則呈淤積恢復初期地形	呈侵蝕	無顯著變化較初期形計刷深0.4m
	11	略呈侵蝕	300分鐘時，達最低點計刷深0.55m後則呈淤積	420分鐘恢復初期地形後開始略呈侵蝕	略呈侵蝕	侵蝕，較初期地形計刷深0.25m，
	12	略呈淤積	300分鐘時，恢復成初期地形，開始淤積	420分鐘時，計淤淺0.2m後又呈侵蝕	呈侵蝕	呈侵蝕，較初期地形刷深0.15m
	13	初期呈淤積，60分後逐漸恢復成初期地形	無顯著變化	略呈淤積，計淤淺0.2m	呈侵蝕，恢復成初期地形	呈淤積，計淤淺0.25m
	14	無顯著變化	300分鐘後呈侵蝕	420分鐘刷深0.2m後成淤積	呈侵蝕，計刷深0.25m	恢復初期地形

表 12 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時 間 項 目 位 置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
土 方 量 變 化	1	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積， 較初期地形 增加 $4 \times 10^3 \text{ m}^3$	恢復初期地 形
	2	略呈淤積，土 方量增加 $5.1 \times 10^3 \text{ m}^3$	略呈侵蝕	無顯著變化 恢復初期地 形	略呈侵蝕	略呈淤積， 較初期增加 $7.2 \times 10^3 \text{ m}^3$
	3	略呈淤積	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化 土方量較初 期增加 $4.1 \times 10^3 \text{ m}^3$
	4	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積	略呈侵蝕	略呈侵蝕， 惟無顯著變 化
	5	略呈淤積	無顯著變化	略呈淤積， 較初期增加 $5.1 \times 10^3 \text{ m}^3$	略呈侵蝕	無顯著變化 較初期增加 $3 \times 10^3 \text{ m}^3$
	6	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積， 較初期增加 $2.4 \times 10^3 \text{ m}^3$ 形	恢復初期地 形	無顯著變化
	7	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積， 較初期增加 $4.2 \times 10^3 \text{ m}^3$ 形	呈侵蝕，較 初期減少 $4 \times 10^3 \text{ m}^3$	恢復初期地 形
	8	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積，	無顯著變化	無顯著變化 較初期增加 $3.6 \times 10^3 \text{ m}^3$

表 12(續) 佈置 B 季節風 WNW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

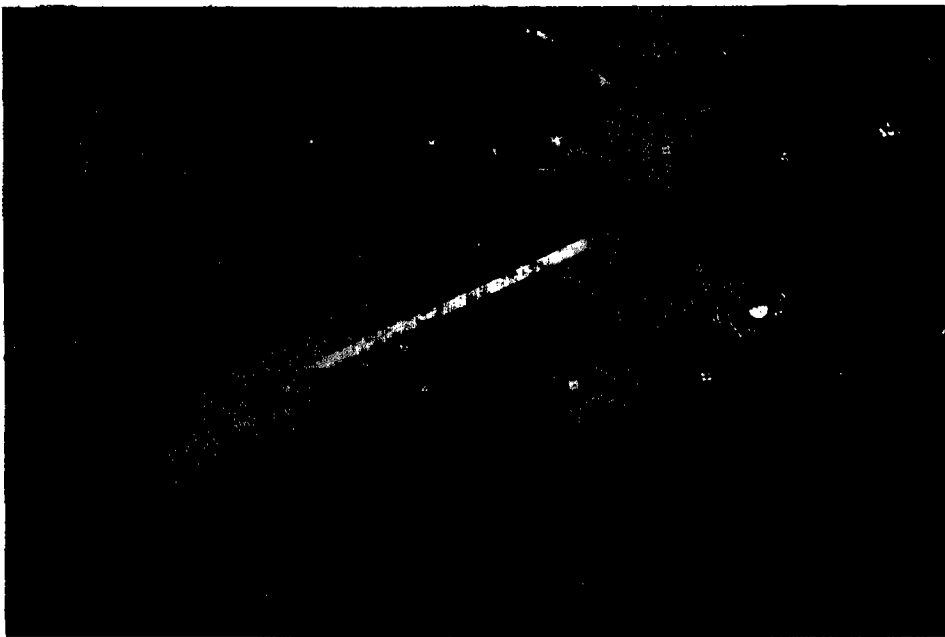
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
土 方 量 變 化	9	以 $2.0 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加,共增加 $6 \times 10^3 \text{m}^3$	呈侵蝕,恢復初期地形	呈淤積,恢復到180分時土方量	無顯著變化	無顯著變化
	10	以 $3.9 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率侵蝕,共減少 $1.2 \times 10^3 \text{m}^3$	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	11	無顯著變化	呈淤積,土方量增加 $4.1 \times 10^3 \text{m}^3$	略呈侵蝕,恢復初期地形	恢復初期地形	無顯著變化
	12-1	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積較初期地形增加 $2.5 \times 10^3 \text{m}^3$	略呈侵蝕	恢復初期地形
	12-2	無顯著變化	無顯著變化	呈淤積,較初期地形增加 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$	呈侵蝕,反較初期地形減少 $3.7 \times 10^3 \text{m}^3$	無顯著變化
	13	略呈侵蝕	恢復初期地形	略呈淤積,土方量增加 $6.7 \times 10^3 \text{m}^3$	呈侵蝕,且較初期地形減少 $6.6 \times 10^3 \text{m}^3$	無顯著變化
	全區 (2區 8區)	略呈淤積	略呈侵蝕化	略呈淤積較初期增加 $2.4 \times 10^3 \text{m}^3$	略呈侵蝕形	略呈淤積,較初期地形增加 $1.4 \times 10^4 \text{m}^3$



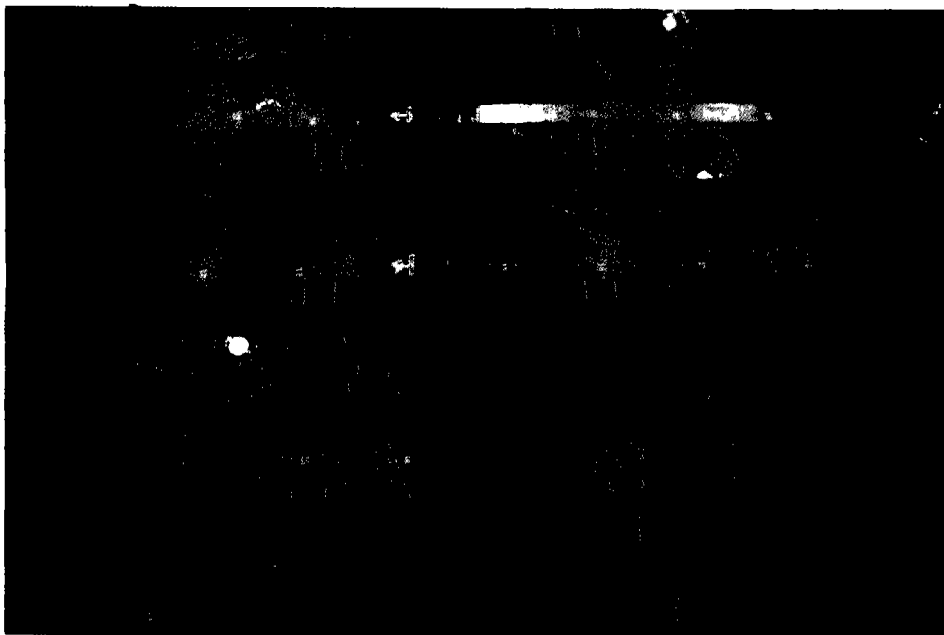
照片 6-a 佈置 B 季節風 WNW 向波浪造波15小時後，西防沙堤外側離岸堤近地形



照片 6-b 佈置 B 季節風 WNW 向波浪造波15小時後，西防沙堤內側堤址漂沙堆積情形



照片 6-c 佈置 B 季節風 WNW 向波浪造波15小時後，西防波堤外側以及中芸漁港港口、航道入口處地形



照片 6-d 佈置 B 季節風 WNW 向波浪造波15小時後，港口外側離岸堤設置地點附近地形

2. 颱風 SW 向波浪

(波高 $H=5.5\text{m}$ 、週期 $T=9.4\text{sec}$ 、暴潮位 $+2.49\text{m}$)

圖 27, (a)~(d) 為波浪作用期間防波堤附近地形變化

圖 28, 為波浪作用期間各分區之土方量變化

圖 29, 為波浪作用期間各主要點之水深變化

試驗期間各要點水深變化以及各主要分區土方量變化分別摘要列如表 13 及表 14。

颱風 SW 向波浪作用下, 因波浪正斜對中芸漁港港口而入, 且西防沙堤對該方向波浪具有導浪作用, 試驗結果顯示, 其外側第(1)區在造波期間均呈淤積, 較初期地形土方量共增加 $2.4 \times 10^4 \text{m}^3$; 西防沙堤外側第(2)區, 造波初期略呈淤積, 自第3個小時則開始以 $3.76 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率減少, 直到第6個小時又開始以 $5.5 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 淤積, 造波終了時, 該區共增加土方量 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$; 而西防沙堤堤頭段外側第(3)區, 試驗結果顯示則以緩慢速率增加, 累積造波時間達9個小時後, 該區土方量共增加 $7.7 \times 10^3 \text{m}^3$, 而西防沙堤堤頭段內側第(4)區則同樣呈淤積, 累計該段期間, 土方量共增加 $5.6 \times 10^3 \text{m}^3$; 西防沙堤與西防波堤間第(5)區則沖淤互見, 累計造波9個小時後, 該區共淤積 $1.4 \times 10^4 \text{m}^3$; 而中芸漁港西防波堤堤頭段第(6)區, 試驗結果顯示, 造波初期呈淤積, 惟自第6個小時後即呈侵蝕而逐漸恢復原初期地形土方量; 港內水域第(7)區則呈淤積, 土方量共增加 $3.7 \times 10^3 \text{m}^3$; 東防波堤外側第(8)區則因入射波浪受離岸堤遮蔽及導浪作用該區土方量累計增加 $4.7 \times 10^3 \text{m}^3$; 而東防波堤外側第(9)區累計造波時間達6個小時, 土方量共增加 $1.5 \times 10^3 \text{m}^3$, 惟自第6個小時即呈侵蝕, 又逐漸恢復到初期地形土方量; 造波上游處第(11)區, 試驗結果顯示則呈侵蝕, 土方量計減少 $1.1 \times 10^4 \text{m}^3$; 離岸堤內側第(12-1)區, 試驗結果顯示雖略呈淤積, 效果並不明顯, 惟離岸堤外側第(12-2)區則因入射波浪受離岸堤反射作用呈侵蝕現象, 累積造波時間達9個小時, 該區

土方量共減少 $1.96 \times 10^4 \text{m}^3$ ；第(13)區則自造波累積時間第6個小時開始呈淤積現象，土方量較初期地形共增加 $1.36 \times 10^4 \text{m}^3$ ，其沙源來自第(12-2)區，故綜合本次試驗結果，整個中芸漁港附近水域地形，雖增建一道長250公尺之離岸堤，在颱風SW向波浪作用下，整區土方量仍略呈淤積，共增加土方量約 $4.86 \times 10^4 \text{m}^3$ ，佔該區總土方量之 5.7%，惟在相同波浪條件作用下，佈置 A 試驗結果顯示該區則呈侵蝕，土方量共減少 $1.55 \times 10^4 \text{m}^3$ ，佔該區總土方量之 1.76%，故証明離岸堤等之增置在颱風 SW 向波浪作用下除可獲致港內泊地較佳穩靜外，並不會引起鄰近地形產生劇烈變化之負作用，且對中芸漁港現狀結構物當該方向波浪入侵時，反具有保護作用。照片 7 中(a)~(d)分別為佈置 B 在颱風 SW 向波浪作用9個小時後(a)西防沙堤外側近堤址處地形變化，照片中顯示其護基塊石破壞情形 (b)為西防波堤外側以及中芸漁港入口及航道附近地形變化(c)為離岸堤外側地形變化情況(d)為東防波堤外側變化地形。

