

伽藍漁港擴建工程水工模型遮蔽試驗研究報告

計劃主持人：黃清和

協同主持人：何良勝

參與人員：蔡金吉

張富東

楊怡芸

蔡瑞成

何炳紹

陳進冰

李江澤

梁博瑜

目 錄

圖 表 名	I
第一章 前 言	1
第二章 試驗目的	2
第三章 試驗設備、試驗條件與步驟	3
3.1 試驗設備	3
3.2 試驗條件	3
3.3 試驗步驟	6
第四章 試驗結果與討論	14
4.1 配置方案1試驗結果	14
4.2 配置方案2與3試驗結果	19
4.3 配置方案4試驗結果	21
4.4 配置方案5與6試驗結果	23
4.5 配置方案7與8試驗結果	28
第五章 結論與建議	61
附 錄	63

圖 表 名

- 照片 3-1 配置方案1試驗模型
- 照片 3-2 配置方案3離岸堤部份
- 照片 3-3 配置方案7試驗模型
- 照片 4-1 配置方案1, 颱風SE方向波浪堤頭越波
- 照片 4-2 配置方案1, 颱風ESE方向波浪堤頭越波
- 照片 4-3 配置方案1, 颱風E方向波浪堤頭越波及港口流向觀測
- 照片 4-4 配置方案1, 颱風SE方向波浪港口流向染劑觀測
- 照片 4-5 配置方案1, 颱風E方向波浪港口流向觀測過程
- 照片 4-6 配置方案1, 季節風ESE方向波浪港口流向觀測過程
- 照片 4-7 配置方案7, 颱風SE方向波浪堤頭越波
- 照片 4-8 配置方案7, 颱風ESE方向波浪堤頭越波
- 照片 4-9 配置方案7, 颱風E方向波浪堤頭越波
- 照片 4-10 配置方案7, 颱風ESE方向波浪港口流向染劑觀測
- 照片 4-11 配置方案7, 颱風SE方向波浪港口流向觀測過程
- 照片 4-12 配置方案7, 季節風ESE方向波浪港口流向觀測過程
- 表 3-1 試驗波浪條件表
- 表 3-2 試驗配置方案說明表
- 表 4-1 配置方案1, 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈
- 表 4-2 配置方案1, 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈
- 表 4-3 配置方案1, 季節風ESE方向波浪港內水域波高分佈
- 表 4-4 配置方案1, 颱風E方向波浪港內水域波高分佈
- 表 4-5 配置方案1, 季節風E方向波浪港內水域波高分佈

表	4-6	配置方案2, 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-7	配置方案3, 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-8	配置方案4, 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-9	配置方案4, 季節風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-10	配置方案5, 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-11	配置方案5, 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-12	配置方案5, 颱風E方向波浪港內水域波高分佈
表	4-13	配置方案5, 季節風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-14	配置方案5, 季節風E方向波浪港內水域波高分佈
表	4-15	配置方案6, 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-16	配置方案6, 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-17	配置方案6, 颱風E方向波浪港內水域波高分佈
表	4-18	配置方案7, 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-19	配置方案7, 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-20	配置方案7, 颱風E方向波浪港內水域波高分佈
表	4-21	配置方案7, 季節風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-22	配置方案7, 季節風E方向波浪港內水域波高分佈
表	4-23	配置方案8, 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-24	配置方案8, 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈
表	4-25	配置方案8, 颱風E方向波浪港內水域波高分佈
圖	3-1	伽藍漁港附近地形與試驗配置方案1平面示意圖
圖	3-2	試驗配置方案2平面示意圖
圖	3-3	試驗配置方案3平面示意圖
圖	3-4	試驗配置方案4平面示意圖

- 圖 3-5 試驗配置方案5平面示意圖
- 圖 3-6 試驗配置方案6平面示意圖
- 圖 3-7 試驗配置方案7平面示意圖
- 圖 3-8 試驗配置方案8平面示意圖
- 圖 3-9 港口航道附近試驗模型圖
- 圖 3-10 水位變化紀錄圖
- 圖 4-1 配置方案1, 各種波向颱風波浪產生碎波與越波位置示意圖
- 圖 4-2 配置方案1, 颱風SE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-3 配置方案1, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-4 配置方案1, 颱風E方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-5 配置方案1, 季節風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-6 配置方案1, 季節風E方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-7 配置方案1, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-8 配置方案1, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-9 配置方案1, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-10 配置方案1, 季節風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-11 配置方案1, 季節風E方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-12 配置方案2, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-13 配置方案2, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-14 配置方案3, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-15 配置方案4, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-16 配置方案4, 季節風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-17 配置方案4, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線
- 圖 4-18 配置方案4, 季節風ESE方向波浪波高分佈曲線

- 圖 4-19 配置方案5, 颱風SE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-20 配置方案5, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-21 配置方案5, 颱風E方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-22 配置方案5, 季節風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-23 配置方案5, 季節風E方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-24 配置方案5, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-25 配置方案5, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-26 配置方案5, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-27 配置方案5, 季節風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-28 配置方案5, 季節風E方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-29 配置方案6, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-30 配置方案6, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-31 配置方案6, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-32 配置方案7, 颱風SE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-33 配置方案7, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-34 配置方案7, 颱風E方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-35 配置方案7, 季節風ESE方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-36 配置方案7, 季節風E方向波浪港口流向示意圖
- 圖 4-37 配置方案7, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-38 配置方案7, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-39 配置方案7, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-40 配置方案7, 季節風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-41 配置方案7, 季節風E方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-42 配置方案8, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-43 配置方案8, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖
- 圖 4-44 配置方案8, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖

第一章 前 言

第一章 前 言

第一章 前言

伽藍漁港位居台東縣海岸線中點，乃該縣除成功(新港)外較具規模漁港，亦為當地與綠島、蘭嶼等離島海上交通中心，兼具漁港及交通港功能。近年來，由於漁業交通等之快速發展，現有碼頭泊地漸感不足，颱風期間漁船常因擁擠碰撞而損害；且航道寬度亦顯狹窄，大型漁船出入困難，影響漁業發展至鉅，加以為因應未來離島通航交通船等問題，現有漁港港區亟需謀求擴建改善。

台東縣政府有鑒於此，乃委託本所依據財團法人台灣漁業技術顧問社(簡稱漁業社)研擬之「伽藍漁港擴建規劃」方案中擴建第四方案辦理水工模型試驗，以瞭解擴建後港區內水域穩靜情況、港口附近流向以及外廓堤防越波現象等。

本所自民國七十九年八月起辦理該項試驗研究，試驗期間承蒙台東縣縣長鄭烈先生、縣府農業局陳局長玉麟先生、水產課羅課長士淳先生、承辦人蘇火旺先生以及漁技社等多位先生前來指正並提供寶貴意見，本試驗研究得以順利完成，在此一併致謝。謹將整個試驗經過、結果分述如后。

第二章 試驗目的

第二章 試驗目的

伽藍漁港位於台東東側濱臨太平洋，受颱風侵襲機率頗大，漁港擴建方案實有賴水工模型試驗進一步檢核，以作為規劃設計之參考。本試驗研究目的乃檢討漁技社所研擬漁港擴建計劃第四方案，港區內穩靜狀況、港口流向及外廓堤防越波現象等；港內容許波高要求，颱風波浪時為 50^{cm}，季節風波浪時為 30^{cm}；越波方面，季節風時不容許越波發生，颱風時可稍許少量越波。若原佈置未能到上述標準時，則進行改善試驗，以尋求一較佳佈置方案，俾作為伽藍漁港擴建工程之依據及參考。

第三章

試驗設備 試驗條件與步驟

第三章 試驗設備、試驗條件與步驟

3.1 試驗設備

本試驗在港灣技術研究所第二試驗場棚辦理，其主要試驗設備如下：

1. 試驗水池：長 62^m、寬 51^m、深 1^m。
2. 造波機：本試驗採用丹麥 DHI 製之油壓推移式造波機，主要動力為二部 20HP 馬達，經由四台 5.5^m 長之造波機，可製造規則或不規則波浪。
3. 容量型波高計：包括感應器及增幅器，可準確地量測水面起伏變化。
4. 浮球及染劑：利用灌水乒乓球及過猛酸鉀染劑，觀測港口流向。
5. 資料處理系統：各測點之水面起伏變化經由容量型波高計感應後傳入 PC，再由 PC 內之 A/D(Analog-Digital Converter)轉換成數位訊號，儲存於 PC 之記憶體內做資料分析處理。

3.2 試驗條件

1. 模型縮尺

波浪運動主要受重力因素影響，在不考慮黏滯性情況下，模型與原型間物理量之比例關係，可由福祿德相似律 (Froude's Similarity Law) 決定。依據合約規定及本所造波機性能，本次試驗有關長度及時間的縮尺分別採用：

(1) 長度縮尺 : $L_r = L_m / L_p = 1/81$

(2) 時間縮尺 : $T_r = T_m / T_p = (L_m / L_p)^{1/2} = 1/9$

其中下標所註, m 表模型、p 表原型。

2. 試驗條件

(1) 波浪條件

依合約規定試驗波浪條件, 如表 3-1 所示:

表 3-1 試驗波浪條件表

波 浪 種 類	波 向	波 高		週 期	
		原型 (m)	模型 (cm)	原型 (sec)	模型 (sec)
颶 風	SE	10.0	12.35	13.0	1.44
	ESE	11.4	14.07	13.8	1.53
波 浪	E	12.2	15.06	14.3	1.59
季節風	ESE	2.5	3.09	8.5	0.94
波 浪	E	2.5	3.09	8.5	0.94

(2) 水位條件

依據伽藍漁港附近潮位統計表及 50 年發生一次潮位推算結果

最高潮位 (H.H.T) +2.55^m

平均高潮位 (M.H.T) +1.36^m

試驗時, 颶風波浪採用最高潮位, 季節風波浪時則採用平均高潮位。

3. 試驗項目與配置

(1) 試驗項目

依據合約規定，本研究試驗項目計有：

- (a) 港口、港內波高量測
- (b) 港口流向觀測
- (c) 外廓堤防越波現象觀測
- (d) 港內容許波高要求颱風波浪時為 50^{cm}，季節風波浪時則為 30^{cm}；越波方面，季節風時不容許越波發生，颱風時可稍許少量越波。

(2) 試驗配置

本試驗首先就漁技社所研擬漁港擴建規劃第四方案進行上述試驗項目，惟試驗結果顯示因港內穩靜情況未能符合要求乃研擬其他七種配置方案，分別如圖 3-1～圖 3-8 所示，配置說明如表 3-2。

表 3-2 試驗配置方案說明表

配置方案 (Layout)	說明
1	漁技社研擬第四方案
2	Layout1⊕ 堤頭沈箱部份堤頂加高至 +12.0 ^m
3	Layout2⊕ 離岸堤
4	Layout1⊕ 外廓堤防沿堤頭主線延伸 30 ^m
5	縮小港口寬度(即恢復舊港口寬度)，餘照 Layout1
6	Layout5⊕ 離岸堤
7	Layout1⊕ 外廓堤防沿堤頭主線延伸 15 ^m ，再依 S 42° 30'W 轉向延伸 100 ^m
8	Layout7⊕ 堤頂加高至 +12.0 ^m

3.3 試驗步驟

試驗能否獲致精確良好結果，有賴試驗過程的一致性、模型尺度製作之控制及量測儀器準確的率定等試驗檢校工作，有關試驗過程詳述如下：

1. 波高計與資料處理系統之率定

利用率定儀以等距離上下移動率定方式，檢核波高計之線性度，其次利用波高計與造波機檢核資料處理系統之準確性。

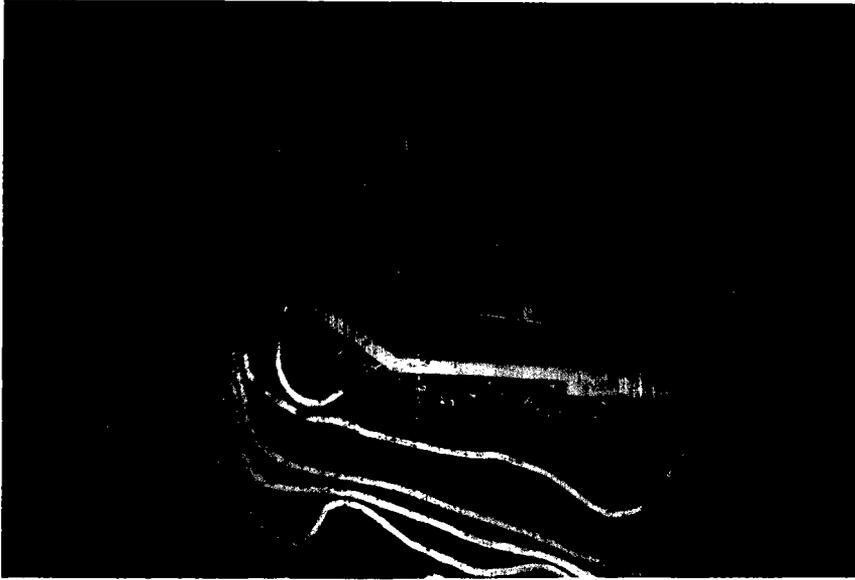
2. 模型製作

根據伽藍漁港附近水深測量圖(如圖3-1所示)於試驗水池內製作縮尺為1:81之試驗模型。由於東海岸地形變化較複雜，除以水準儀量測高程外，並利用薄板依等深線鋪設海底地形，再放等深水線校正，以期獲致較精確的試驗模型。此外，於造波機前置波高計2支量測入射波浪，並於港口附近及港區內泊地具代表性之位置設置14支波高計，以量測水位變化情況，波高計位置除第3、4與6支隨不同之試驗佈置改變外，其餘位置皆相同。有關試驗模型配置與波高計位置如照片3-1~照片3-3及圖3-1~圖3-8所示。另外，於模型港口附近每隔50°劃上等距離方格方便觀測港口附近之流向，如照片3-1及圖3-9所示。

3. 試驗過程

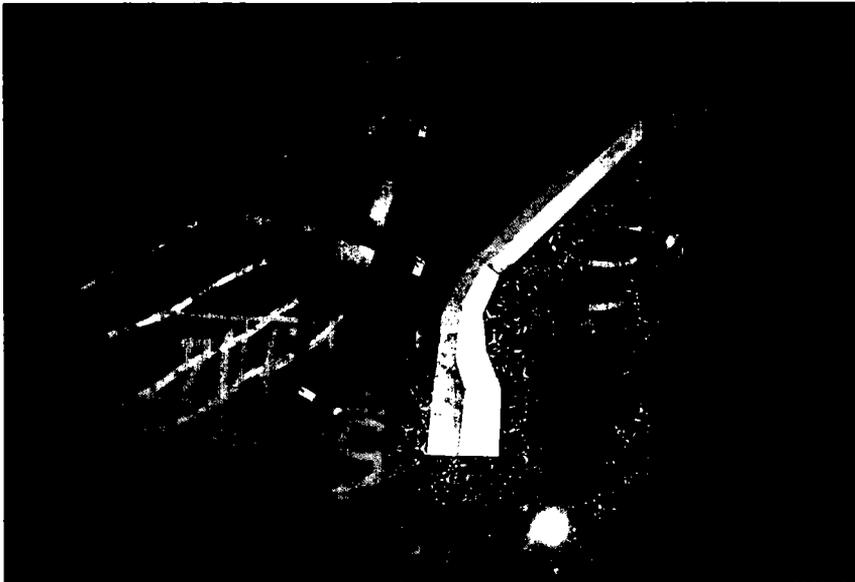
- (1) 依據已率定各種波向之外海入射波浪條件造波試驗。
- (2) 考慮入射波反射影響因素，造波時間約為3分鐘，當成熟波浪到達港區量測位置時，PC即開始以40Hz速度紀錄水位變化資料，紀錄時間為2分鐘。有關紀錄資料如圖3-10所示，圖中縱軸為水位變化，單位為公分，橫軸為時間變化，單位為秒，圖左上角為各種配置方案、各種波向名稱，右上角為波高

- (3) 由圖3-10之水位變化紀錄顯示，港區內部份位置之水位變化因波浪受岸壁反射影響，產生較長週波浪現象，故在試驗過程(2)之PC紀錄完畢後，即取外海之成熟入射波列中連續 50 秒資料之 $H_{1/3}$ 與 $T_{1/3}$ 作為入射波高與週期。
- (4) 推算港區內各測點波浪到達時間，於該點之水位變化紀錄上依各延時取連續50秒之紀錄時間計算其 $H_{1/10}$ 、 $H_{1/3}$ 與 H_{ave} (平均值)，並與入射波浪之 $H_{1/3}$ 比較求得各波高係數比， $kd_{1/10}$ 、 $kd_{1/3}$ 與 kd_{ave} ，最後將所有紀錄資料儲存入檔。
- (5) 重複相同之入射波浪觀測(照像)該配置方案外廓堤防之越波情況。另外，以乒乓球與過猛酸鉀染劑觀測港口附近之流況。
- (6) 研判港區內波浪分佈是否符合允許要求，否則修改有關佈置重複上述(1)~(5)之試驗過程。



照片 3-1

配置方案1試驗模型



照片 3-2

配置方案3離岸堤部份



照片 3-3

配置方案7試驗模型

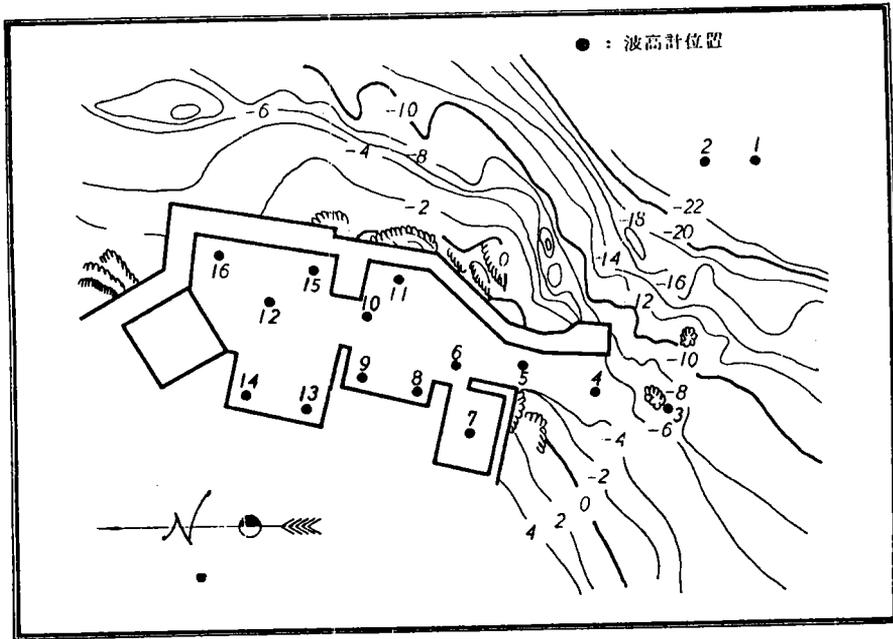


圖 3-1 伽藍漁港附近地形與試驗配置方案1平面示意圖

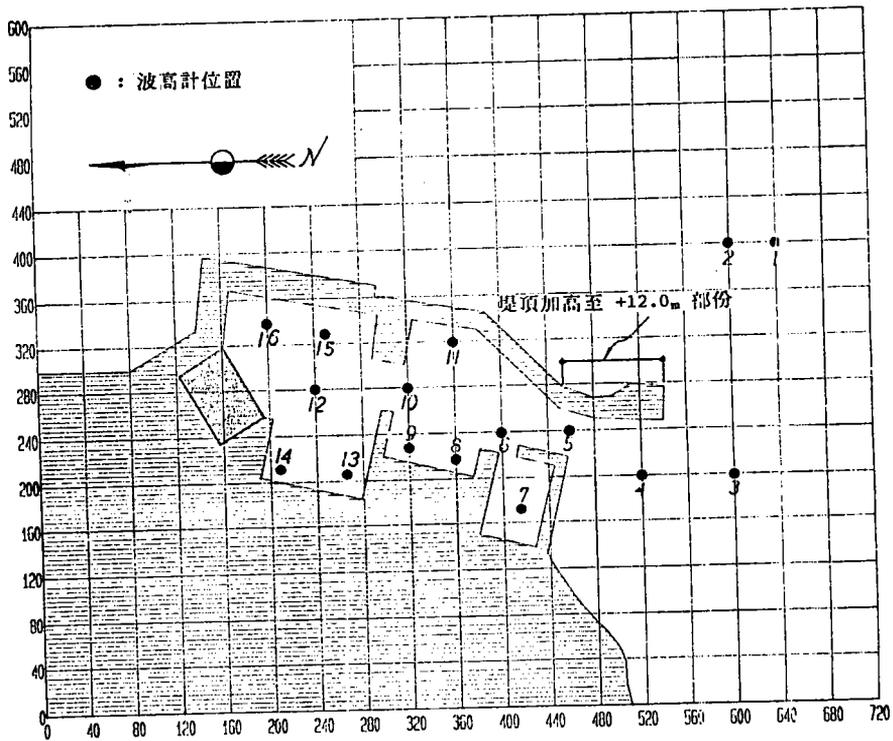


圖 3-2 試驗配置方案2平面示意圖

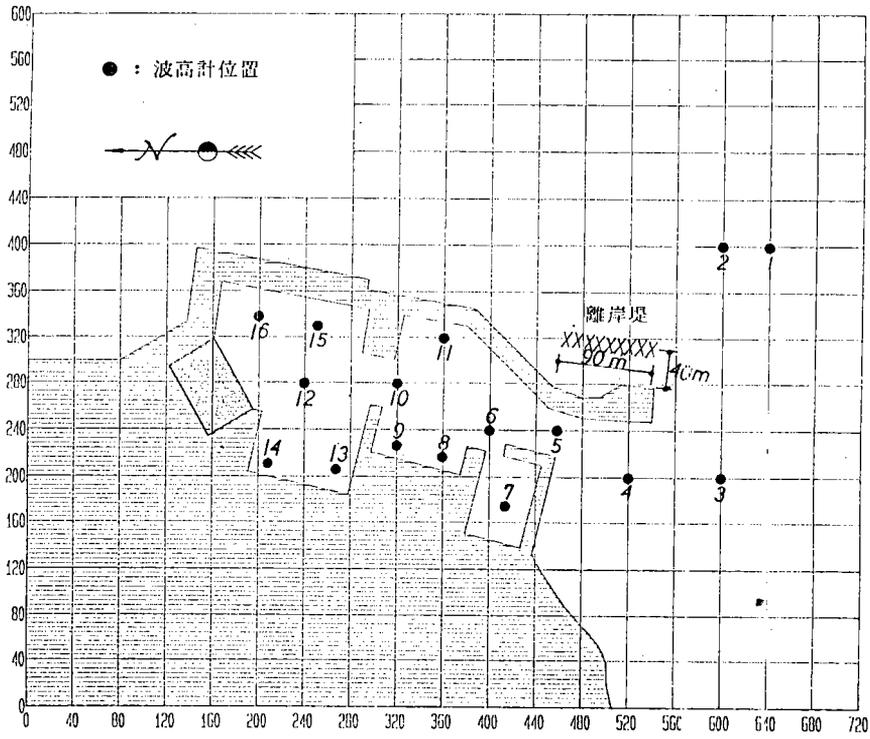


圖 3-3 試驗配置方案3平面示意圖

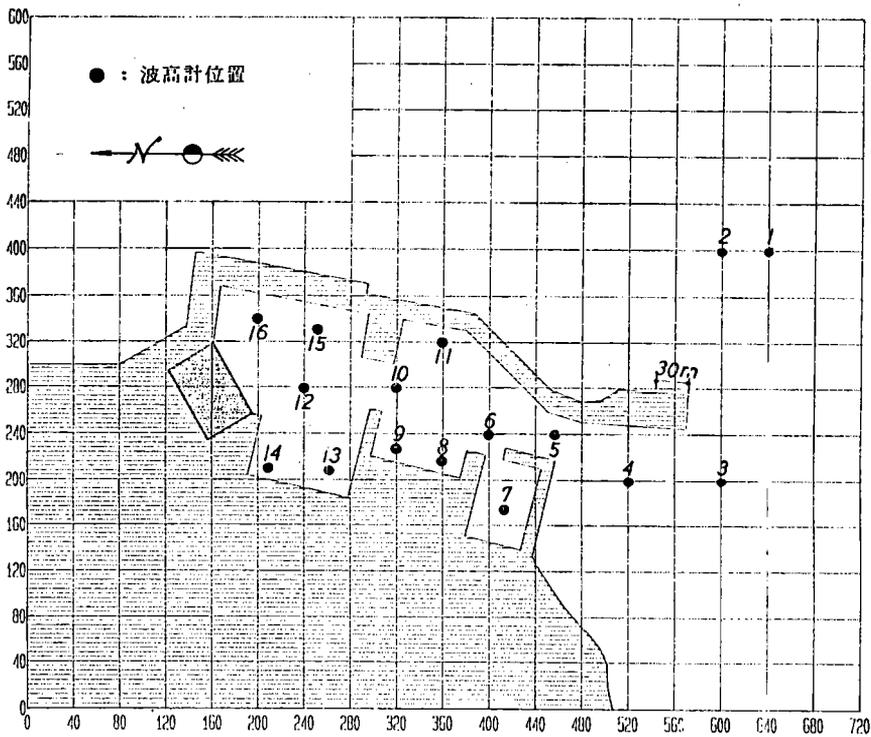


圖 3-4 試驗配置方案4平面示意圖

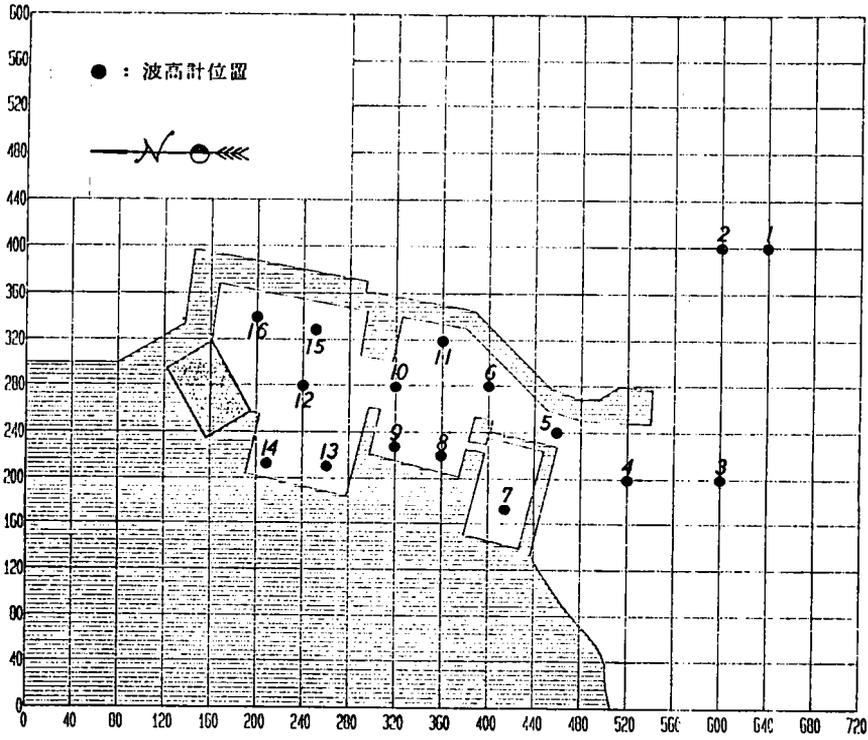


圖 3-5 試驗配置方案5平面示意圖

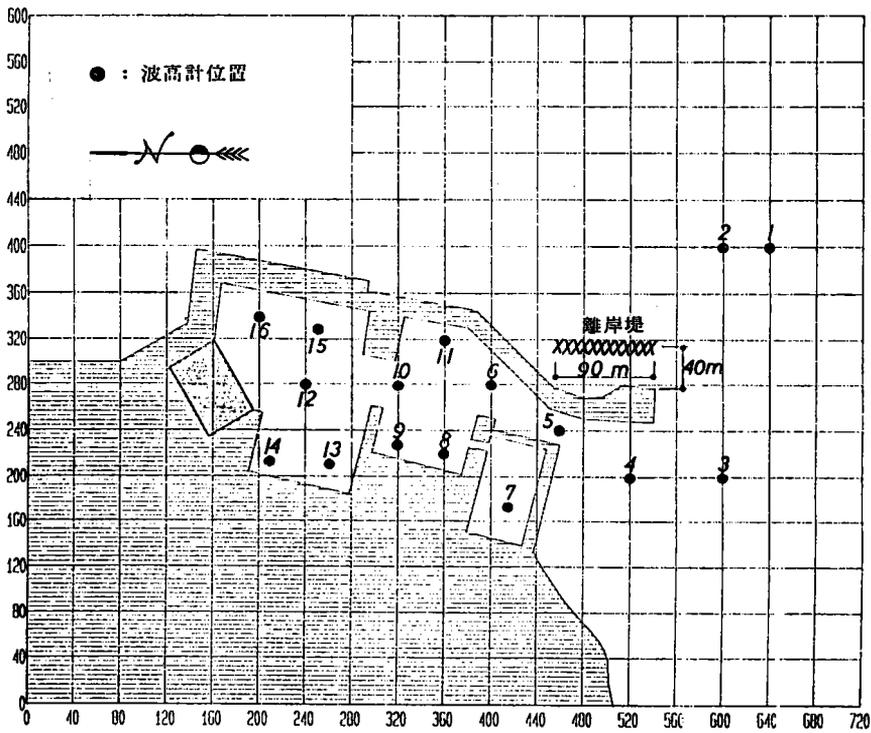


圖 3-6 試驗配置方案6平面示意圖

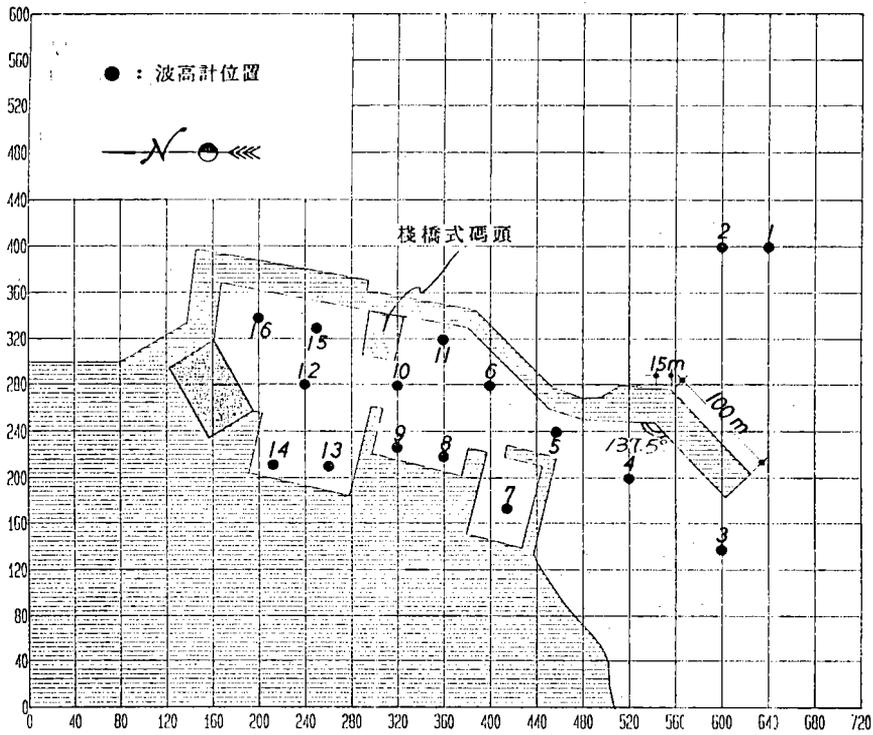


圖 3-7 試驗配置方案7平面示意圖

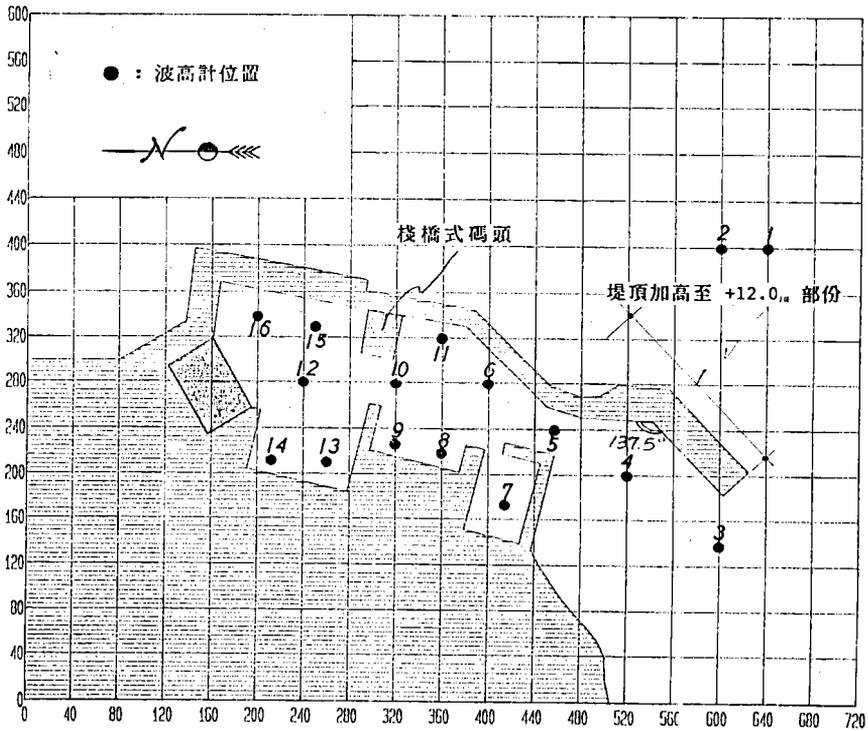


圖 3-8 試驗配置方案8平面示意圖

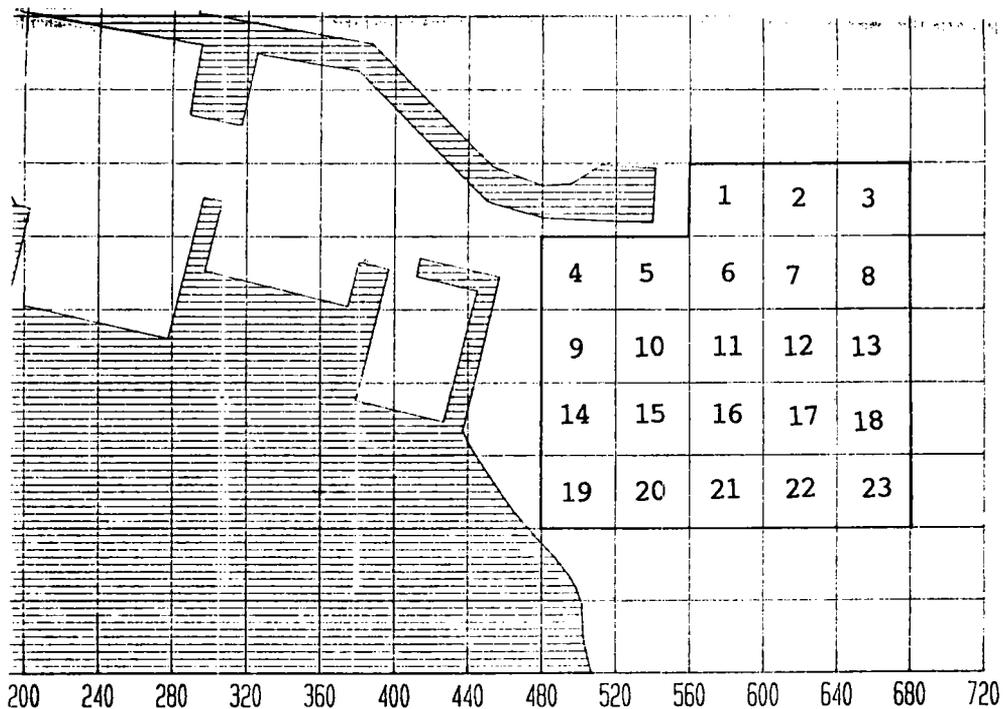


圖 3-9 港口航道附近試驗模型圖

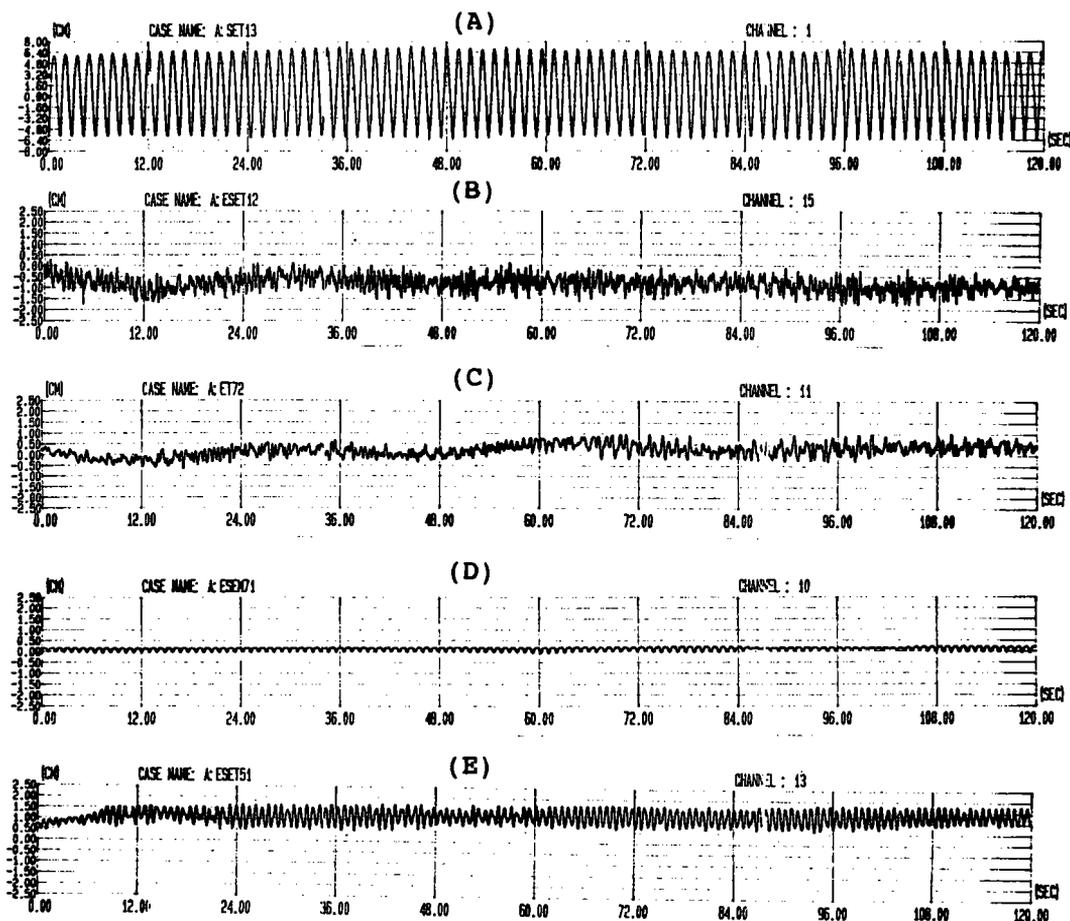


圖 3-10 水位變化紀錄圖

第四章 試驗結果與討論

第四章 試驗結果與討論

本次試驗研究，依據第三章試驗條件、試驗項目及各種配置方案總共進行25Run次試驗，謹將整個試驗結果詳述如后：

4.1 配置方案1試驗結果

1. 越波觀測

佈置方案 1,外廓堤防堤頭附近堤頂高度+9.0^m較其他斷面堤頂高度+12.0^m為低，加以，堤頭附近水深較大且地形變化較為陡峻，故試驗結果顯示，各種波向颱風波浪在堤頭附近均產生碎波，碎波捲浪越過堤頂產生不同程度越波現象；其他斷面，則因堤前水深較淺，堤線離碎波線較遠，而無越波現象產生，有關各種波向颱風波浪產生之碎波線及越波位置如圖4-1所示。

試驗結果顯示，颱風SE方向波浪所產生越波量較小；而颱風ESE與E兩方向波浪，因入射波高較大，產生的越波量亦較為嚴重，有關其越波情形如照片4-1~照片4-3所示。另外，季節風波浪因入射波高較小，故ESE與E等兩波向季節風波浪未產生越波現象。

2. 港口流向觀測

有關港口觀測流向，本試驗在港口附近劃分23個區域，並選擇A~G等七定點作為觀測點，試驗結果顯示入射波向、碎波線位置與港口附近地形等均為影響流向變化的重要因素，茲謹詳述如下：

(1)SE 波向港口附近流向觀測

佈置方案 1，由於港口與航道西側附近變化較為均勻，颱風SE方向波浪於堤頭附近碎波，且碎波線近乎垂直波向，波浪碎波後壅積之水量依SE方向快速流向港口西側海岸線，惟該處

水深較淺，湧至之水流受堤頭繞射波浪影響產生一順鐘向迴流。試驗觀測結果如圖4-2所示，圖中觀測點A、B即為產生迴流之處。

(2)ESE 波向港口附近流向觀測

當颱風 ESE方向波浪入射時，因波高較大，碎波線移向較外海側且與波向近似垂直，航道附近流向亦以 ESE方向快速流向海岸線，但於靠近海岸線附近，因波浪折射關係，流向略轉向SE方向。由於堤頭越波水量先行壅入港區內再流出港外，加以碎波後湧至之水量受繞射波浪影響，該處流向會略為往南移動形成一迴流，此觀測結果如圖4-3中所示。

季節風波浪方面，由於波浪本身質量傳輸 (mass transport)關係，航道附近流向僅依ESE波向緩慢移動，於港口附近，因西側水深較淺與波浪繞射關係，亦形成一較小順鐘向迴流。有關試驗結果如圖4-5中所示。

(3)E 波向港口附近流向觀測

試驗結果顯示，颱風E方向波浪亦於堤頭附近形成垂直波向之碎波線，同理，於航道附近流向依E方向快速移動，而後再依SE方向流向海岸線。由於波浪繞射角度較大關係，於港口附近及其較外側部份測點因而產生較大角度的迴流，其試驗結果如圖4-4中所示。

對季節風E方向波浪而言，較外海側道附近流向仍依E方向緩慢移動，但於港口附近則因地形與波浪繞射關係而有一迴流存在，試驗結果顯示港口較外側航道流向因受較大角度繞射波浪影響，產生較明顯偏向SE方向岸線的趨勢，有關試驗結果如圖4-6中所示。

照片4-3~照片4-6分別為各波向波浪港口附近流向觀測情況，由照片4-3及照片4-4過猛酸鉀染劑觀測結果可知，港口外側區域因不受堤頭繞射影響其流向幾與波峰線垂直方向前進；由照片4-5及照片4-6中可觀測港口附近產生迴流之結果。

3. 港區內穩靜度

佈置方案 1, 共進行 5Run 次試驗, 本試驗波高計位置如圖 3-1 所示。試驗結果則如附錄圖 A-1~A-15 無因次波高係數比值 k_d 所示, 各種試驗條件如圖中左上角所標示, 其中波高、週期為試驗值, Function 表示該圖所紀錄者為 $H_{1/10}$ 、 $H_{1/3}$ 或 H_{ave} 之情況, 而各測點 k_d 值定義為: 該點波高/入射波高 $H_{1/3}$ 。由於港區內波浪受岸壁反射影響, 水位變化已呈紛紜不規則情況, 因此每一測點取 $k_{d1/10}$ 、 $k_{d1/3}$ 及 $k_{d ave}$ 比值供工程規劃參考用。另外, 將港區內各測點之波高值點繪如圖 4-1~圖 4-5 之波高分佈曲線圖, 圖中縱軸為波高值, 單位為公尺, 橫軸表各測點位置, 圖內兩條虛線分別為 50^{cm} 與 30^{cm} 之颱風與季節風波浪之容許波高要求。同時, 為進一步瞭解港區內波高變化情況起見, 並將港區水域分為港口航道區(波高計位置 CH3、4、5、6)、港內 I 區(CH7~CH11)及港內 II 區(CH12~CH16)等三區。有關各波向之試驗結果分述如下:

(1) SE 方向港內水域波高分佈

SE 方向僅就颱風波浪進行 1Run 次試驗, 試驗結果如附錄圖 A1~圖 A-3, 各區波高分佈如表 4-1 所示。

表 4-1 配置方案 1 颱風 SE 方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d 1/10}$	0.97-0.17	0.14-0.11	0.10-0.04
$H_{1/10}(m)$	9.80-1.70	1.41-1.11	1.01-0.40
$k_{d 1/3}$	0.92-0.15	0.12-0.08	0.08-0.04
$H_{1/3}(m)$	9.30-1.50	1.21-0.81	0.81-0.40
$k_{d ave}$	0.71-0.10	0.08-0.05	0.06-0.03
$H_{ave}(m)$	7.20-1.00	0.81-0.50	0.60-0.30

由表4-1試驗結果配合圖4-7波高分佈曲線可知，港內 I、II 區波高遠超過颱風容許波高要求50^{cm}範圍。此乃配置方案1，因外廓堤防無法有效遮蔽入射波浪，且當入射波浪於堤頭處碎波後隨即快速壅入港口附近，故產生較大波高分佈，尤其於波高計CH11位置，因受突出碼頭岸壁反射影響，波高更有偏大現象。

(2)ESE 方向港內水域波高分佈

ESE方向共進行颱風及季節風等2Run次試驗，有關颱風波浪港內水域波高分佈情況如表4-2所示。

表4-2 配置方案1 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.97-0.23	0.16-0.11	0.09-0.05
$H_{1/10}(m)$	11.1-2.60	1.84-1.26	1.03-0.57
$k_d 1/3$	0.93-0.20	0.15-0.10	0.08-0.05
$H_{1/3}(m)$	10.7-2.30	1.72-1.15	0.92-0.57
$k_d ave$	0.71-0.13	0.11-0.07	0.06-0.04
$H_{ave}(m)$	8.20-1.50	1.26-0.80	0.69-0.46

依表4-2及圖4-8試驗結果顯示，港區內波高皆遠大於颱風容許波高要求，且波高分佈亦大於SE方向試驗值，就其原因，除外廓堤防未能有效地阻擋碎波後波浪的壅入為其主因外，ESE方向入射波高較大，堤頭附近處因嚴重越波而擾動水面，亦為其原因，尤其在CH11位置的波高更達1.8^m左右。

另外，有關季節風波浪港內水域波高分佈情況則如下表4-3所示。

表4-3 配置方案1 節季風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	1.22 - 0.25	0.23 - 0.12	0.17 - 0.09
$H_{1/10}(m)$	3.10 - 0.60	0.58 - 0.30	0.43 - 0.23
$k_d 1/3$	1.20 - 0.20	0.21 - 0.12	0.17 - 0.09
$H_{1/3}(m)$	3.00 - 0.50	0.53 - 0.30	0.43 - 0.23
$k_d ave$	1.05 - 0.17	0.18 - 0.09	0.13 - 0.07
$H_{ave}(m)$	2.60 - 0.40	0.46 - 0.23	0.32 - 0.18

由表4-3及圖4-10試驗結果顯示,港 I 區波高分佈介於 $0.2^m \sim 0.6^m$ 間,已明顯超越季節風容許波高 30^cm 範圍,惟舊港區(CB 7 位置)部份波高則可求符合要求;而港內 II 區波高分佈則介於 $0.2^m \sim 0.4^m$ 間,略大於容許波高之要求。

故就ESE波向而言,配置方案 I 因外廓堤防無法有效地發揮遮蔽作用而未能符合要求。

(3)E 方向港內水域波高分佈

E方向共進行颱風及季節風等2Run次試驗,有關颱風波浪港內水域波高分佈情況如表4-4所示。

表4-4 配置方案1 颱風E方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.99-0.09	0.06-0.04	0.04-0.03
$H_{1/10}(m)$	12.2-1.10	0.74-0.49	0.49-0.37
$k_d 1/3$	0.97-0.07	0.06-0.03	0.03
$H_{1/3}(m)$	11.9-0.90	0.74-0.37	0.37
$k_d ave$	0.81-0.05	0.04-0.03	0.03-0.02
$H_{ave}(m)$	9.90-0.60	0.49-0.37	0.37-0.25

