

基隆港務局港區水工模型遮蔽試驗

主 持 人：何良勝

協 同 主 持 人：邱永芳

參 與 人 員：張富東

蔡金吉

楊怡芸

蔡瑞成

何炳紹

李江澤

陳進冰

陳麗珍

目 錄

圖 表 名	I
第一章 前 言	1
第二章 試驗目的	2
第三章 試驗設備與步驟	3
3.1 試驗設備	3
3.2 試驗條件	4
3.3 試驗步驟	6
第四章 試驗結果與討論	14
4.1 港區波高係數之比較 — 定性分析	14
4.2 港區波高分佈 — 定量分析	17
第五章 結 論	43
附 錄	44

圖 表 名

- 照片 3-1 港區佈置
- 照片 3-2 第三突堤碼頭佈置
- 照片 3-3 東防波堤與東碎波堤延伸佈置
- 表 3-1 入射波浪條件表
- 表 3-2 試驗配置方案
- 表 4-1 港區量測位置說明表
- 表 4-2 N 方向港區波高分佈
- 表 4-3 NNE 方向港區波高分佈
- 表 4-4 ENE 方向港區波高分佈
- 表 4-5 NNE 方向東防波堤延伸之遮蔽效應比較
- 表 4-6 ENE 方向東防波堤延伸之遮蔽效應比較
- 表 4-7 NNE 方向東碎波堤延伸之遮蔽效應比較
- 表 4-8 ENE 方向東碎波堤延伸之遮蔽效應比較
- 圖 3-1 造波機性能檢核配置圖(水深 $d=41\text{cm}$)
- 圖 3-2 造波機性能檢核結果($T=1.10\text{sec}$, $H=9.0\text{cm}$)
- 圖 3-3 造波機性能檢核結果($T=1.05\text{sec}$, $H=6.5\text{cm}$)
- 圖 3-4 造波機性能檢核結果($T=0.80\text{sec}$, $H=4.0\text{cm}$)
- 圖 3-5 港區平面佈置圖
- 圖 3-6 波浪水位變化紀錄圖
- 圖 4-1 港區內量測位置圖

- 圖 4-2 N 方向颱風波浪波高係數(Kd值)分佈曲線圖
- 圖 4-3 N 方向季風波浪波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-4 N 方向經常風波浪波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-5 NNE 方向颱風波浪波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-6 NNE 方向季風波浪波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-7 NNE 方向經常風波浪波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-8 ENE 方向颱風波浪波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-9 ENE 方向季風波浪波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-10 ENE 方向經常風波浪波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-11 Layout 1 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-12 Layout 2 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-13 Layout 3 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-14 Layout 4 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-15 Layout 5 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-16 Layout 6 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖
- 圖 4-17 Layout 7 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖

第一章 前 言

由於近年來，基隆港貨櫃營運量成長快速，現有貨櫃碼頭及其裝卸設備已有過度超載不敷使用之現象。港務局為疏解上項壓力，乃有將其他碼頭改建擴充為貨櫃碼頭以為因應之急。然受限於時效、腹地、聯外交通與營運管理等種種因素，無法於短期間內獲得有效地疏解該港的貨櫃營運，因此乃有“第三突堤碼頭興建計劃”乙案，期以最短時間、最小投資獲取最多貨櫃船席，並能舒解港區西岸碼頭之過度負荷、改善東岸港區環境，而使自成一完整港區體系。為徹底瞭解第三突堤碼頭興建後對港區波浪之影響，基隆港務局乃委託港灣技術研究所辦理水工模型試驗，以期掌握港區波高分佈之特性，俾作為規劃設計之參考。

第二章 試驗目的

基隆港務局為疏解貨櫃碼頭過度負荷的情況下，乃有在港區東岸興建第三突堤碼頭之議。然興建後會縮小港區水域與航道寬度，且該碼頭局部位置正對港口入口，入射波浪進入港區內可能造成航道、迴船池與西岸碼頭波浪條件的改變。因此基隆港務局乃委託港灣技術研究所辦理港區水工模型遮蔽試驗，以各種入射波浪條件，對延伸東防波堤與東碎波堤等各種不同港區佈置方案情況下，分析比較出興建第三突堤碼頭後的最佳佈置方案，俾做規劃設計之參考。

第三章 試驗設備與步驟

3.1 試驗設備

本試驗利用港灣技術研究所第一試驗場棚辦理，其主要試驗設備如下：

1. 試驗水池：長 60 公尺、寬 43 公尺、深 1 公尺。
2. 規則造波機：本試驗採平推式規則造波機，共計 4 台，每台長 10 公尺，可由連桿連接同步造波。
3. 容量型波高計：包括感受器及增幅器，可準確量測水面起伏變化。
4. 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，故在不考慮黏滯性情況下，模型與原型間物理量之比例關係，係由福祿德相似律 (Froude's Similarity Law) 決定。依據合約規定及試驗水池大小關係，本試驗中長度及時間的縮尺關係取為：

(1) 長度縮尺： $L_r = L_m/L_p = 1/100$

(2) 時間縮尺： $T_r = T_m/T_p = (L_m/L_p)^{1/2} = 1/10$

其中下標所註，m 為模型

p 為原型

2. 試驗條件

(1) 波浪條件

試驗波浪之條件採用基隆港務局所提供之資料為準，如下表所示：

表 3-1 入射波浪條件表

外海入射波浪	波 高		週 期	
	原 型(m)	模 型(cm)	原 型(sec)	模 型(sec)
颱 風	9.0	9.0	11.00	1.10
季 風	6.5	6.5	10.50	1.05
經 常 風	4.0	4.0	8.00	0.80

(2)入射方向

外海入射波浪方向考慮為 N、NNE、ENE、等三種。

(3)水位條件

基隆港之潮位為：平均低潮位 +0.757m，平均高潮位 +1.515m，平均潮位 +1.223m 等。本試驗水位，颱風波浪時採用平均高潮位，季風及經常風波浪採用平均潮位。

3. 試驗配置

以增建之第三突堤碼頭為主，並規劃設計延伸東防波堤及東碎波堤等各種港區遮蔽佈置，其試驗配置方案如下表所示：

表 3-2 試驗配置方案

配置方案	說 明
①	現況(含目前執行中及已知將辦理之改建工程計劃)
②	①+計劃草案
③	②+東碎波堤延伸 50m。
④	③+東碎波堤再延伸 50m。
⑤	②+東防波堤延伸 100m(沿主線延長)
⑥	③+東防波堤延伸 100m(沿主線延長)
⑦	④+東防波堤延伸 100m(沿主線延長)

3.3 試驗步驟

試驗能獲致精確結果，應著重於模型尺度的控制、造波機性能與量測儀器的率定等試驗前之檢校工作，有關試驗檢校及試驗過程詳述如下：

1. 波高計與資料處理系統率定

利用率定儀以等距離上下移動方式率定波高計，以確認其之線性度。再利用波高計與造波機檢核資料處理系統之準確度。

2. 造波機性能檢核

於試驗模型前，先行檢核造波機性能，以確認該造波機造波之特性，諸如同一波峰線之水位變化是否相等、是否有彎曲現象與波浪減衰等等。有關配置如圖 3-1 所示，檢核結果如圖 3-2 ~ 圖3-4 所示。由圖中結果顯示，對同一列位置而言，各測點間波浪週期、波高皆稍有差異，尤以造波機中央附近波高皆稍為偏低，其週期、波高差異大小約為 3%；對前後不同列測點而言其偏差度約為 2%，因此造波機之造波性能尚稱良好。

3. 模型製作

根據基隆港務局提供之港區水深測量圖於試驗水池內製作縮尺為百分之一之試驗模型，並作可移動之鐵片及水泥方塊佈置於第三突堤碼頭與東防波堤、東碎波堤等延伸位置。另外，於造波前置波高計 2 支量測入射波浪，並將其他 23 支波高計放置於港區內具代表性之區域以量測其水位變化情況。有關港區模型佈置與波高計位置如照片 3-1~照片 3-3 及圖 3-5。

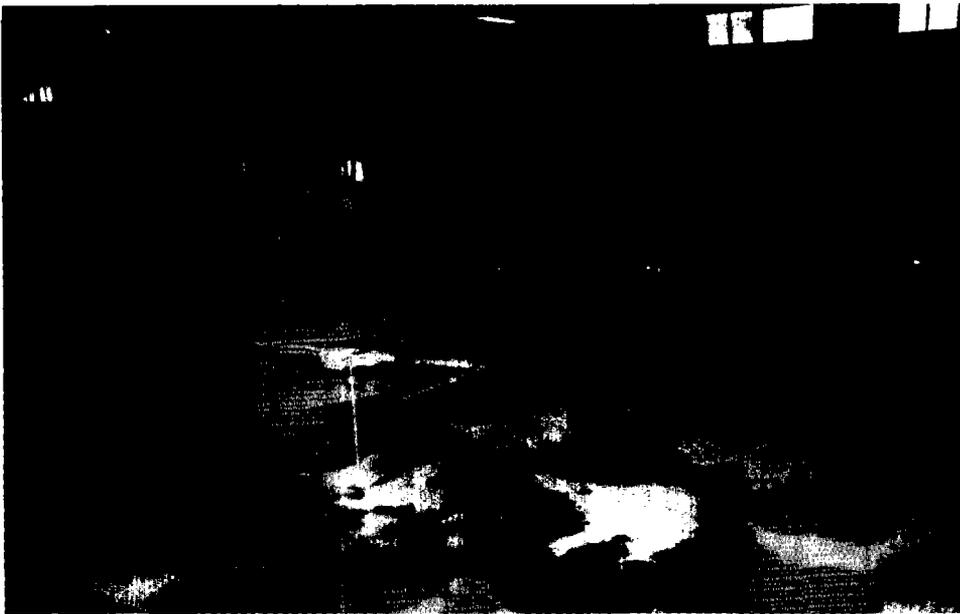
4. 試驗過程

- (1) 依據颱風、季風及經常風等外海入射波浪條件與試驗配置方案順序，依次造波試驗。
- (2) 考慮入射波反射影響因素，造波時間約為 2~3 分鐘。當成熟波浪到達量測入射波波高計位置時，PC 即開始以 50Hz 速度記錄資料。
- (3) PC 記錄完畢後，再由螢幕上判讀所需之資料，取入射波列中連續 5 個波之平均值為入射波波高與週期；再以上述所求取之入射波記錄為起點，計算港區內各測點波浪到達之時間，同樣求取 5 個波之平均值為該測點之記錄值，最後將所有記錄資料儲存入檔。有關波浪水位變化記錄如圖 3-6。



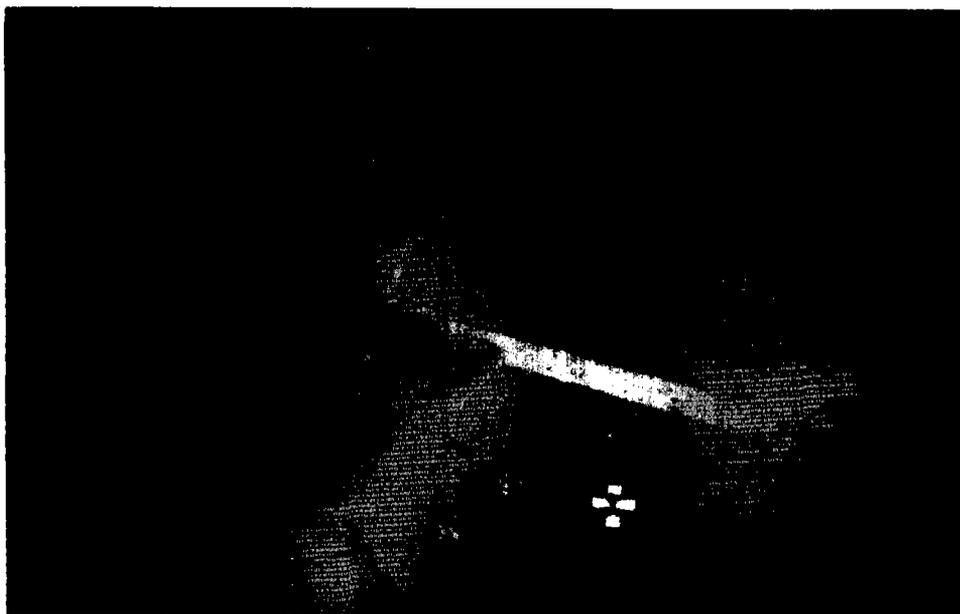
照片3-1

港區佈置



照片3-2

第三突堤碼頭佈置



照片3-3 東防波堤

與東碎波堤延伸佈置

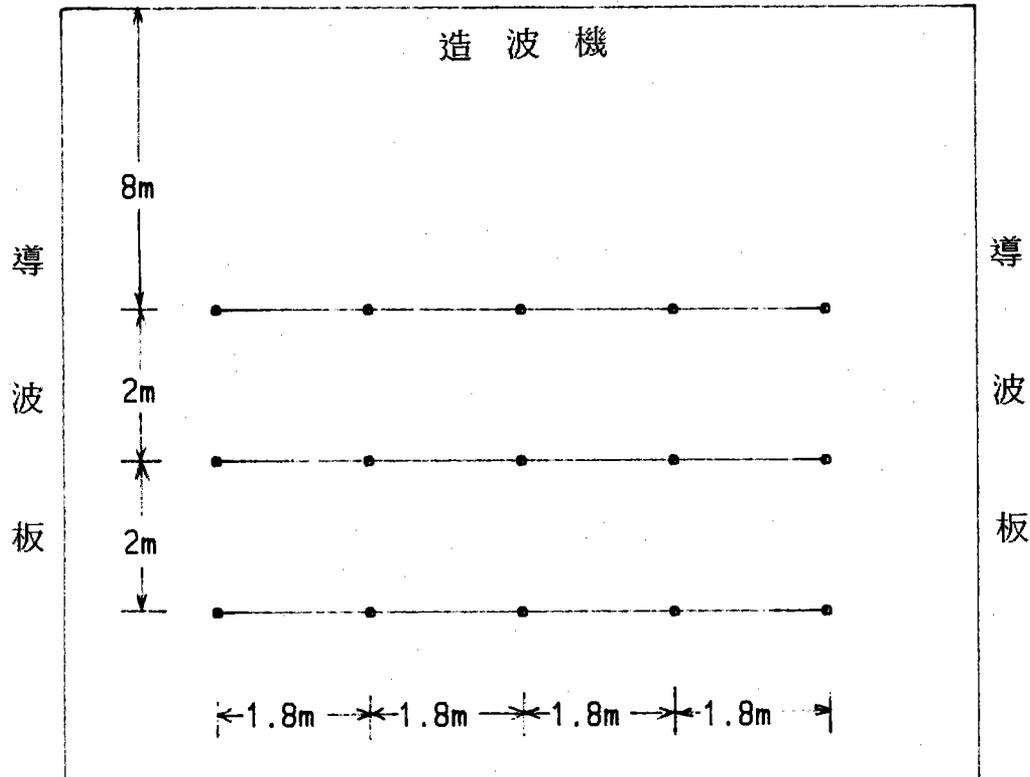


圖 3-1 造波機性能檢核配置圖(水深 $d=41\text{cm}$)

H =	9.10	9.06	8.95	9.18	9.11
T =	1.11	1.08	1.11	1.09	1.10
H =	9.05	9.03	8.90	9.13	9.07
T =	1.09	1.12	1.10	1.11	1.09
H =	9.01	9.00	8.84	9.09	9.01
T =	1.10	1.10	1.09	1.11	1.09

圖 3-2 造波機性能檢核結果($T=1.10\text{sec}$, $H=9.0\text{cm}$)

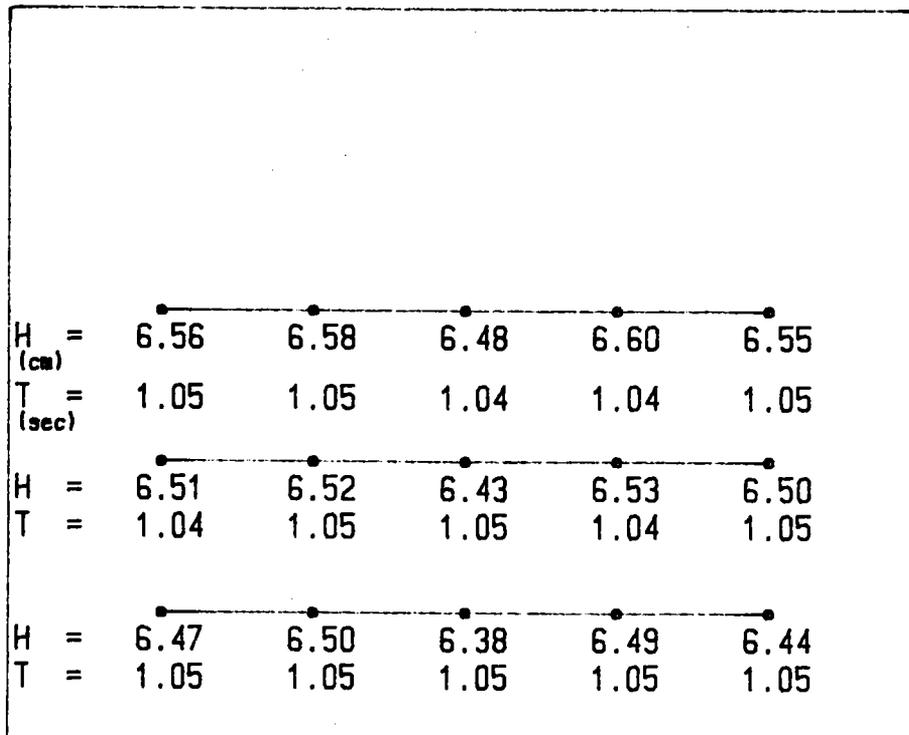


圖 3-3 造波機性能檢核結果 (T=1.05sec, H=6.5cm)

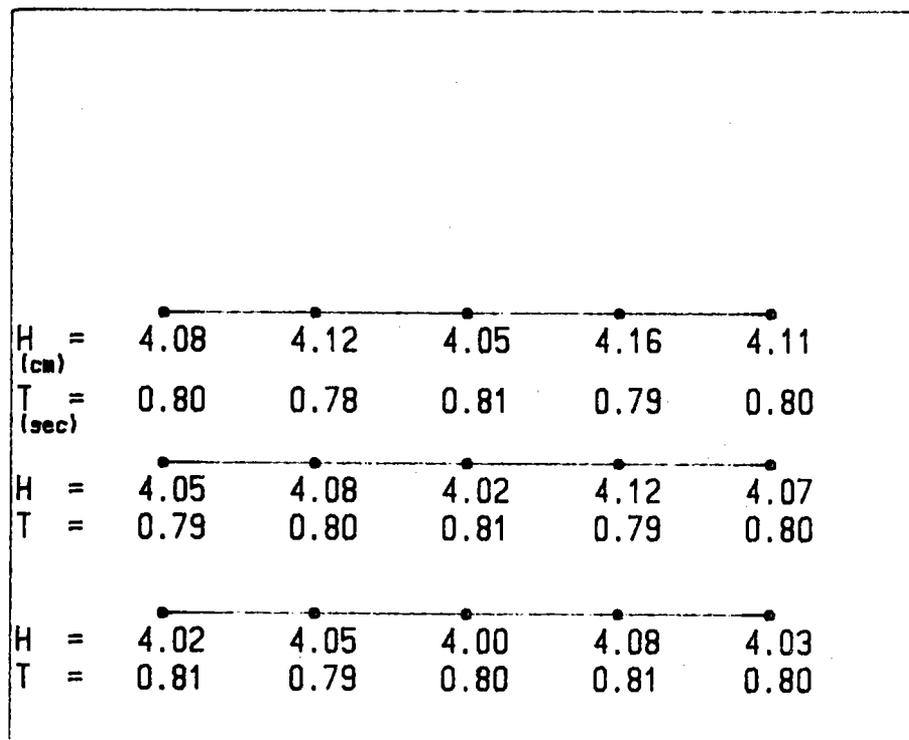


圖 3-4 造波機性能檢核結果 (T=0.80sec, H=4.0cm)

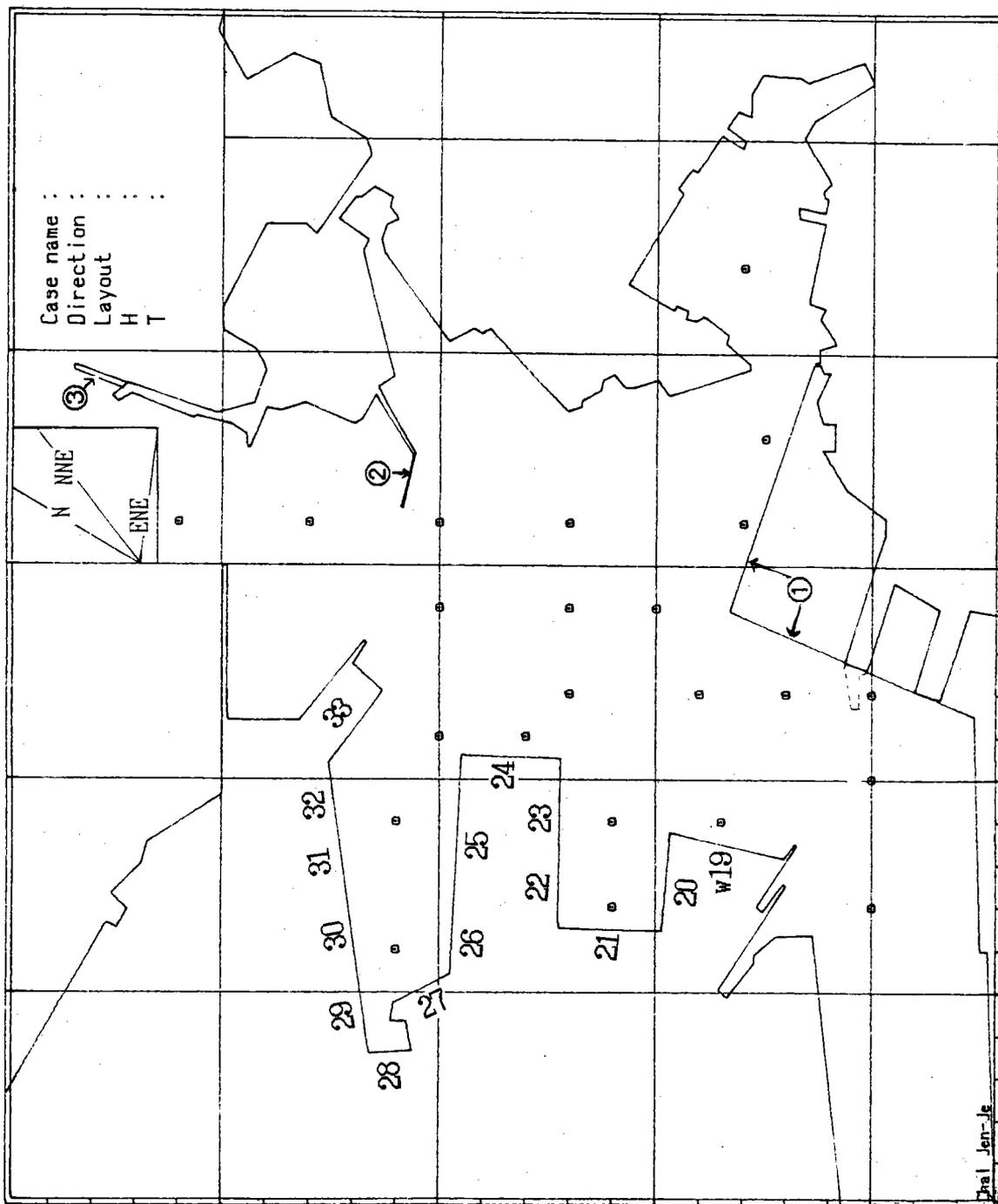


圖 3-5 港區平面佈置圖 (數字說明, ①擬興建之第三突堤碼頭,

②東碎波堤延伸部份, ③東防波堤延伸部份)

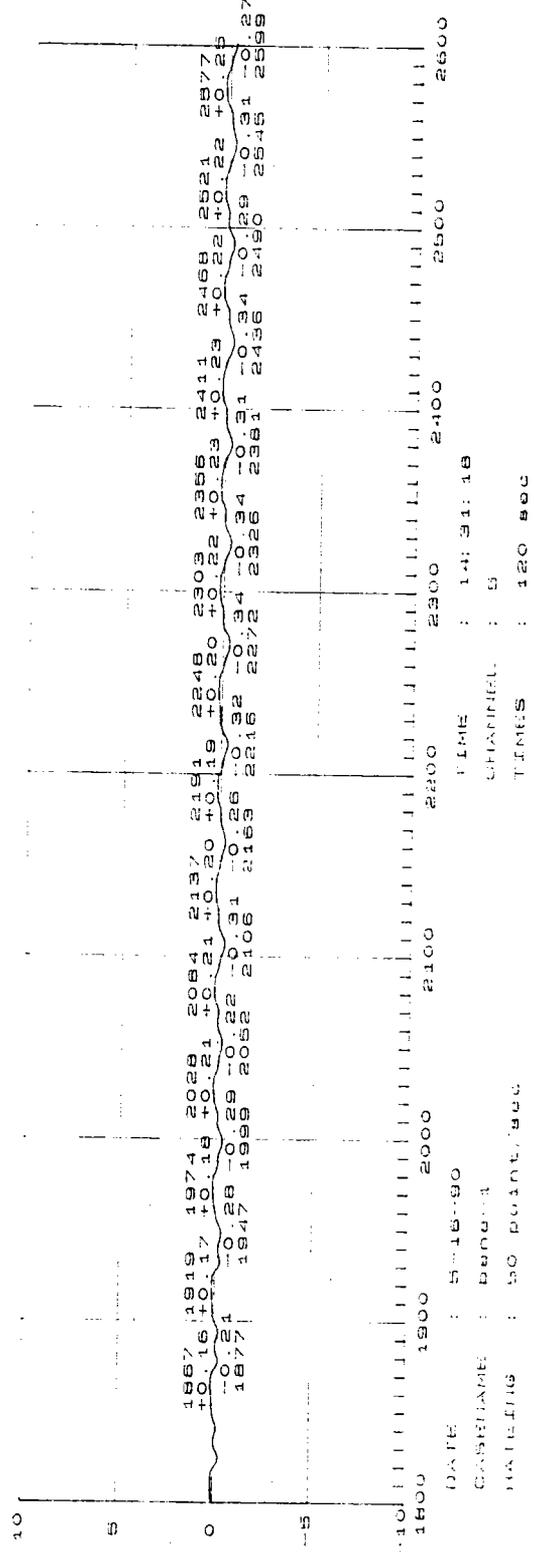
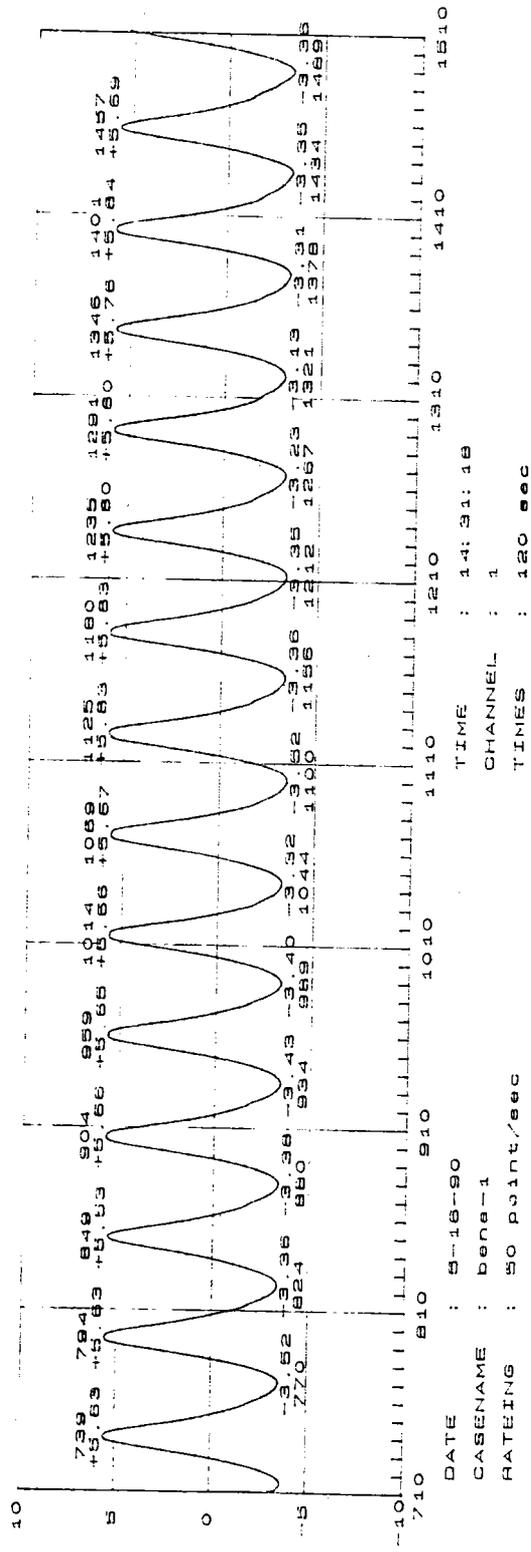


圖 3-6 波浪水位變化紀錄圖 (圖上為入射波浪, 圖下為港區內波浪)

第四章 試驗結果與討論

本章將分別定性及定量分析比較試驗結果如下：

4.1 港區波高係數之比較 — 定性分析

依據第三章之試驗條件及試驗步驟，從事各種配置方案之遮蔽試驗，其港區內各測點波高係數(kd值)之結果如附錄之圖 A-1 ~ 圖 A-63。為便於比較分析，茲將港區內各相關量測位置編排如圖4-1 所示，圖中量測位置說明如下表：

表 4-1 港區量測位置說明表

量測位置	A	B	C	D	E
	1 ~ 5	3 ~ 8	9 ~ 12	12 ~ 13	14 ~ 15
說明	航道 前段	迴船池	航道 後段	第三突堤 碼頭西側	第三突堤 碼頭北側

續表 4-1

量測位置	F	G	H	I	J
	16	17	18 ~ 19	20	21 ~ 23
說明	正濱 漁港內	西 19 碼頭	西20~西23 碼頭內	西 24 碼頭	西25~西33 碼頭內

將附錄中各種試驗結果依圖 4-1 之量測位置,重新繪製成波高係數 (kd值) 比較曲線圖,如圖 4-2 ~ 圖 4-17 所示(圖中符號 A ~ J 如表 4-1 之說明)。以下將以入射波向為主,依各試驗特性分項定性分析比較。

一. N 方向入射波浪

圖 4-2 ~ 圖 4-4 為 N 方向颱風、季風與經常風等三種不同入射波浪與港區內各種配置方案之波高係數曲線比較圖。由於 N 方向之入射波浪幾乎直接進入港區,因此延伸東防波堤所產生的遮蔽效用並不明顯,此可由各圖中之 Layout 5~7 與 Layout 1~4 之比較得知。至於,延伸東碎波堤之情況,除對其後之遮蔽區,如部份迴船池(測點 6 與 7)及擬興建之第三突堤碼頭北側區域(測點 14 與 15)有較明顯之遮蔽效果外,其餘各區域近乎不受影響。而比較東碎波堤延伸 50 公尺與 100 公尺之遮蔽作用情況,即各圖中 Layout 3 與 4 之比較,Layout 6 與 7 之比較,其試驗結果並無太大差異。另外,由於第三突堤碼頭的興建,令港區水域縮小及局部波浪反射作用,使得局部航道、迴船池與原有西岸碼頭區域之波高稍有增大之趨勢。

二. NNE 方向入射波浪

圖 4-5 ~ 圖 4-7 為 NNE 方向各種入射波浪與港區配置方案波高係數曲線比較圖。由於受東防波堤之遮蔽作用,NNE 方向

之波高係數已明顯降低，因之，若再延伸東防波堤，則因遮蔽效果更形顯著而令波高係數更為降低，由各圖中 Layout 5 ~ 7 與 Layout 1~4 之比較可知（其中測點 13 係因原有碼頭遮擋，故使 Layout 1 部份偏低）。顯然地，東防波堤之延伸，明顯的對 NNE 方向入射之波浪有良好的遮蔽效應。而對延伸東碎波堤之佈置而言，除了迴船池之局部區域（測點 6 與 7）與第三突堤碼頭北側有較明顯之遮蔽效應外，其餘各區域則影響甚微。而東碎波堤延伸 50 公尺與 100 公尺之結果比較，同樣除上述之影響區域稍有差異外，其餘各區域並無明顯分別。由於整港區之波高係數已明顯降低，故第三突堤碼頭興建後對港區內航道、迴船池與原有西岸碼頭等局部區域波高增大之趨勢稍有降低。

三. ENE 方向入射波浪

圖 4-8 ~ 圖 4-10 為 ENE 方向試驗結果之波高係數曲線比較圖。由於 ENE 方向入射之波浪與港口方向之間夾角偏大，使得入射波浪繞射進入港區之能量大為降低，因此港區內之波高係數益形降低。而延伸東防波堤更能阻擋波浪進入港區而達到更佳之遮蔽效應，此由各圖中 Layout 5 ~ 7 與 Layout 1 ~ 4 之比較可明顯得知。同樣地，東碎波堤延伸之情況，除了迴船池局部區域與第三突堤碼頭北側區域有較明顯之遮蔽作用外，其餘各區域差異不大，且其延伸 50 公尺與 100 公尺之遮蔽效果，對上述區域稍有差異外，其餘各區域並無明顯區別，另外，由於港區內之波高係數已偏低，故第三突堤碼頭之興建對港區其餘地區之影

響也大為降低。

四. 不同入射波浪之比較

圖 4-11 ~ 圖 4-17 為相同港區佈置方案、不同入射波浪與入射方向之波高係數曲線比較圖。由各圖中結果顯示，N、NNE、與 ENE 等不同方向之波高係數差異極為顯著。對 NNE 與 ENE 兩種入射波向而言，由於波浪斜向進入港區，波浪能量已大為減小，其受港區結構物之反射作用亦大為降低，因此，不論入射波浪為颱風、季風或經常風，其波高係數大抵相近似；而由 N 方向入射之波浪，因其直接進入港區，港區內結構物反射作用明顯，故颱風、季風與經常風等試驗條件之波高係數差異較大。

以上分析，皆是由各波高係數曲線比較圖中，依港區配置方案作遮蔽效應之定性研判，至於港區內各測點之波高值與各區域受東防波堤與東碎波堤延伸之遮蔽作用所產生差異量的大小，將於下節中作一定量的分析比較。

4.2 港區波高分佈 — 定量分析

一. 港區內各測點之波高值

依據附錄之試驗結果，將入射波高乘以各測點之波高係數即可計算得該測點之波高值，今以各入射波向為主，分別計算結果

如表4-2 ~ 表 4-4 所示。由於航道與迴船池等區域範圍較大，測點較多，波高亦較富變化，因此取最大與最小值為其計算區間，其他如 C、D、E、H 與 J 等碼頭區域變化較小，故取其平均值當作該區域之計算值。由各表中之波高值亦可印證 4.1 節中闡述之定性分析。

二. 東防波堤延伸之遮蔽效應

基於上節東防波堤延伸僅對 NNE 方向與 ENE 方向入射之波浪有較顯著之遮蔽效應的定性分析結果，於此亦僅對此兩方向入射之波浪作確切之定量分析。由於 NNE 與 ENE 兩波向之颱風、季風與經常風等波浪條件所得之波高係數差異很小，故取此三者之平均值當作計算之波高係數值。有關港區佈置方案係數不含有東碎波堤延伸部份，即是現況佈置之 Layout 1、僅有第三突堤碼頭佈置之 Layout 2 與再加延伸東防波堤之 Layout 5 作一比較，而測點位置 A ~ J 亦如前述位置，但其中 D 區域僅含測點 12（Layout 1 之測點 13 受碼頭遮擋波高係數偏低故予捨棄）。為便於分析起見，取 Layout 2 之波高係數為 1 當作基準，Layout 1 與 5 再與之比較。有關分析結果，如 NNE 方向之表 4-5 與 ENE 方向之表 4-6。由表中可知，NNE 與 ENE 兩波向波浪之試驗結果相近似，同時亦可知，興建第三突堤碼頭後，由於受碼頭反射作用之影響，港區內大部份區域之波高稍大於現況之佈置；而延伸東防波堤之遮蔽效應則至為顯著，其波高減幅一般約為 30% ~ 40%，最大者達 50%，因此，東防波堤之延伸可達成良好之遮蔽效應。

三. 東碎波堤延伸之遮蔽效應

同理，於此亦僅定量分析延伸東碎波堤對 NNE 與 ENE 兩波向波浪的遮蔽效應。同樣亦取颱風、季風與經常風等三者波浪條件之平均值為計算值。有關港區佈置方案則分兩部份比較，一為不含延伸東防波堤部份，即 Layout 2, 3, 與 4, 另一為含延伸東防波堤部份，即 Layout 5, 6, 與 7; 而港區測點亦如上述方式，但僅將 B 之迴船池部份區分為受東碎波堤遮蔽影響的 B1 部份與不受影響的 B2 部份。為便於分析比較起見，將 Layout 2 與 Layout 5 之波高係數值當作 1 之基準。有關分析結果如 NNE 方向之表 4-7 與 ENE 方向之表 4-8。由表中可知，延伸東碎波堤 50 公尺之情況，除迴船池 B1 與第三突堤碼頭北側區域 E 稍受遮蔽效應影響（約在 10% 以內）外，港內其餘區域並未受其影響；而延伸東碎波堤 100 公尺之情況，除對上述區域及正濱漁港內有較顯著之遮蔽效應（約為 15% ~ 25%），港內其餘區域亦無太大差異。因此不論延伸東碎波堤 50 公尺或 100 公尺，除對部份迴船池與第三突堤碼頭北側區域稍有遮蔽效應外，對港區內其他區域則無甚影響。

表 4-2 N 方向港區波高分佈 (符號說明, T:颱風, S:季風, F:經常風, ()內表示入射波高, 波高單位為公尺)