Layout: B Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 0 hour

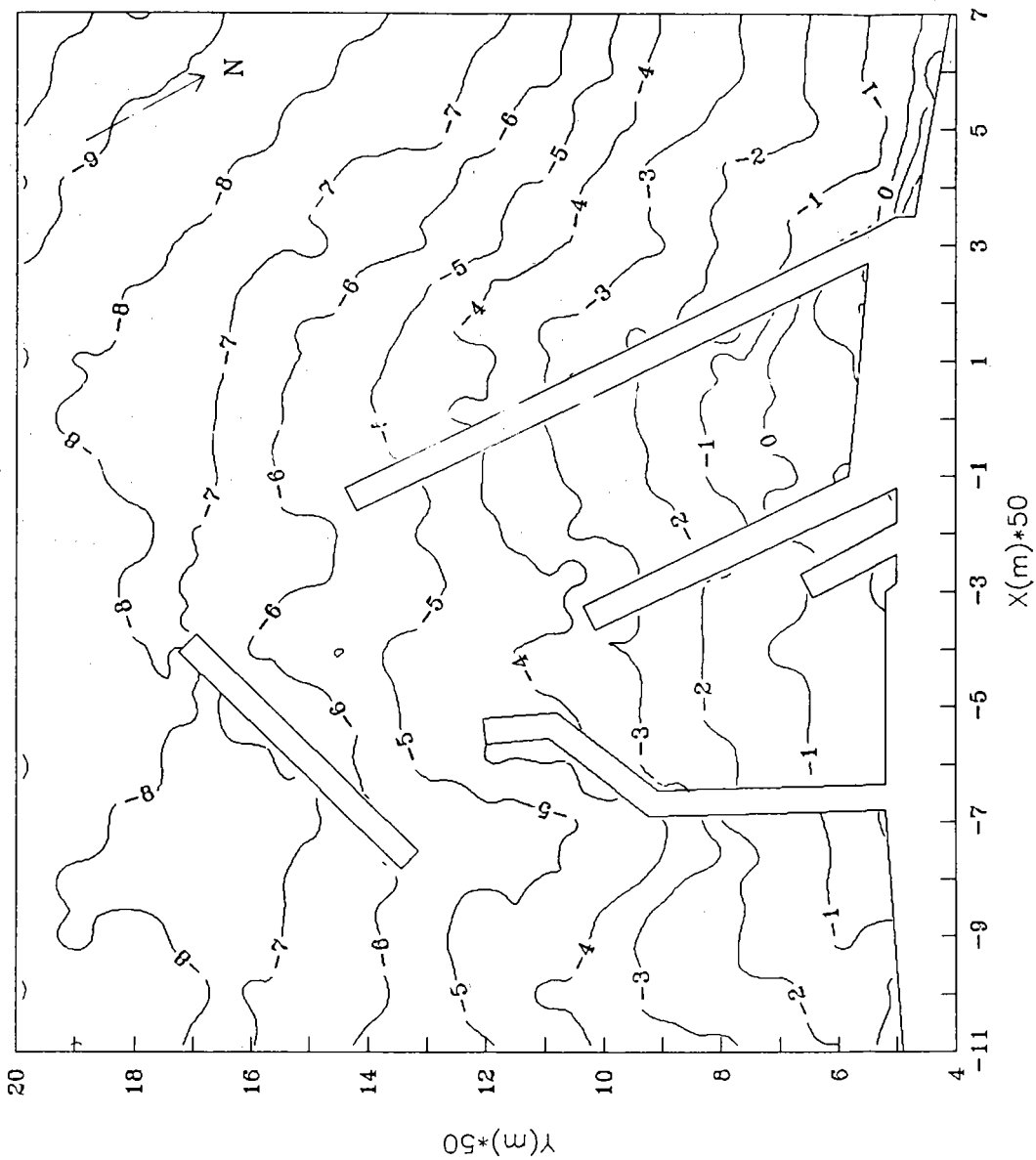


圖 27-a 佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗造波初期地形

Layout: B Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 3 hour

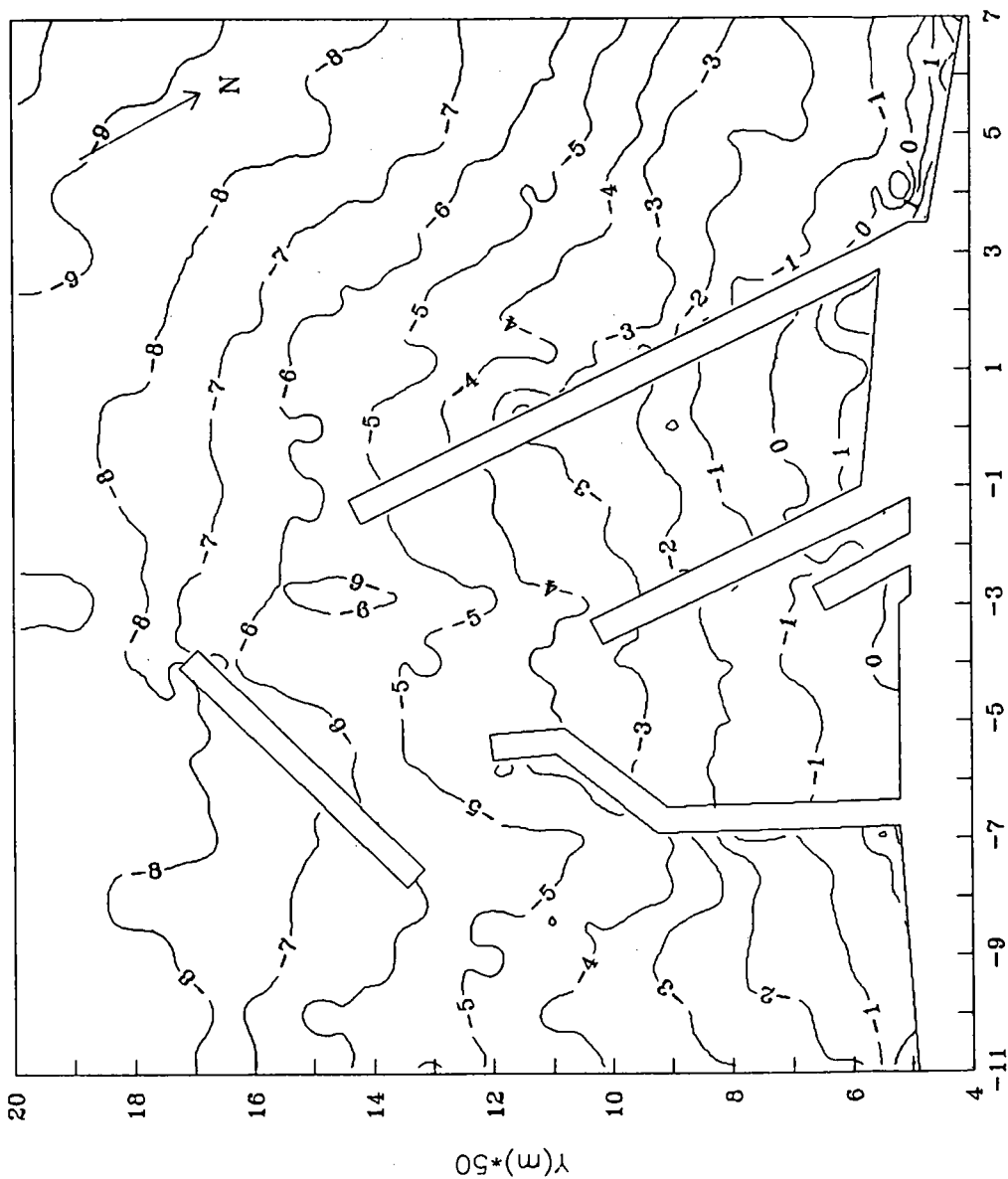


圖 27-b 佈置 B 颱風 SW 向波浪累積造波 3 小時後地形

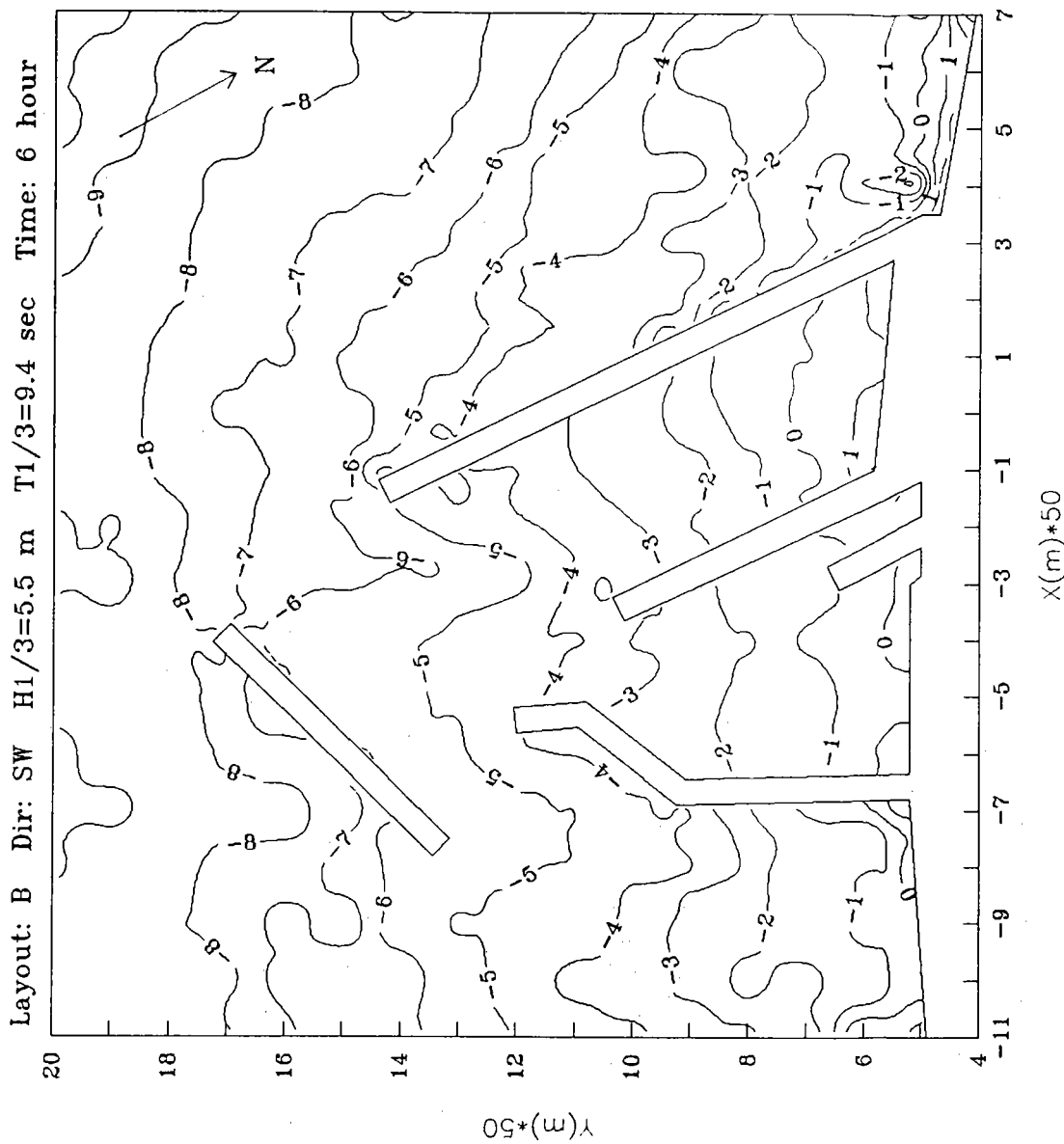


圖 27-c 佈置 B 颱風 SW 向波浪累積造波 6 小時後地形

Layout: B Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 9 hour

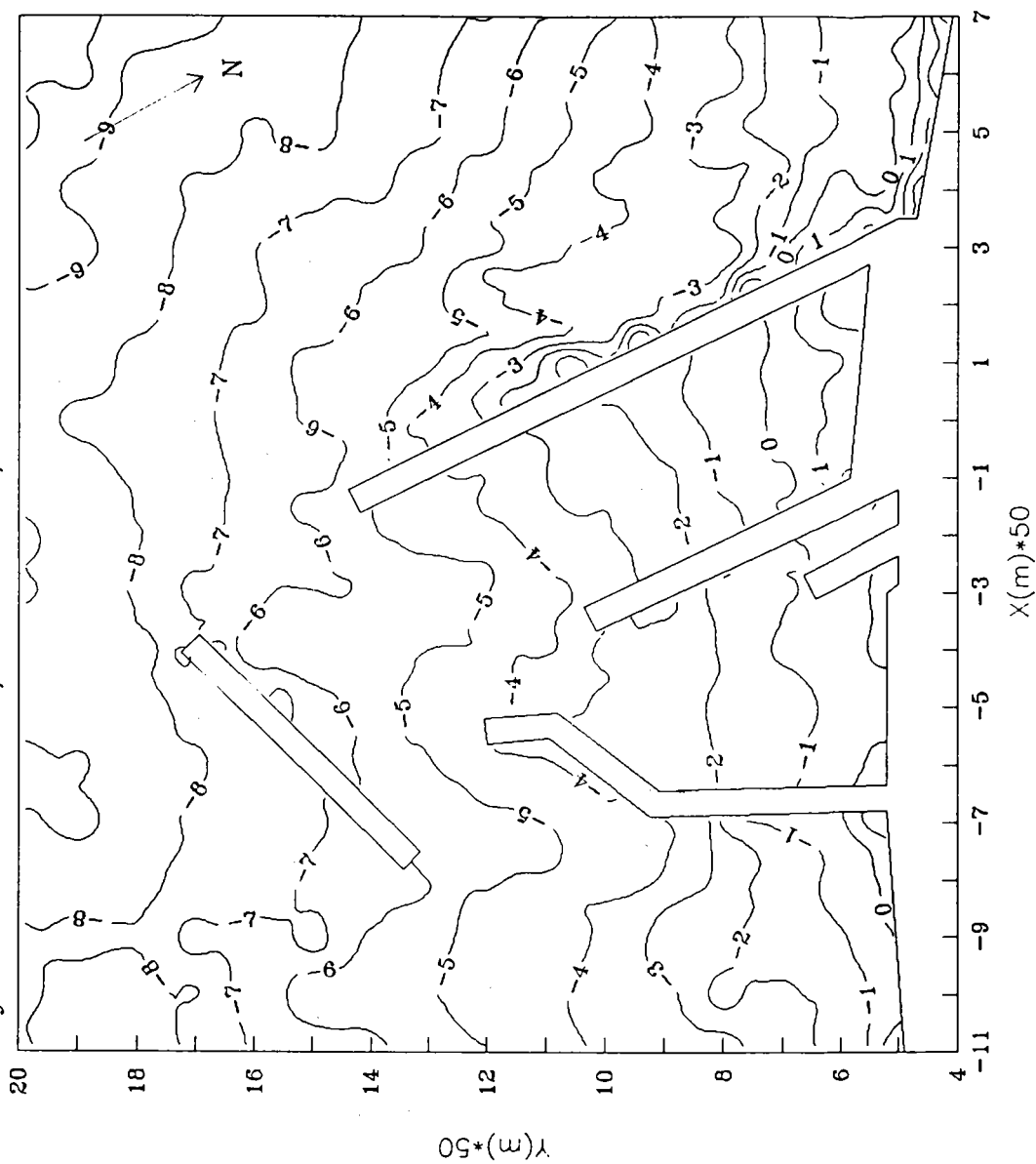


圖 27-d 佈置 B 颱風 B 向波浪累積造波 9 小時後地形

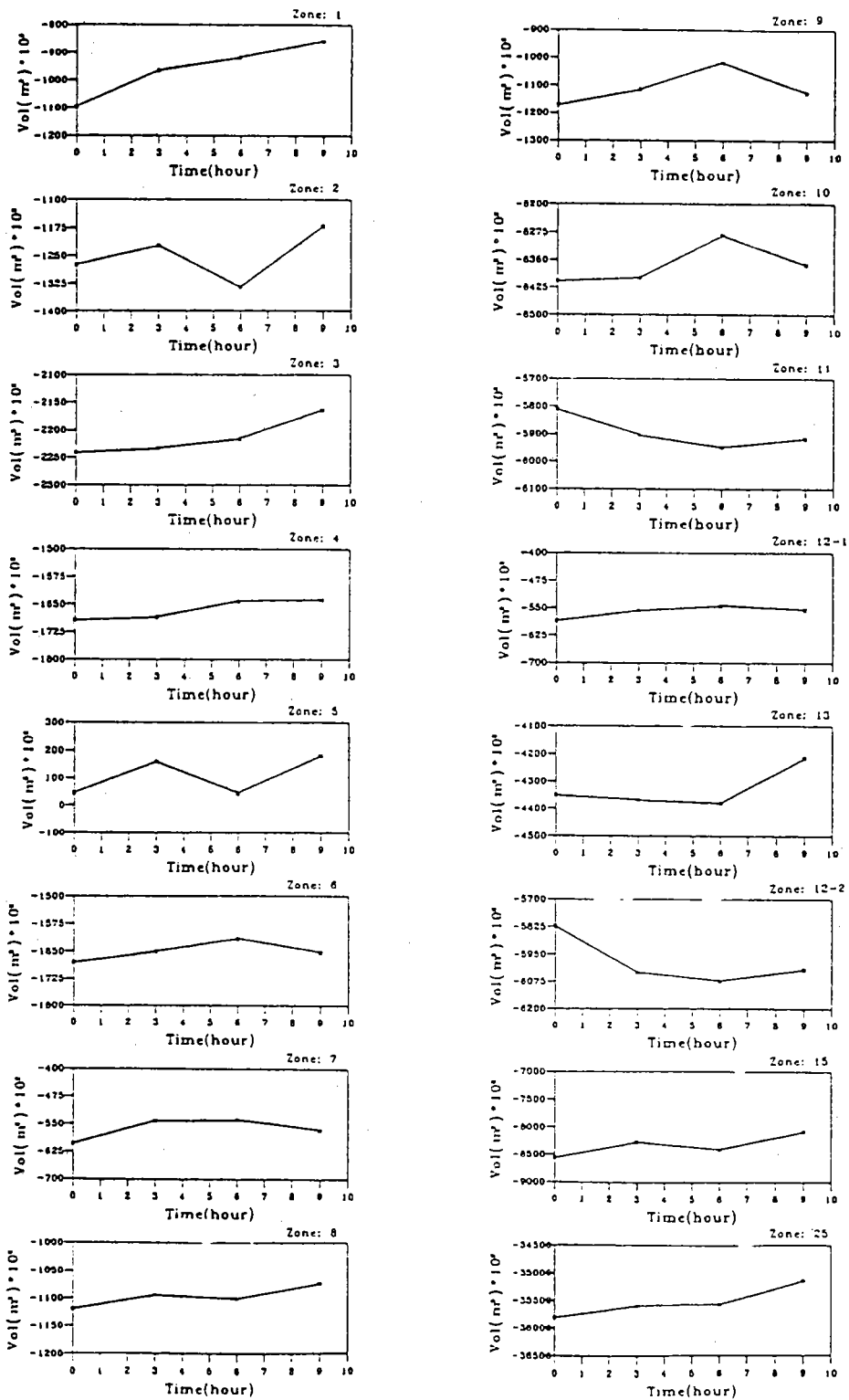


圖 28 佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: B Dir: SW $H_{1/3}=5.50\text{m}$ $T_{1/3}=9.4\text{ sec}$

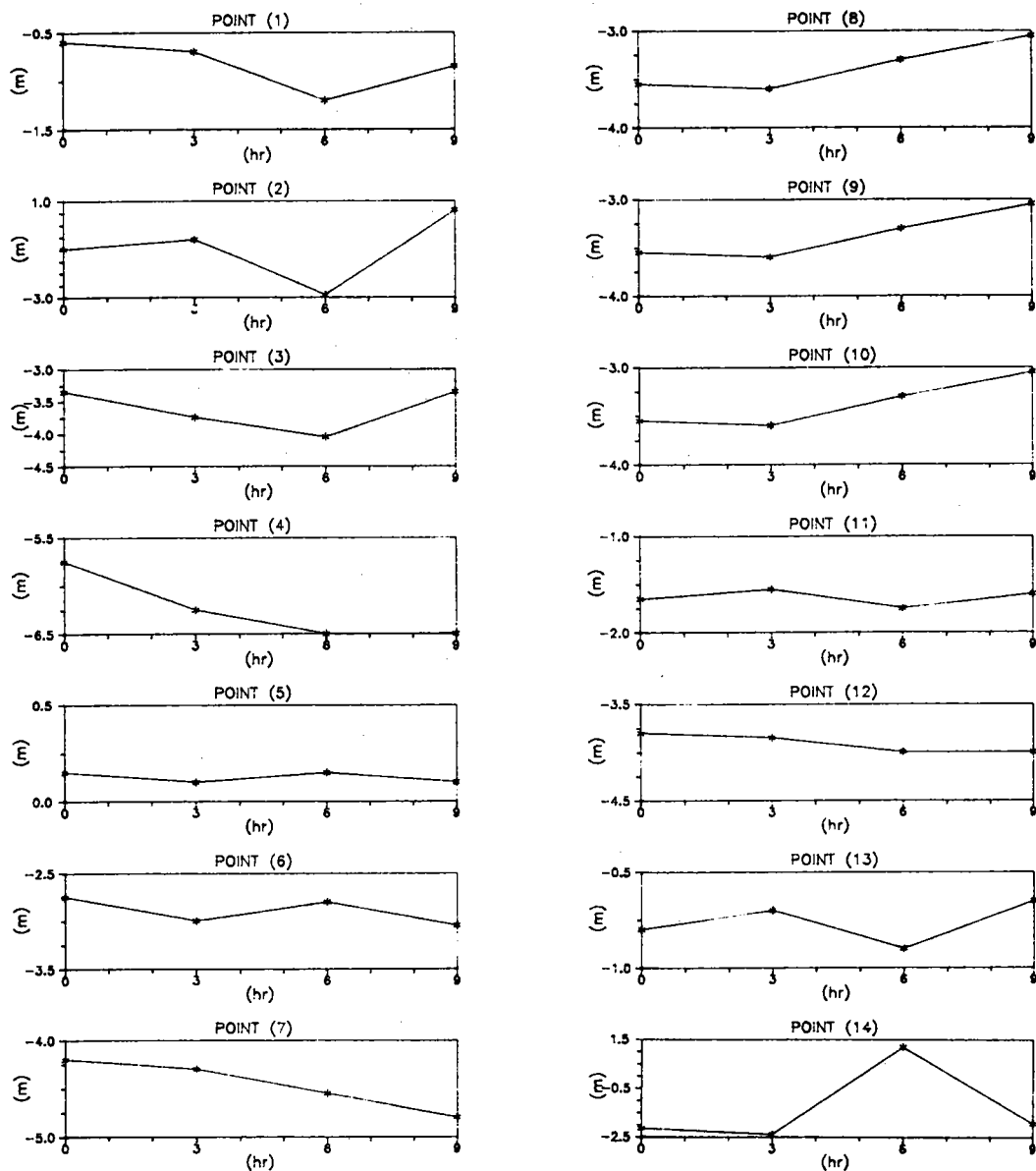


圖 29 佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 13 佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要點水深變化

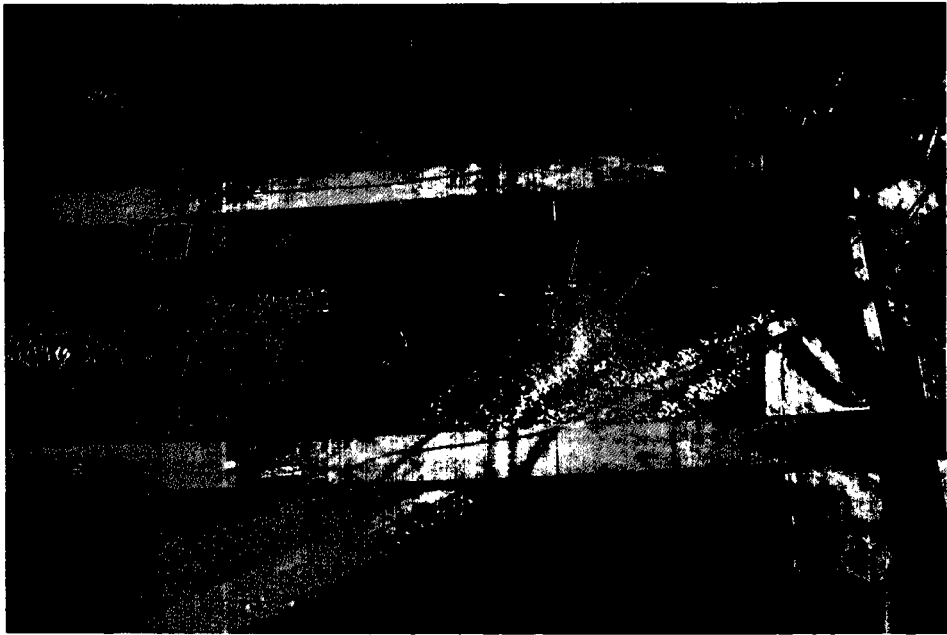
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
各 要 點 水 深 變 化	1	略呈侵蝕	侵蝕，較初期地形刷深約 0.6m	略呈淤積，仍較初期地形刷深 0.25m
	2	淤淺 0.4m	侵蝕，較初期地形刷深 1.9m	淤積，較初期地形淤淺 1.6m
	3	略呈侵蝕	侵蝕，較初期地形刷深 0.7m	恢復原來地形水深
	4	刷深 0.5m	刷深增加 0.75m	沒有變化
	5	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	6	刷深 0.25m	恢復原來水深	續刷深 0.25m
	7	無顯著變化	刷深 0.35m	計刷深 0.6m
	8.	無顯著變化	淤淺 0.25m	續淤淺 0.5m
	9.	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	10	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	11	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	12	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化 計刷深 0.2m
	13	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化 淤淺 0.15m
	14	刷深 0.25m	呈淤積，較原來	恢復原來水深

表 14 佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

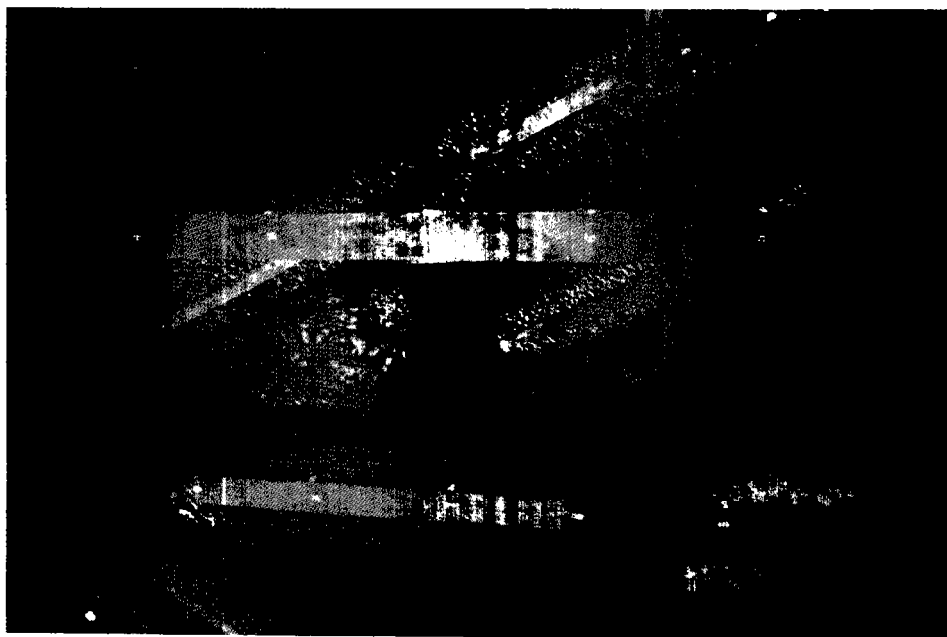
時 間 項 目 位 置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
土 方 量 變 化	1	以 $4.4 \times 10^3 \text{ m}^3 / \text{hr}$ 速率淤積	繼續淤積，惟速率減緩	繼續淤積，較原來地形共增加 $2.4 \times 10^4 \text{ m}^3$
	2	初期呈淤積	開始侵蝕，較原來地形減少 $6.1 \times 10^3 \text{ m}^3$	呈淤積，較原來地形反增加 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3$
	3	略呈淤積，惟速率緩慢	略呈淤積	淤積速率增快，共增加 $7.7 \times 10^3 \text{ m}^3$
	4	無顯著變化	略呈淤積，土方量增加 $5.1 \times 10^3 \text{ m}^3$	無顯著變化 少 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3$
	5	增加 $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3$	恢復初期地形土方量	增加 $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3$
	6	略呈淤積	略呈淤積，增加 $6.4 \times 10^3 \text{ m}^3$	開始侵蝕，較初期地形土方量增加 $2.8 \times 10^3 \text{ m}^3$
	7	略呈淤積，增加 $6.2 \times 10^3 \text{ m}^3$	無顯著變化	略呈侵蝕
	8	略呈淤積	無顯著變化	呈淤積，較初期地形增加 $1.47 \times 10^4 \text{ m}^3$
	9	略呈淤積	淤積，較原來地形增加 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3$	開始侵蝕，土方量較原來地形增加 $4.5 \times 10^3 \text{ m}^3$
	10	無顯著變化	淤積，較原來地形增加 $1.25 \times 10^3 \text{ m}^3$	開始侵蝕，土方量較原來地形增加 $4.5 \times 10^3 \text{ m}^3$
	11	呈侵蝕	續呈侵蝕，較原來地形減少 $1.4 \times 10^4 \text{ m}^3$	略呈淤積，仍減少 $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3$