根據表4-4及圖4-9試驗結果得知，港內 I 區波高分佈介於 $0.4^m \sim 0.7^m$ 間，稍大於容許波高，但舊港區處則略低於此要求；而港內 II 區波高分佈則介於 $0.25^m \sim 0.5^m$ 間已符合容許波高要求。究其原因，乃此方向入射波浪其碎波位置離堤頭較遠，加以外廓堤防堤線配置較 SE 與 ESE 方向等更能有效遮蔽入侵波浪之故。

有關季節風波浪港內水域波高分佈情況如表4-5所示。

表4-5 配置方案1 季節風E方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d\ 1/10}$	1.05-0.07	0.10-0.01	0.01
$H_{1/10}(m)$	2.60-0.20	0.25-0.03	0.03
$k_{d\ 1/3}$	1.01-0.06	0.09-0.01	0.01
$H_{1/3}(m)$	2.50-0.20	0.23-0.03	0.03
$k_{d\ ave}$	0.95-0.05	0.08-0.01	0.01
$H_{ave}(m)$	2.40-0.10	0.20-0.03	0.03

由表4-5及圖4-11試驗結果顯示，港 I、II 區波高均符合容許波 30^{cm} 要求，顯見外廓堤防能有效地阻擋季節風波浪的入侵。

綜合以上港區水域波高分佈試驗分析結果，配置方案1規劃佈置僅E方向波浪勉強可符合要求。

4.2 配置方案2與3試驗結果

配置方案2與3，仍針對配置方案1試驗結果，檢討可能影響港內水域波高分佈因素，修正所得佈置方案，並先以產生波高值較大之 ESE 波向颱風波浪進行試驗。

首先考慮因越波而衝擊港口附近水面致影響港區內水位變化的可能因素。故配置方案2同配置方案1，惟在堤頭附近增高堤頂高度；而配置方案3，同配置方案2，惟在堤頭附近前方設置一道離岸堤

以提前消殺波能，俾防止越波的發生。由於堤頂增加與加置離岸堤對季節風波浪遮蔽效果更佳，故配置方案2與3僅以影響較大之颱風ESE方向波浪各進行1Run次試驗，有關試驗結果分述如下：

1. 配置方案2試驗結果

(1) 越波與港口流向觀測

配置方案2，堤頭處堤頂高度因由原先+9.0^m增加至+12.0^m，故除堤頭最前端因碎波捲浪有少量越波現象發生外，其餘斷面已無越波發生。

有關港口附近流向觀測結果與配置方案1結果相近似，惟因不受少量越波時水面擾動影響，港口處之迴流較為穩定(如A點處)，有關港口流向示意圖如圖4-12所示。

(2) 港口內穩靜度

配置方案2試驗結果如附錄圖B-1～圖B-3所示，港內水域波高分佈情況則如表4-6。

表4-6 配置方案2 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.96-0.17	0.12-0.07	0.06-0.04
$H_{1/10}(m)$	10.9-1.90	1.36-0.80	0.68-0.45
$k_d 1/3$	0.92-0.14	0.12-0.07	0.06-0.03
$H_{1/3}(m)$	10.5-1.60	1.36-0.80	0.68-0.34
$k_d ave$	0.70-0.11	0.09-0.05	0.04-0.02
$H_{ave}(m)$	7.90-1.30	1.02-0.57	0.45-0.23

由表4-6波高值及圖4-13試驗結果顯示，港口附近雖仍有少量越波擾動水面之影響，然港內水域波高分佈已明顯降低。

港內 I 區波高雖仍超出容許波高要求 50% 甚多，惟港內 II 區波高則介於 0.2m~0.7m 間，已接近容許波高要求。

2. 配置方案 3 試驗結果

配置方案 3 除與配置方案 2 相同，除堤頭堤面加高外，並於距堤頭前 40m 處設置一道長 90m 消波塊式離岸堤，藉以提前消殺波能。試驗結果發現，堤頭處已完全無越波現象發生，而港口附近流向幾與前述配置方案 2 觀測結果相同，如圖 4-12 所示。港區內穩靜度試驗結果如附錄圖 B-4~B-6、表 4-7 與圖 4-14 所示，試驗結果顯示港內波高分佈與配置方案 2 無甚區別。

表 4-7 配置方案 3 颶風 ESE 方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d\ 1/10}$	0.98-0.16	0.13-0.07	0.06-0.04
$H_{1/10}(m)$	11.1-1.80	1.47-0.79	0.68-0.45
$k_{d\ 1/3}$	0.93-0.13	0.12-0.07	0.05-0.03
$H_{1/3}(m)$	10.5-1.50	1.36-0.79	0.57-0.34
$k_{d\ ave}$	0.69-0.11	0.09-0.05	0.04-0.02
$H_{ave}(m)$	7.80-1.20	1.02-0.57	0.45-0.23

綜合上述分析結果，配置方案 2 與 3 雖能阻擋大部份越波甚或完全阻止越波發生，且港內 II 區波高分佈亦已明顯地降低，然港內 I 區波高仍超出容許波高甚多。

4.3 配置方案 4 試驗結果

上述各種佈置規劃方案主要以配置方案 1 為主體，另考慮為因應防止越波而擾動港口附近水面因素為輔所進行試驗研究，結果顯示，因外廓堤防仍無法有效阻擋波浪入侵，故有必要延長外廓堤防工程，俾改善港內波高分佈情況。

配置方案4，乃就配置方案1沿堤頭主線延長30^m進行檢校試驗，有關配置方案說明及示意圖可參考表2-2及圖3-4所示，入射波浪仍選擇最壞颱風ESE方向與季節風波浪各進行1Run次試驗，有關試驗結果詳述如下：

1. 越波與港口附近流向觀測

配置方案4，因堤頭堤頂高度仍維持+9.0^m，在颱風ESE方向波浪作用情況，試驗結果顯示，原堤頭斷面及新延長斷面處皆發生嚴重越波現象，季節風波浪則因入射波高較小並未產生越波。

有關港口附近流向觀測結果如圖4-15及圖4-16所示。試驗結果顯示，不論颱風或季節風波浪，港口附近流向習性與配置方案1試驗結果相似，惟因堤線延長之故，靠近港口處(如A、B點)流向稍偏轉SE方向再形成一迴流，然改變幅度並不太大。

2. 港區內之穩靜度

佈置方案4港內水域穩靜度試驗結果如附錄圖C-1~圖C-6所示，各區水域波高分佈如表4-8及表4-9。

表4-8 配置方案4 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.91-0.21	0.16-0.09	0.08-0.06
$H_{1/10}(m)$	10.5-2.40	1.84-1.04	0.92-0.69
$k_d 1/3$	0.86-0.21	0.16-0.08	0.08-0.05
$H_{1/3}(m)$	9.90-2.40	1.84-0.92	0.92-0.58
$k_d ave$	0.65-0.13	0.10-0.06	0.07-0.03
$H_{ave}(m)$	7.40-1.50	1.15-0.69	0.81-0.35

表4-9 配置方案4 季節風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d\ 1/10}$	1.18-0.20	0.22-0.08	0.11-0.08
$H_{1/10}$ (m)	3.00-0.50	0.56-0.20	0.28-0.20
$k_{d\ 1/3}$	1.18-0.17	0.21-0.08	0.09-0.07
$H_{1/3}$ (m)	3.00-0.40	0.54-0.20	0.23-0.18
$k_{d\ ave}$	1.05-0.14	0.16-0.07	0.07-0.06
H_{ave} (m)	2.70-0.30	0.41-0.18	0.18-0.15

圖4-17及圖4-18波高分佈曲線圖顯示，配置方案4，颱風波浪時，因碎波線靠近堤頭關係，碎波時波浪快速壅入港口附近，港區內水位變化並不因堤線延長而有降低趨勢，波高分佈仍遠大於容許波高要求範圍；惟季節風波浪，試驗結果顯示，港內 I 區波高僅稍微降低，港內 II 區波高則已符合容許波高要求 30cm 範圍內。

總括而言，配置方案4，僅延長堤線 30m (堤頭水深 -10m)並不足以有效遮蔽港內波高至容許要求範圍內，就工程經費言，再行延伸堤線並非上策，因此，有必要另謀對策以求取較佳之佈置方案。

4.4 配置方案5與6試驗結果

配置方案4，試驗結果顯示，僅延長堤線 30m ，並未能有效改善港內水域波高分佈，故配置方案5則縮小港口寬度，即恢復為原舊港口寬度，但外廓堤防型式與高度仍維持配置方案1；配置方案6則另外在堤頭前 40m 處設置一道長 90m 消波塊式離岸堤以防止越波產生，其佈置規劃如圖3-5及圖3-6所示。

1. 配置方案5試驗結果

配置方案5共進行颱風SE、ESE與E三方向波浪以及季節風ESE與E方向波浪等5Run次試驗，有關試驗結果如下：

(1) 越波與港口附近流向觀測

配置方案5因外廓堤防規劃與配置方案1相同，故各波向颱風波浪所產生越波大小與範圍和配置方案1相同。

有關港口附近流向觀測因港口寬度縮小較窄之故，當外海颱風波浪前進至堤頭附近碎波後，壅入港內之水流渲洩不易至使港內泊地水位明顯壅升，如圖3-10(e)所示。當波浪經堤頭繞射前進至港口附近，若為波谷時則受港內水位抬高之影響港內水流即快速流出，此一迴流現象亦影響港口附近水流流向。圖4-19~圖4-23為各波向颱風與季節風波浪港口流向觀測結果，試驗結果顯示，較靠近港口A、B點位置，受水流回流影響較大且受地形影響形成一順鐘向迴流。其他較外側之觀測點因較不受此回流影響，故其流向觀測結果和配置方案1者相近似。

(2) 港區內之穩靜度

配置方案5，各方向颱風波浪無因次波高比值 k_d 試驗結果如附錄圖D-1~圖D-9，港內波高分佈範圍則如表4-10~表4-12所示。

表4-10 配置方案5 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d 1/10}$	0.98-0.17	0.12-0.07	0.08-0.04
$H_{1/10}(m)$	9.90-1.70	1.21-0.71	0.81-0.40
$k_{d 1/3}$	0.93-0.15	0.11-0.06	0.07-0.04
$H_{1/3}(m)$	9.40-1.50	1.11-0.60	0.71-0.40
$k_{d ave}$	0.74-0.11	0.09-0.05	0.05-0.03
$H_{ave}(m)$	7.50-1.10	0.91-0.50	0.50-0.30

表4-11 配置方案5 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.97-0.14	0.14-0.05	0.08-0.03
$H_{1/10}(m)$	11.0-1.60	1.59-0.57	0.91-0.34
$k_d 1/3$	0.90-0.12	0.12-0.05	0.07-0.03
$H_{1/3}(m)$	10.2-1.40	1.36-0.57	0.79-0.34
$k_d ave$	0.70-0.08	0.11-0.04	0.06-0.02
$H_{ave}(m)$	7.90-0.90	1.25-0.45	0.68-0.23

表4-12 配置方案5 颱風E方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.97-0.07	0.06-0.04	0.04-0.03
$H_{1/10}(m)$	11.9-0.90	0.74-0.49	0.49-0.37
$k_d 1/3$	0.95-0.06	0.05-0.03	0.04-0.03
$H_{1/3}(m)$	11.6-0.70	0.61-0.37	0.49-0.37
$k_d ave$	0.78-0.05	0.05-0.02	0.03-0.02
$H_{ave}(m)$	9.60-0.60	0.61-0.25	0.37-0.25

且根據圖4-24~圖4-26配置方案5試驗波高分佈曲線圖,試驗結果顯示,港口寬度縮小雖可降低港內波高分佈,惟效果不顯著。

有關季節風波浪 k_d 值試驗結果詳如附錄圖D-10~圖D-15,港內水域波高分佈範圍則如表4-13及表4-14所示。

表4-13 配置方案5 季節風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d 1/10}$	1.12-0.16	0.12-0.09	0.04-0.02
$H_{1/10}(m)$	2.80-0.40	0.31-0.23	0.10-0.05
$k_{d 1/3}$	1.10-0.15	0.12-0.08	0.04-0.02
$H_{1/3}(m)$	2.80-0.40	0.31-0.20	0.10-0.05
$k_{d ave}$	0.99-0.13	0.11-0.07	0.03-0.02
$H_{ave}(m)$	2.50-0.30	0.28-0.18	0.08-0.05

表4-14 配置方案5 季節風E方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d 1/10}$	0.99-0.05	0.06-0.01	0.01
$H_{1/10}(m)$	2.50-0.10	0.15-0.02	0.02
$k_{d 1/3}$	0.97-0.05	0.05-0.01	0.01
$H_{1/3}(m)$	2.40-0.10	0.12-0.02	0.02
$k_{d ave}$	0.86-0.04	0.04-0.01	0.01
$H_{ave}(m)$	2.10-0.10	0.10-0.02	0.02

且根據圖4-27及圖4-28波高分佈曲線圖，試驗結果顯示，因港口縮小關係，季節風波浪港內水域波高分佈皆符合容許波高 30^{cm} 的要求。

2. 配置方案6試驗結果

配置方案6同配置方案5僅在堤頭前 40^m 處增置一道長 90^m 消波塊式離岸堤，俾消殺波能以防止越波發生。本配置方案僅進行SE、ESE及E等各方向颱風波浪共計3Run次試驗，有關試驗結果分述如下：

(1) 越波與港口附近流向觀測

配置方案6因離岸堤設置，當各波向颱風波浪來襲時，因已消殺大部份入侵波能，故僅有堤頭最前端部份有少量越波發生。港區內水位如同配置方案5仍因港口寬度較窄關係而有抬升現象，故各波向颱風波浪入侵時，港口附近流向仍和配置方案5相似，惟因其不受越波影響致流況較配置方案5試驗結果為穩定。

(2) 港區內之穩靜度

配置方案6港區內 k_d 內值試驗結果如附錄圖D-16~圖D-18，港內水域波高分佈範圍則如表4-15~表4-17所示。

表4-15 配置方案6 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d 1/10}$	0.96-0.18	0.14-0.07	0.08-0.05
$H_{1/10}(m)$	9.70-1.80	1.41-0.71	0.81-0.51
$k_{d 1/3}$	0.92-0.16	0.12-0.06	0.07-0.05
$H_{1/3}(m)$	9.30-1.60	1.21-0.61	0.71-0.51
$k_{d ave}$	0.73-0.11	0.10-0.05	0.06-0.04
$H_{ave}(m)$	7.40-1.10	1.01-0.51	0.61-0.41

表4-16 配置方案6 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d 1/10}$	0.99-0.16	0.16-0.06	0.09-0.04
$H_{1/10}(m)$	11.3-1.80	1.83-0.69	1.03-0.46
$k_{d 1/3}$	0.93-0.14	0.14-0.06	0.08-0.04
$H_{1/3}(m)$	10.6-1.60	1.60-0.69	0.92-0.46
$k_{d ave}$	0.70-0.10	0.12-0.05	0.07-0.03
$H_{ave}(m)$	8.00-1.10	1.37-0.57	0.80-0.34

表4-17 配置方案6 颱風E方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d 1/10}$	0.96-0.10	0.09-0.05	0.06-0.03
$H_{1/10}(m)$	11.6-1.20	0.97-0.61	0.73-0.36
$k_{d 1/3}$	0.93-0.08	0.08-0.05	0.06-0.03
$H_{1/3}(m)$	11.3-1.00	0.97-0.61	0.73-0.36
$k_{d ave}$	0.80-0.07	0.06-0.04	0.05-0.02
$H_{ave}(m)$	9.70-0.80	0.73-0.48	0.61-0.24

表4-15~表4-17中波高值以及圖4-29~圖4-31試驗結果顯示，各波向颱風波浪港區內波高值仍遠大於容許波高範圍，有離岸堤試驗結果反大於無離岸堤者，究其原因，乃越波之水量雖能擾動水面而影響港內水位變化，然亦有阻絕波能前進作用，當港口寬度較狹窄時，其越波擾動水面之作用不及於阻絕波能入侵時，即產生上述試驗結果。

故綜合配置方案5與6試驗分析結果，港口寬度縮小，於季節風波浪入侵時確能阻止部份繞射波能侵入，致港內波高分佈符合容許波高要求。惟因外廓堤防配置並無改變，當颱風波浪來襲時碎波後波浪經堤頭繞射再快速壟入港內現象，雖因港口縮窄阻止了部份波能入侵，但港內波高分佈仍嫌過大。

4.5 配置方案7與8試驗結果

綜觀前述各配置方案試驗結果，除非將外廓堤防作大幅修正以因應碎波後波浪壟入作用現象，港內水域波高分佈勢難符合颱風波浪要求。經由台東縣政府、漁技社等有關單位協商研討，配置方案 7即基於工程經費、航道水深與漁民開船習性等前提下，建議沿配置方案 1堤線延伸15^m後再偏轉S42° 30'W方向延伸100^m，並將將外廓堤防內側突出碼頭處改為棧橋式碼頭俾減少岸壁反射影響，另外，配置方案8同配置方案7僅將堤頂高度全部提升為+12.0^m，以防止越波發生，分別如表3-2、照片3-3及圖3-7與圖3-8所示。

1. 配置方案7試驗結果

配置方案 7共進行颱風波浪SE、ESE、E方向與季節風波浪ESE、E方向等共5Run次試驗，試驗結果分述如下：

(1) 越波觀測

配置方案7因延長堤線斷面與原堤頭部份堤頂高度仍為+9.0^m，且堤址位置恰於各波向颱風波浪碎波線上或其附近處，堤面受碎波衝擊影響而有衝擊越波產生。照片4-7~照片4-9為配置方案7各波向颱風波浪越波情況，試驗結果顯示，SE方向颱風波浪因入射波高較小所產生越波量較少，而颱風ESE及E兩方向波浪則因入射波高較大，致產生較嚴重越波量且範圍亦較廣泛。至於季節風波浪則因各波向入射波高較小，並未有越波現象發生。

(2) 港口附近流向觀測

(a) 颱風SE方向波浪作用，港口附近流向觀測

試驗結果顯示，颱風SE方向波浪於堤頭處碎波，航道外側區域水流，因不受堤頭繞射影響，沿SE方向快速前移；而靠近港口附近水域水流方向，則因受堤線延伸所產生繞射波浪與港口西側水深較淺波浪淺化折射影響，致形成一明顯較大範圍順鐘向迴流，其試驗觀測結果如圖4-32所示，圖中觀測點A~D位置即為迴流產生處。

(b) 颱風與季節風ESE方向波浪作用，港口附近流向觀測

圖4-33為颱風ESE方向波浪作用時，港口附近流向觀測結果，如同前述理由，在航道較外側水域因波浪碎波關係，其流向沿ESE方向呈快速前移，如圖中F、G兩處所示，而E點位置流向則稍受堤頭繞射與波浪垂直海岸線習性關係而呈轉向SE方向，靠近港口附近水域仍有一明顯迴流，惟因其受堤頭繞射影響較小，故迴流範圍較SE方向者為小。

而季節風波浪作用時，因入射波高較小，試驗結果顯示，航道外側水域流向僅依ESE方向作質量傳輸緩慢移動。於港口附近，則因受堤頭繞射影響，產生一較大範圍但流向緩慢順鐘向迴流，試驗結果如圖4-35所示。

(c) 颱風與季節風E方向波浪作用，港口附近流向觀測

當颱風E方向波浪作用時，因碎波線位置，距離堤頭較遠且堤線配置遮蔽效果較佳，故試驗結果顯示，港口附近所形成順鐘向迴流範圍較小，而航道外側水域水流方向則同前述，水流方向先依波浪入射E方向快速移動，然後轉向SE方向而流向海岸線，試驗結果如圖4-34所示。

對季節風E方向波浪作用時，試驗結果顯示，較外海側航道區域水流方向仍依波浪入射E方向緩慢移動，但在港口附近水流則深受堤頭繞射影響而形成一順鐘向循環迴流，其示意圖如圖4-36所示。

照片4-10~照片4-12即為港口附近流向觀測情況，照片4-10顯示靠近港口附近測點之過猛酸鉀染劑散佈成一圓形狀，即為颱風波浪時港口附近產生一明顯之迴流；照片4-11及照片4-12分別為颱風與季節風波浪時港口附近水域之流況，由照片中可觀測則港口附近產生迴流現象。

(3) 港區內之穩靜度

配置方案7試驗，有關波高無因次 k_d 比值試驗結果詳如附錄圖E-1~圖E-15在颱風各波向波浪作用下，港內水域各區波高分佈範圍如表4-18~表4-20。

表4-18 配置方案7 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d 1/10}$	0.48-0.07	0.07-0.04	0.05-0.03
$H_{1/10}(m)$	4.93-0.72	0.72-0.41	0.51-0.31
$k_{d 1/3}$	0.46-0.06	0.06-0.04	0.04-0.03
$H_{1/3}(m)$	4.73-0.62	0.62-0.41	0.41-0.31
$k_{d ave}$	0.34-0.05	0.05-0.03	0.03-0.02
$H_{ave}(m)$	3.50-0.51	0.51-0.31	0.31-0.21

表4-19 配置方案7 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d\ 1/10}$	0.58-0.09	0.09-0.04	0.05-0.04
$H_{1/10}$ (m)	6.55-1.02	1.02-0.45	0.57-0.45
$k_{d\ 1/3}$	0.53-0.07	0.08-0.04	0.05-0.03
$H_{1/3}$ (m)	6.00-0.79	0.90-0.45	0.57-0.34
$k_{d\ ave}$	0.40-0.06	0.07-0.03	0.04-0.02
H_{ave} (m)	4.52-0.68	0.79-0.34	0.45-0.23

表4-20 配置方案7 颱風E方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d\ 1/10}$	0.45-0.06	0.05-0.03	0.03-0.02
$H_{1/10}$ (m)	5.54-0.74	0.62-0.37	0.37-0.25
$k_{d\ 1/3}$	0.42-0.05	0.05-0.03	0.03-0.02
$H_{1/3}$ (m)	5.17-0.62	0.62-0.37	0.37-0.25
$k_{d\ ave}$	0.36-0.04	0.04-0.02	0.02-0.01
H_{ave} (m)	4.44-0.49	0.49-0.25	0.25-0.12

圖4-37~圖4-39為配置方案7在颱風波浪作用時,各分區之波高分佈曲線圖,試驗結果顯示,由於外廓堤防之偏轉延伸而有效地發揮遮蔽效果致能大幅降低港內波高分佈。就颱風SE方向波浪而言,除在波高計CH11位置因受岸壁反射影響,波高介於0.5^m~0.7^m之間稍為偏高外(按附近突出碼頭雖為棧橋式,但因颱風水位較高仍有局部反射作用),其餘區域波高皆低於容許波高50^{cm}以下;而颱風ESE方向波浪作用時,試驗結果顯示,由於入射波向、波高較大,致港內波高分佈亦較偏大,於港內 I 區,除在CH11位置波高為0.7^m~1.0^m外,其餘波高介於0.3^m~0.8^m之間,而港內 II 區之波高則均小於0.6^m以下。而對颱風E方向波浪而言,試驗結

果顯示除CH11處波高為0.6^m外，其餘區域波高分佈均小於50^{cm}之容許波高要求範圍。

其次，有關季節風波浪試驗結果，港內水域各區波高分佈範圍如表4-21及表4-22所示。

表4-21 配置方案7 季節風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.54-0.05	0.09-0.04	0.06-0.03
$H_{1/10}(m)$	1.40-0.13	0.23-0.10	0.16-0.08
$k_d 1/3$	0.53-0.04	0.08-0.04	0.06-0.03
$H_{1/3}(m)$	1.38-0.10	0.21-0.10	0.16-0.08
$k_d ave$	0.46-0.04	0.07-0.03	0.05-0.02
$H_{ave}(m)$	1.20-0.10	0.18-0.08	0.13-0.05

表4-22 配置方案7 季節風E方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.45-0.02	0.02	0.02
$H_{1/10}(m)$	1.13-0.05	0.05	0.05
$k_d 1/3$	0.42-0.01	0.02-0.01	0.02-0.01
$H_{1/3}(m)$	1.05-0.03	0.05-0.03	0.05-0.03
$k_d ave$	0.39-0.01	0.01	0.01
$H_{ave}(m)$	0.98-0.03	0.03	0.03

根據表4-21與表4-22以及圖4-40與圖4-41試驗結果顯示，當季節風ESE及E方向作用時，港內 I、II 區水域波高分佈皆符合容許波高30^{cm}要求。

故綜合上述試驗結果，配置方案7試驗，其外廓堤防已能有效阻擋外海波浪之來襲，試驗結果顯示，除颱風ESE方向波浪造成港

內局部水域波高稍嫌偏大外，其餘各波向波浪試驗結果滿足容許波高要求。

2. 配置方案8試驗結果

配置方案8試驗係將配置方案 7，外廓堤防堤頂高度由+9.0^m增高為+12.0^m以防止越波發生，其他佈置則相同，故本試驗僅進行SE、ESE及E等方向颱風波浪共計3Run次試驗以作比較。

(1) 越波與港口附近流向觀測

配置方案8試驗，試驗結果顯示，因堤頂高度增加，越波現象已顯著改善，惟延伸堤線位置恰位於各波向波浪碎波線上或其附近，因受波浪衝擊關係仍有少量越波或跳波現象發生，然因量少並不影響航行安全。

港口流向觀測試驗結果顯示，雖然越波量減少，但因堤頭波浪繞射因素相同，各方向波浪作用時，在港口附近所產生之流況與配置方案7試驗大致相同，惟流況較為穩定。試驗結果如圖4-37～圖4-39所示。

(2) 港區內之穩定度

配置方案8，港內波高 k_d 值試驗結果詳如附錄圖E-16～圖E-24所示，港內各分區波高分佈範圍則如表4-23～表4-25。

表4-23 配置方案8 颱風SE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_{d\ 1/10}$	0.50-0.08	0.08-0.04	0.04-0.03
$H_{1/10}$ (m)	5.08-0.81	0.81-0.41	0.41-0.30
$k_{d\ 1/3}$	0.47-0.07	0.07-0.04	0.04-0.03
$H_{1/3}$ (m)	4.78-0.71	0.71-0.41	0.41-0.30
$k_{d\ ave}$	0.38-0.06	0.06-0.03	0.03-0.02
H_{ave} (m)	3.86-0.61	0.61-0.30	0.30-0.20

表4-24 配置方案8 颱風ESE方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.54-0.08	0.08-0.04	0.05-0.03
$H_{1/10}(m)$	6.19-0.92	0.92-0.46	0.57-0.34
$k_d 1/3$	0.49-0.07	0.08-0.04	0.05-0.02
$H_{1/3}(m)$	5.62-0.80	0.92-0.46	0.57-0.23
$k_d ave$	0.35-0.06	0.06-0.03	0.03-0.02
$H_{ave}(m)$	4.01-0.69	0.69-0.34	0.34-0.23

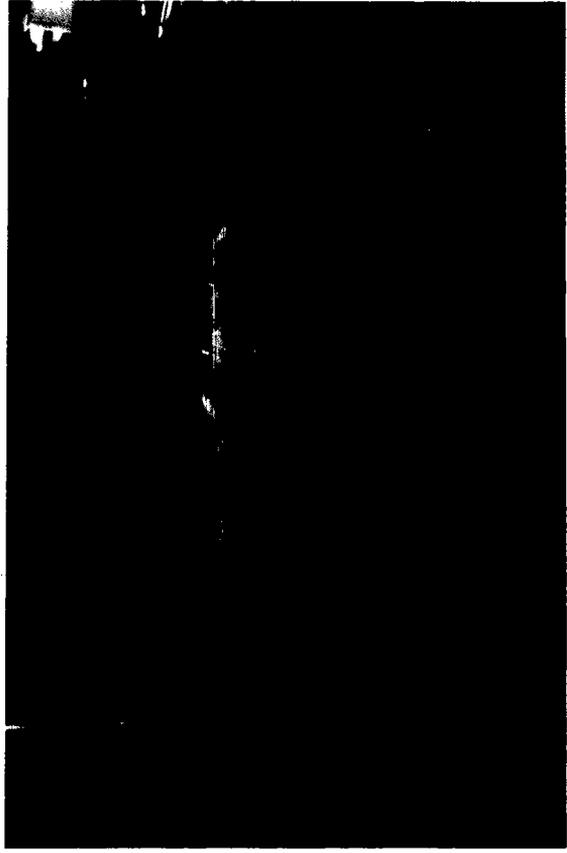
表4-25 配置方案8 颱風E方向波浪港內水域波高分佈

	港口、航道	港內 I 區	港內 II 區
$k_d 1/10$	0.44-0.06	0.05-0.03	0.04-0.03
$H_{1/10}(m)$	5.37-0.73	0.61-0.37	0.49-0.37
$k_d 1/3$	0.40-0.06	0.05-0.03	0.03-0.02
$H_{1/3}(m)$	4.88-0.73	0.61-0.37	0.37-0.24
$k_d ave$	0.35-0.05	0.04-0.02	0.03-0.02
$H_{ave}(m)$	4.27-0.61	0.49-0.24	0.37-0.24

由表4-23~表4-25以及圖4-42~圖4-44有關波高分佈曲線結果知,配置方案8試驗雖已改善因越波之減少所造成水面擾動之影響,但其阻止波浪繞射之作用亦相對降低,試驗結果顯示,配置方案8,港區內水域波高分佈試驗結果與配置方案7試驗兩者並無太大區別,同樣地,颱風SE與E方向波浪作用時,港內水域波高分佈,除CH11位置波高值較大外,其餘水域波高分佈皆已符合容許波高要求範圍;而颱風ESE方向波浪作用時,港內 I 區波高分佈仍嫌偏高,惟若此方向颱風來襲時,可建議船隻進入港內 II 區或舊港區內泊地避難。



照片 4-1 配置方案1, 颱風SE方向波浪堤頭越波



照片 4-2 配置方案1, 颱風ESE方向波浪堤頭越波



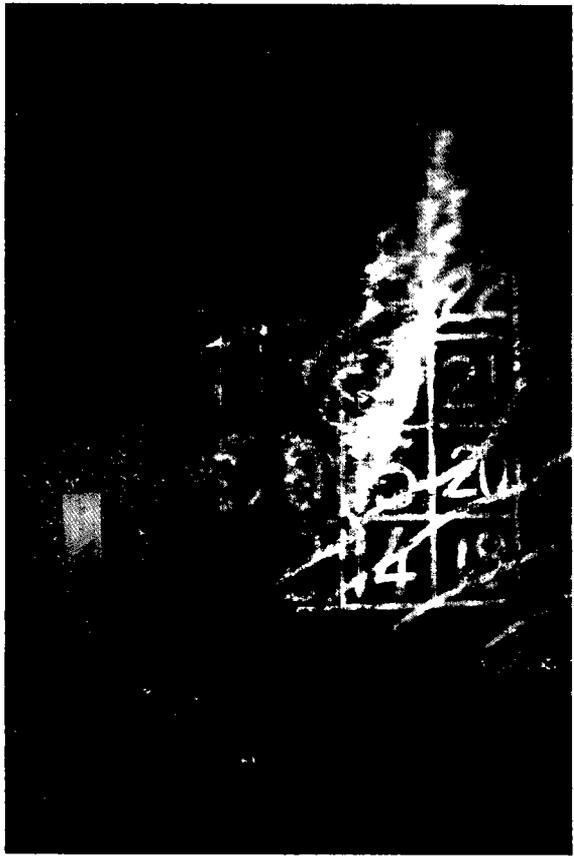
照片 4-3 配置方案1, 颱風E方向波浪堤頭越波及港口
流向觀測



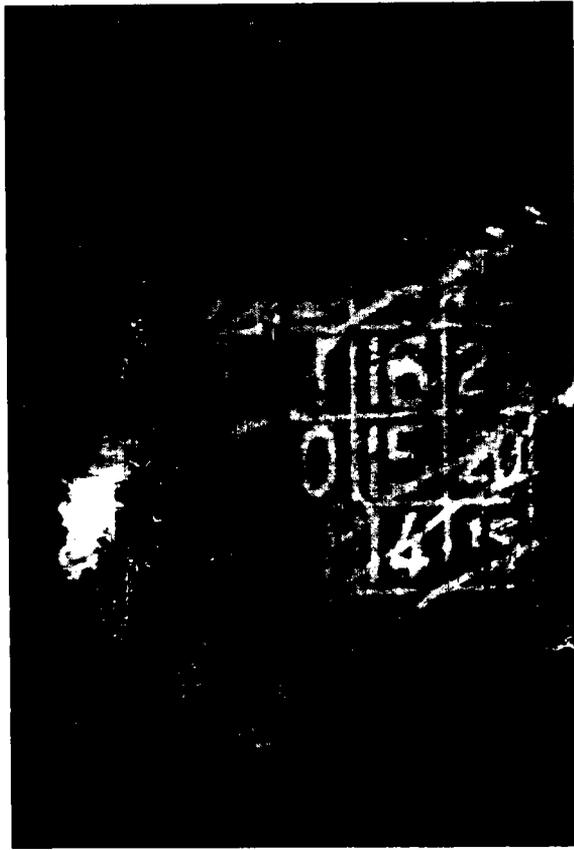
照片 4-4 配置方案1, 颱風SE方向波浪港口流向染料觀測



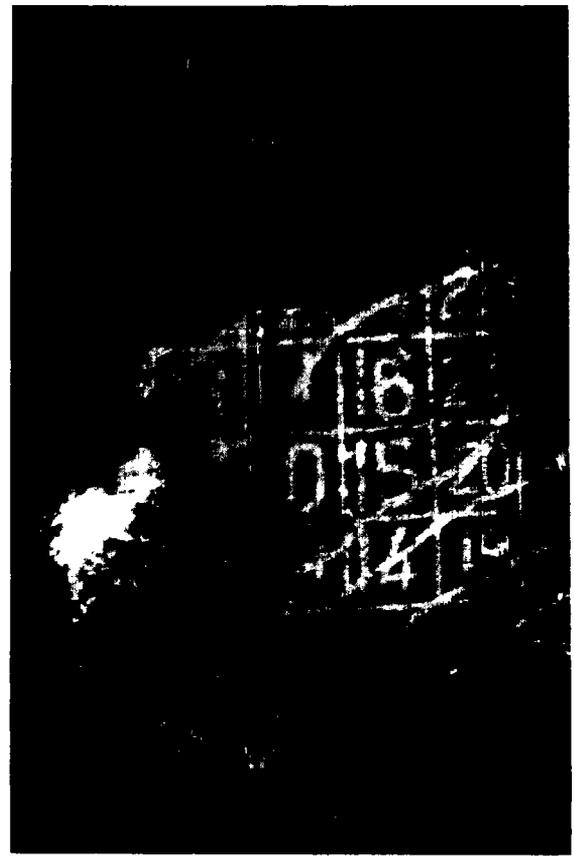
(A)



(B)



(C)

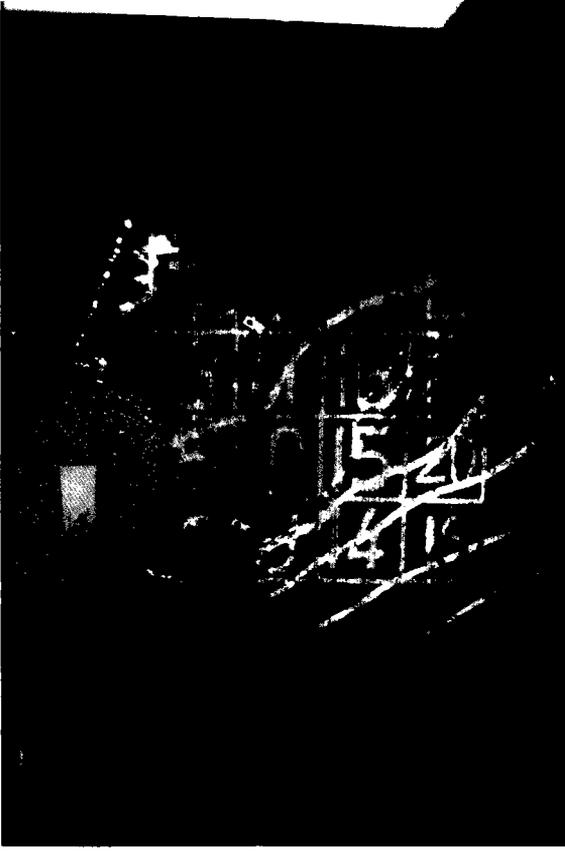


(D)

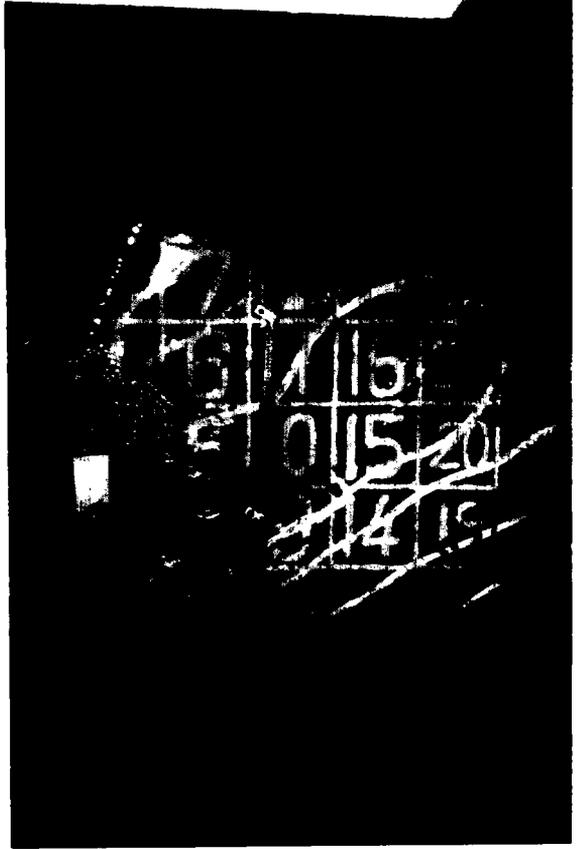
照片 4-5 配置方案1, 颱風E方向波浪港口流向觀測過程



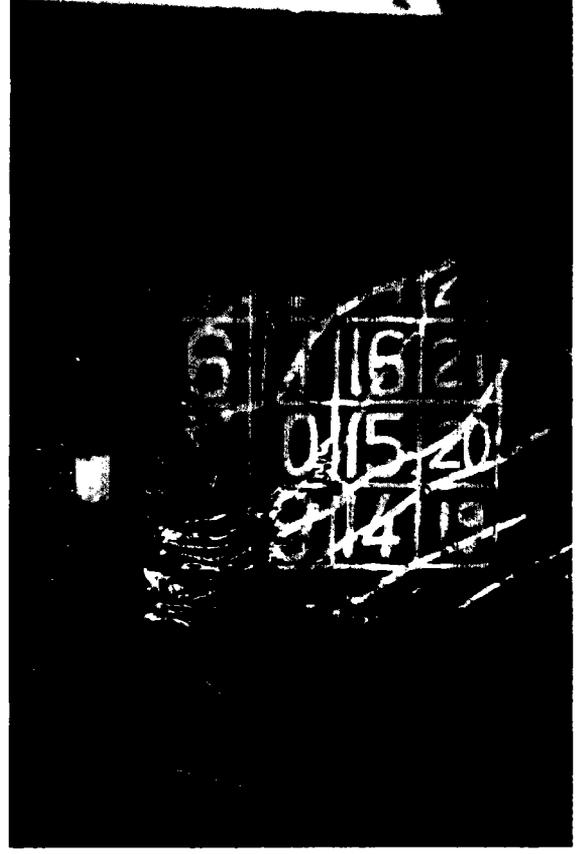
(A)



(B)



(C)



(D)

照片 4-6 配置方案1, 季節風ESE方向波浪港口流向觀測過程



照片 4-7 配置方案7, 颱風SE方向波浪堤頭越波



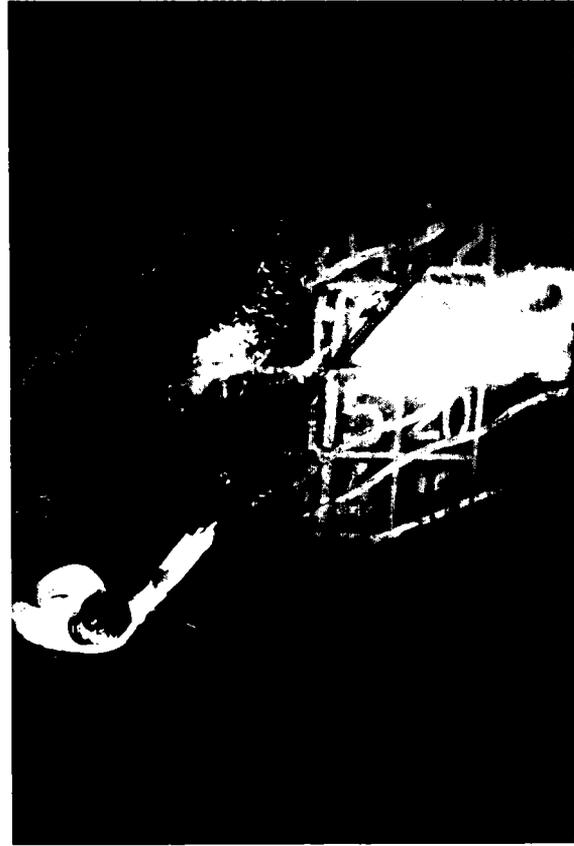
照片 4-8 配置方案7, 颱風ESE方向波浪堤頭越波



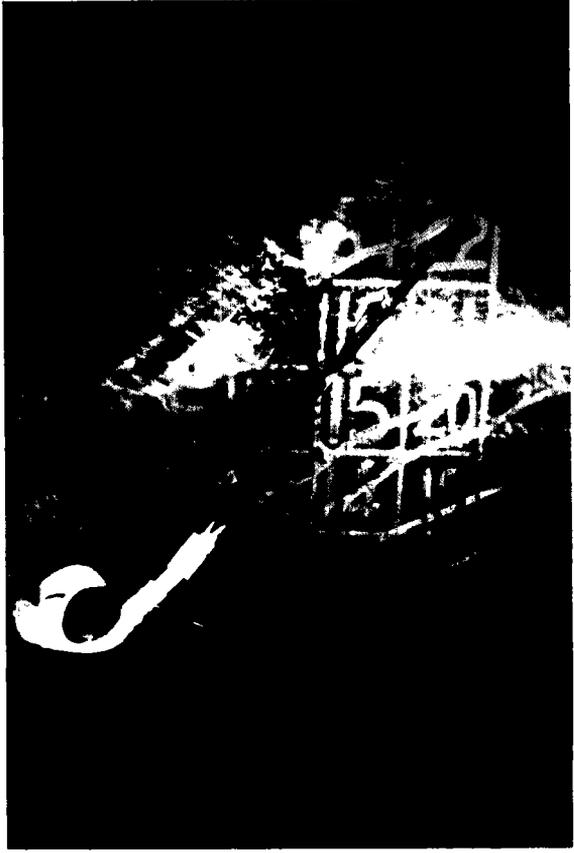
照片 4-9 配置方案7, 颱風E方向波浪堤頭越波



照片 4-10 配置方案7, 颱風ESE方向波浪港口流向染劑觀測



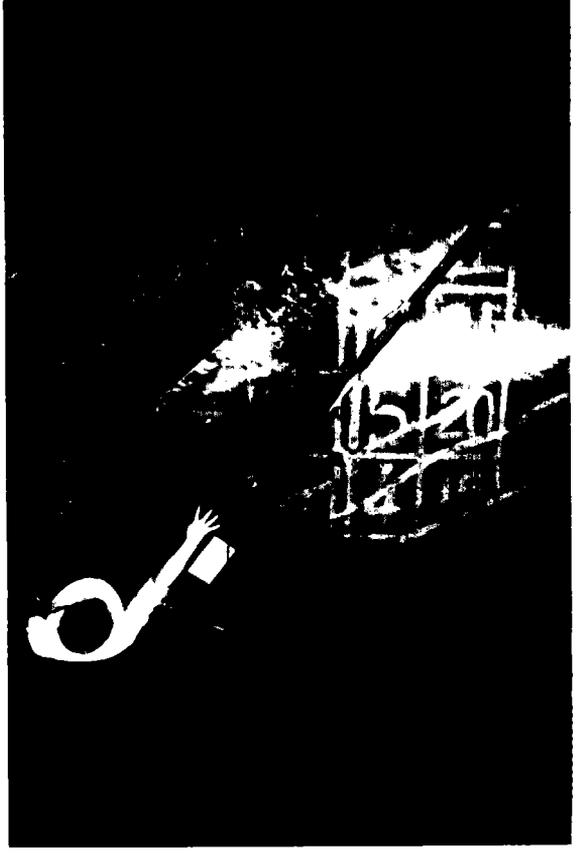
(A)



(B)



(C)



(D)

照片 4-11 配置方案7, 颱風SE方向波浪港口流向觀測過程



(A)



(B)



(C)



(D)