港佈	區置	入射波種類	測點 波高	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Layout 1	T(9.07)	kd		0.97-0.39	0.69-0.39	0.34-0.21	0.23	0.37	0.24	0.32	0.23	0.35	0.21
		H		8.80-3.54	6.26-3.54	3.08-1.90	2.09	3.36	2.18	2.90	2.09	3.17	1.90
	S(6.55)	kd		1.08-0.33	0.67-0.33	0.31-0.17	0.19	0.38	0.25	0.35	0.19	0.32	0.21
		H		7.07-2.16	4.39-2.16	2.03-1.11	1.24	2.49	1.64	2.29	1.24	2.10	1.38
	F(4.09)	kd		0.98-0.36	0.65-0.36	0.30-0.17	0.21	0.34	0.20	0.33	0.19	0.30	0.19
		H		4.01-1.47	2.66-1.47	1.23-0.70	0.86	1.39	0.82	1.35	0.78	1.23	0.78
2	T(9.09)	kd		0.95-0.36	0.62-0.36	0.31-0.22	0.24	0.41	0.26	0.34	0.24	0.33	0.19
		H		8.64-3.27	5.64-3.27	2.82-2.00	2.18	3.73	2.36	3.09	2.18	3.00	1.73
	S(6.55)	kd		1.02-0.32	0.67-0.32	0.29-0.17	0.21	0.39	0.26	0.33	0.19	0.30	0.23
		H		6.68-2.10	4.39-2.10	1.90-1.11	1.38	2.55	1.70	2.16	1.24	1.97	1.51
	F(4.05)	kd		0.96-0.40	0.65-0.40	0.33-0.19	0.26	0.34	0.20	0.34	0.20	0.31	0.20
		H		3.89-1.62	2.63-1.62	1.34-0.77	1.05	1.38	0.81	1.38	0.81	1.26	0.81
3	T(9.01)	kd		0.94-0.40	0.67-0.40	0.35-0.22	0.28	0.35	0.26	0.36	0.27	0.34	0.25
		H		8.47-3.60	6.04-3.60	3.15-1.98	2.52	3.15	2.34	3.24	2.43	3.06	2.25
	S(6.51)	kd		1.06-0.34	0.66-0.34	0.30-0.20	0.24	0.34	0.18	0.35	0.22	0.34	0.23
		H		6.90-2.21	4.30-2.21	1.95-1.30	1.56	2.21	1.17	2.28	1.43	2.21	1.50
	F(4.08)	kd		0.94-0.34	0.61-0.34	0.31-0.20	0.25	0.32	0.16	0.30	0.17	0.28	0.19
		H		3.84-1.39	2.49-1.39	1.27-0.82	1.02	1.31	0.65	1.22	0.69	1.14	0.78
4	T(9.05)	kd		0.93-0.37	0.63-0.37	0.33-0.23	0.26	0.35	0.23	0.37	0.24	0.37	0.23
		H		8.42-3.35	5.70-3.35	2.99-2.08	2.35	3.17	2.08	3.35	2.17	3.35	2.08
	S(6.49)	kd		0.99-0.36	0.64-0.36	0.32-0.22	0.25	0.35	0.19	0.36	0.23	0.31	0.22
		H		6.43-2.34	4.15-2.37	2.08-1.43	1.62	2.27	1.23	2.37	1.49	2.01	1.43
	F(4.01)	kd		1.04-0.35	0.59-0.35	0.30-0.22	0.26	0.31	0.18	0.29	0.18	0.34	0.19
		H		4.17-1.40	2.37-1.40	1.20-0.88	1.04	1.24	0.72	1.16	0.72	1.36	0.76
5	T(9.02)	kd		0.94-0.34	0.65-0.34	0.31-0.22	0.25	0.38	0.23	0.35	0.23	0.34	0.21
		H		8.48-3.07	5.36-3.07	2.80-1.98	2.26	3.43	2.07	3.16	2.07	3.07	1.89
	S(6.58)	kd		1.03-0.32	0.66-0.32	0.27-0.18	0.21	0.39	0.24	0.35	0.23	0.29	0.21
		H		6.78-2.11	4.34-2.11	1.78-1.18	1.38	2.57	1.58	2.30	1.51	1.91	1.38
	F(4.00)	kd		0.95-0.31	0.60-0.31	0.32-0.21	0.24	0.38	0.18	0.31	0.20	0.28	0.19
		H		3.80-1.24	2.40-1.24	1.28-0.84	0.96	1.52	0.72	1.24	0.80	1.12	0.76
6	T(8.98)	kd		0.96-0.35	0.68-0.35	0.30-0.21	0.26	0.34	0.19	0.33	0.23	0.36	0.23
		H		8.62-3.14	6.11-3.14	2.69-1.89	2.33	3.05	1.71	2.96	2.07	3.23	2.07
	S(6.58)	kd		1.02-0.40	0.67-0.40	0.31-0.20	0.25	0.33	0.20	0.36	0.22	0.32	0.19
		H		6.71-2.63	4.41-2.63	2.04-1.32	1.65	2.17	1.32	2.37	1.45	2.11	1.25
	F(4.11)	kd		1.04-0.36	0.64-0.36	0.30-0.22	0.23	0.34	0.20	0.28	0.19	0.30	0.20
		H		4.27-1.48	2.63-1.43	1.23-0.90	0.94	1.40	0.82	1.15	0.78	1.23	0.82
7	T(9.02)	kd		0.94-0.38	0.62-0.38	0.32-0.23	0.28	0.33	0.19	0.34	0.21	0.35	0.21
		H		8.48-3.43	5.59-3.43	2.89-2.07	2.63	2.98	1.71	3.07	1.89	3.16	1.89
	S(6.56)	kd		0.97-0.38	0.65-0.38	0.33-0.21	0.25	0.32	0.18	0.34	0.23	0.30	0.21
		H		6.36-2.49	4.26-2.49	2.16-1.38	1.64	2.10	1.18	2.23	1.51	1.97	1.38
	F(3.99)	kd		1.01-0.39	0.62-0.38	0.29-0.21	0.25	0.33	0.19	0.30	0.22	0.31	0.20
		H		4.03-1.56	2.47-1.52	1.16-0.84	1.00	1.32	0.76	1.20	0.88	1.24	0.80

表 4-3 NNE 方向港區波高分佈

港區	入射波種	測點波高	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	T(9.04)	kd	0.67-0.13	0.24-0.12	0.10	0.07	0.12	0.07	0.14	0.07	0.15	0.07
		H	6.06-1.18	2.17-1.08	0.90	0.63	1.08	0.63	1.27	0.63	1.36	0.63
	S(6.51)	kd	0.61-0.14	0.26-0.11	0.08	0.06	0.11	0.06	0.12	0.06	0.15	0.06
		H	3.97-0.91	1.69-0.72	0.52	0.39	0.72	0.39	0.78	0.39	0.98	0.39
	F(4.04)	kd	0.60-0.14	0.22-0.11	0.08	0.07	0.10	0.05	0.11	0.06	0.13	0.07
		H	2.42-0.57	0.89-0.44	0.32	0.28	0.40	0.20	0.44	0.24	0.53	0.28
2	T(9.02)	kd	0.67-0.14	0.23-0.11	0.11	0.12	0.12	0.08	0.13	0.06	0.15	0.08
		H	6.04-1.26	2.07-0.99	0.99	1.08	1.08	0.72	1.17	0.54	1.35	0.72
	S(6.55)	kd	0.58-0.15	0.23-0.13	0.09	0.09	0.13	0.08	0.13	0.07	0.14	0.07
		H	3.80-0.98	1.51-0.85	0.59	0.59	0.85	0.52	0.85	0.46	0.92	0.46
	F(4.06)	kd	0.61-0.13	0.21-0.10	0.10	0.10	0.11	0.05	0.12	0.07	0.12	0.07
		H	2.48-0.53	0.85-0.41	0.41	0.41	0.45	0.20	0.49	0.28	0.49	0.28
3	T(9.04)	kd	0.65-0.12	0.23-0.10	0.09	0.09	0.11	0.06	0.14	0.07	0.13	0.08
		H	5.88-1.08	2.08-0.90	0.81	0.81	0.99	0.54	1.27	0.63	1.18	0.72
	S(6.51)	kd	0.62-0.14	0.24-0.13	0.10	0.09	0.13	0.07	0.13	0.08	0.12	0.07
		H	4.04-0.91	1.56-0.85	0.65	0.59	0.85	0.46	0.85	0.52	0.78	0.46
	F(4.03)	kd	0.59-0.13	0.20-0.09	0.09	0.10	0.12	0.05	0.13	0.07	0.12	0.07
		H	2.58-0.52	0.81-0.36	0.36	0.40	0.48	0.20	0.52	0.28	0.48	0.28
4	T(9.03)	kd	0.64-0.15	0.25-0.12	0.09	0.10	0.11	0.06	0.15	0.08	0.13	0.07
		H	5.78-1.35	2.26-1.08	0.81	0.90	0.99	0.54	1.35	0.72	1.17	0.63
	S(6.53)	kd	0.61-0.15	0.25-0.11	0.09	0.08	0.10	0.04	0.12	0.07	0.14	0.08
		H	3.98-0.98	1.63-0.72	0.59	0.52	0.65	0.26	0.78	0.46	0.91	0.52
	F(4.05)	kd	0.63-0.13	0.20-0.11	0.08	0.08	0.10	0.05	0.13	0.07	0.12	0.07
		H	2.55-0.53	0.81-0.46	0.32	0.32	0.41	0.20	0.53	0.28	0.49	0.28
5	T(9.06)	kd	0.51-0.08	0.17-0.08	0.07	0.08	0.07	0.04	0.11	0.05	0.10	0.05
		H	4.62-0.72	1.54-0.72	0.63	0.72	0.63	0.36	1.00	0.45	0.91	0.45
	S(6.52)	kd	0.48-0.09	0.16-0.08	0.05	0.05	0.07	0.03	0.09	0.05	0.08	0.04
		H	3.13-0.59	1.04-0.52	0.33	0.33	0.46	0.20	0.59	0.33	0.52	0.26
	F(4.03)	kd	0.45-0.07	0.13-0.06	0.50	0.06	0.08	0.04	0.09	0.04	0.10	0.04
		H	1.81-0.28	0.52-0.24	0.20	0.24	0.32	0.16	0.36	0.16	0.40	0.16
6	T(9.10)	kd	0.51-0.09	0.17-0.07	0.07	0.07	0.08	0.04	0.10	0.05	0.10	0.04
		H	4.64-0.82	1.55-0.64	0.64	0.64	0.73	0.36	0.91	0.46	0.91	0.36
	S(6.53)	kd	0.44-0.10	0.16-0.07	0.06	0.05	0.06	0.03	0.10	0.05	0.09	0.04
		H	2.87-0.65	1.04-0.46	0.39	0.33	0.39	0.20	0.65	0.33	0.59	0.26
	F(4.08)	kd	0.43-0.07	0.12-0.07	0.06	0.06	0.06	0.04	0.10	0.04	0.09	0.04
		H	1.75-0.29	0.49-0.29	0.24	0.24	0.24	0.16	0.41	0.16	0.37	0.16
7	T(9.05)	kd	0.52-0.10	0.17-0.09	0.07	0.08	0.07	0.04	0.11	0.05	0.11	0.04
		H	4.71-0.91	1.54-0.81	0.63	0.72	0.63	0.36	1.00	0.45	1.00	0.36
	S(6.52)	kd	0.45-0.11	0.17-0.06	0.06	0.05	0.06	0.03	0.11	0.05	0.10	0.05
		H	2.93-0.72	1.11-0.39	0.39	0.33	0.39	0.20	0.72	0.33	0.65	0.33
	F(4.03)	kd	0.42-0.08	0.14-0.06	0.05	0.06	0.07	0.03	0.09	0.03	0.09	0.03
		H	1.69-0.32	0.56-0.24	0.20	0.24	0.28	0.12	0.36	0.12	0.36	0.12

表 4-4 ENE 方向港區波高分佈

港佈	區置	入射波類	測點 波高	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Layout 1	T(9.05)	kd		0.34-0.06	0.13-0.05	0.04	0.03	0.05	0.02	0.06	0.03	0.07	0.02
		H		3.08-0.54	1.18-0.45	0.36	0.27	0.45	0.18	0.54	0.27	0.63	0.18
	S(6.56)	kd		0.36-0.06	0.13-0.05	0.03	0.02	0.04	0.01	0.07	0.03	0.08	0.02
		H		2.36-0.39	0.85-0.33	0.20	0.13	0.26	0.07	0.46	0.20	0.52	0.13
	F(4.04)	kd		0.33-0.06	0.12-0.04	0.03	0.02	0.04	0.01	0.06	0.02	0.07	0.02
		H		1.33-0.24	0.48-0.16	0.12	0.08	0.16	0.04	0.24	0.08	0.28	0.08
2	T(9.01)	kd		0.37-0.06	0.13-0.04	0.04	0.04	0.05	0.02	0.07	0.03	0.07	0.02
		H		3.33-0.54	1.17-0.36	0.36	0.36	0.45	0.18	0.63	0.27	0.63	0.18
	S(6.55)	kd		0.35-0.07	0.13-0.04	0.04	0.04	0.05	0.02	0.08	0.03	0.09	0.02
		H		2.29-0.46	0.85-0.26	0.26	0.26	0.33	0.13	0.52	0.20	0.58	0.13
	F(4.03)	kd		0.32-0.06	0.13-0.03	0.03	0.03	0.04	0.01	0.06	0.02	0.07	0.02
		H		1.29-0.24	0.52-0.12	0.12	0.12	0.16	0.04	0.24	0.08	0.28	0.08
3	T(9.06)	kd		0.35-0.06	0.13-0.03	0.04	0.03	0.05	0.02	0.08	0.03	0.07	0.02
		H		3.17-0.54	1.18-0.27	0.36	0.27	0.45	0.18	0.72	0.27	0.63	0.18
	S(6.52)	kd		0.35-0.06	0.12-0.04	0.04	0.04	0.05	0.02	0.07	0.03	0.08	0.02
		H		2.28-0.39	0.78-0.26	0.26	0.26	0.33	0.13	0.46	0.20	0.52	0.13
	F(3.98)	kd		0.33-0.06	0.13-0.04	0.03	0.03	0.04	0.01	0.07	0.03	0.07	0.02
		H		1.31-0.24	0.52-0.16	0.12	0.12	0.16	0.04	0.28	0.12	0.28	0.08
4	T(9.08)	kd		0.35-0.06	0.12-0.03	0.03	0.03	0.04	0.01	0.07	0.02	0.07	0.02
		H		3.18-0.54	1.09-0.27	0.27	0.27	0.36	0.09	0.64	0.18	0.64	0.18
	S(6.56)	kd		0.36-0.07	0.13-0.04	0.03	0.04	0.03	0.01	0.07	0.02	0.07	0.02
		H		2.36-0.46	0.85-0.26	0.20	0.26	0.20	0.07	0.46	0.13	0.46	0.13
	F(4.04)	kd		0.32-0.06	0.12-0.03	0.04	0.04	0.03	0.01	0.06	0.02	0.07	0.02
		H		1.29-0.24	0.48-0.12	0.16	0.16	0.12	0.04	0.24	0.08	0.28	0.08
5	T(9.05)	kd		0.26-0.04	0.08-0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05	0.02	0.05	0.01
		H		2.35-0.36	0.72-0.18	0.18	0.18	0.27	0.09	0.45	0.18	0.45	0.09
	S(6.56)	kd		0.25-0.05	0.09-0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.06	0.02	0.06	0.01
		H		1.64-0.33	0.59-0.20	0.13	0.13	0.20	0.07	0.39	0.13	0.39	0.07
	F(4.04)	kd		0.24-0.04	0.07-0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.04	0.01	0.05	0.01
		H		0.97-0.16	0.28-0.08	0.08	0.12	0.08	0.04	0.16	0.04	0.20	0.04
6	T(9.07)	kd		0.26-0.04	0.08-0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.02	0.06	0.01
		H		2.36-0.36	0.73-0.27	0.18	0.18	0.18	0.09	0.45	0.18	0.54	0.09
	S(6.53)	kd		0.26-0.05	0.09-0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.05	0.01	0.06	0.01
		H		1.70-0.33	0.59-0.20	0.13	0.20	0.20	0.07	0.33	0.07	0.39	0.07
	F(4.06)	kd		0.26-0.05	0.08-0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.05	0.01
		H		1.06-0.20	0.32-0.12	0.08	0.08	0.08	0.04	0.16	0.08	0.20	0.04
7	T(9.05)	kd		0.26-0.04	0.08-0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.05	0.01
		H		2.35-0.36	0.72-0.18	0.18	0.18	0.18	0.09	0.36	0.18	0.45	0.09
	S(6.51)	kd		0.25-0.04	0.08-0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01
		H		1.63-0.26	0.52-0.13	0.13	0.13	0.13	0.07	0.33	0.07	0.33	0.07
	F(4.03)	kd		0.24-0.04	0.08-0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.01	0.05	0.01
		H		0.97-0.16	0.32-0.08	0.08	0.08	0.08	0.04	0.16	0.04	0.20	0.04

表 4-5 NNE 方向東防波堤延伸之遮蔽效應比較

測點 港區 佈置	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Layout 1	1.01	1.05	0.87	0.90	0.92	0.86	0.98	0.95	1.05	0.91
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0.74	0.67	0.57	0.63	0.66	0.52	0.76	0.70	0.68	0.59

註：D 區域含測點 12

表 4-6 ENE 方向東防波堤延伸之遮蔽效應比較

測點 港區 佈置	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Layout 1	0.98	1.04	0.91	0.91	0.93	0.80	0.90	1.00	0.96	1.00
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0.72	0.62	0.55	0.64	0.57	0.60	0.71	0.63	0.70	0.50

註：D 區域含測點 12

表 4-7 NNE 方向東碎波堤延伸之遮蔽效應比較

測點 港區 佈置	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
Layout 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0.99	0.98	0.96	0.93	0.90	1.00	0.86	1.05	1.10	0.90	1.00
4	1.01	0.83	1.01	0.87	0.84	0.86	0.71	1.05	1.10	0.95	1.00

註：B1 包含點 6、7；B 含測點 3、4、5、8

續表 4-7

測點 港區 佈置	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	0.98	0.90	0.95	1.10	0.95	0.91	1.00	1.03	1.00	1.00	0.92
7	1.00	0.84	1.02	1.06	1.00	0.91	0.91	1.06	0.93	1.07	0.92

表 4-8 ENE 方向東碎波堤延伸之遮蔽效應比較

測點 港區 佈置	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
Layout 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0.98	0.91	0.96	1.00	0.91	1.00	1.00	1.05	1.12	0.96	1.00
4	0.99	0.84	0.93	0.91	1.00	0.71	0.60	0.95	0.75	0.91	1.00

註：B1 包含測點 6、7；B2 包含測點 3、4、5、8。

續表 4-8

測點 港區 佈置	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1.05	0.89	1.05	1.00	1.00	0.88	1.00	0.93	1.00	1.06	1.00
7	0.99	0.75	0.95	1.00	0.86	0.75	1.00	0.93	0.80	0.94	1.00

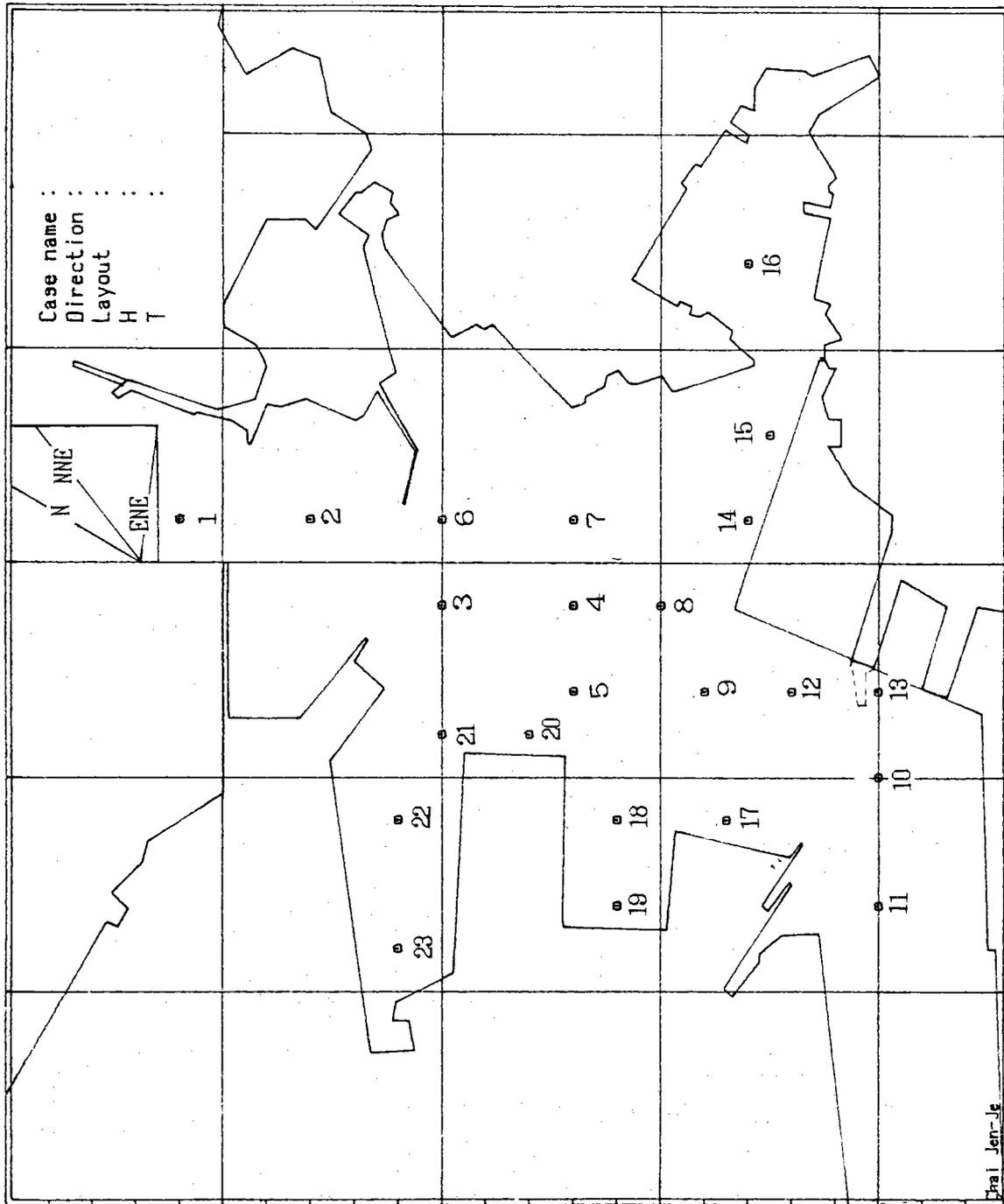


圖 4-1 港區內量測位置圖

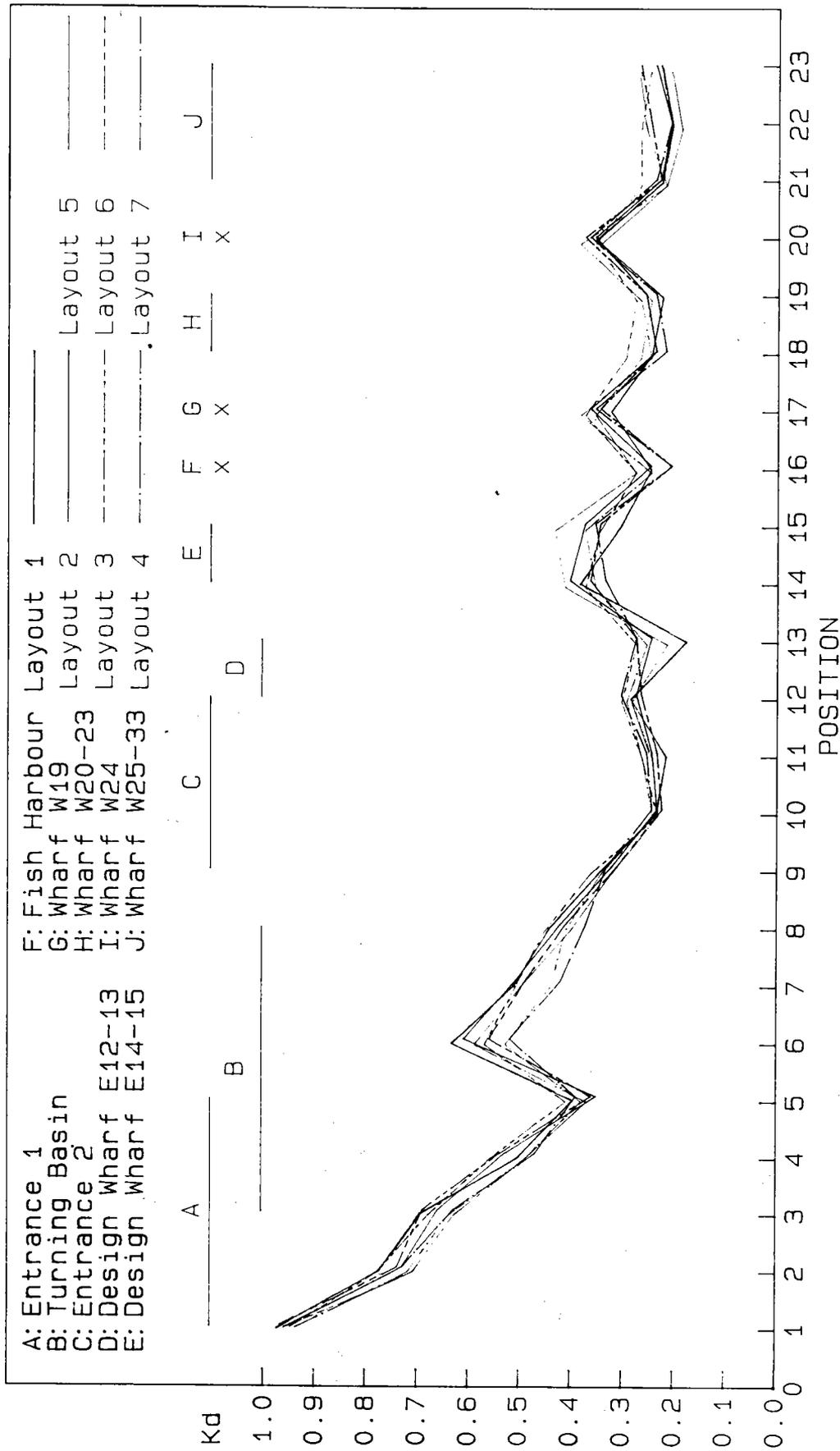


圖 4-2 N 方向颱風波浪高係數 (Kd值) 分佈曲線圖 (港區配置方案①~⑦)