表 14(續)佈置 B 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時 間 項 目 位 置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
土 方 量 變 化	12-1	略呈淤積	略呈淤積，僅增加 $4.2 \times 10^3 \text{m}^3$	無明顯變化
	12-2	減少 $2.1 \times 10^4 \text{m}^3$	續侵蝕，速率減緩	略呈淤積，仍較原來地形減少 $1.96 \times 10^4 \text{m}^3$
	13	無顯著變化	無顯著變化	呈淤積，增加 $1.36 \times 10^4 \text{m}^3$
	全區 (2 區 8 區)	略呈淤積	略呈淤積，較原來地形仍增加 $1.64 \times 10^4 \text{m}^3$	淤積，較初期地形增加 $4.86 \times 10^4 \text{m}^3$



照片 7-a 佈置 B 季節風 S 向波浪造波9小時後，西防沙堤外側近堤址處地形



照片 7-b 佈置 B 季節風 S 向波浪造波9小時後，西防波堤外側以及漁港入口與航道附近地形



照片 7-c 佈置 B 季節風 S 向波浪造波9小時後，離岸堤外側地形



照片 7-d 佈置 B 季節風 S 向波浪造波9小時後，東防波堤外側變化地形

3. 季節風 SSE 向波浪

(波高 $H=1.0\text{m}$ 、週期 $T=6.5\text{sec}$ 、平均水位 $+1.02\text{m}$)

圖 30, (a)~(f) 為波浪作用期間防波堤附近地形變化

圖 31, 為波浪作用期間各分區之土方量變化

圖 32, 為波浪作用期間各主要點之水深變化

試驗期間各要點水深變化以及各主要分區土方量變化分別摘要列如表 15 及表 16。

季節風 SSE 向波浪係由東往西斜向入射中芸漁港口，佈置 B 離岸堤設置方向剛好遮蔽該方向波浪之入侵港口，加以該方向波浪其波高較小，故試驗結果顯示，第(1)區土方量自累積造波時間第3個小時後開始有淤積現象，到第12個小時土方量共增加 $6.57 \times 10^3 \text{m}^3$ ，惟自第12個小時則開始侵蝕逐漸恢復到初期地形並有繼續侵蝕趨勢，累計該區土方量共減少 $1.5 \times 10^3 \text{m}^3$ ；第(2)區造波初期前3個小時呈淤積，以後則無顯著變化累計該區土方量共增加 $2.3 \times 10^3 \text{m}^3$ ；第(3)區試驗結果顯示，土方量並無顯著變化；第(4)區亦然；第(5)區造波初期呈侵蝕惟自第3個小時則以 $1.7 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hr}$ 速率增加，直到第12個小時才又開始侵蝕，累計該段期間與初期地形比較，共增加土方量 $2.7 \times 10^3 \text{m}^3$ ；港口處第(6)區土方量則無顯著變化，共減少 $3.3 \times 10^3 \text{m}^3$ ；港內水域第(7)區，試驗結果顯示呈淤積，土方量共增加 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$ ；東堤外側第(8)區土方量淨變化並不顯著；第(9)區、第(10)區亦然；第(11)區則呈侵蝕，土方量共減少 $1.1 \times 10^4 \text{m}^3$ ；離岸堤內側第(12-1)區，因離岸堤遮蔽作用土方量變化些微，惟其外側第(12-2)區呈侵蝕，土方量計減少 $1.32 \times 10^4 \text{m}^3$ ，故就佈置 B 在季節風 SSE 向波浪作用下，因入射波高較小，故整區土方量，當累積造波時間達15個小時後，變化仍不顯著，僅增加 $5.7 \times 10^3 \text{m}^3$ 佔該區總土方量之 0.6%；而佈置 A 在相同波浪條件作用下，全土方量幾乎沒有變化。照片 8 中 (a)~(f) 分別為佈置 B 在季節風 SSE 向波浪作用15個小時後(

a) 西防沙堤以西海岸突堤區附近地形變化(b)西防沙堤外側堤址區附近地形變化(c)西防沙堤與西防波堤間地形變化情形(d)離岸堤以及港口附近地形變化(e)漁港航道入口處附近地形變化以及(f)東防波堤以東海岸線附近地形變化情形等。