照片 4-12 配置方案7, 季節風ESE方向波浪港口流向觀測過程

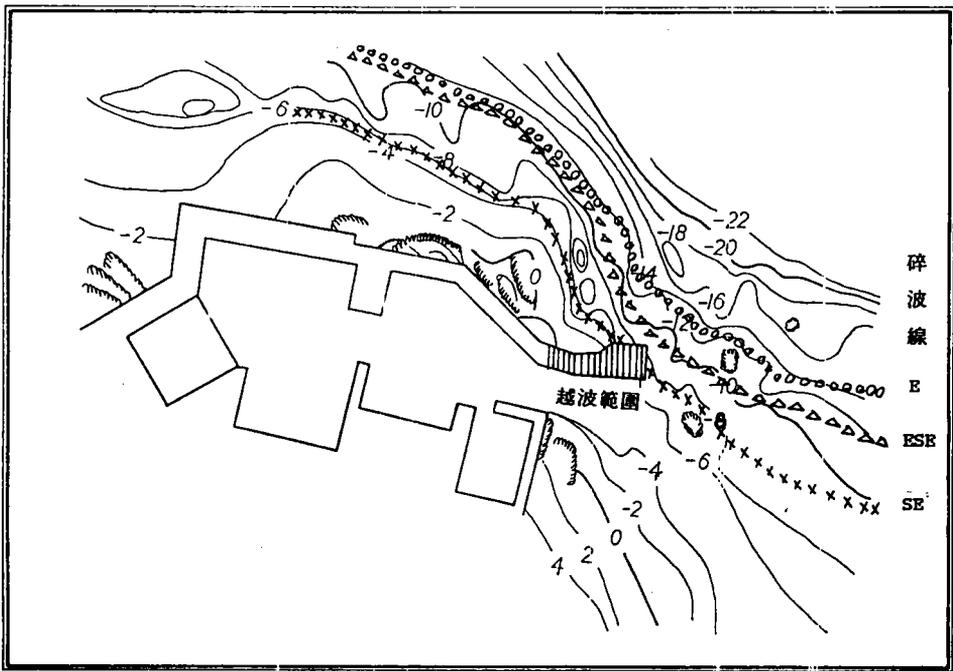


圖 4-1 配置方案1, 各種波向颱風波浪產生碎波與越波位置示意圖

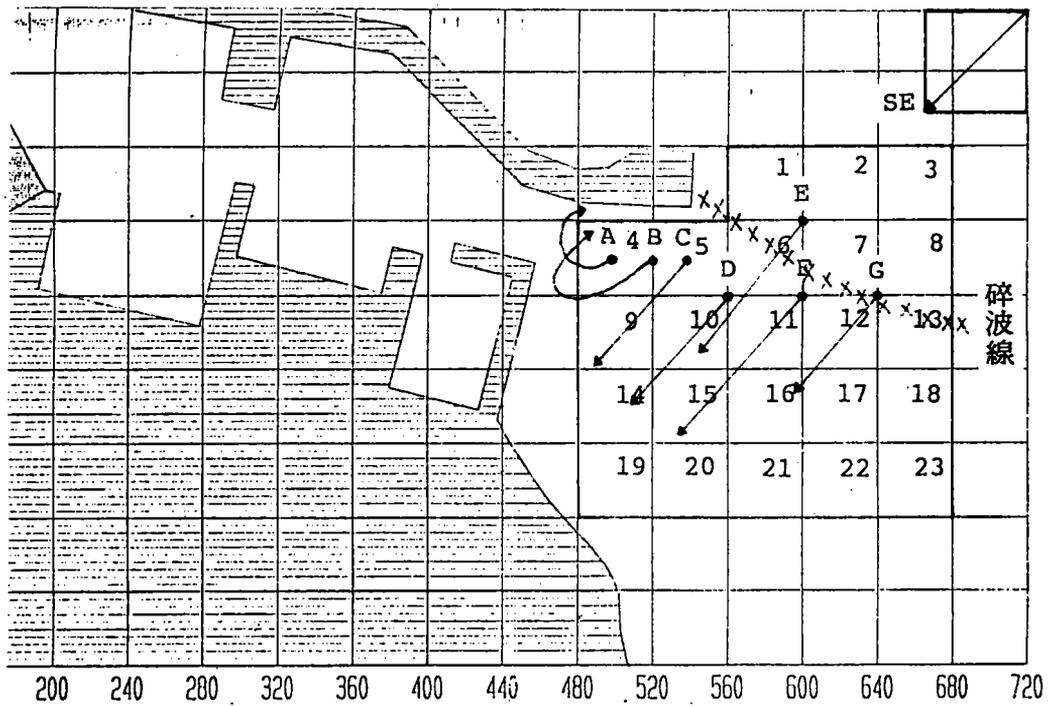


圖 4-2 配置方案1, 颱風SE方向波浪港口流向示意圖

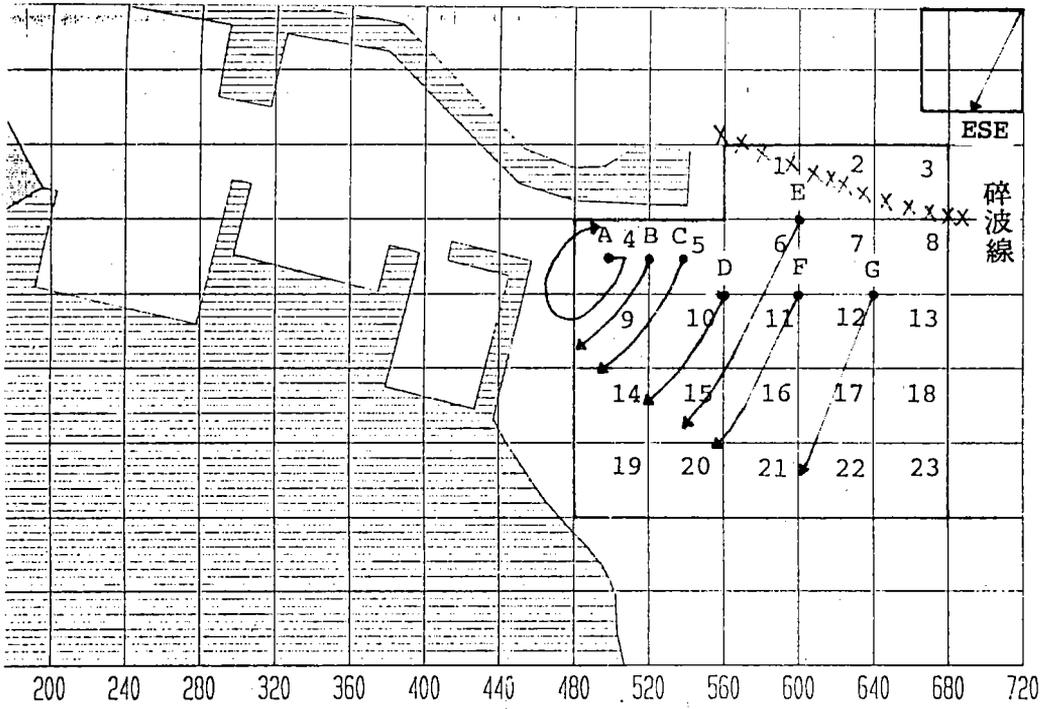


圖 4-3 配置方案1, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖

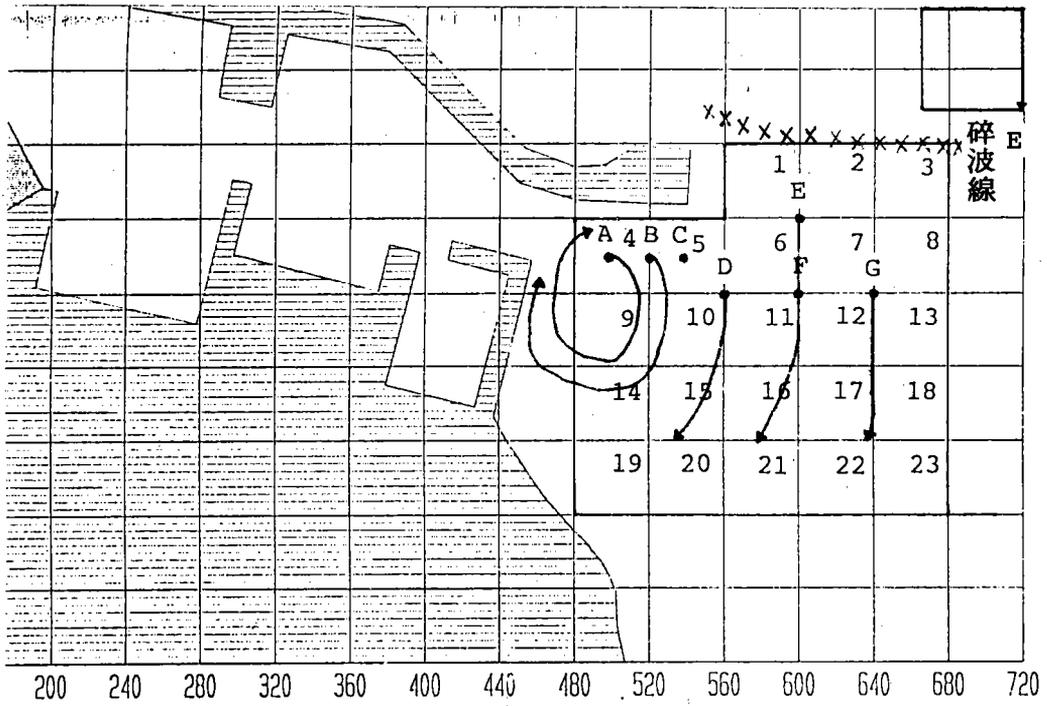


圖 4-4 配置方案1, 颱風E方向波浪港口流向示意圖

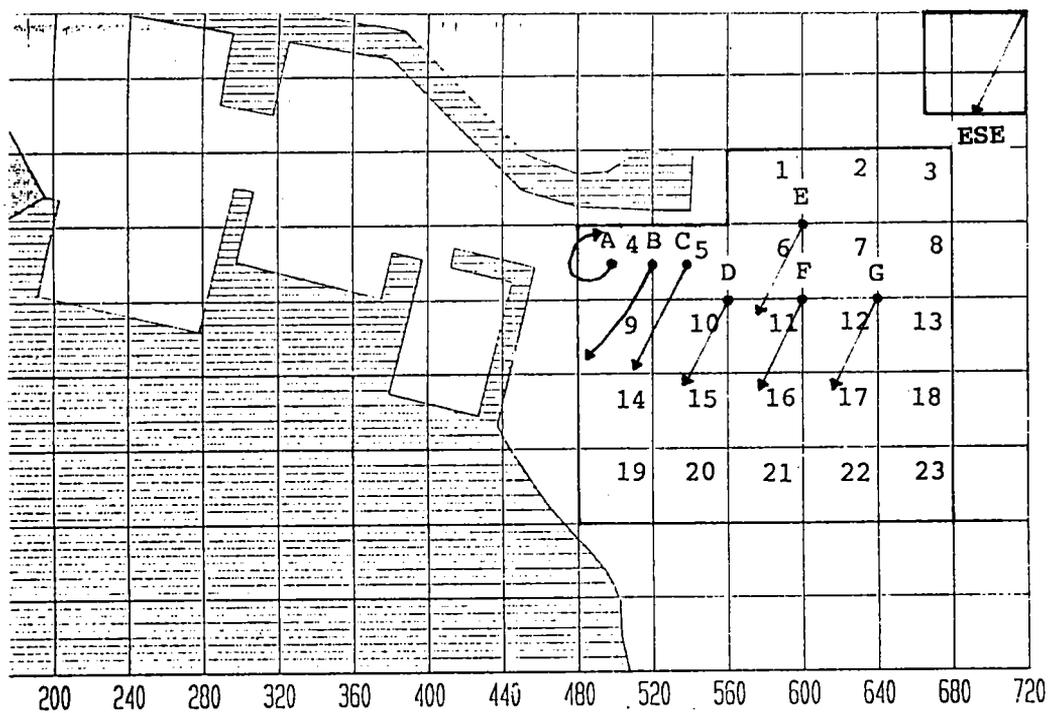


圖 4-5 配置方案1, 季節風ESE方向波浪港口流向示意圖

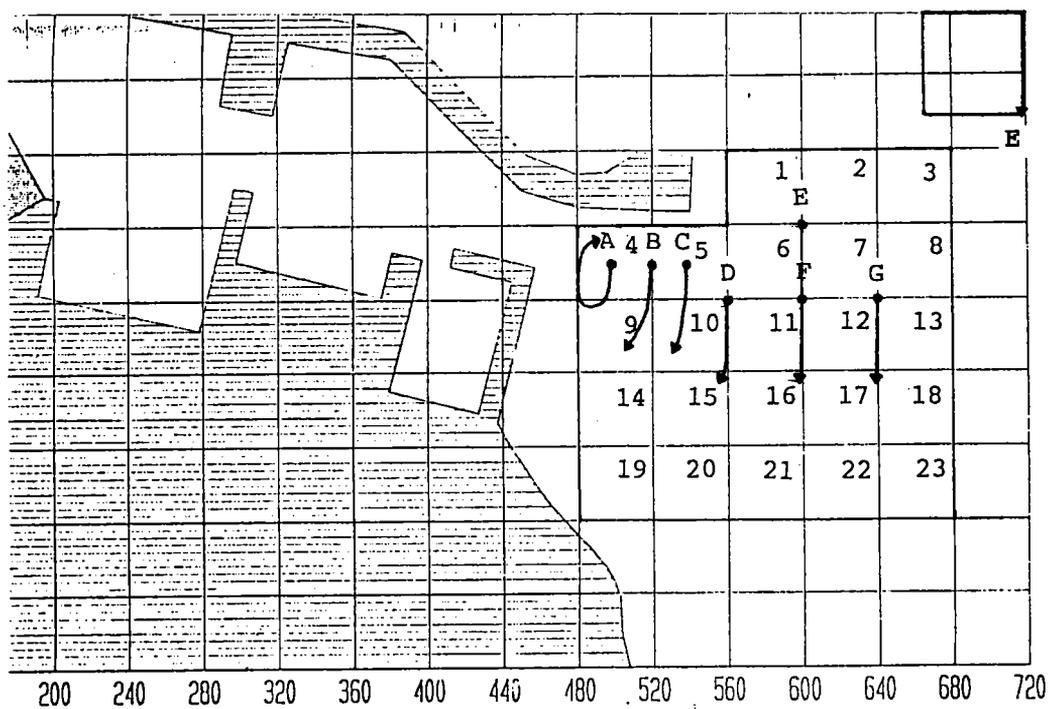


圖 4-6 配置方案1, 季節風E方向波浪港口流向示意圖

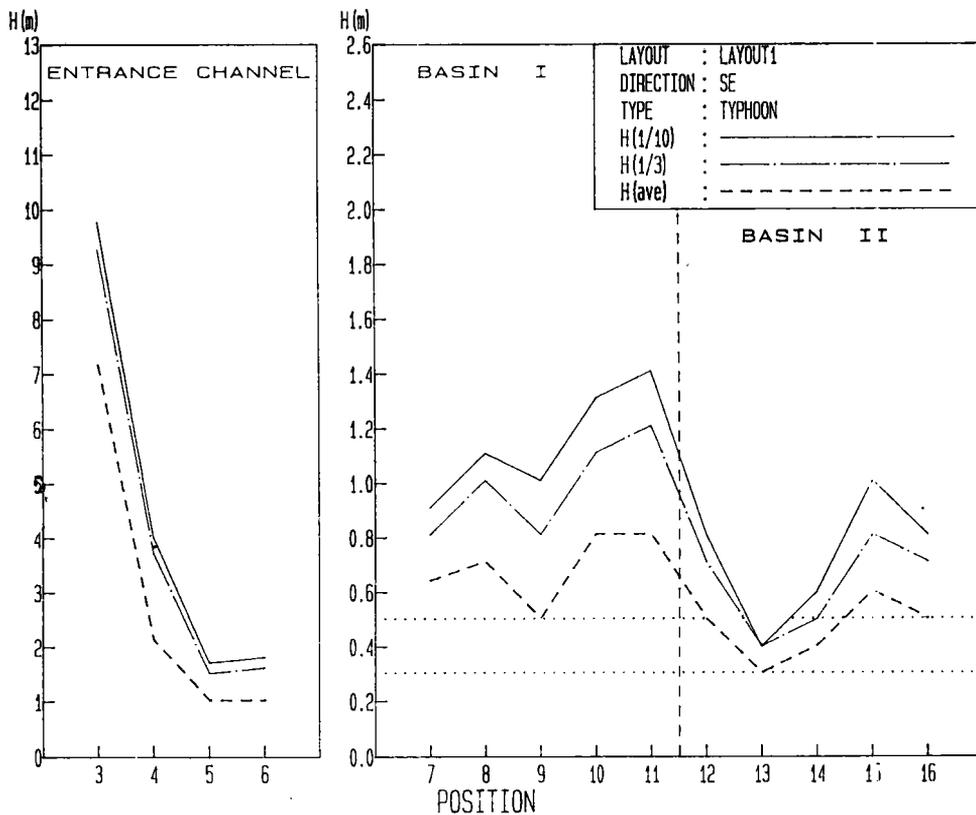


圖 4-7 配置方案1, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖

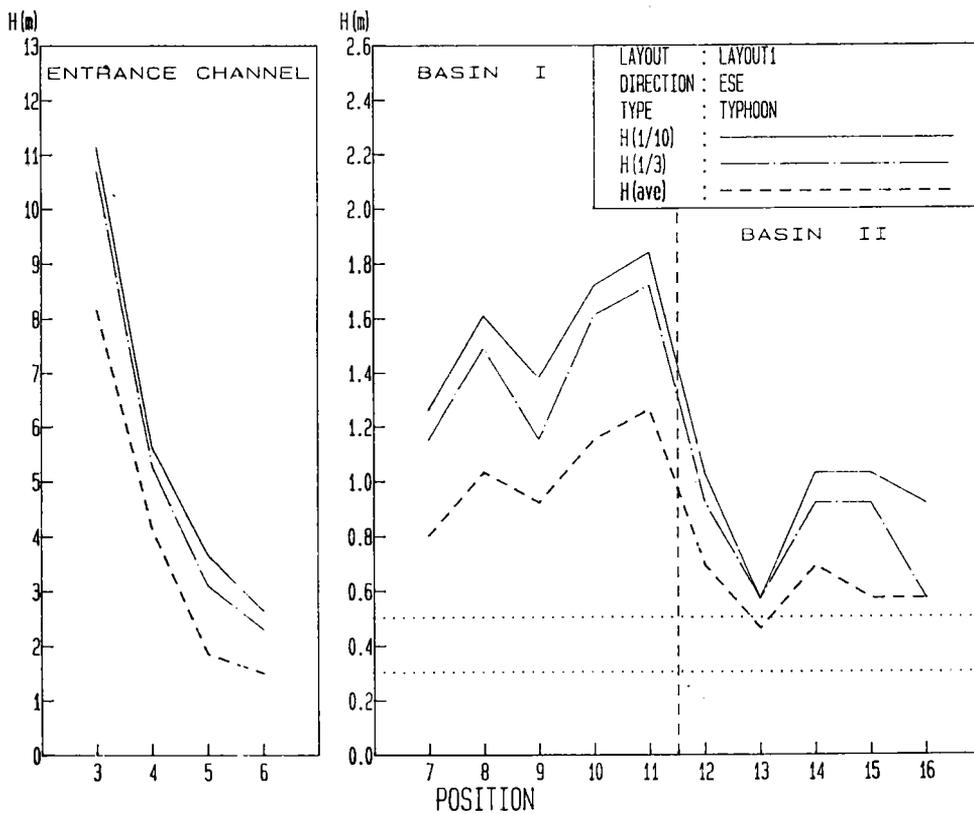


圖 4-8 配置方案1, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

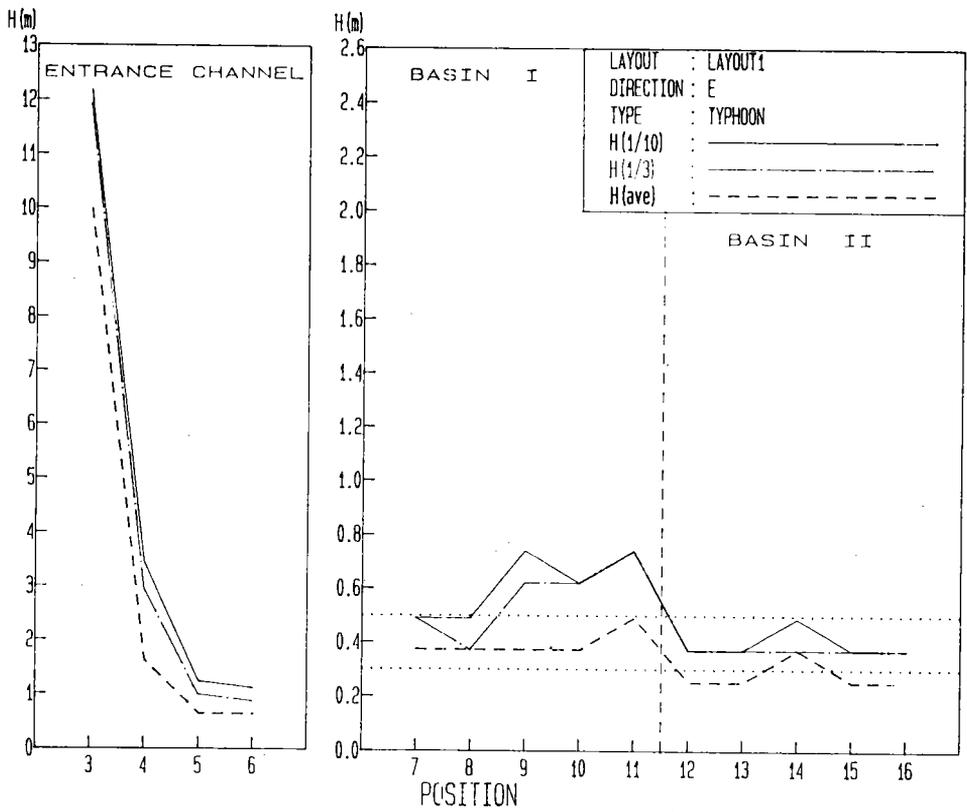


圖 4-9 配置方案1, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖

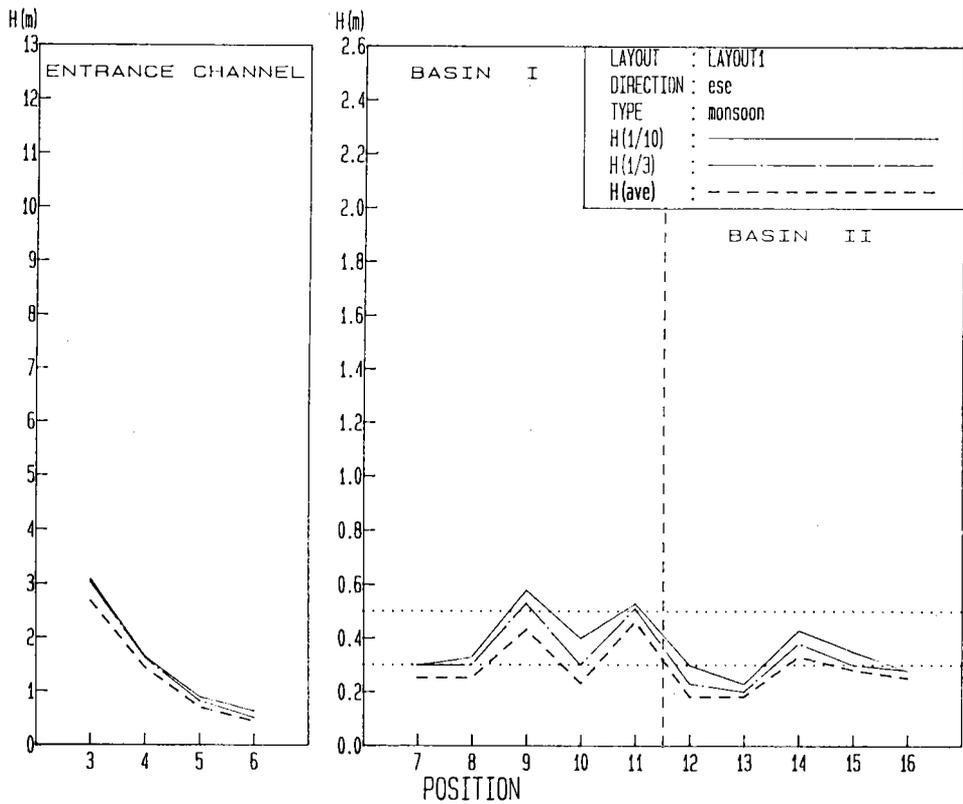


圖 4-10 配置方案1, 季節風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

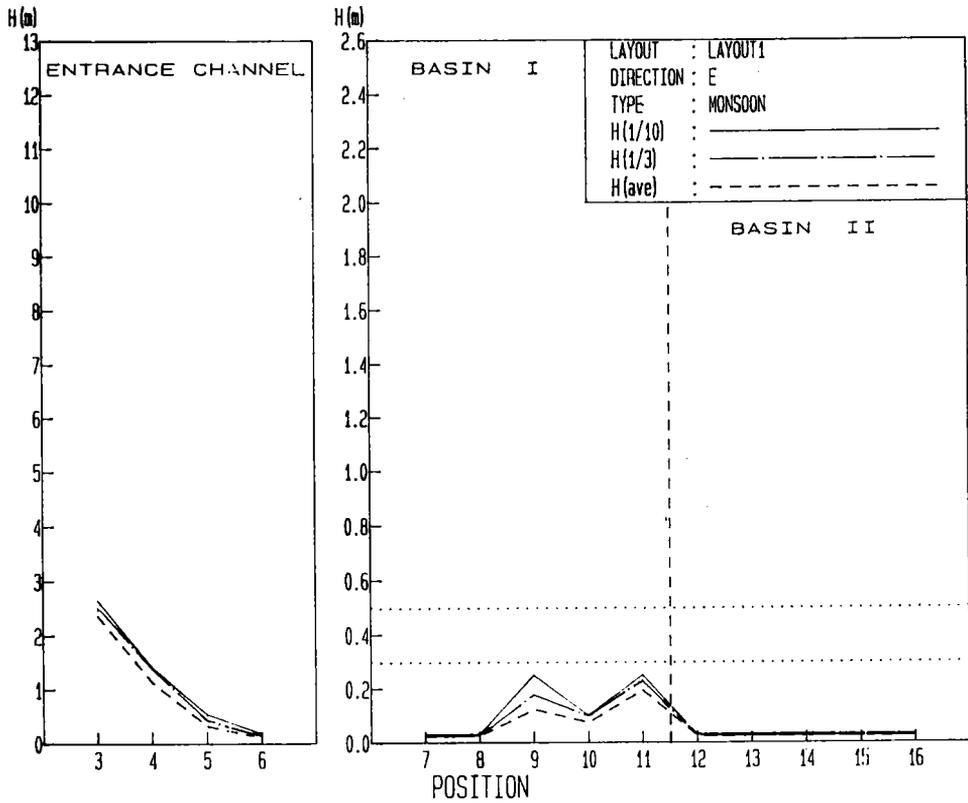


圖 4-11 配置方案1, 季節風E方向波浪波高分佈曲線圖

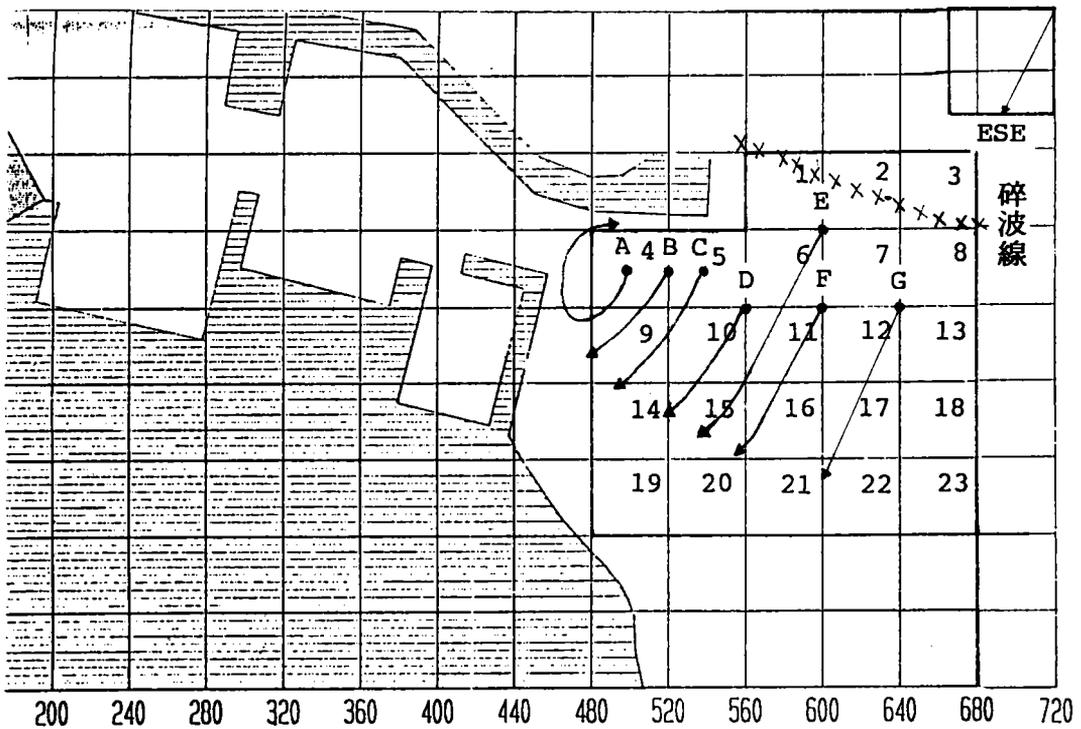


圖 4-12 配置方案2, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖

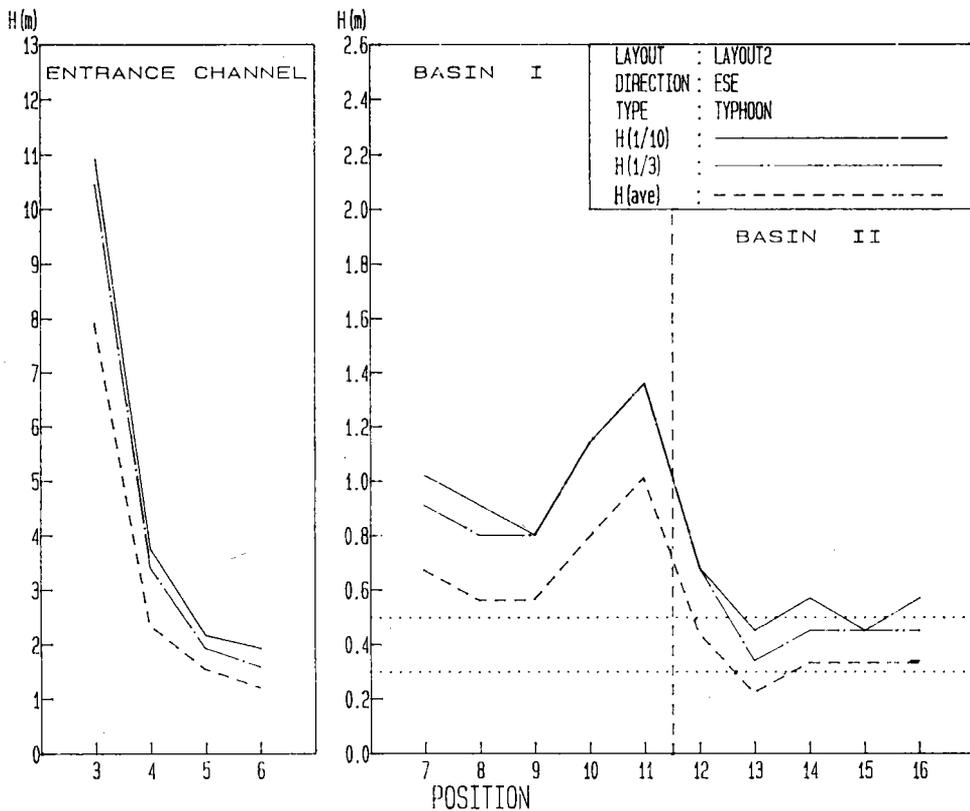


圖 4-13 配置方案2, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

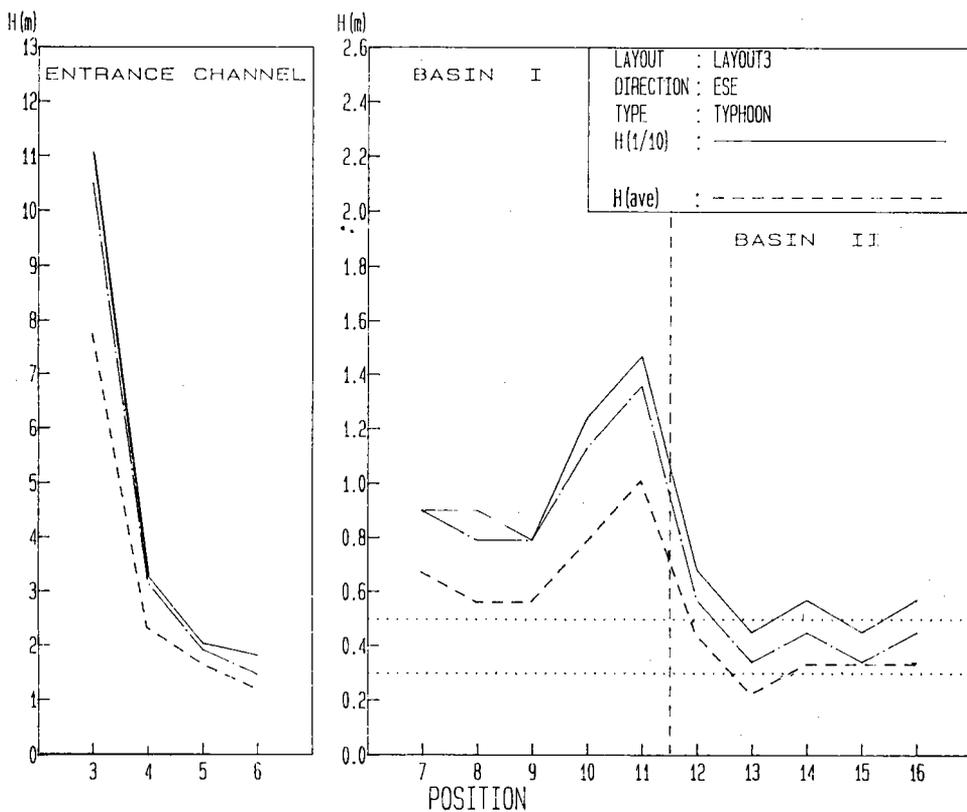


圖 4-14 配置方案3, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

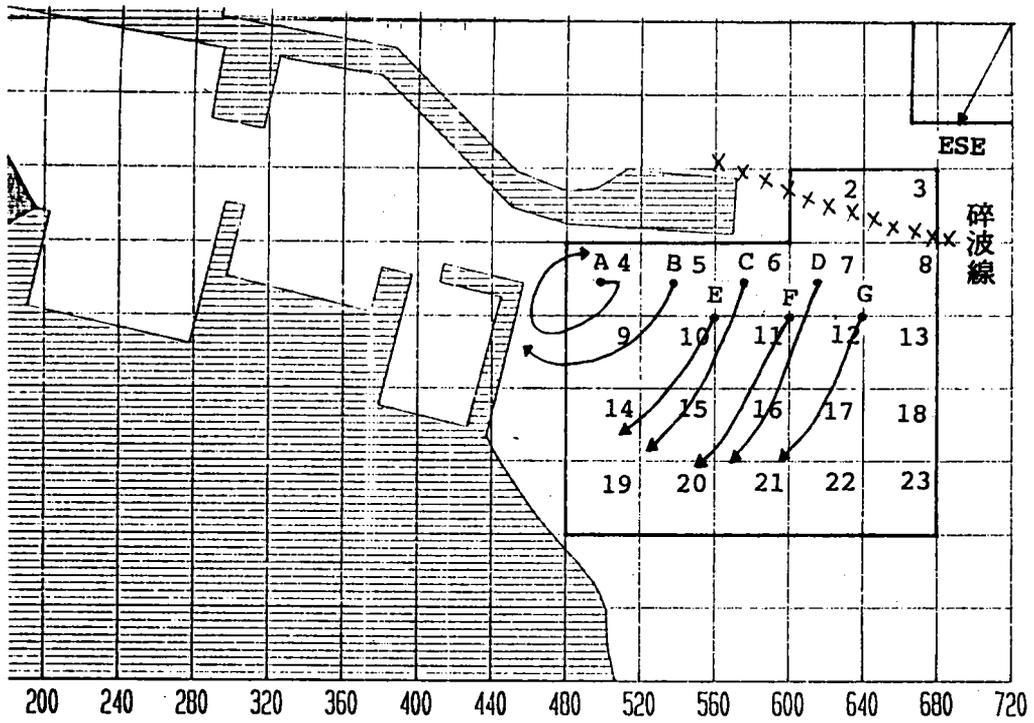


圖 4-15 配置方案4, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖

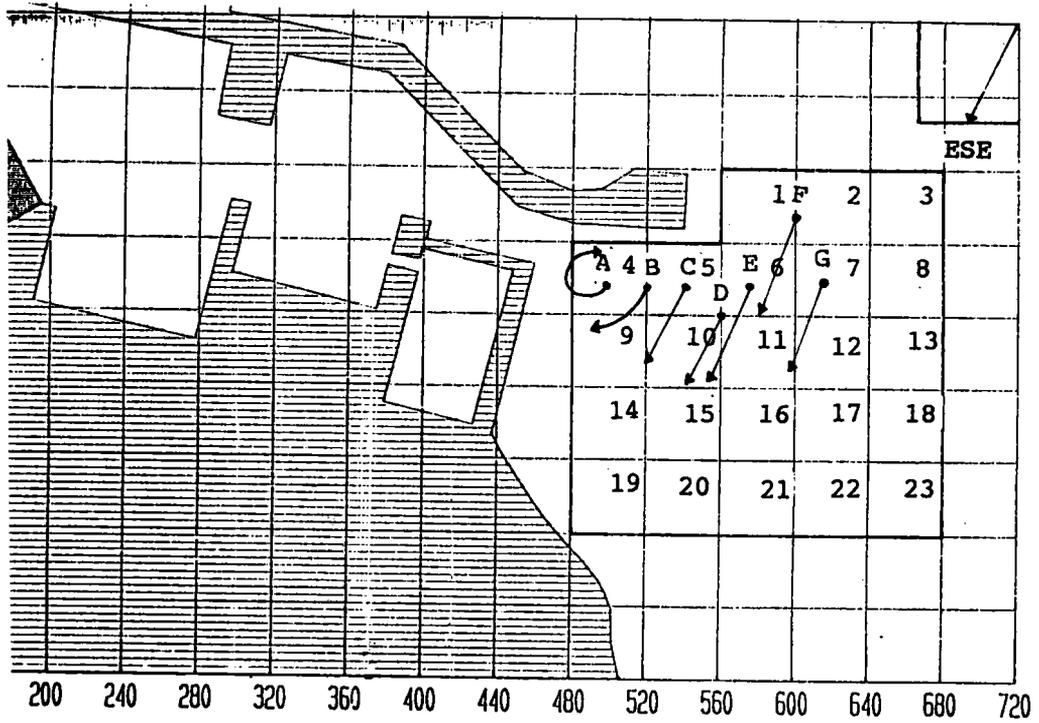


圖 4-16 配置方案4, 季節風ESE方向波浪港口流向示意圖

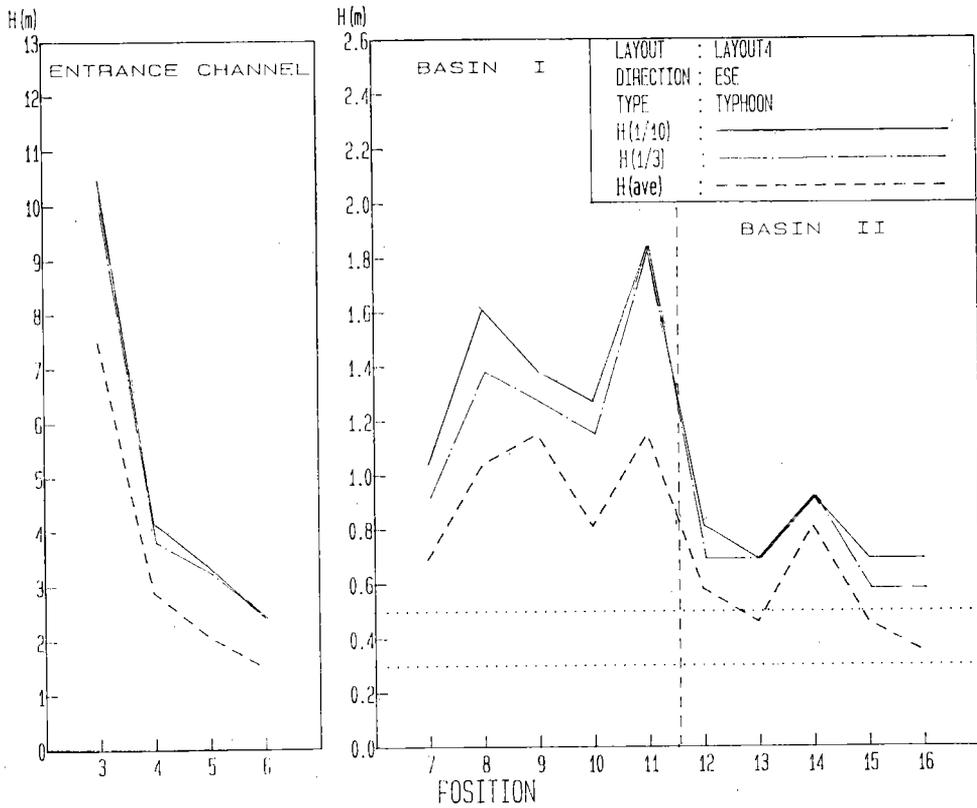


圖 4-17 配置方案4, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線

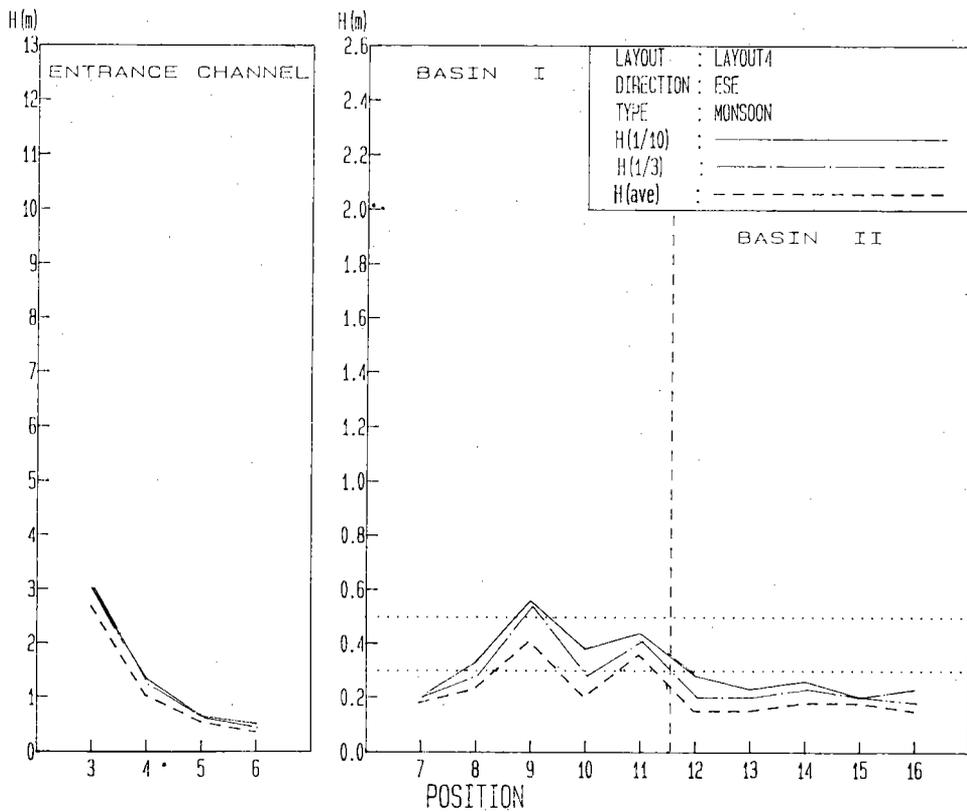


圖 4-18 配置方案4, 季節風ESE方向波浪波高分佈曲線

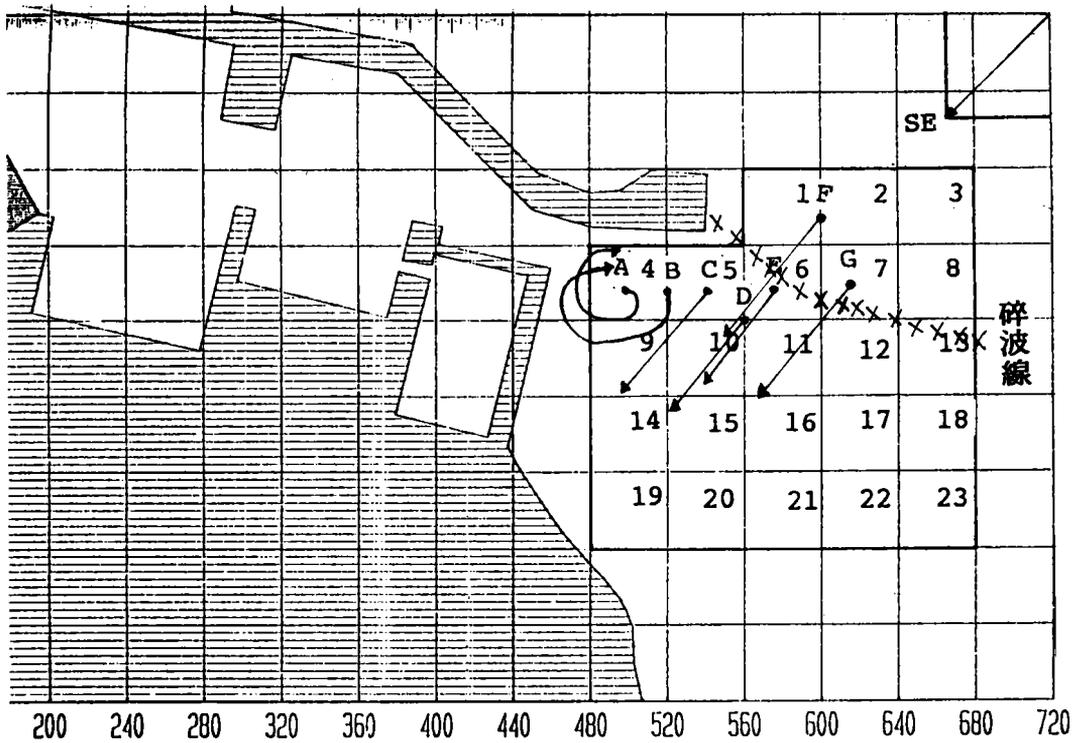


圖 4-19 配置方案5, 颱風SE方向波浪港口流向示意圖

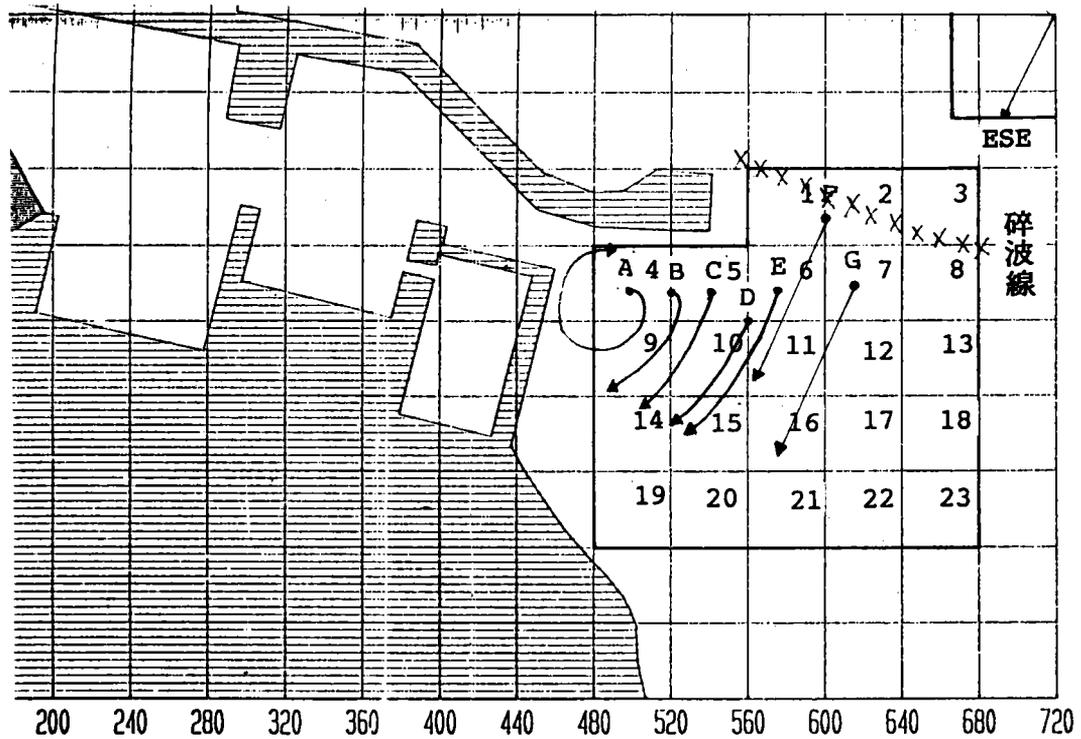


圖 4-20 配置方案5, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖

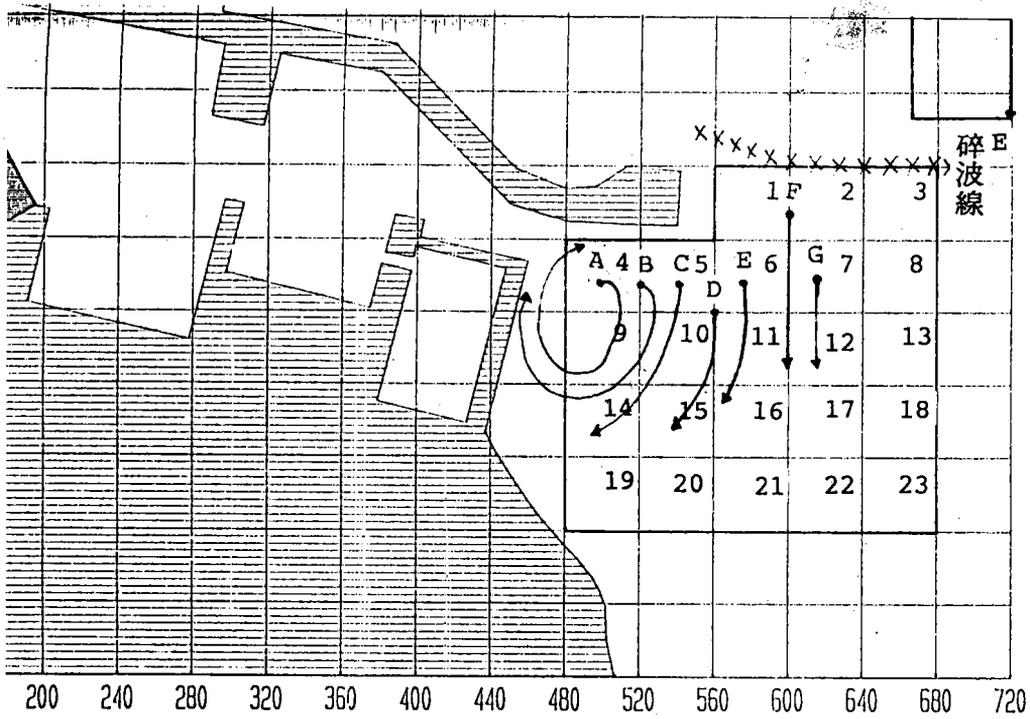


圖 4-21 配置方案5, 颱風E方向波浪港口流向示意圖

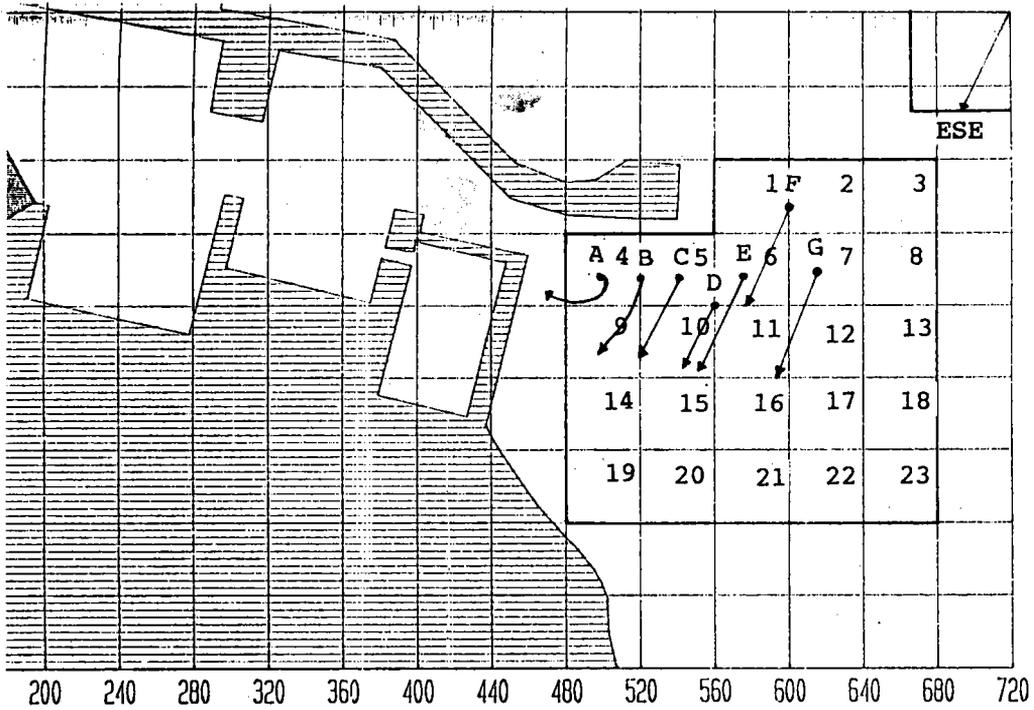


圖 4-22 配置方案5, 季節風ESE方向波浪港口流向示意圖