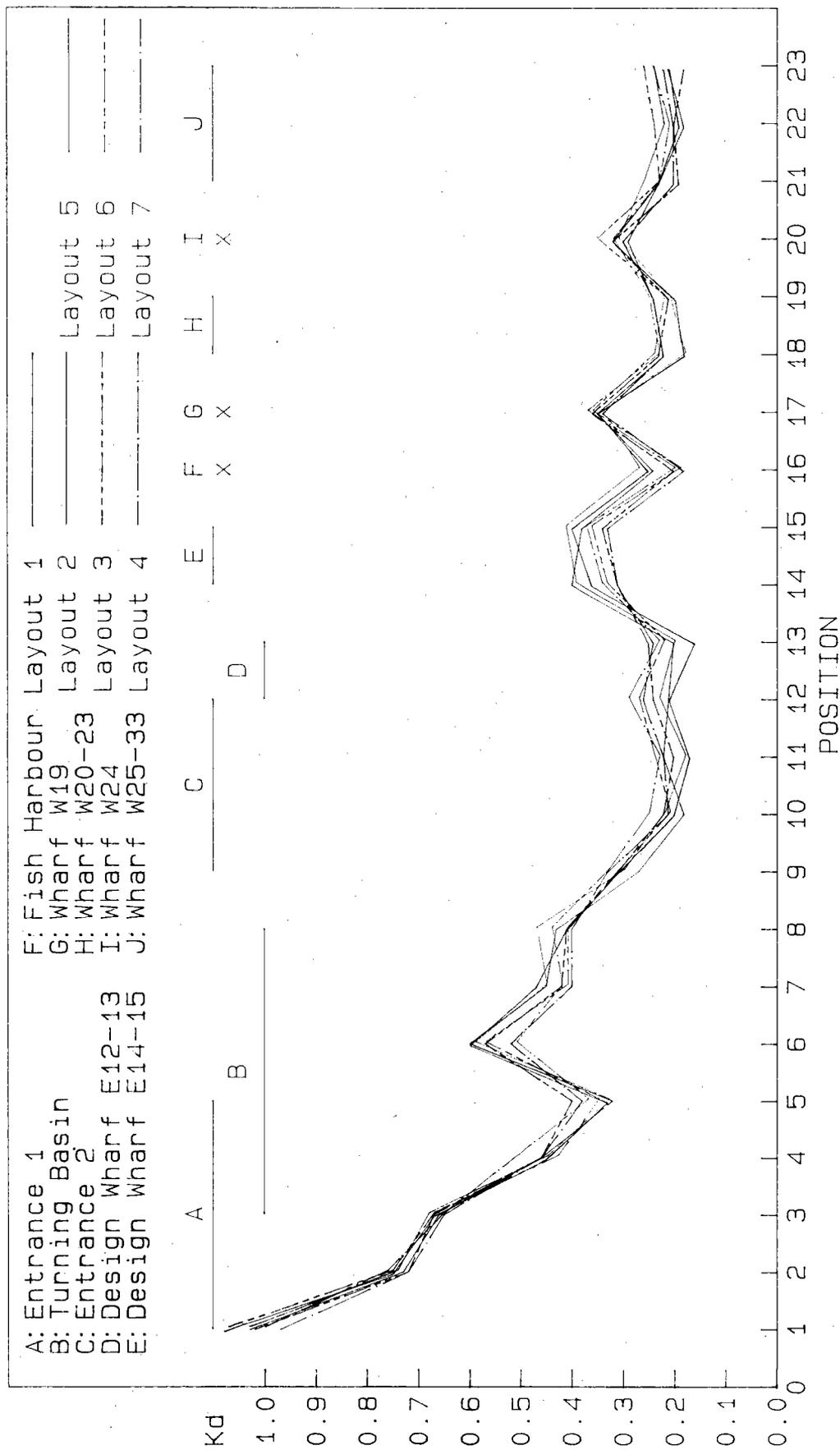


圖 4-3 N 方向季風波浪高係數分佈曲線圖

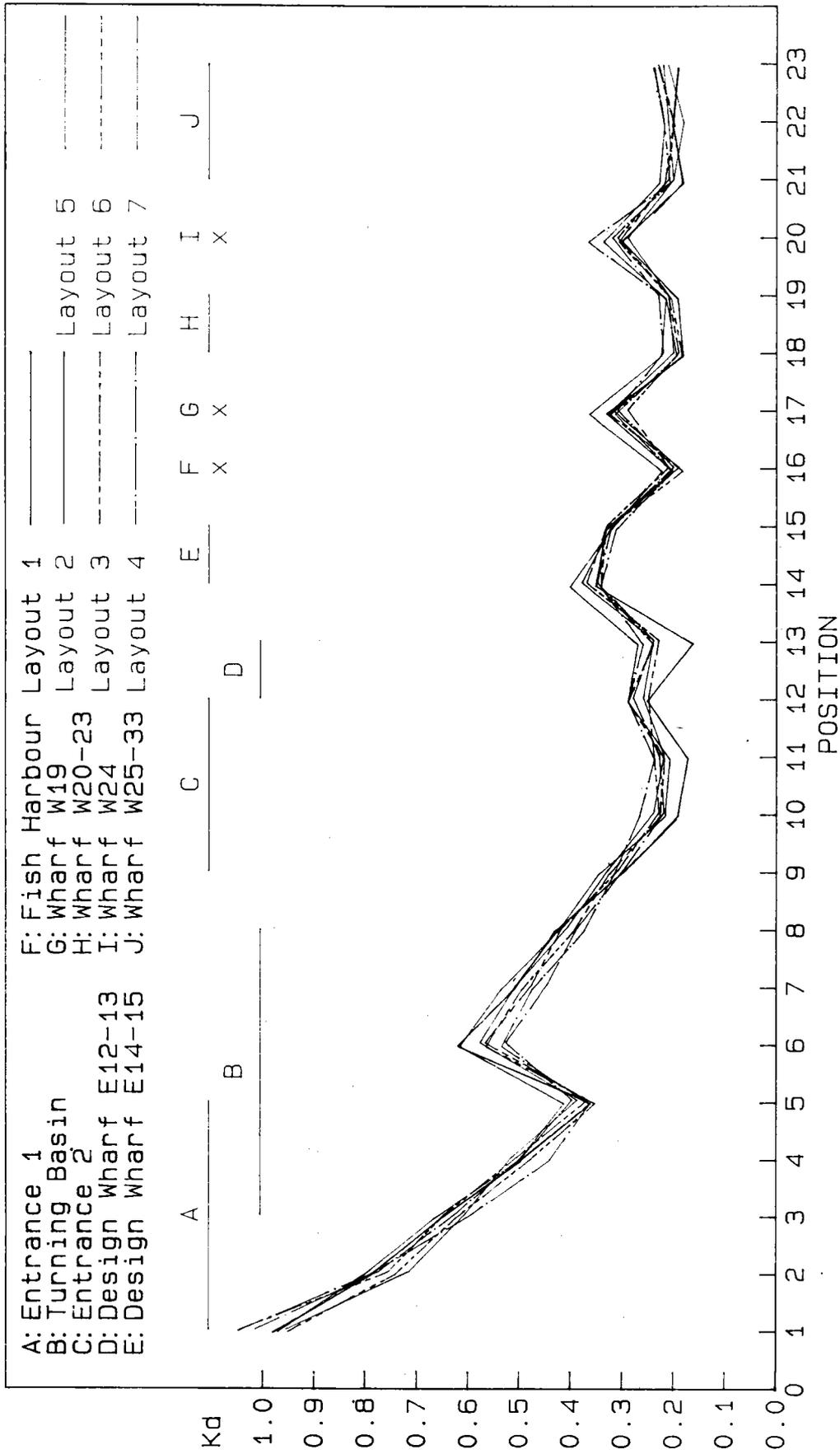


圖 4-4 N 方向經常風波浪高係數分佈曲線圖

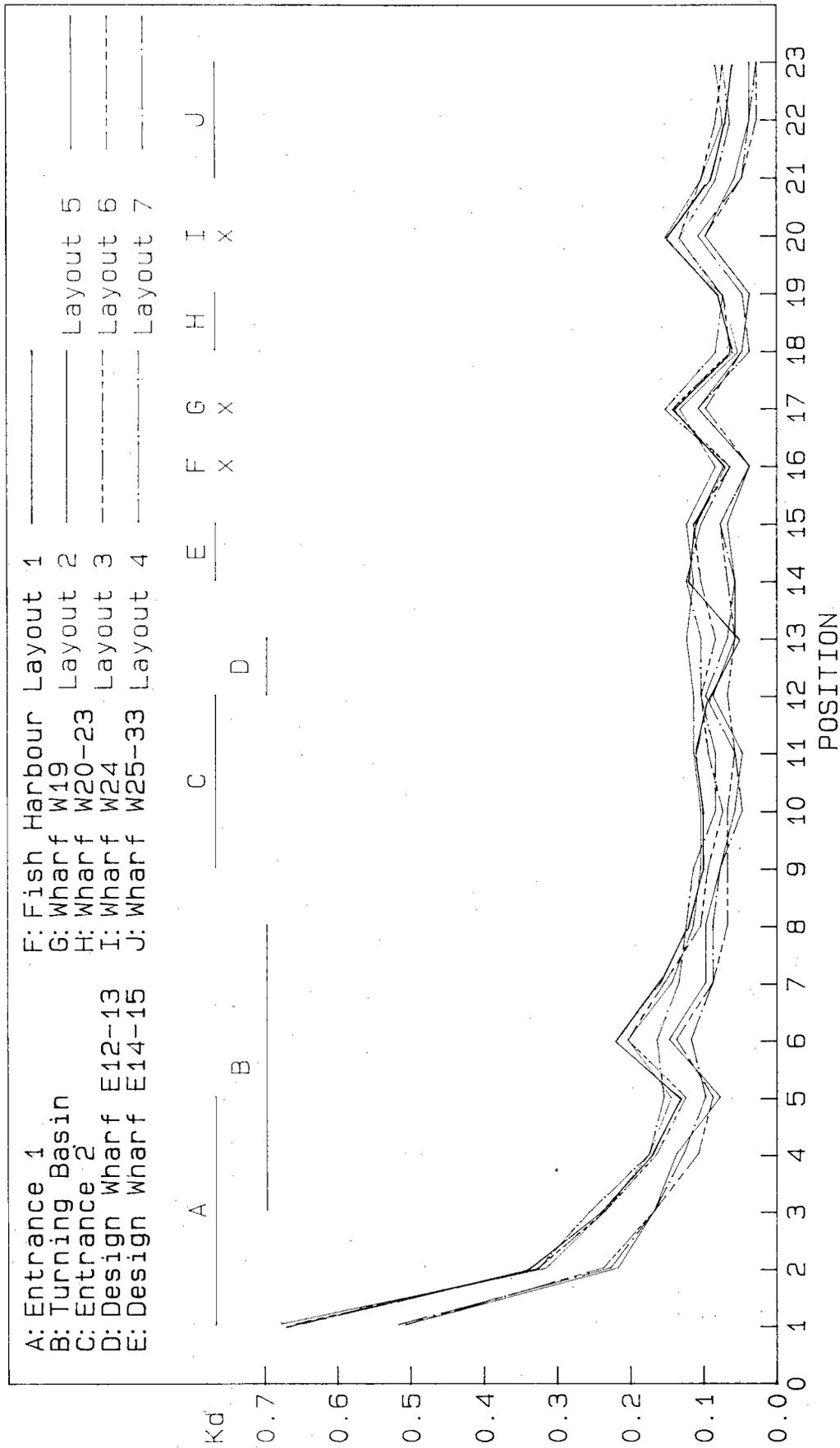


圖 4-5 NNE 方向颱風波浪高係數分佈曲線圖

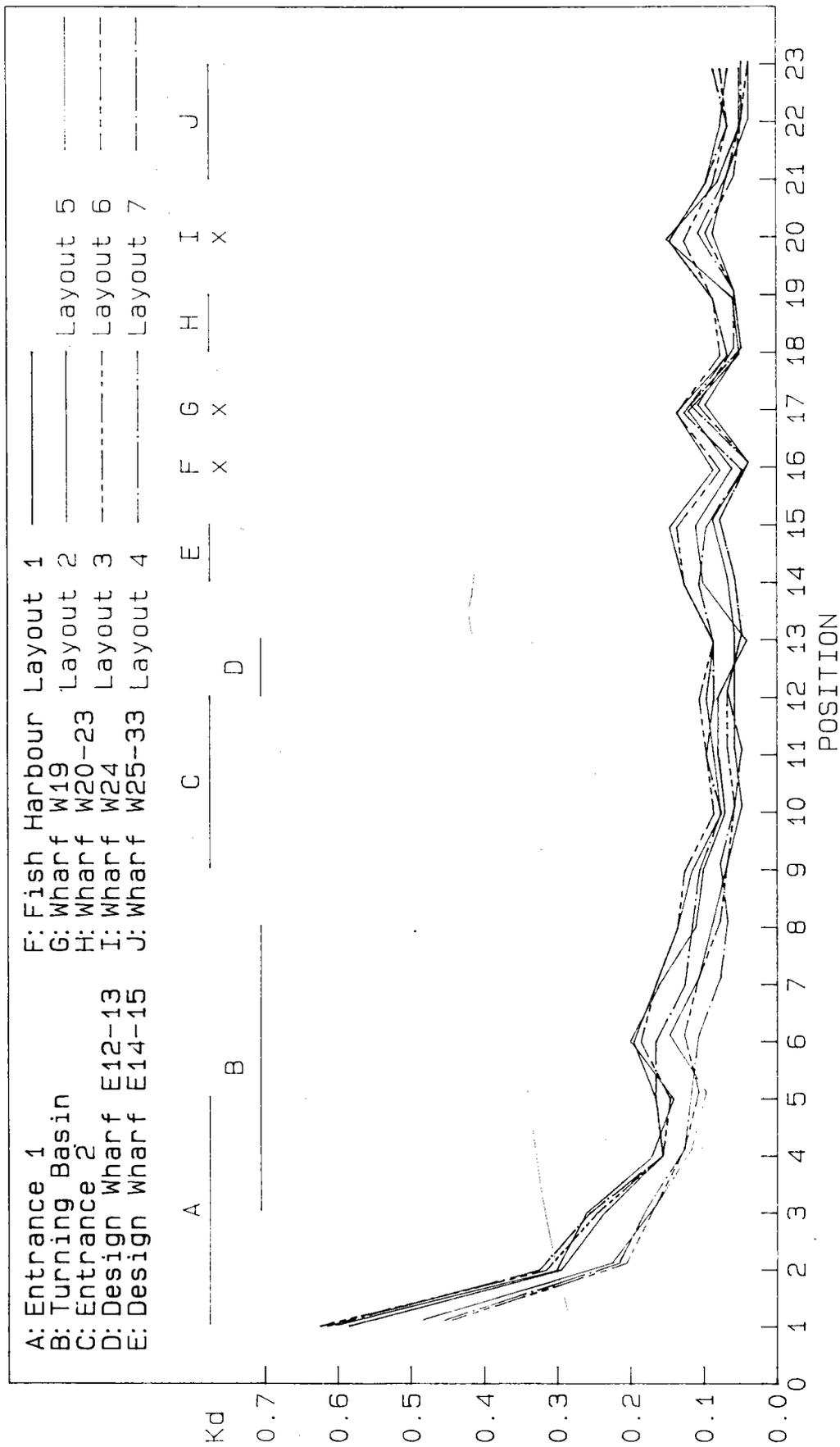


圖 4-6 NNE 方向季風波浪高係數分佈曲線圖

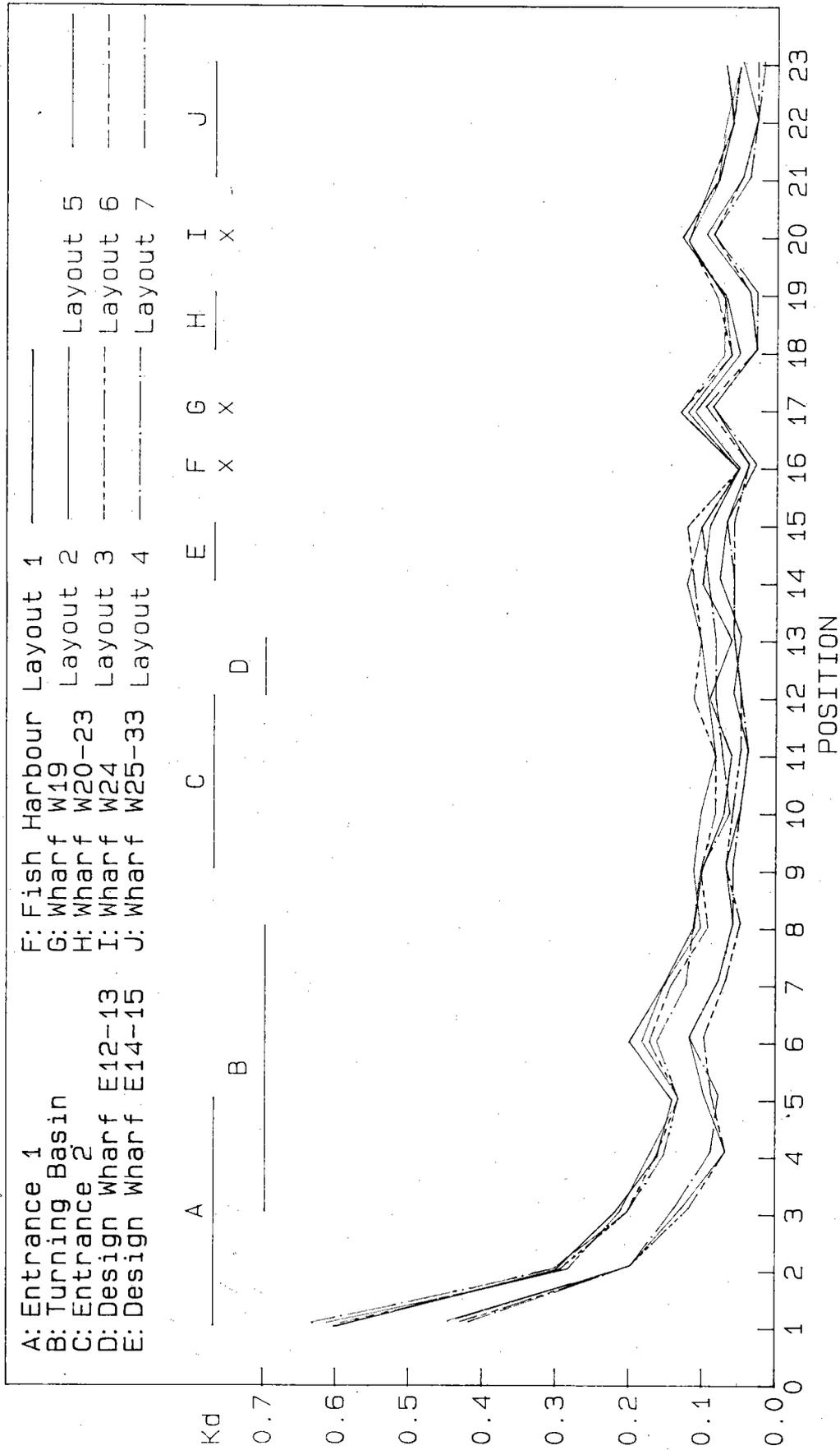


圖 4-7 NNE 方向經常風波浪高係數分佈曲線圖

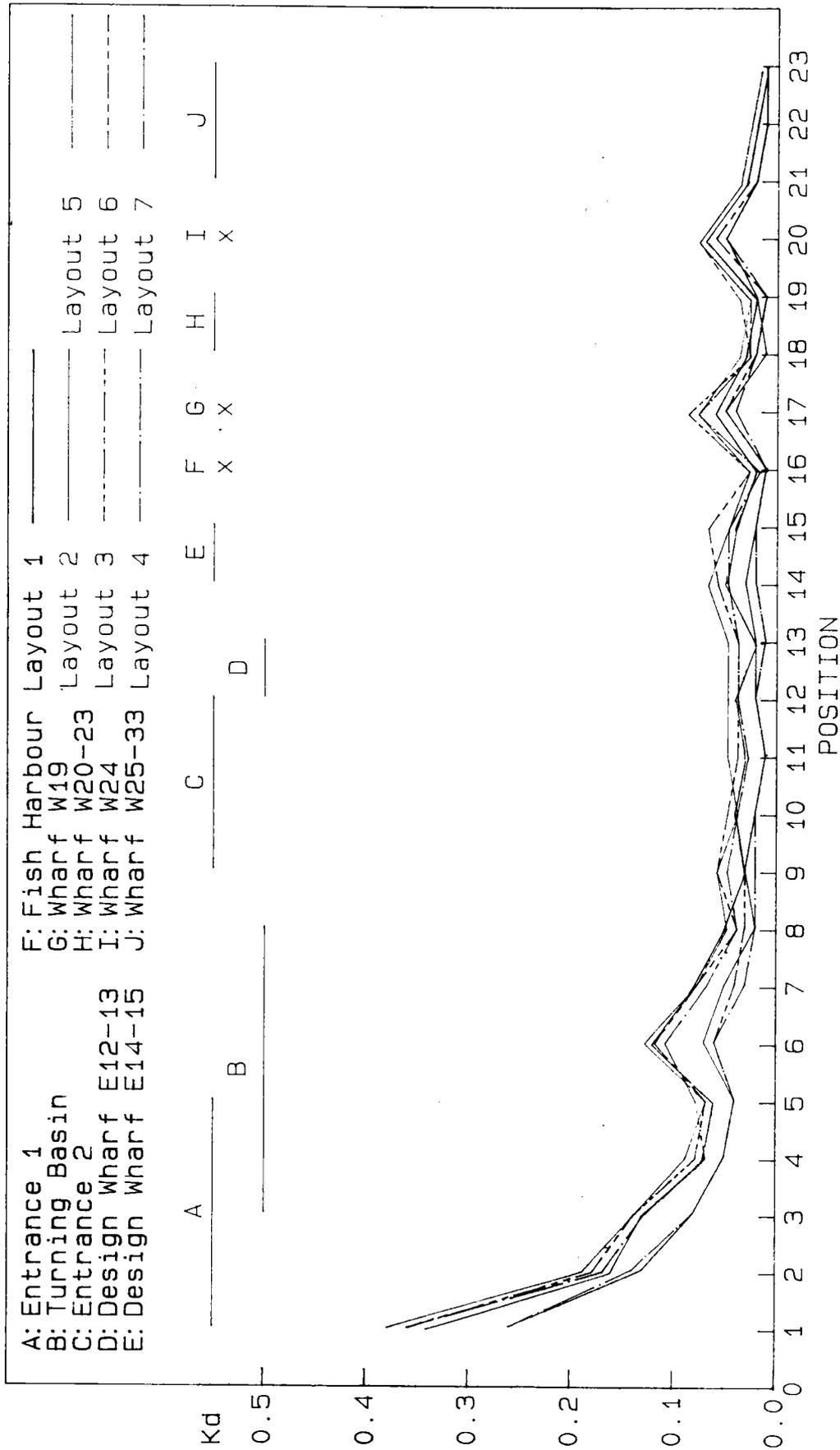


圖 4-8 ENE 方向颱風波浪高係數分佈曲線圖

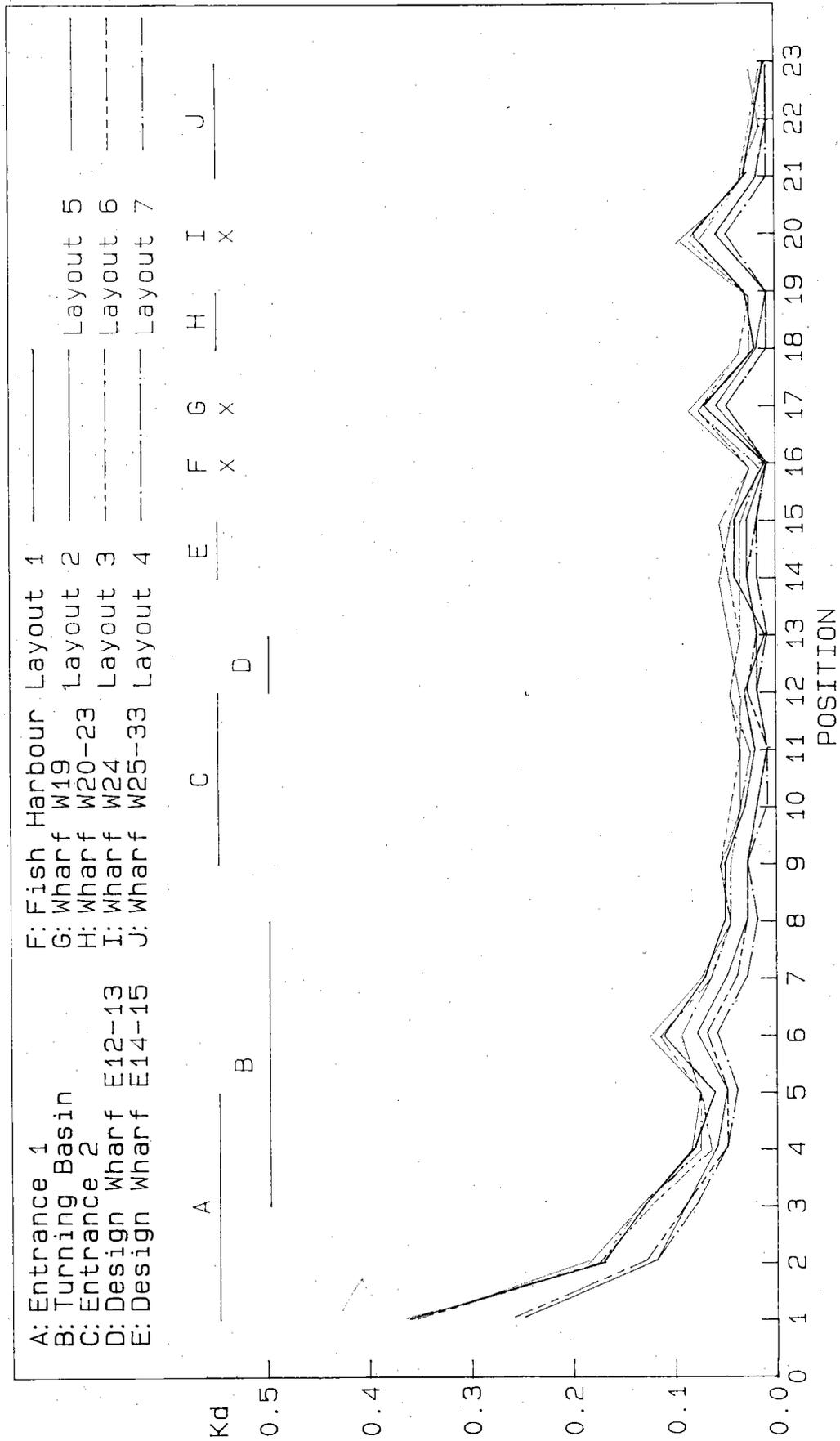


圖 4-9 ENE 方向季風波浪高係數分佈曲線圖

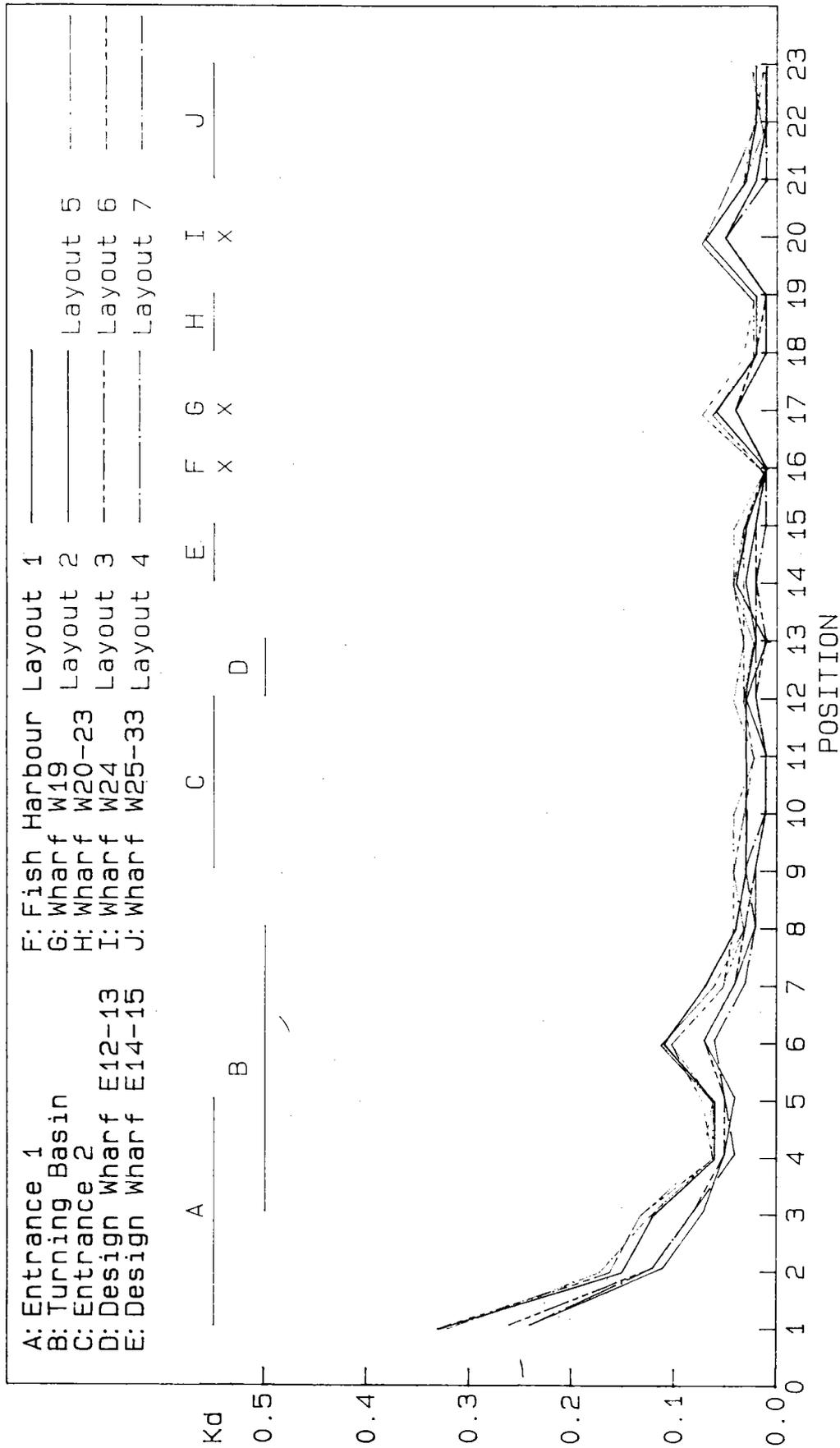


圖 4-10 ENE 方向經常風波浪高係數分佈曲線圖

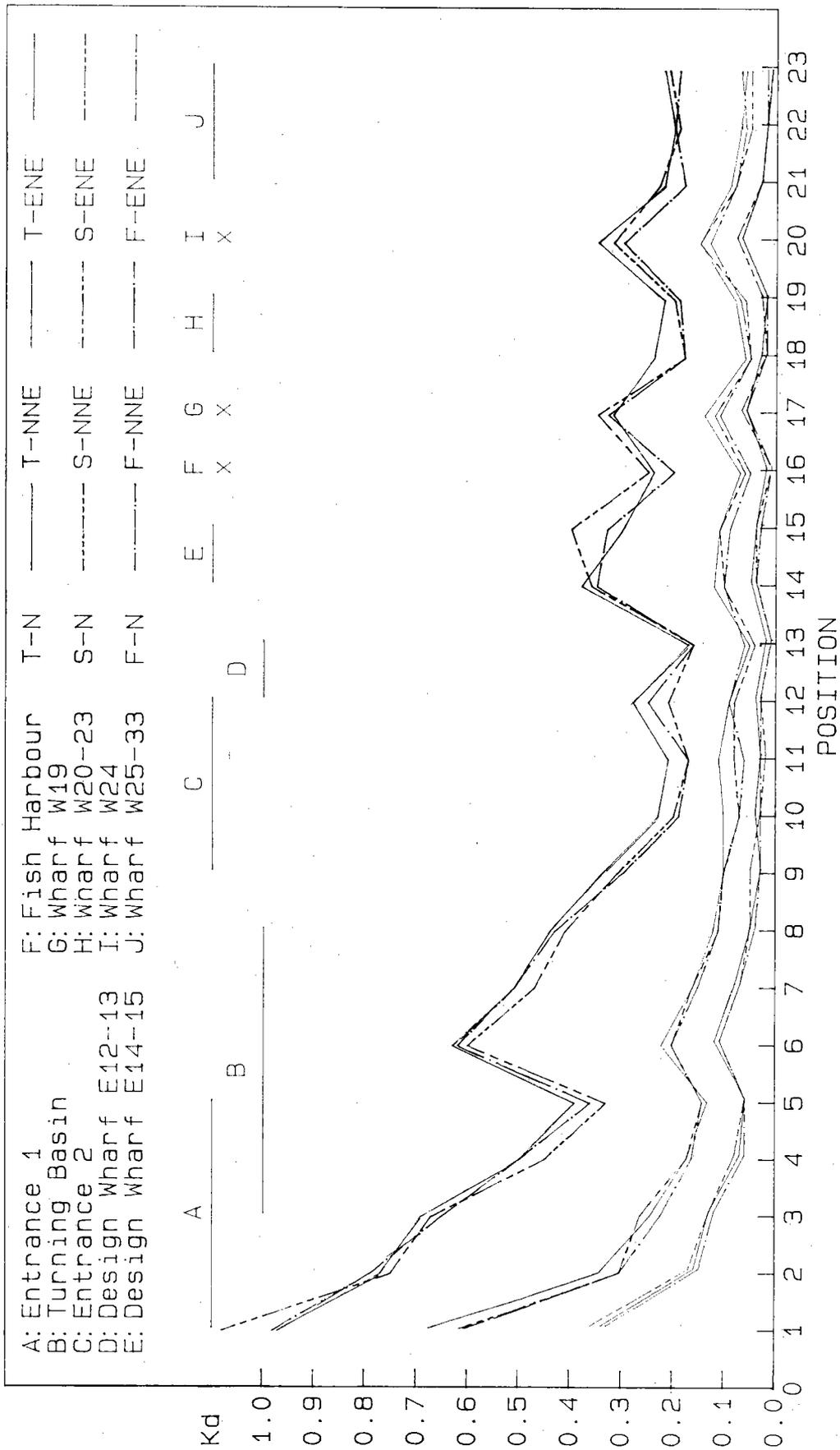


圖 4-11 Layout 1 各種入射波浪與波向高係數分佈曲線圖

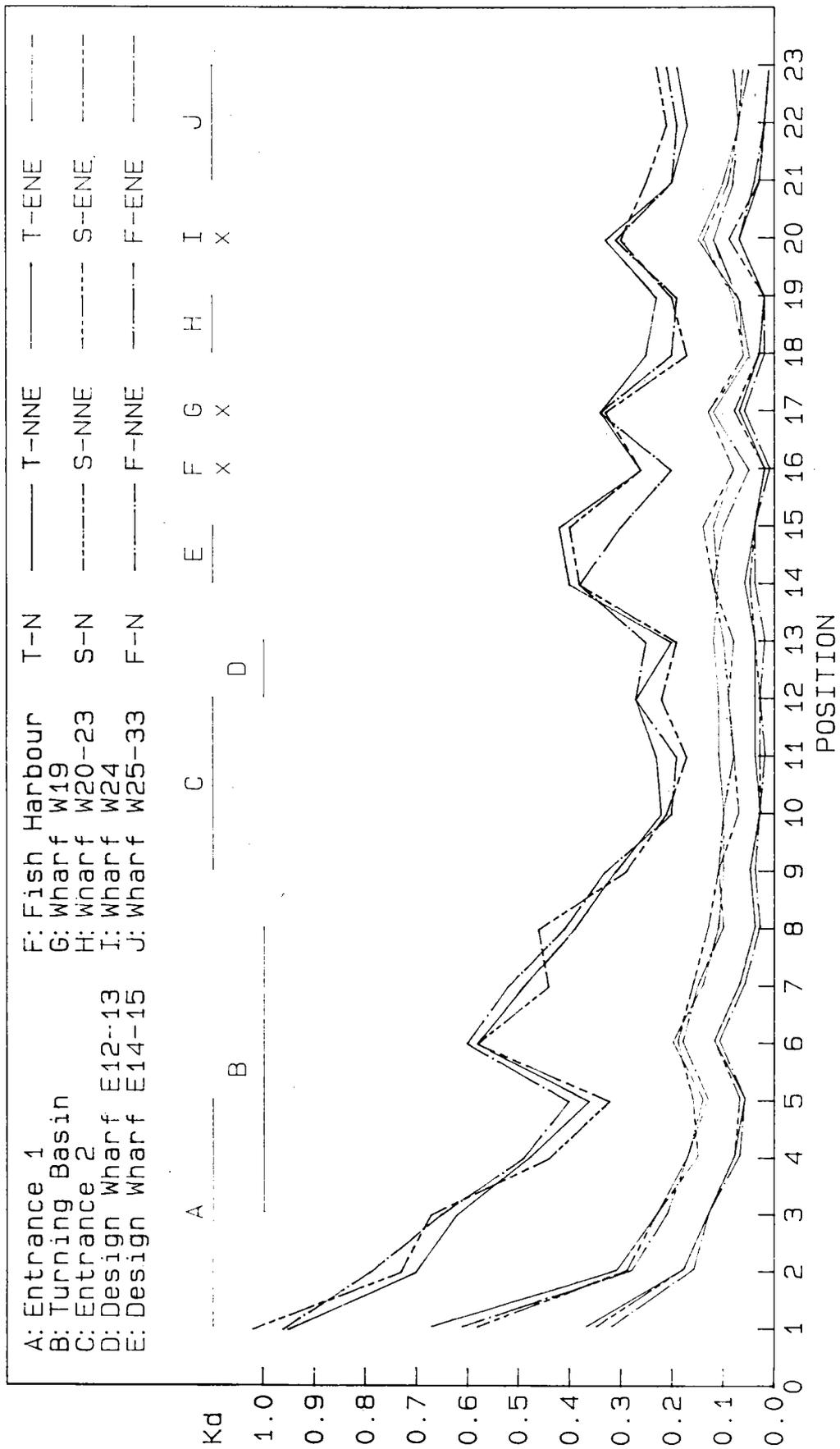


圖 4-12 Layout 2 各種入射波浪與波向高係數分佈曲線圖