Layout: B Dir: SSE H1/3=1.0 m T1/3=6.5 sec Time: 0 hour

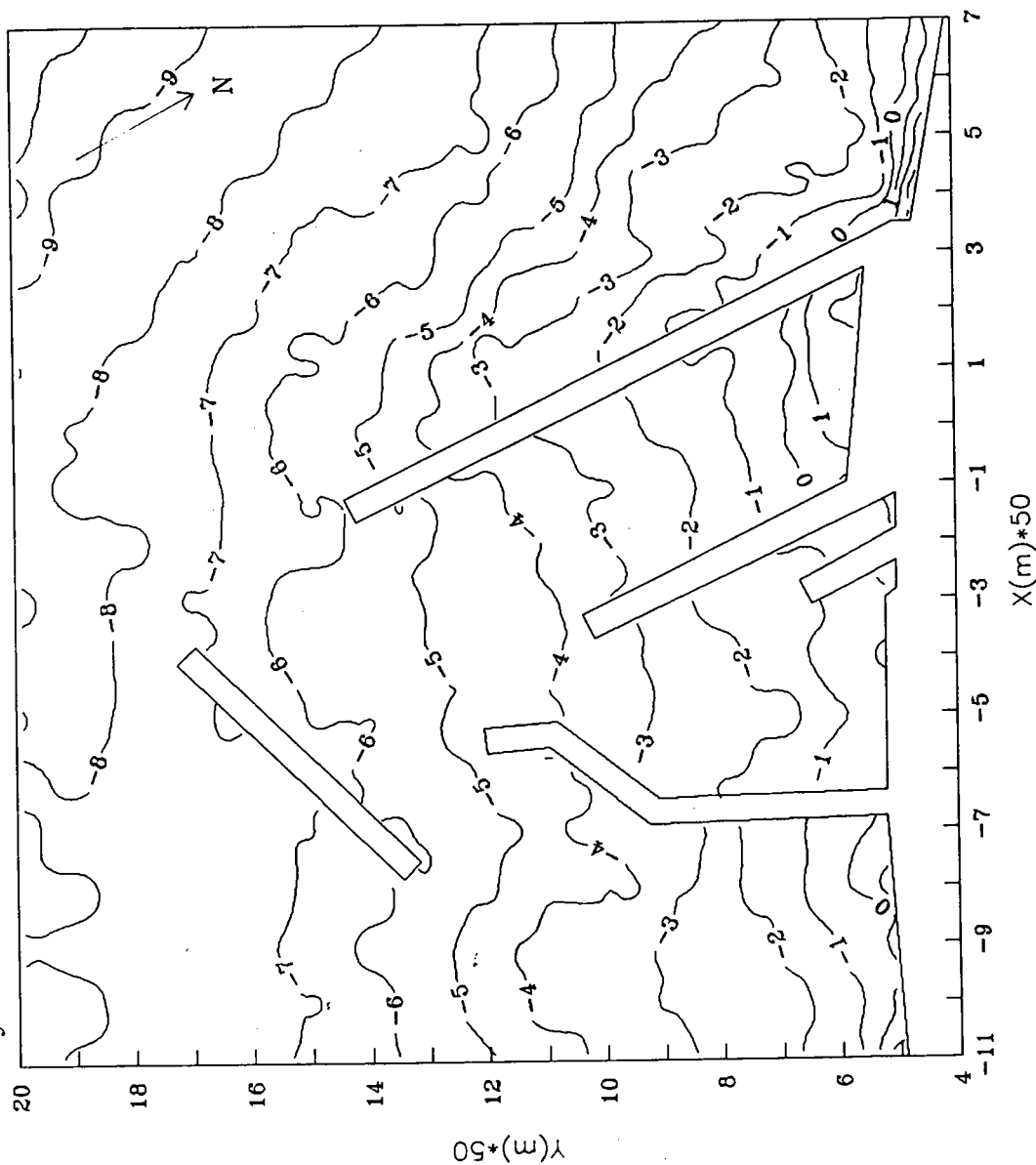


圖 30-a 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗造波初期地形

Layout: B Dir: SSE H1/3=1.0 m T1/3=6.5 sec Time: 3 hour

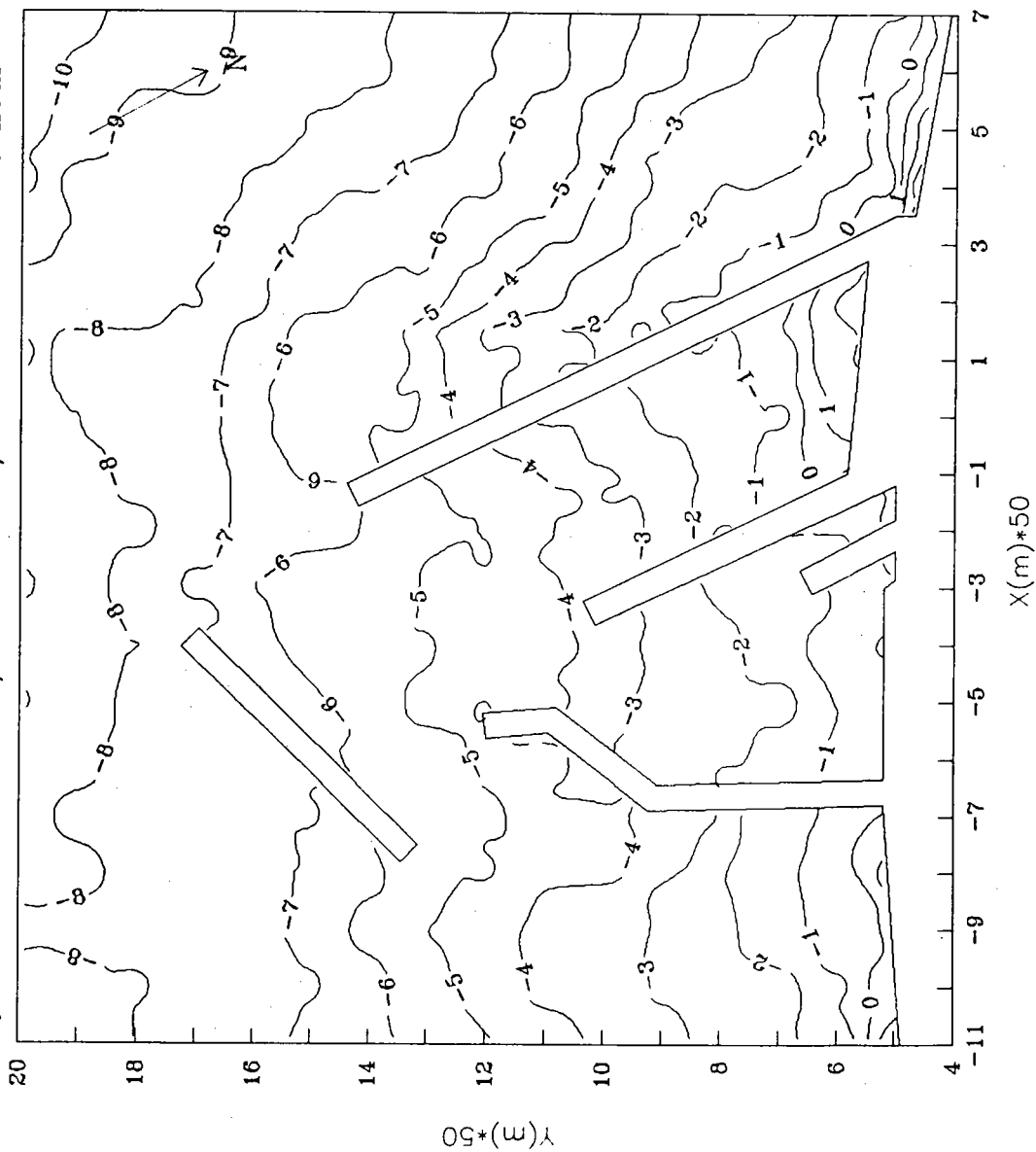


圖 30-b 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 3 小時後地形

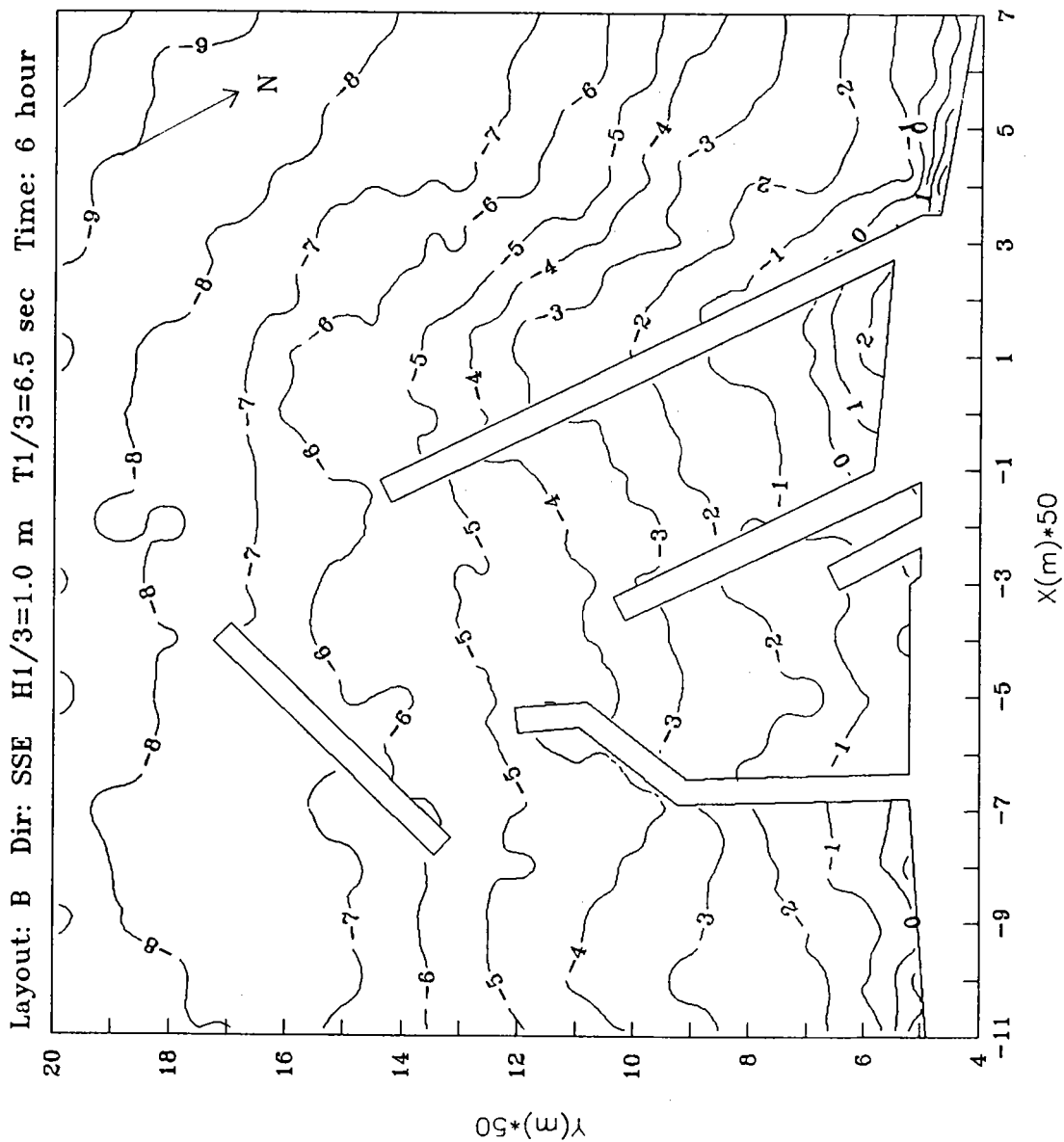


圖 30-c 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 6 小時後地形

Layout: B Dir: SSE H1/3=1.0 m T1/3=6.5 sec Time: 9 hour

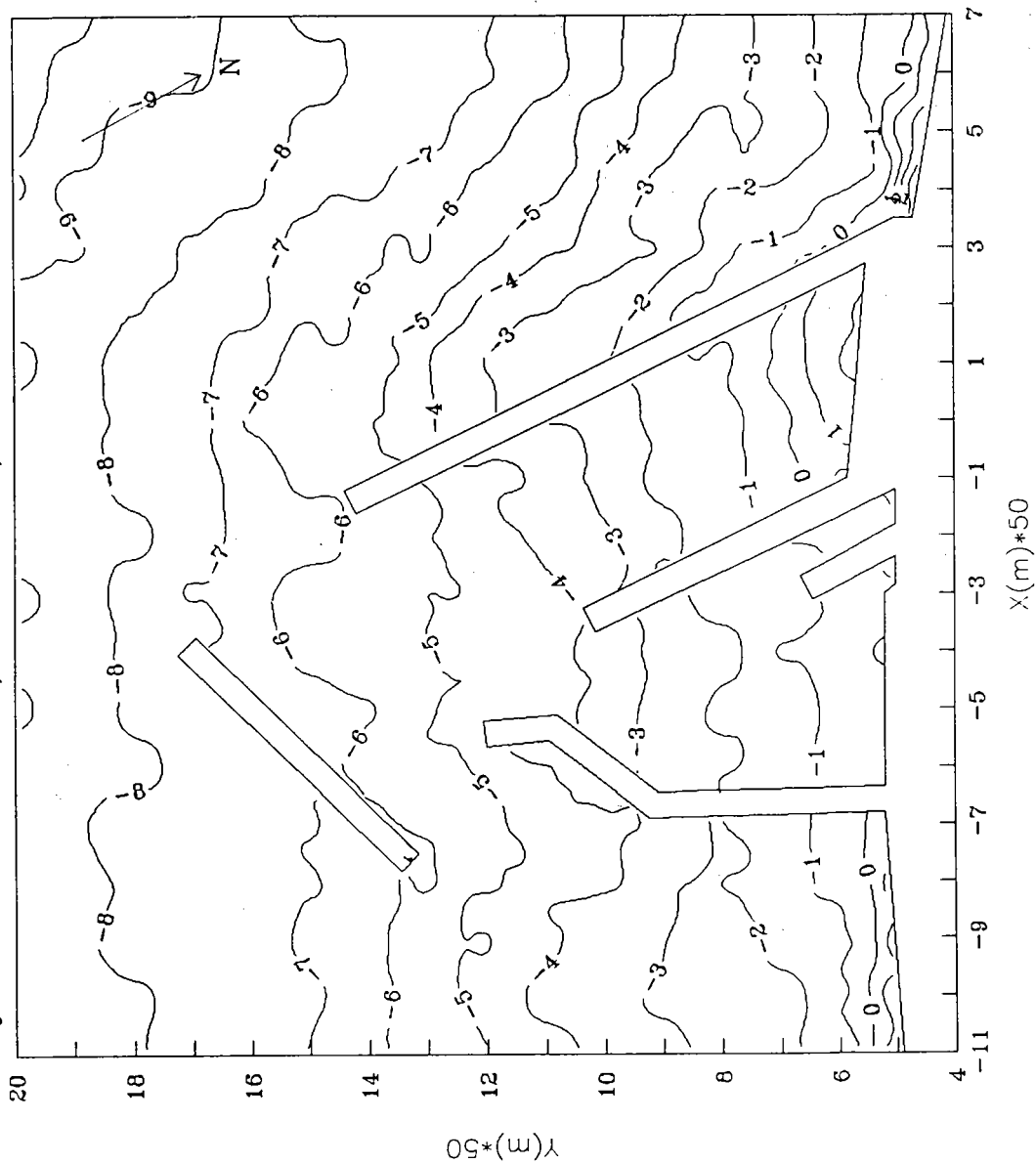


圖 30-d 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 9 小時後地形

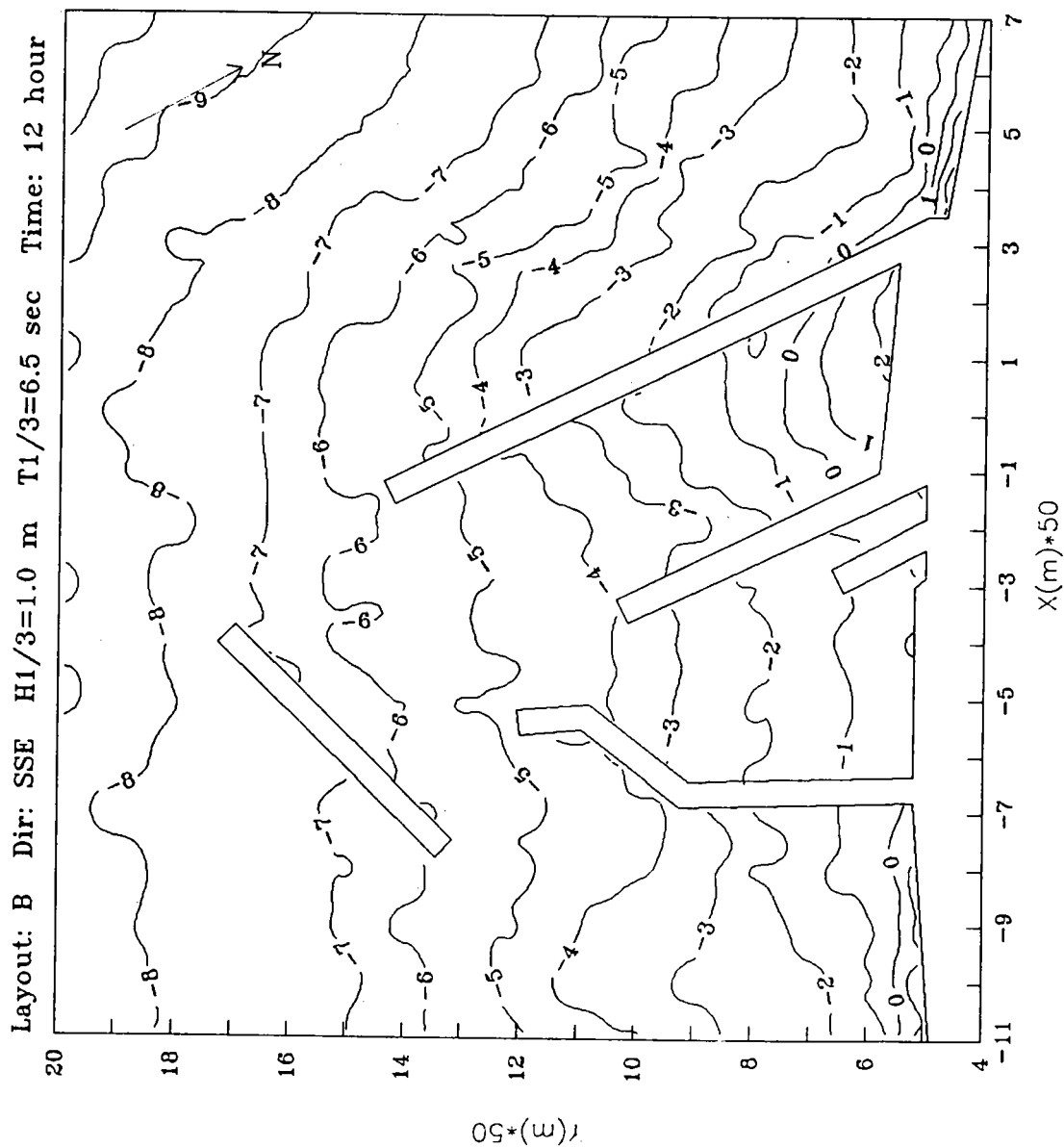


圖 30-e 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 12 小時後地形

Layout: B Dir: SSE H1/3=1.0 m T1/3=6.5 sec Time: 15 hour

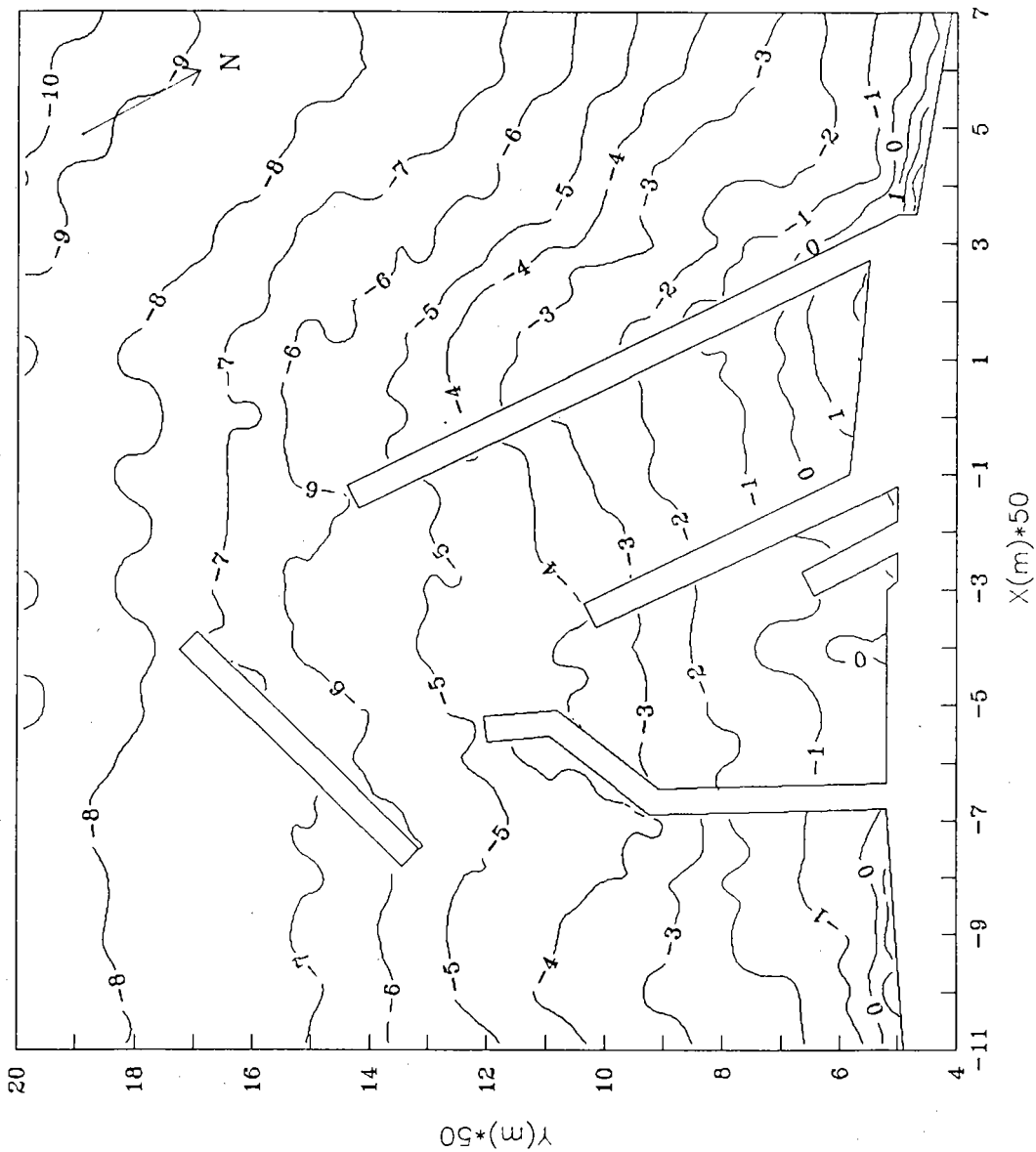


圖 30-f 佈置 B 季節風 SSE 向波浪累積造波 15 小時後地形

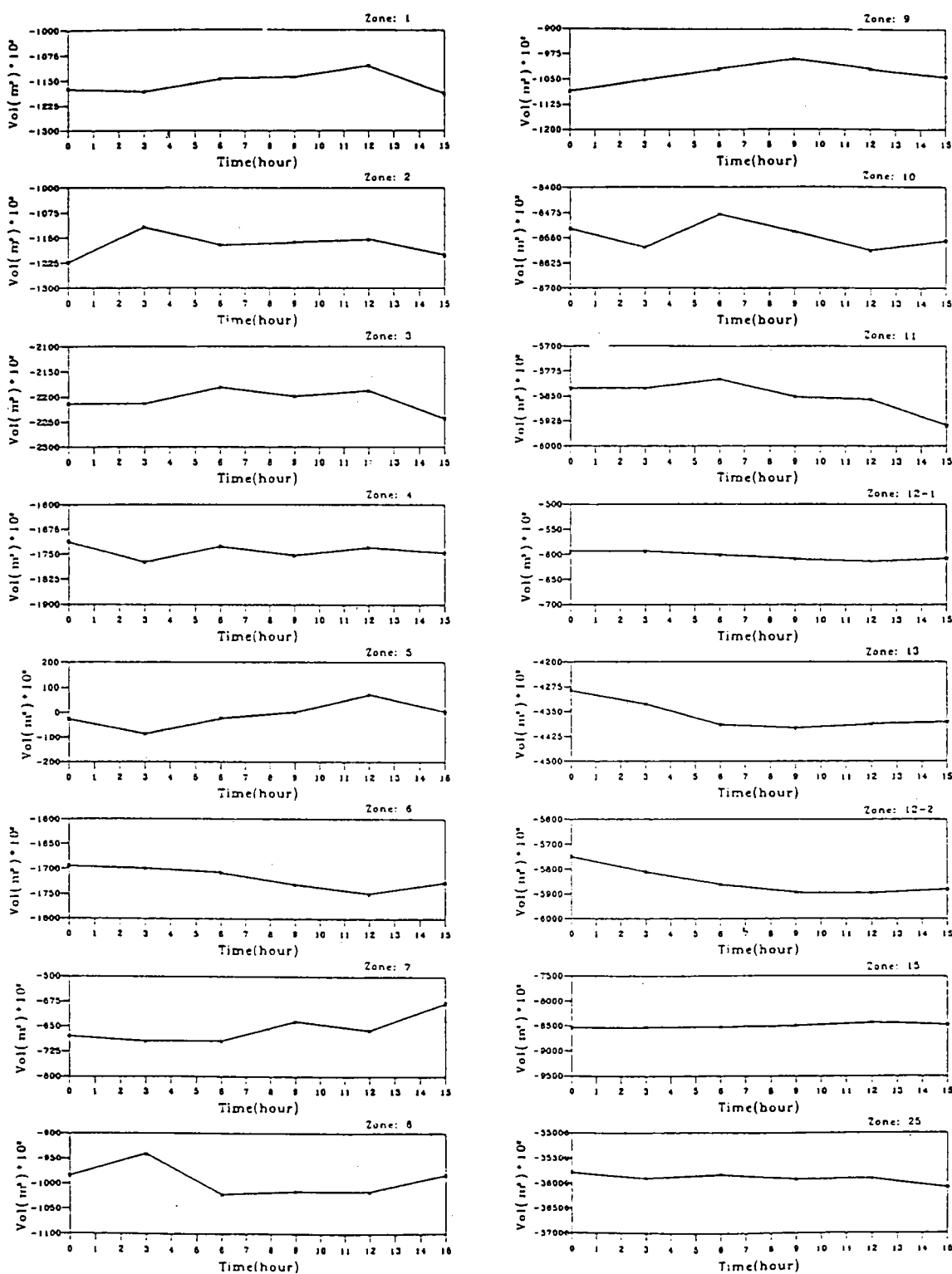


圖 31 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: B Dir: SSE $H_{1/3}=1.00\text{m}$ $T_{1/3}=6.5\text{ sec}$

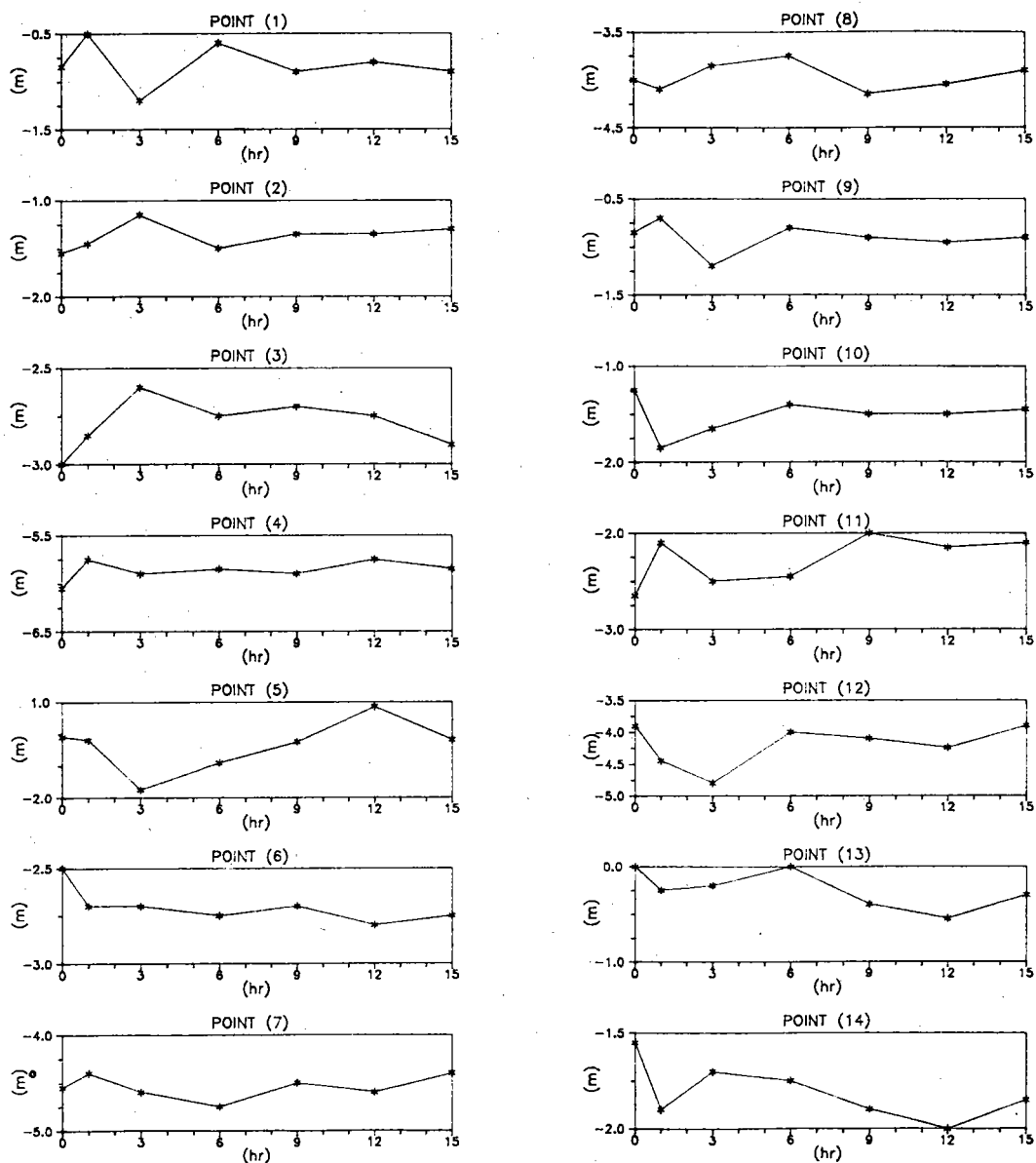


圖 32 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 15 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要點水深變化

時間 項目位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
水 深 變 化	1	造波初期略呈淤積到60分鐘後呈侵蝕，計刷深0.35m	呈淤積，較初期水深淤淺0.25m	逐漸侵蝕，恢復為初期水深	無顯著變化	無顯著變化
	2	淤淺0.4m	逐漸侵蝕，恢復原來水深	刷深約0.2m	水深無變化	水深無變化
	3	淤淺0.4m	開始侵蝕仍較初期水深淤淺0.25m	無變化	無變化	逐漸侵蝕，恢復原來水深
	4	初期淤淺0.3m 60分鐘後開始侵蝕，惟仍較原來水深淤淺0.15m	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	5	60分鐘後侵蝕，速率加快，計刷深1.2m	開始回淤	逐漸回淤原來水深	回淤達最高點，較原來水深計淤淺約1m	開始侵蝕，逐漸回復原來水深
	6	造波初期60分鐘刷深0.2m	水深無明顯變化	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	7	初期淤積，60分鐘後呈侵蝕	繼續侵蝕，計刷深0.2m	回淤成原來水深	無顯著變化	呈淤積，較初期水深淤淺0.15m
	8	初期侵蝕，60分鐘後開始回淤	回淤，水深較初期地形淤淺0.25m	又開始侵蝕回復初期地形	無顯著變化	無顯著變化

表 15(續) 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要點水深變化

時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
水深變化	9	初期淤積, 60分鐘後開始侵蝕計刷深0.35m	逐漸回淤成初期水深	無明顯變化	無顯著變化	無顯著變化
	10	初期刷深0.6m 60分鐘後開始回淤	逐漸回淤成初期水深	無明顯變化	無顯著變化	無顯著變化 水深刷深0.2m
	11	初期淤淺0.45m 60分鐘後開始侵蝕	水深無變化	略呈淤積, 較初期淤淺0.67m	無顯著變化	無顯著變化
	12	呈侵蝕, 刷深0.4m	回淤成初期水深	無明顯變化	略呈侵蝕, 較原水深刷深0.35m	回淤成初期地形
	13	呈侵蝕, 刷深0.2m	回淤成原來水深	再度侵蝕	侵蝕, 較初期地形刷深0.6m	開始回淤
	14	初期侵蝕, 60分鐘後開始回淤, 刷深0.15m	略呈侵蝕	略呈侵蝕	刷深到最低點, 計減少0.45m	開始回淤, 累計刷深0.35m

表 16 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
土 方 量 變 化	1	無明顯變化	略呈淤積	略呈淤積	略呈淤積， 較初期地形 增加 $6.75 \times 10^3 \text{m}^3$	侵蝕，恢復 初期地形
	2	淤積，土方量 增加 $1.08 \times 10^4 \text{m}^3$	逐漸侵蝕	無明顯變化	無明顯變化	恢復初期地 形
	3	無明顯變化	略呈淤積	無明顯變化	無明顯變化	侵蝕，較初 期地形減少 $3 \times 10^3 \text{m}^3$
	4	侵蝕 $6.2 \times 10^3 \text{m}^3$	逐漸回淤成 原來地形	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化
	5	侵蝕 $6 \times 10^3 \text{m}^3$	回淤成原來 地形時土方 量	略呈淤積	略呈淤積， 較初期地形 增加 $1.47 \times 10^4 \text{m}^3$	略呈侵蝕
	6	無明顯變化	無明顯變化	略呈侵蝕	略呈侵蝕 較初期地形 減少 $5.5 \times 10^3 \text{m}^3$	開始回淤
	7	無明顯變化	無明顯變化	略呈淤積 較原來地形 增加 $4.5 \times 10^3 \text{m}^3$	無明顯變化	呈淤積，土 方量增加 $4.2 \times 10^4 \text{m}^3$
	8	造波初期呈淤 積增加 $4.3 \times 10^3 \text{m}^3$	開始侵蝕， 較原來地形 減少 $3.7 \times 10^3 \text{m}^3$	無明顯變化	無明顯變化	逐漸回淤， 恢復原土方 量

表 16(續) 佈置 B 季節風 SSE 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180~360分	360~540分	540~720分	720~900分
土 方 量 變 化	9	略呈淤積	略呈淤積	略呈淤積 土方量共增 加 8.6×10^3 m^3	逐漸侵蝕 較初期地形 增加 $6.75 \times$ $10^3 m^3$	逐漸侵蝕 恢復原來土 方量
	10	侵蝕 5.7×10^3 m^3	逐漸回淤且 增加 $4.2 \times$ $10^3 m^3$	逐漸侵蝕恢 復回原來土 方量	逐漸侵蝕土 方量減少 $6.6 \times 10^3 m^3$	逐漸回淤
	11	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	侵蝕, 減少 1.12×10^3 m^3
	12-1	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化
	12-2	呈侵蝕	呈侵蝕 地形時土方 量	呈侵蝕, 減 少 $1.46 \times$ $10^4 m^3$	無明顯變化	無明顯變化
	13	呈侵蝕	呈侵蝕, 減 少 $1.04 \times$ $10^4 m^3$	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化
	全區 (2 區 8 區)	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	略呈淤積土 方量增加 $1.1 \times 10^4 m^3$	無明顯變化