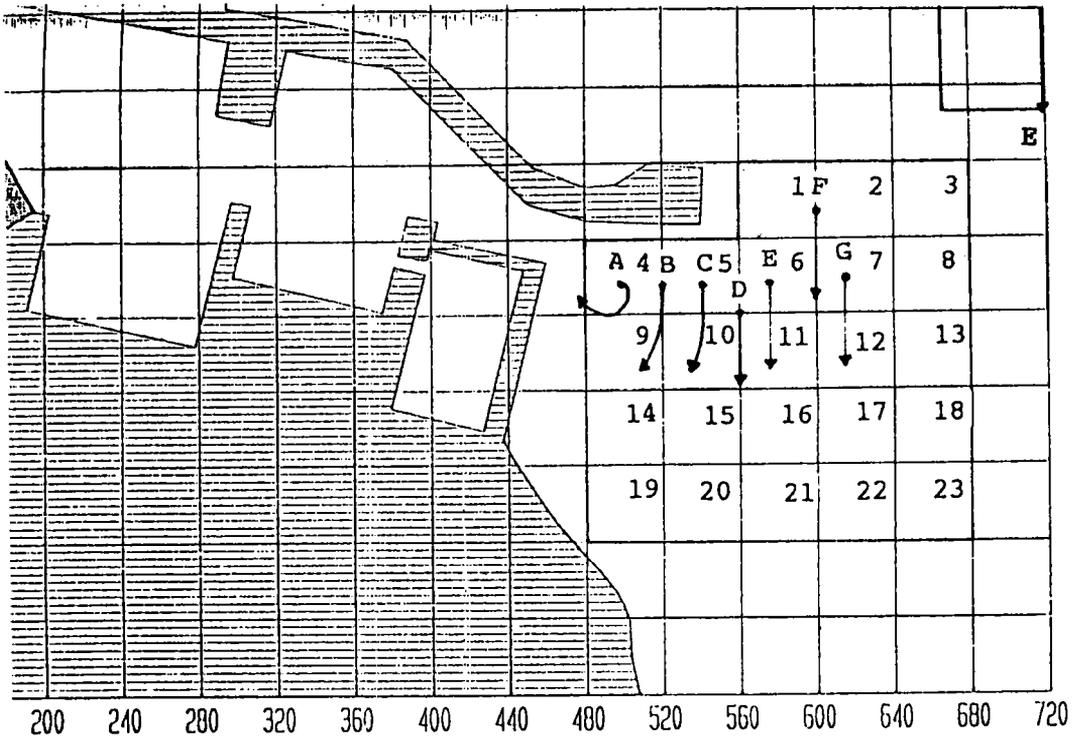


圖 4-23 配置方案5, 季節風E方向波浪港口流向示意圖

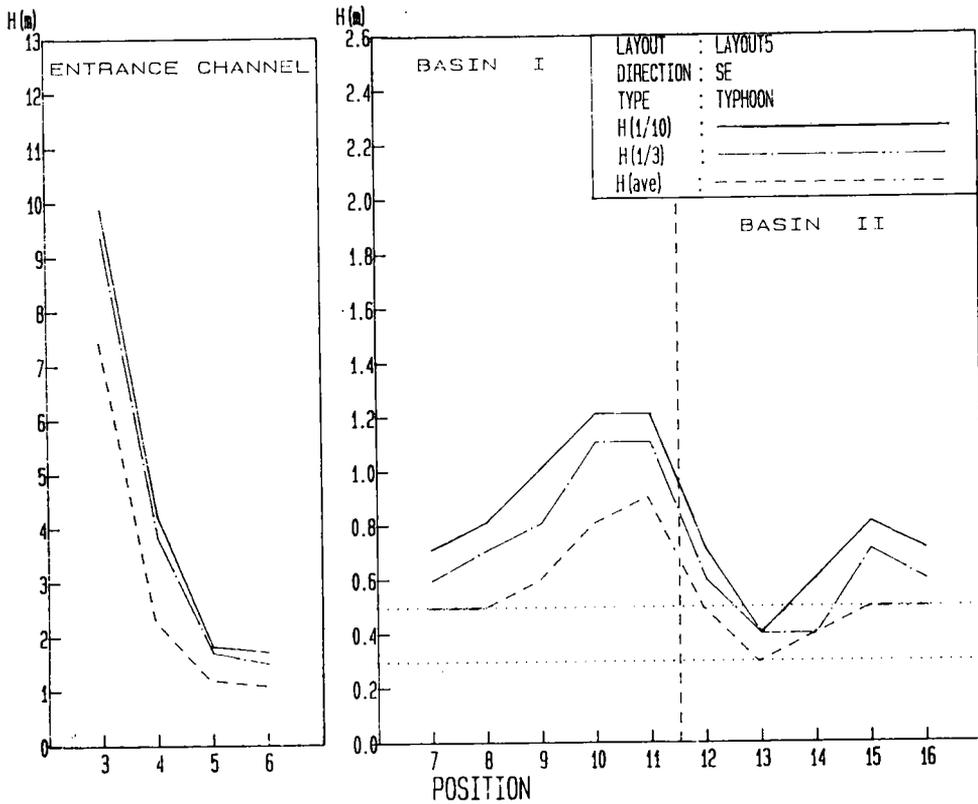


圖 4-24 配置方案5, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖

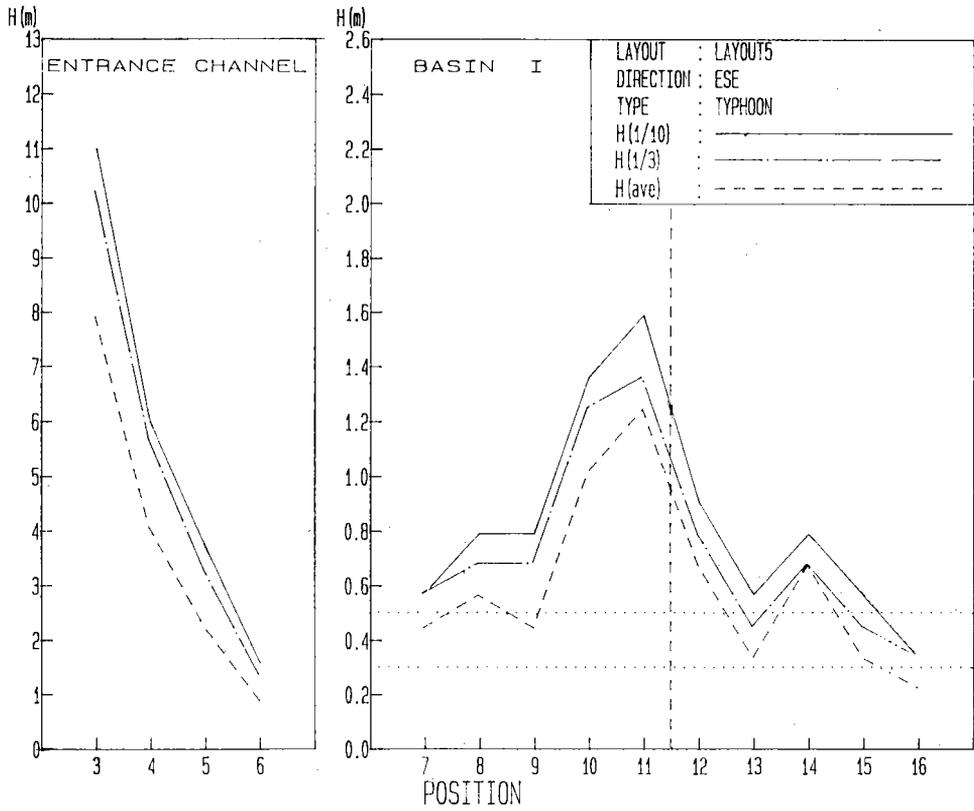


圖 4-25 配置方案5, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

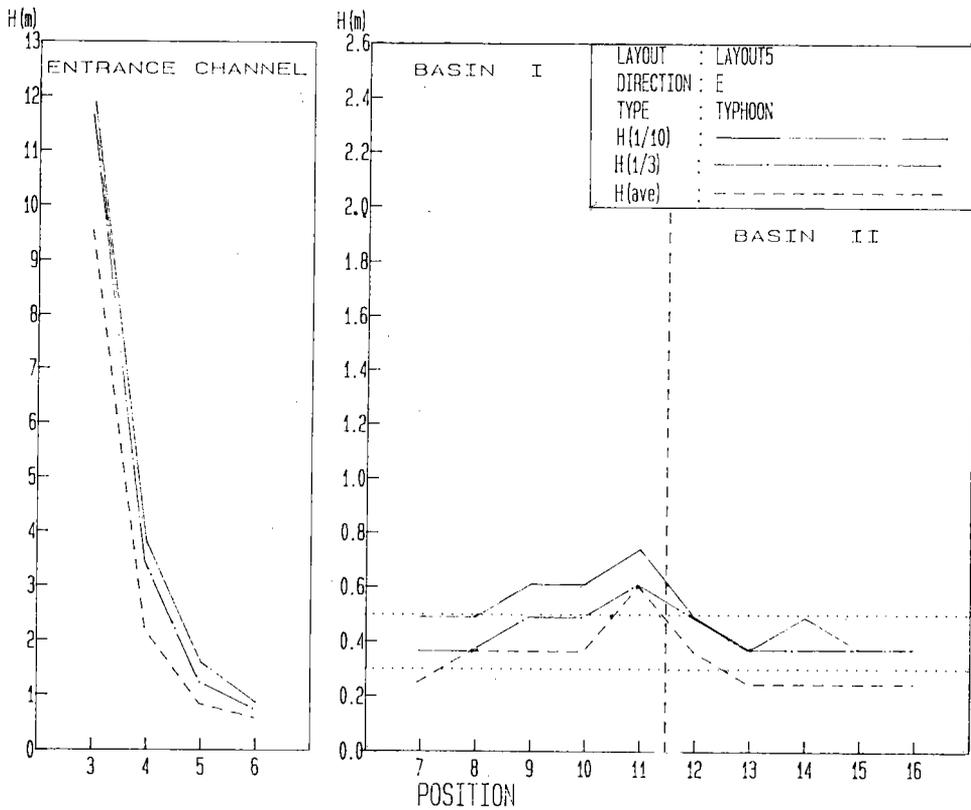


圖 4-26 配置方案5, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖

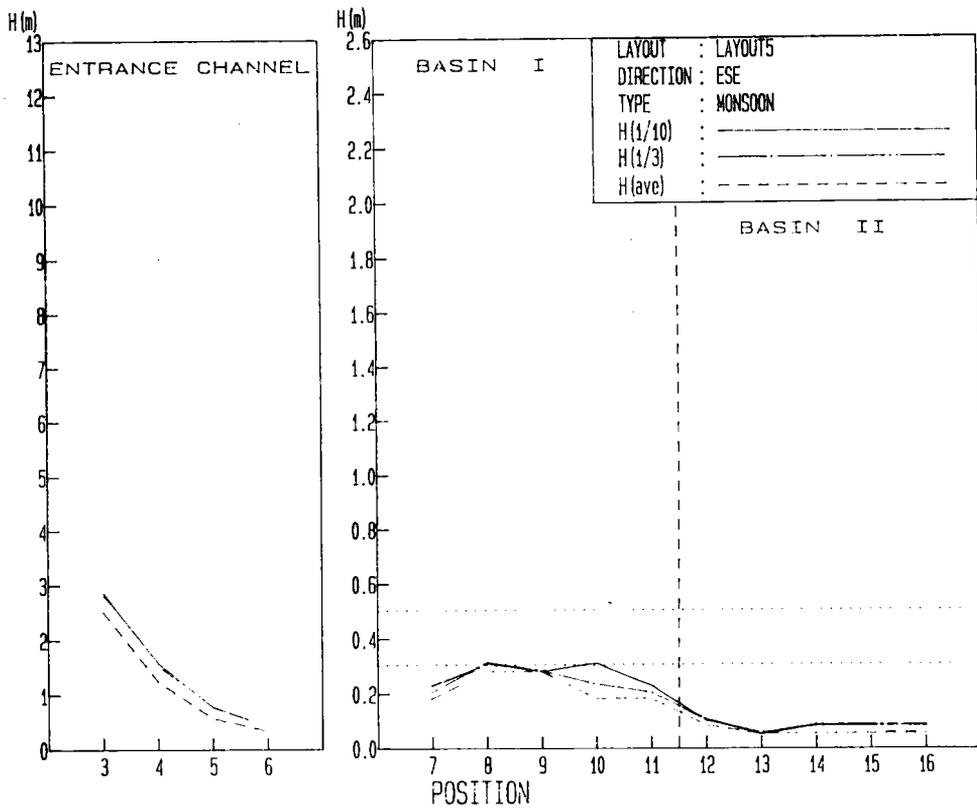


圖 4-27 配置方案5, 季節風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

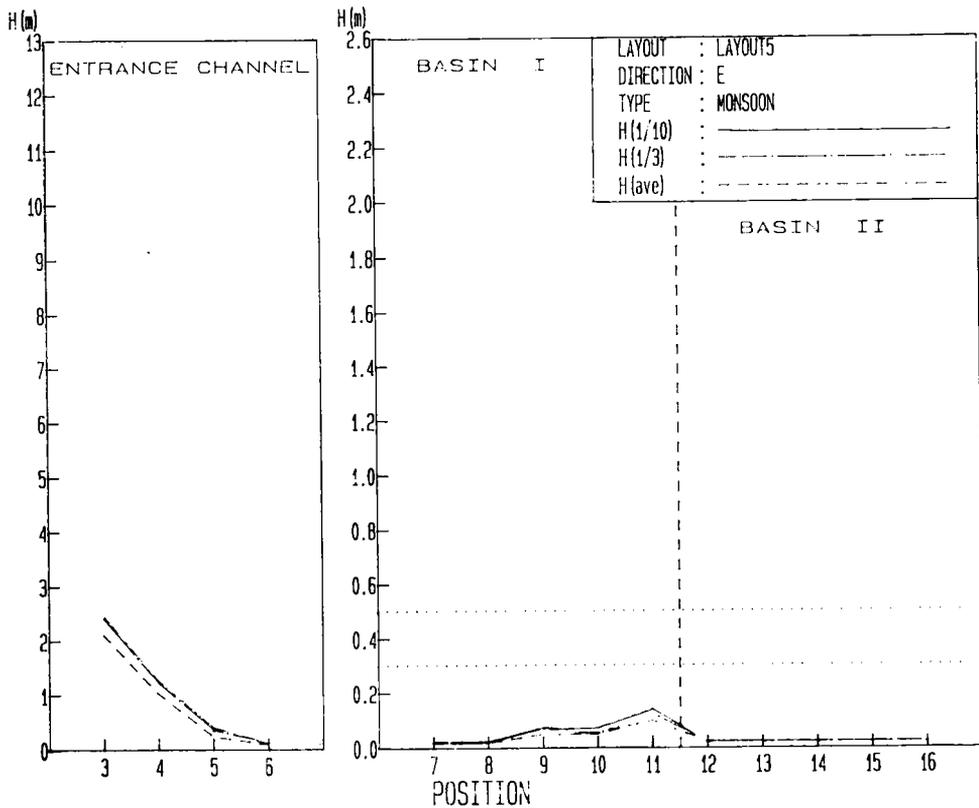


圖 4-28 配置方案5, 季節風E方向波浪波高分佈曲線圖

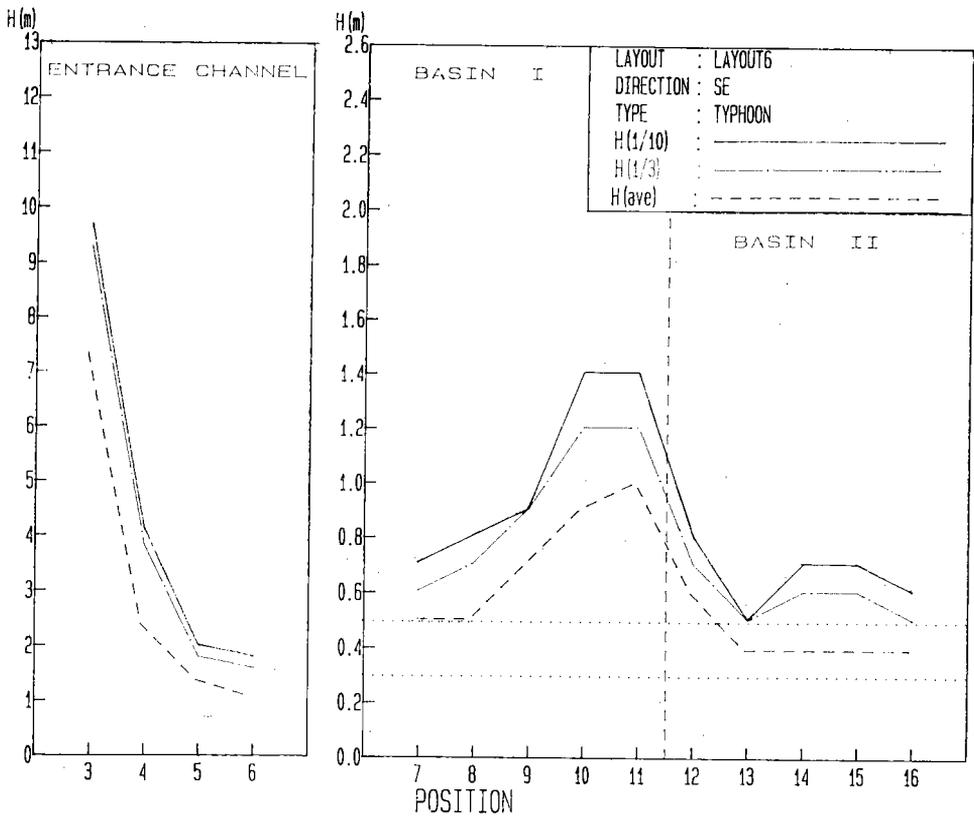


圖 4-29 配置方案6, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖

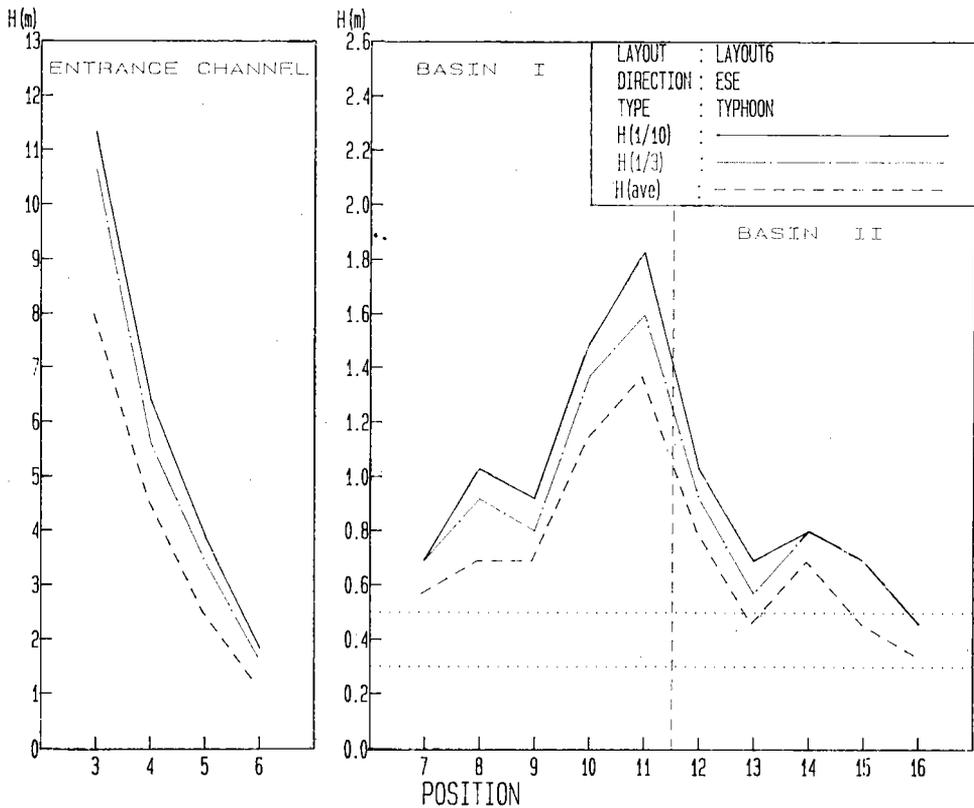


圖 4-30 配置方案6, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

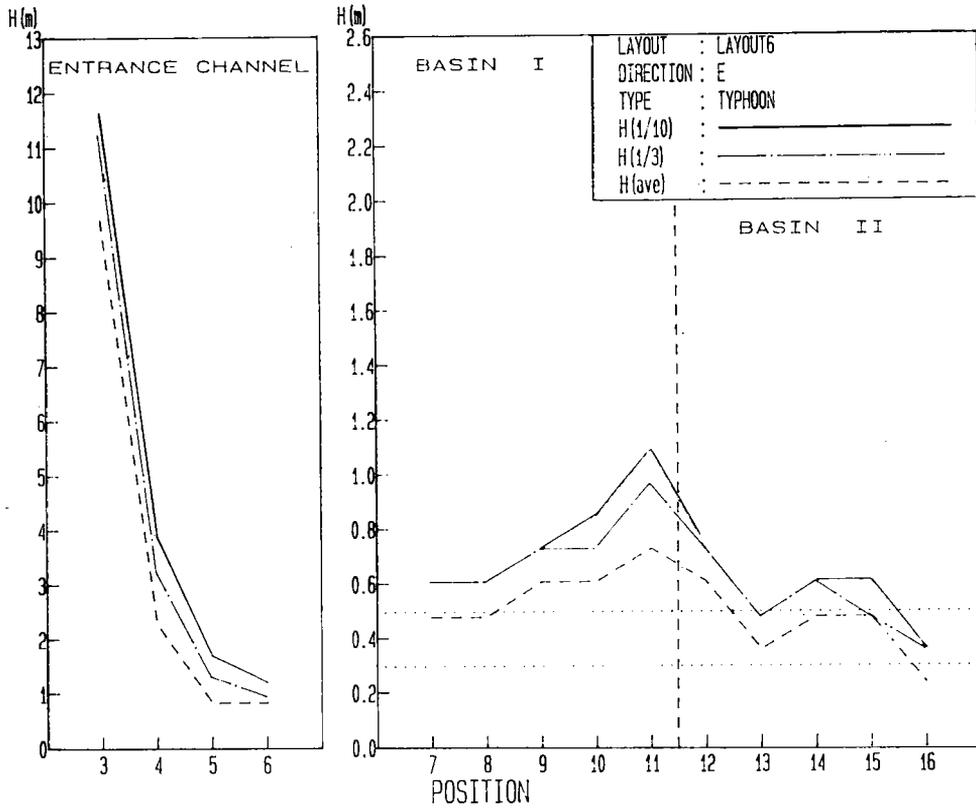


圖 4-31 配置方案6, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖

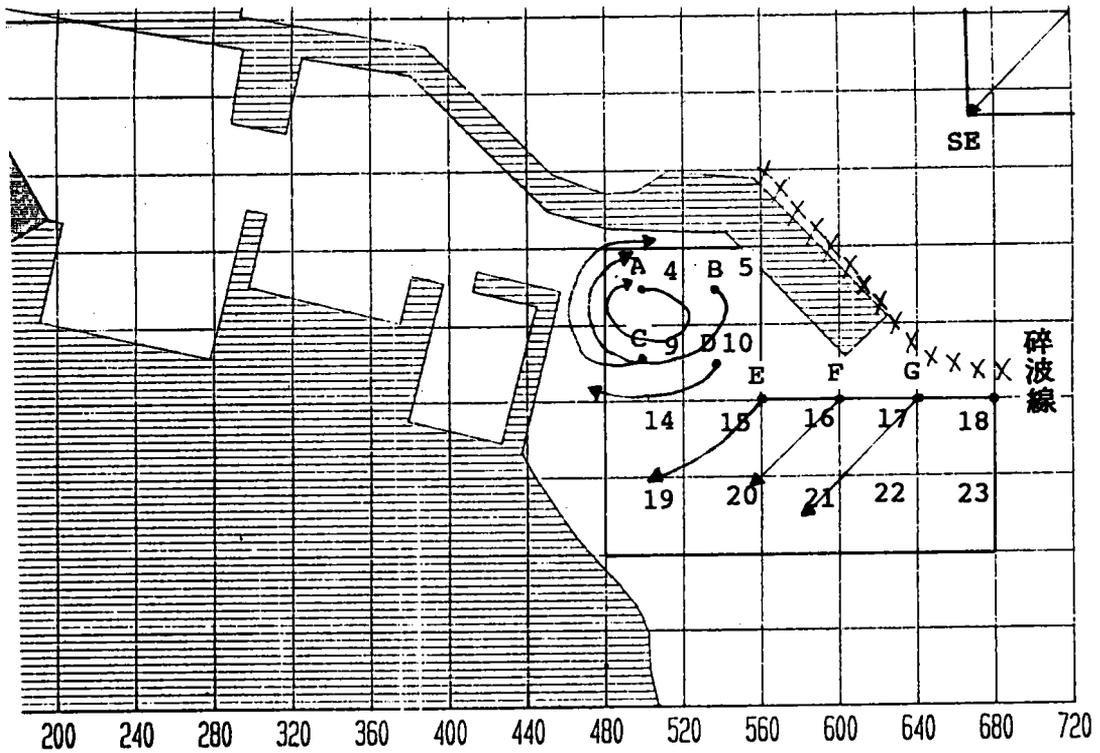


圖 4-32 配置方案7, 颱風SE方向波浪港口流向示意圖

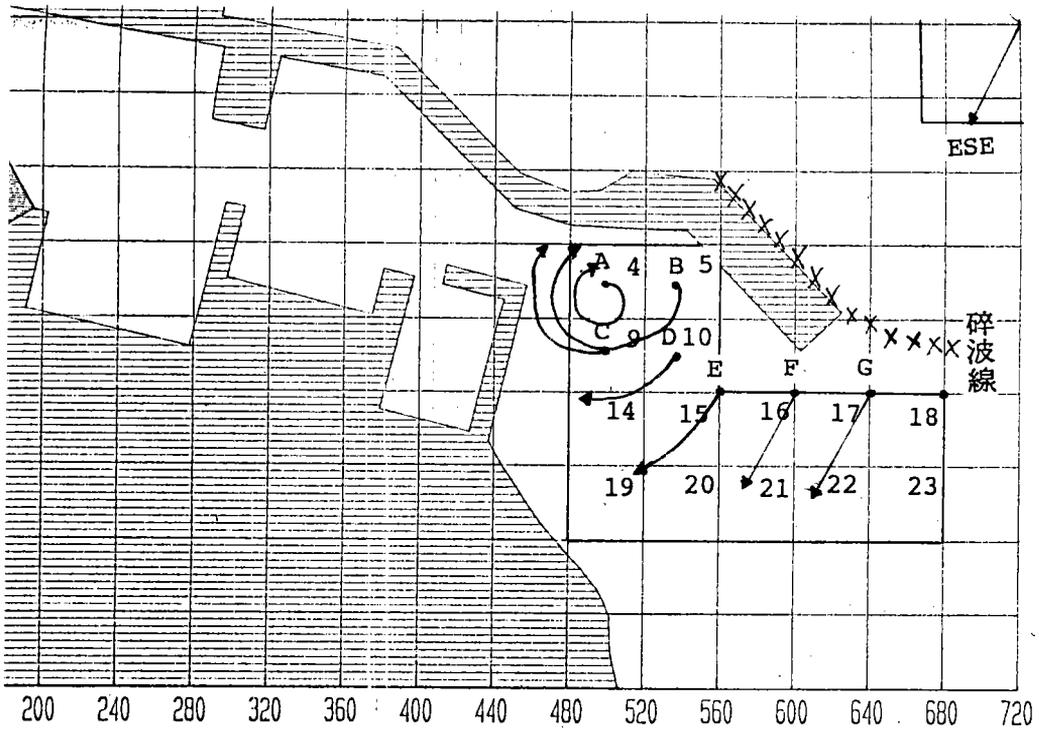


圖 4-33 配置方案7, 颱風ESE方向波浪港口流向示意圖

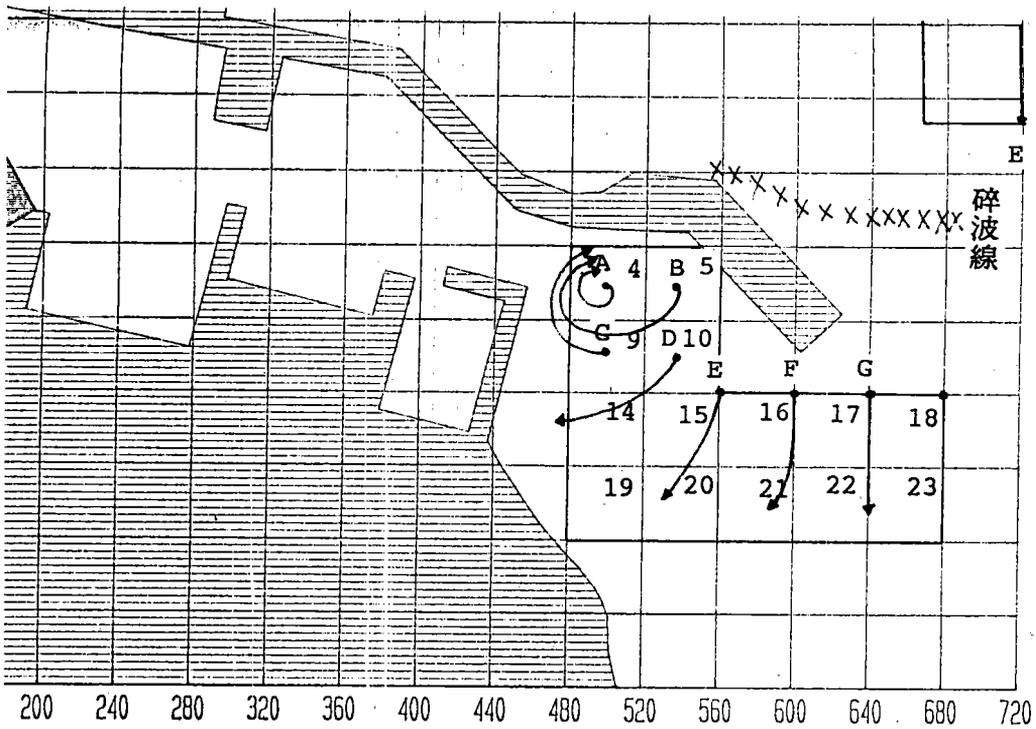


圖 4-34 配置方案7, 颱風E方向波浪港口流向示意圖

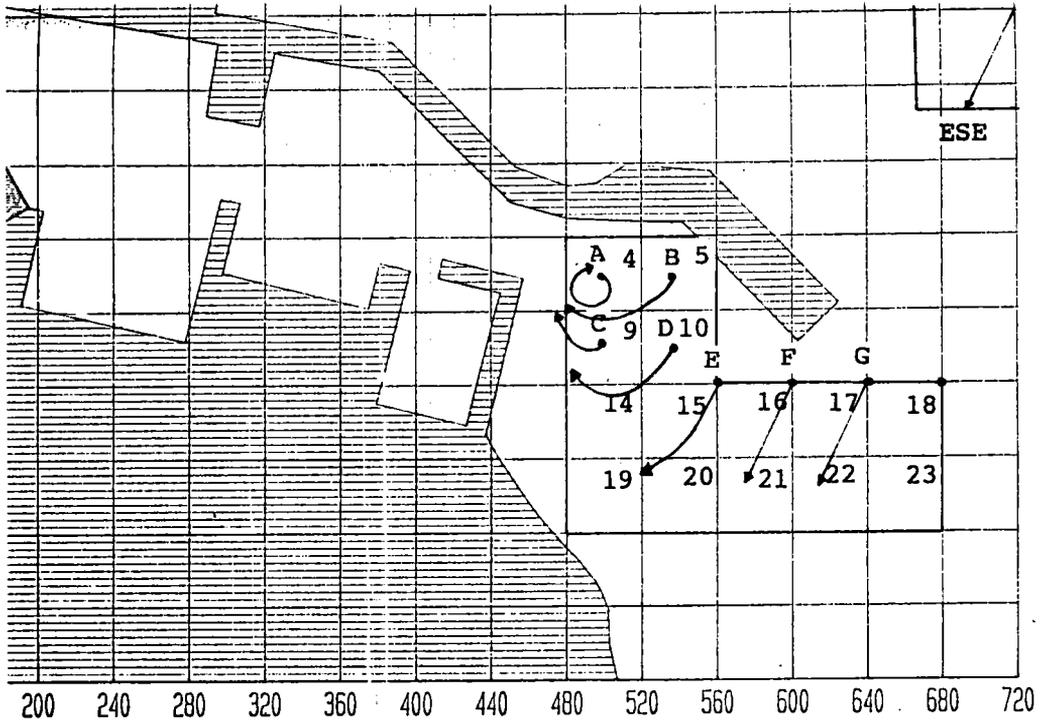


圖 4-35 配置方案7, 季節風ESE方向波浪港口流向示意圖

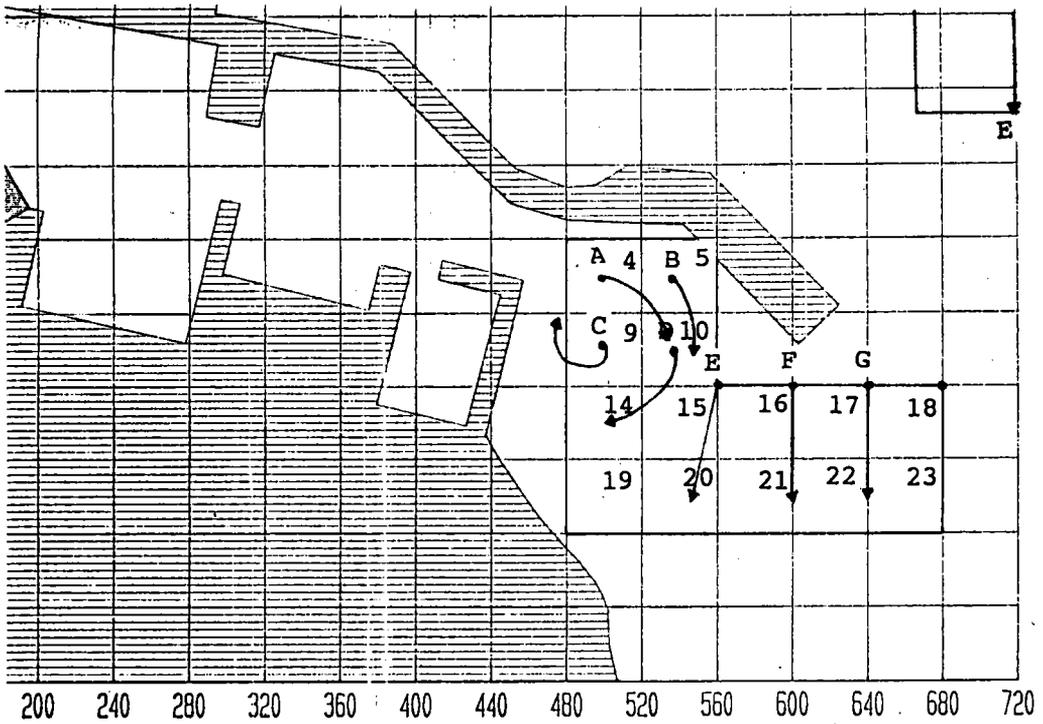


圖 4-36 配置方案7, 季節風E方向波浪港口流向示意圖

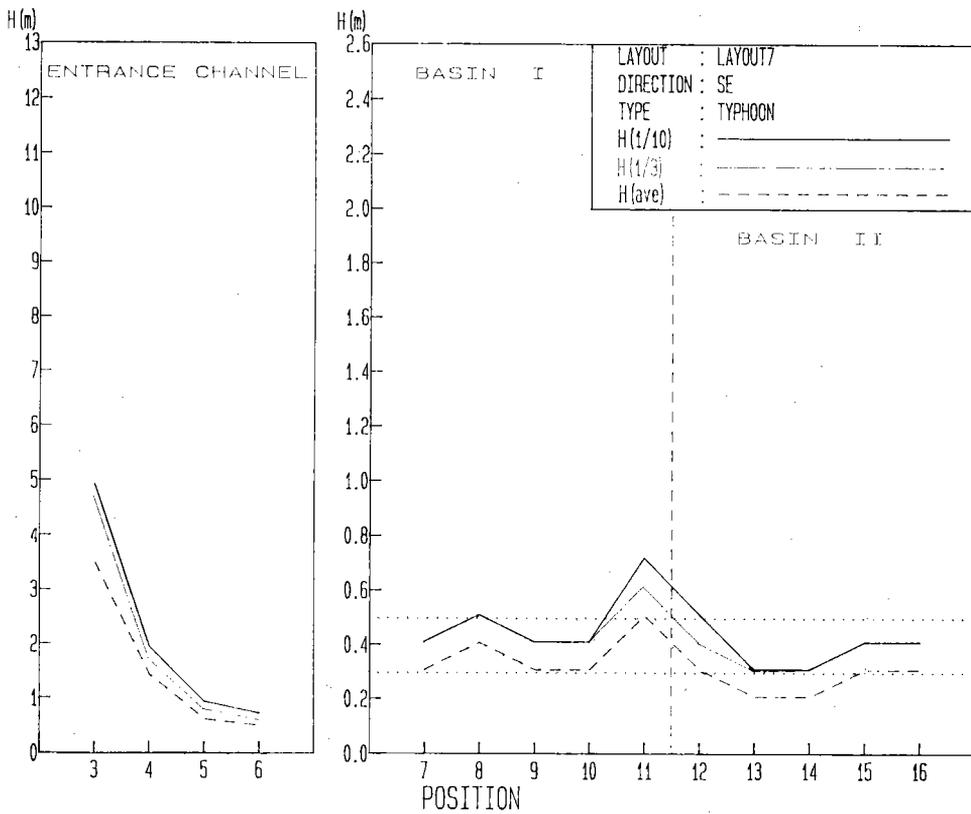


圖 4-37 配置方案7，颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖

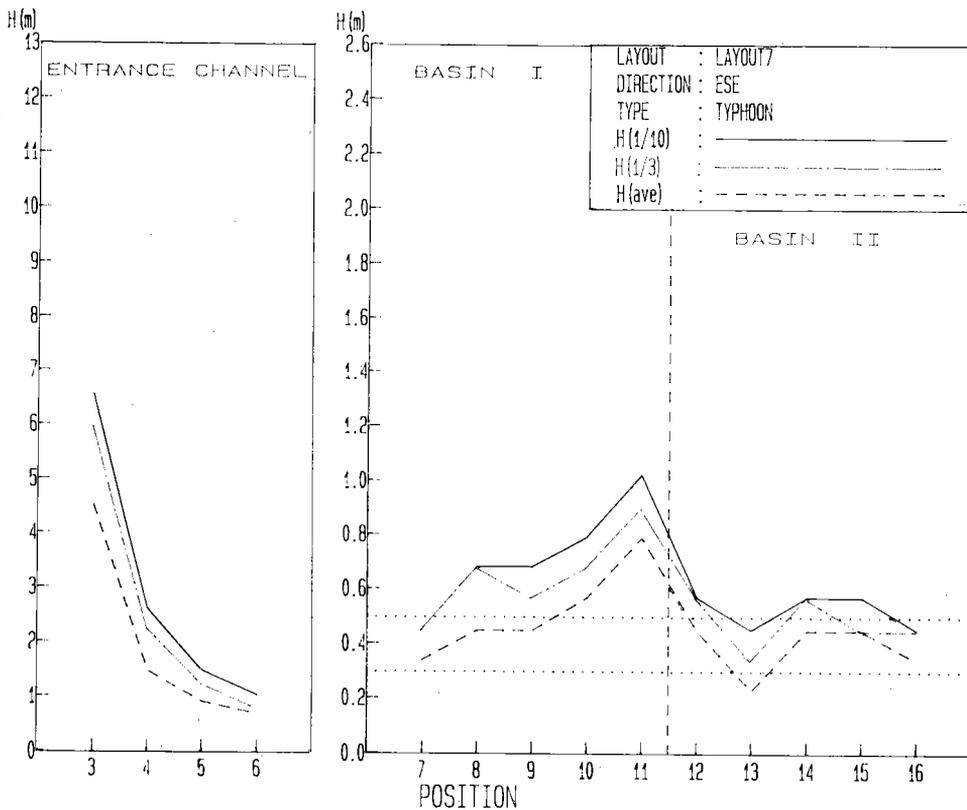


圖 4-38 配置方案7，颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

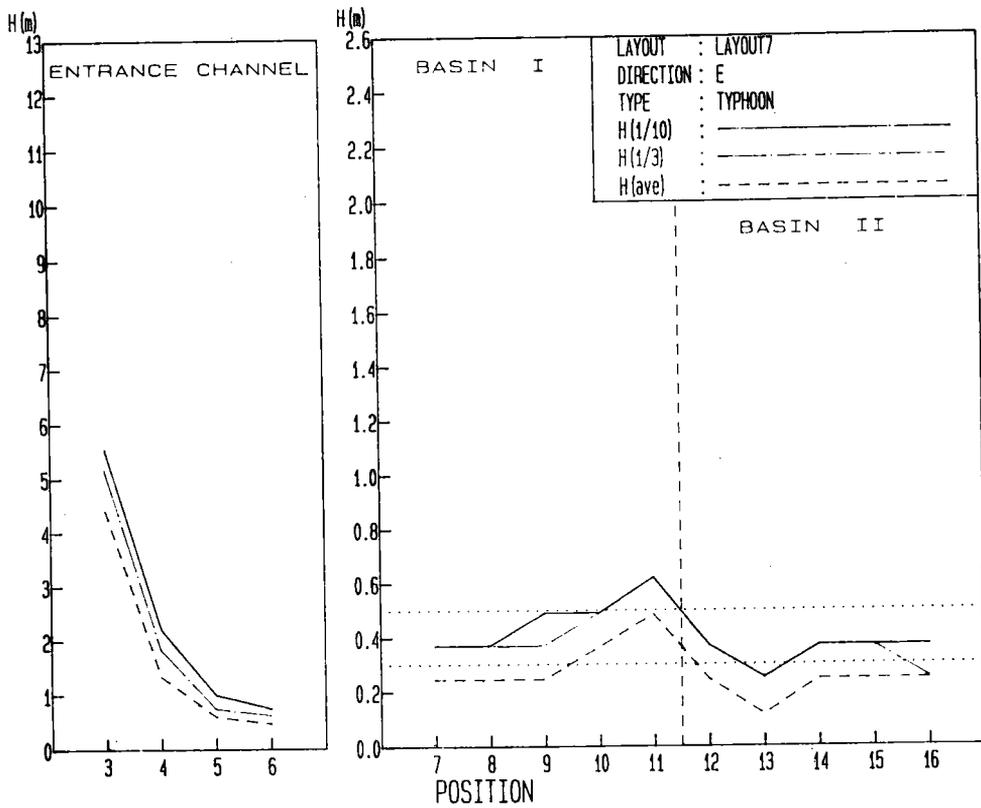


圖 4-39 配置方案7, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖

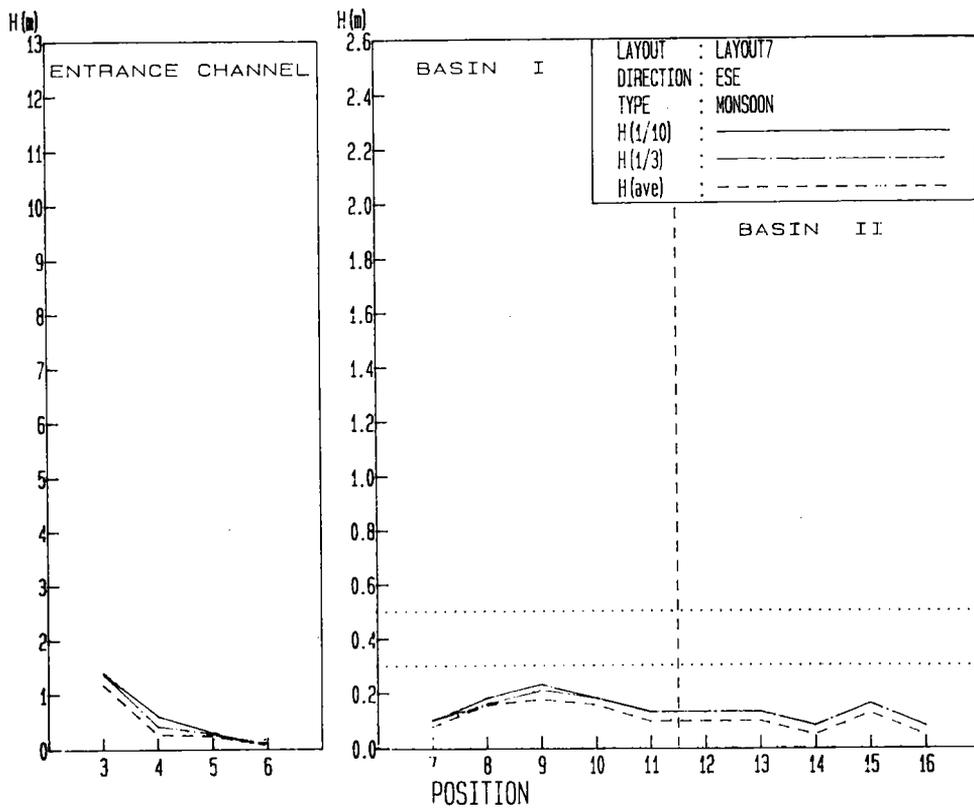


圖 4-40 配置方案7, 季節風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

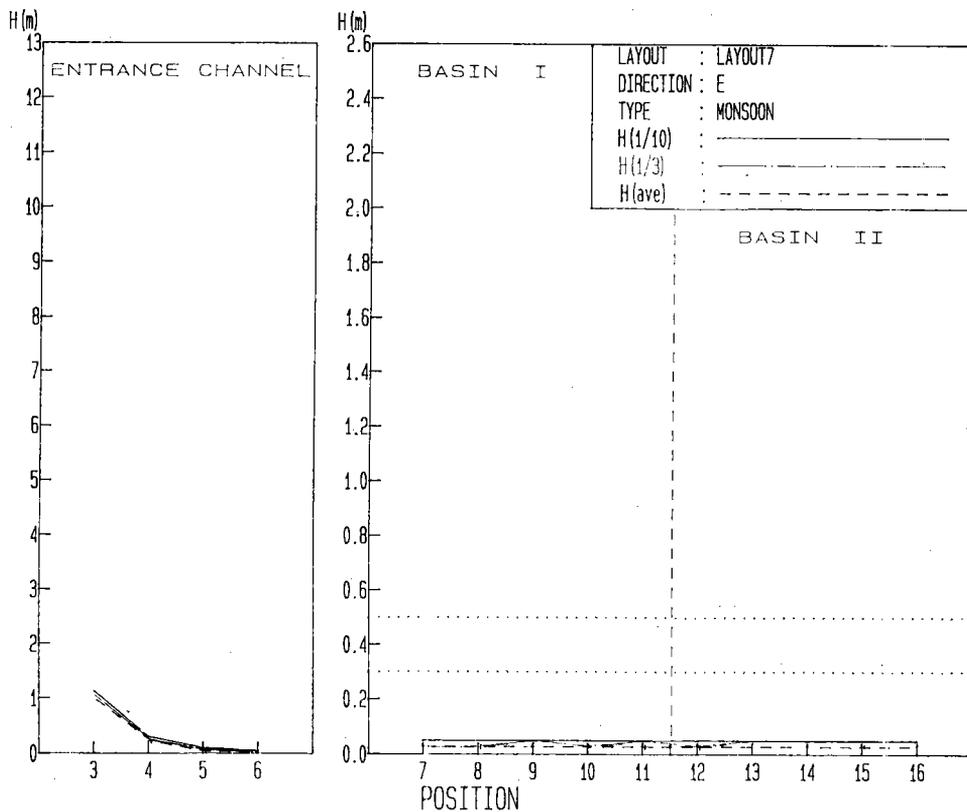


圖 4-41 配置方案7, 季節風E方向波浪波高分佈曲線圖

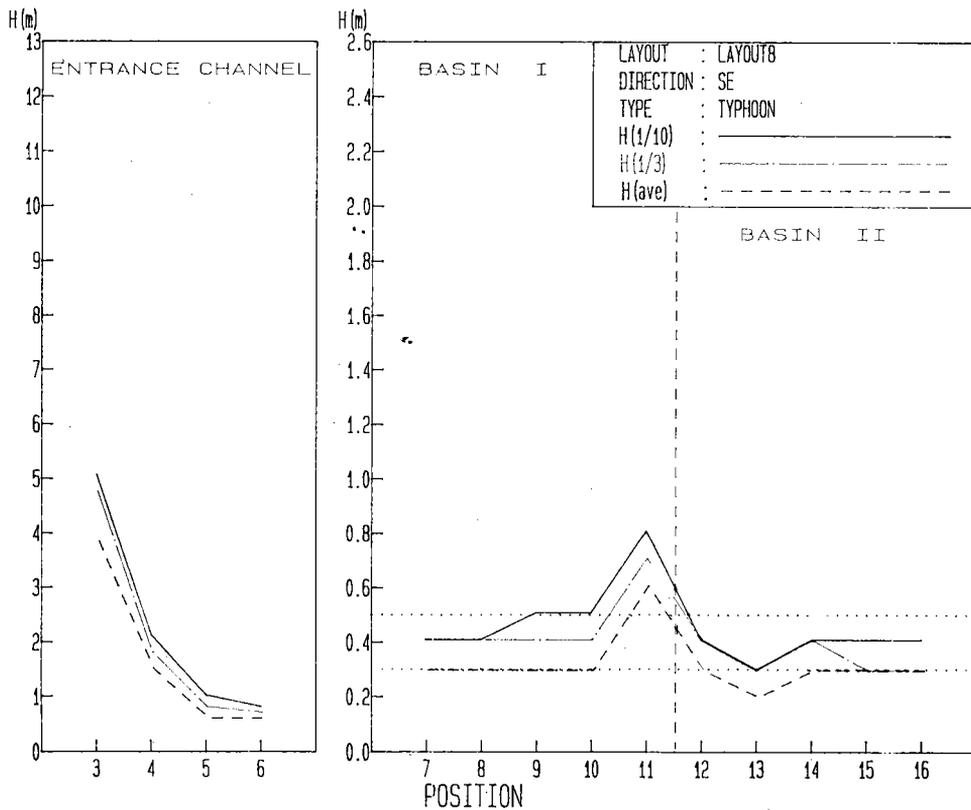


圖 4-42 配置方案8, 颱風SE方向波浪波高分佈曲線圖

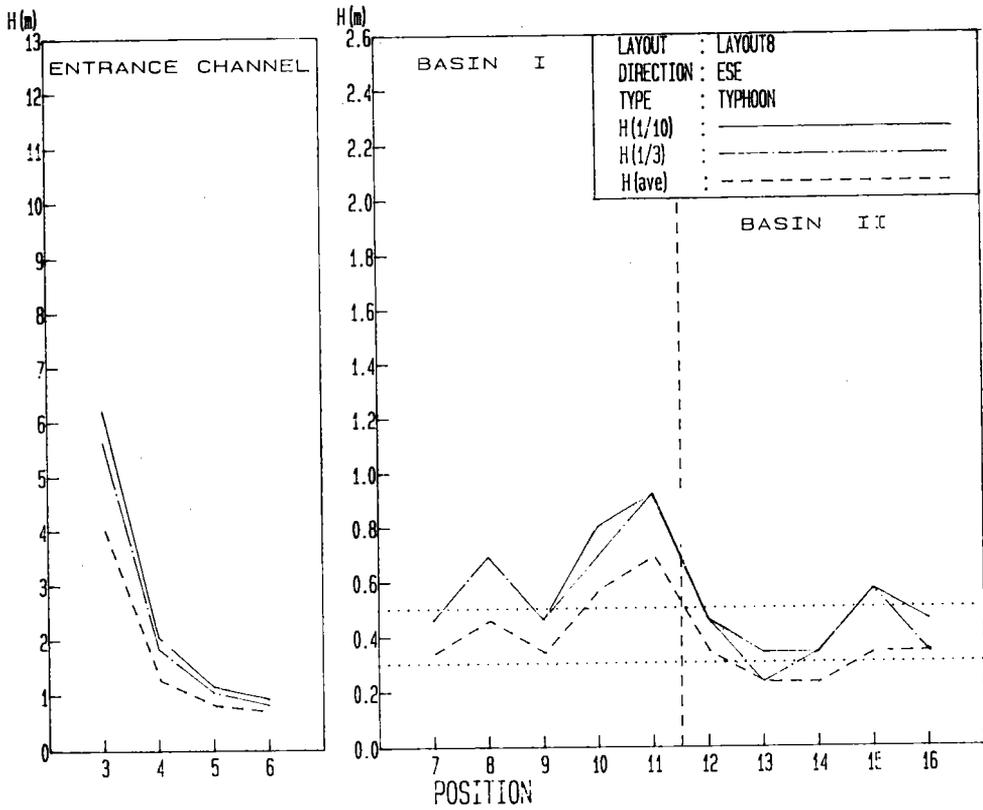


圖 4-43 配置方案8, 颱風ESE方向波浪波高分佈曲線圖

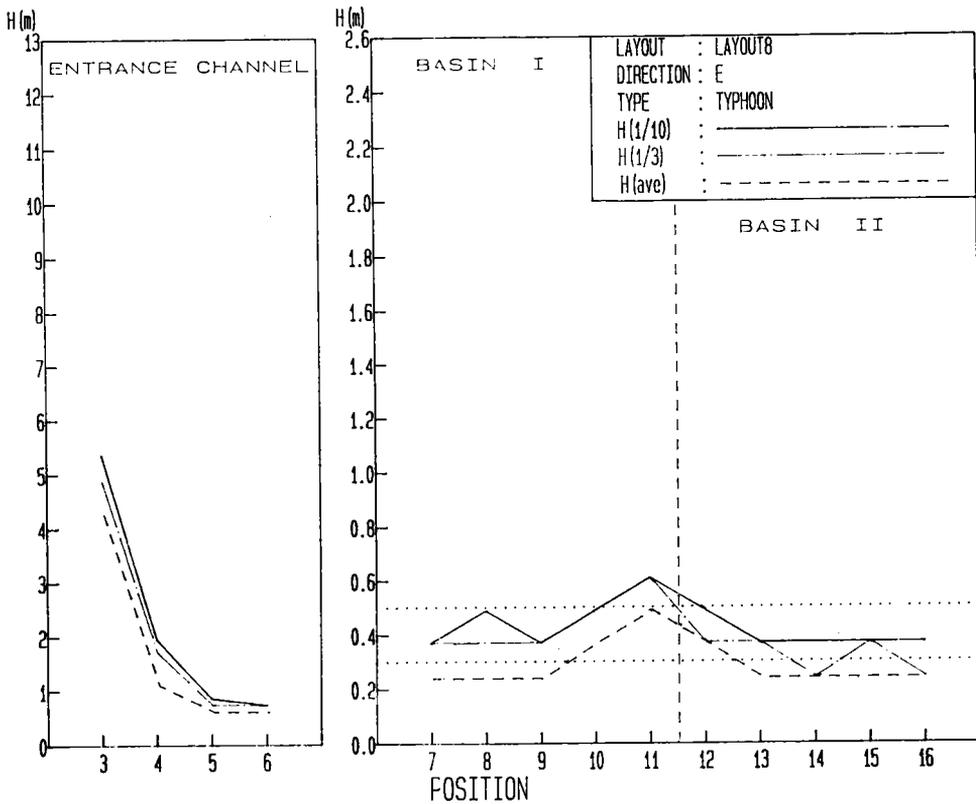


圖 4-44 配置方案8, 颱風E方向波浪波高分佈曲線圖

第五章 結論與建議

第五章 結論與建議