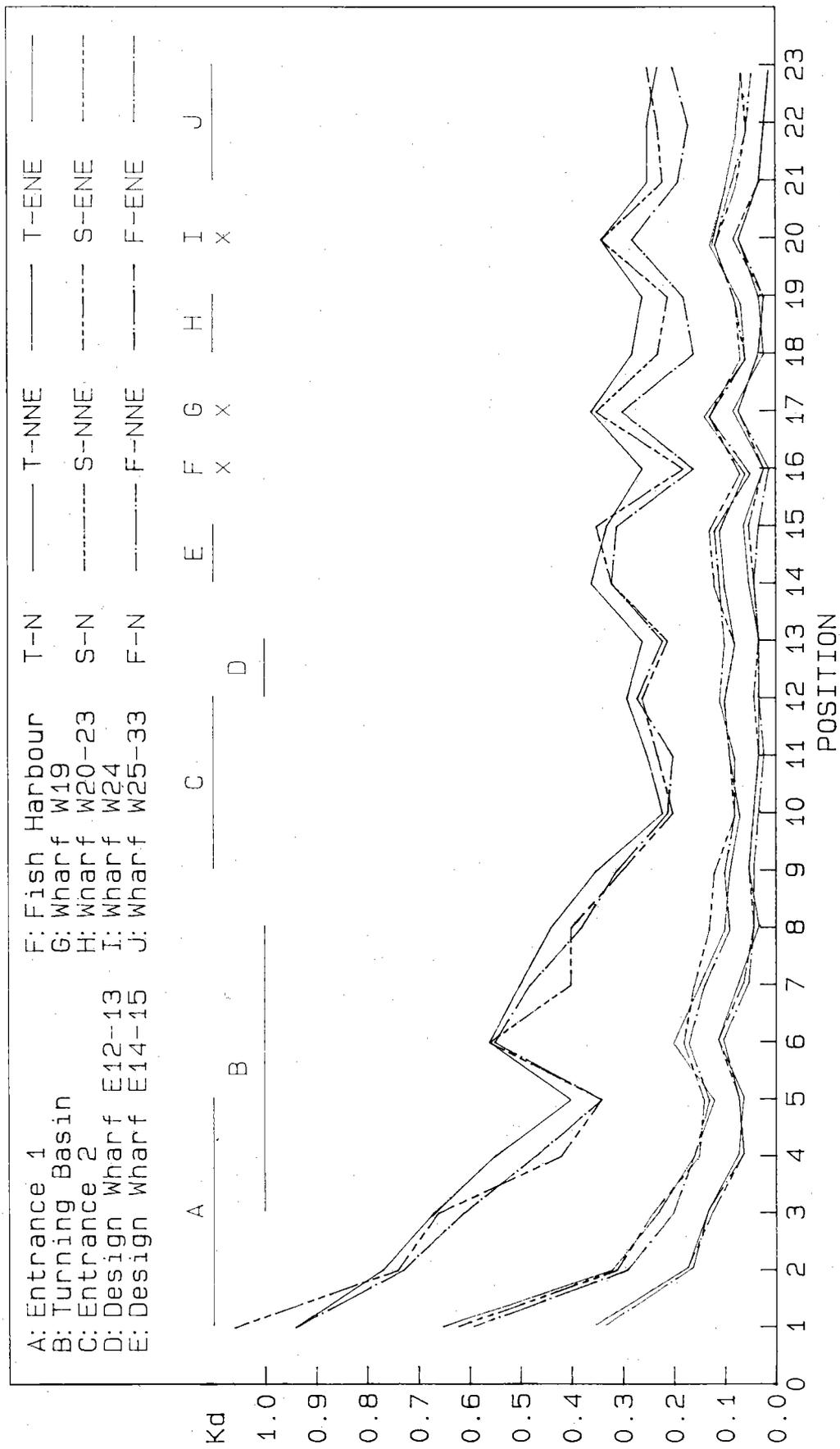


圖 4-13 Layout 3 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖

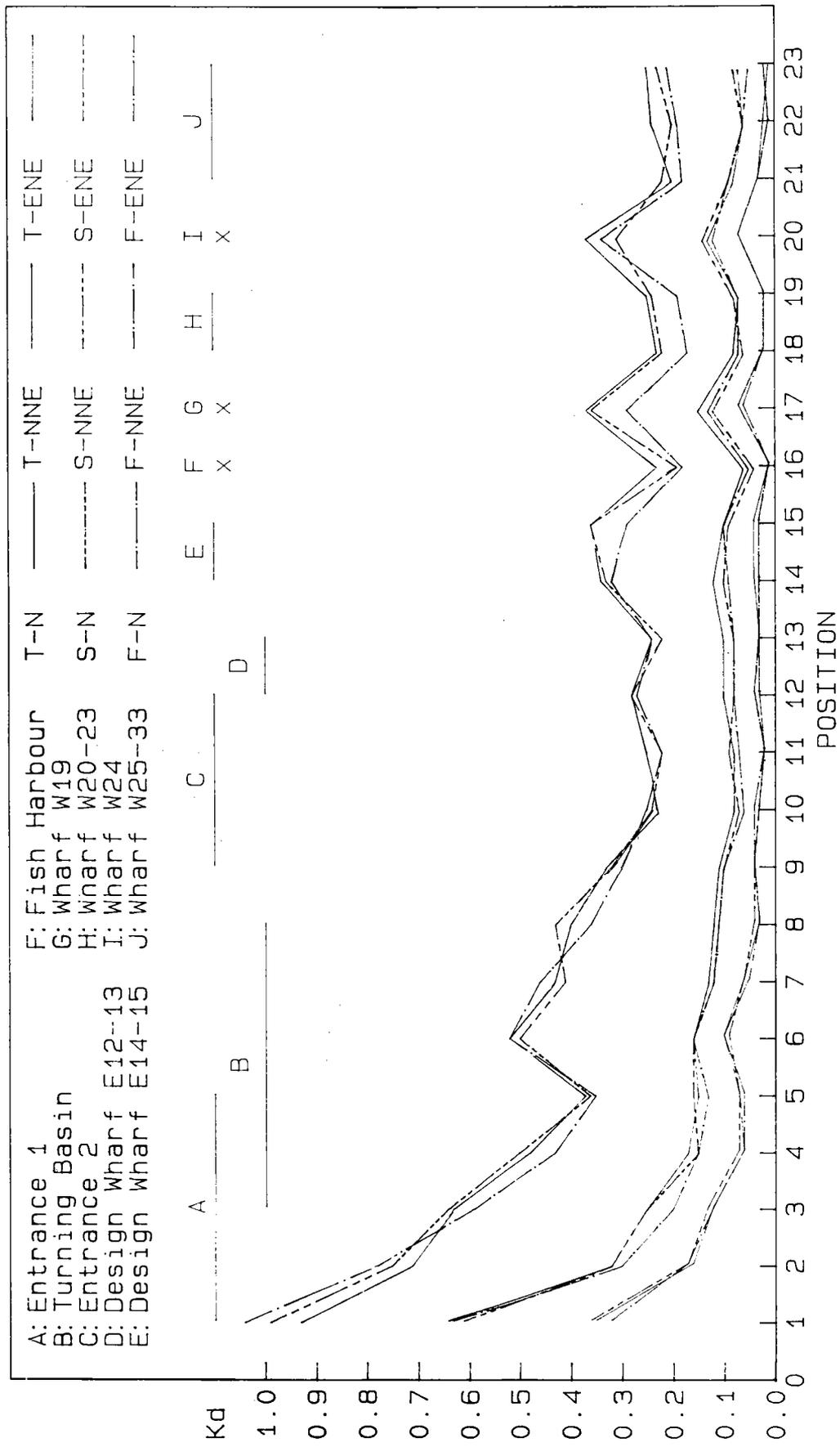


圖 4-14 Layout 4 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖

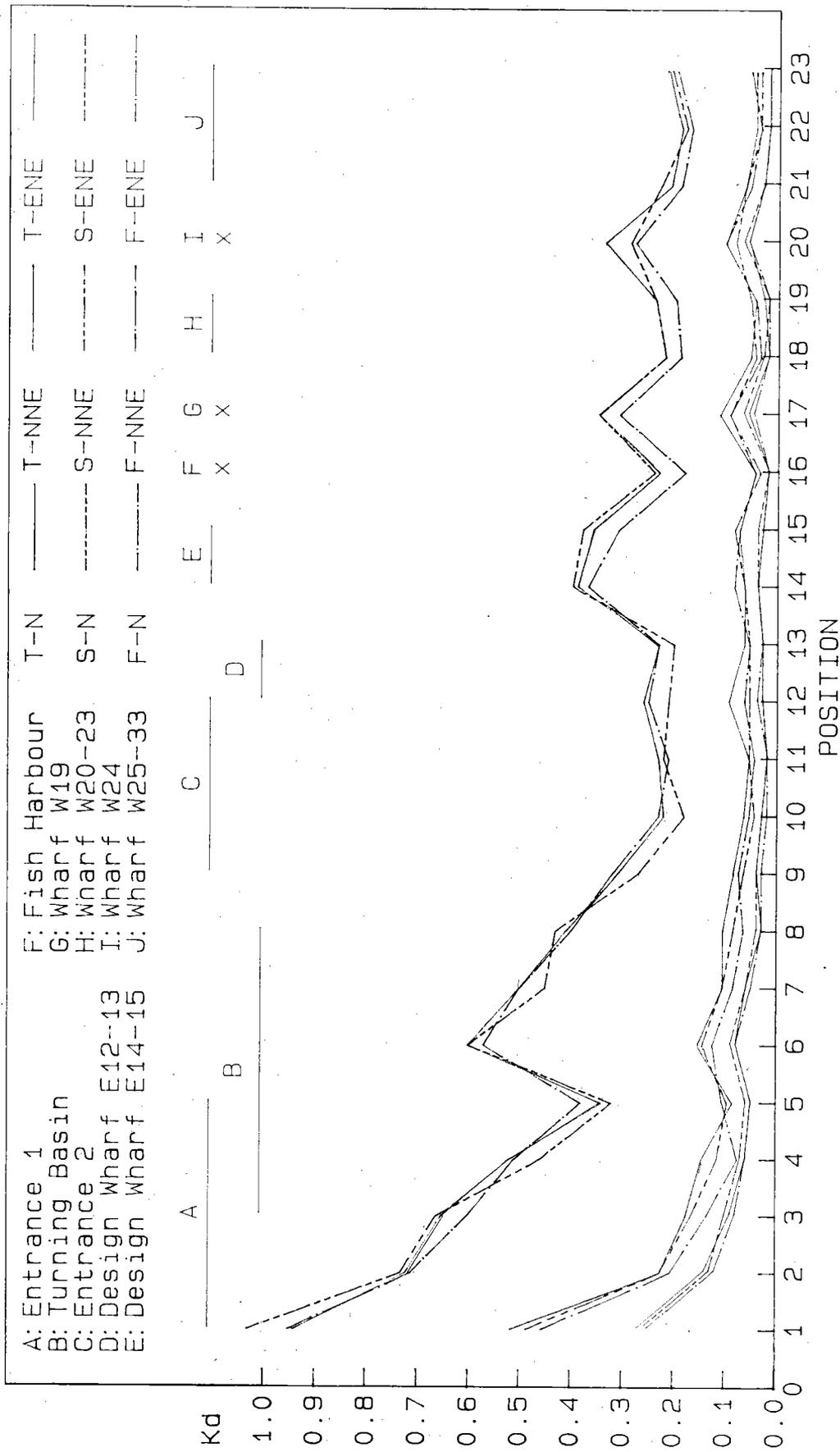


圖 4-15 Layout 5 各種入射波浪與波向波高係數分佈曲線圖

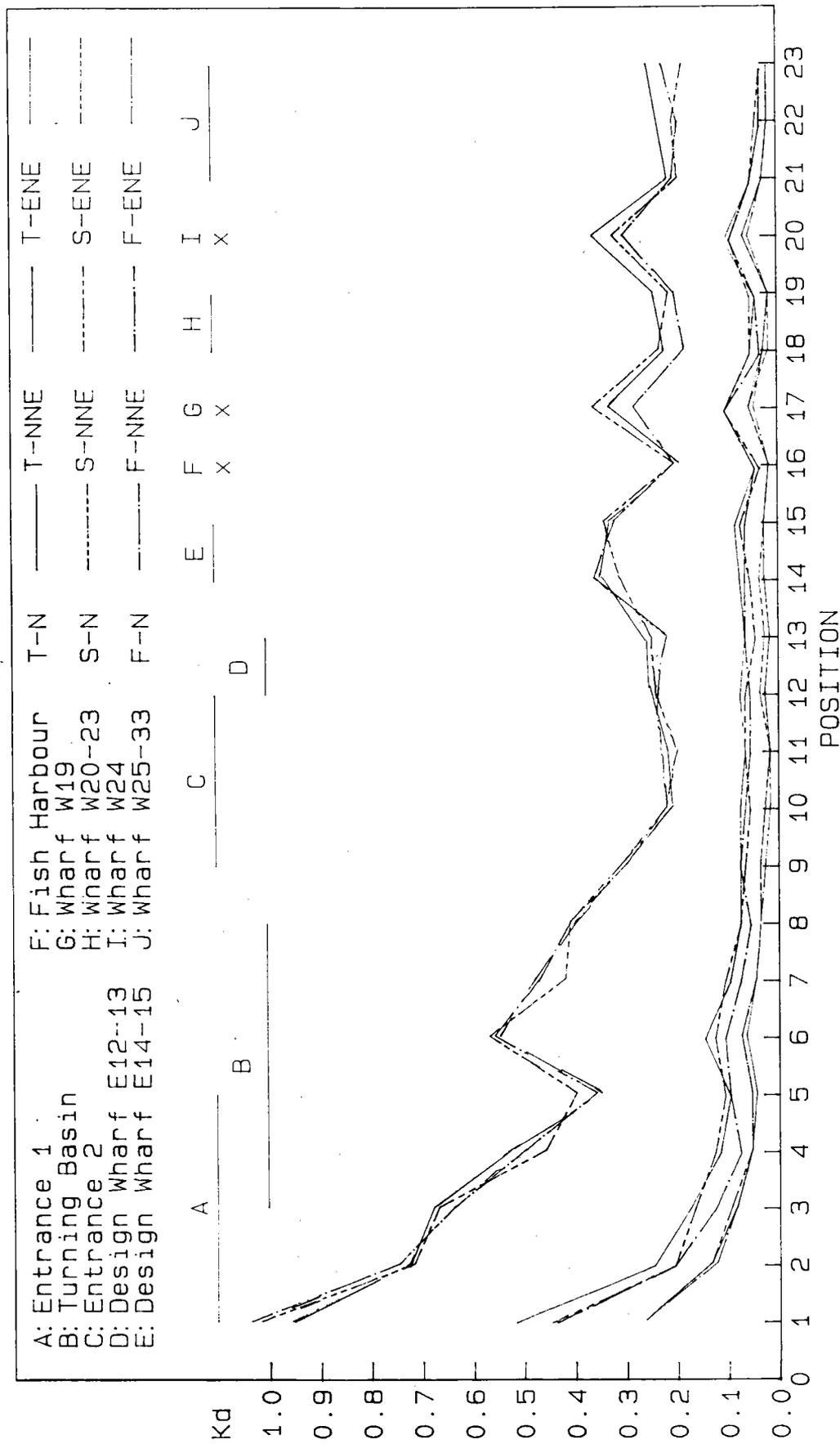


圖 4-16 Layout 6 各種入射波浪與波向高係數分佈曲線圖

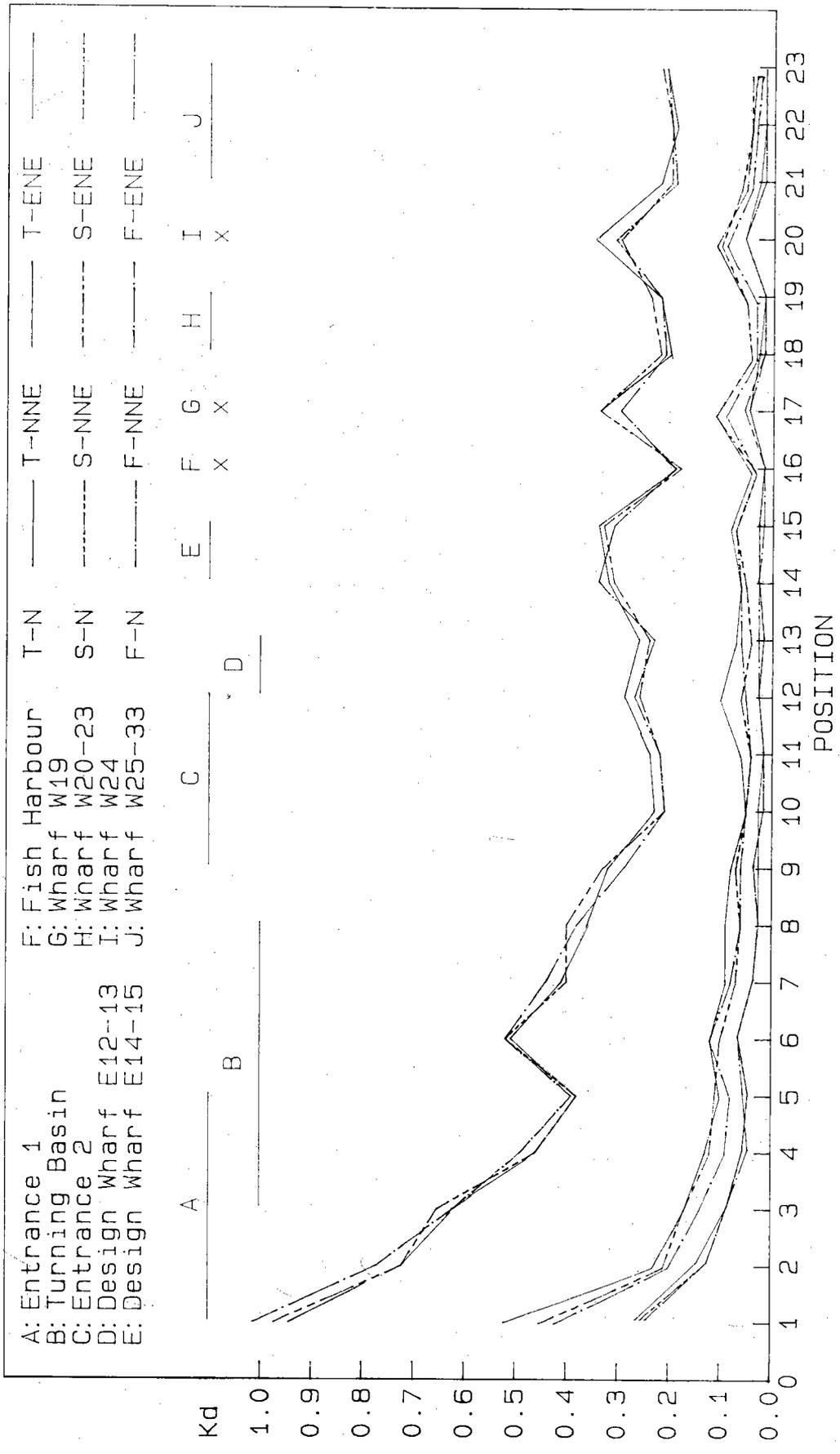


圖 4-17 Layout 7 各種入射波浪與波向高係數分佈曲線圖

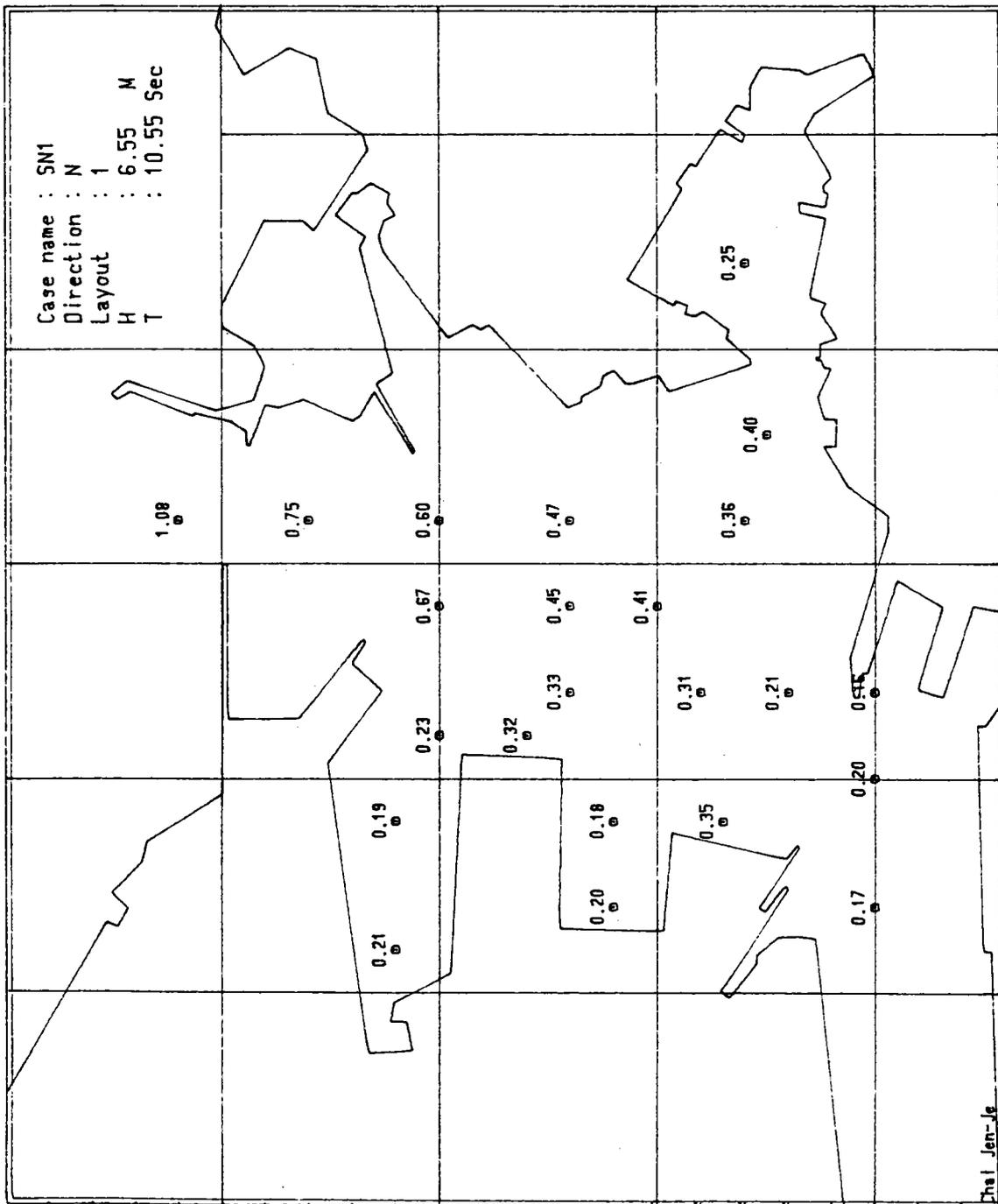


圖 A-2

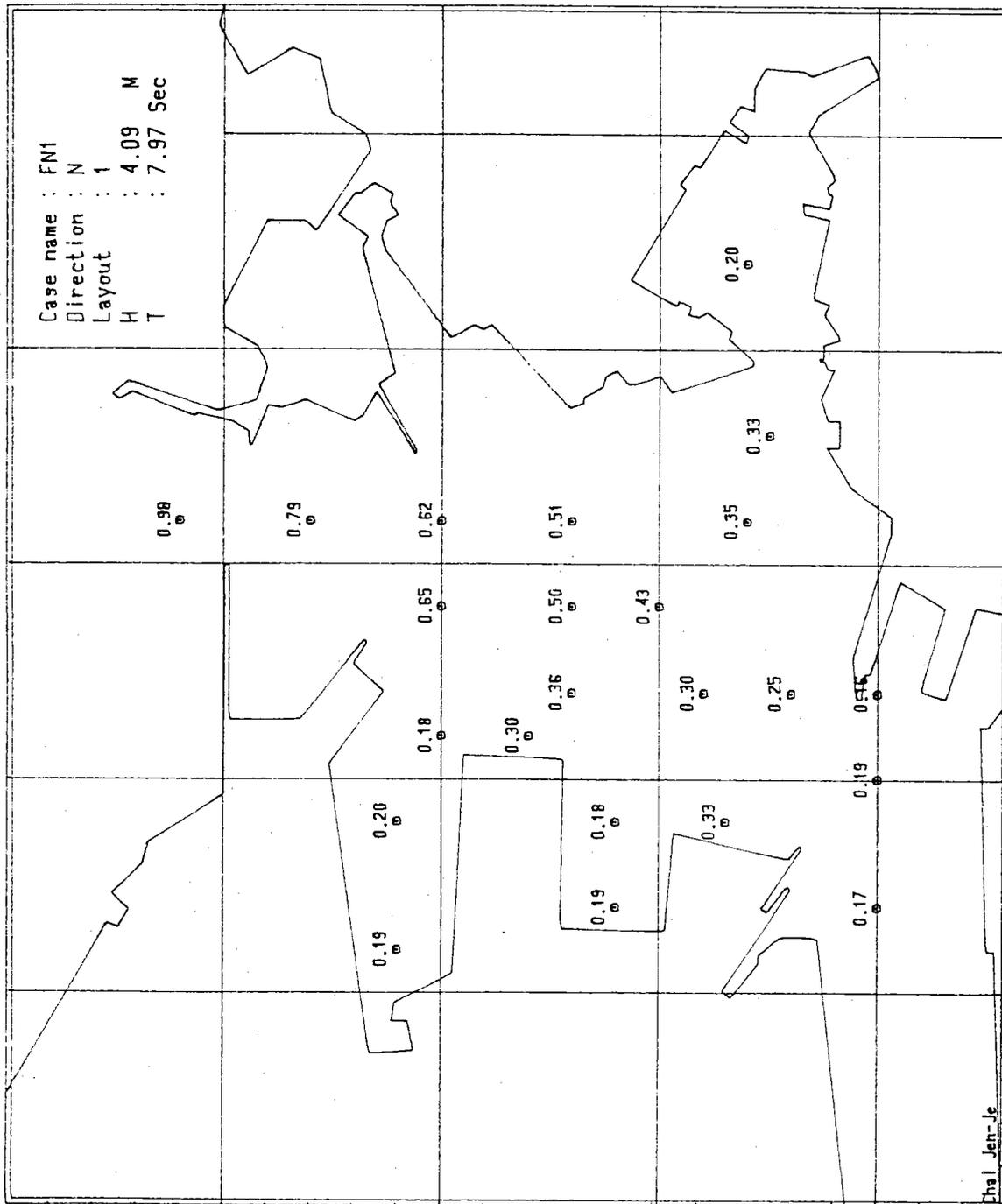


圖 A-3

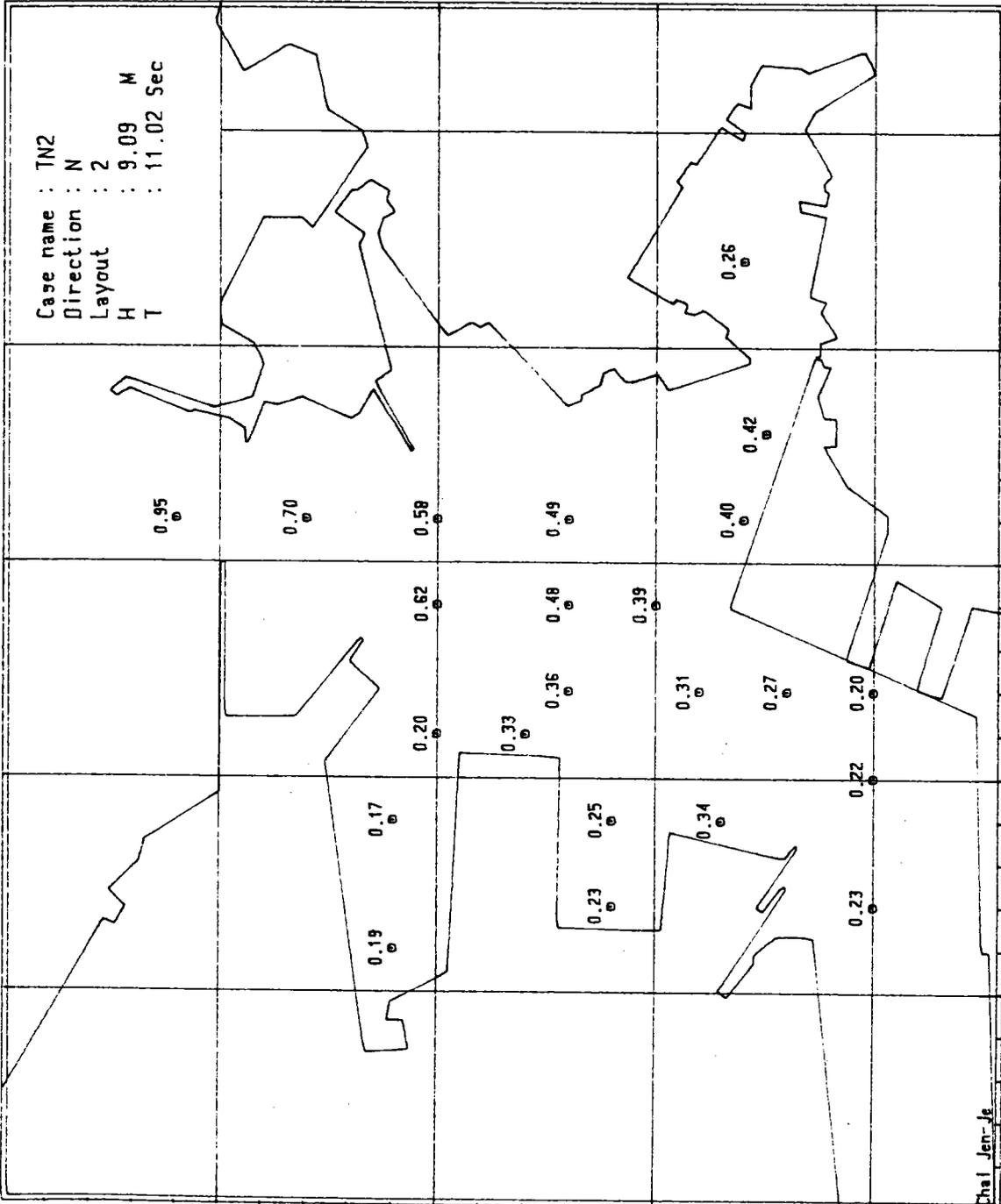


圖 A-4

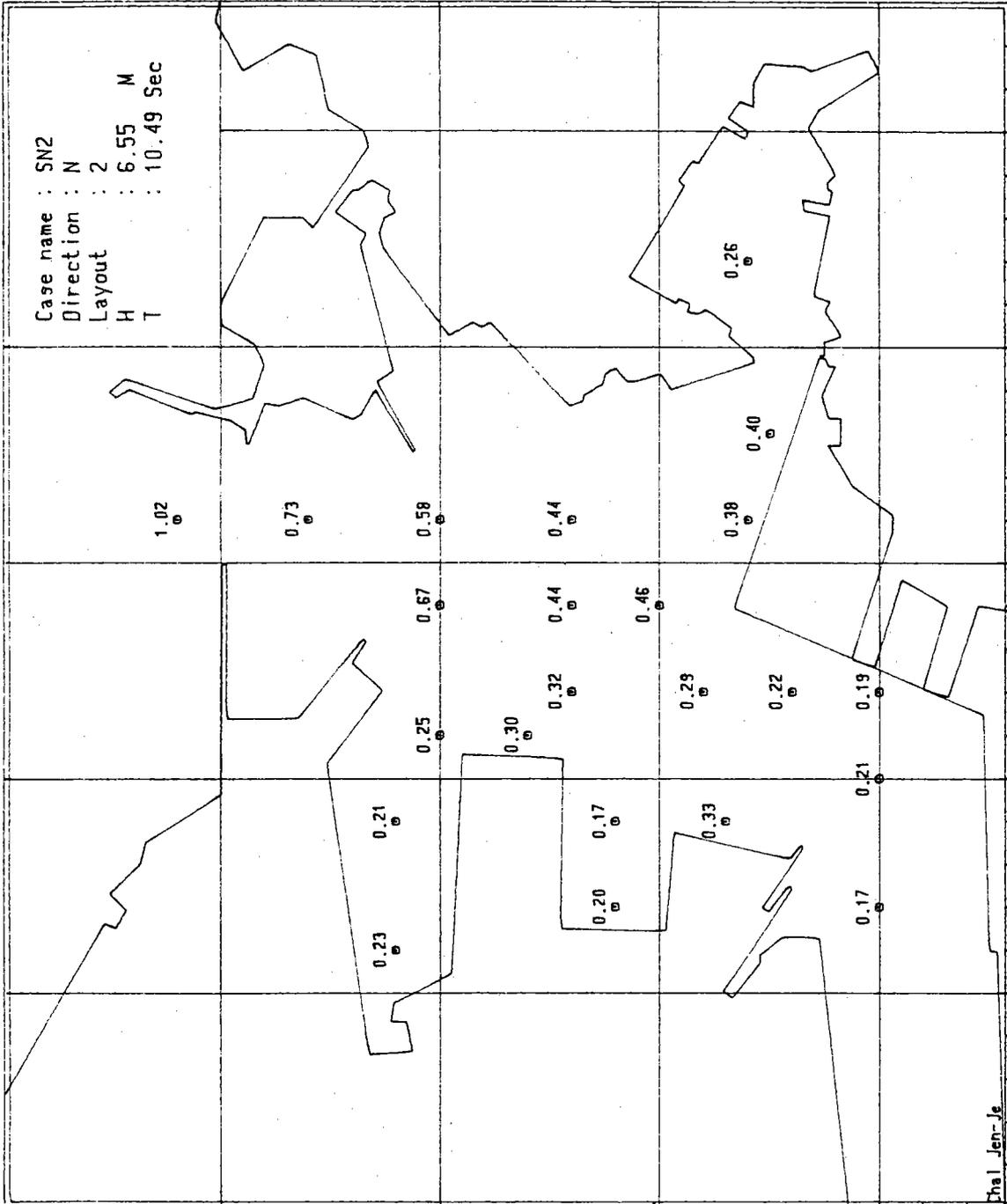
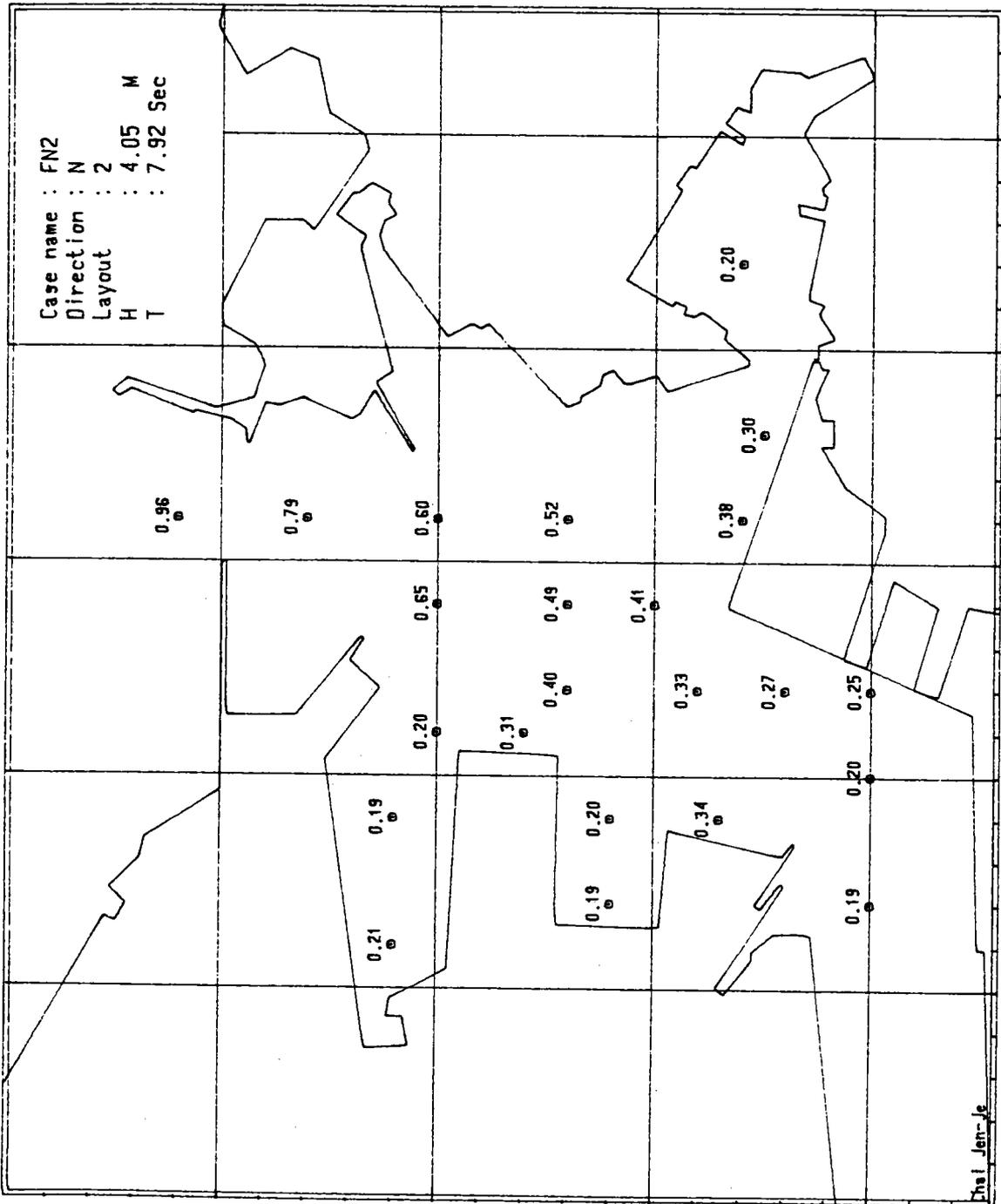