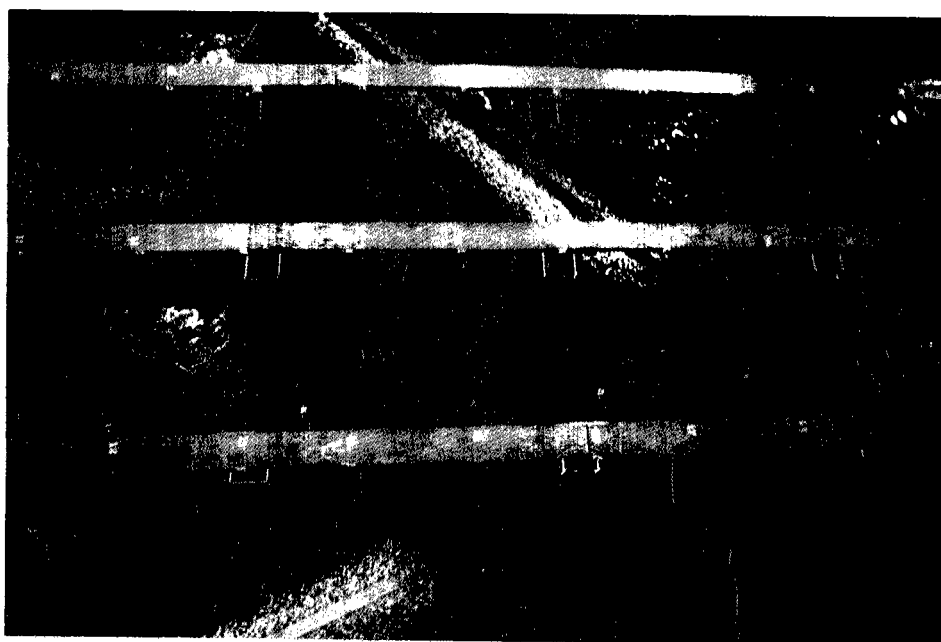
照片 8-a 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，西防沙堤以西海岸突堤區附近地形



照片 8-b 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，西防沙堤外側堤址處附近地形



照片 8-c 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，西防沙堤與西防波堤間地形



照片 8-d 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，離岸堤以及港口附近地形



照片 8-e 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，漁港航道入口處附近地形



照片 8-f 佈置 B 季節風 SSE 向波浪造波15小時後，東防波堤以東海岸線附近地形

4. 颱風 S 向波浪

(波高 $H=7.2\text{m}$, 週期 $T=10.7\text{sec}$ 、暴潮位 $+2.49\text{m}$)

圖 33, (a)~(d)為波浪作用期間防波堤附近地形變化

圖 34, 為波浪作用期間各分區之土方量變化

圖 35, 為波浪作用期間各主要點之水深變化

試驗期間各主要點水深變化以及各主要分區土方量變化分別摘要列如表 17 及表 18。

颱風 S 向波浪, 正對中芸漁港港口而入, 佈置 B 雖有離岸堤之有效抵擋該方向波浪之入侵, 惟因入射波高較大, 故在無沙源條件下, 試驗結果顯示, 西防沙堤外側第(11)區、第(10)區、第(3)區以及第(2)區均呈侵蝕, 土方量分別減少 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$ 、 $3.0 \times 10^3 \text{m}^3$ 以及 $2.1 \times 10^3 \text{m}^3$, 被侵蝕之土方量則堆積在造波下游區即第(1)區, 該區土方量計增加 $5.9 \times 10^3 \text{m}^3$; 西防沙堤內側以及東防波堤間第(4)區、(5)區以及(6)區則侵蝕、淤積互見, 累積造波時間達9個小時, 該些分區土方量並無顯著變化; 港內水域第(7)區, 造波初期略呈淤積惟自第6個小時即開始侵蝕, 又逐漸恢復到初期地形時土方量; 東堤外側第(8)區、(9)區則呈侵蝕, 土方量分別減少 $9.4 \times 10^3 \text{m}^3$ 與 $2.0 \times 10^4 \text{m}^3$; 離岸堤內側第(12-1)區則呈淤積, 土方量增加 $3.25 \times 10^3 \text{m}^3$, 惟其外側第(12-2)區, 造波初期呈侵蝕, 自第3個小時後方才開始回淤, 與造波初期地形比較, 土方量計減少 $7.5 \times 10^3 \text{m}^3$, 故就中芸漁港附近水域整區土方量而言係呈侵蝕現象, 土方量共計減少 $2.2 \times 10^4 \text{m}^3$, 佔全區總土方量之2.7%, 而相同試驗條件, 佈置A全區土方量則減少 $9.0 \times 10^3 \text{m}^3$ 約佔全區總土方量之1%。照片 9 中, (a)~(f)分別佈置 B 在颱風S向波浪作用9個小時後(a)西防沙堤外側變化地形(b)西防波堤外側變化地形(c)離岸堤以及港口間附近變化地形(d)東防波堤外側堤址處護基塊石破壞情形 (e)東防波堤外側海岸附近地形變化以及(f)東防波堤外側沿岸地形變化等等。