綜合以上各種配置方案試驗結果，可得下列數點結論及建議

1. 貴府根據台灣漁技顧問社，所研擬正執行有關伽藍漁港擴建方案計劃（即本試驗研究配置方案1），經試驗結果顯示
 - (1) 越波觀測試驗，颱風波浪侵襲時，因擴建計劃主體工程外廓堤防頭附近堤頂設計高度為+9.0^m，較其他斷面堤頂高度+12.0^m為低，且SE、ESE、與E等三個方向颱風波浪均在堤頭附近碎波，故當颱風波浪入侵時，均有越波現象，尤以颱風ESE與E方向波浪，因入射波高較大，越波現象較為嚴重，而季節風波浪來襲時，試驗結果顯示，並無越波現象產生。
 - (2) 港口附近水域流向觀測試驗顯示，颱風波浪侵襲時，由於受堤頭越波以及波浪碎波後湧至之水量受繞射波浪影響，在港口附近水域均產生一順鐘向迴流；而季節風波浪來臨時，情況亦然，惟規模較小。蓋迴流產生之主要原因是受碎波線位置與港口附近地形以及波浪繞射之影響。
 - (3) 港口、港內附近水域波高量測試驗結果顯示，當颱風SE與ESE方向波浪入侵時，港內水域 I 區與 II 區波高分佈均遠超過颱風容許波高要求50^m範圍，兩者以ESE方向港內水域波高分佈較大，尤其在CH11位置處，因受突出碼頭岸壁反射影響波高更達1.8^m左右，而颱風E方向波浪侵襲時，因擴建方案外廓防波堤堤線佈置對E方向波浪遮蔽效果遠較SE與ESE方向波浪為佳，故港內 I 區波高分佈介於0.4^m~0.7^m間，稍大於容許波高要求，但舊港區處則略低於此要求，且港內 II 區波高分佈則能符合要求；有關季節風波浪試驗，當面對ESE方向季節風波浪侵襲時，試驗結果顯示，港內 I 區波

高分佈未能符合要求，惟舊港區內水域波高則可符合要求，而港內Ⅱ區水域波高分佈則介於0.2^m~0.4^m間略大於容許波高，而季節風E方向波浪入侵時，港內Ⅰ、Ⅱ區均能符合容許波高30^{cm}要。

2. 配置方案 8則為本所針對貴府目前執行擴建方案試驗結果研擬之改善建議，如欲獲致港內容許波高、颱風時為50^{cm}，平常為30^{cm}要求，本所建議擴建方案外廓堤防應沿堤頭主線再延伸15^m，然後轉S42° 30' W 方向延伸100^m且堤頂高度均為+12.0^m。試驗結果顯示，此改善建議方案越波現象已顯著改善將不會影響航行安全，港口流向觀測試驗顯示，雖然在港口附近水域仍有一順鐘向迴流存在，此乃受地形及波浪繞射影響惟流況較為穩定。而港內水域波高分佈在颱風SE與 E方向波浪作用時，除CH11位置波高值較大外，其餘水域皆已符合颱風波浪容許波高要求範圍，而颱風ESE方向波浪作用時，試驗結果顯示，港內Ⅰ區波高分佈仍嫌偏高，建議此波向颱風波浪侵襲時，船隻應進入港內Ⅱ區或舊港區內泊地避難；至於季節風波浪方面，港內Ⅰ、Ⅱ區波高分佈則皆符合容許波高要求。

3. 貴府若受限於工程經費問題，短期內若仍以配置方案1為擴建方案，則本所建議舊港口處可暫時不必拆除(如配置方案5)，以確保季節風來臨時，港內船隻碇泊之安全，且外廓堤防內側突出碼頭區域則建議應改為棧橋式碼頭設計，以減少岸壁反射問題，且為減少越波現象，堤頭處堤頂應加高為+12.0^m；若臨颱風波浪侵襲時，則建議港內船隻應避入舊港內。

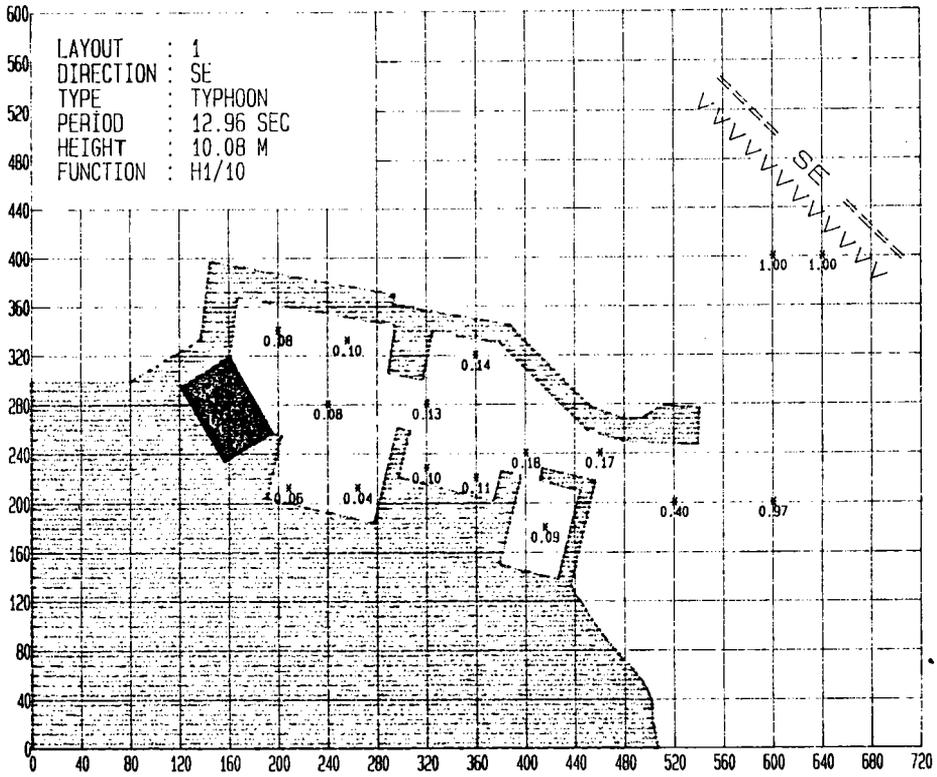


圖 A-1

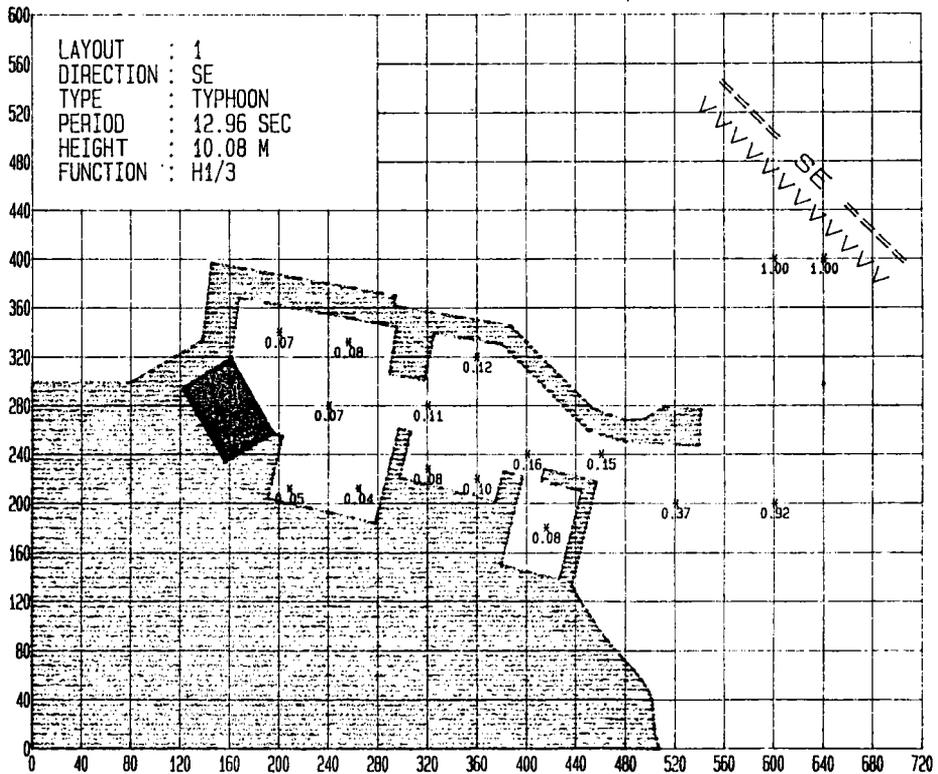


圖 A-2

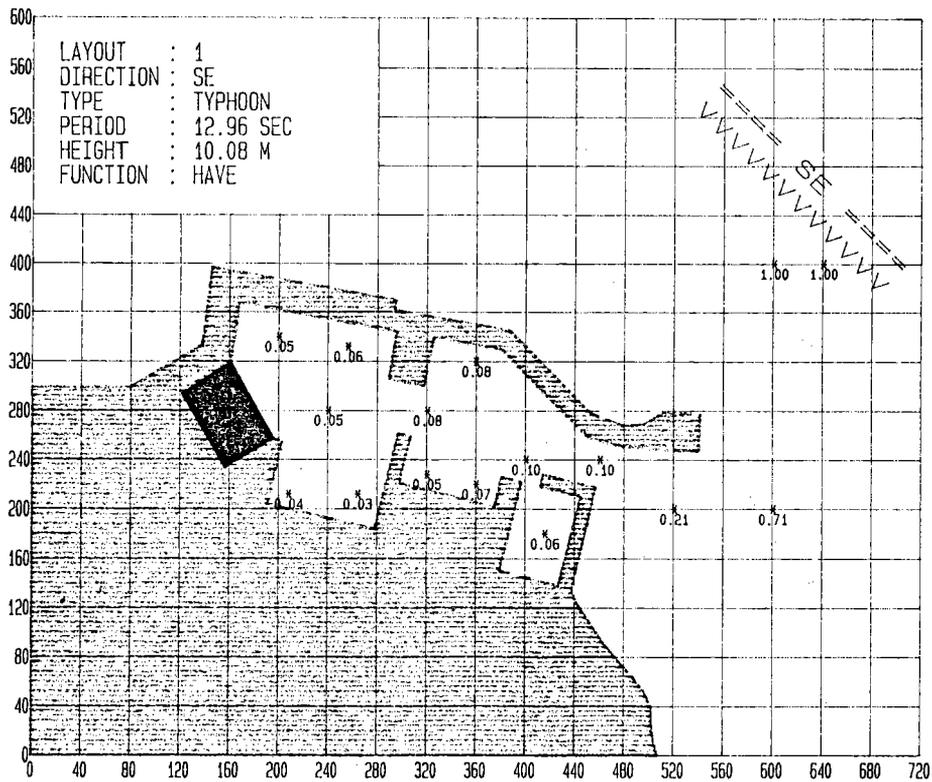


圖 A-3

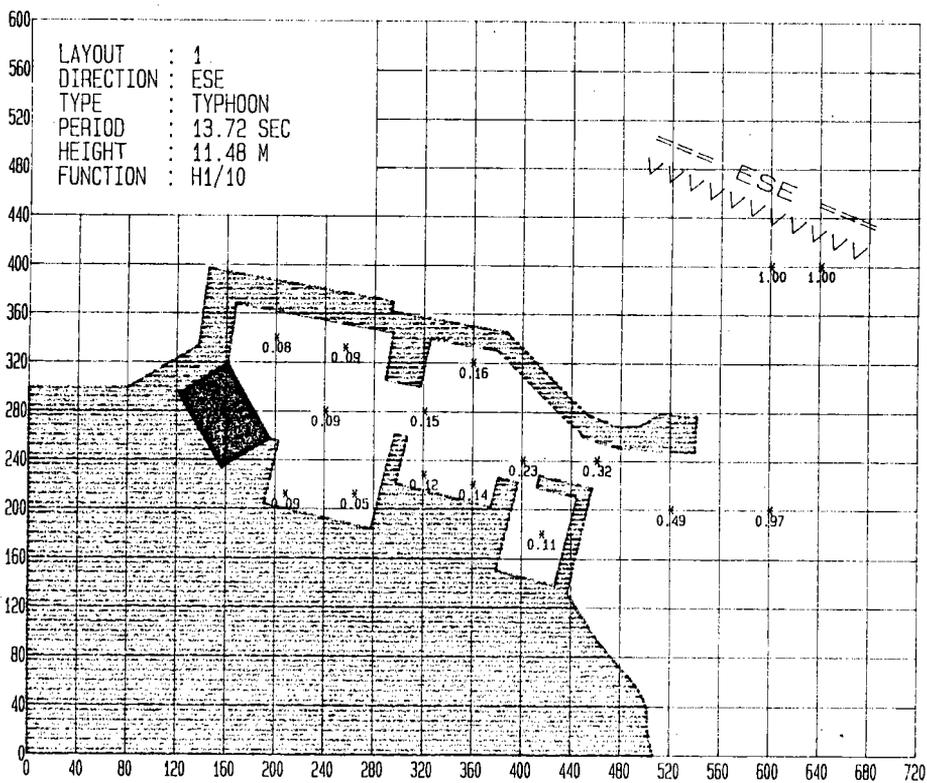
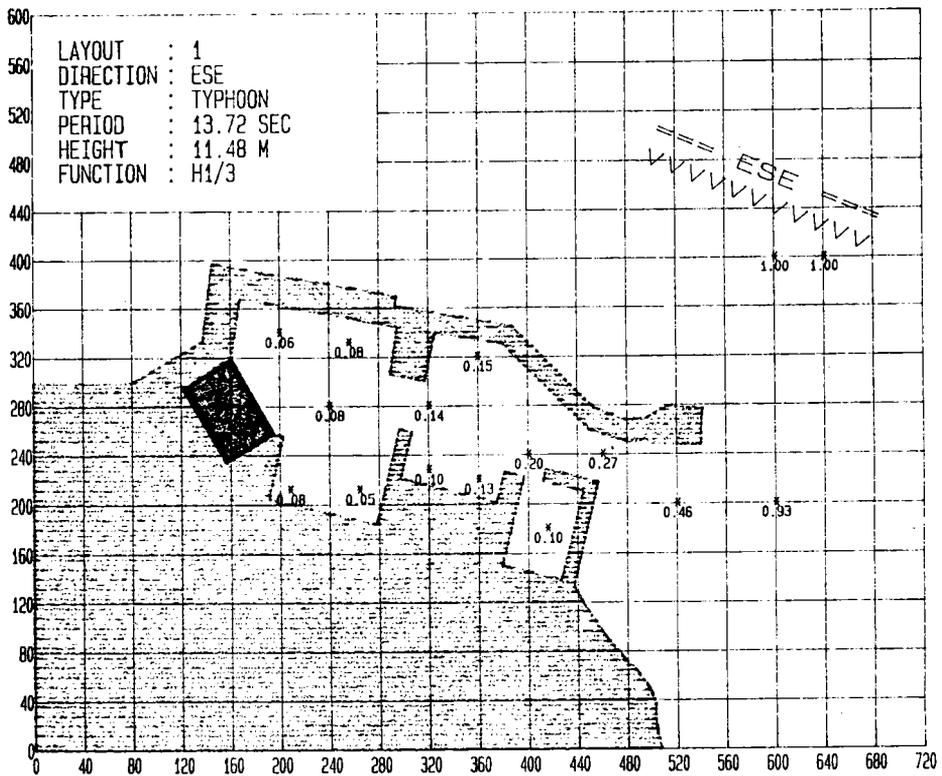
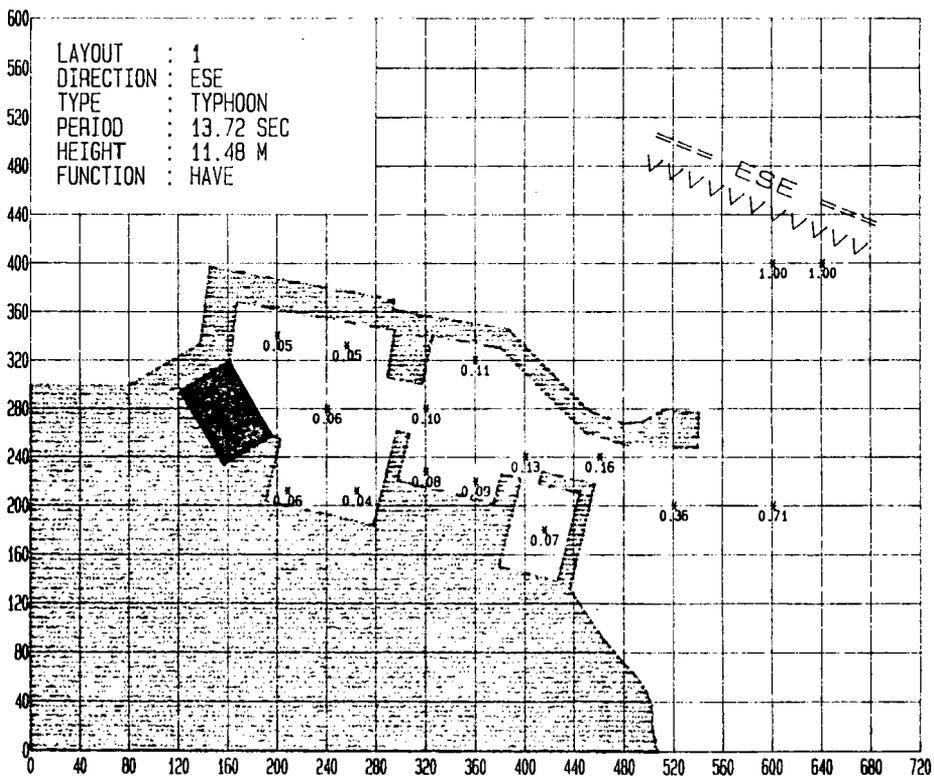


圖 A-4



■ A-5



■ A-6

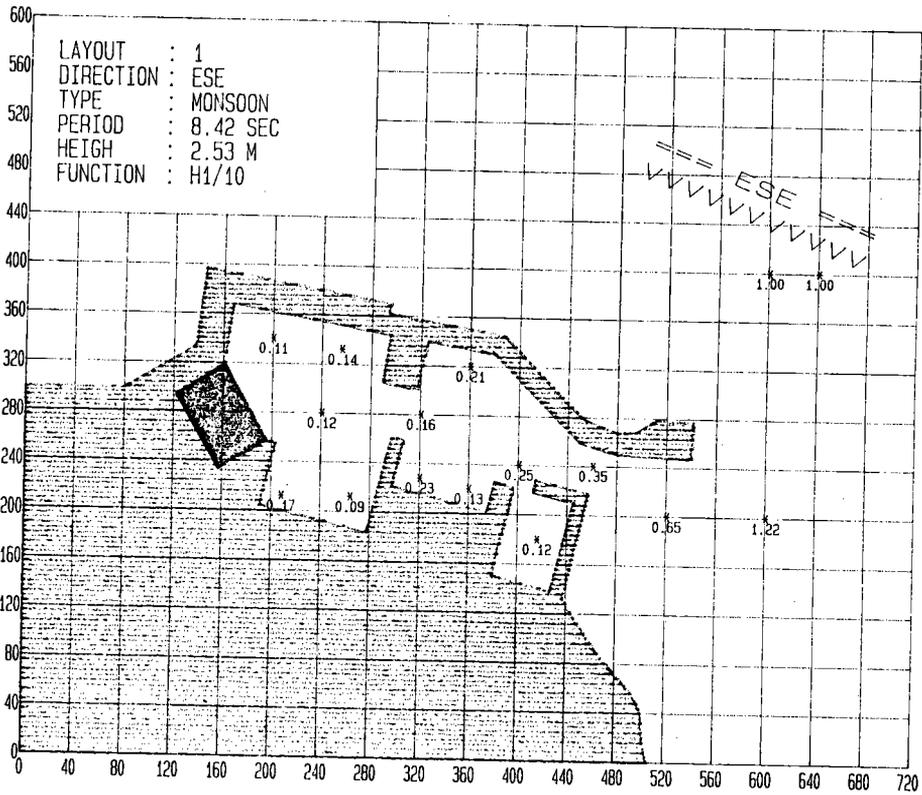


圖 A-7

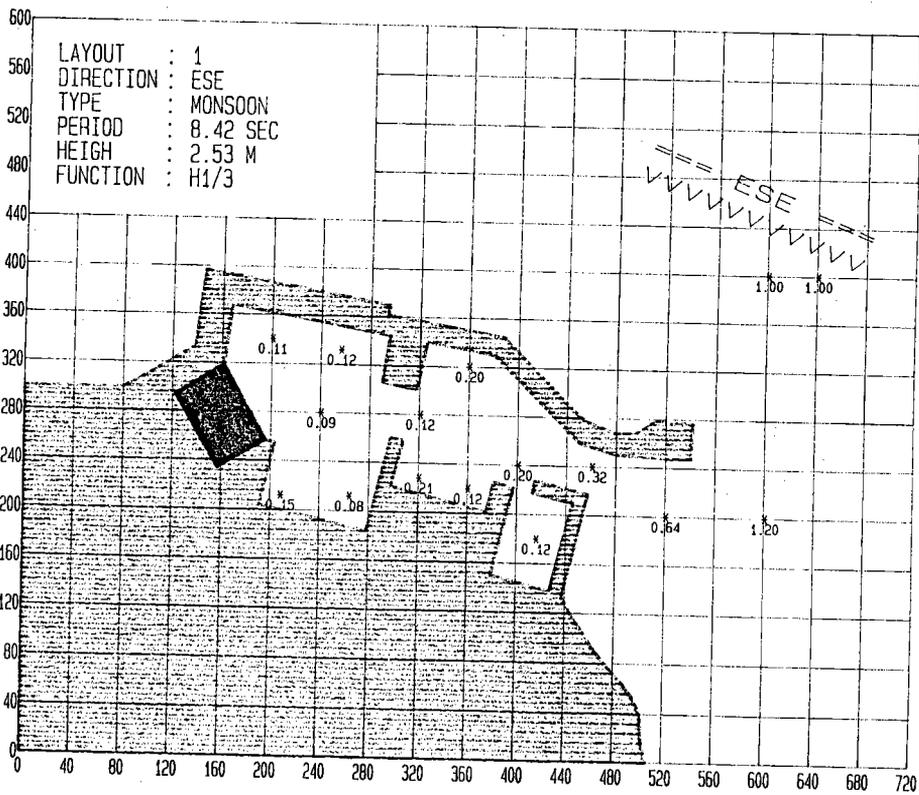


圖 A-8

附 錄

圖 A-1 ~	圖 A-15
圖 B-1 ~	圖 B-6
圖 C-1 ~	圖 C-6
圖 D-1 ~	圖 D-24
圖 E-1 ~	圖 E-24

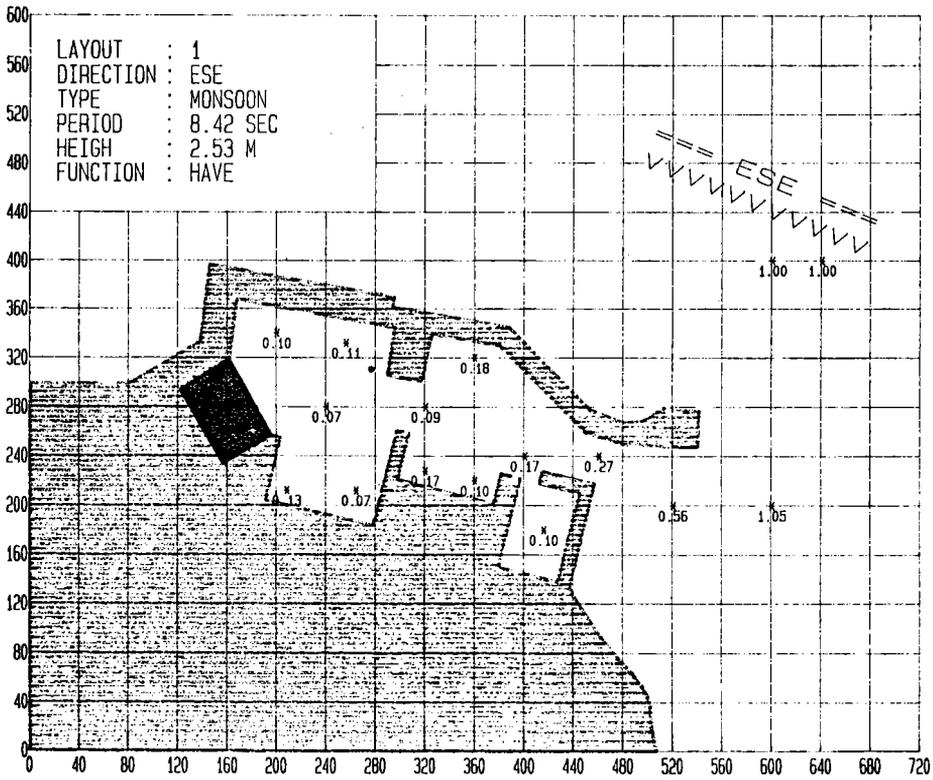


圖 A-9

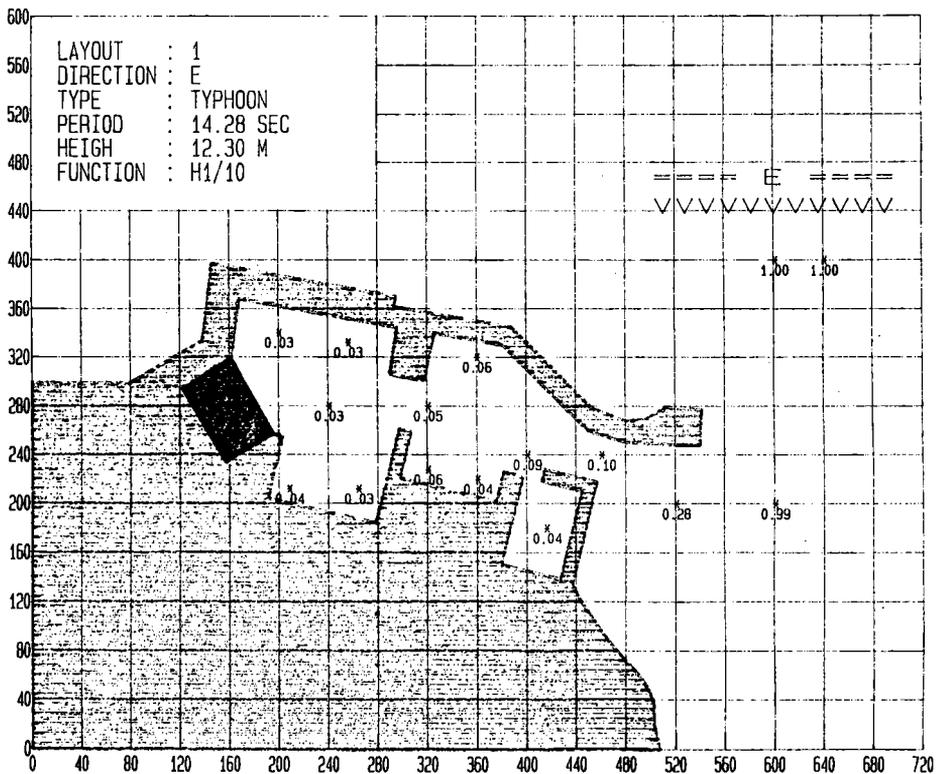


圖 A-10

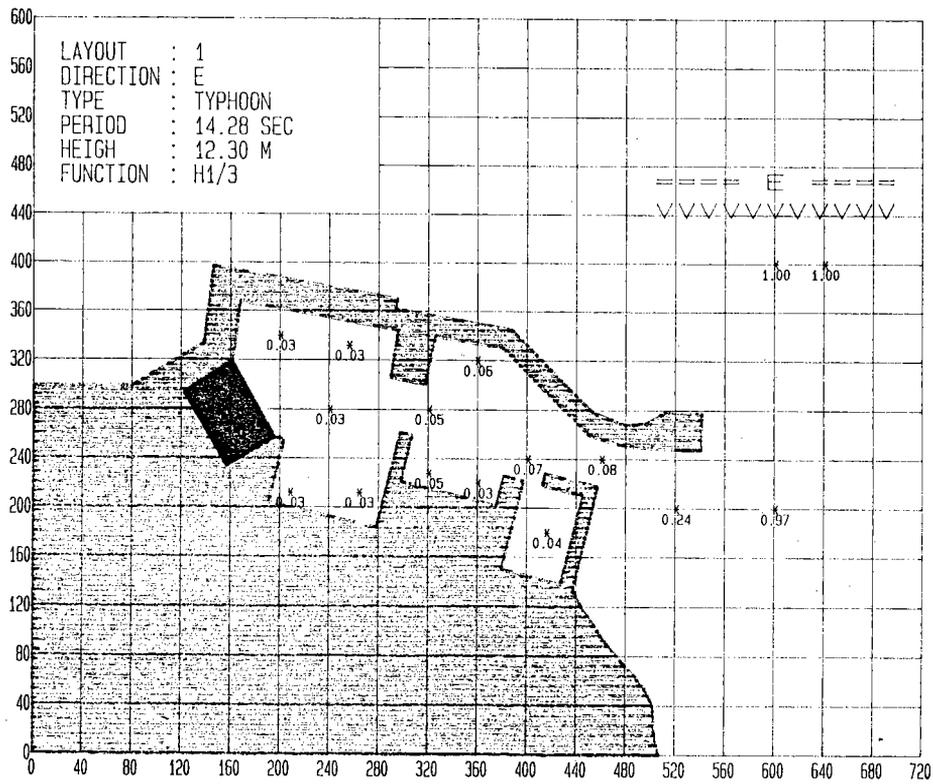


圖 A-11

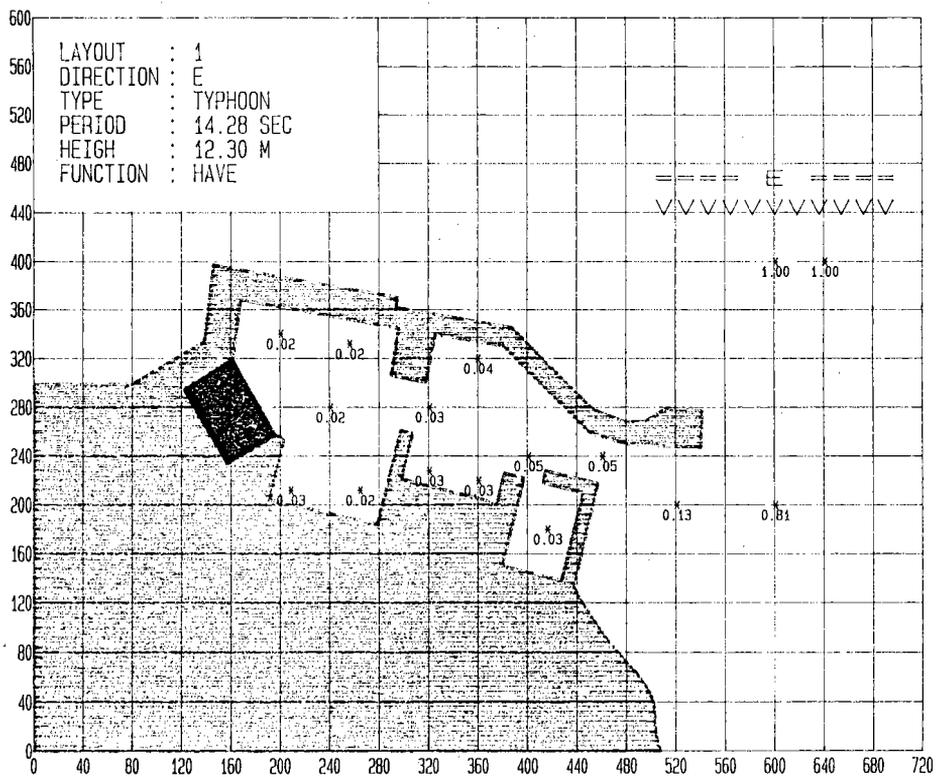
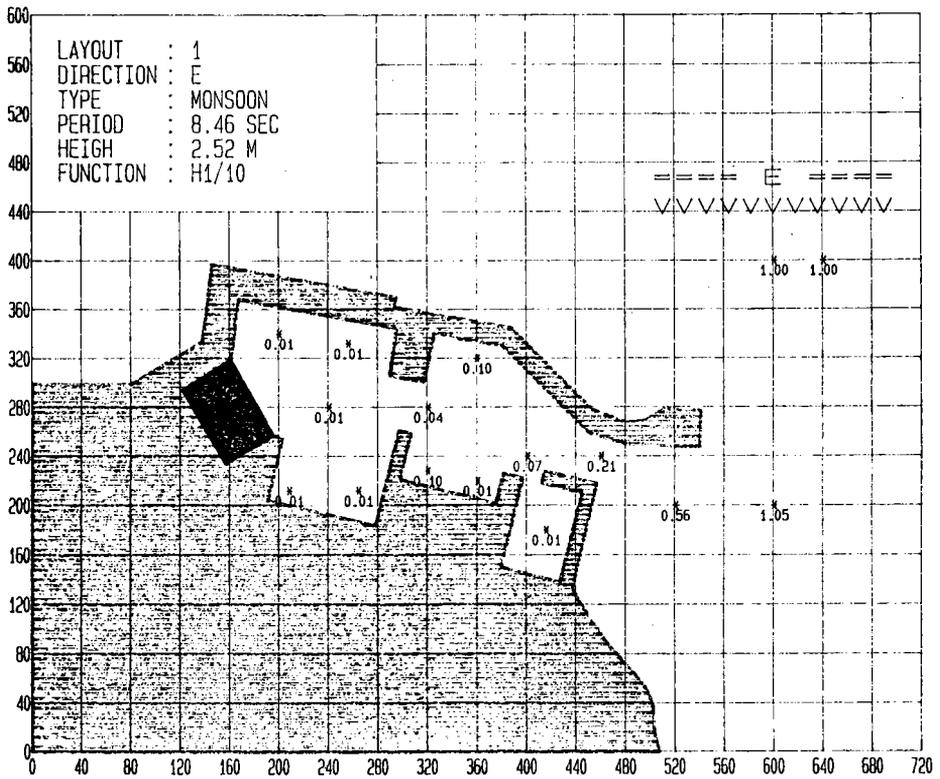
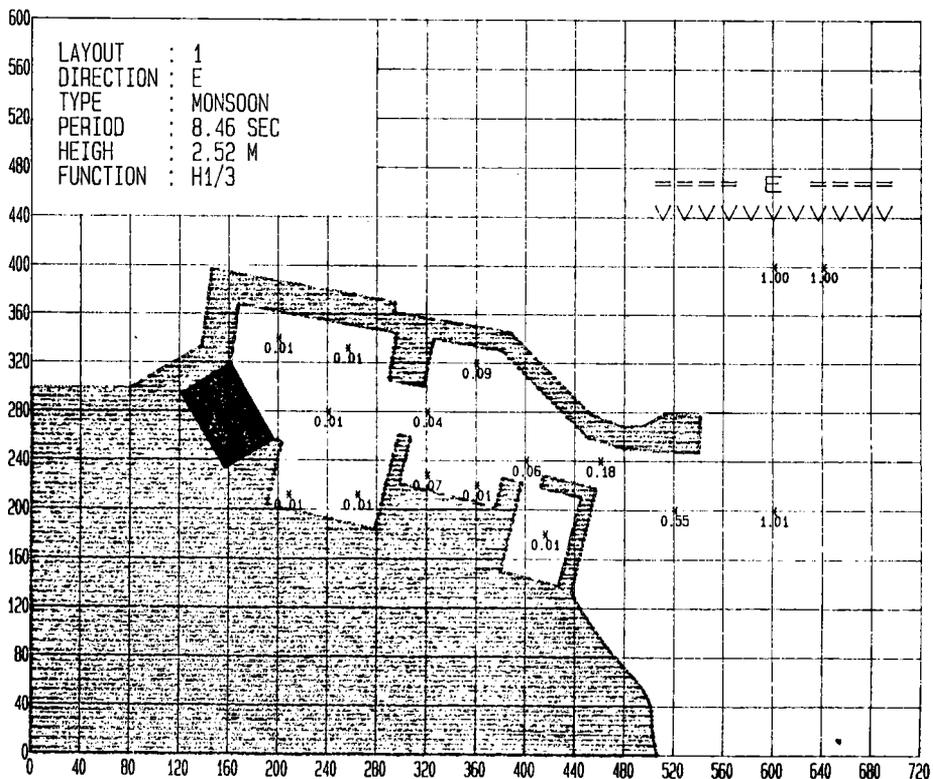