圖 A-5



□ A-6

0.19

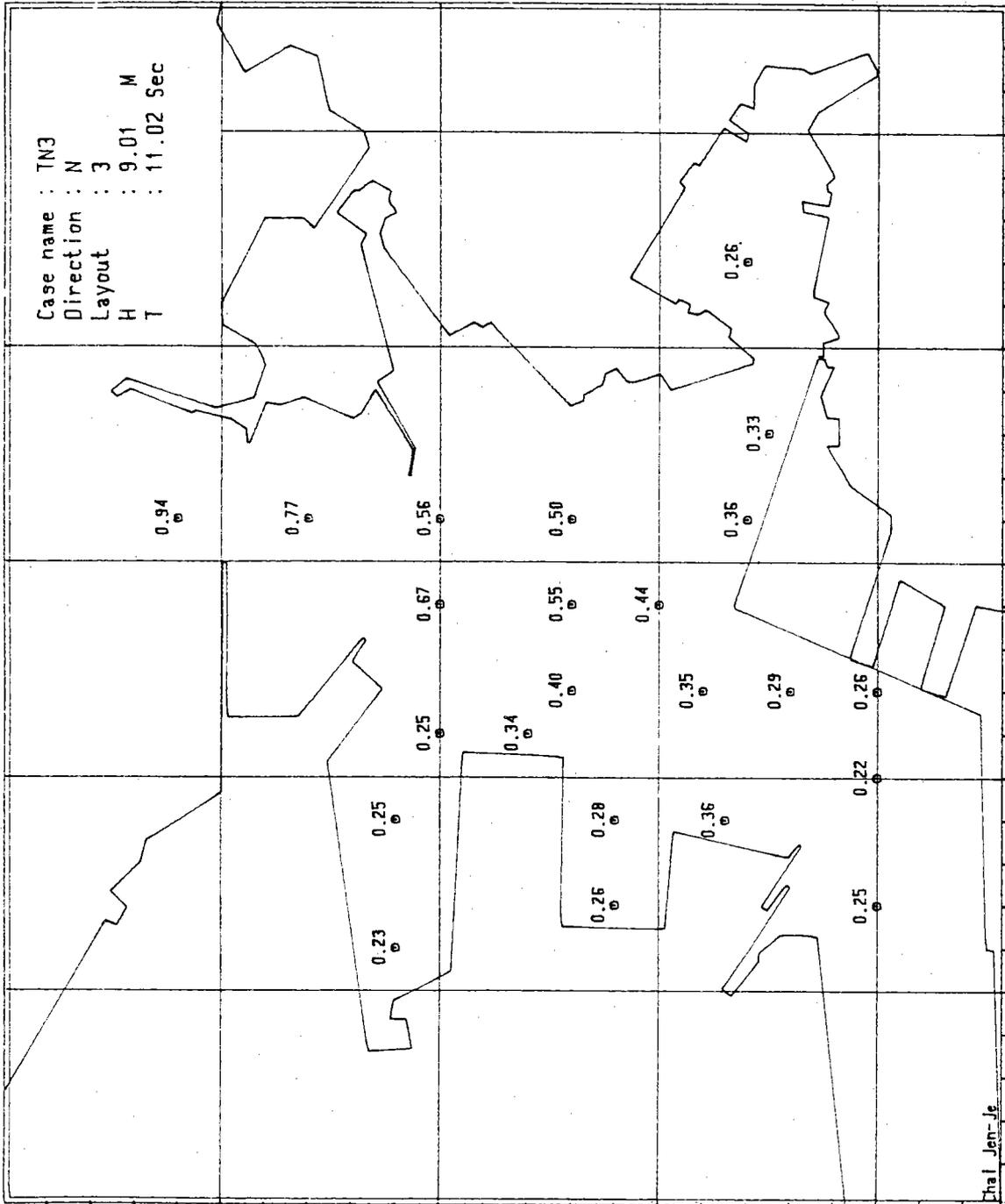


圖 A-7

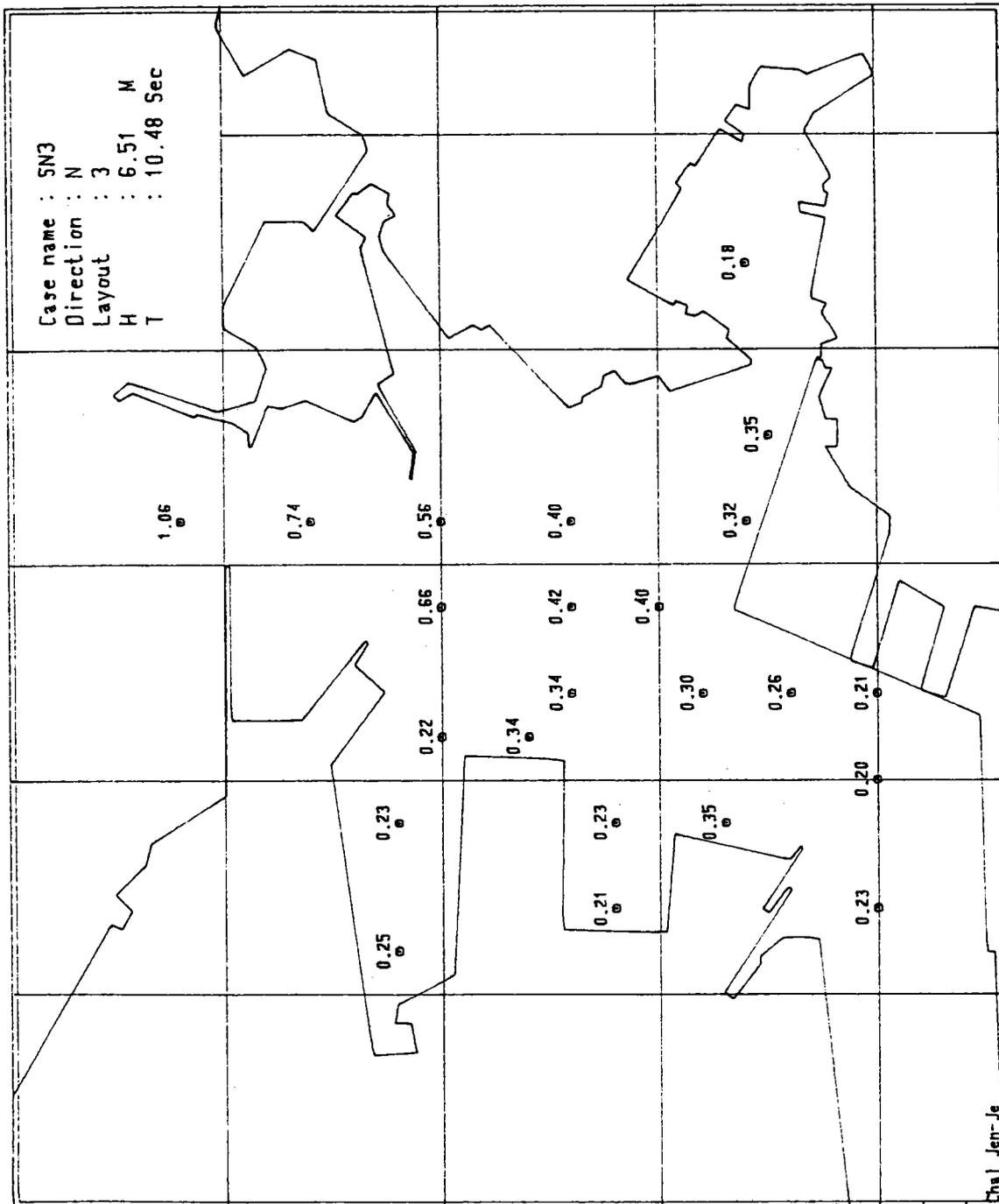


圖 A-8

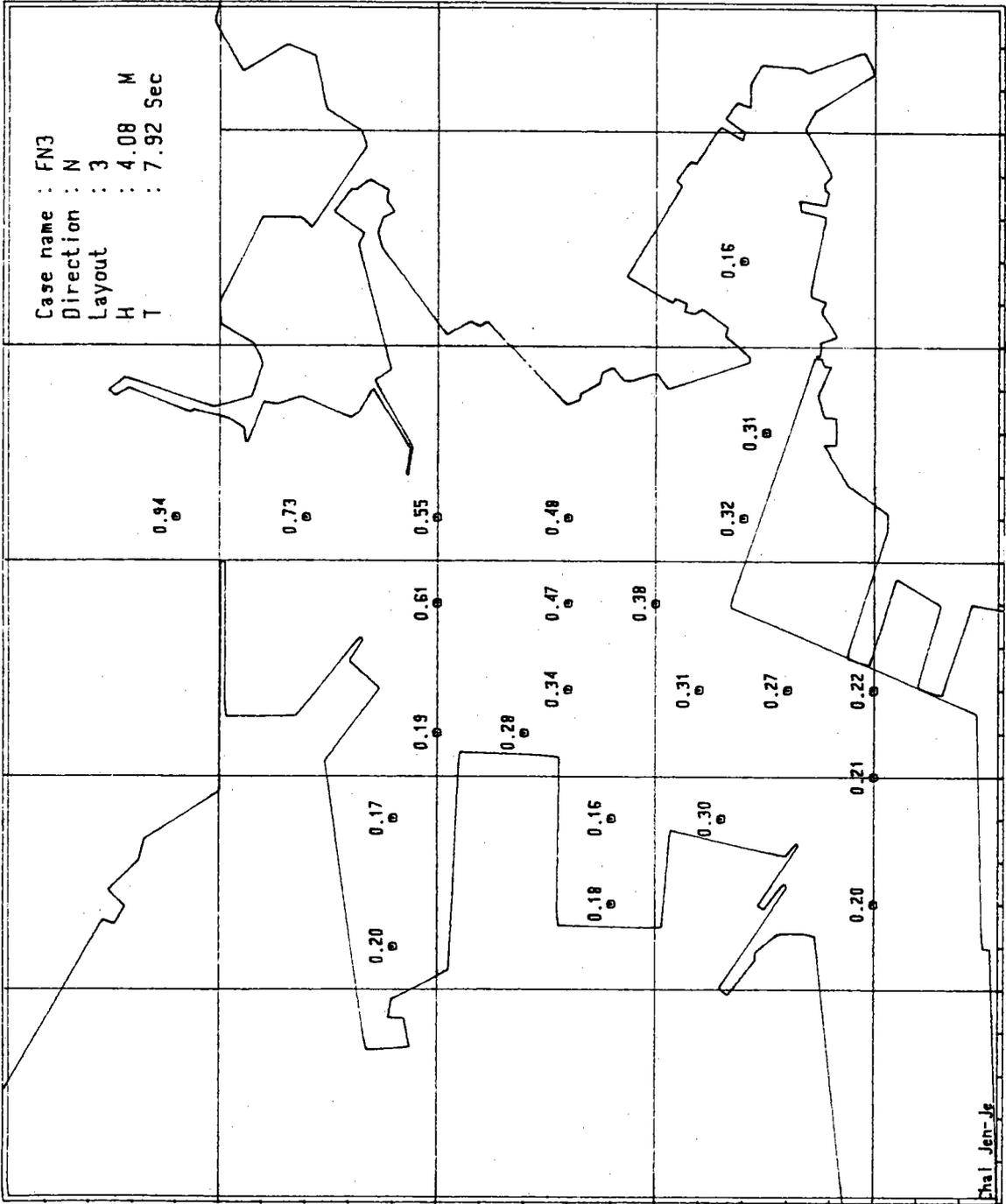


圖 A-9

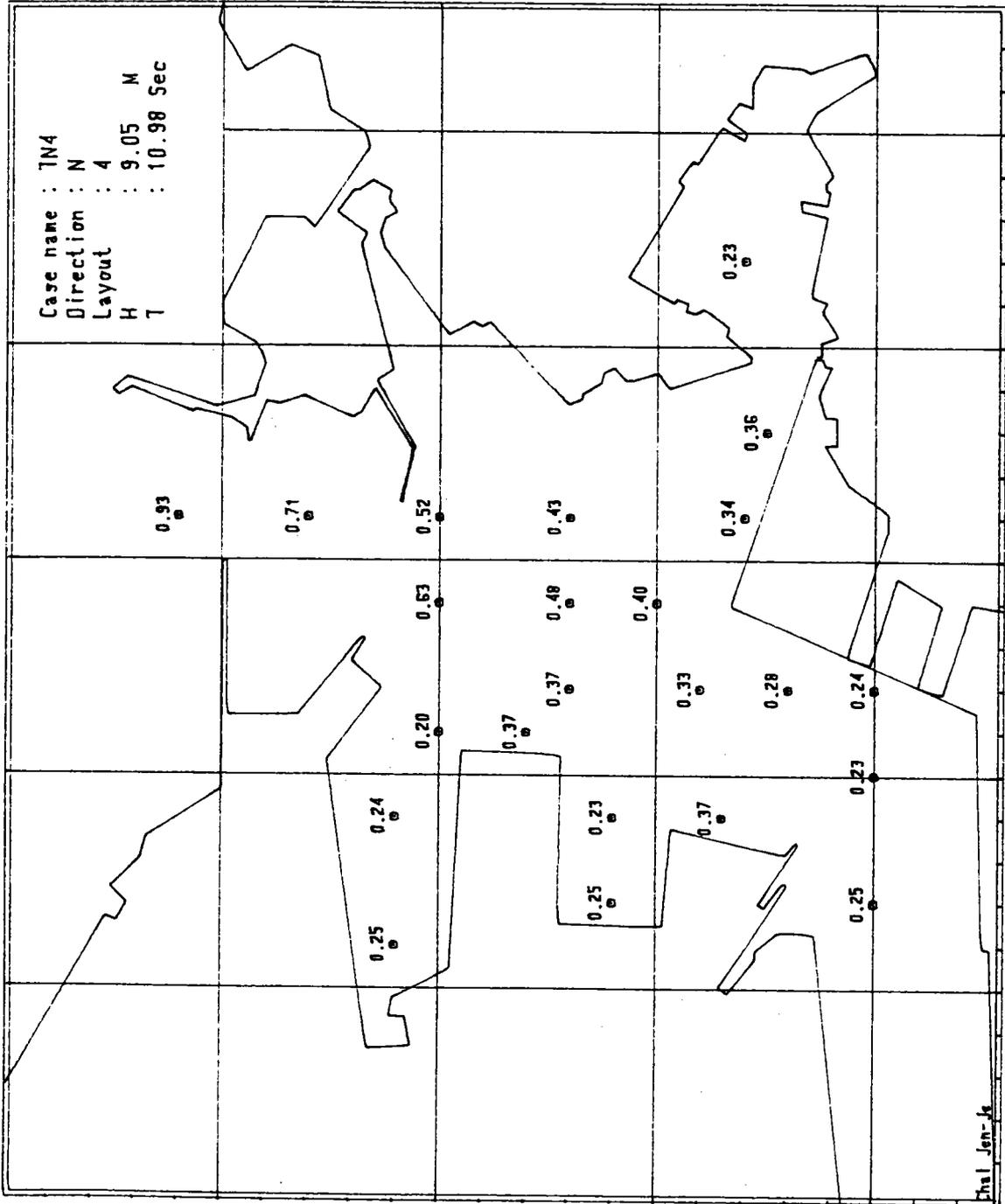


圖 A-10

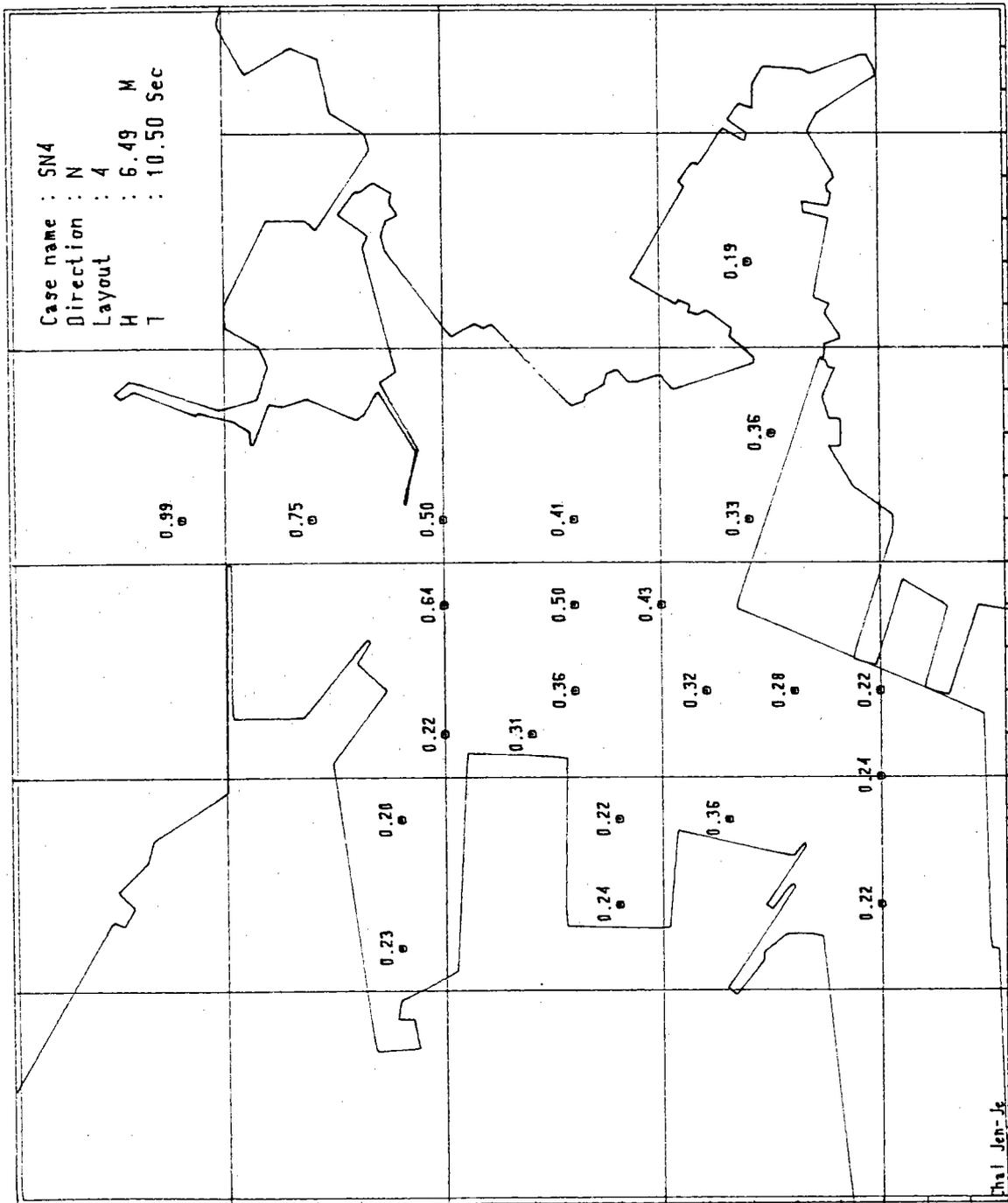


圖 A-11

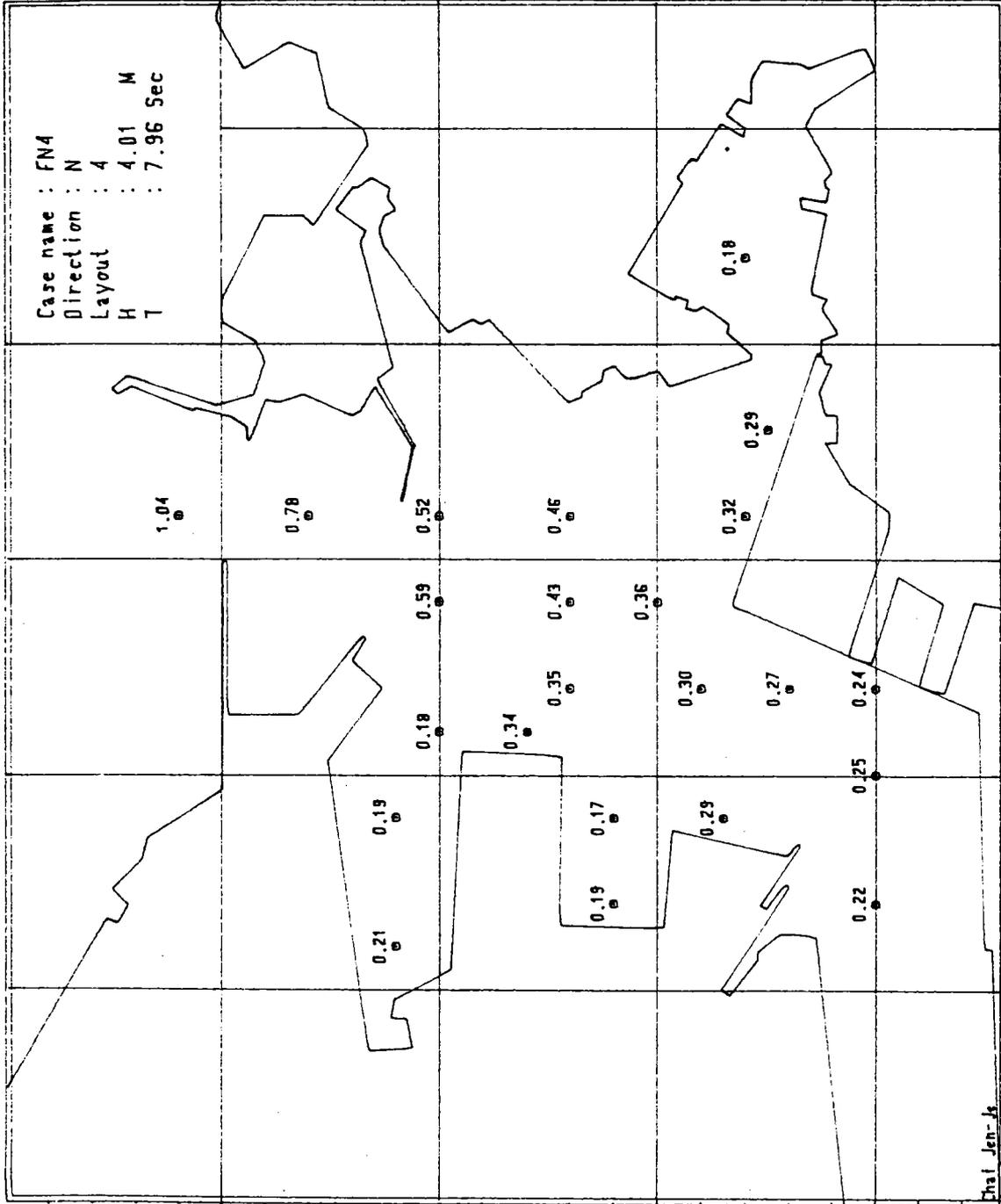


圖 A-12

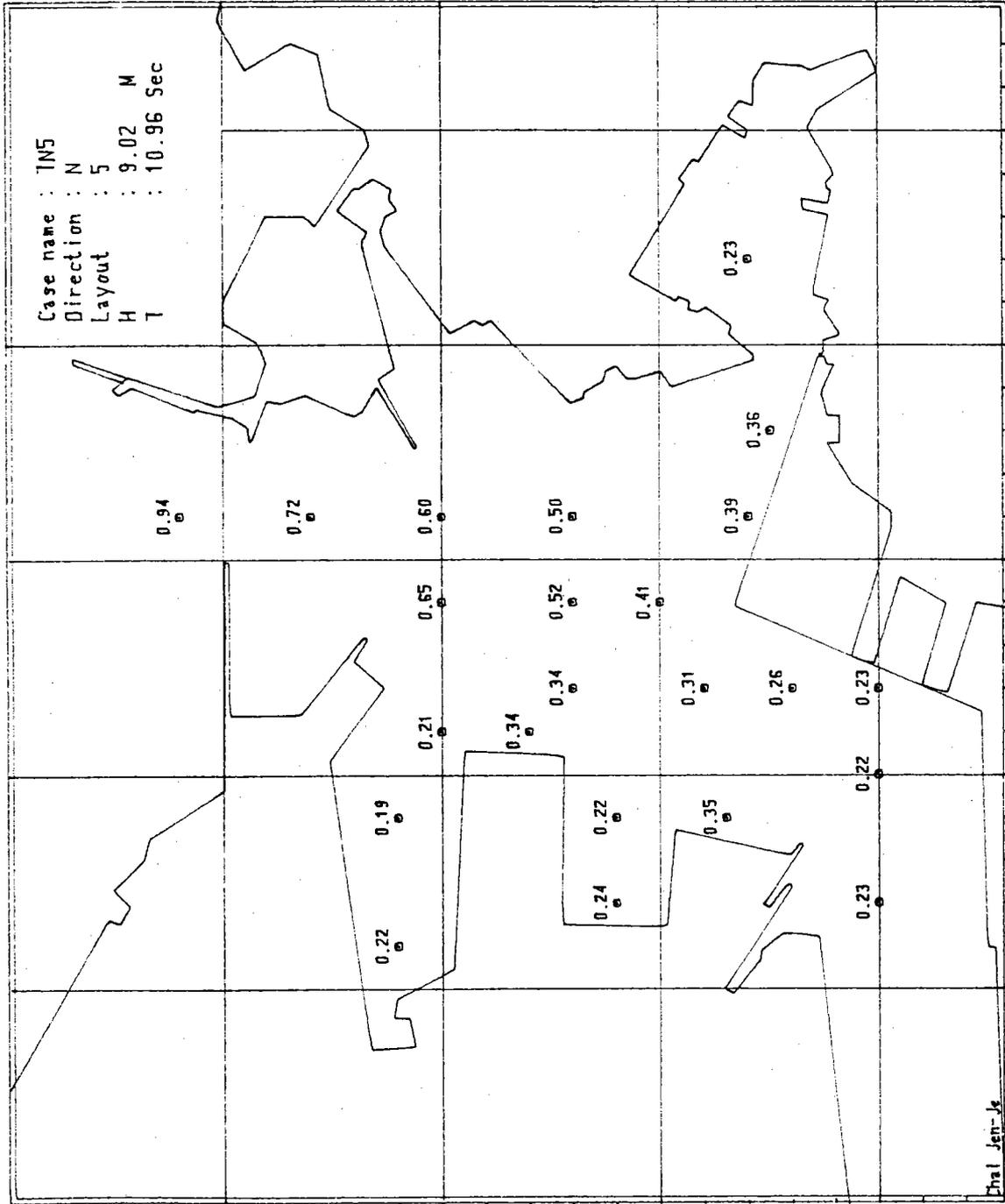


圖 A-13

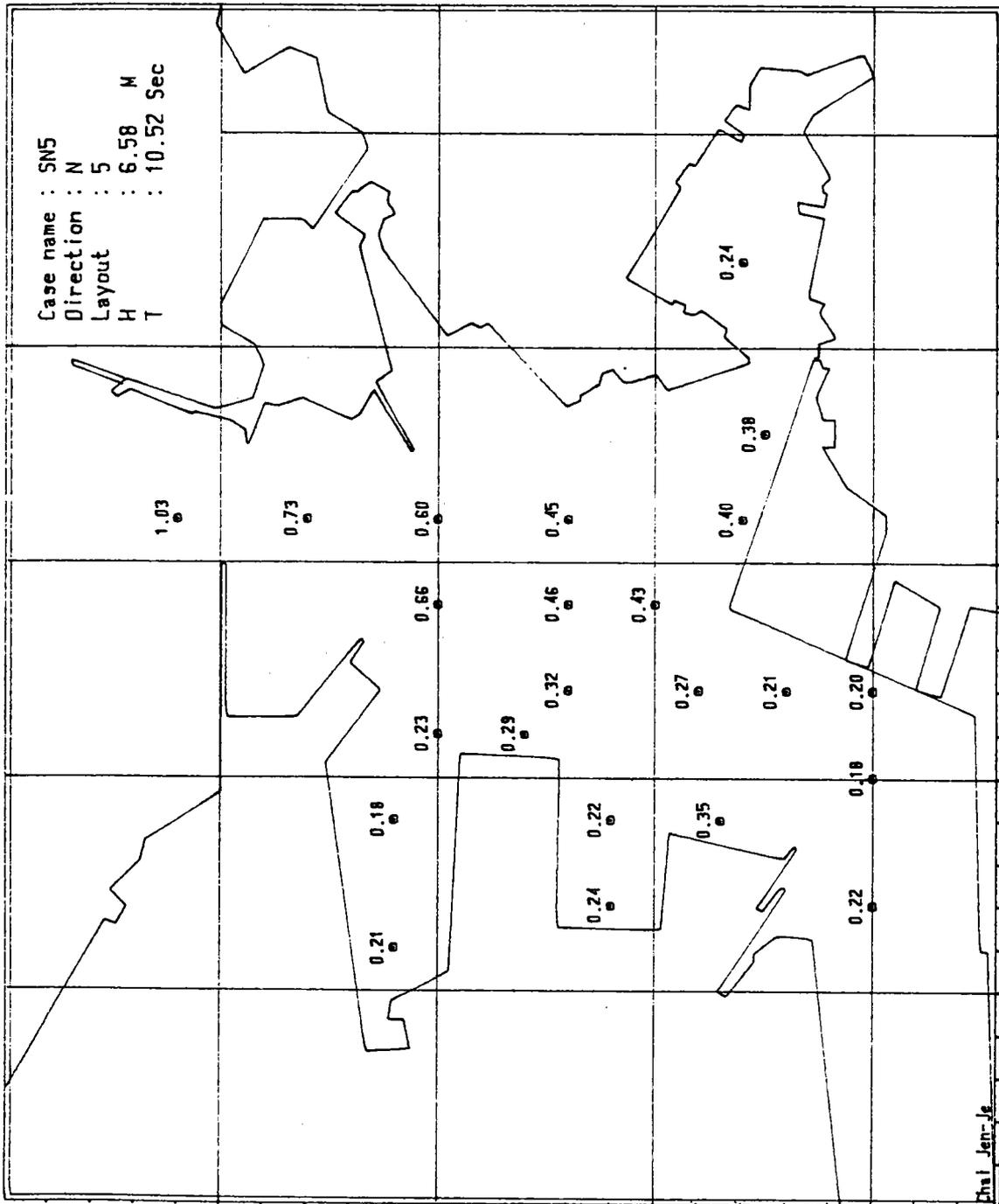


圖 A-14

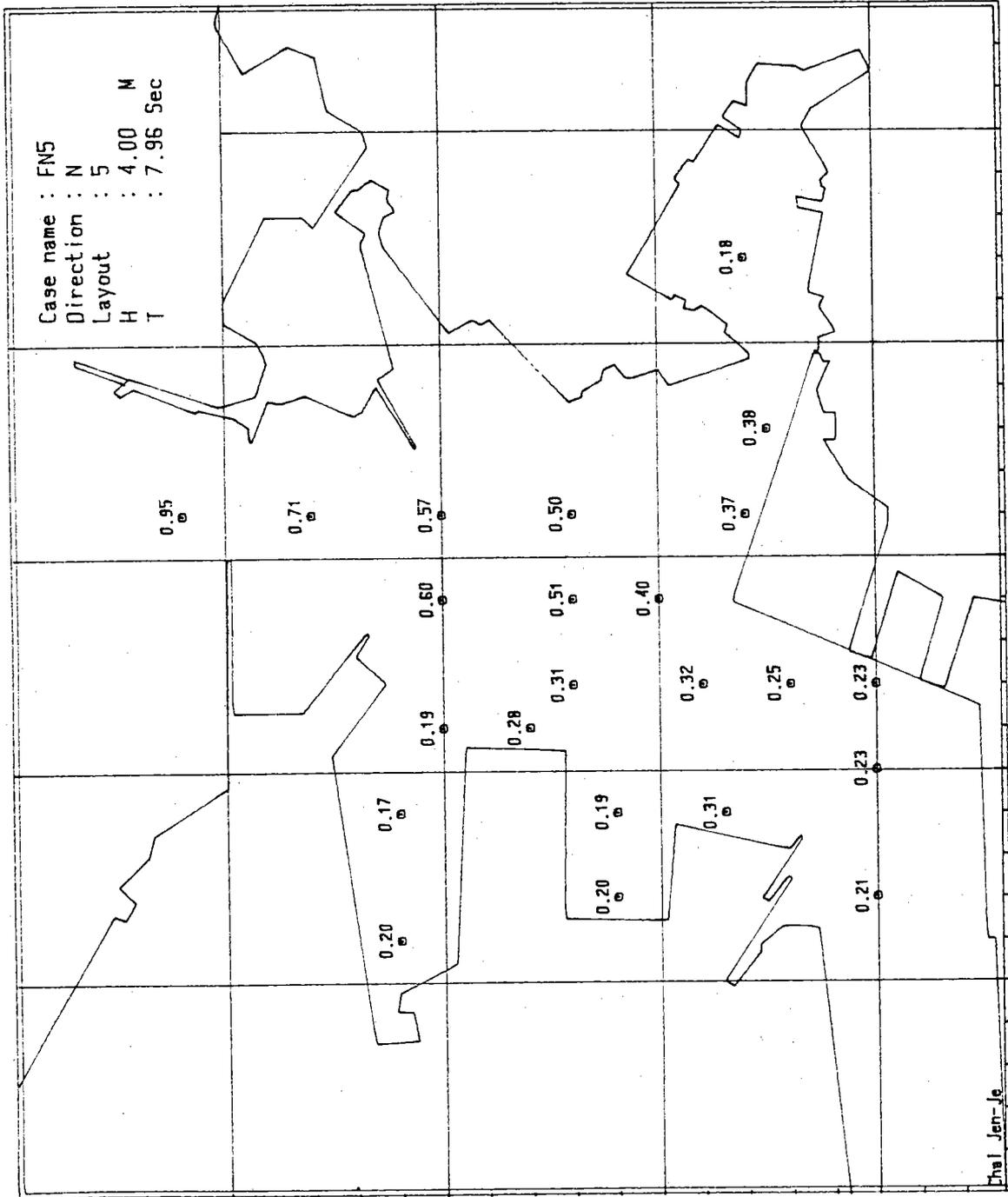


圖 A-15

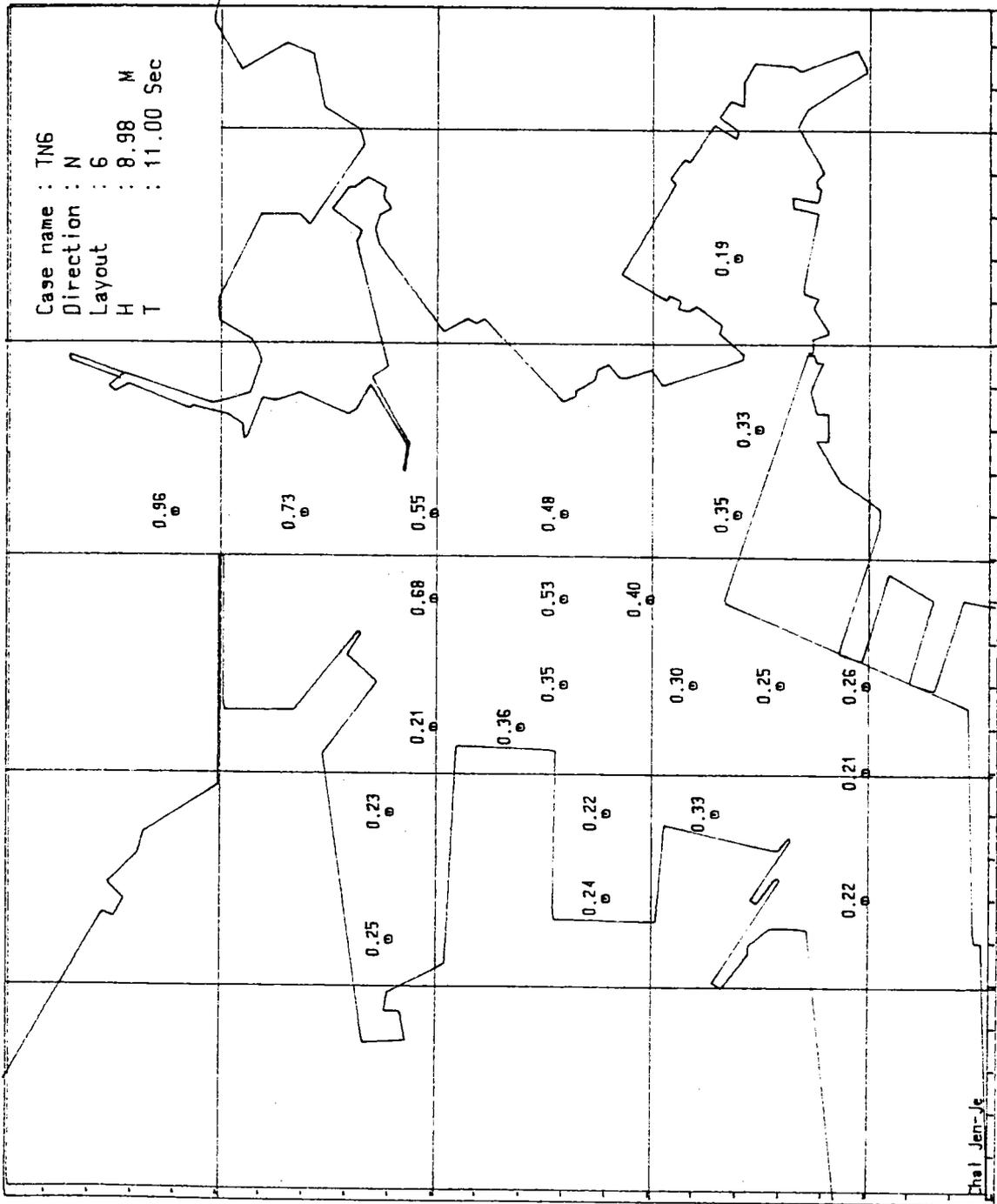


圖 A-16

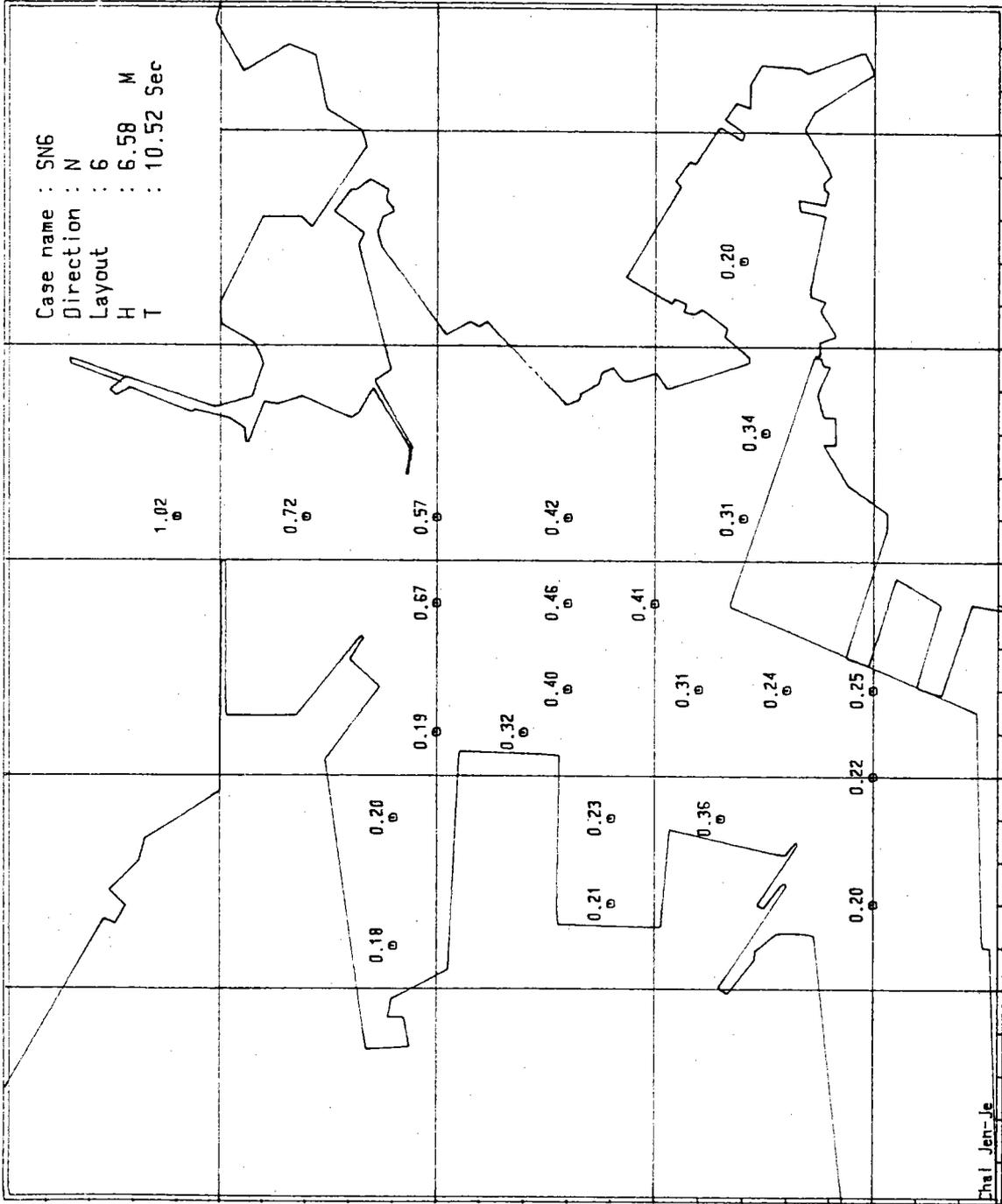


圖 A-17

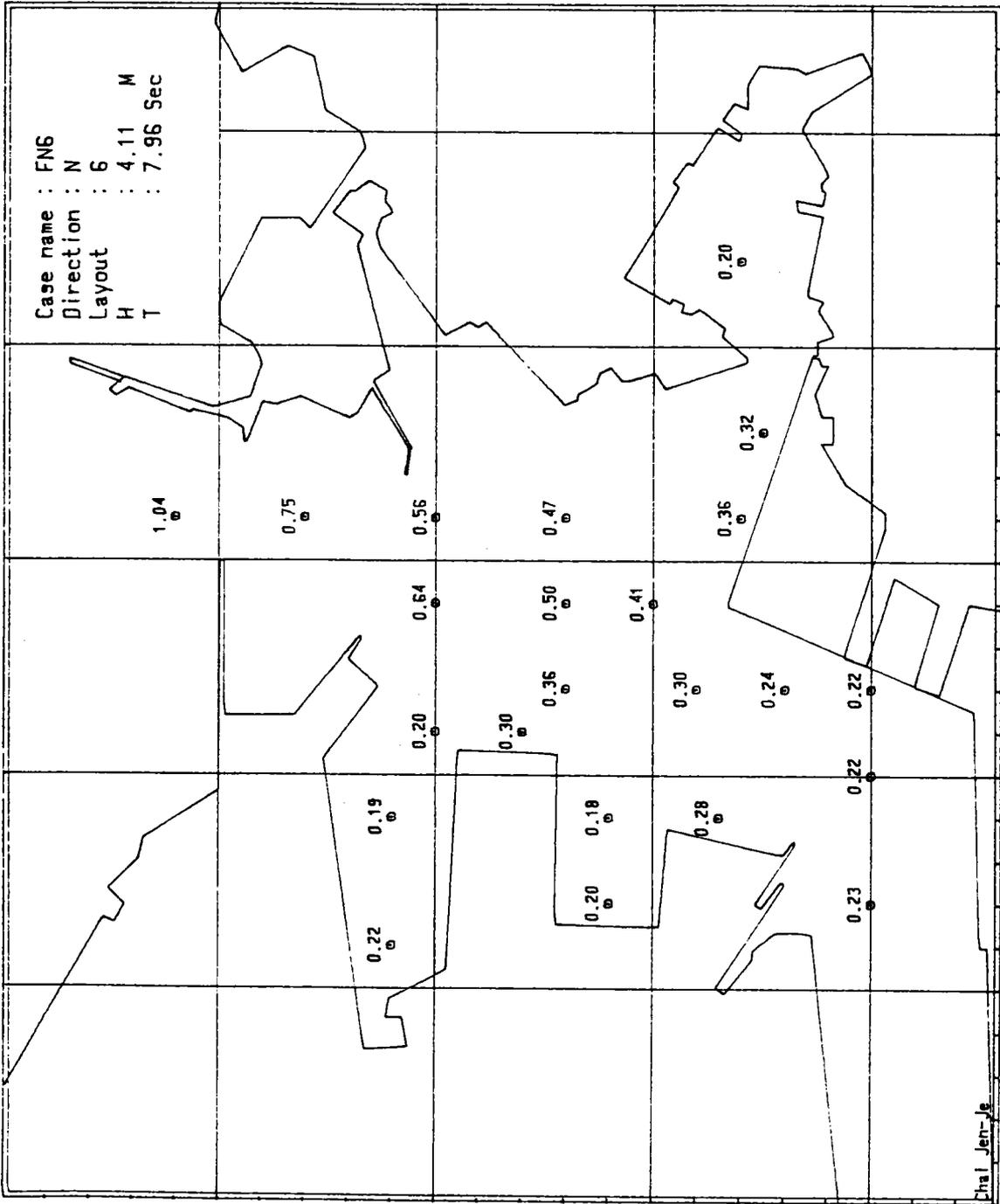


圖 A-18

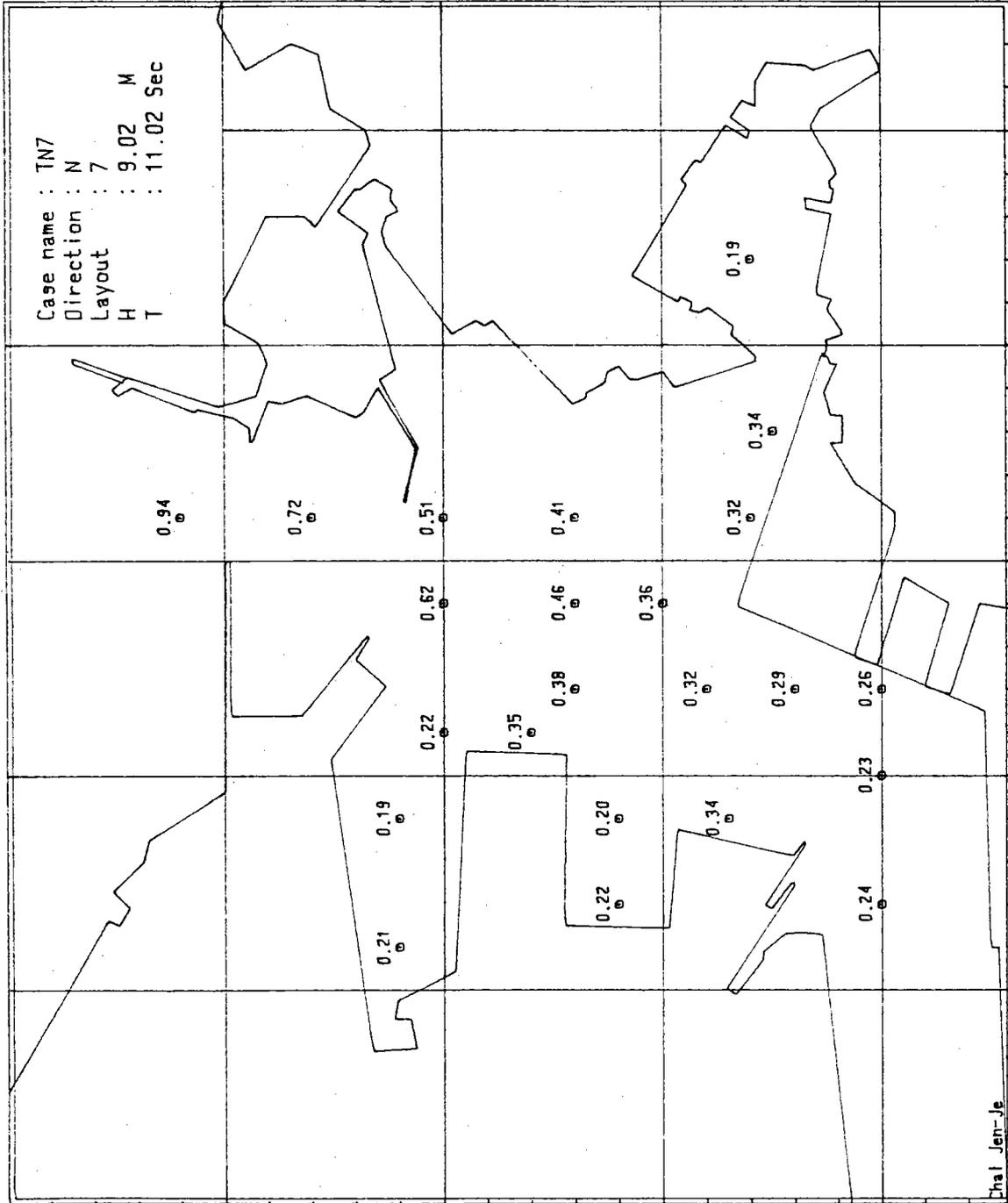