Layout: B Dir: S H1/3=7.2 m T1/3=10.7 sec Time: 0 hour

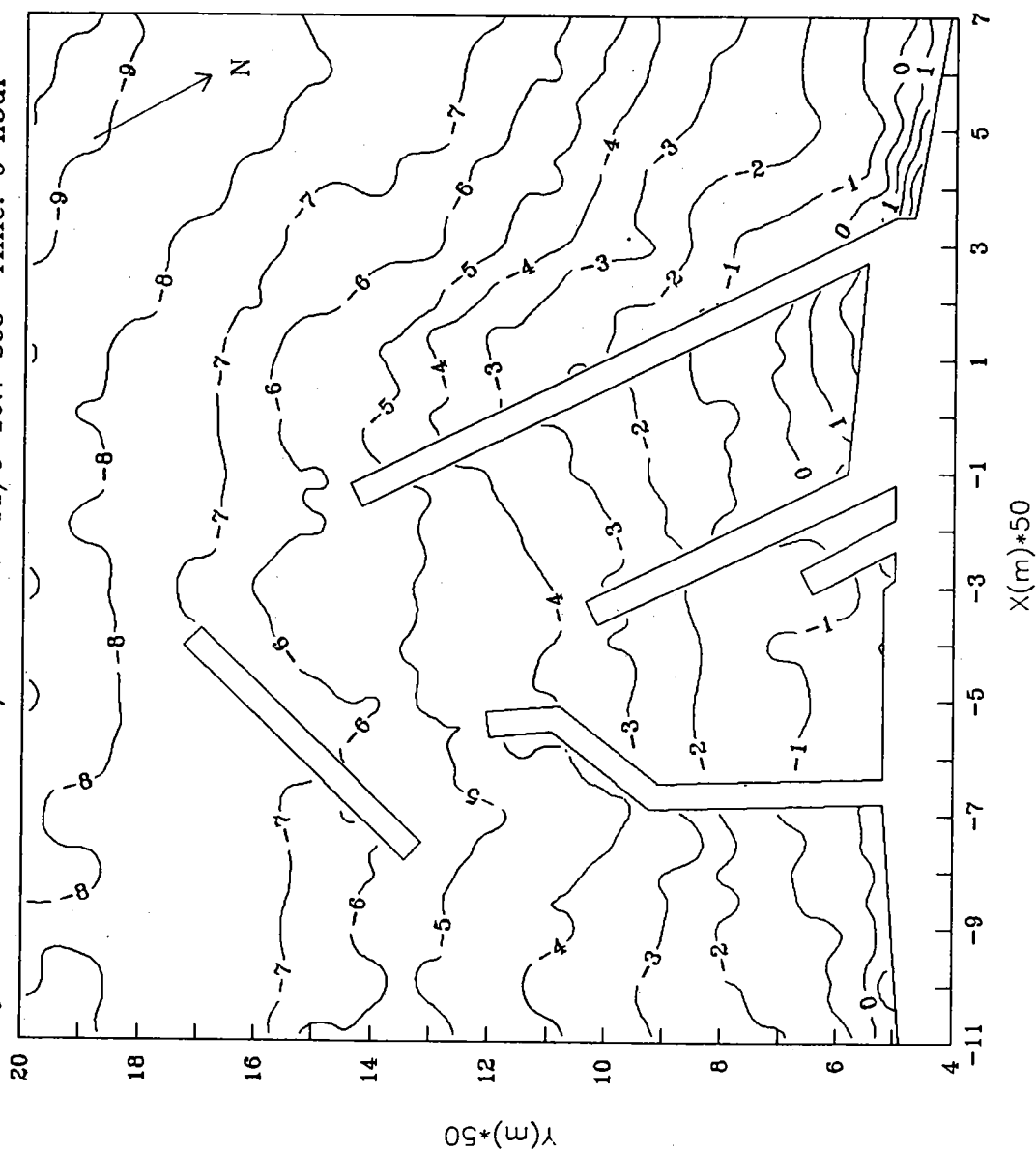


圖 33-a 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗造波初期地形

Layout: B Dir: S H1/3=7.2 m T1/3=10.7 sec Time: 3 hour

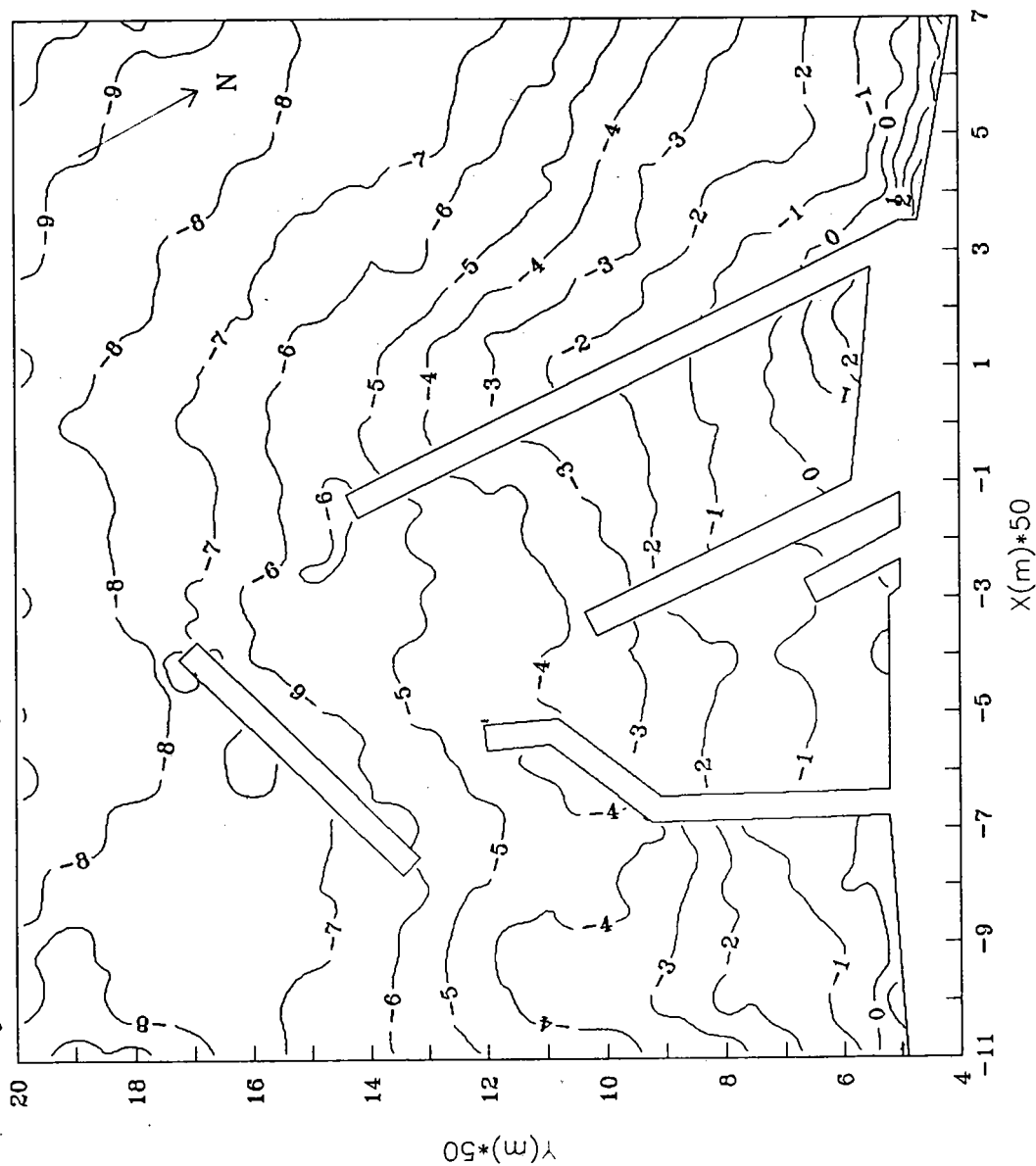


圖 33-b 佈置 B 颱風 S 向波浪累積造波 3 小時後地形

Layout: B Dir: S H1/3=7.2 m T1/3=10.7 sec Time: 6 hour

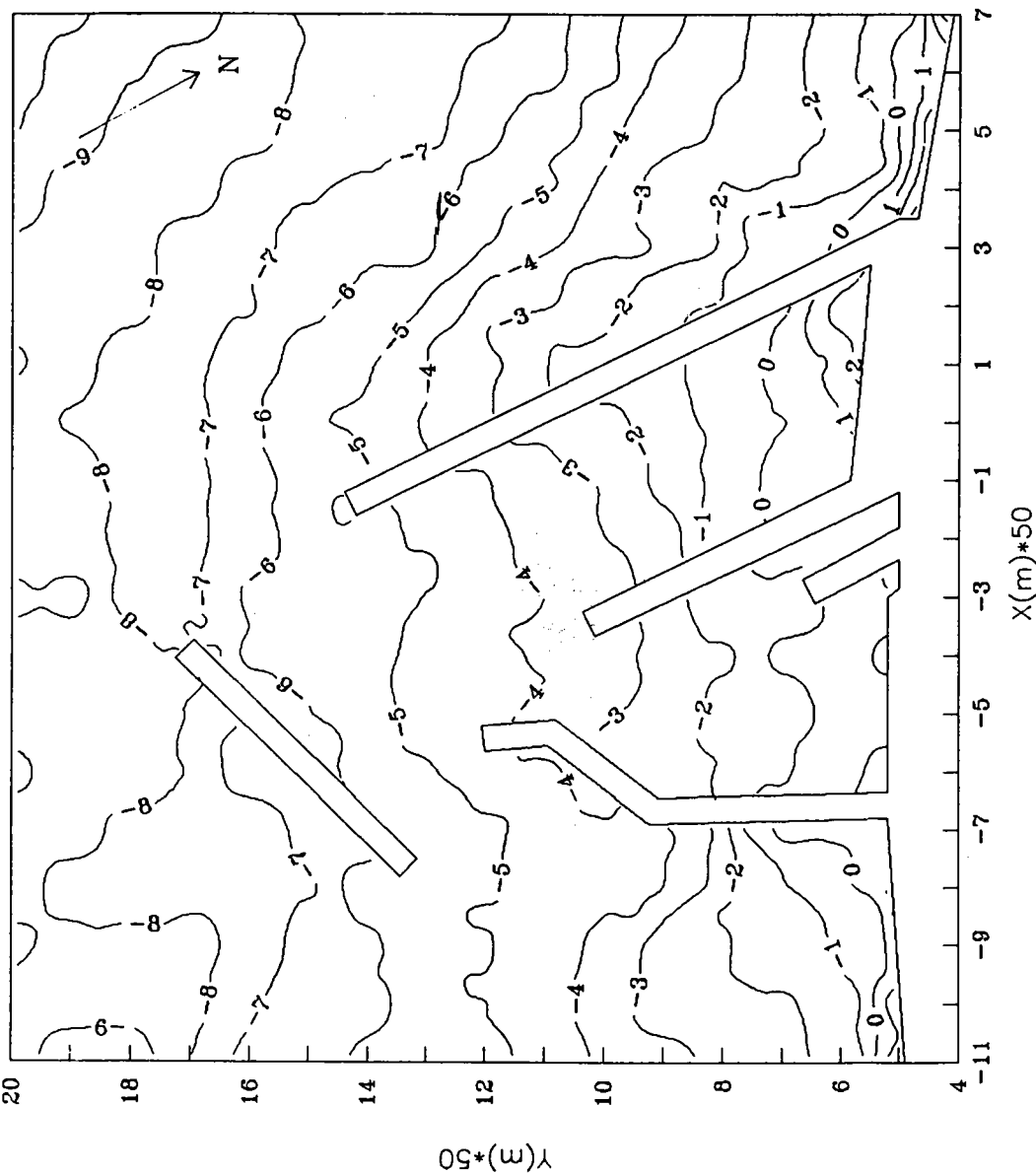


圖 33-c 佈置 B 颱風 S 向波浪累積造波 6 小時後地形

Layout: B Dir: S H1/3=7.2 m T1/3=10.7 sec Time: 9 hour

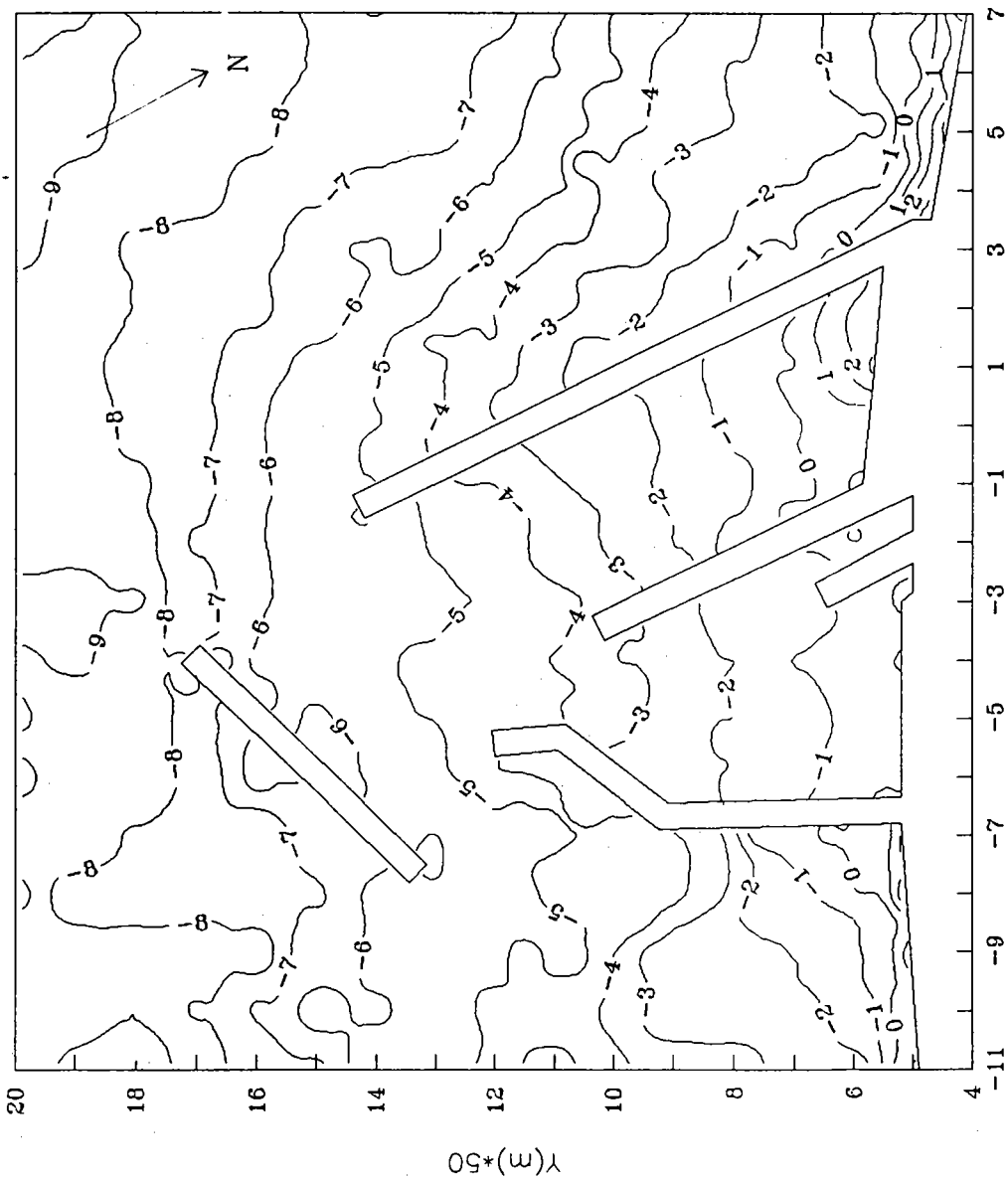


圖 33-d 佈置 B 颱風 S 向波浪累積造波 9 小時後地形

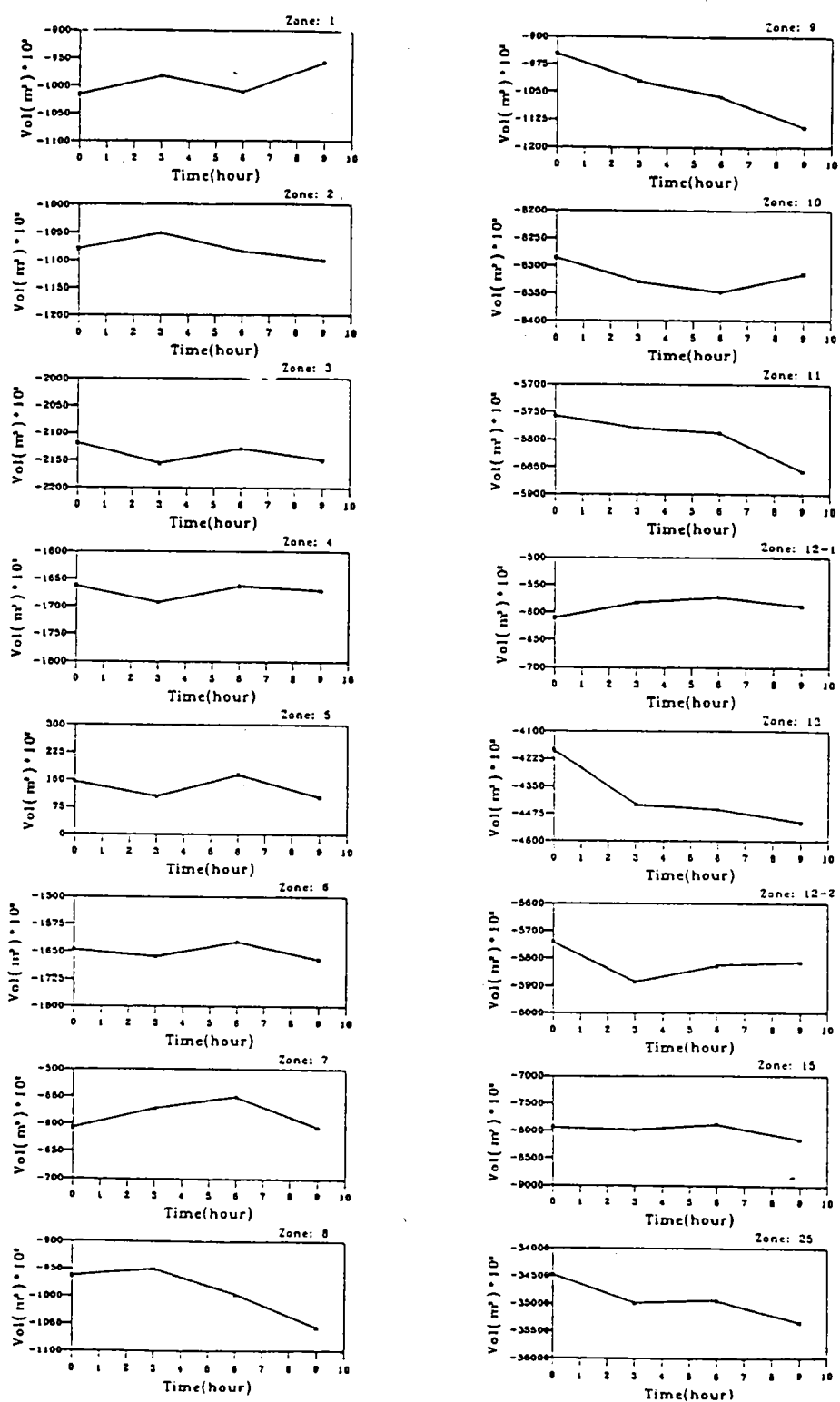


圖 34 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: B Dir: S $H_{1/3}=7.20\text{m}$ $T_{1/3}=10.7\text{ sec}$

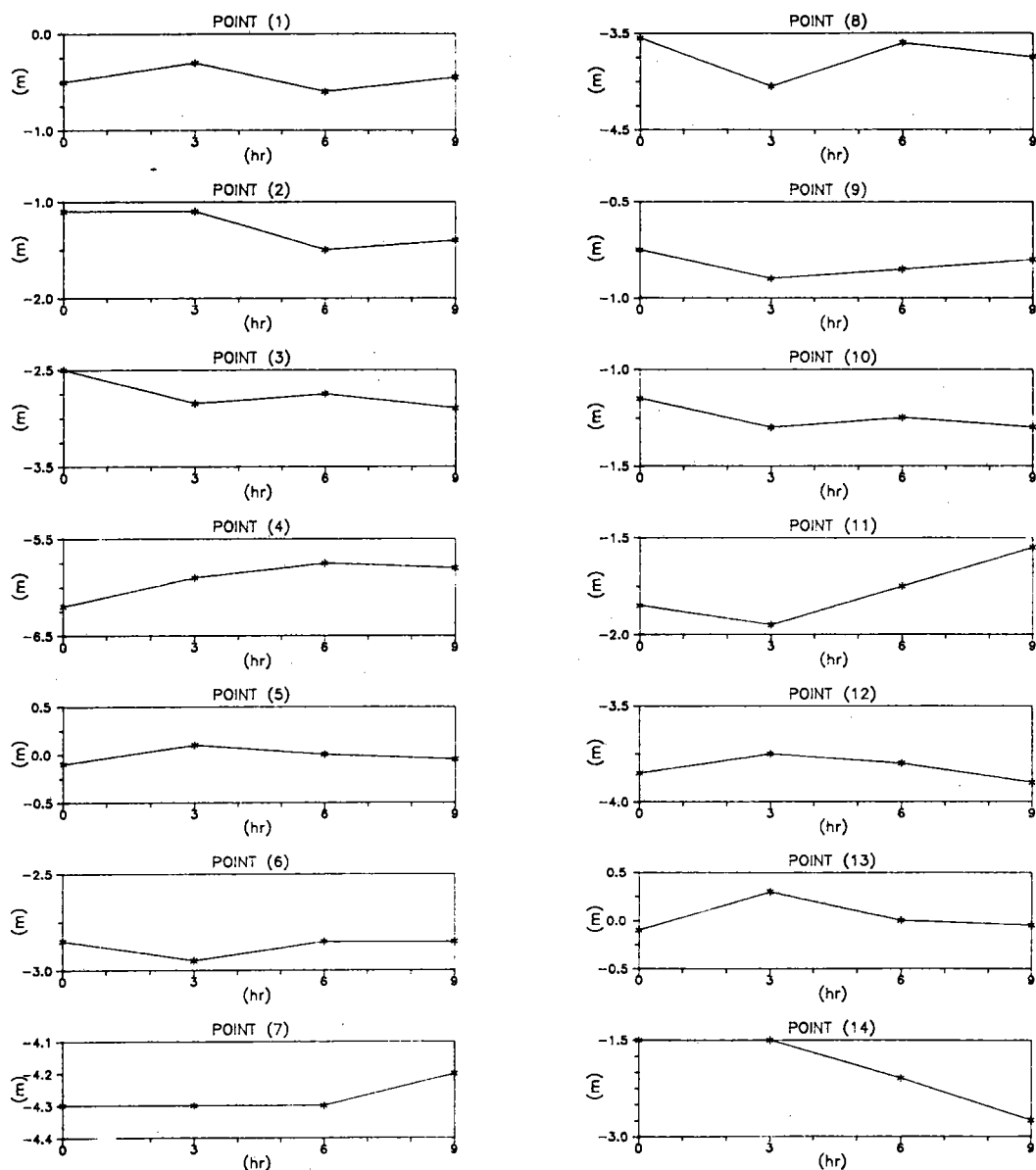


圖 35 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 17 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗結果各主要點水深變化

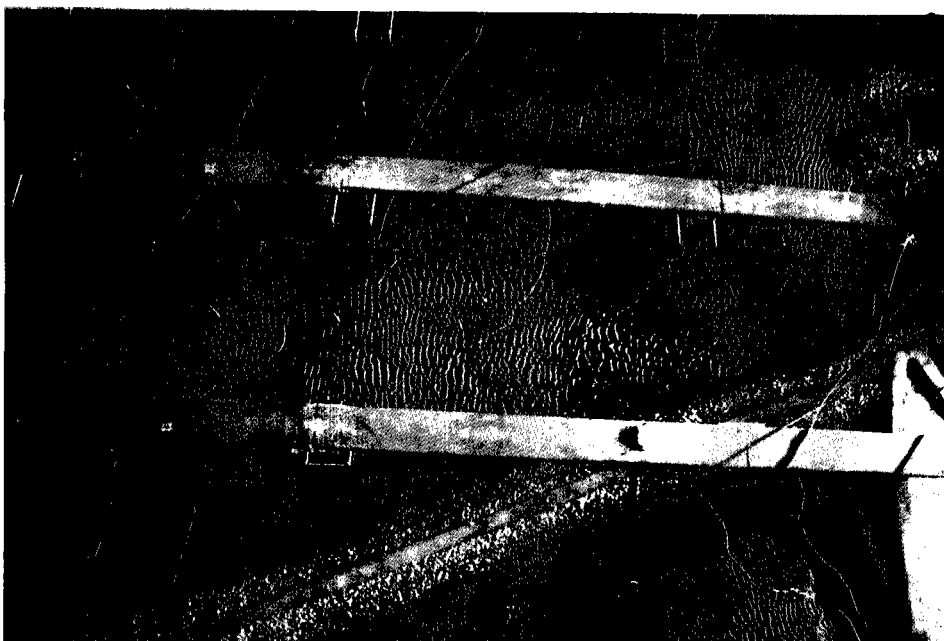
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
水 深 變 化	1	淤積 0.2m	呈侵蝕，較原地 形刷深約 0.1m	逐漸回淤成原來 地形
	2	沒有變化	刷深 0.4m	略有回淤
	3	刷深 0.35m	無顯著變化	無顯著變化
	4	呈淤積	呈淤積，共淤淺 0.45m	無顯著變化
	5	淤淺 0.2m	略呈侵蝕	逐漸恢復原來地 形時之水深
	6	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	7	無顯著變化	無顯著變化	淤淺 0.1m
	8	刷深 0.5m	回淤恢復原來水 深	續刷深 0.2m
	9	刷深 0.15m	逐漸回淤	逐漸回淤
	10	刷深 0.15m	無顯著變化	無顯著變化
	11	刷深 0.1m	逐漸回淤	回淤，計淤淺 0.3m
	12	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	13	淤積 0.4m	呈侵蝕	呈侵蝕，逐漸恢 復原來水深
	14	沒有變化	開始侵蝕	呈侵蝕，刷深 1.25m

表 18 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

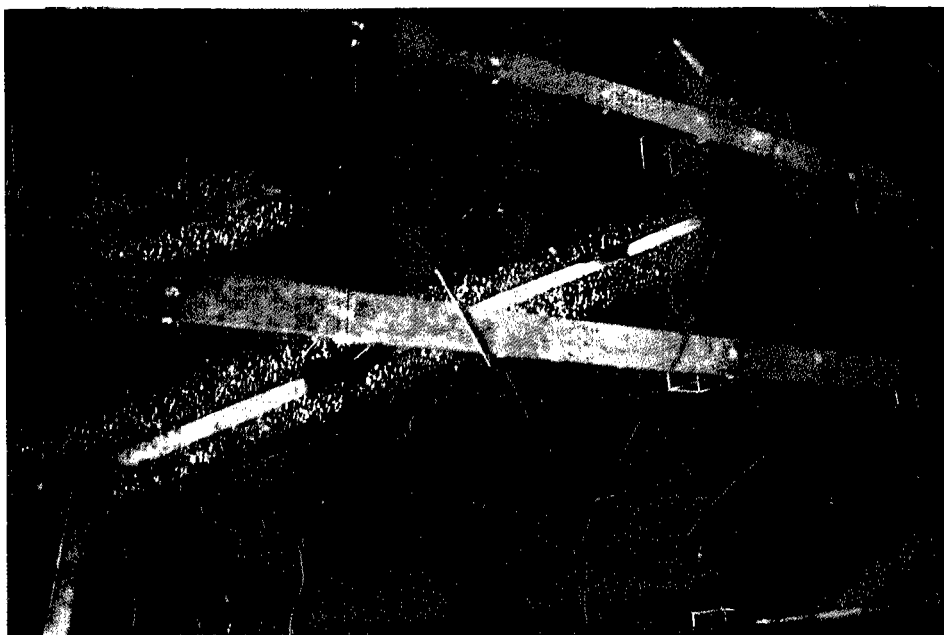
時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
土 方 量 變 化	1	淤積 $3.4 \times 10^3 \text{ m}^3$	呈侵蝕，逐漸恢復原來地形	呈淤積，較原來地形增加 $5.9 \times 10^3 \text{ m}^3$
	2	淤積 $2.8 \times 10^3 \text{ m}^3$	恢復原來地形時土方量	呈侵蝕，減少 $2.1 \times 10^3 \text{ m}^3$ 1.0
	3	減少 $3.6 \times 10^3 \text{ m}^3$	恢復原來地形時土方量	呈侵蝕，減少 $7.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ 1.0
	4	減少 $3.0 \times 10^3 \text{ m}^3$	恢復原來地形時土方量	無顯著變化
	5	減少 $4.0 \times 10^3 \text{ m}^3$	逐漸回淤較原來地形增加 $2.1 \times 10^3 \text{ m}^3$	呈侵蝕，較初期地形減少 $4.1 \times 10^3 \text{ m}^3$
	6	無顯著變化	增加 $2.1 \times 10^3 \text{ m}^3$ $6.4 \times 10^3 \text{ m}^3$	呈侵蝕，較原來地形減少 $2.7 \times 10^3 \text{ m}^3$
	7	略呈淤積	呈淤積，增加 $5.5 \times 10^3 \text{ m}^3$	侵蝕，恢復原來志形土方量
	8	無顯著變化	呈侵蝕	呈侵蝕，減少 $9.4 \times 10^3 \text{ m}^3$
	9	呈侵蝕	呈侵蝕	呈侵蝕，減少 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3$
	10	呈侵蝕	呈侵蝕，減少 $6.2 \times 10^4 \text{ m}^3$	逐漸回淤，仍較初期地形減少 $2.9 \times 10^3 \text{ m}^3$
	11	無顯著變化	無顯著變化	略呈淤積，仍減少 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3$

表 18(續) 佈置 B 颱風 S 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

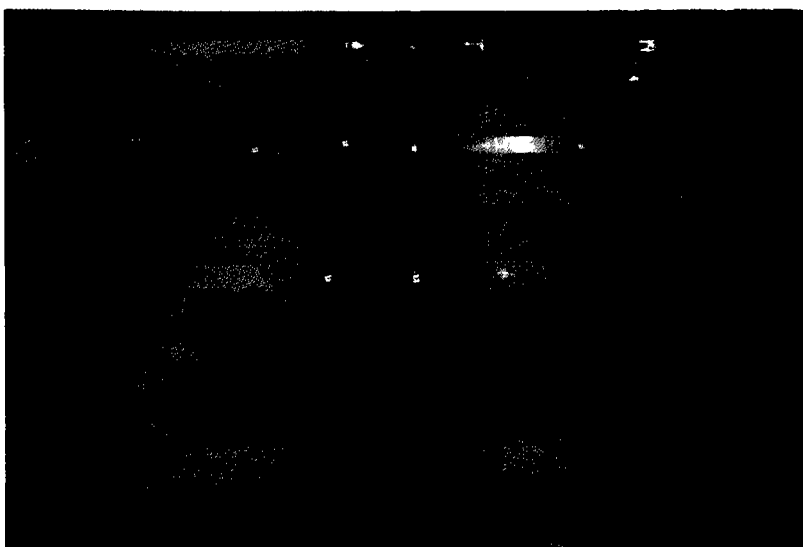
時 間		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
項 目	位 置			
土 方 量 變 化	12-1	增加 $2.87 \times 10^3 \text{ m}^3$	無顯著變化	無顯著變化
	12-2	減少 $1.44 \times 10^4 \text{ m}^3$	逐漸回淤，較初期地形仍減少 $8.6 \times 10^4 \text{ m}^3$	無顯著變化
	13	增加 $2.45 \times 10^4 \text{ m}^3$	無顯著變化	較初期地形減少 $3.3 \times 10^4 \text{ m}^3$
	全區 (2 區 8 區)	無顯著變化	無顯著變化	略呈侵蝕，土方量減少 $2.21 \times 10^4 \text{ m}^3$



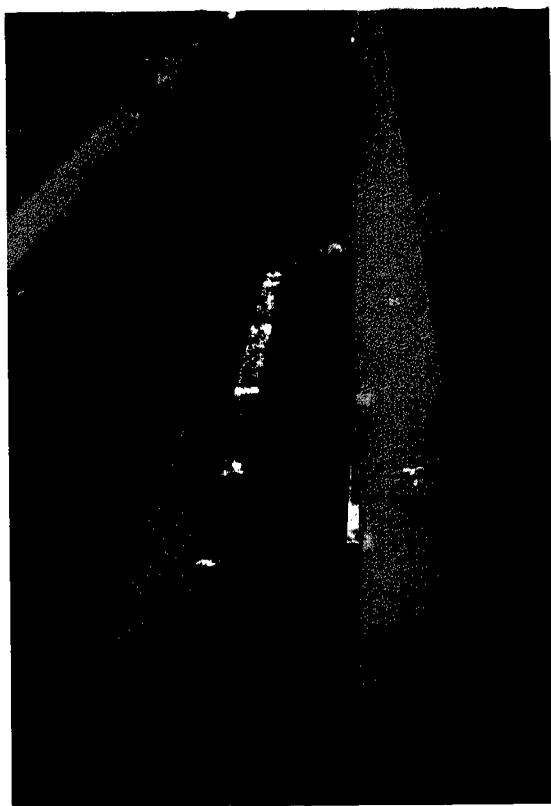
照片 9-a 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，西防沙堤外側變化地形



照片 9-b 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，西防波堤外側變化地形



照片 9-c 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，離岸堤以及港口間附近變化地形



照片 9-d 佈置 B 颱風 S 向波浪造波9小時後，東防波堤外側堤址護基塊石破壞情形



照片 9-e 佈置 B 颶風 S 向波浪造波9小時後，東防波堤外側海岸附近地形



照片 9-f 佈置 B 颶風 S 向波浪造波9小時後，東防波堤外側沿岸變化地形

(三)、佈置 C 試驗

佈置 C 亦乃漁技社為改善中芸漁港港內泊地等穩靜度所研擬之另外一種改善方案配置，係針對佈置 B 改善方案，延伸東堤直立段217公尺並與離岸堤相連接之一種改善方案，初期地形乃採民國八十年漁技社所測水深圖，惟港內航道水深浚挖到 -3^m ，圖 36-(a)與(b) 中數字亦同樣分別為報告資料分析圖表中所述主要水深點以及土方量變化各分區範圍示意圖，其各分區範圍大小，主要水深點位置與佈置A、佈置B均相同，由於該配置已能充分遮蔽季節風 SSE 向以及颱風 S 向波浪，同時根據佈置 A 以及佈置 B 試驗結果，佈置 C 僅進行一項颱風 SW 向波浪試驗，惟試驗條件則考慮迴歸期為50年之波浪條件，採波高 $H=7.1^m$ ，週期 $T=10.7^{\text{sec}}$ ，試驗水位則採暴潮位 $+2.49^m$ 等條件以進行試驗，謹將試驗結果敘述如下：