圖 A-12



■ A-13



■ A-14

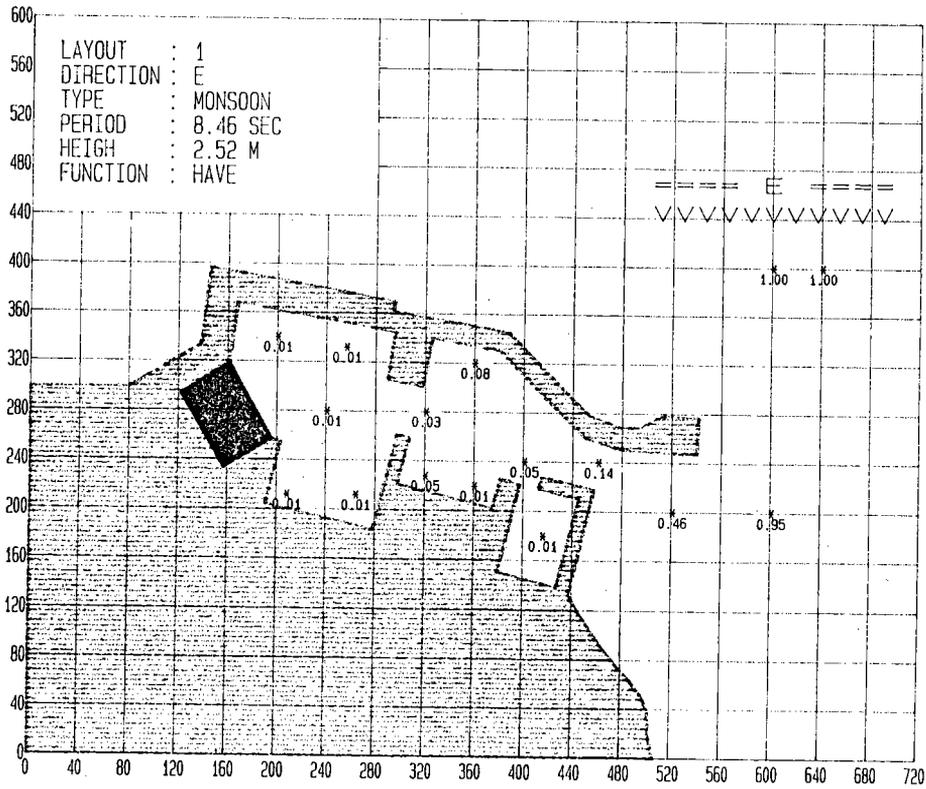
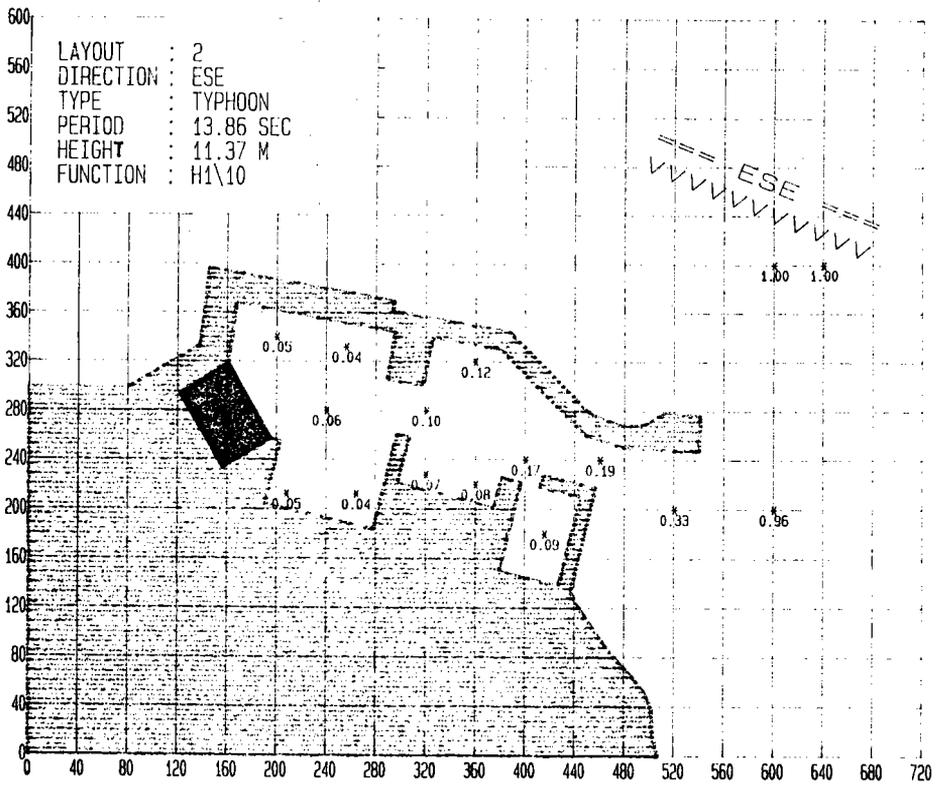
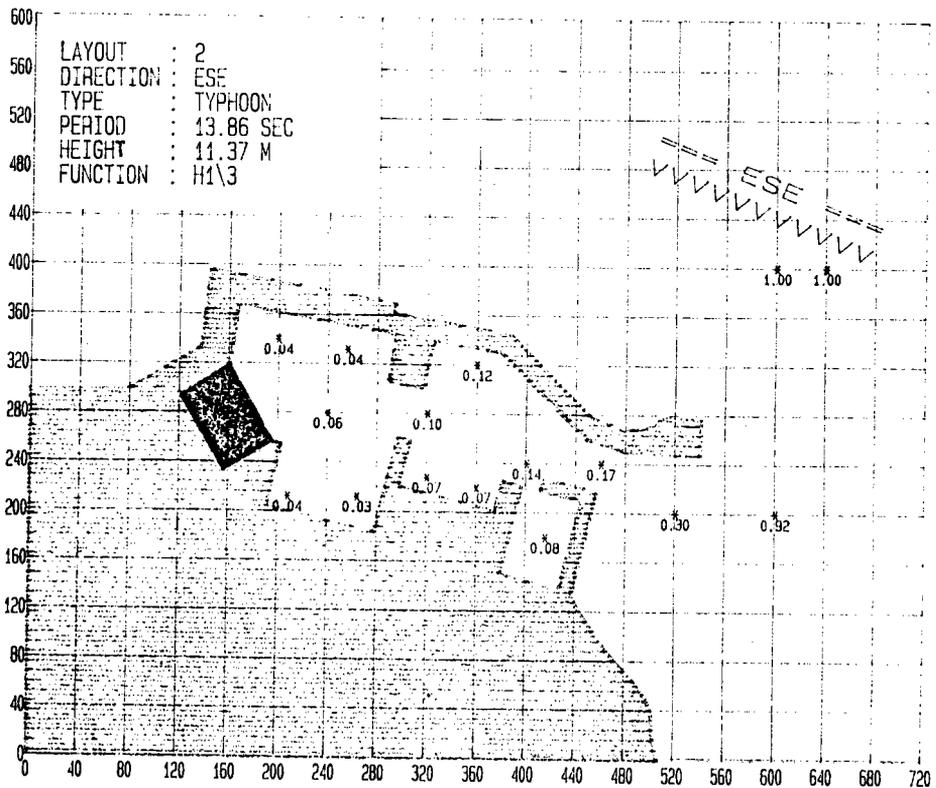


圖 A-15



■ B-1



■ B-2

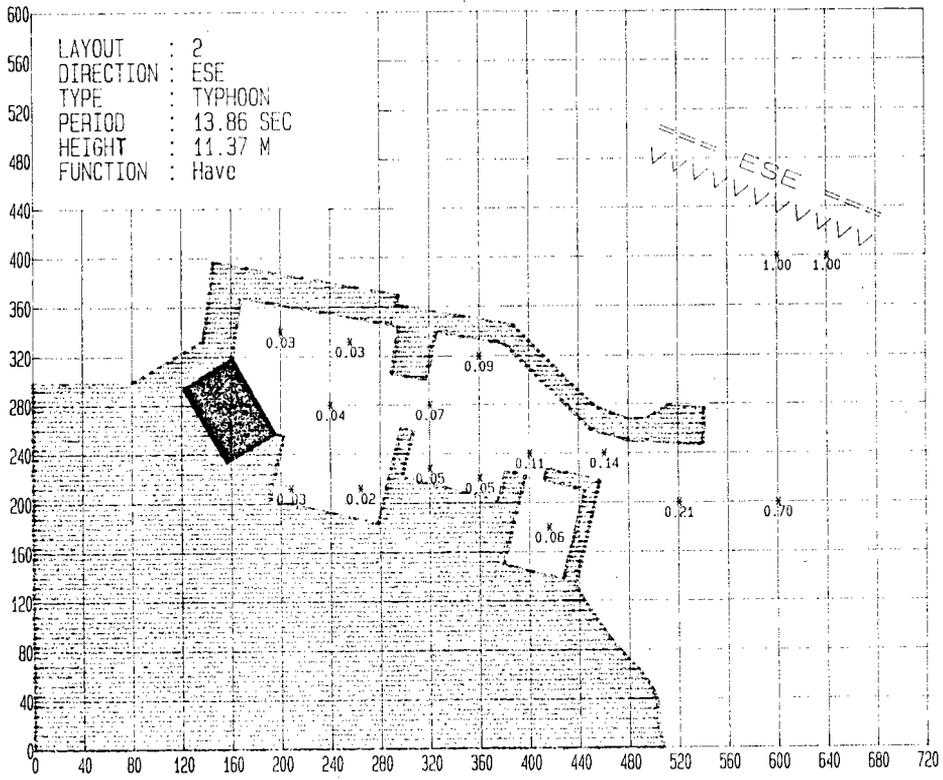


圖 B-3

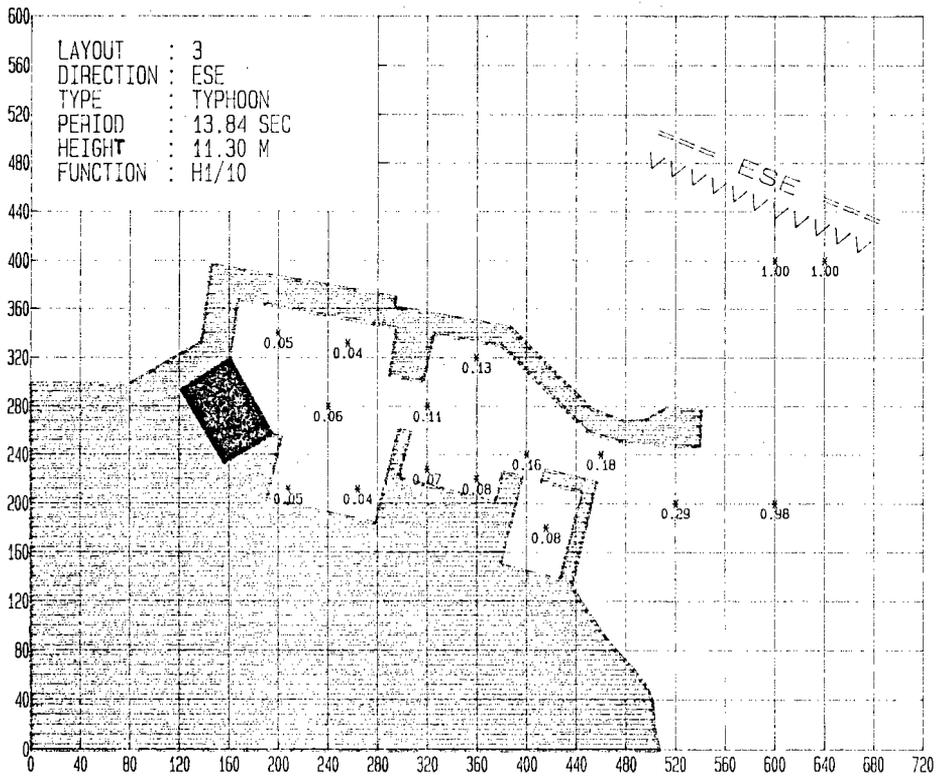
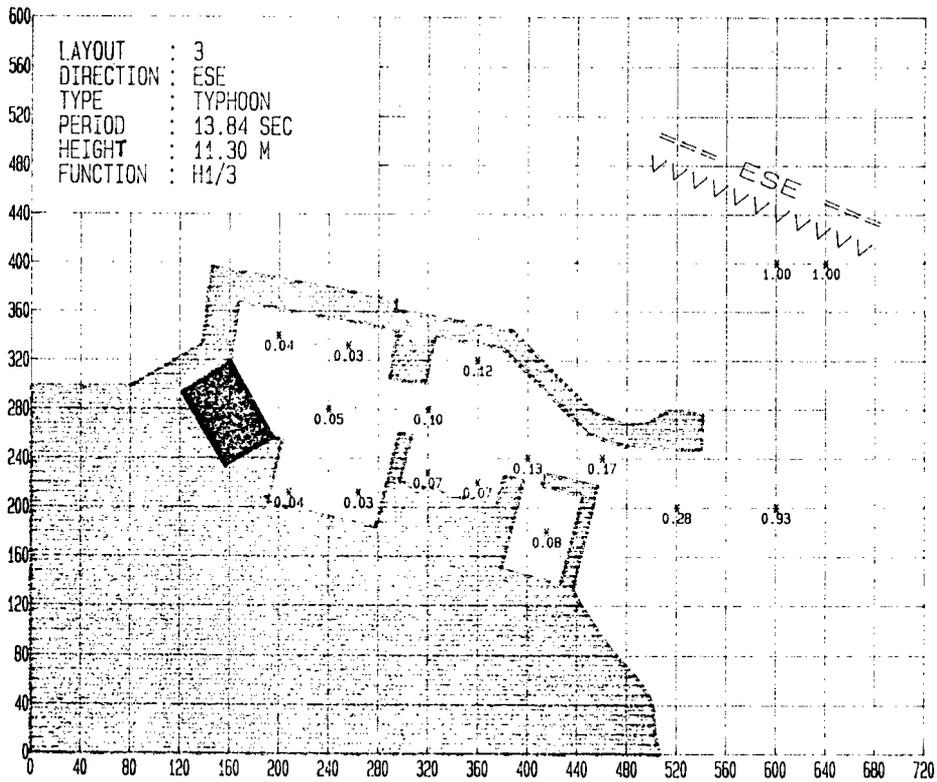
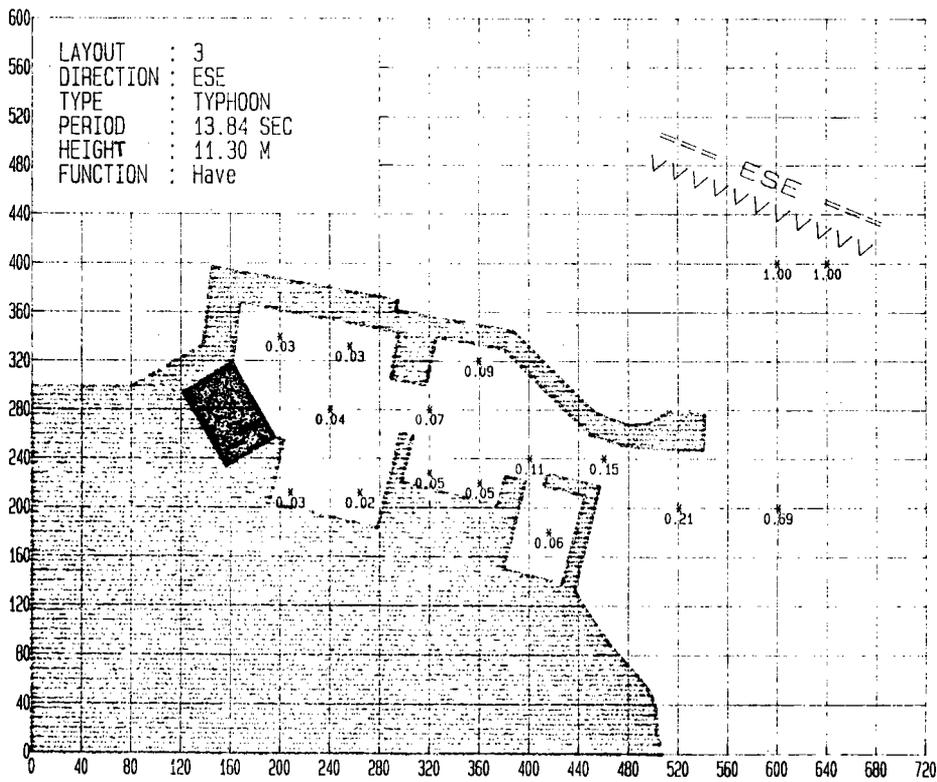


圖 B-4



■ B-5



■ B-6

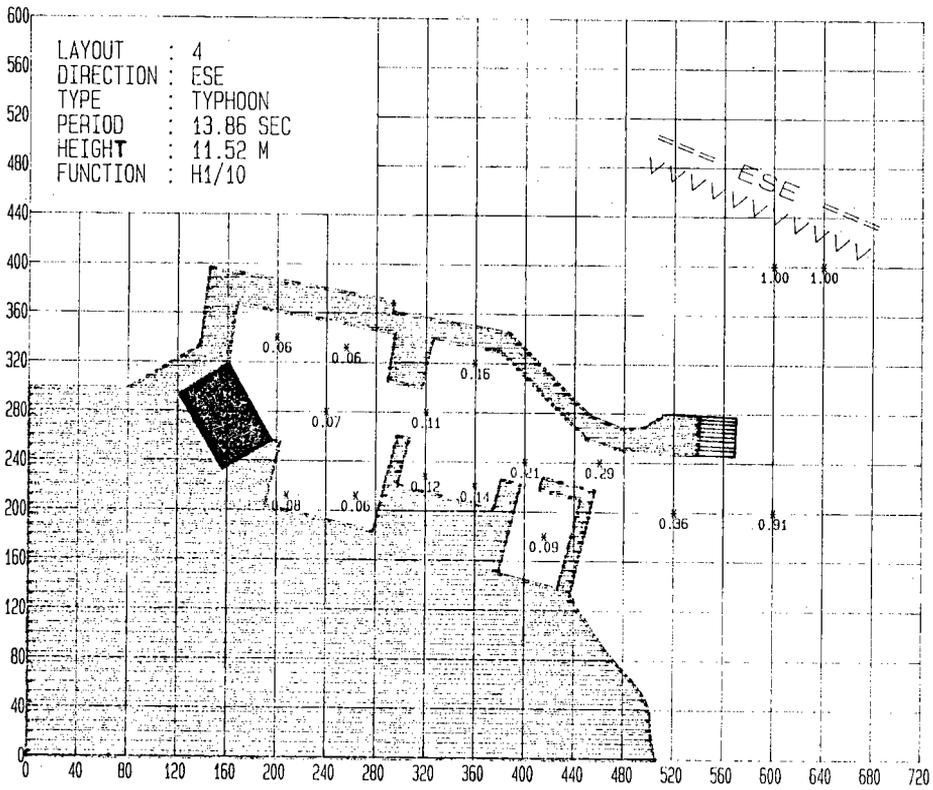


圖 C-1

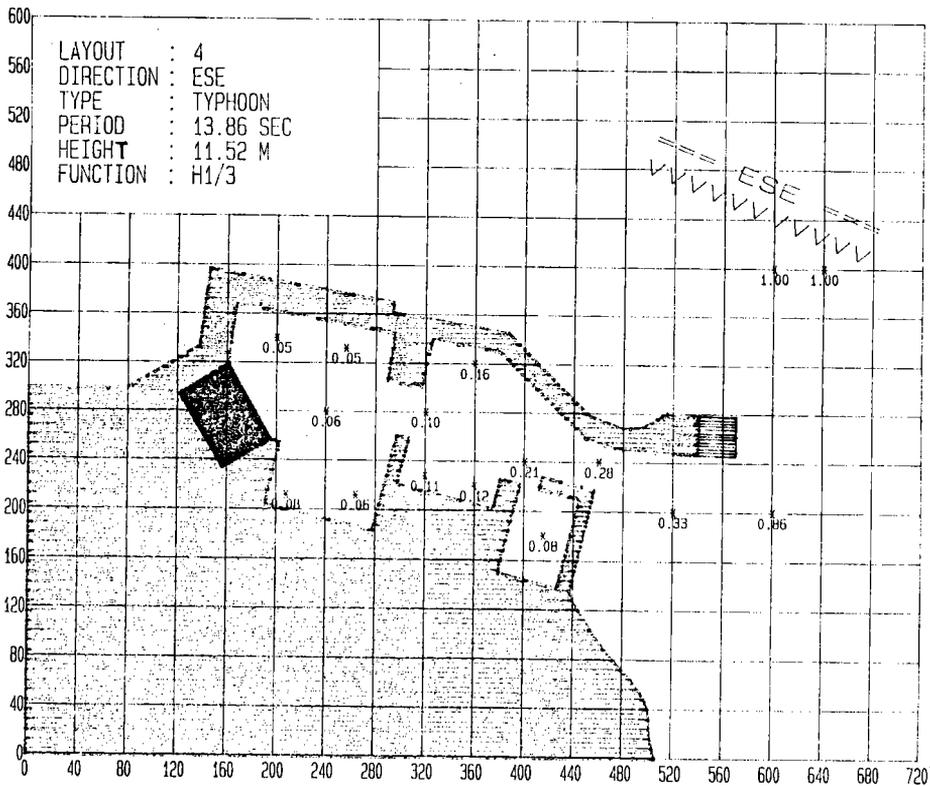
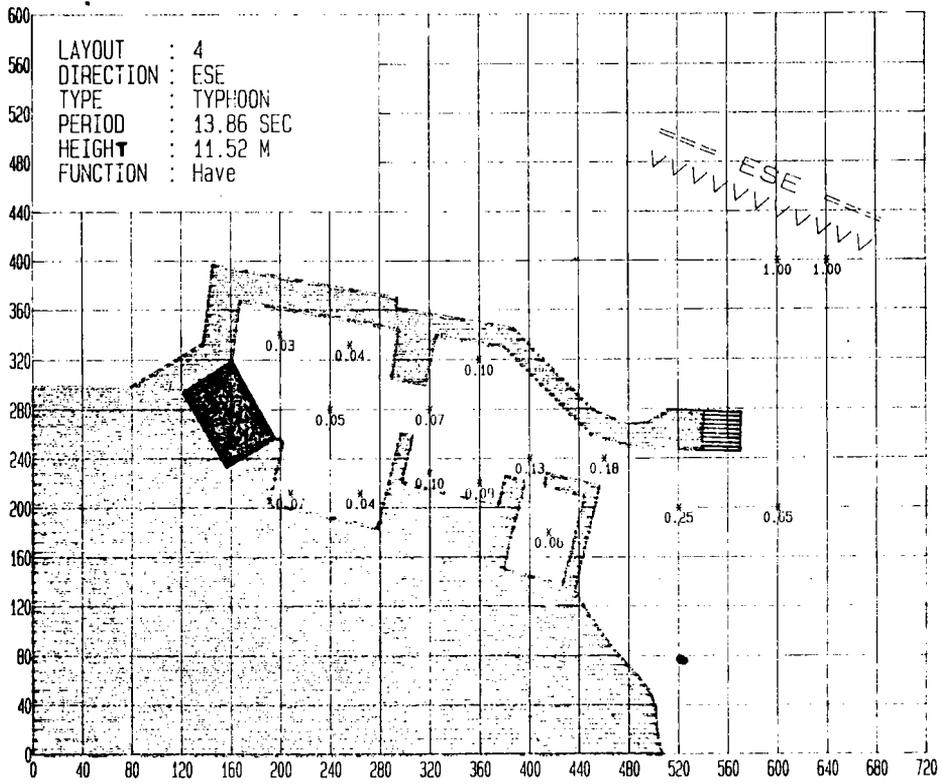
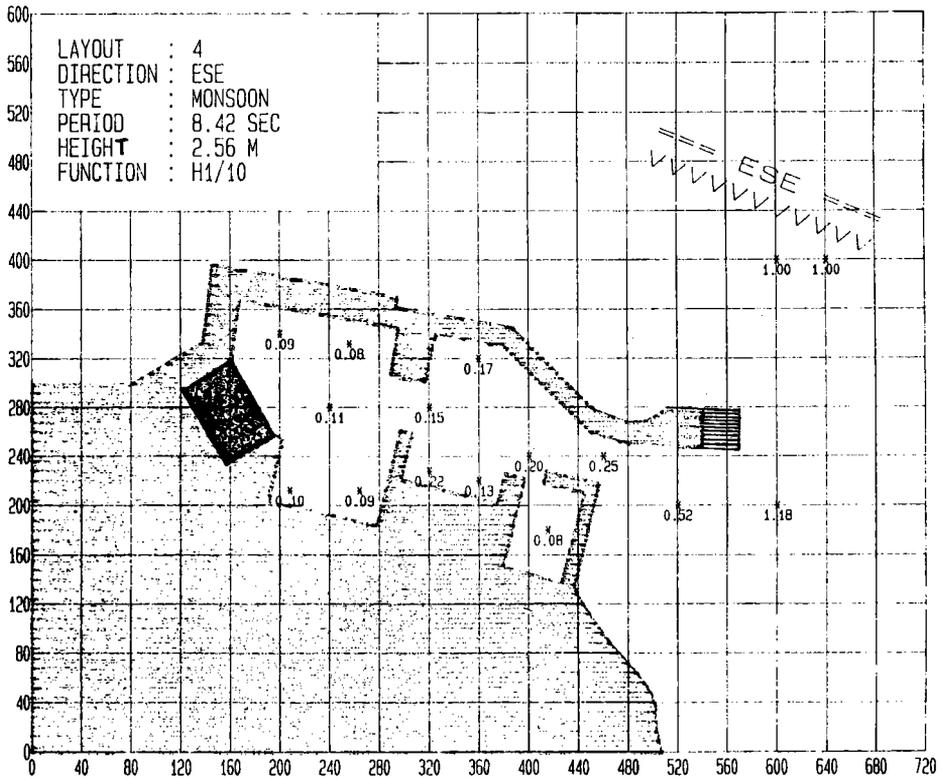


圖 C-2



C-3



C-4

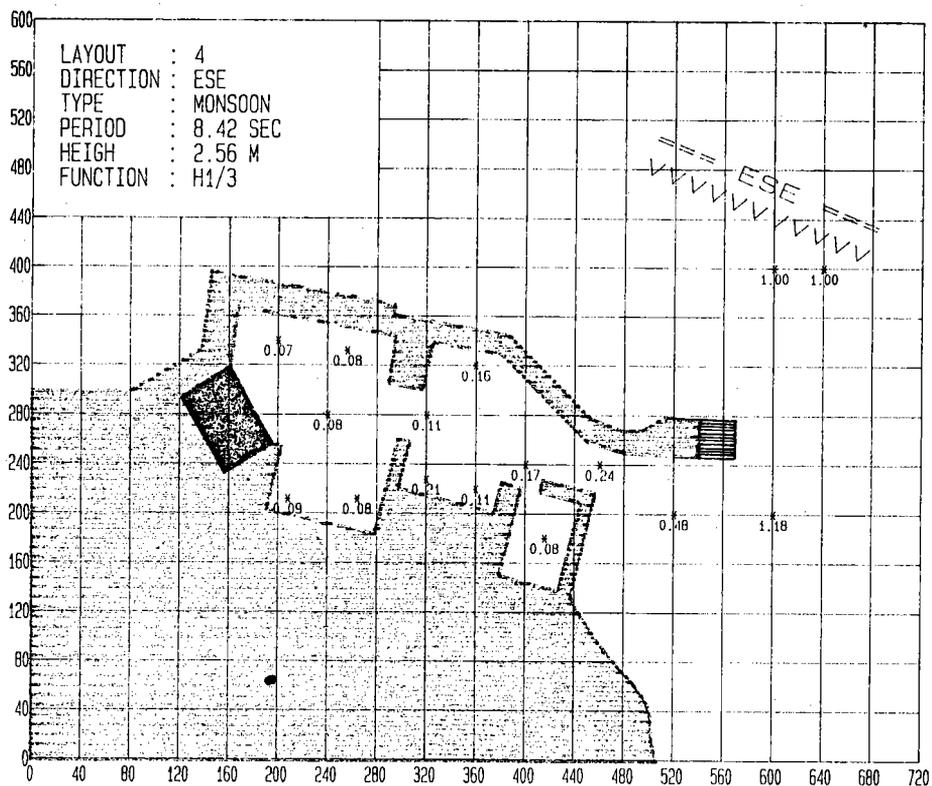


圖 C-5

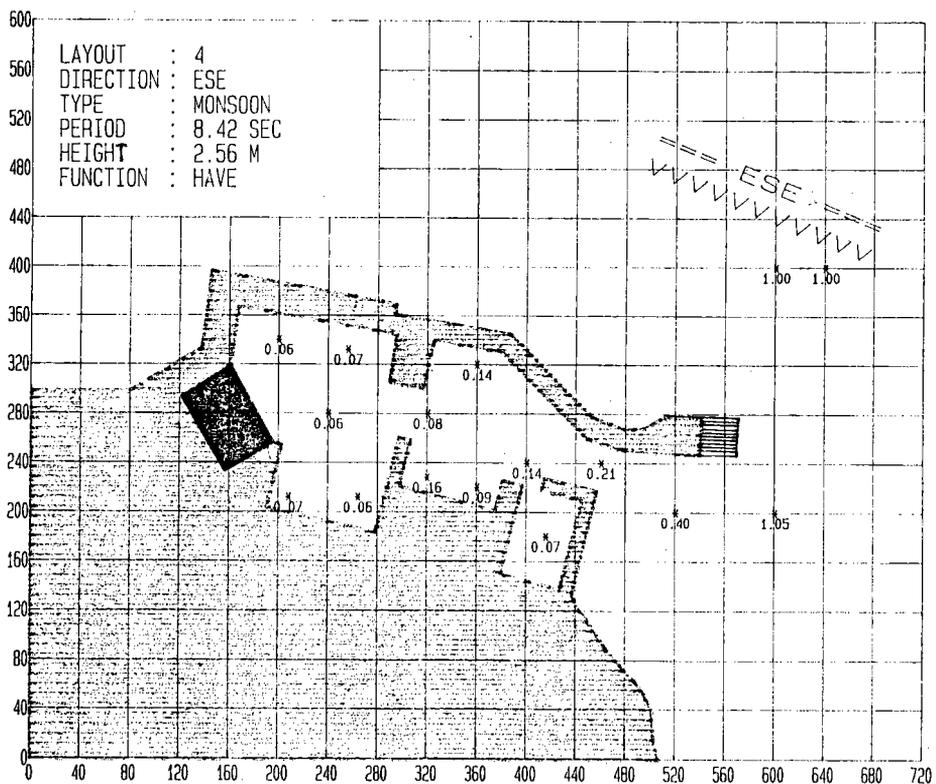
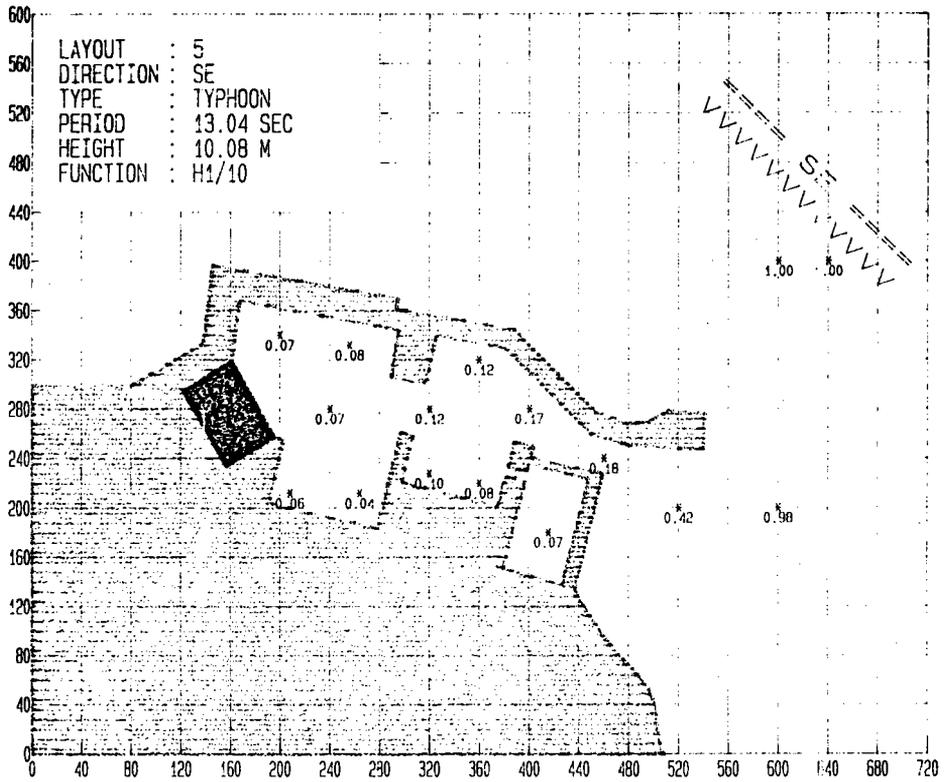
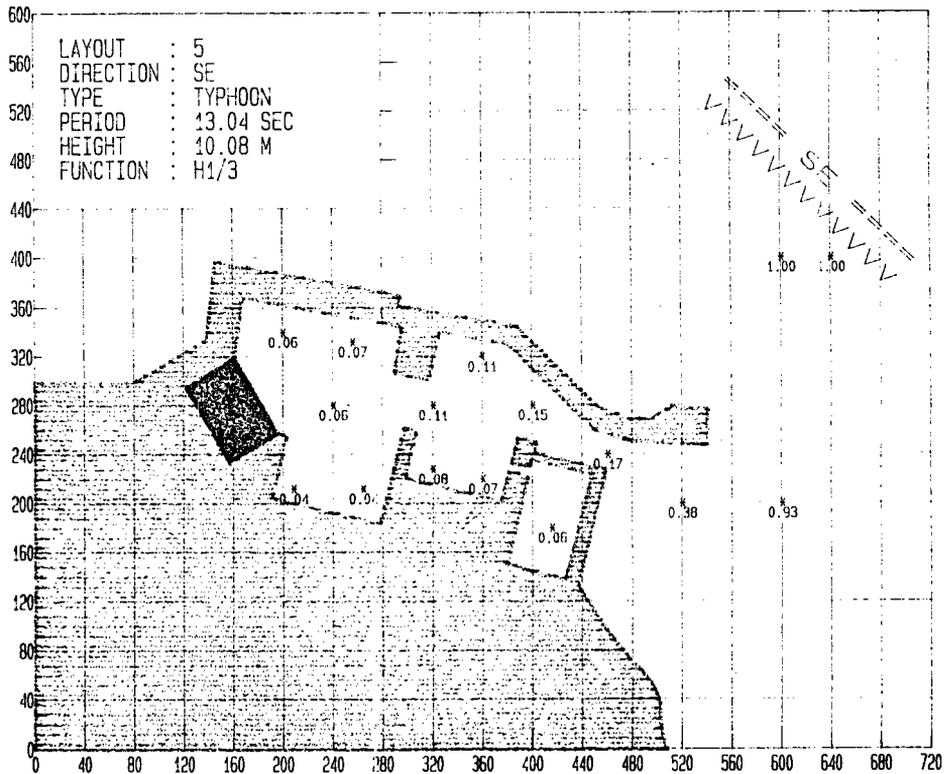


圖 C-6



■ D-1



■ D-2

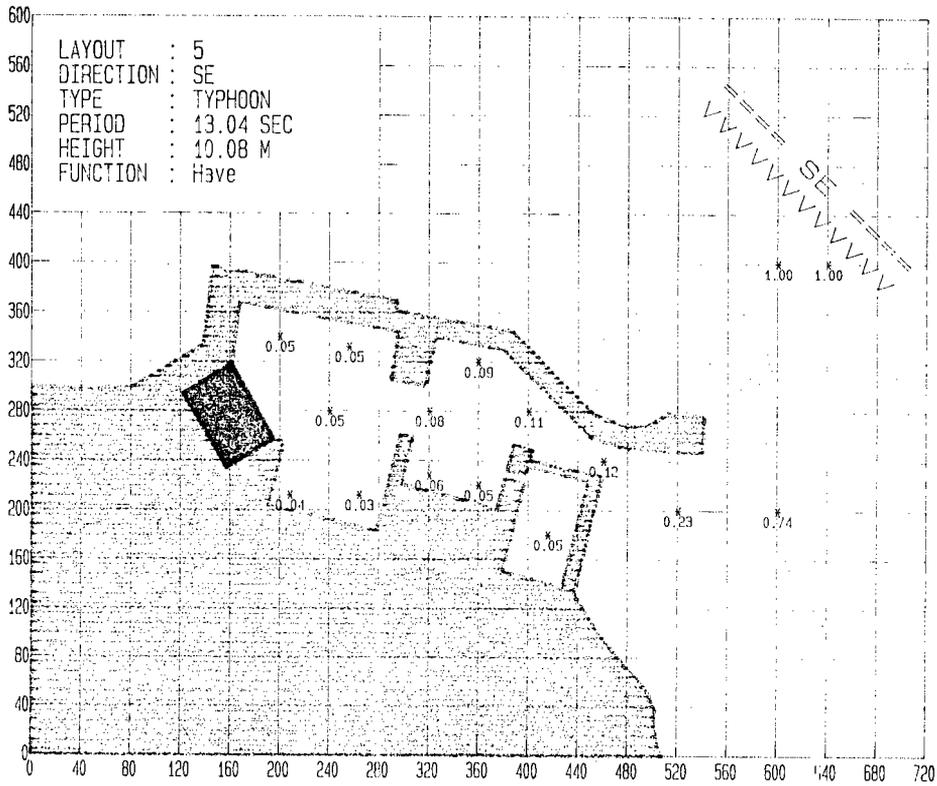


圖 D-3

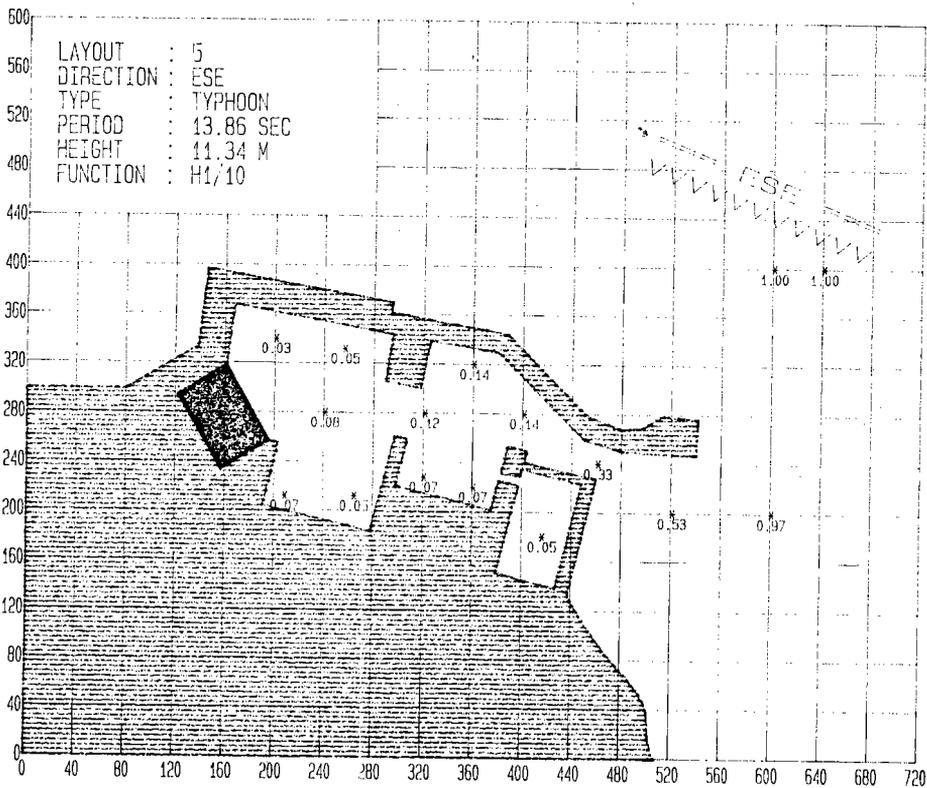
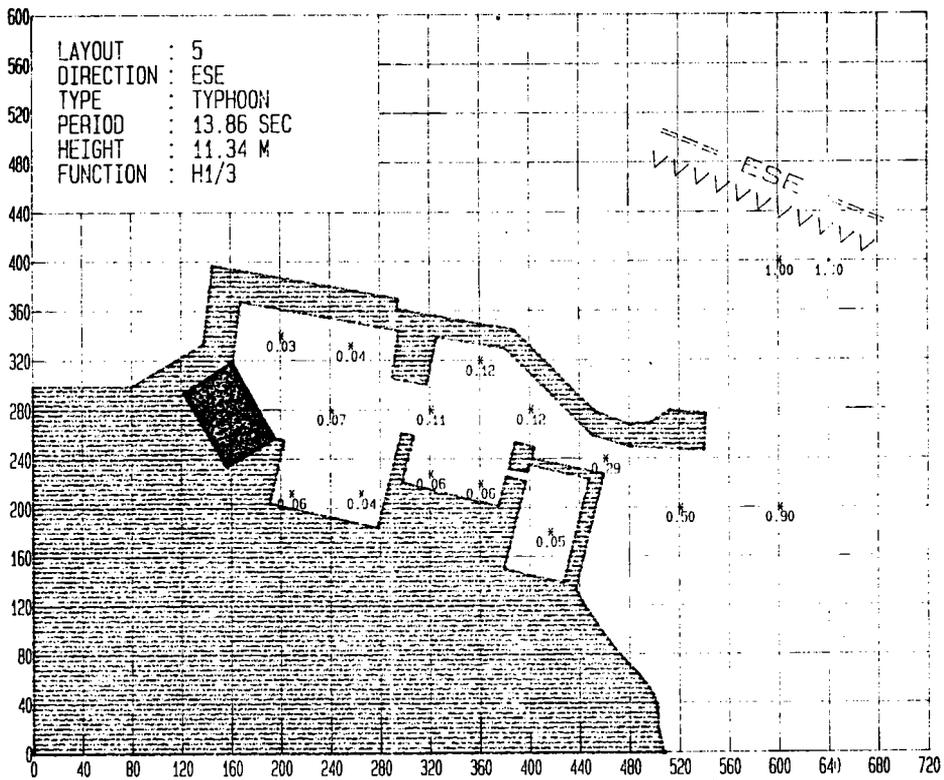
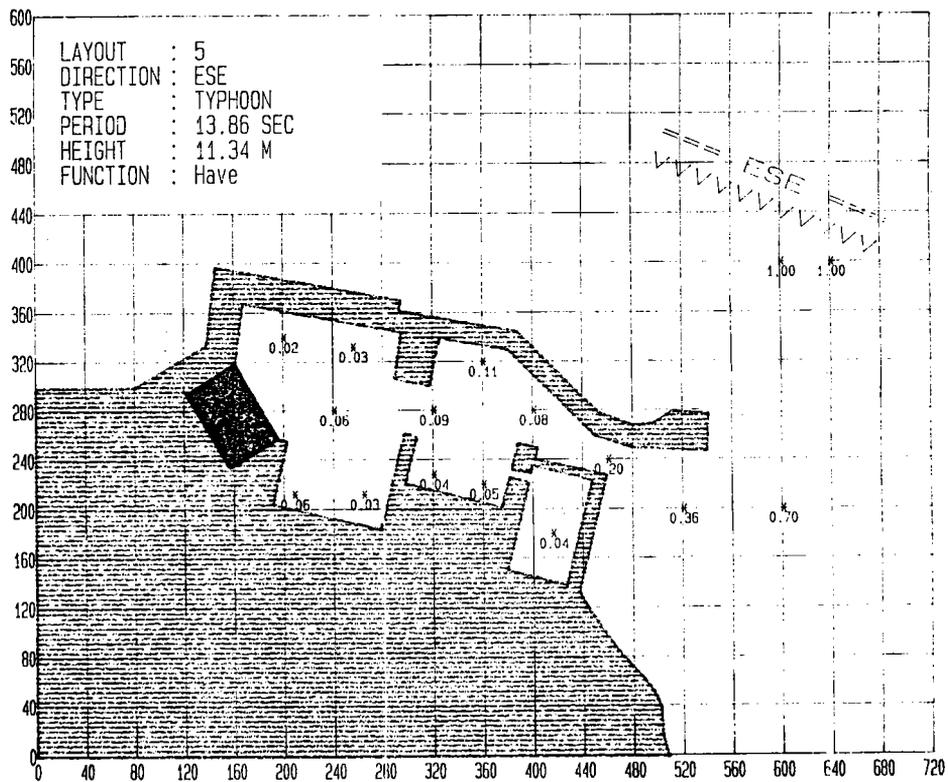