圖 A-19

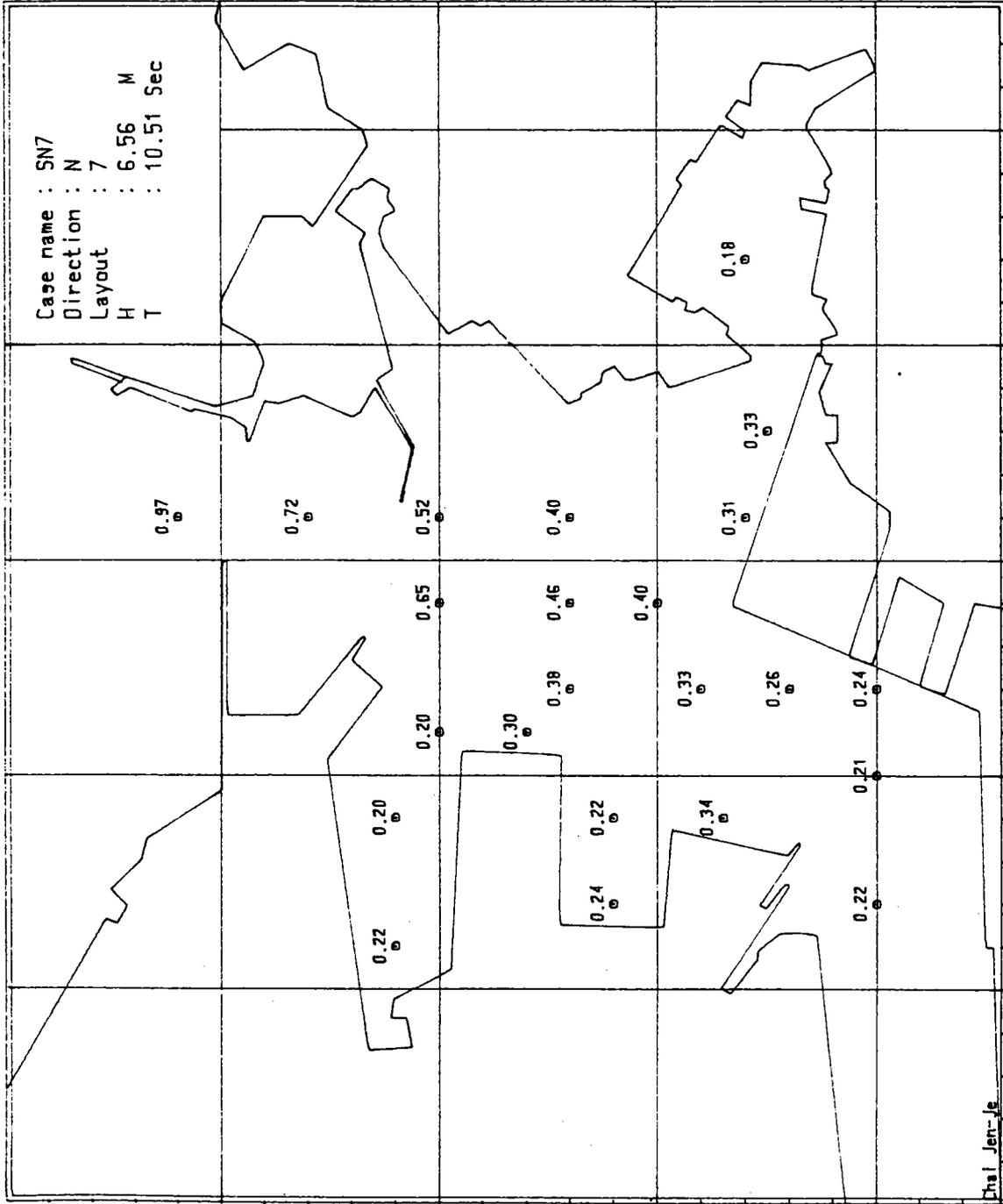


圖 A-20

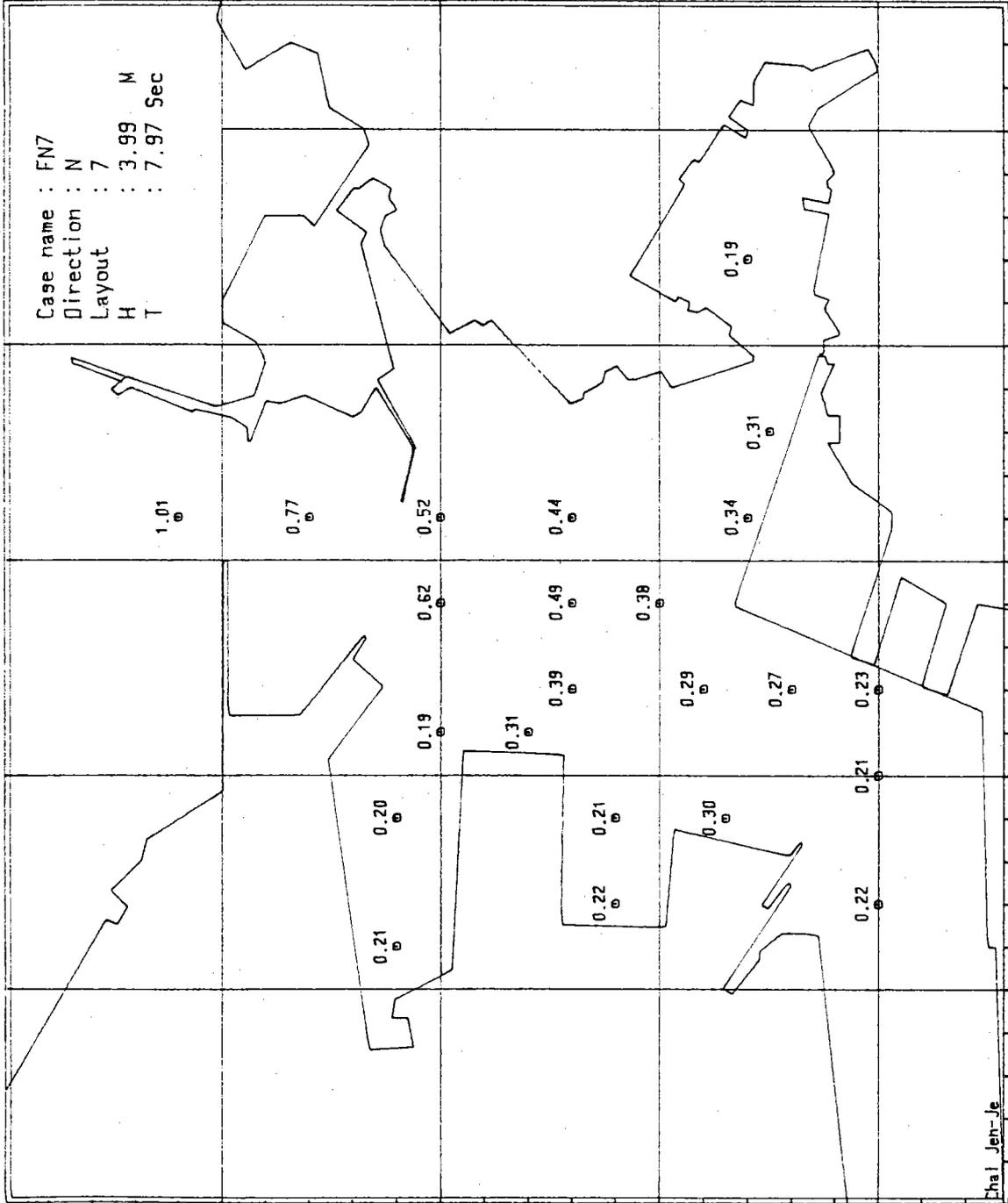


圖 A-21

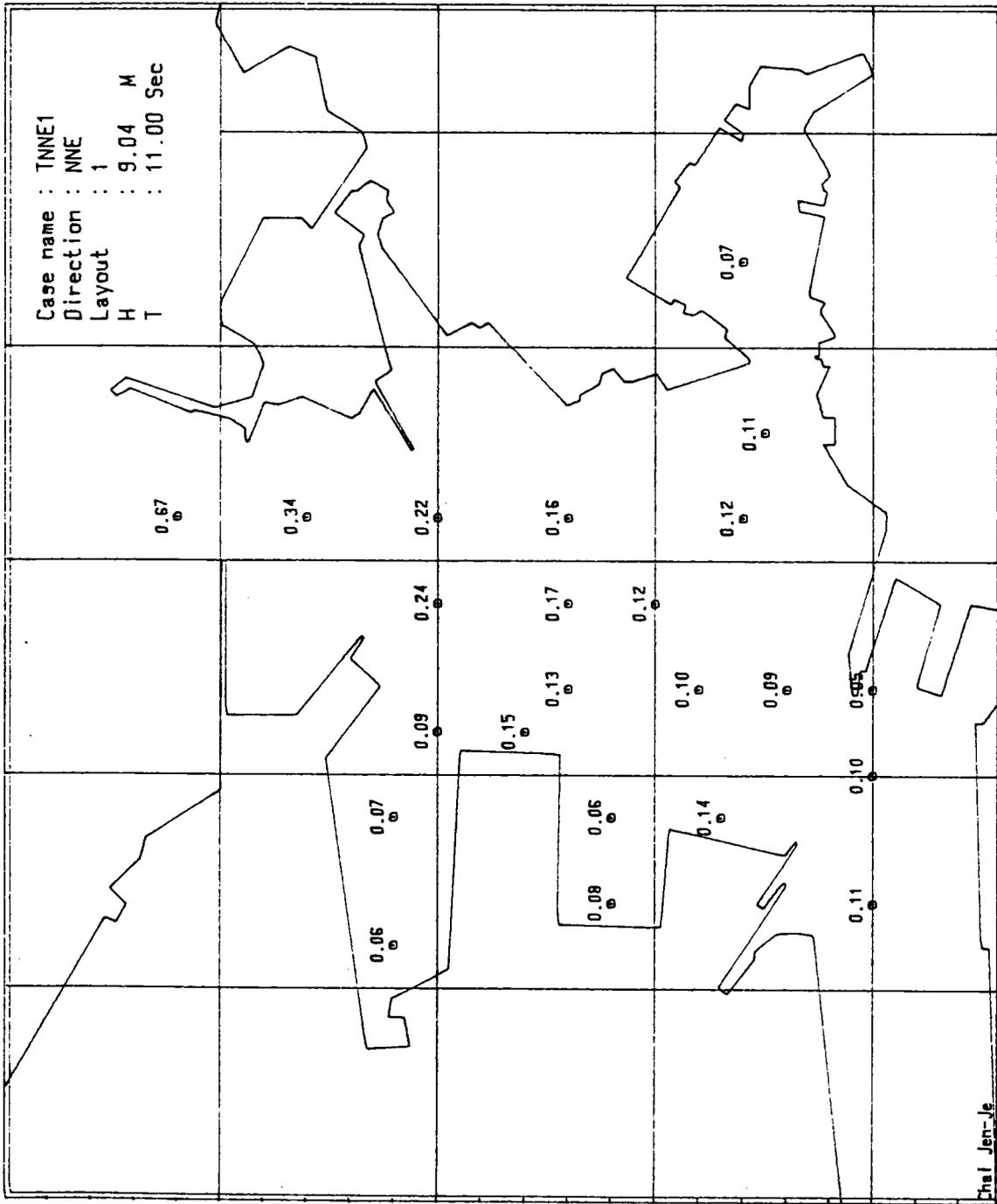


圖 A-22

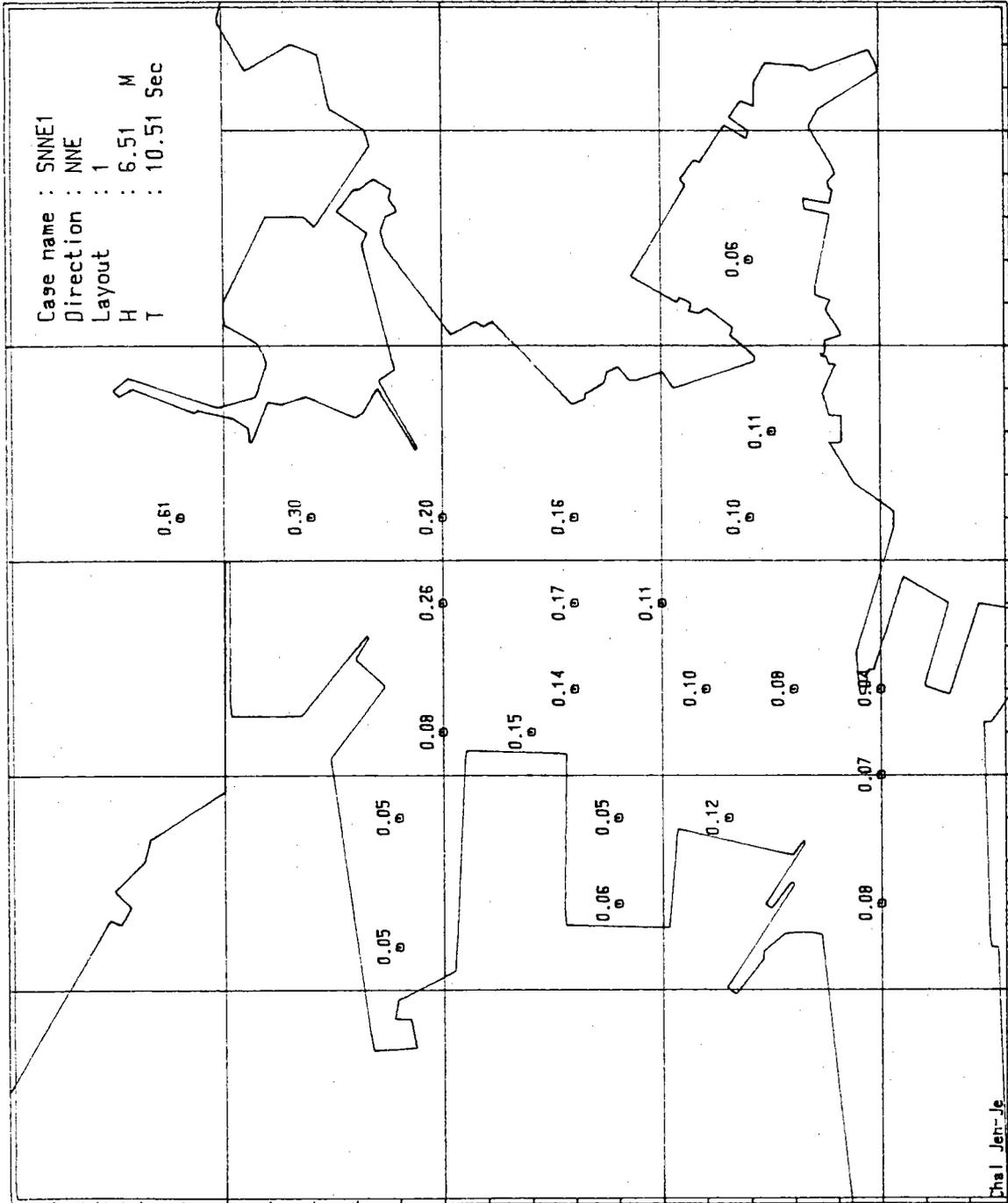


圖 A-23

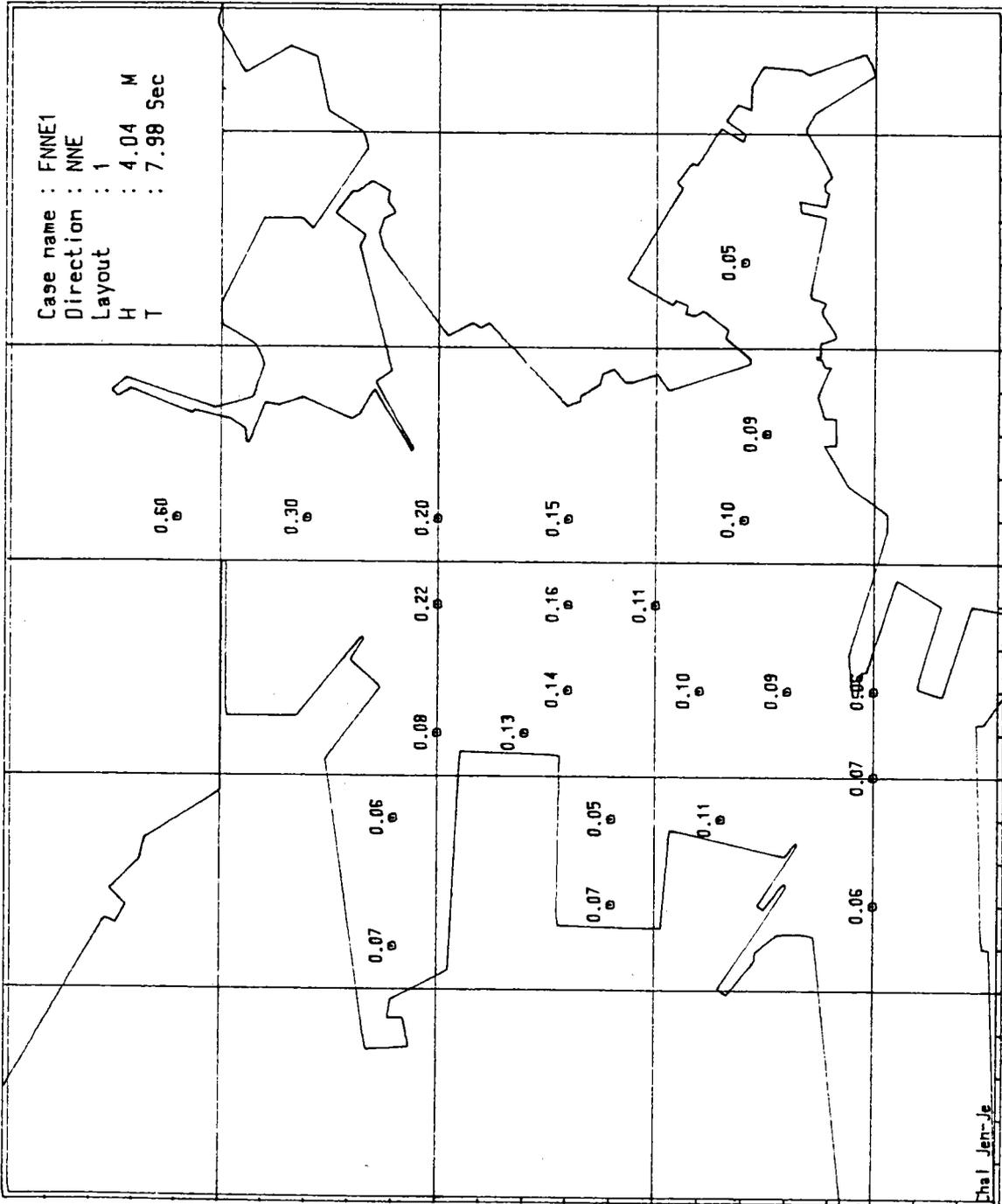


圖 A-24

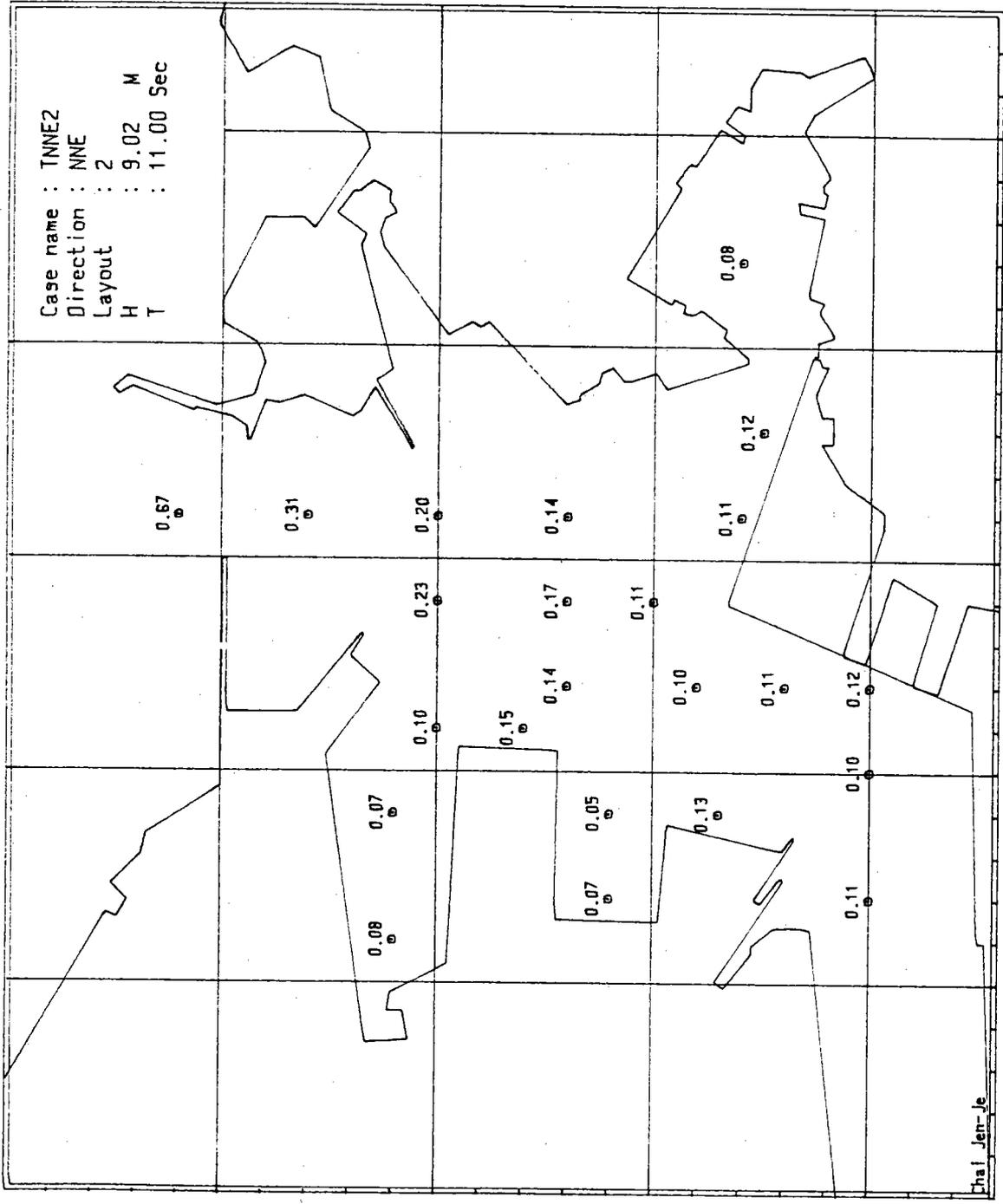
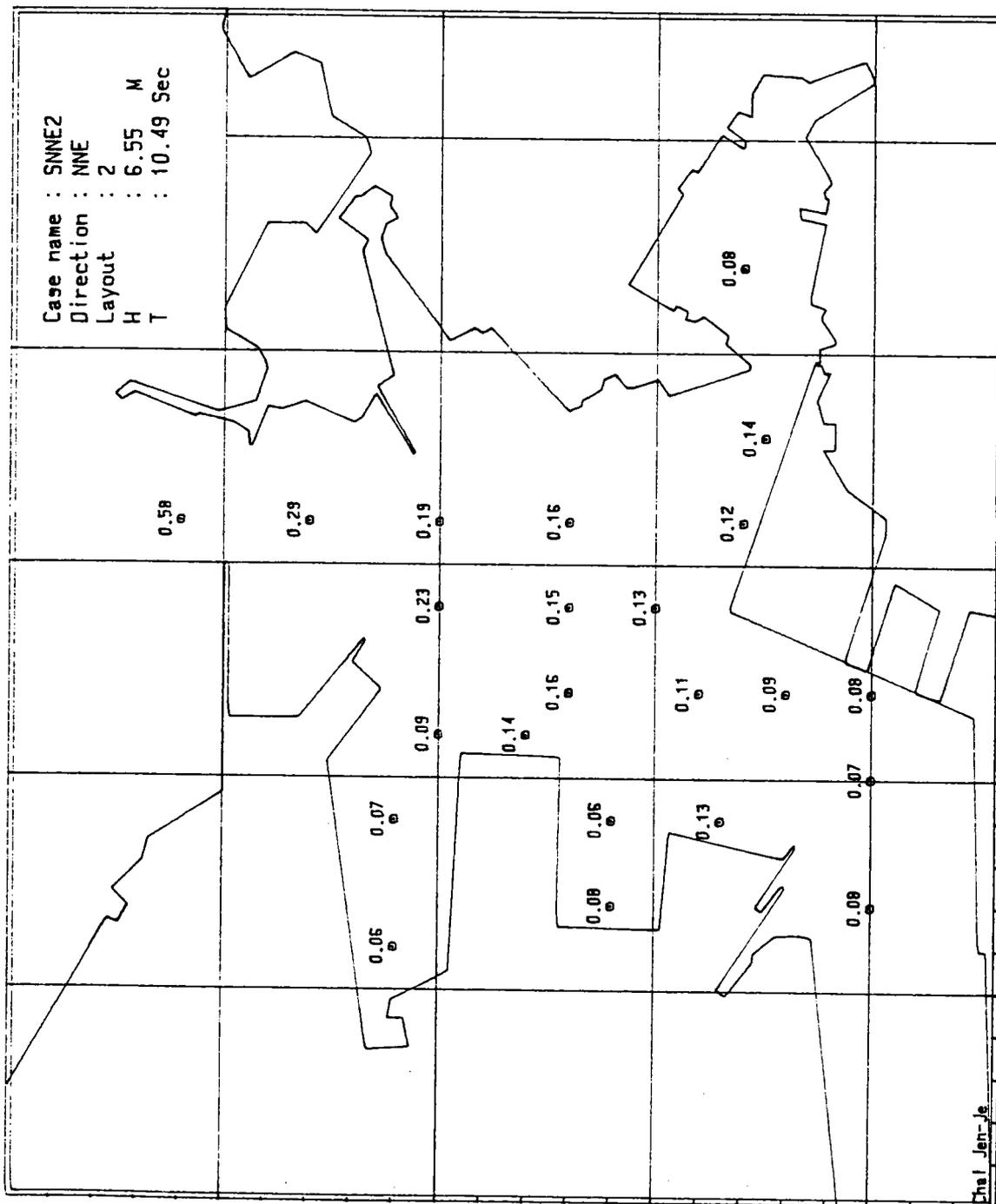


圖 A-25



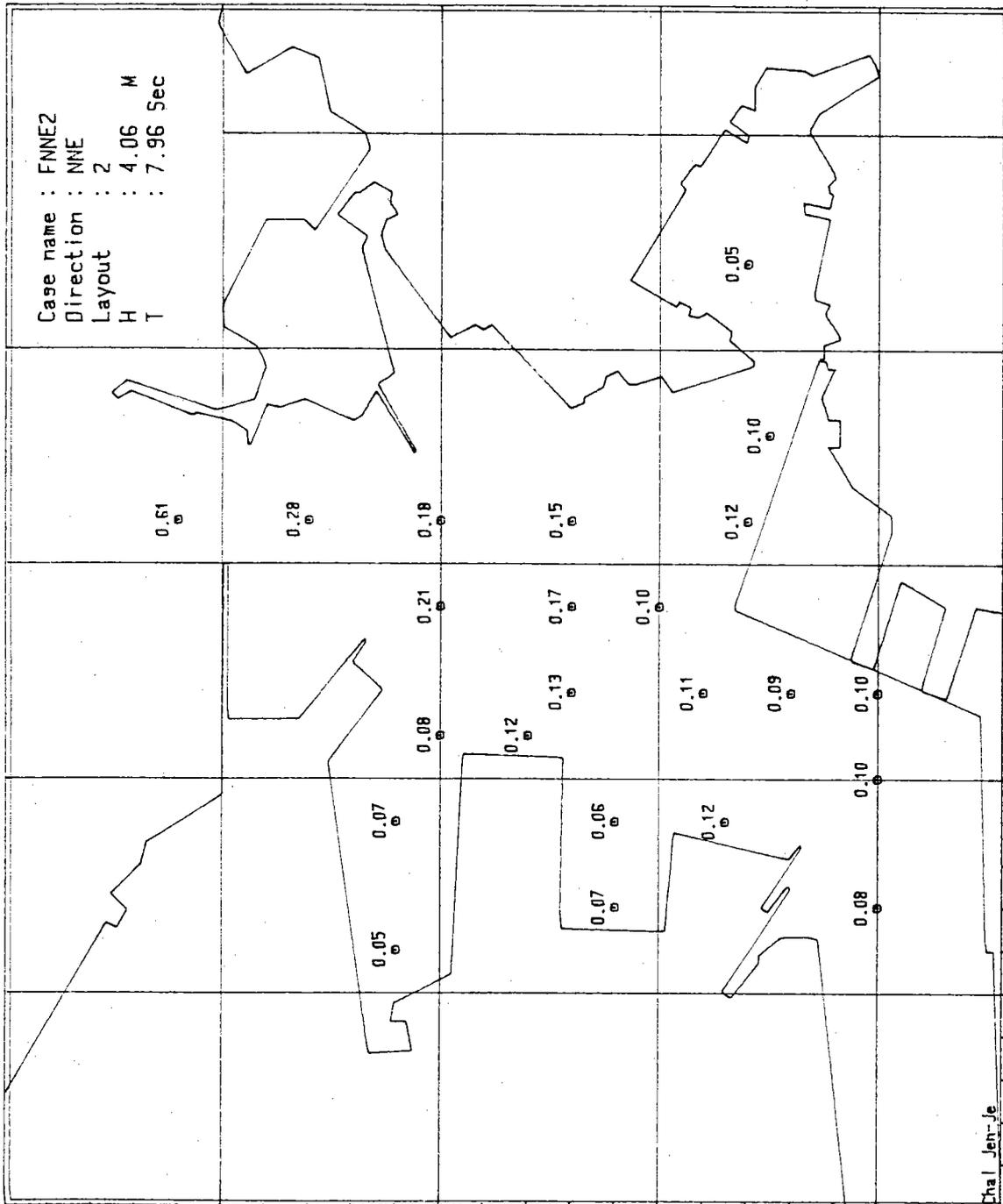


圖 A-27

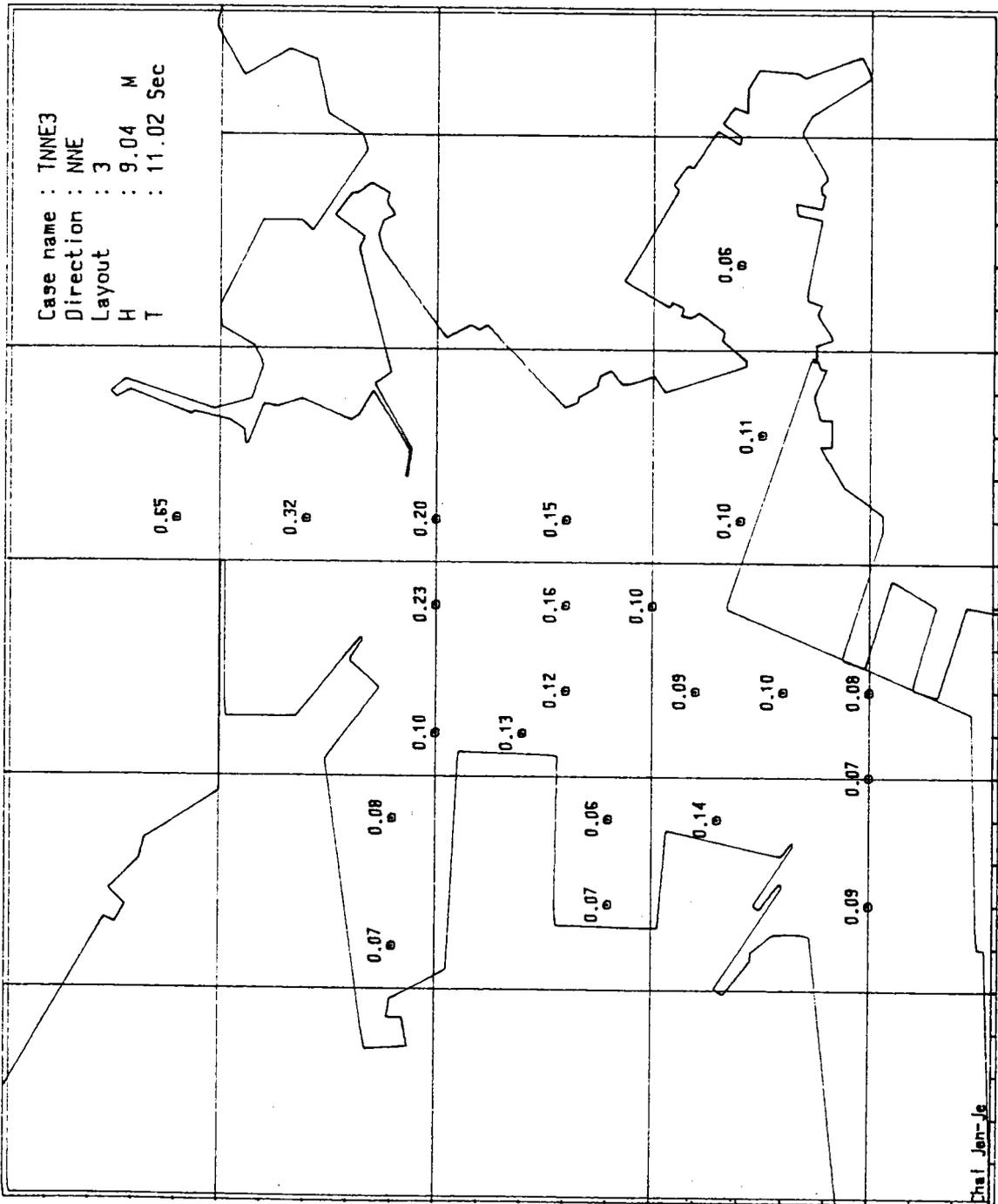


圖 A-28

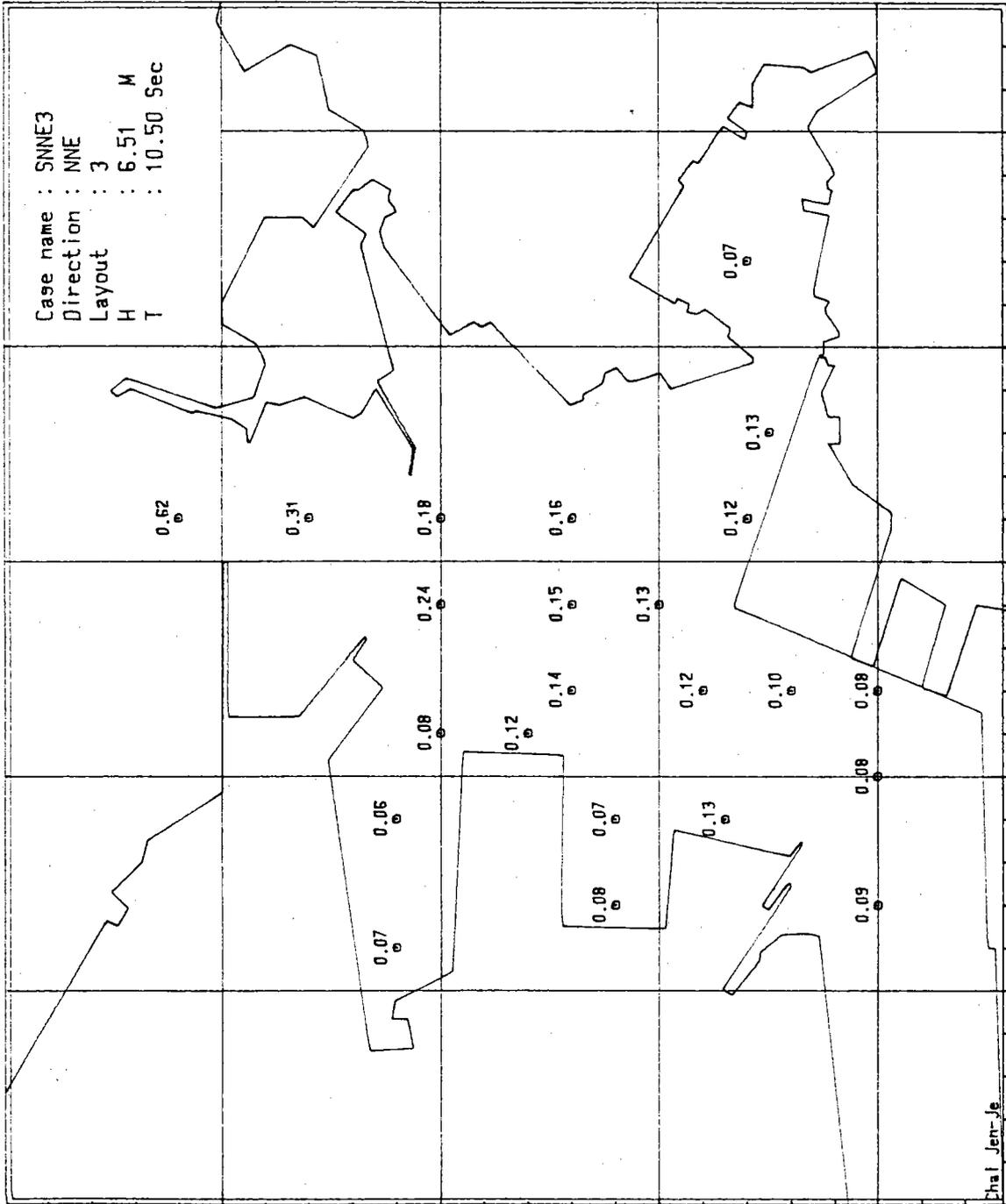
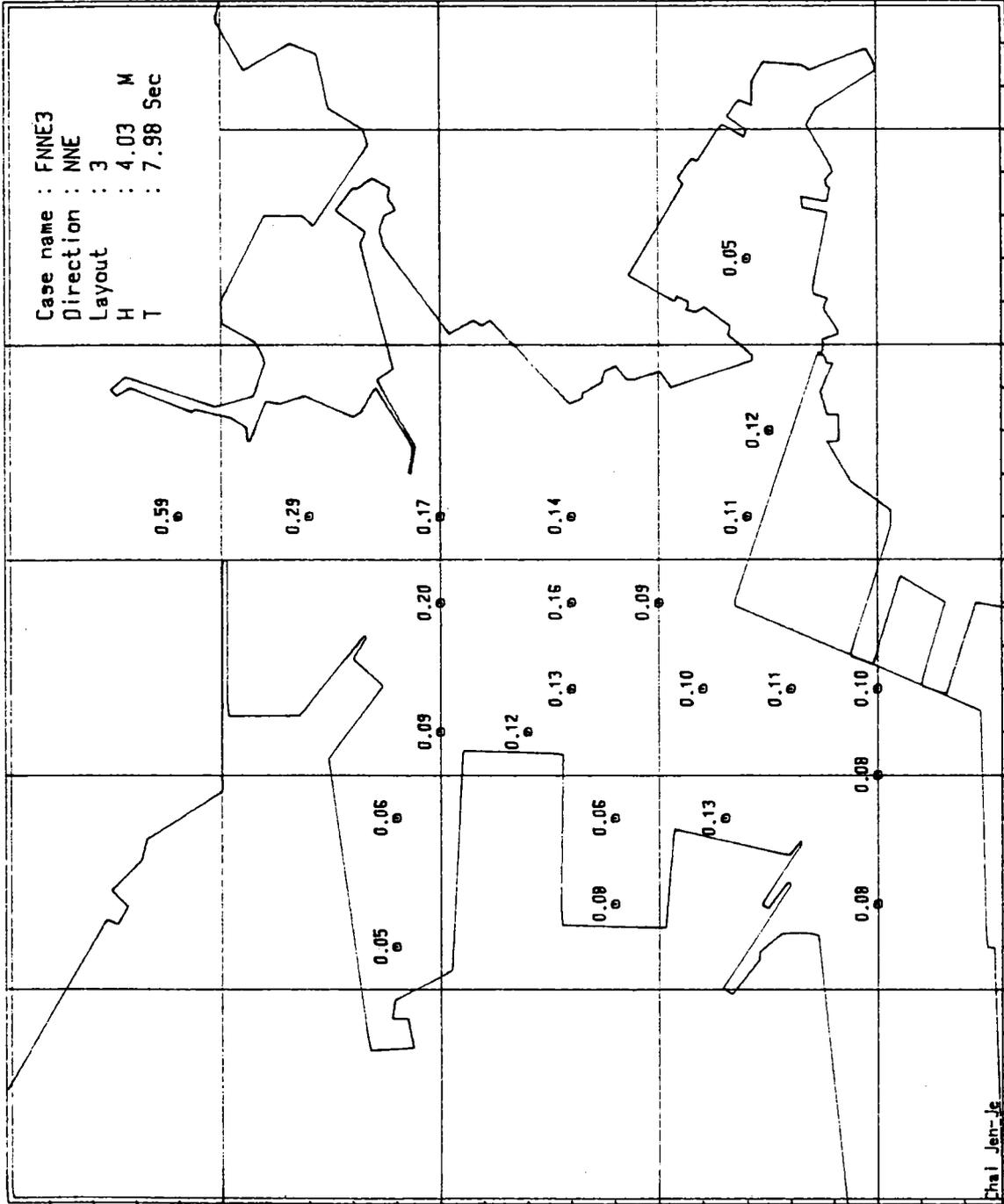


圖 A-29



A-30

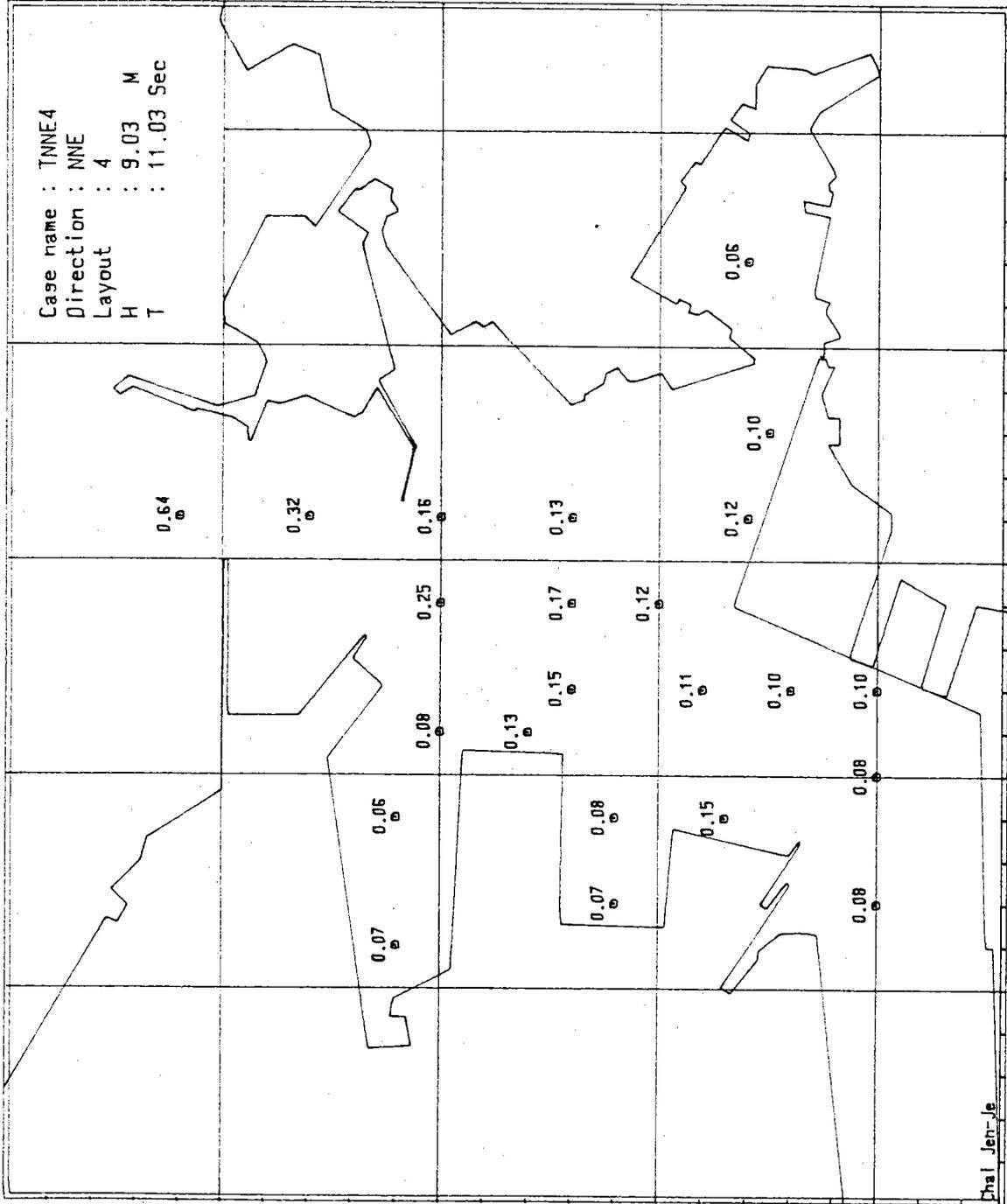
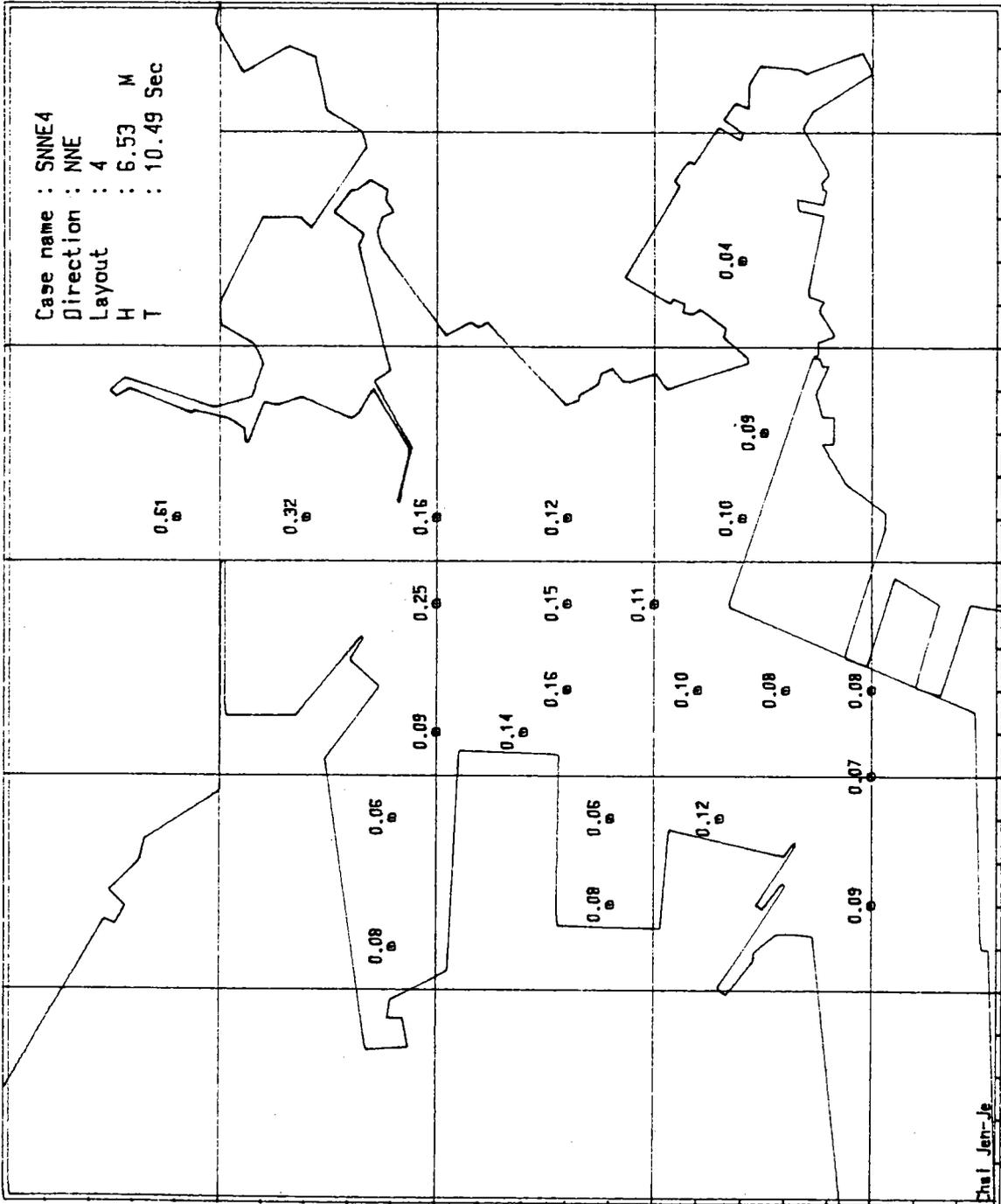