圖 37, (a)~(d)為波浪作用期間防波堤附近地形變化

圖 38, 為波浪作用期間各分區之土方量變化

圖 39, 為波浪作用期間各主要點之水深變化

試驗期間各主要點水深變化以及各主要分區土方量變化分別摘要列如表 19 及表 20。

颱風 SW 向波浪正對中芸漁港港口而入，當造波時間累積達9個小時後，試驗結果顯示， -9^m 等深線無顯著變化，西防沙堤外側 -8^m 等深線外移呈淤積，惟 -7^m 等深線則內移呈侵蝕且其外側邊緣明顯呈侵蝕，但其內側邊緣則呈淤積，其沙源則來自西防波堤以及西防沙堤間被侵蝕之土方量；原離岸堤內側試驗結果顯示亦呈淤積，其沙源顯係來自兩堤頭處被沖蝕之土方量，且港內亦有淤積現象，而新建東堤外側， -5^m 以下等深線(含 -4^m 、 -3^m 等)則有明顯內移侵蝕現象，惟在其堤外側邊緣，試驗結果則顯示

有淤積現象，故就分區土方量變化而言，在颱風 SW 向波浪作用下，第(1)區造波初期呈侵蝕，惟自第3個小時後即開始淤積，當造波時間累積達9個小時，該區土方量共增加 $8.4 \times 10^3 \text{m}^3$ ；第(2)區累積造波前8個小時，土方量並無顯著變化，但自第6個小時開始則呈侵蝕，與初期地形比較該區土方量共減少 $2.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ；西防沙堤外側第(3)區在該期間均呈侵蝕，土方量共減少 $1.3 \times 10^4 \text{m}^3$ ；西防沙堤堤頭段內側第(4)區則呈淤積，土方量增加 $4.1 \times 10^3 \text{m}^3$ ；第(5)區亦侵蝕，土方量共計減少 $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ ；第(6)區則沖淤互現，土方量並無顯著顯化；而港內水域第(7)區，試驗結果顯示，造波初期土方量並無顯著變化，惟當累積造波時間達3個小時以後則開始呈淤積現象，土方量共增加 $3.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ；中芸漁港現狀東堤外側第(8)區土方量變化情況與第(7)區相同，土方量共增加 $2.5 \times 10^3 \text{m}^3$ ；第(9)區則沖淤互見，土方量共計減少 $1.26 \times 10^4 \text{m}^3$ ；而原離岸堤位置內側第(12-1)區，試驗結果顯示，該區土方量並無顯著變化，惟其外側第(12-2)區造波初期呈淤積，自第3個小時後則開始恢復初期地形；故就佈置 C 整個中芸漁港附近水域言，在颱風SW向波浪且無加沙條件作用下，造波初期係呈侵蝕，然後自第3個小時後才又開始回淤逐漸恢復到初期地形，爾後再呈侵蝕，但速率變緩，累計在該段期間，土方量共減少 $1.6 \times 10^4 \text{m}^3$ ，佔該區初期地形土方量之 1.5%，惟佈置 C 在颱風 SW 向下波浪作用下全區呈侵蝕之現象，與佈置 A 佈置 B 在相同波向作用下，全區呈淤積情形兩者無法比較，蓋前者試驗係考慮50年迴歸期採較大試驗波高之故。