圖 D-4



■ D-5



■ D-6

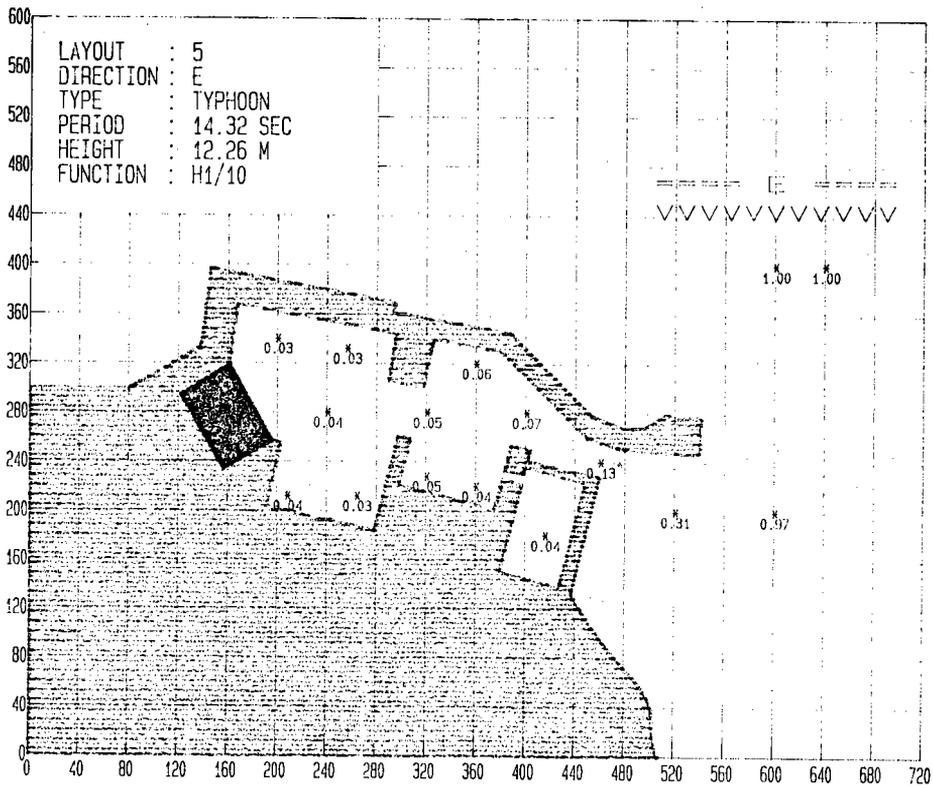


圖 D-7

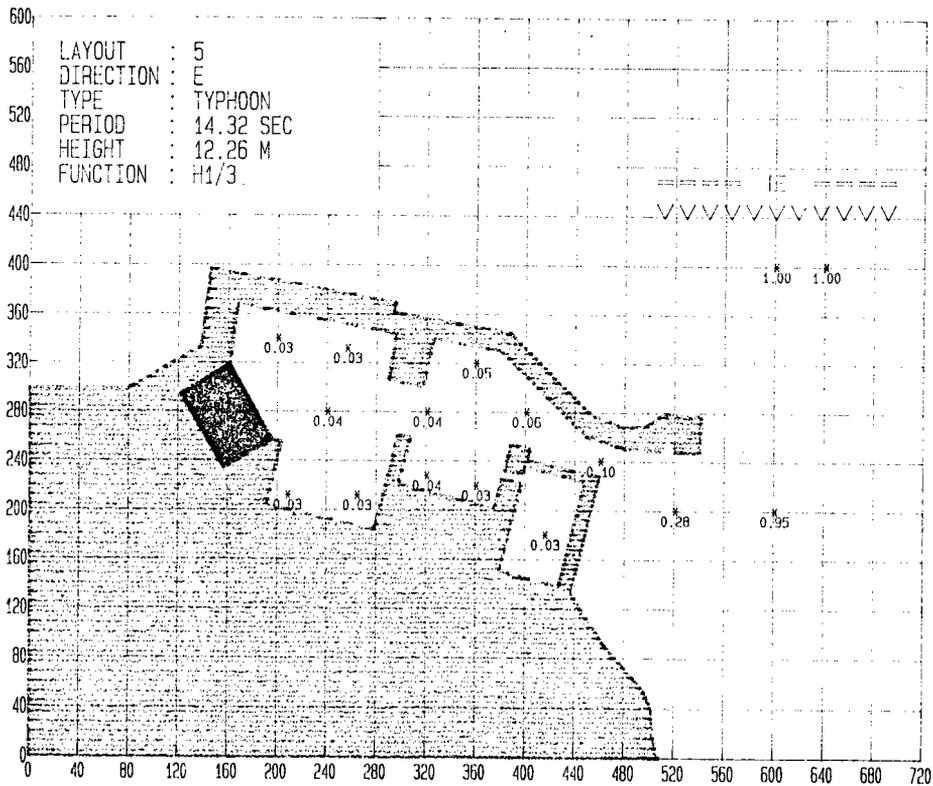
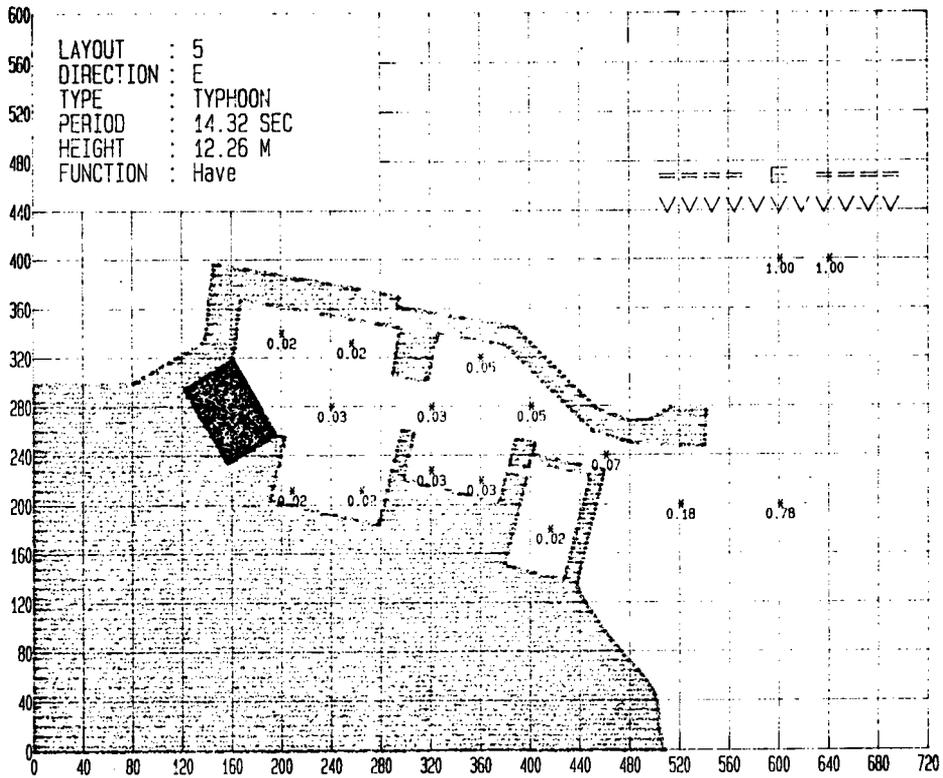
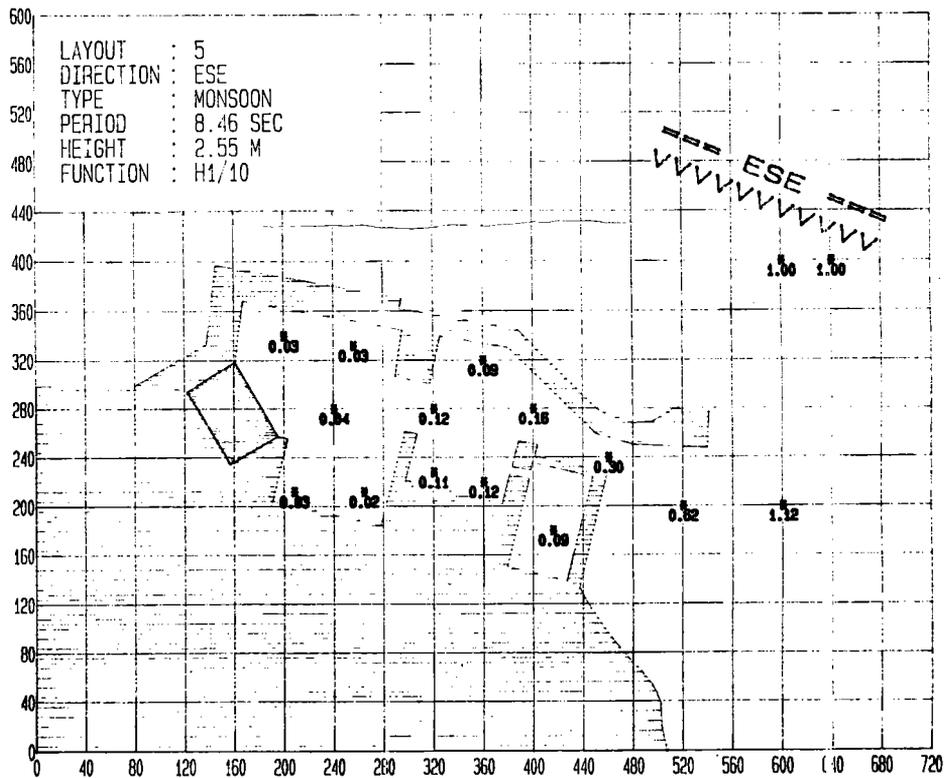


圖 D-8



D-9



D-10

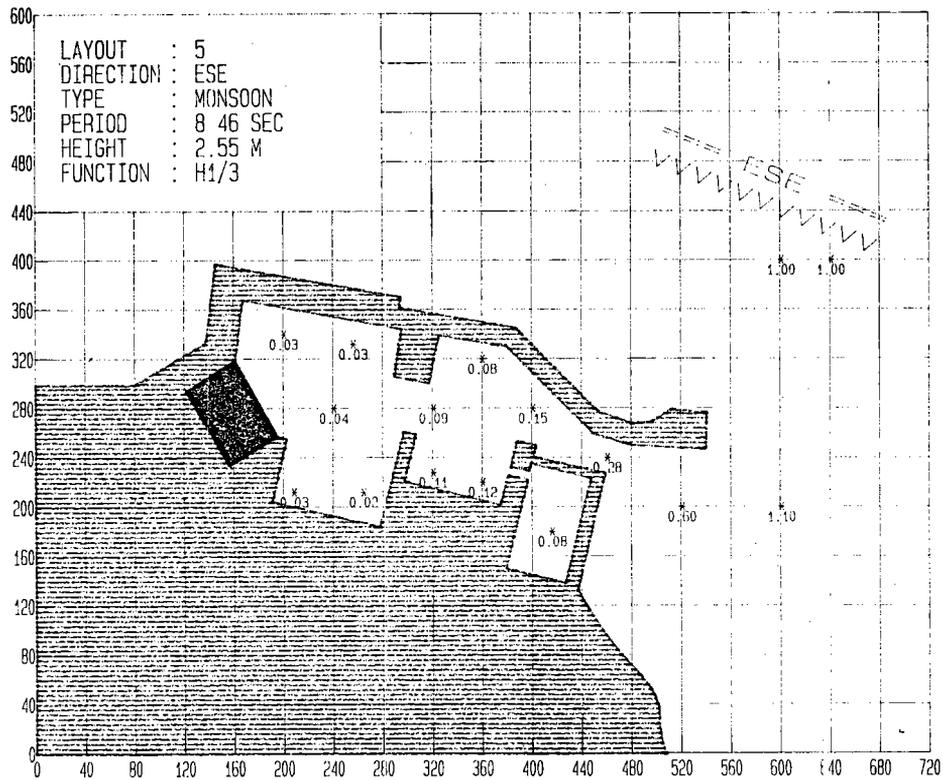


圖 D-11

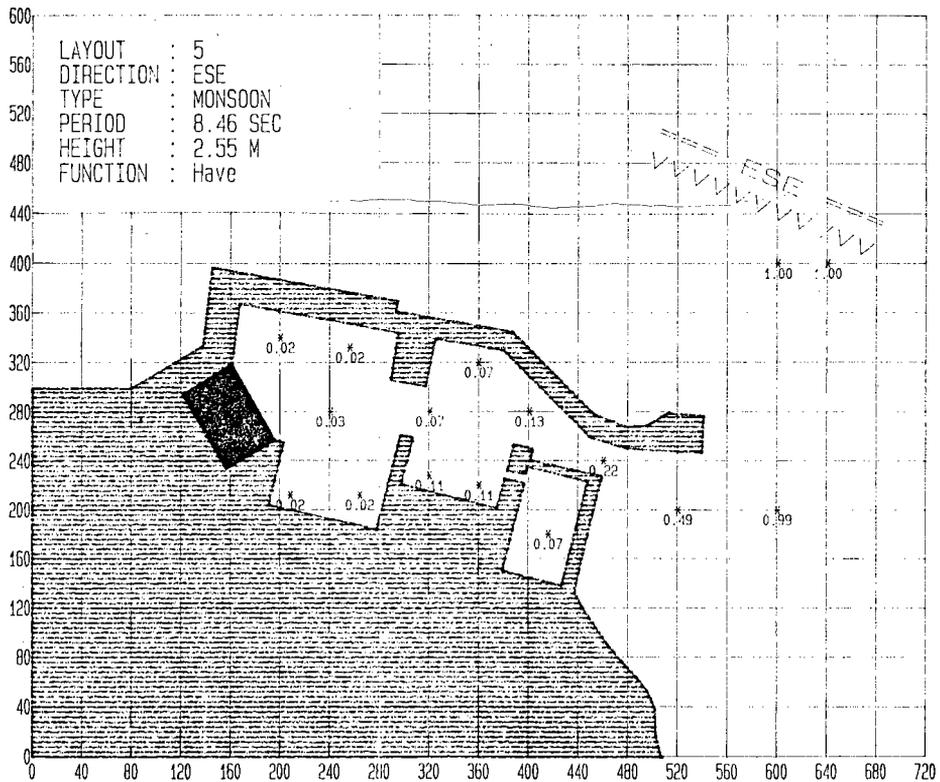


圖 D-12

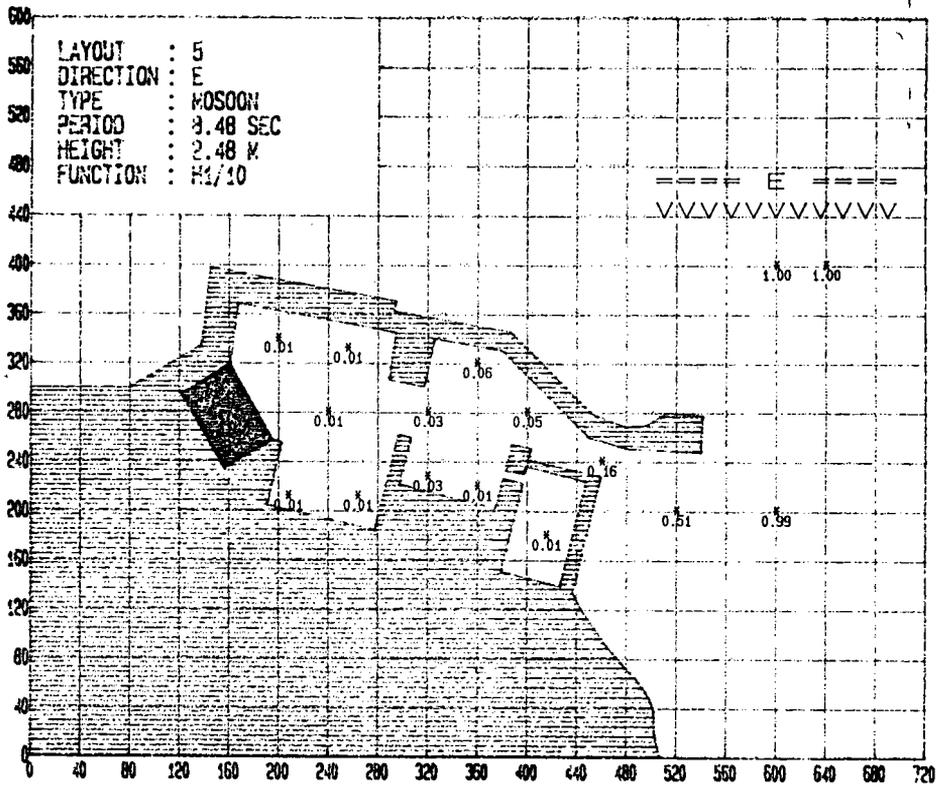


圖 D-13

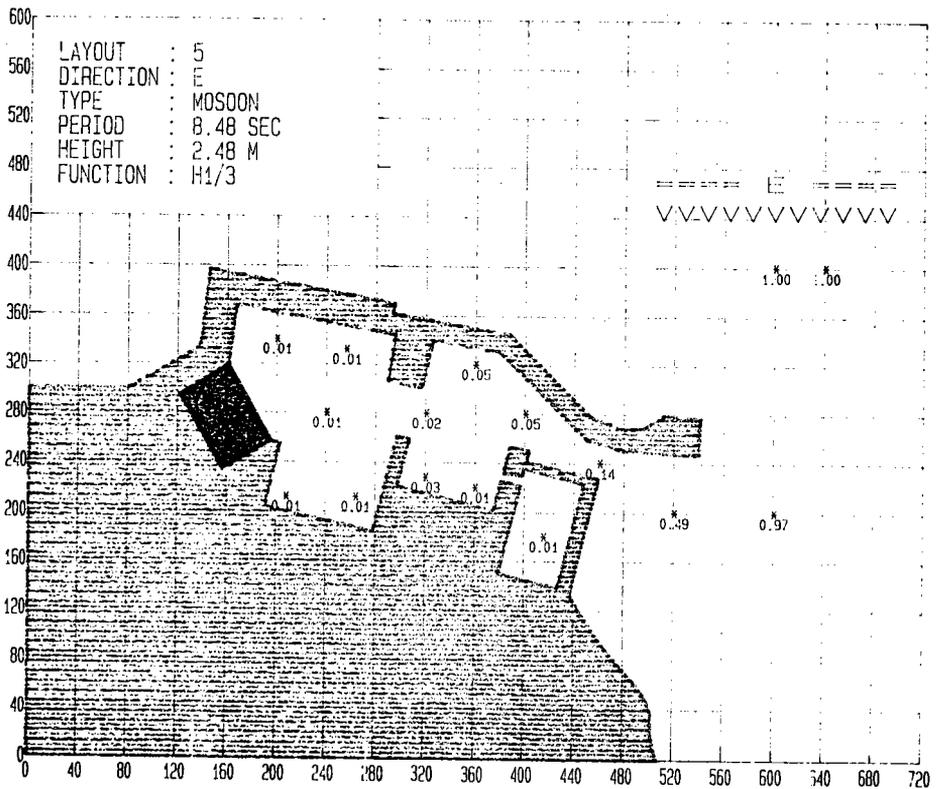


圖 D-14

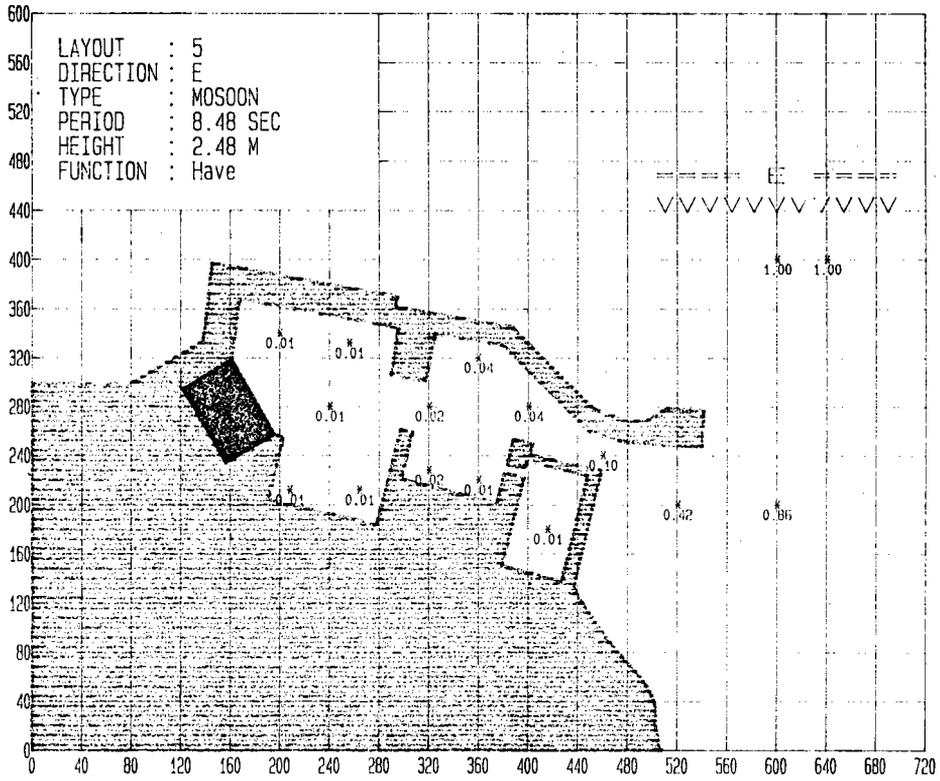


圖 D-15

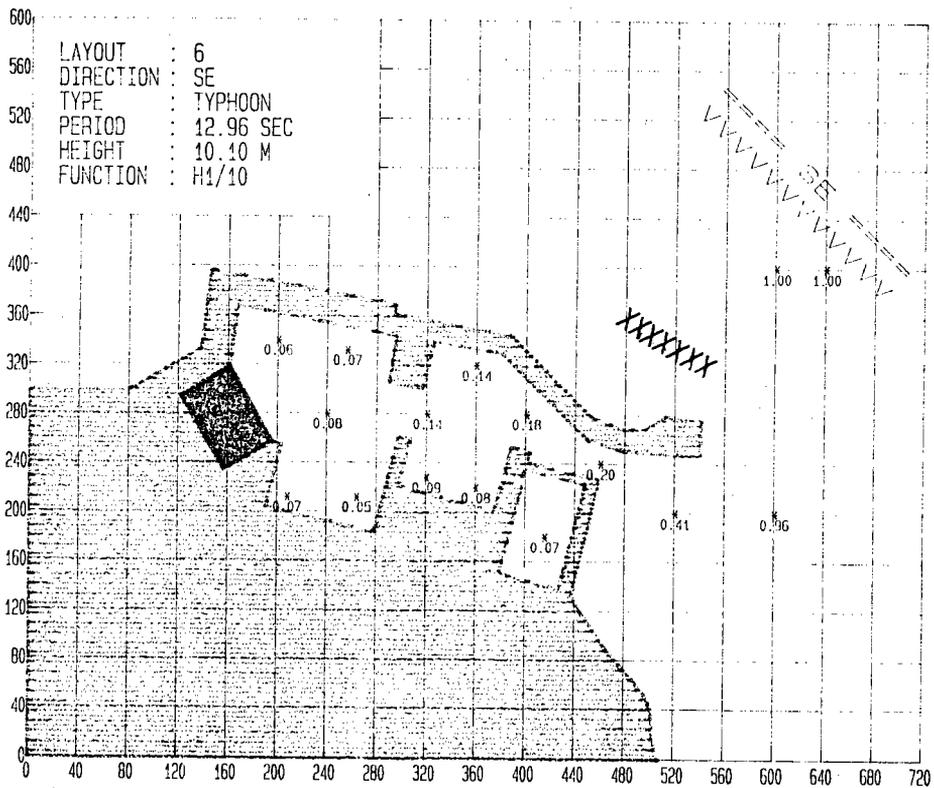


圖 D-16

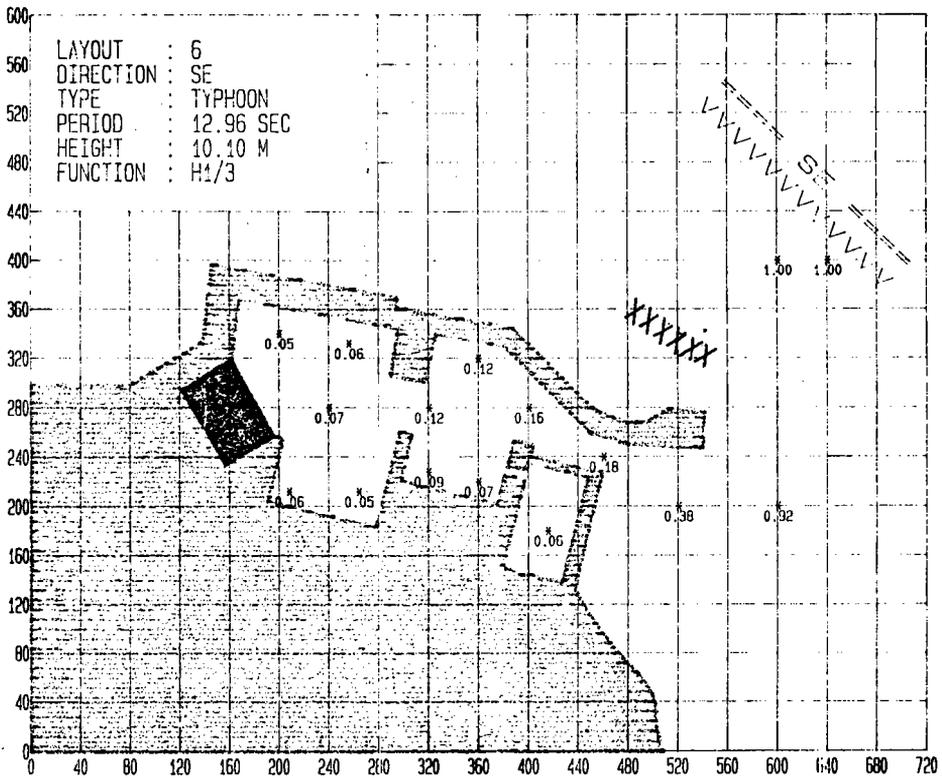


圖 D-17

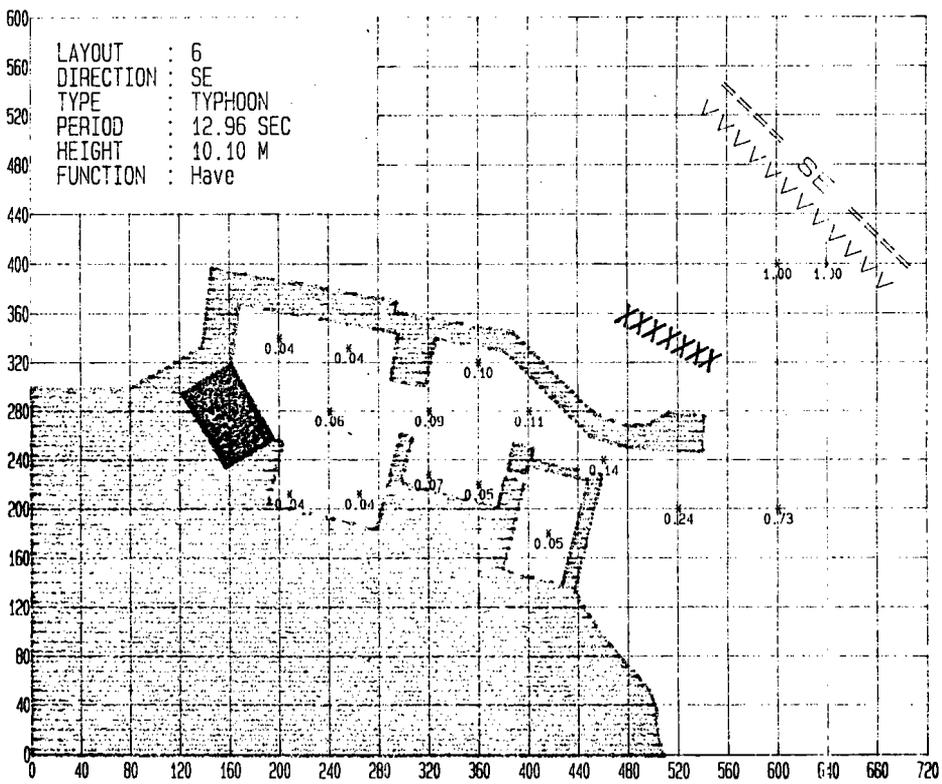


圖 D-18

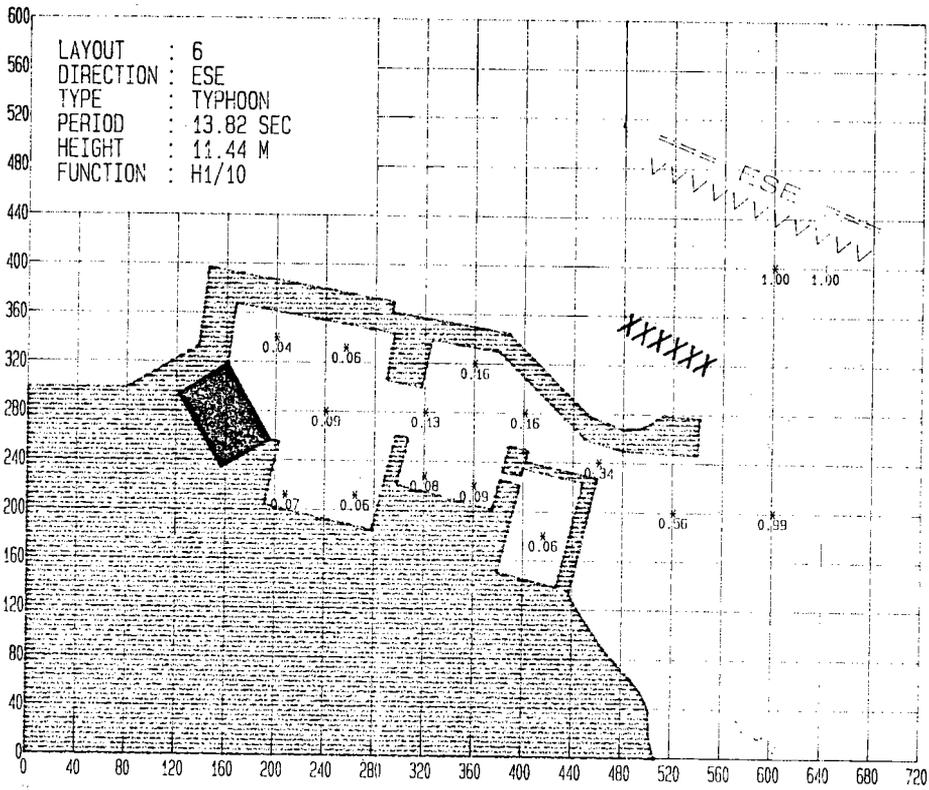


圖 D-19

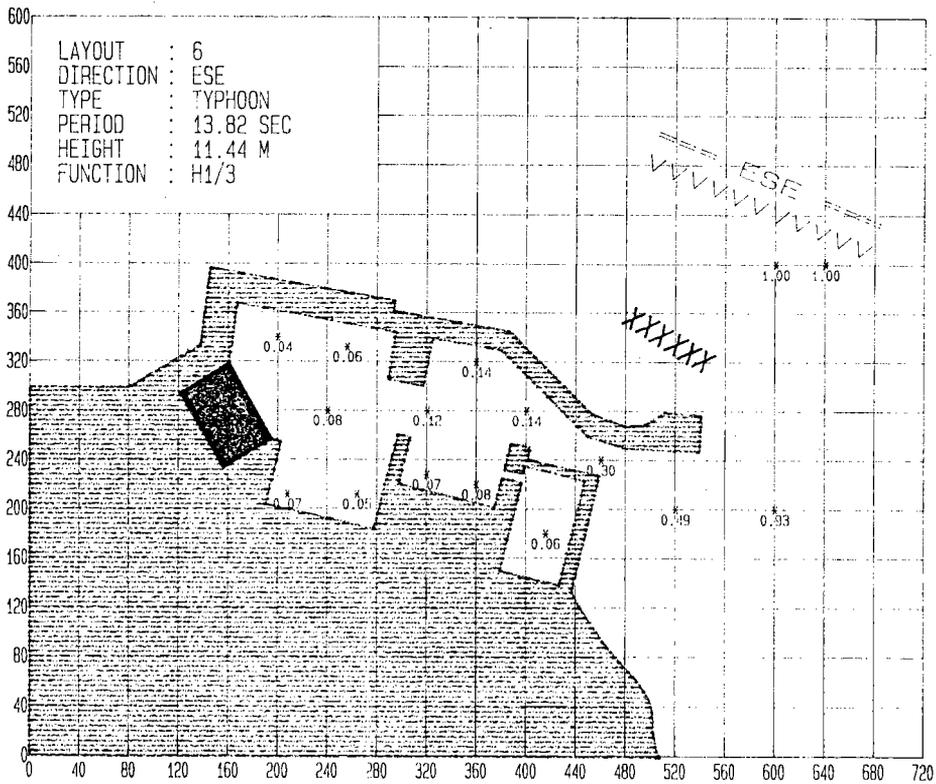


圖 D-20

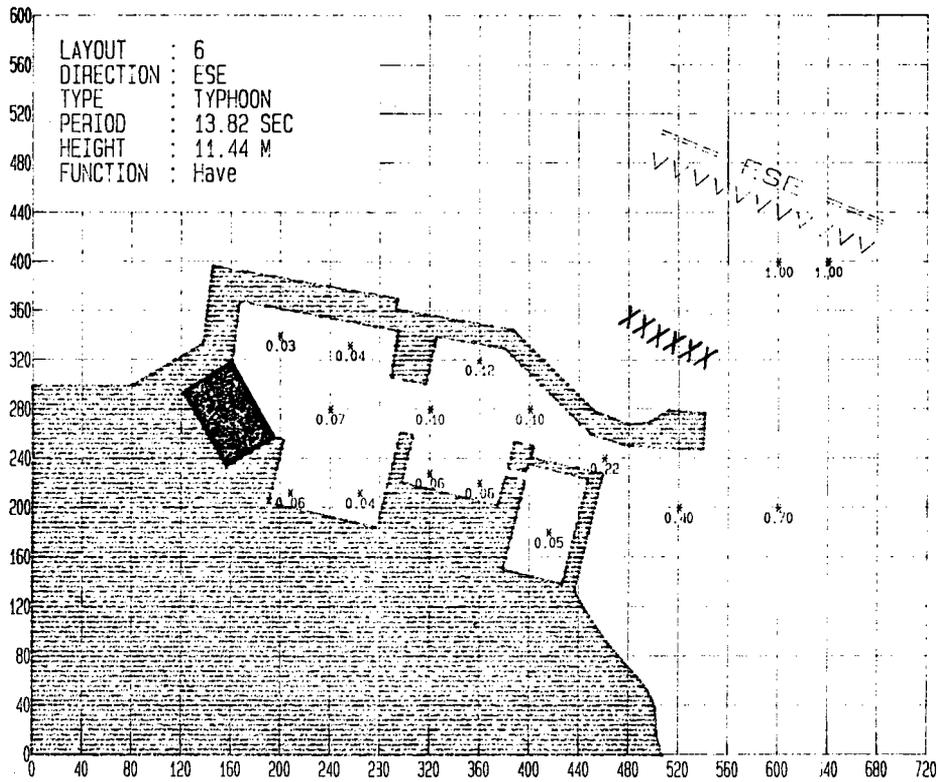


圖 D-21

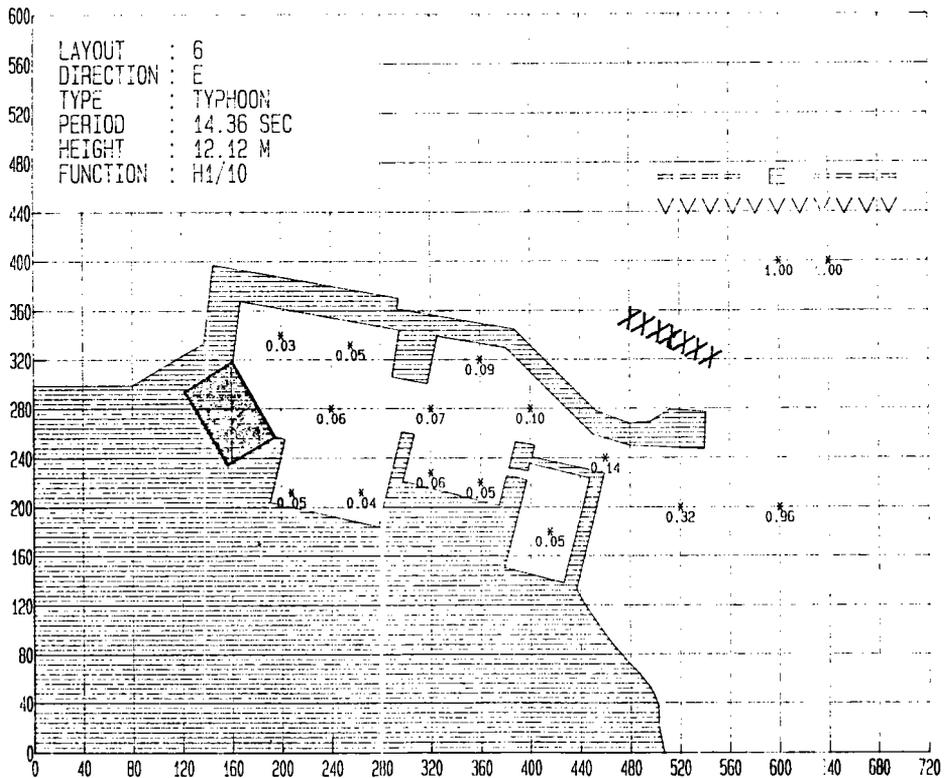


圖 D-22

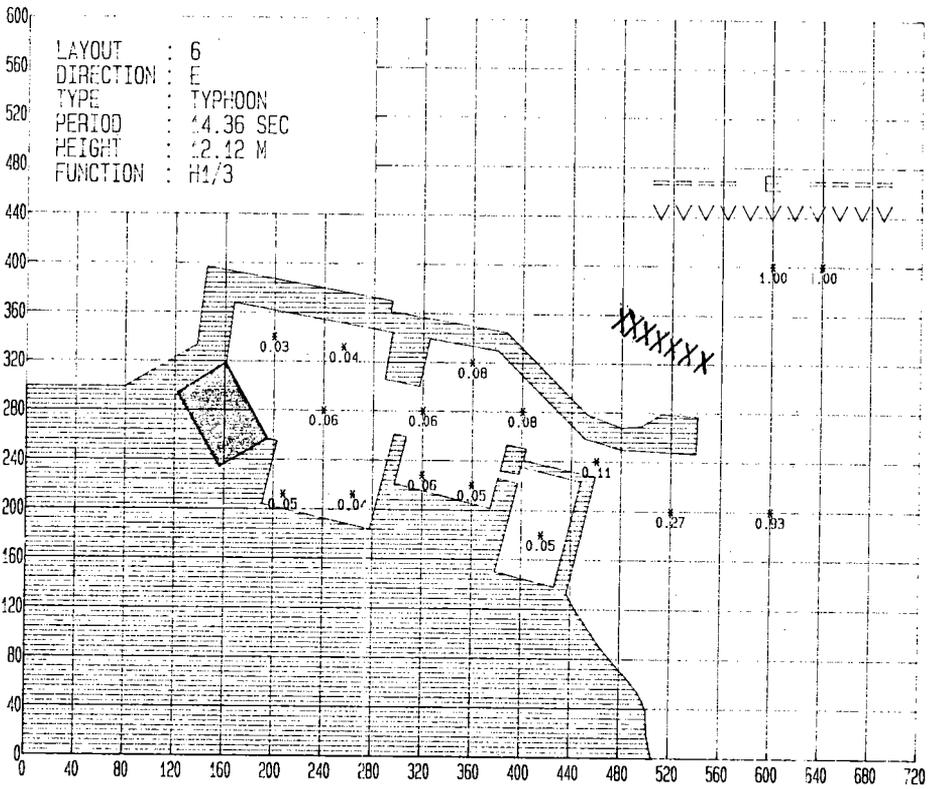


圖 D-23

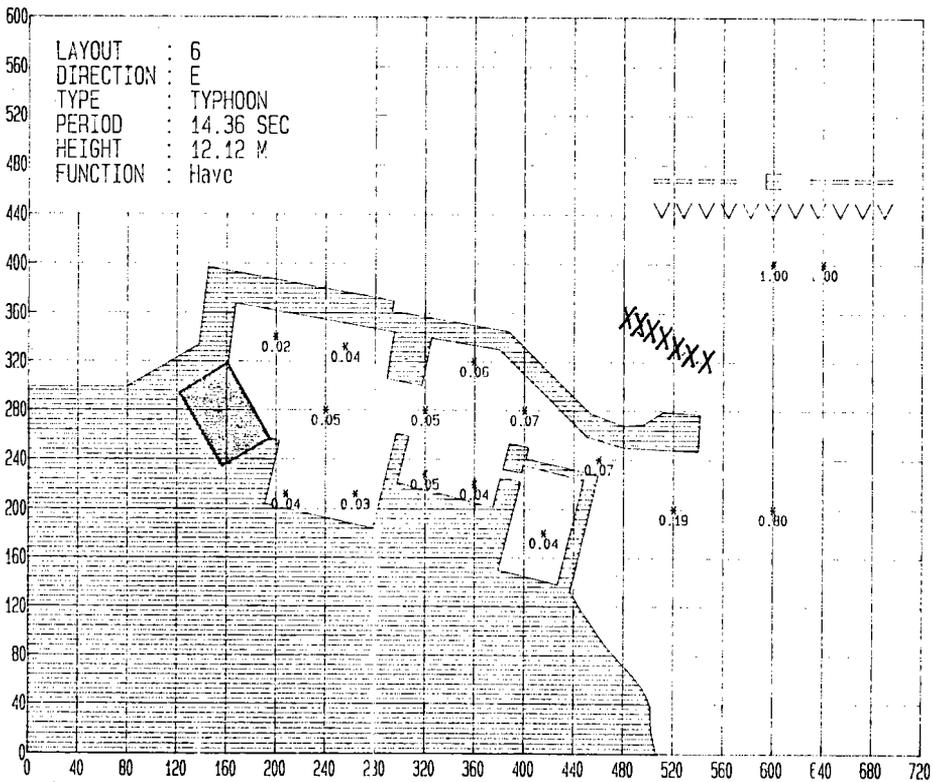
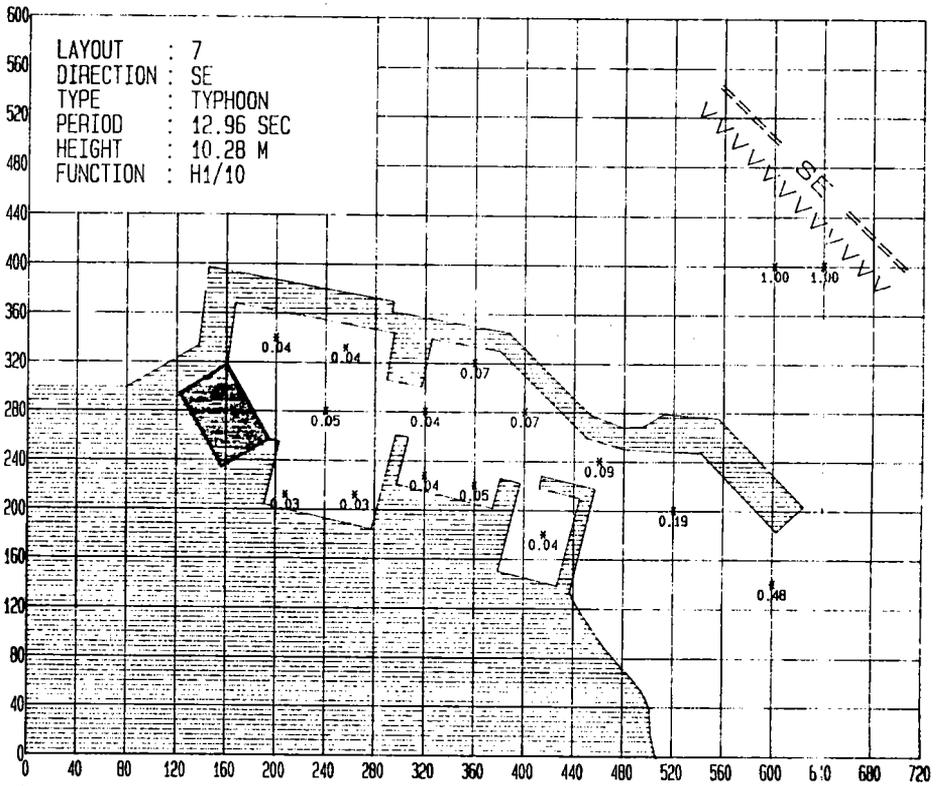
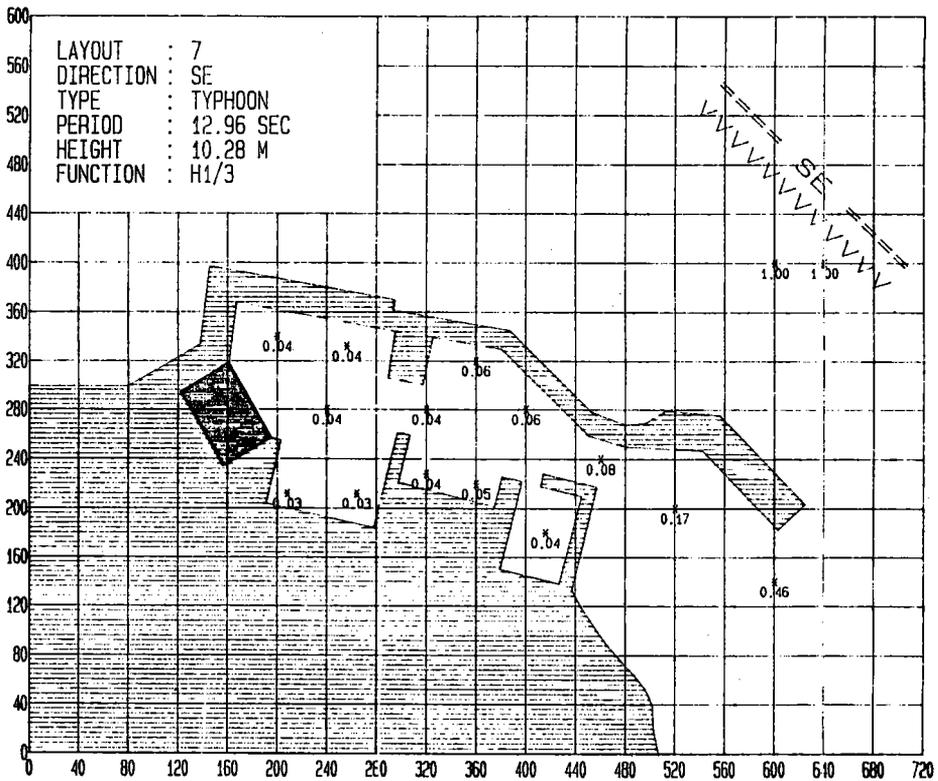