圖 A-31



☐ A-32

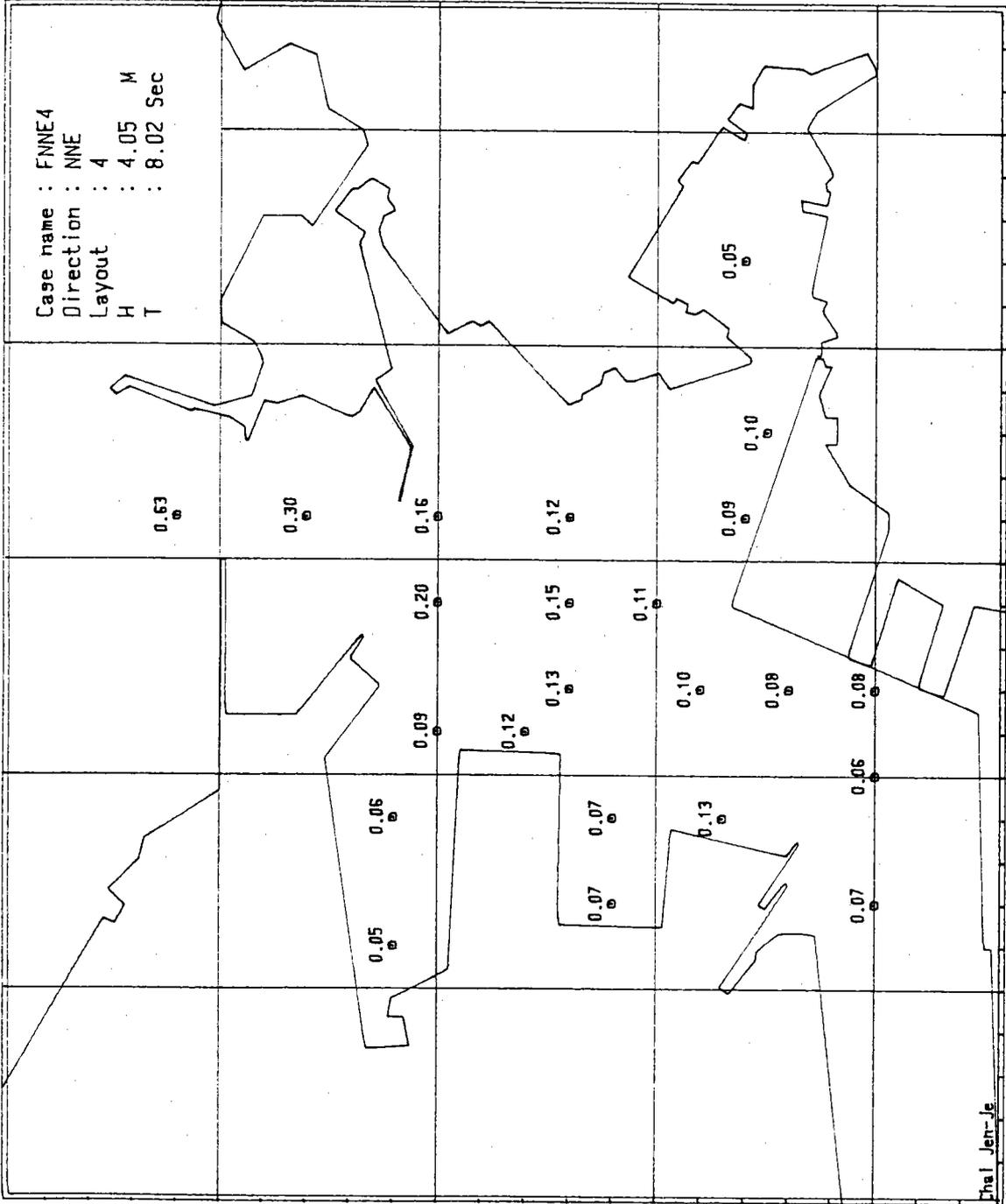


圖 A-33

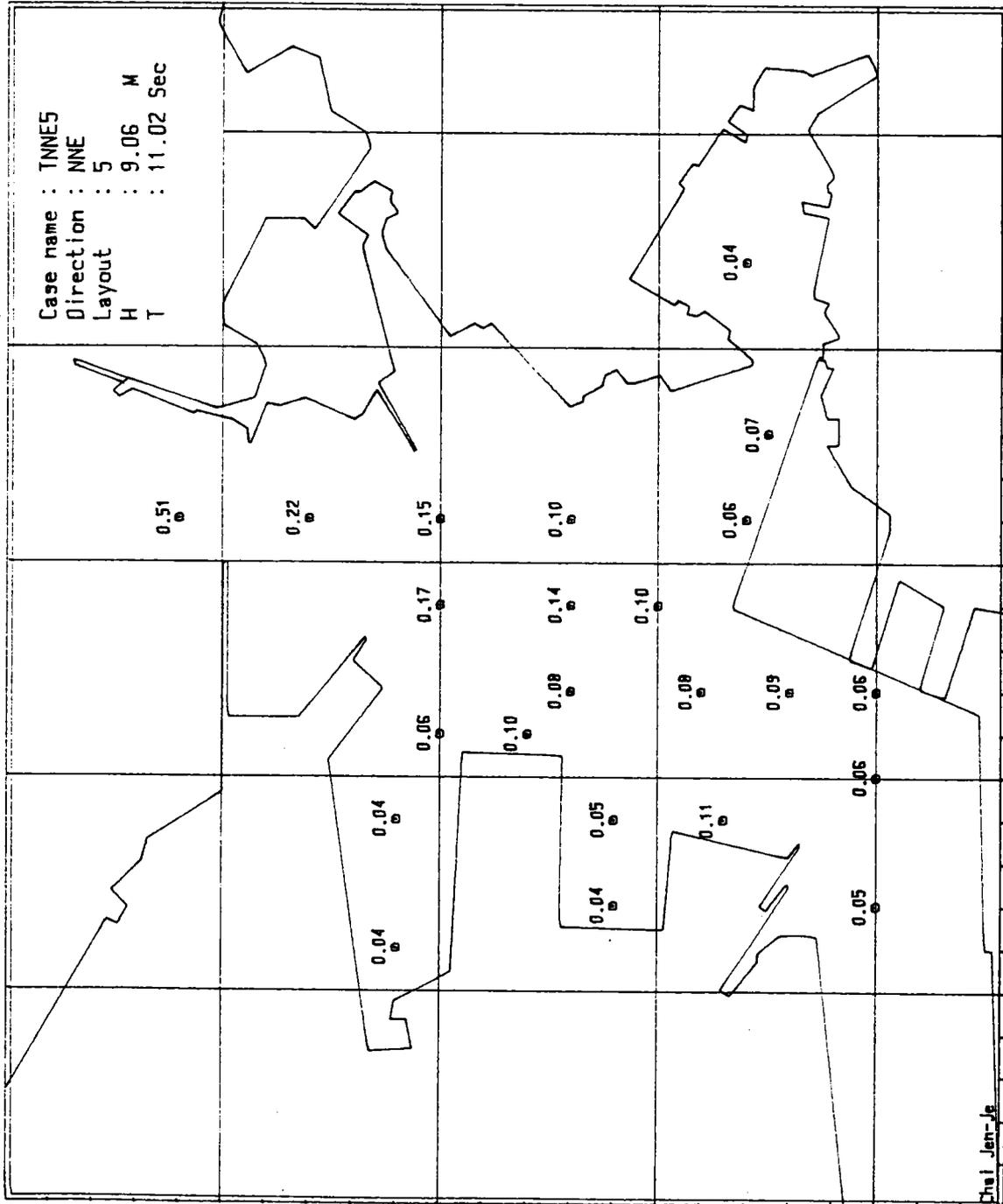


圖 A-34

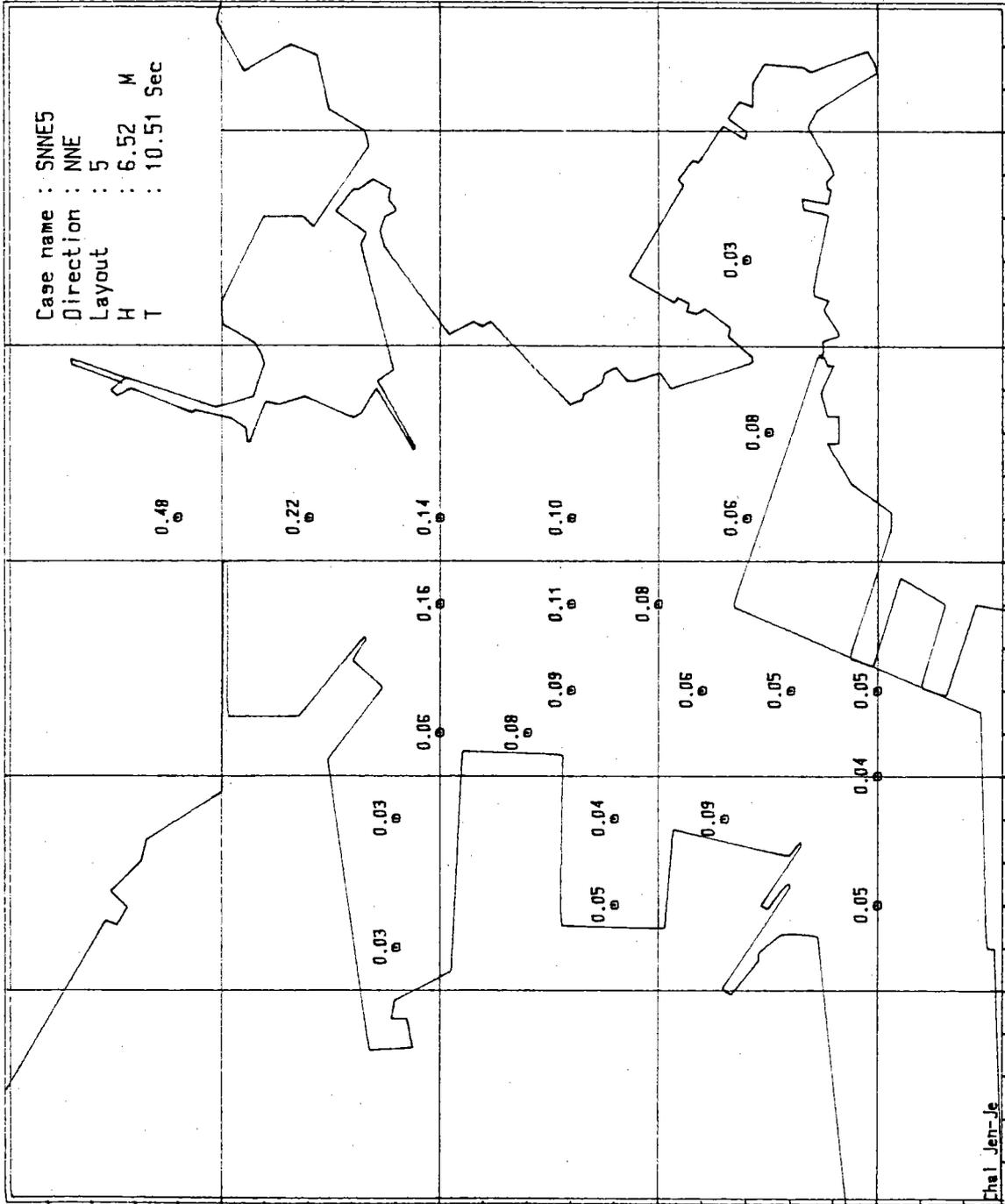


圖 A-35

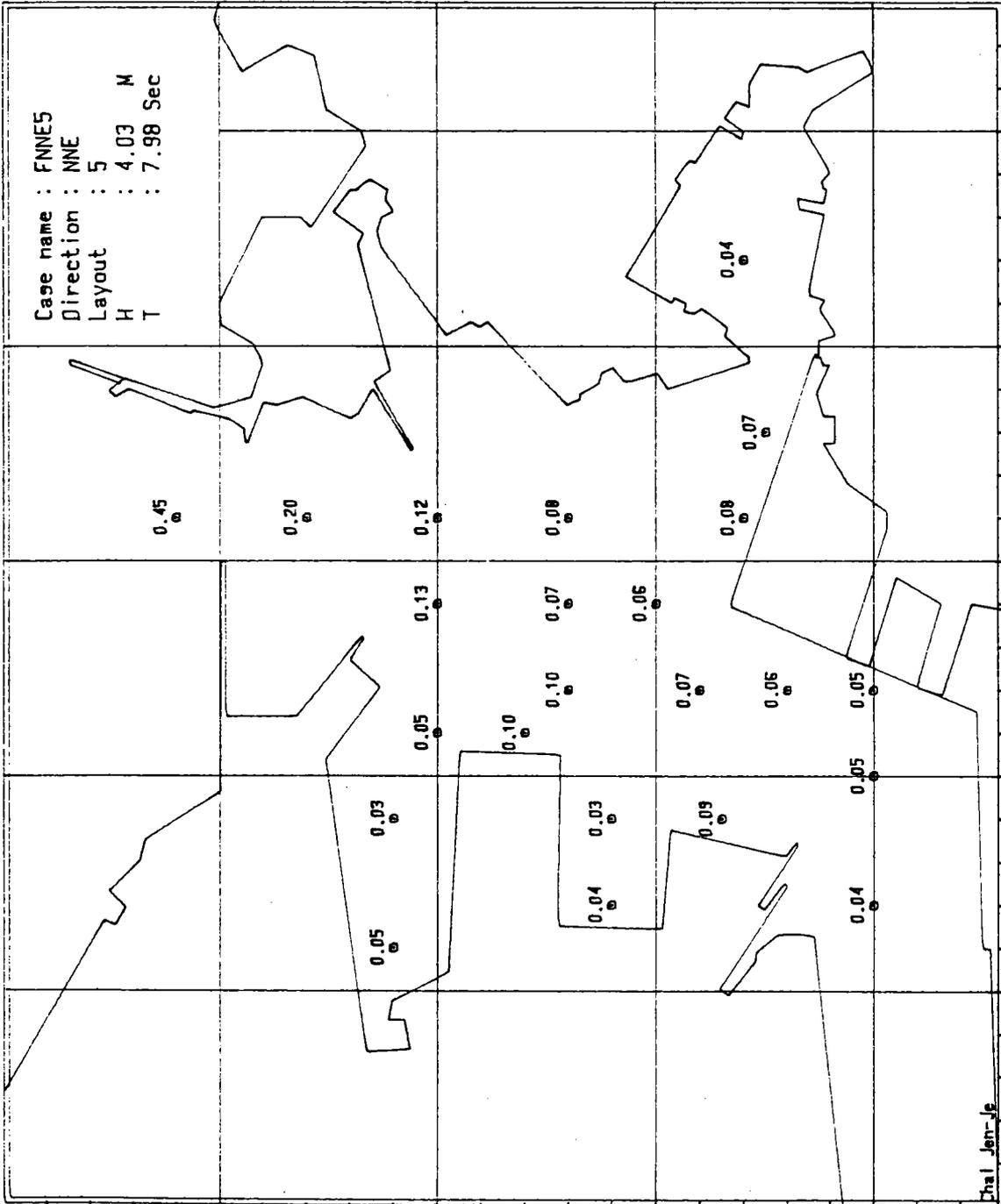
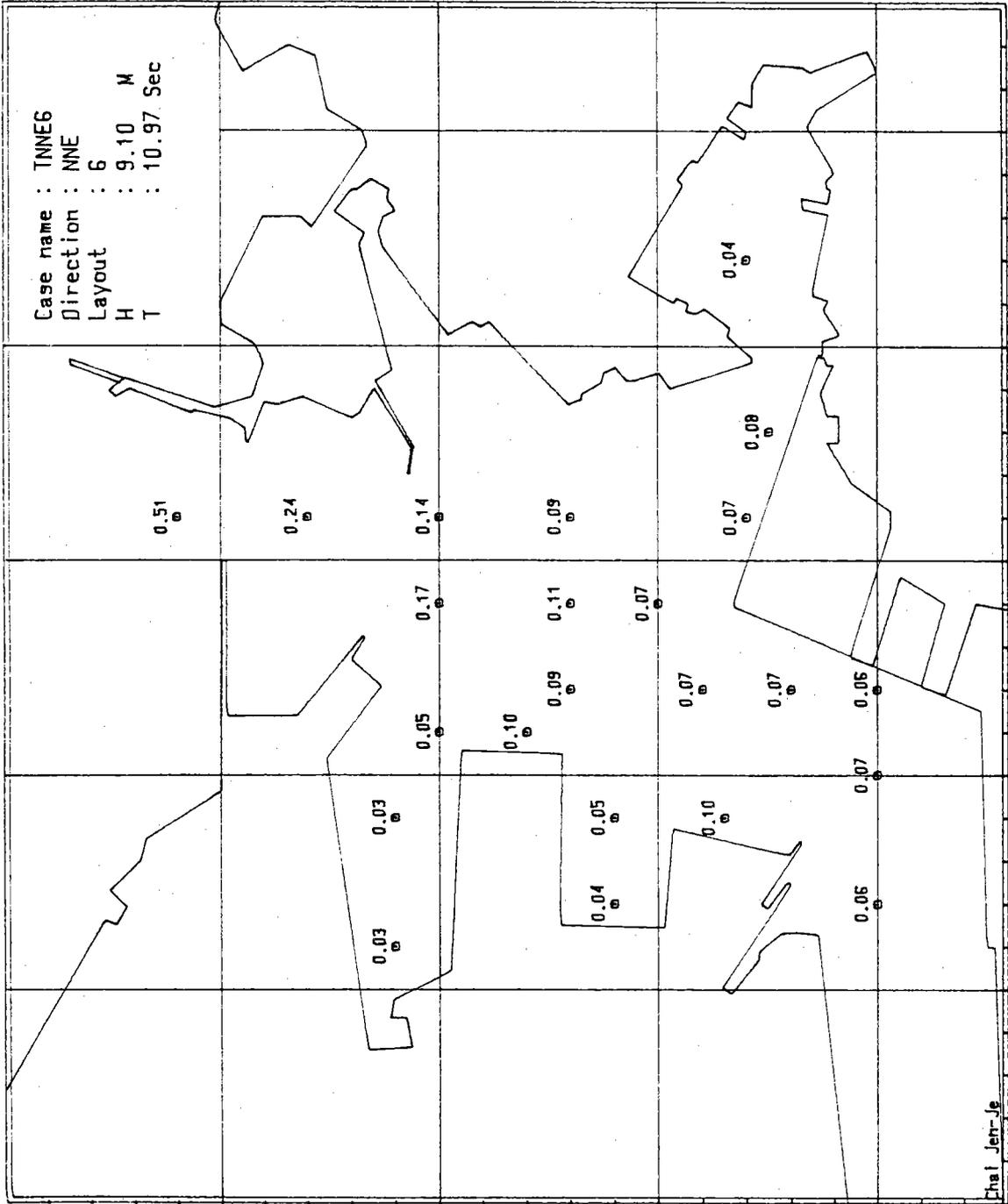