Layout: C Dir: SW

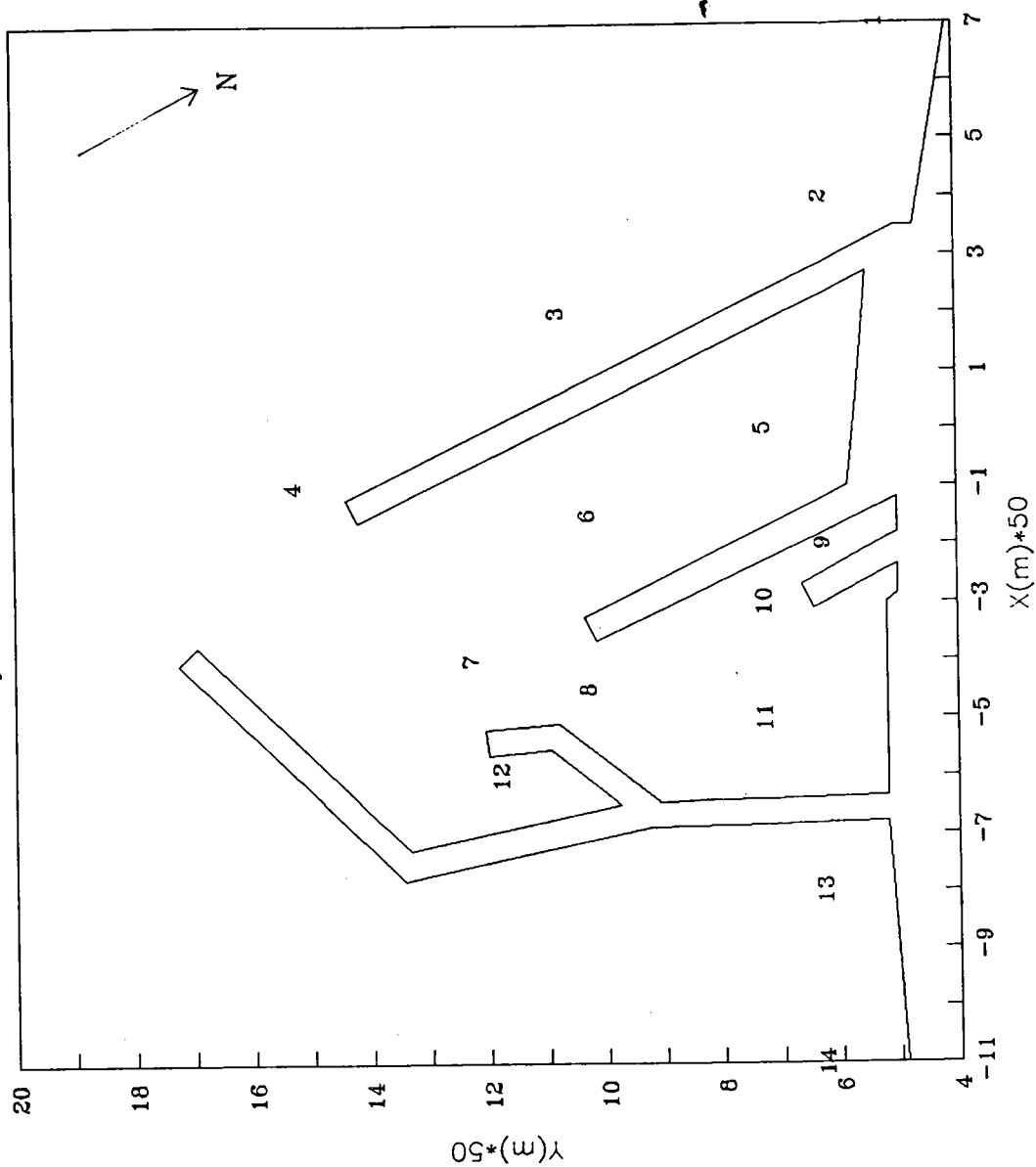


圖 36-a 佈置 C 試驗各主要水深點位置示意圖

Layout: C Dir: SW

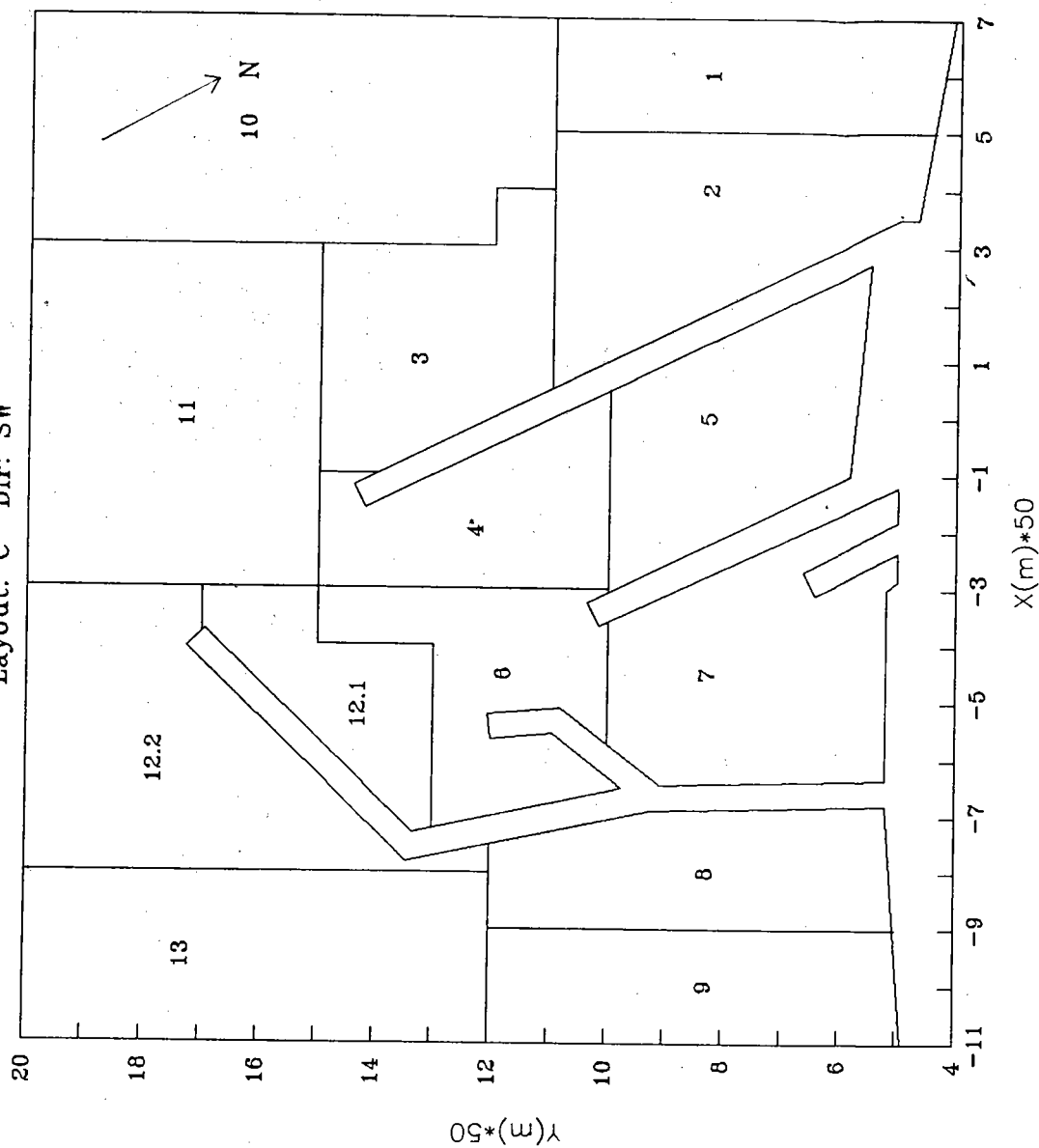


圖 36-b 佈置 C 試驗各主要分區範圍示意圖

Layout: C Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 0 hour

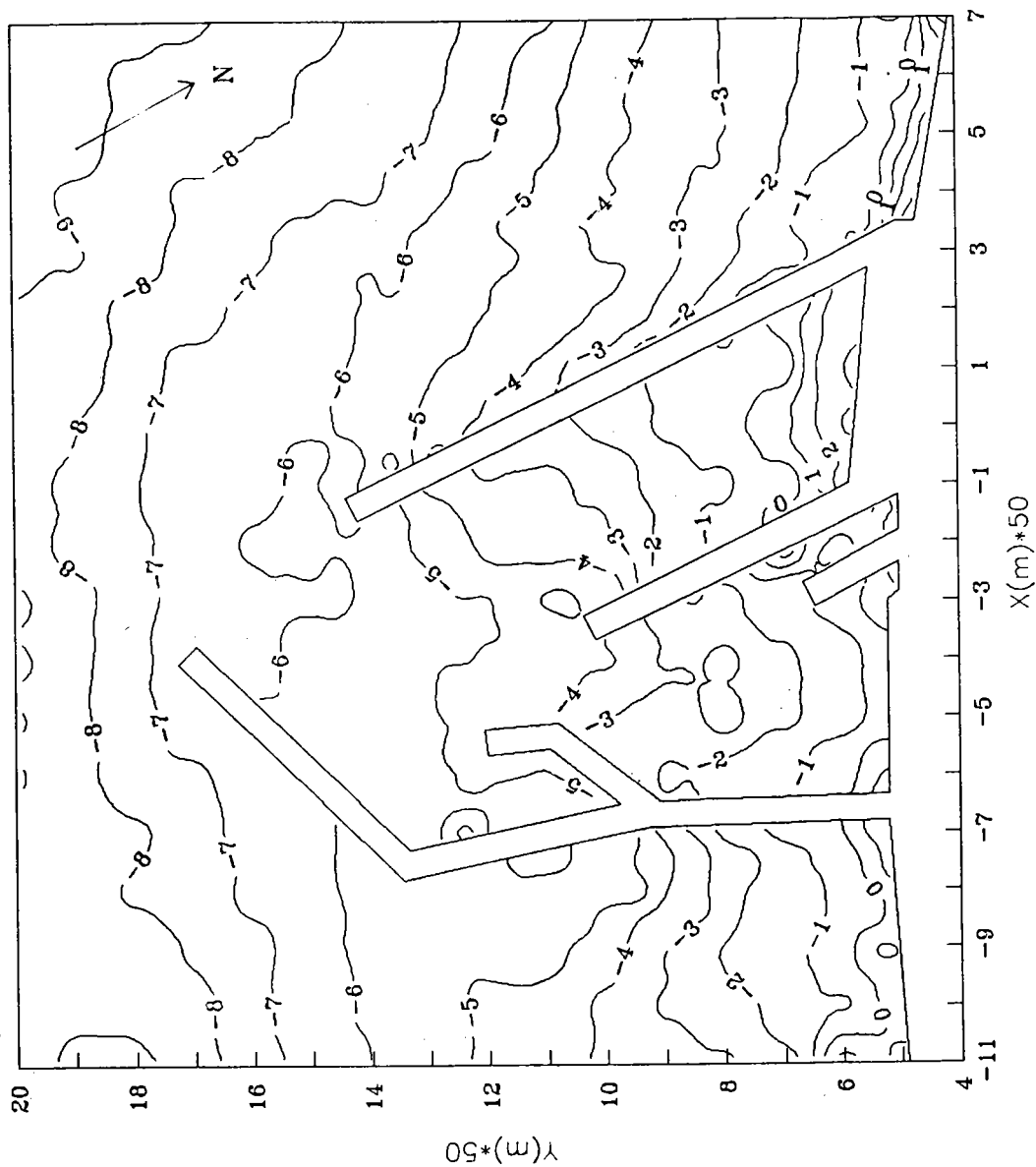


圖 37-a 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗造波初期地形

Layout: C Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 3 hour

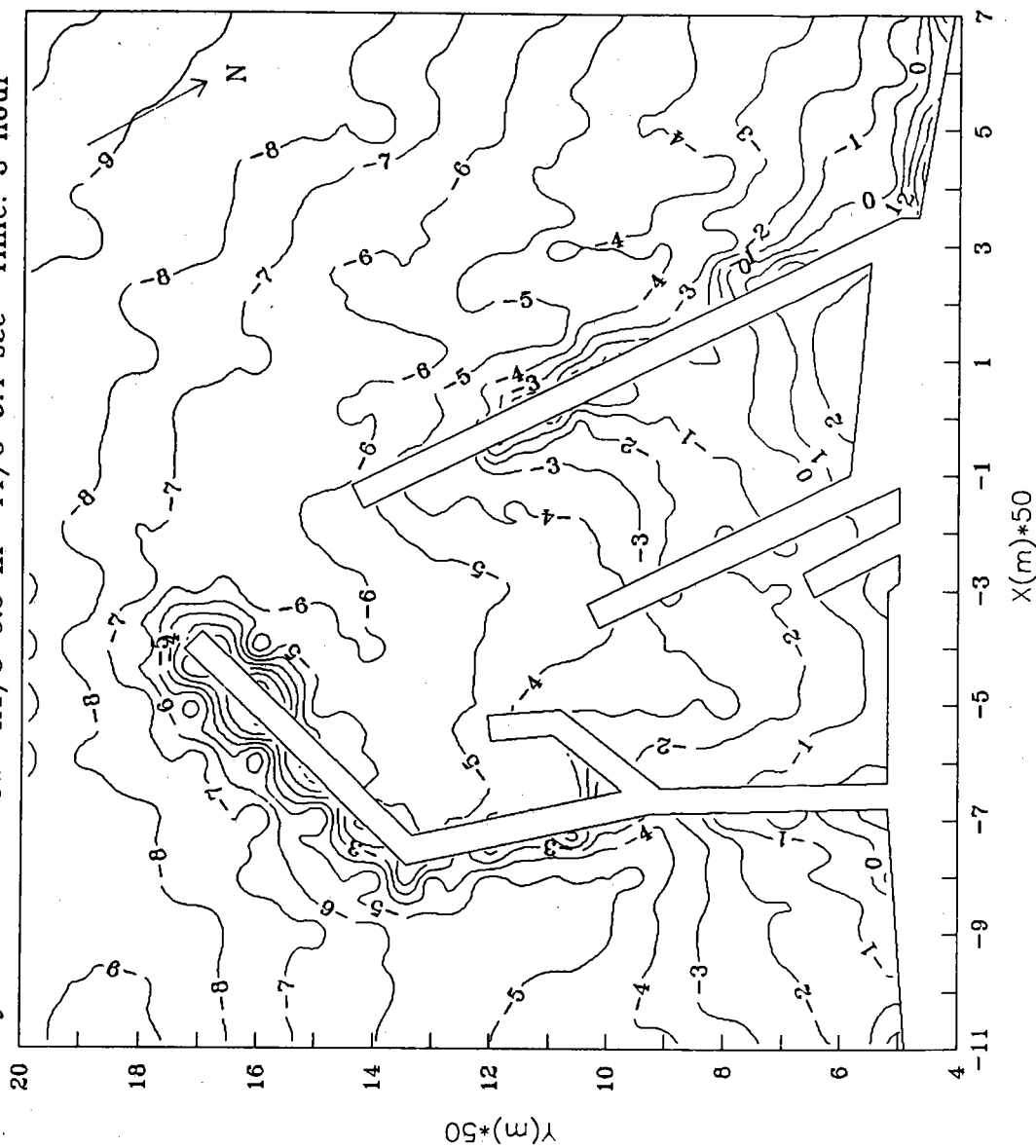


圖 37-b 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗累積造波 3 小時後地形

Layout: C Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 6 hour

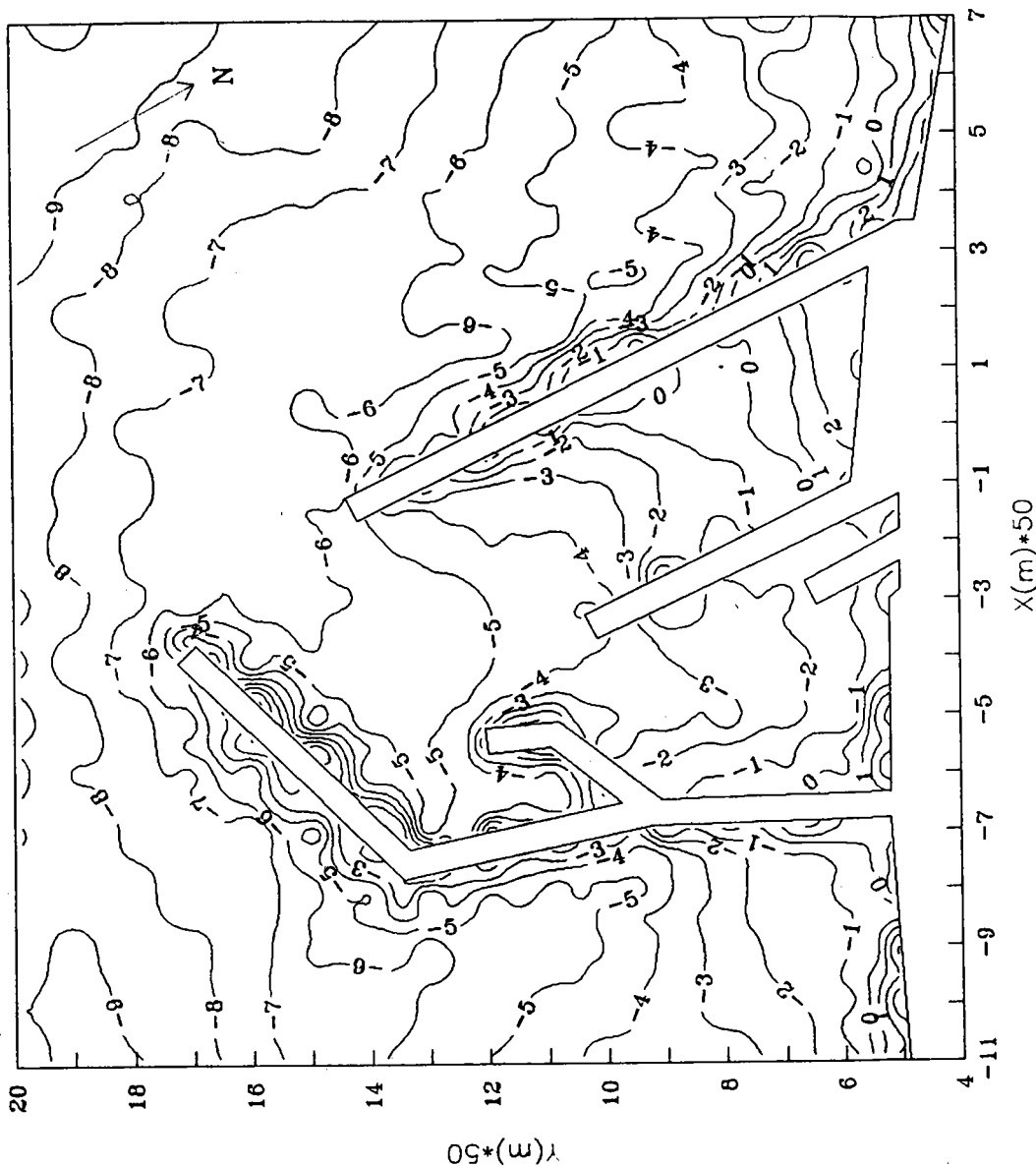


圖 37-c 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗果積造波 6 小時後地形

Layout: C Dir: SW H1/3=5.5 m T1/3=9.4 sec Time: 9 hour

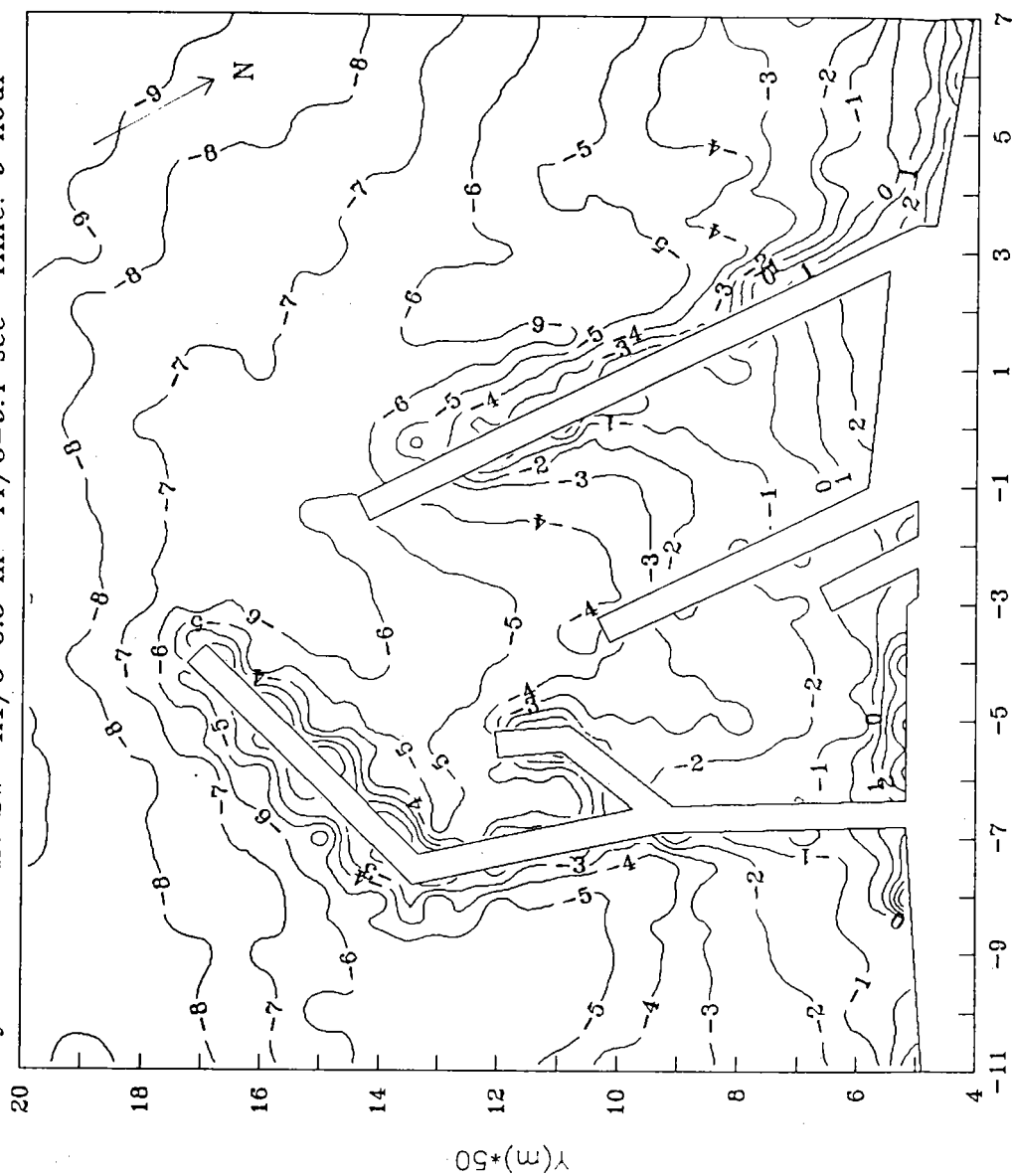


圖 37-d 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗累積造波 9 小時後地形

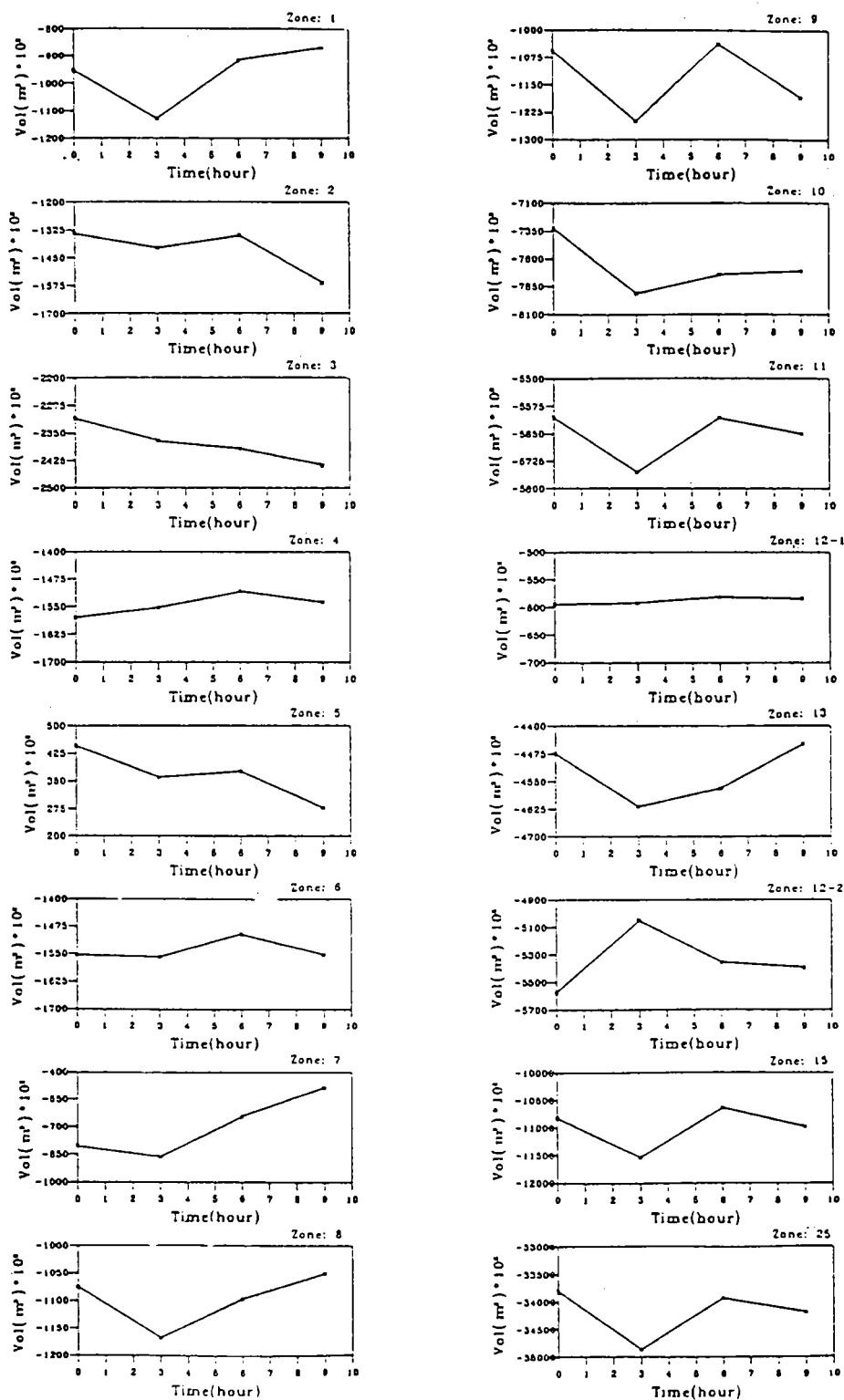


圖 38 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要分區土方量變化

Layout: C Dir: SW $H_{1/3}=5.50\text{m}$ $T_{1/3}=9.4\text{ sec}$

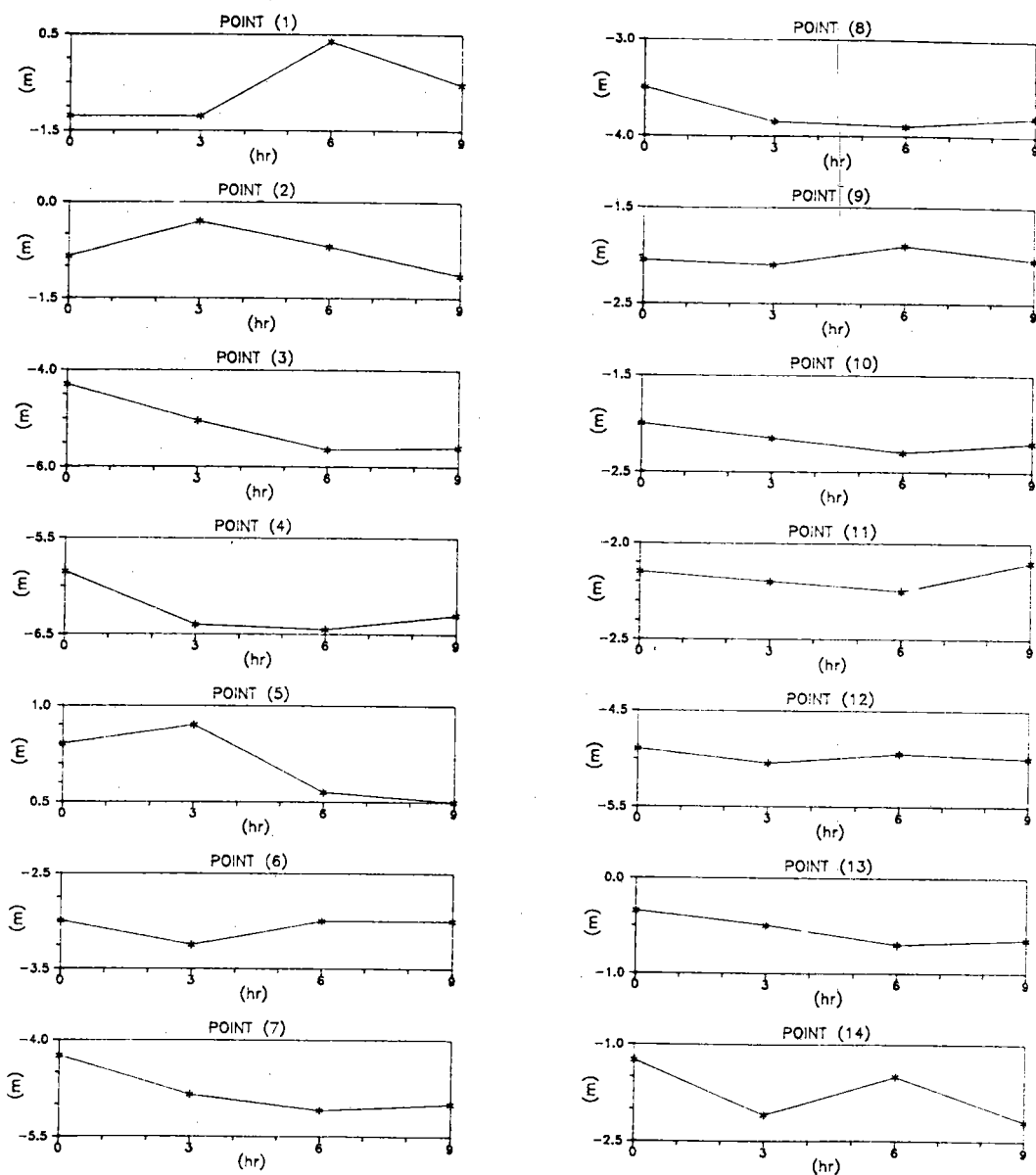


圖 39 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗造波期間各主要點之水深變化

表 19 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要點水深變化

時間				
項目位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
水 深 變 化	1	無變化	淤淺1.5m	呈淤積，較初期水深淤淺1.75m
	2	淤淺0.45m	呈侵蝕，逐漸恢復原水深	較初期水深刷深0.3m
	3	略呈侵蝕	呈侵蝕，刷深1.35m	沒有變化
	4	刷深0.55m	無變化	無顯著變化
	5	無顯著變化	刷深0.25m	無顯著變化
	6	刷深0.25m	逐漸回淤，恢復原來水深	無顯著變化
	7	呈侵蝕	呈侵蝕，較原來地形刷深0.85m	無變化
	8	刷深0.35m	無顯著變化	無顯著變化
	9	無顯著變化	淤淺0.15m	逐漸侵蝕，恢復原來水深
	10	略呈侵蝕	較初期地形刷深0.3m	無顯著變化
	11	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	12	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化計刷深0.2m
	13	略呈侵蝕	略呈侵蝕，計刷深0.35m	無顯著變化
	14	刷深0.85m	逐漸回淤原來水深	再度呈侵蝕，較原地形刷深約1m

表 20 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360分	360 ~ 540分
土 方 量 變 化	1	初期呈侵蝕，減少 $1.76 \times 10^4 \text{m}^3$	逐漸回淤恢復初期地形時土方量	呈淤積，速率減緩較原來地形增加 $8.4 \times 10^3 \text{m}^3$
	2	減少 $6.4 \times 10^3 \text{m}^3$	逐漸回淤恢復初期地形時土方量	呈侵蝕，速率加快較原地形減少 $2.2 \times 10^4 \text{m}^3$
	3	呈侵蝕	呈侵蝕	呈侵蝕，較原地形土方量減少 $1.28 \times 10^4 \text{m}^3$
	4	呈淤積	呈淤積，較原地形增加 $7.1 \times 10^3 \text{m}^3$	開始侵蝕，土方量仍較原地形增加 $4.1 \times 10^3 \text{m}^3$ 少 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$
	5	減少 $8.6 \times 10^4 \text{m}^3$	無顯著變化	呈侵蝕，較原地形減少 $1.69 \times 10^4 \text{m}^3$
	6	無顯著變化	增加 $5.8 \times 10^3 \text{m}^3$	呈侵蝕，逐漸恢復原來地形時土方量
	7	略呈侵蝕	開始淤積	呈淤積，土方量計增加 $3.2 \times 10^4 \text{m}^3$
	8	減少 $9.2 \times 10^3 \text{m}^3$	開始回淤	繼續回淤，逐漸恢復原來地形時土方量
	9	減少 $1.94 \times 10^4 \text{m}^3$	開始回淤，恢復初期地形土方量	又呈侵蝕，較原地形減少 $1.26 \times 10^4 \text{m}^3$
	10	減少 $5.9 \times 10^3 \text{m}^3$	逐漸回淤	逐漸回淤，仍較原地形減少 $3.86 \times 10^4 \text{m}^3$

表 20 (續) 佈置 C 颱風 SW 向波浪試驗結果各主要分區土方量變化

時間 項目 位置		0 ~ 180 分	180 ~ 360 分	360 ~ 540 分
土 方 量 變 化	11	減少 $1.5 \times 10^3 \text{m}^3$	開始回淤，恢復 原來地形時土方 量	略呈侵蝕，土方 量減少 $5 \times 10^3 \text{m}^3$
	12-1	無顯著變化	無顯著變化	無顯著變化
	12-2	增加 $5.3 \times 10^4 \text{m}^3$	開始侵蝕，仍較 原地形土方量多 $2.2 \times 10^4 \text{m}^3$	無顯著變化
	13	減少 $1.44 \times 10^4 \text{m}^3$	開始回淤	逐漸恢復原來地 形時土方量
	全區 (2 區 8 區)	減少 $7.1 \times 10^4 \text{m}^3$	逐漸回淤，恢復 原來地形時土方 量	開始侵蝕，速率 減緩

玖、結 論

綜合以上水工模型漂沙試驗結果資料分析，本所獲致以下數點結論

- 一、根據漁技社在中芸漁港附近水域歷年所測水深圖研判，就長期觀點而言，西防沙堤興建以後，中芸漁港鄰近海域地形土方量變化每年將約以10萬米立方速率呈淤積現象，其漂沙來源及方向當來自西防沙堤以西鄰近之海底地形變化土方量。
- 二、根據預備試驗結果，在無加沙條件與基於保守估計，模型時間縮尺可約略以模型試驗時間1小時相當於現場9年來推算。
- 三、試驗結果顯示，漁技社為維持港內泊地水域穩靜所研擬佈置 B 採離岸堤配置，在季節風 WNW 向波浪作用下，並未造成漁港結構物鄰近水域地形明顯變化，且試驗證明佈置 B 離岸堤等之設置，在颱風 SW 向波浪作用下，同樣除可獲致港內泊地較佳穩靜水域外，並不會引起鄰近地形產生刻烈變化之負面影響反具保護作用，蓋佈置 B 在颱風 SW 向波浪入侵時，全區土方量呈淤積，而佈置 A 結果則全區土方量呈侵蝕之故；對季節風 SSE 向波浪，因波高較小，佈置 B 與佈置 A 試驗結果並無甚大差異；惟對颱風 S 向波浪言，佈置 B 因離岸堤有效阻擋該波向波浪之入侵更有助於結構物之穩定以免被沖刷之慮。
- 四、佈置 C 與佈置 A、佈置 B 試驗結果比較，在颱風 SW 向波浪作用下，佈置 C 試驗結果顯示將造成漁港內泊地水域淤積，土方量共增加 $3.2 \times 10^4 \text{m}^3$ 佔該全區初期地形土方量之40%，惟佈置 A、佈置 B 在該區則增加土方量分別為 $2.4 \times 10^3 \text{m}^3$ 與 $3.75 \times 10^3 \text{m}^3$ ，佔該區初期地形土方量之4 %與6%。惟吾人應注意者，造成佈置 C 與佈置 A、B 間如此大差異者，主要乃因佈置 C 試驗條件係考慮50年迴歸期，採用較大波高條件所致。
- 五、故本所建議中芸漁港擴建規劃，應採用佈置 B。

參 考 資 料

1. 台中港模型試驗之研究(1973), 台中港務局編印
2. 張金機、黃清和(1982), "台中港外廓堤防漂沙模型檢核試驗研究報告" 港研所專刊 No.1
3. 張金機、黃清和(1982), "屏東大鵬灣漂沙模型試驗研究報告" 港研所專刊 No.3
4. 郭一羽(1992), "中芸漁港水工模型遮蔽試驗研究報告", 交大土研所