圖 D-24



■ E-1



■ E-2

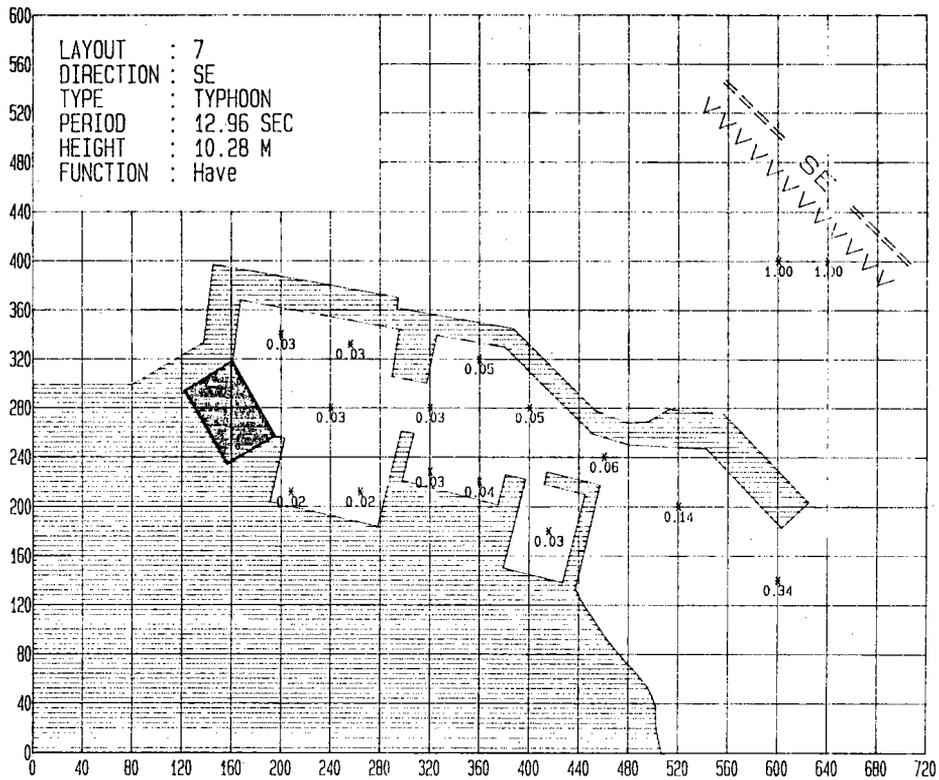


圖 E-3

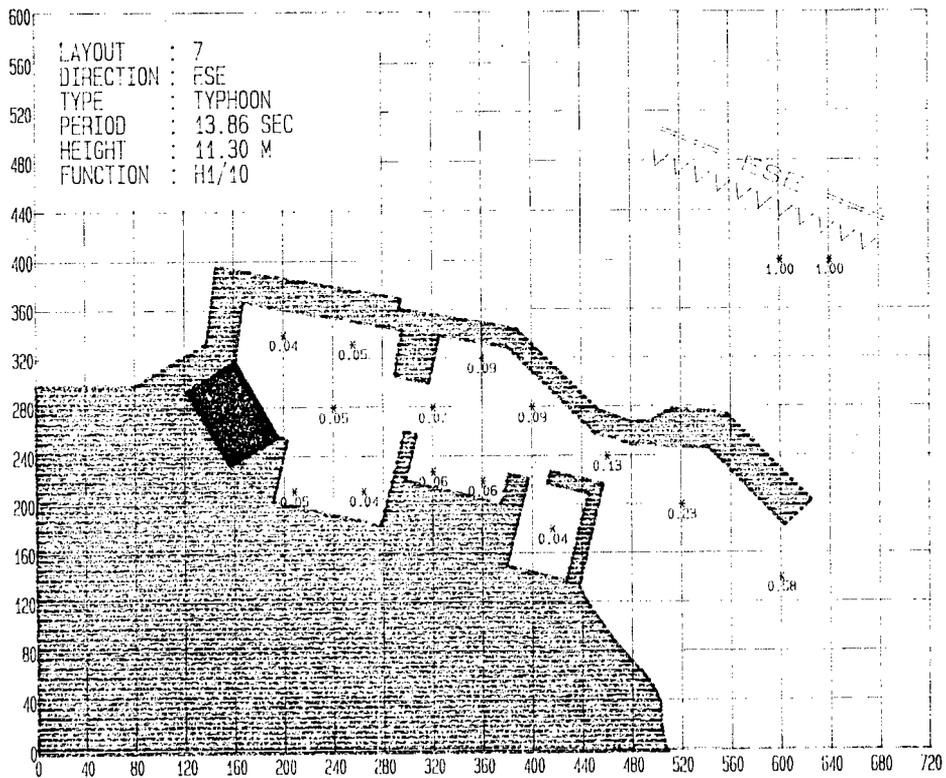


圖 E-4

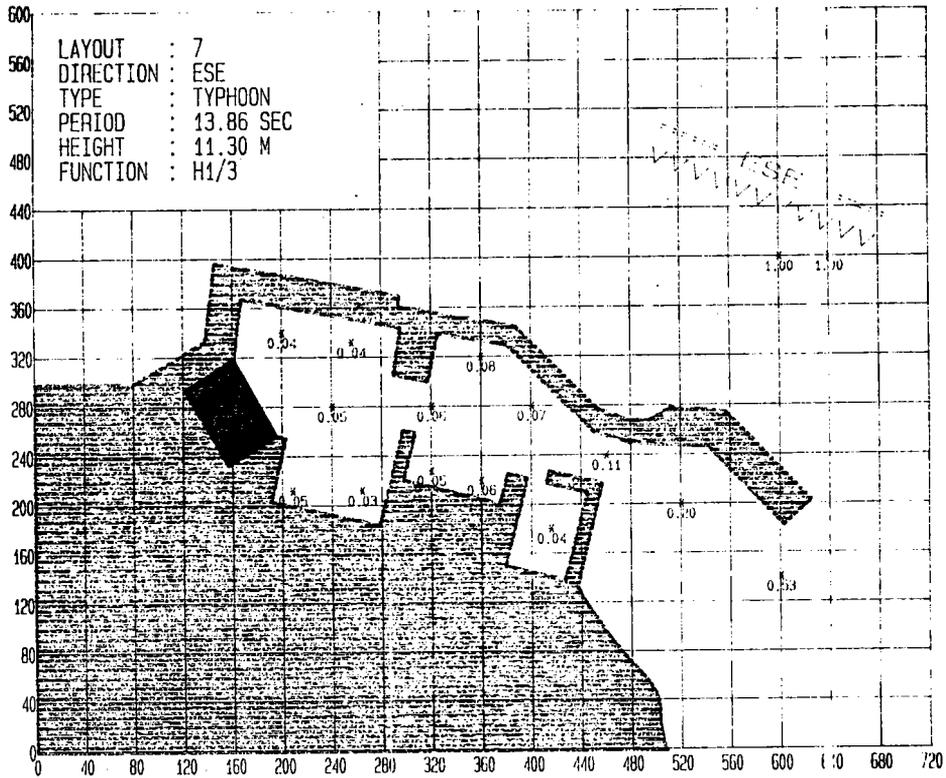


圖 E-5

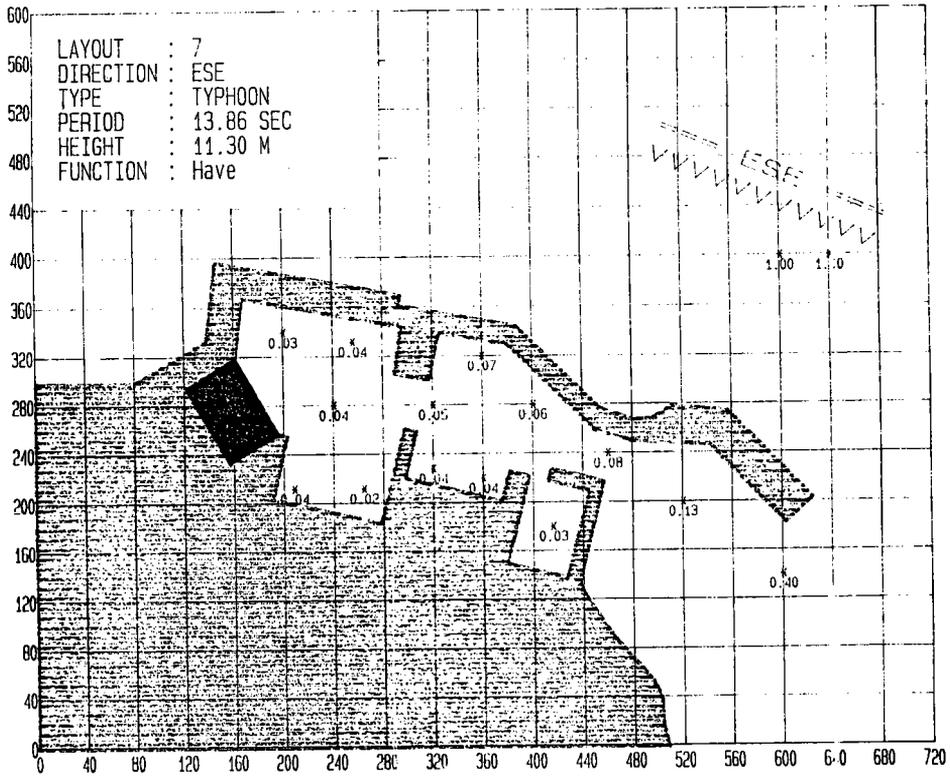


圖 E-6

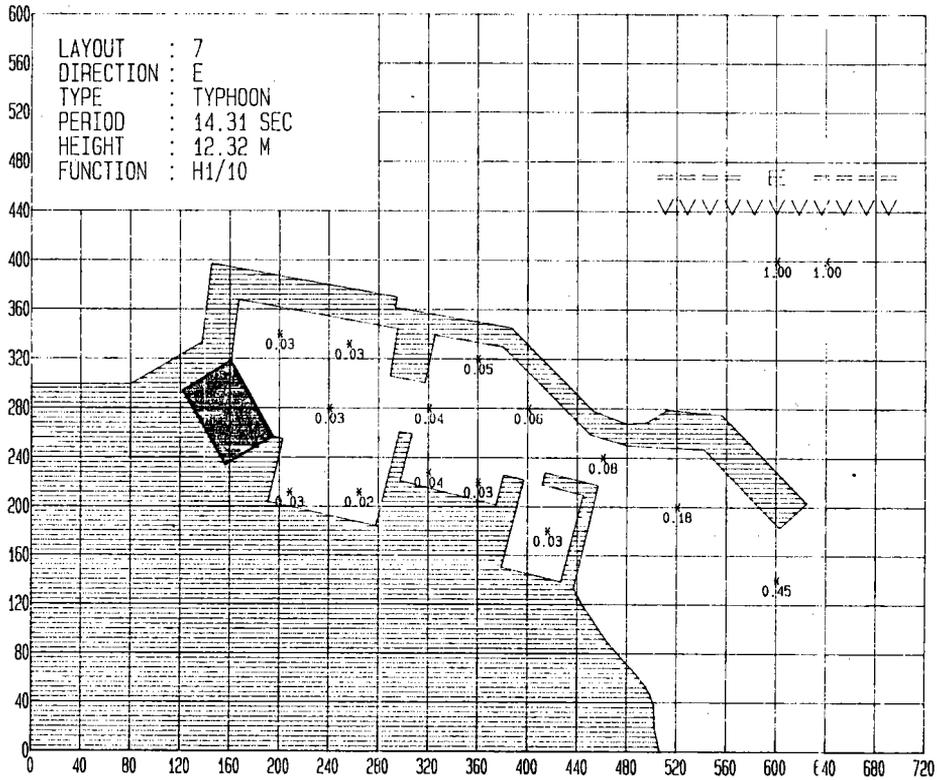


圖 E-7

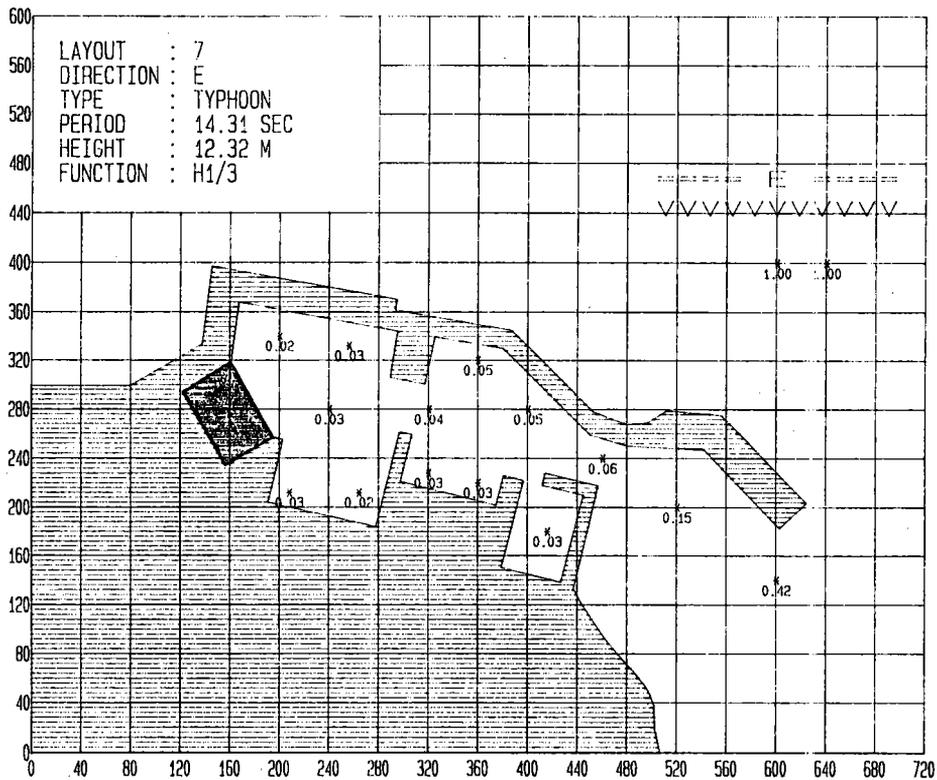
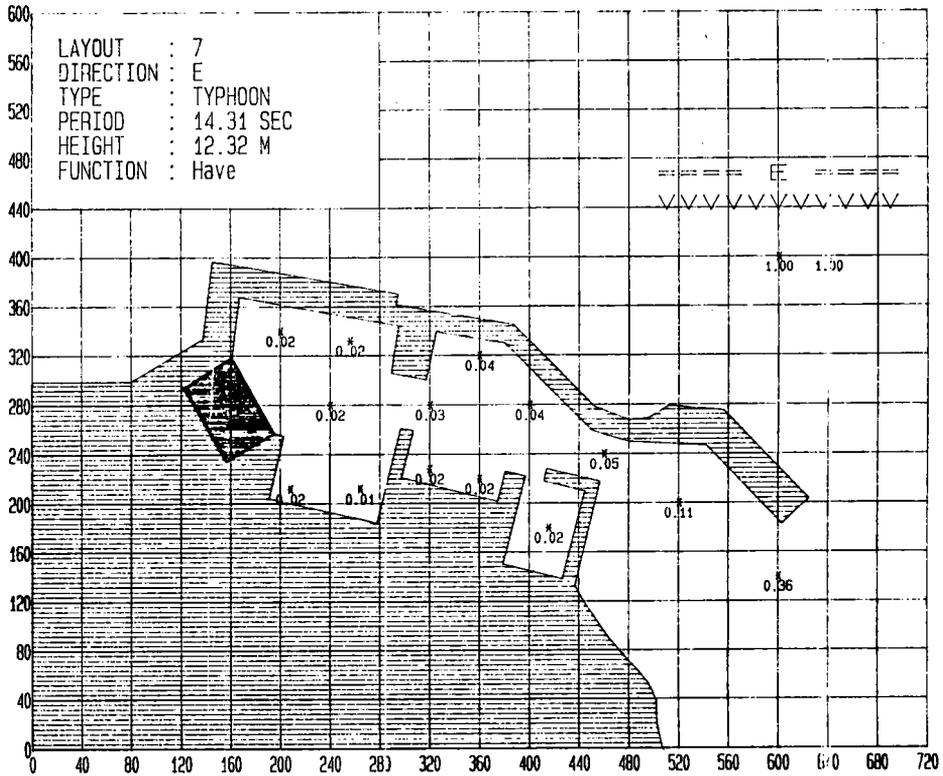
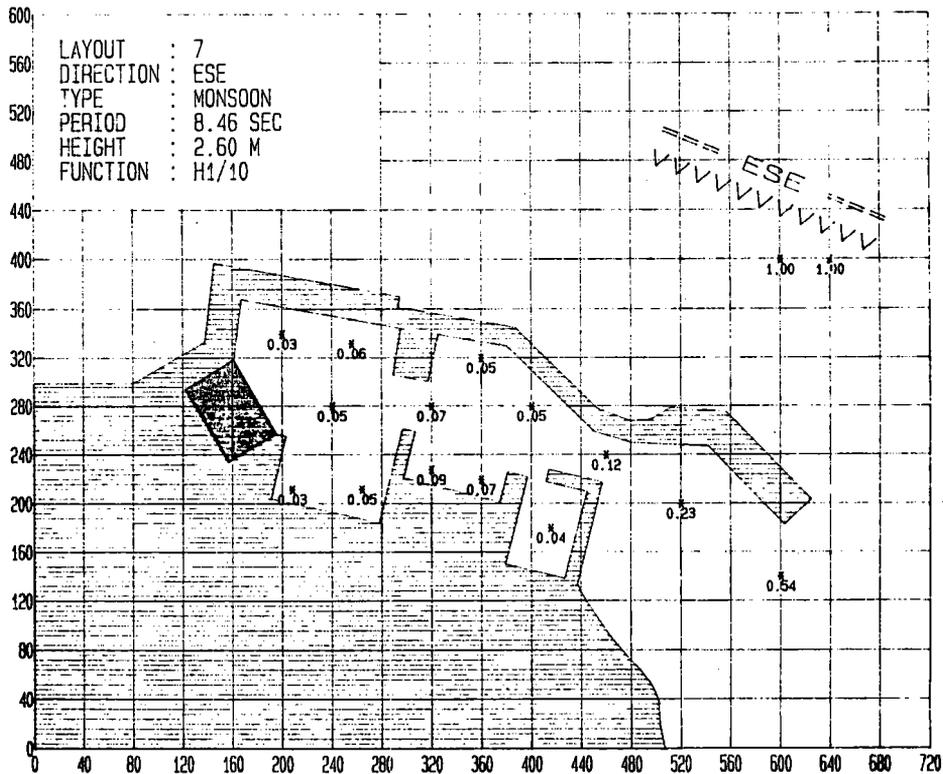


圖 E-8



■ E-9



■ E-10

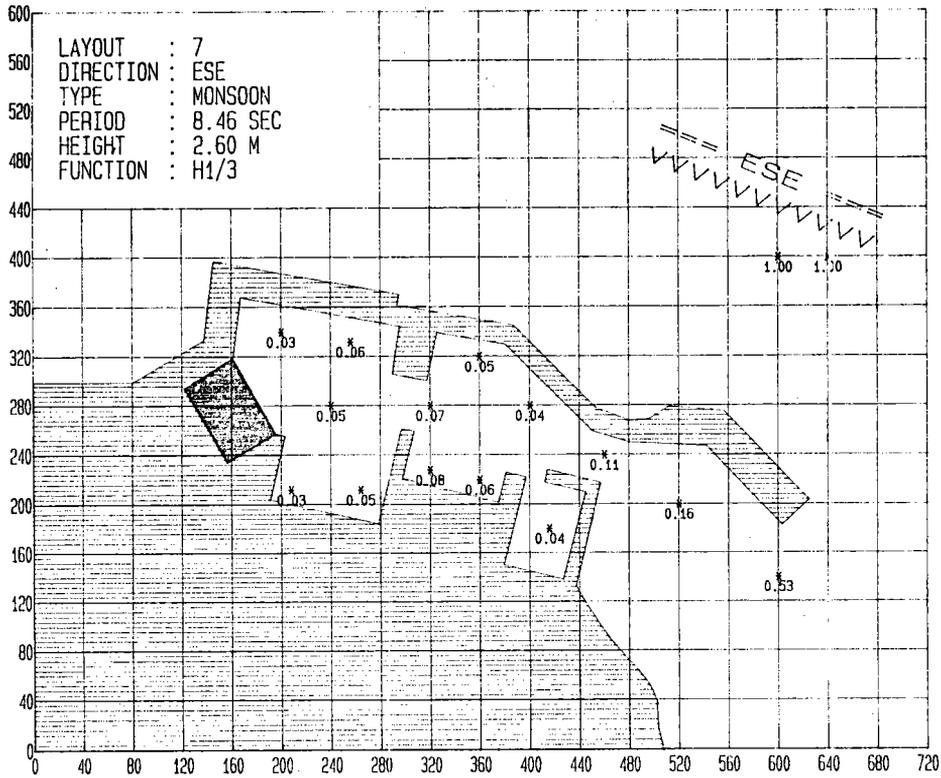


圖 E-11

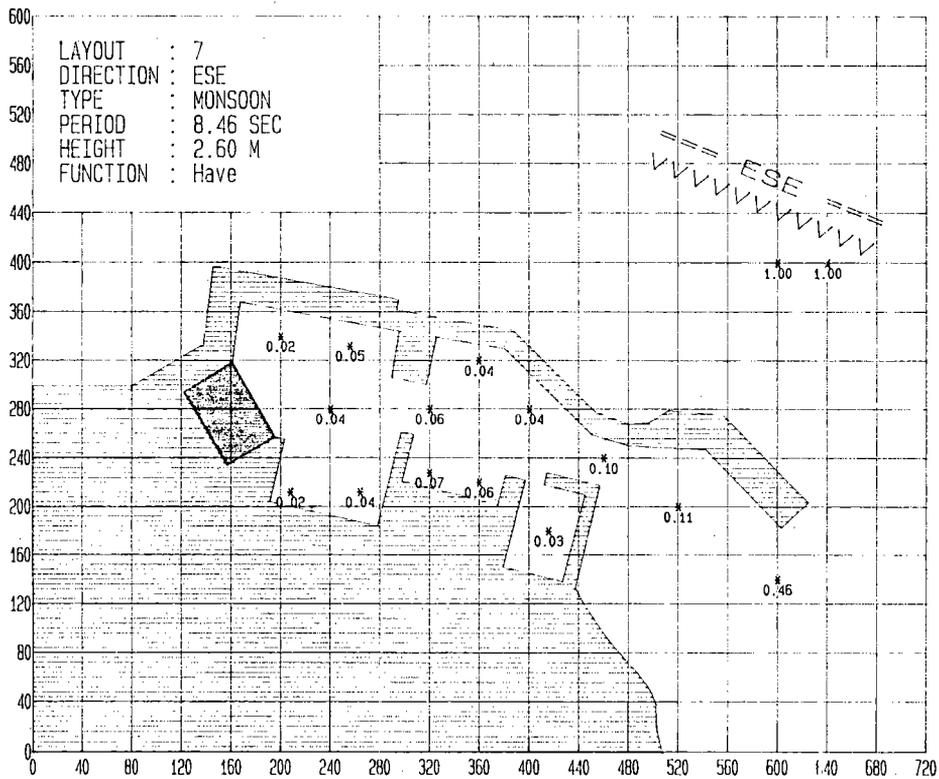


圖 E-12

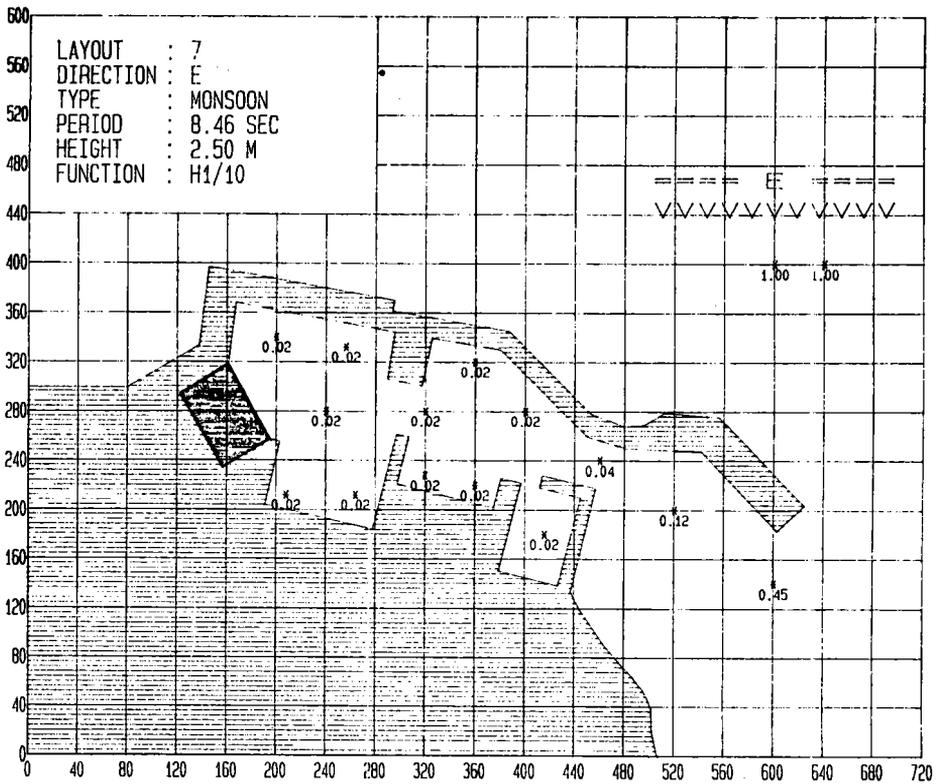


圖 E-13

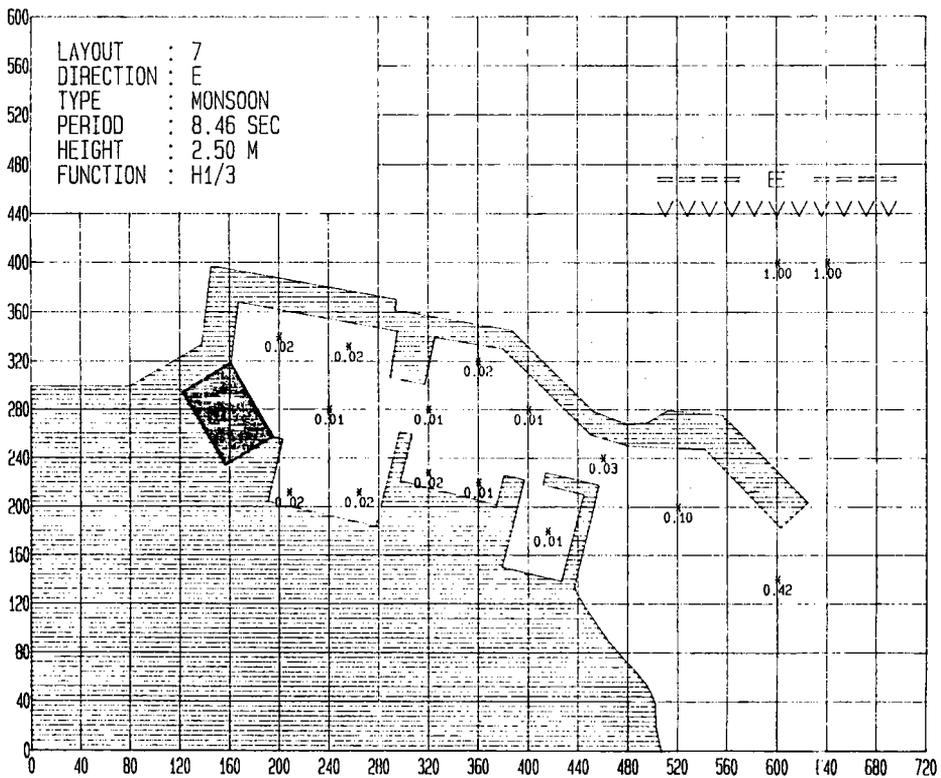


圖 E-14

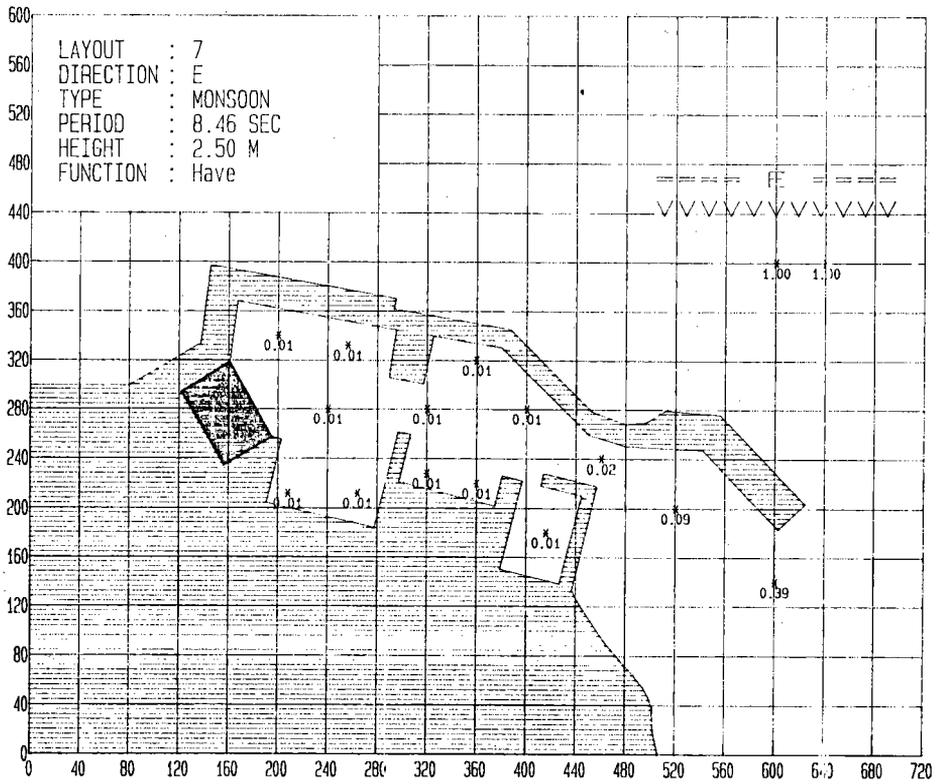


圖 E-15

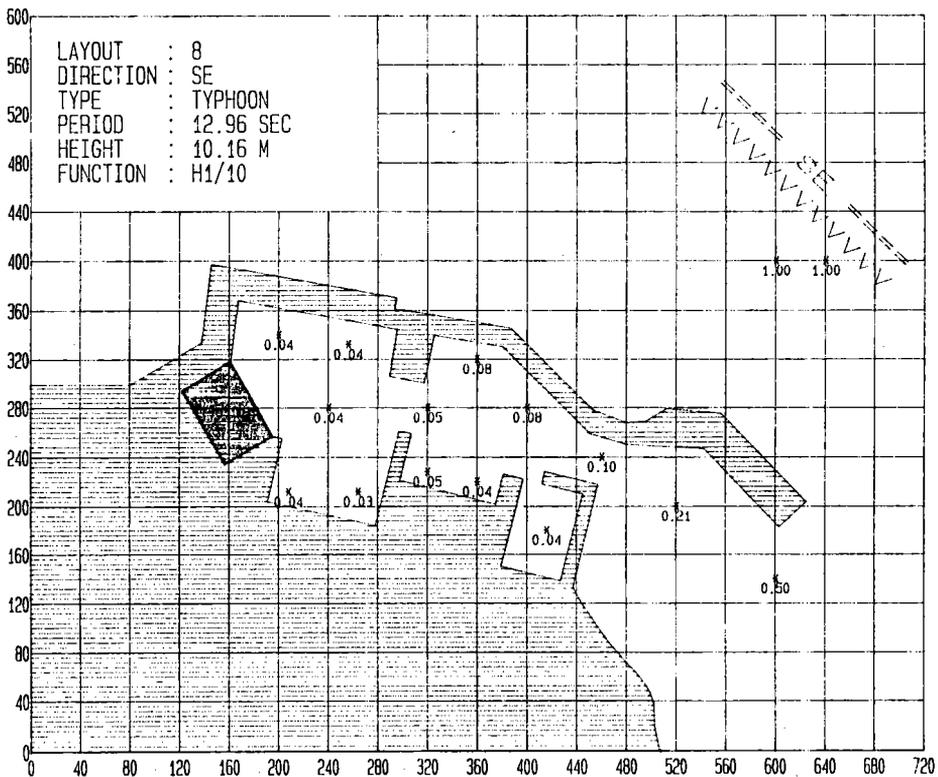
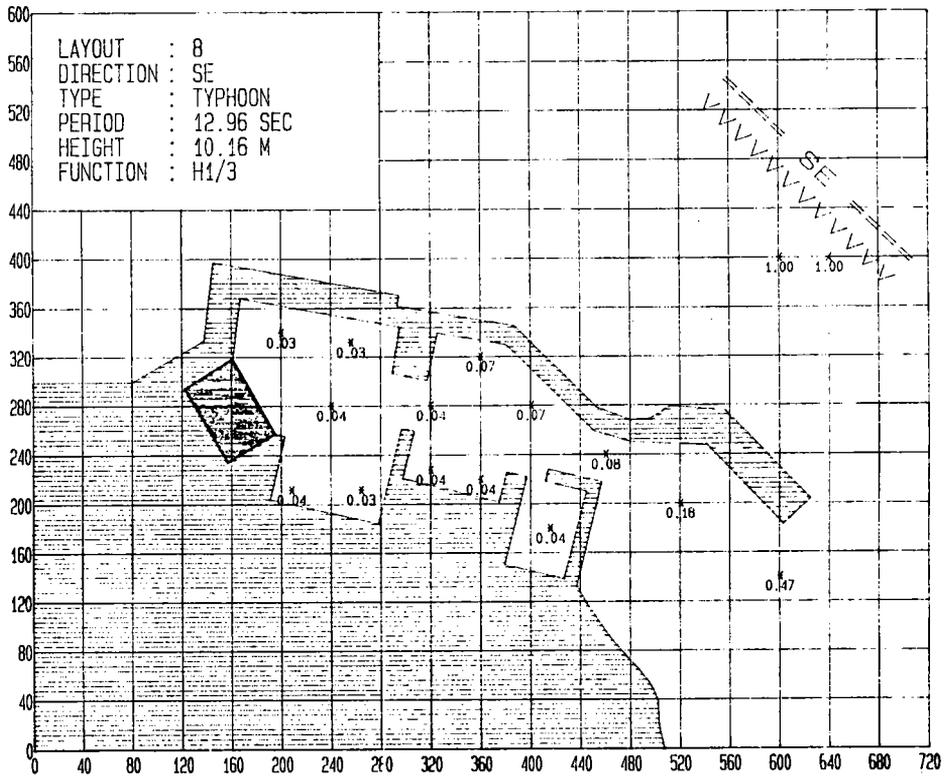
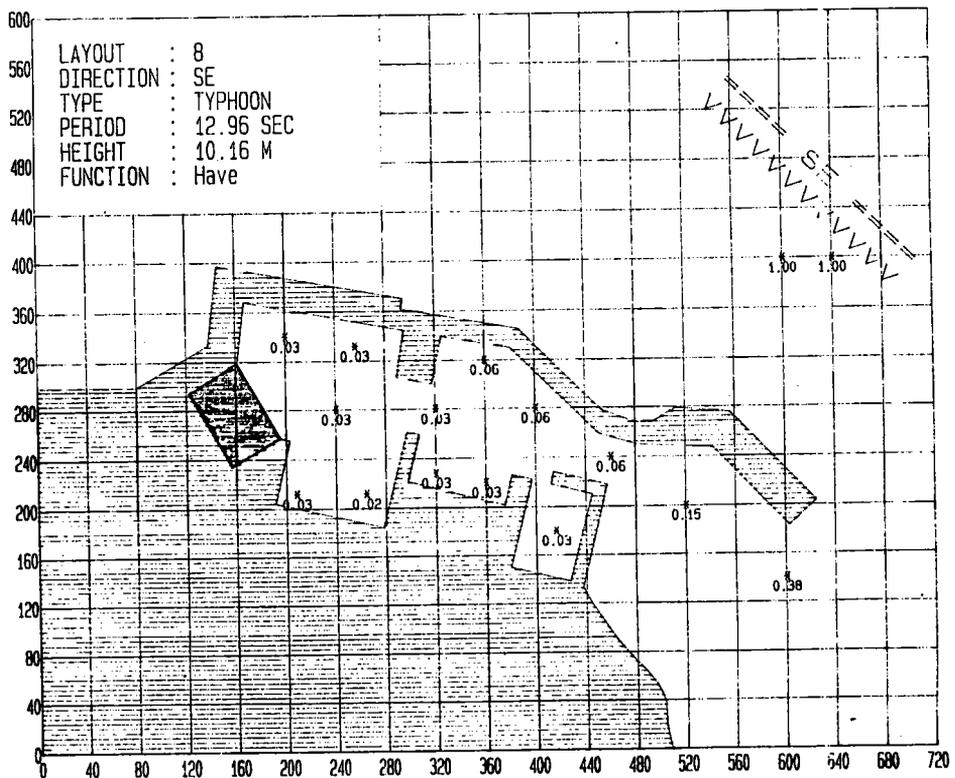


圖 E-16



■ E-17



■ E-18

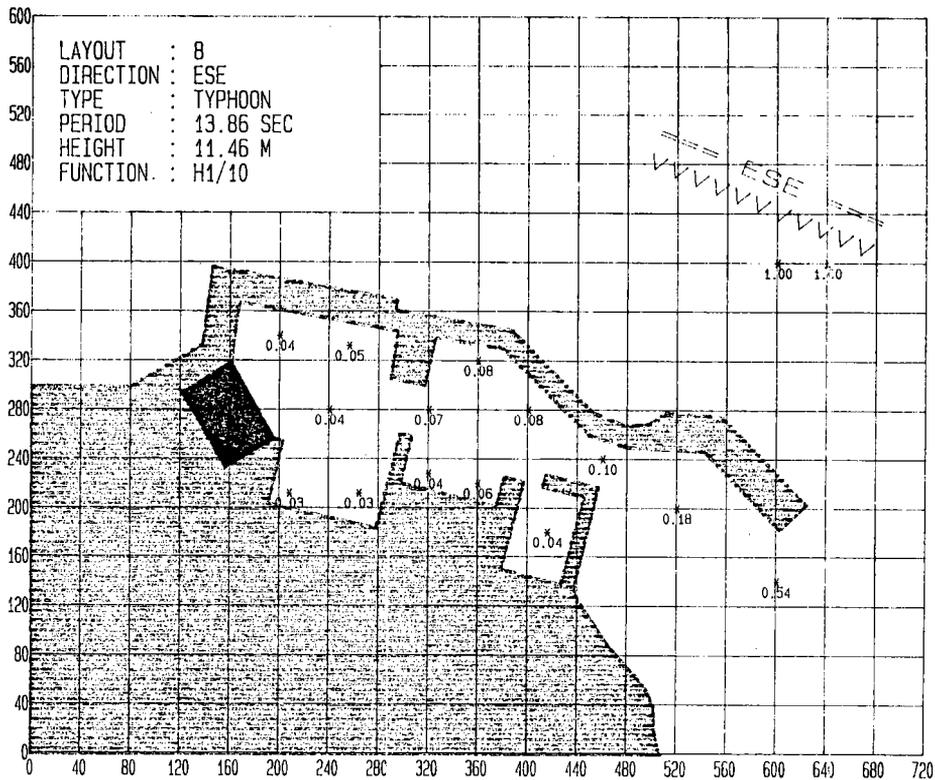


圖 E-19

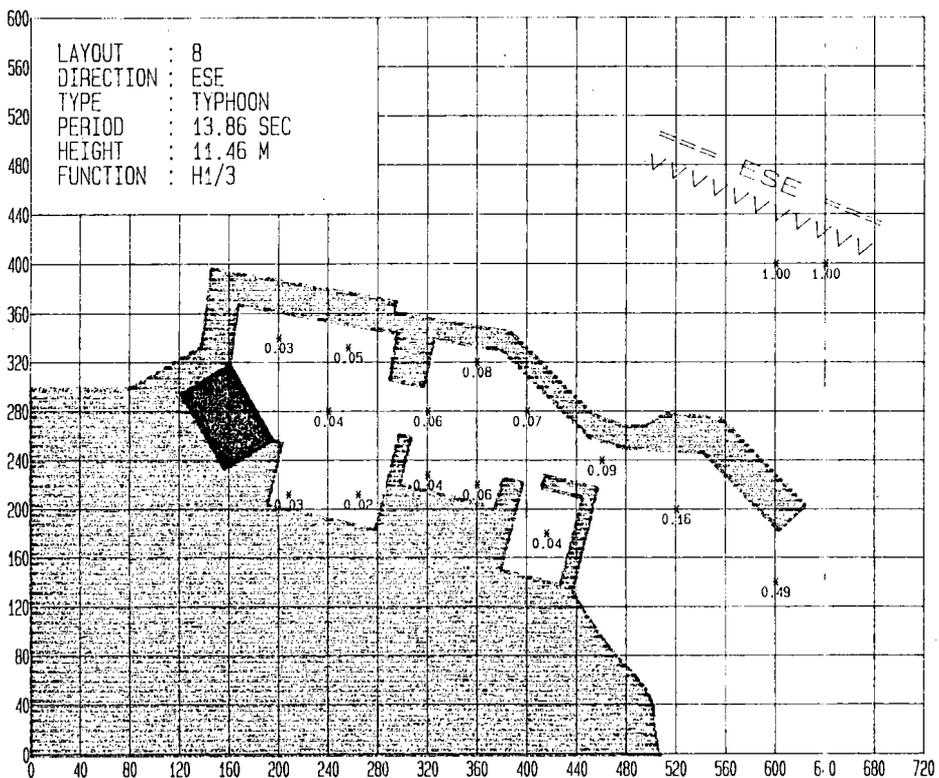


圖 E-20

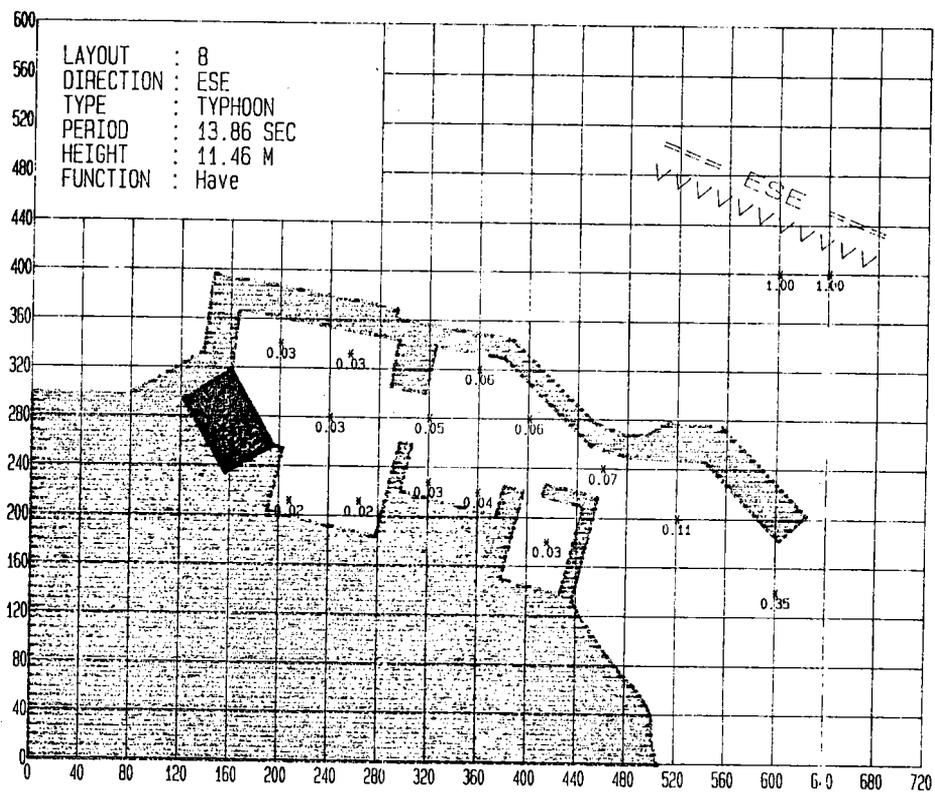


圖 E-21

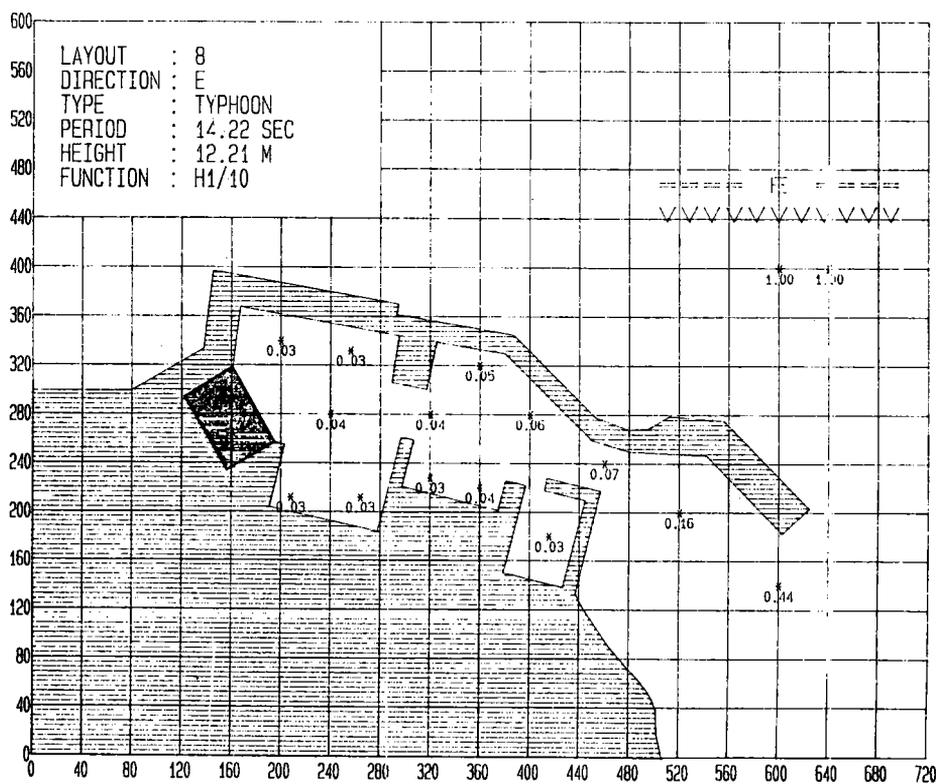


圖 E-22

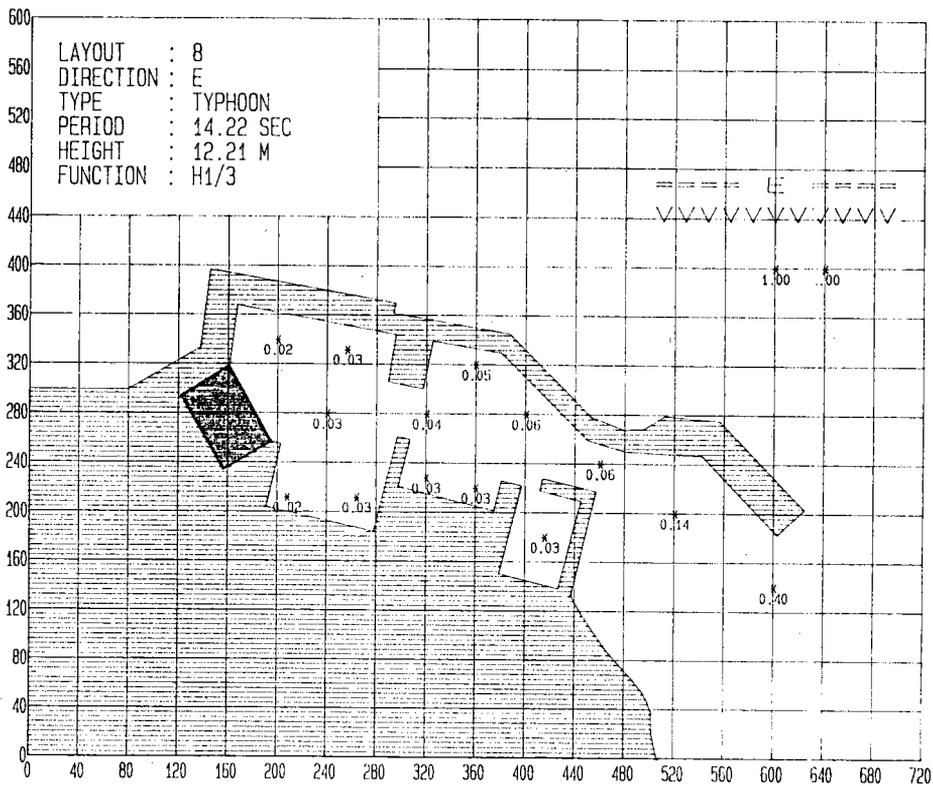


圖 E-23

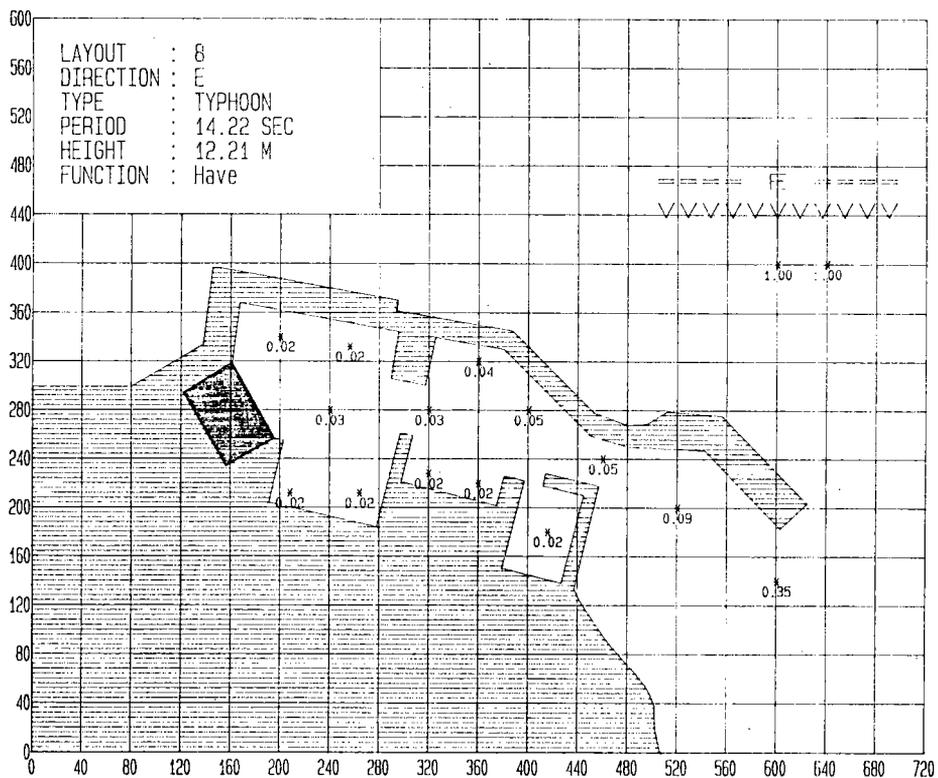


圖 E-24