圖 A-36



☐ A-37

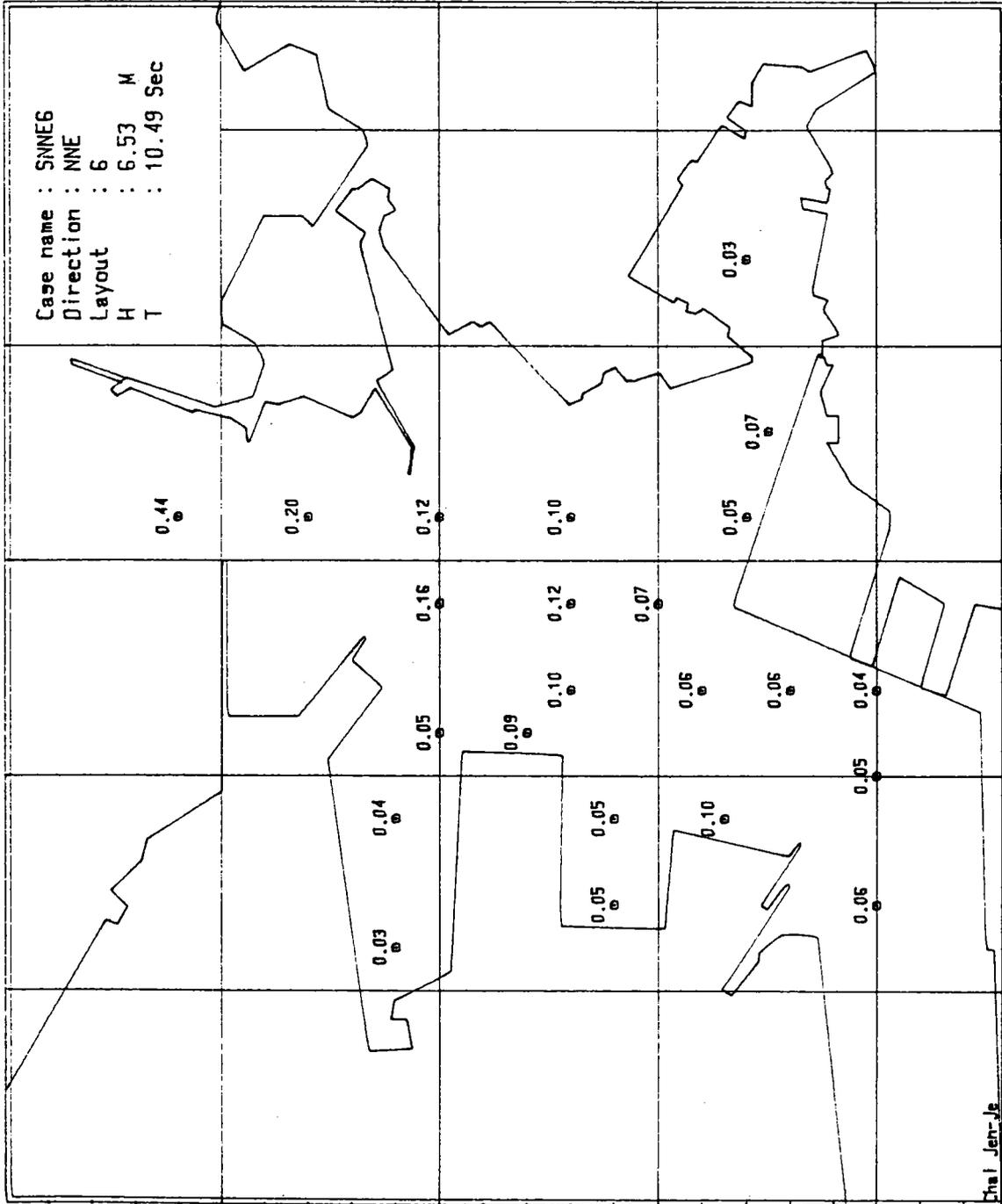


圖 A-38

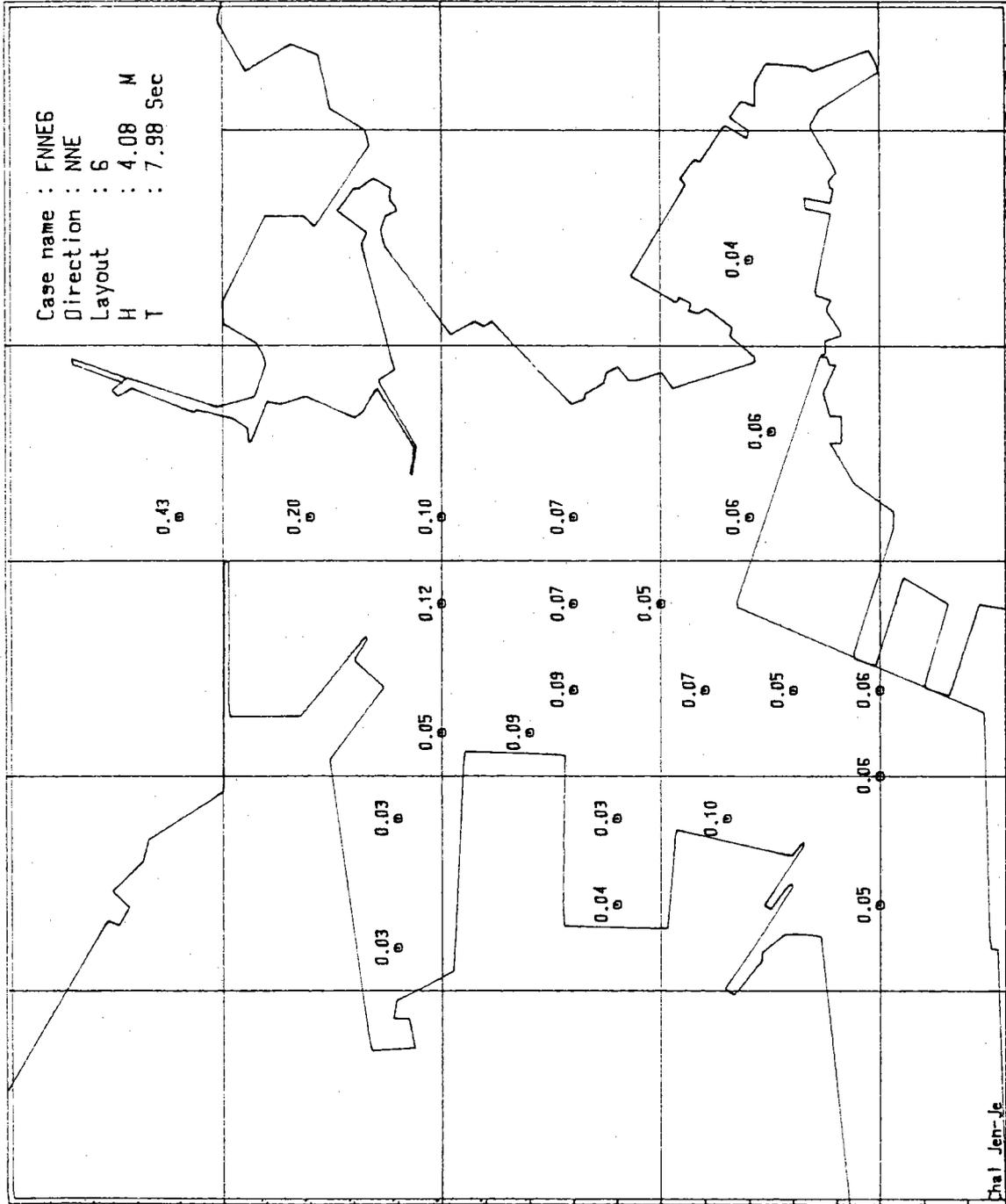


圖 A-39

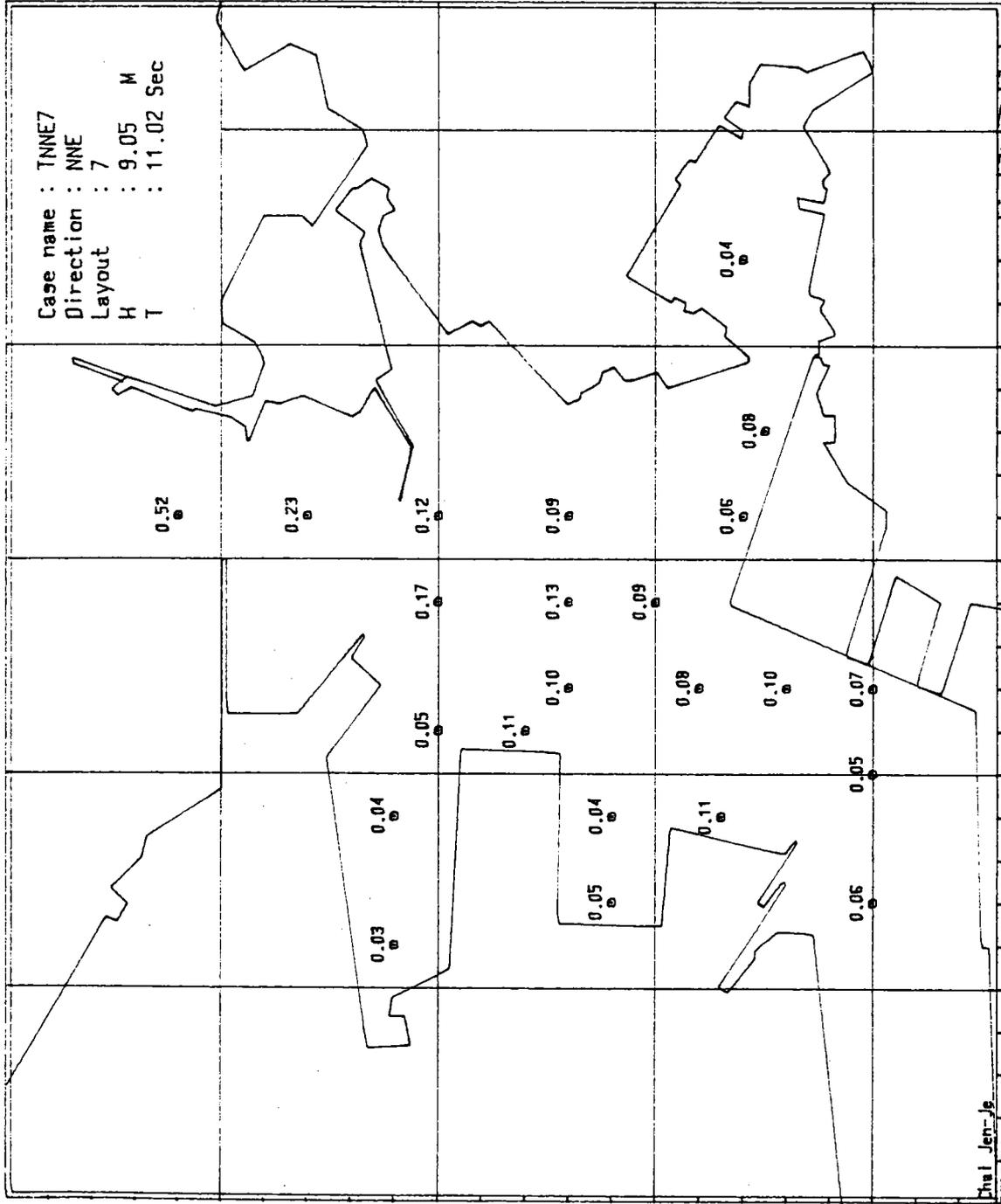


圖 A-40

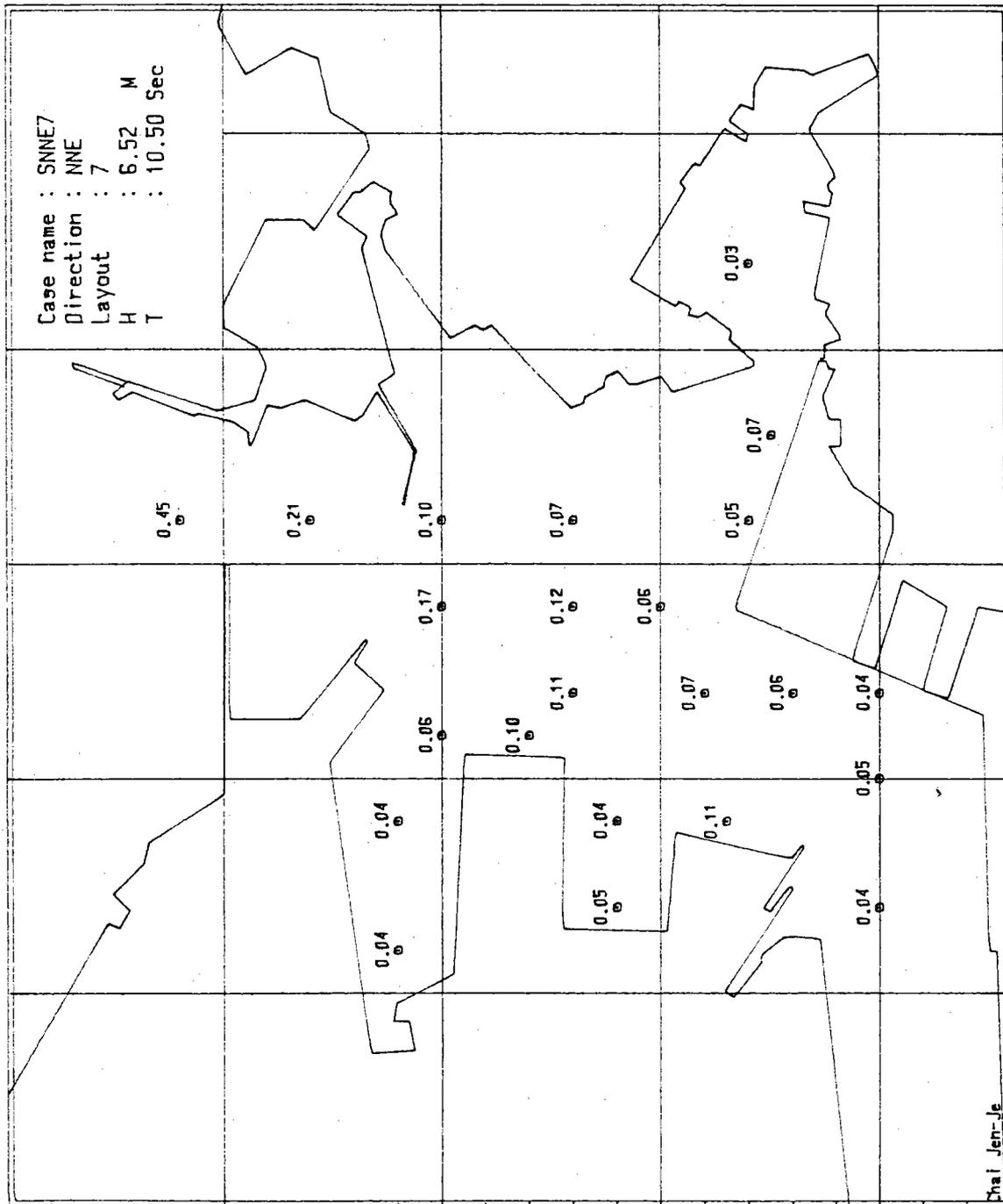


圖 A-41

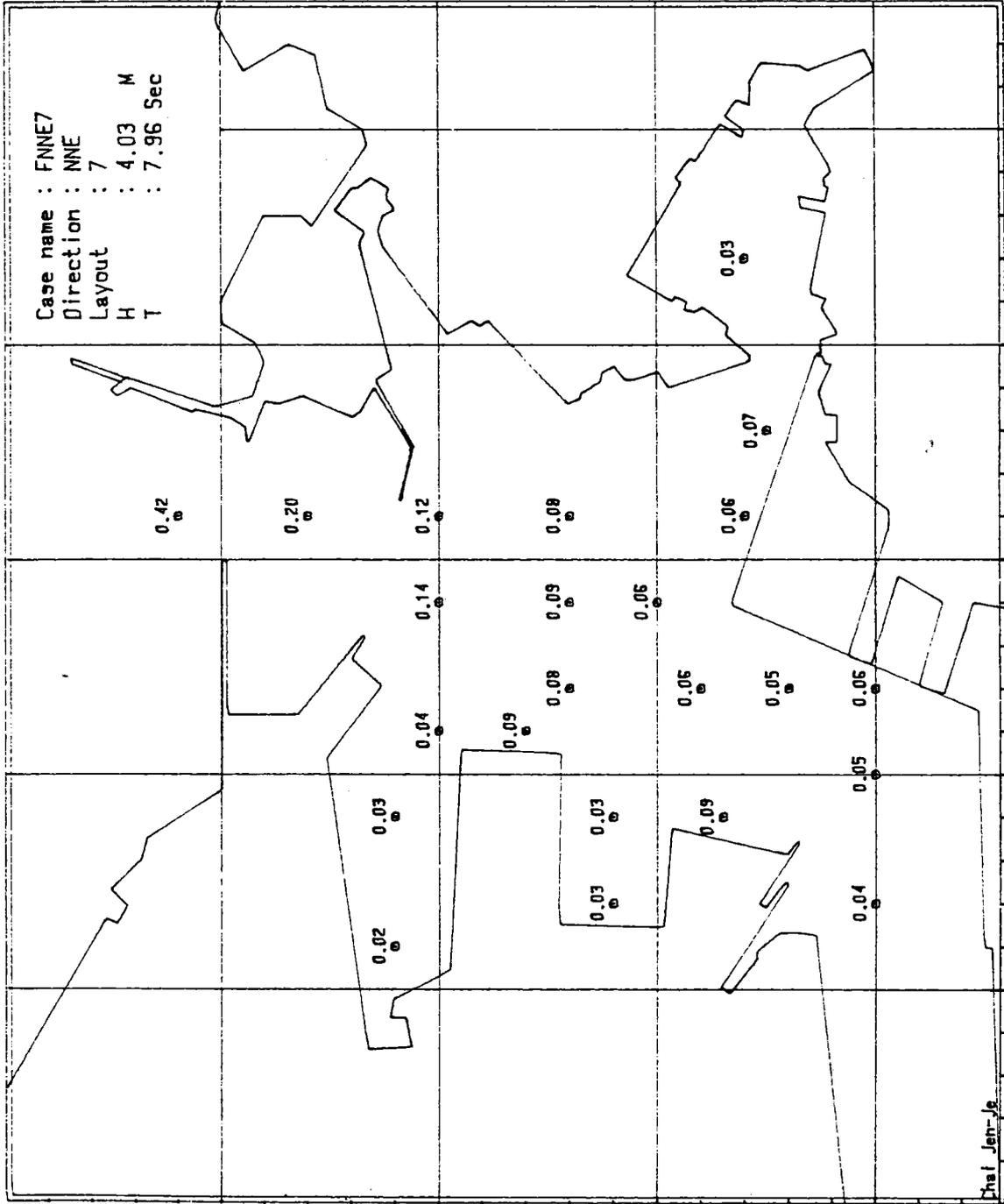


圖 A-42

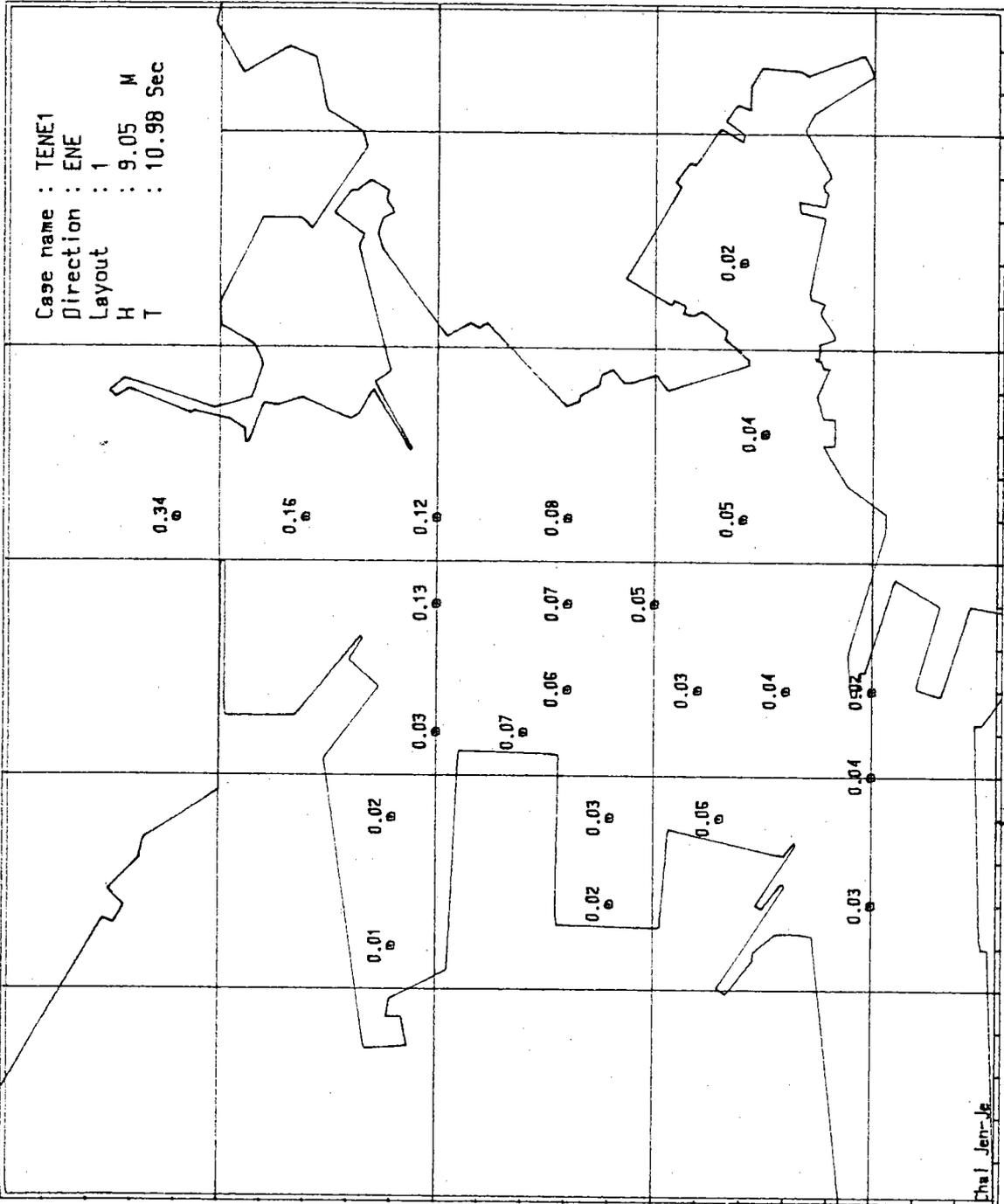


圖 A-43

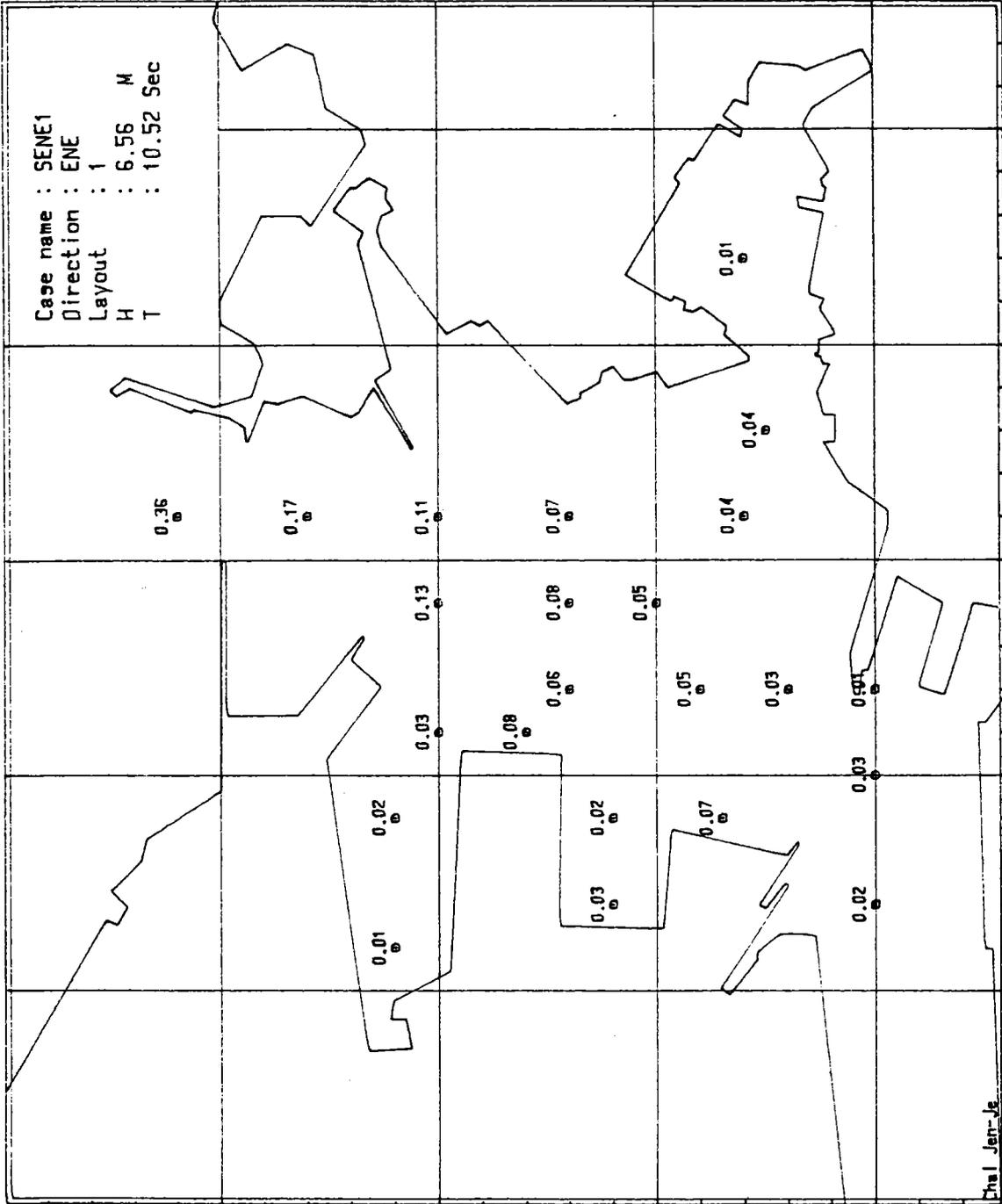


圖 A-44

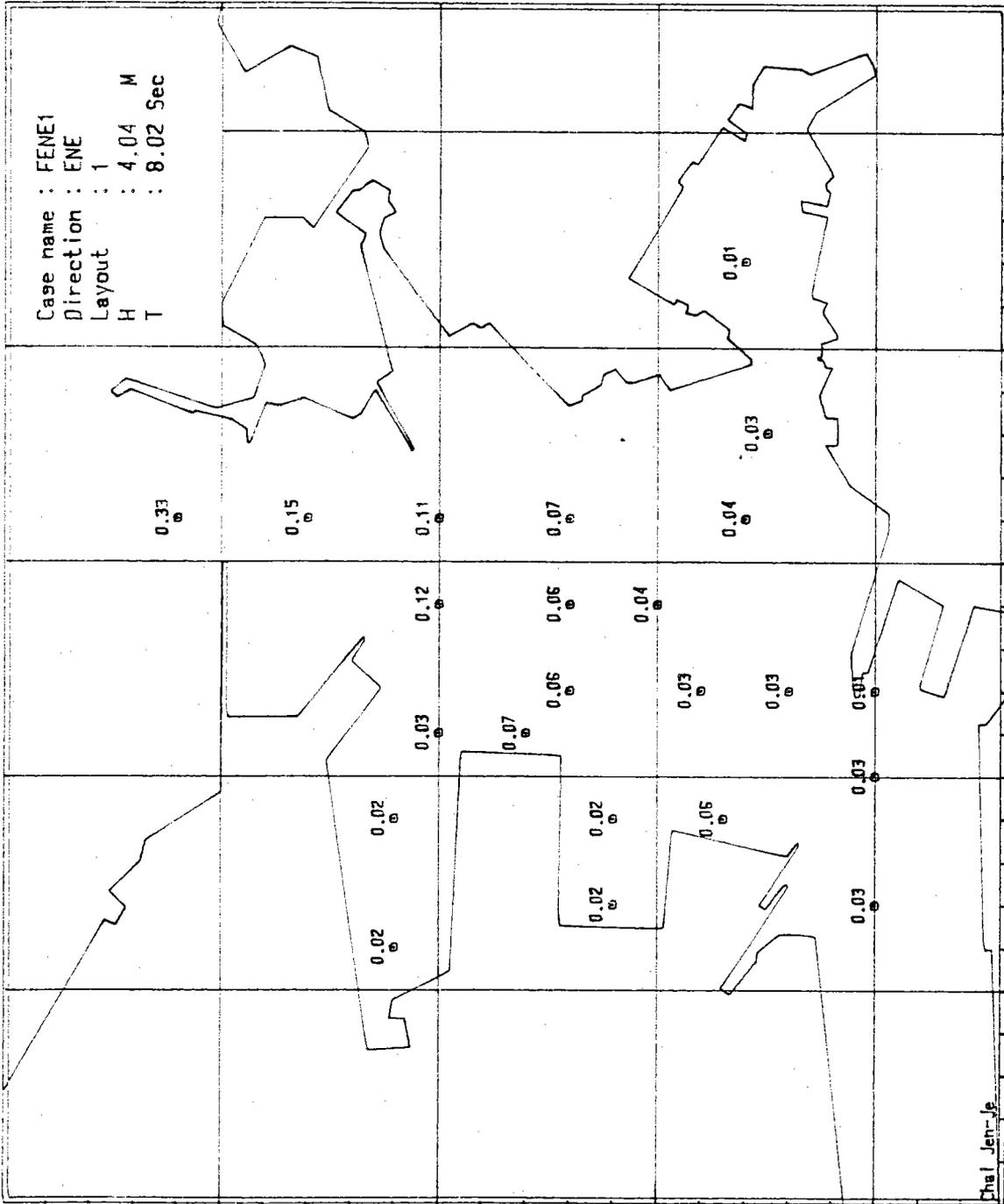


圖 A-45

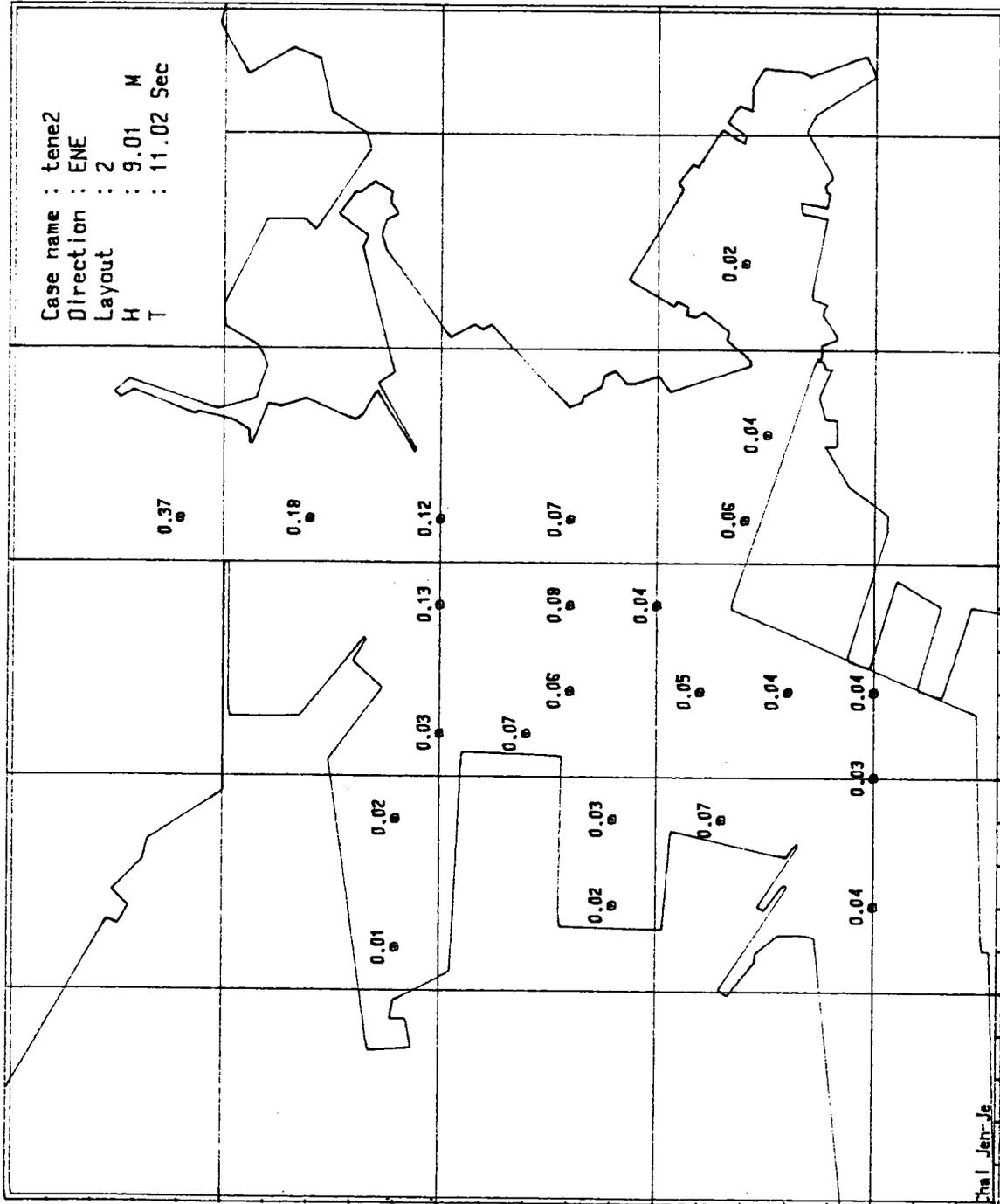


圖 A-46

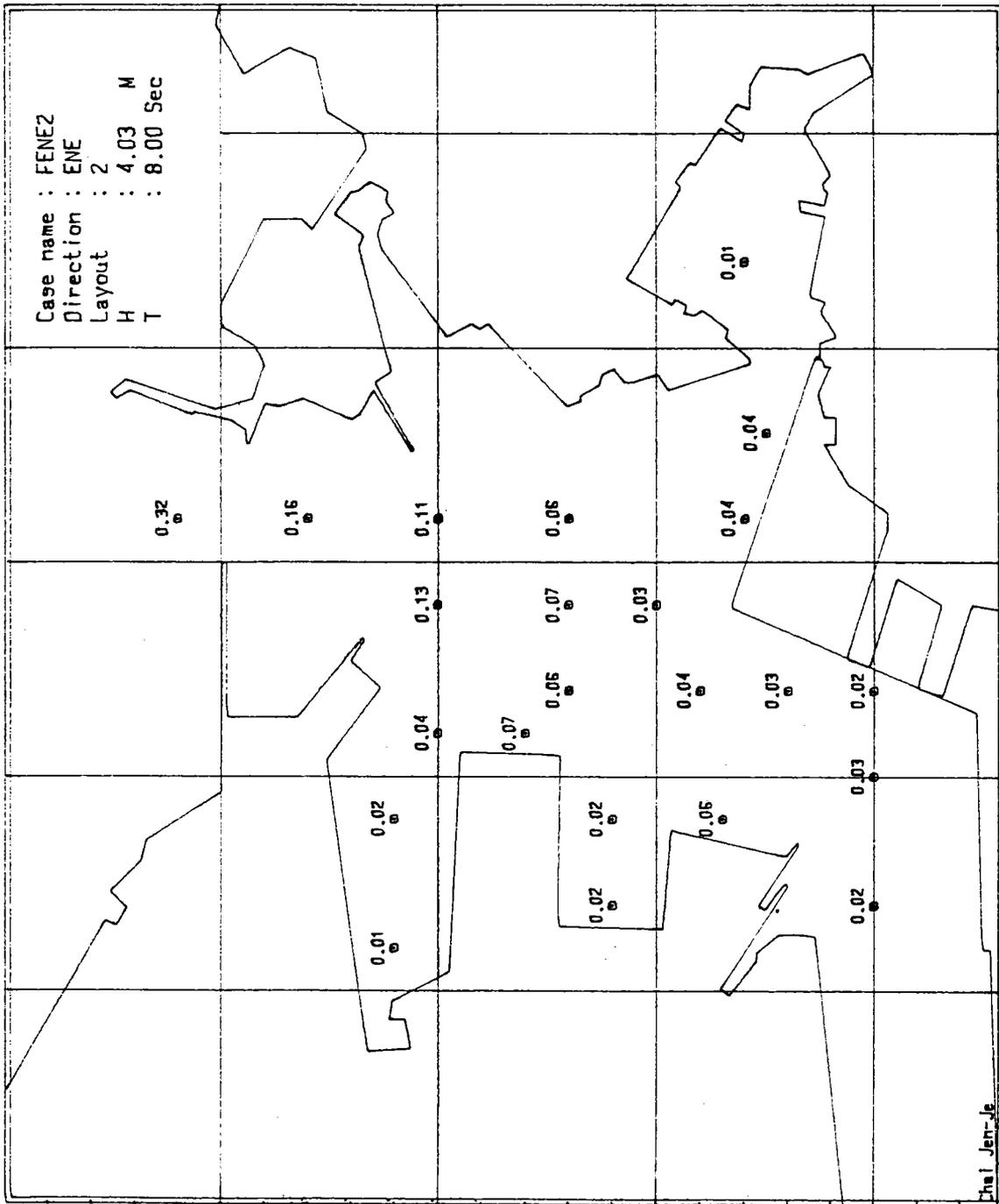


圖 A-48

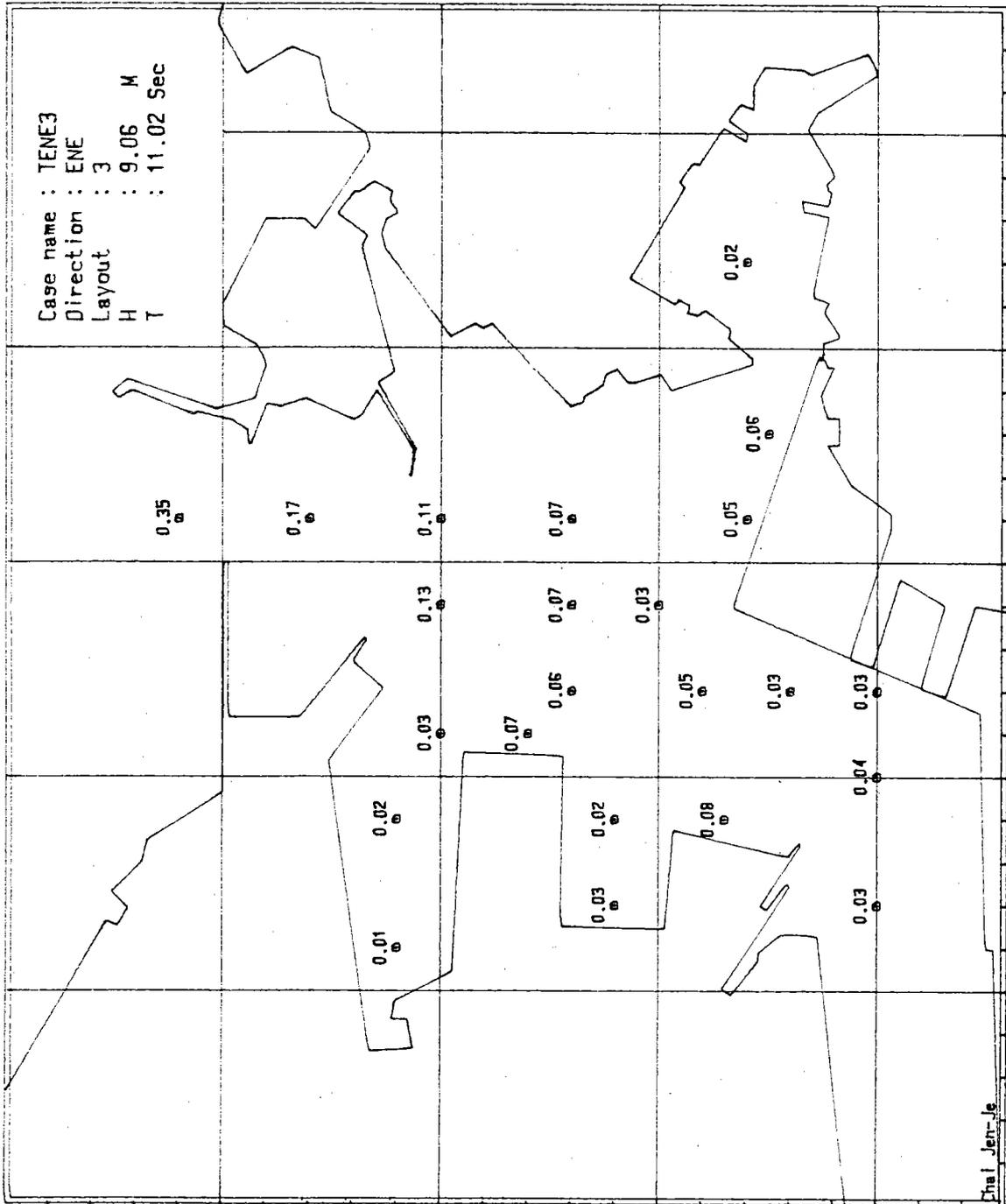


圖 A-49

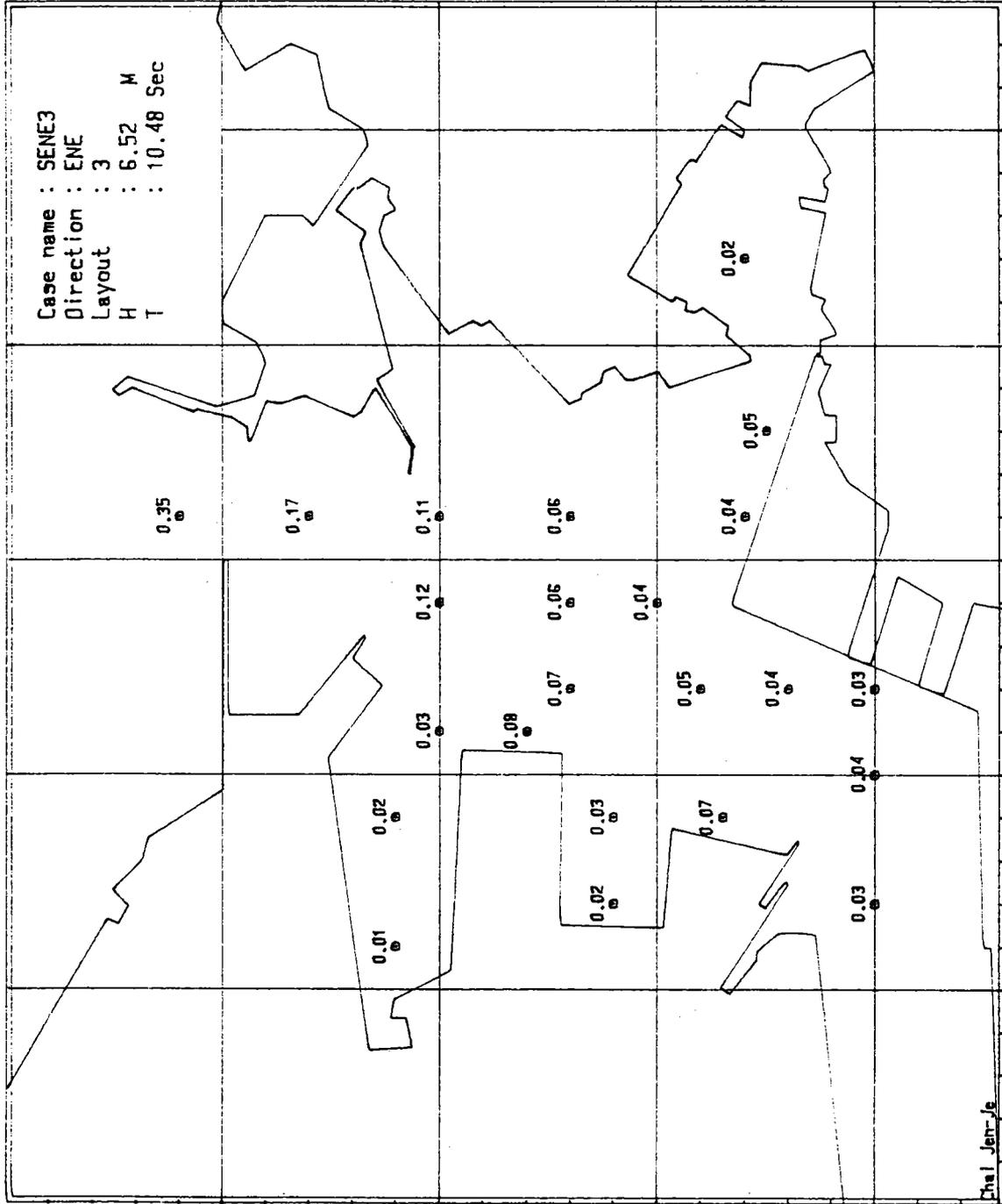


圖 A-50

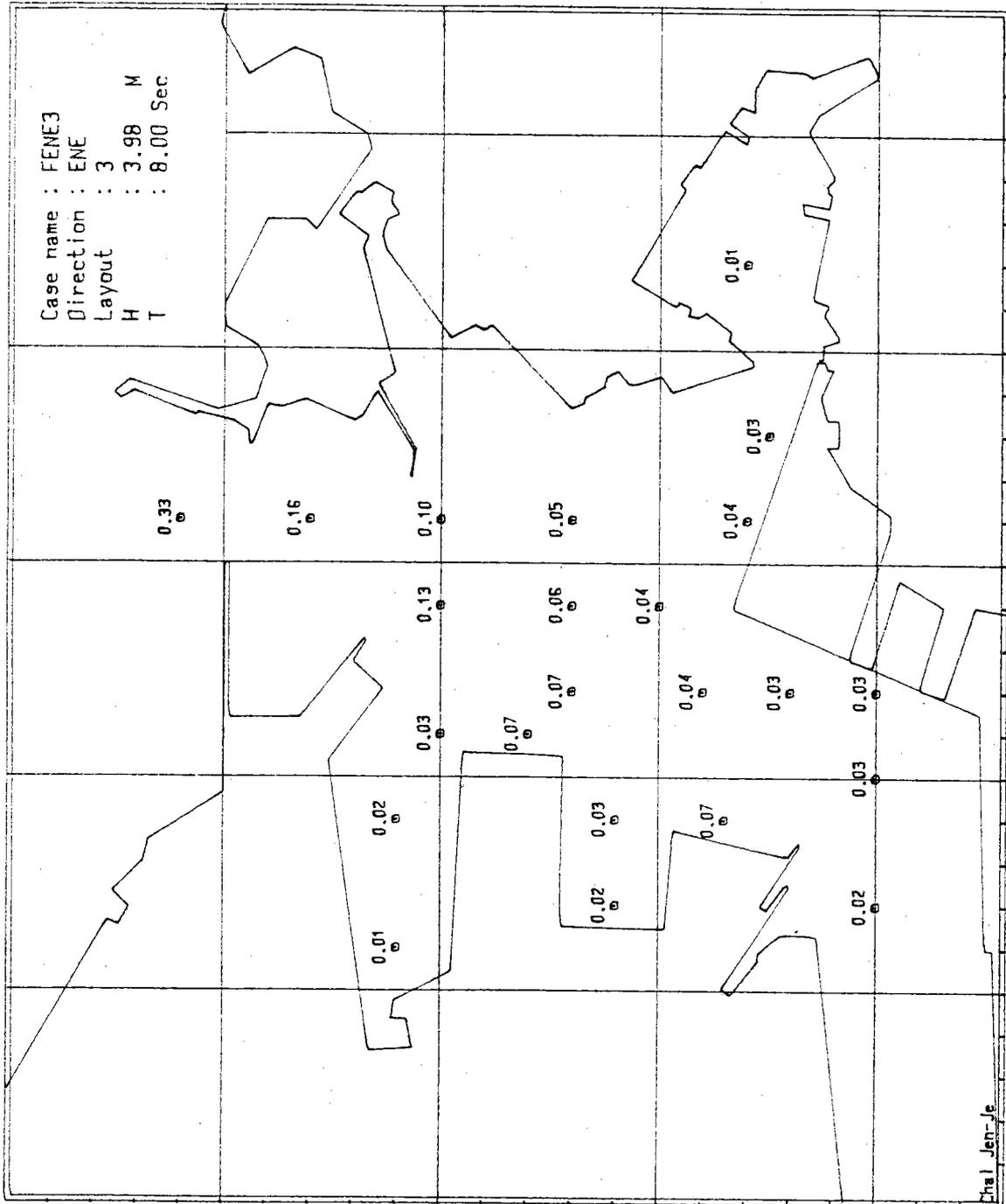


圖 A-51

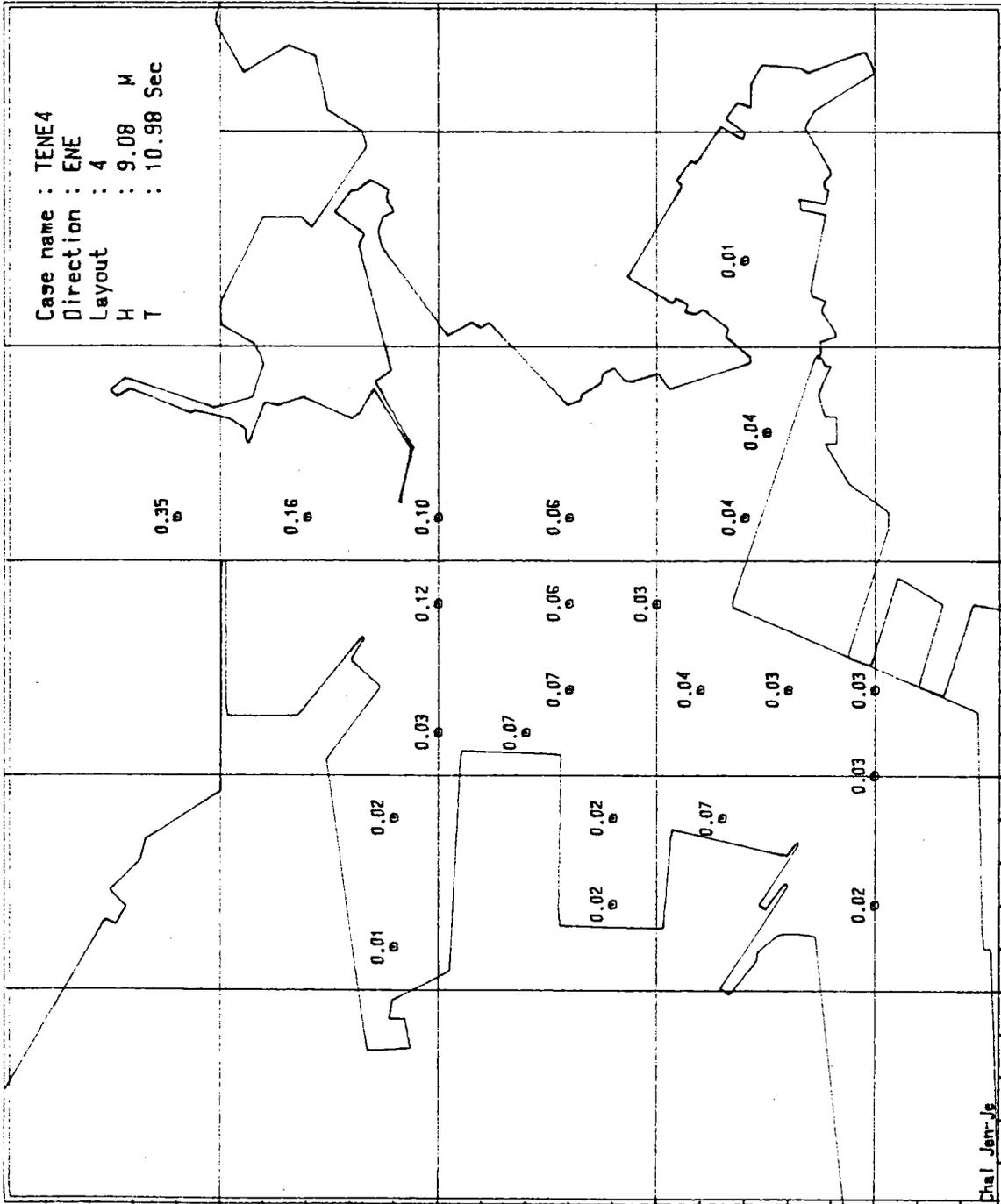


圖 A-52

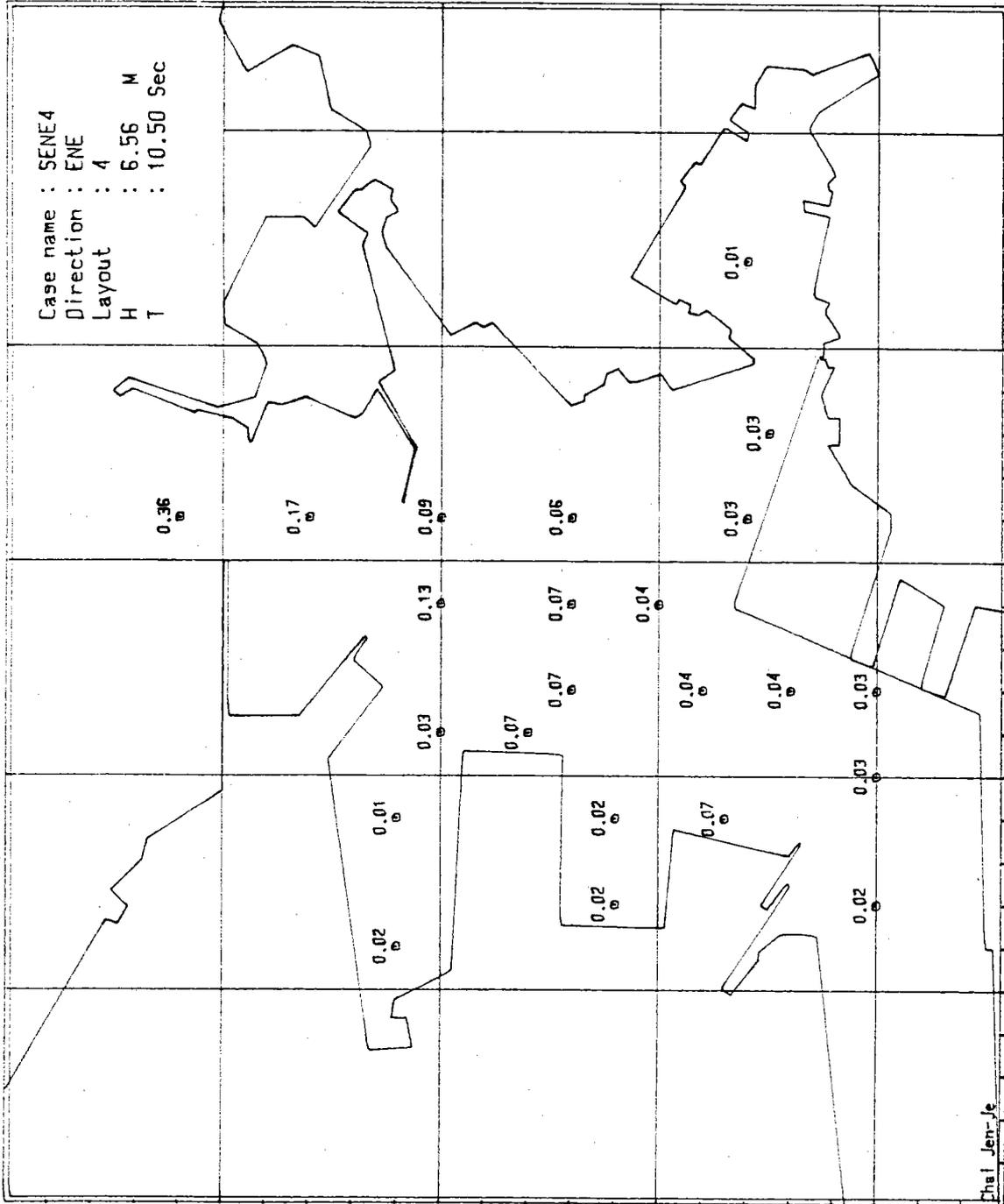


圖 A-53

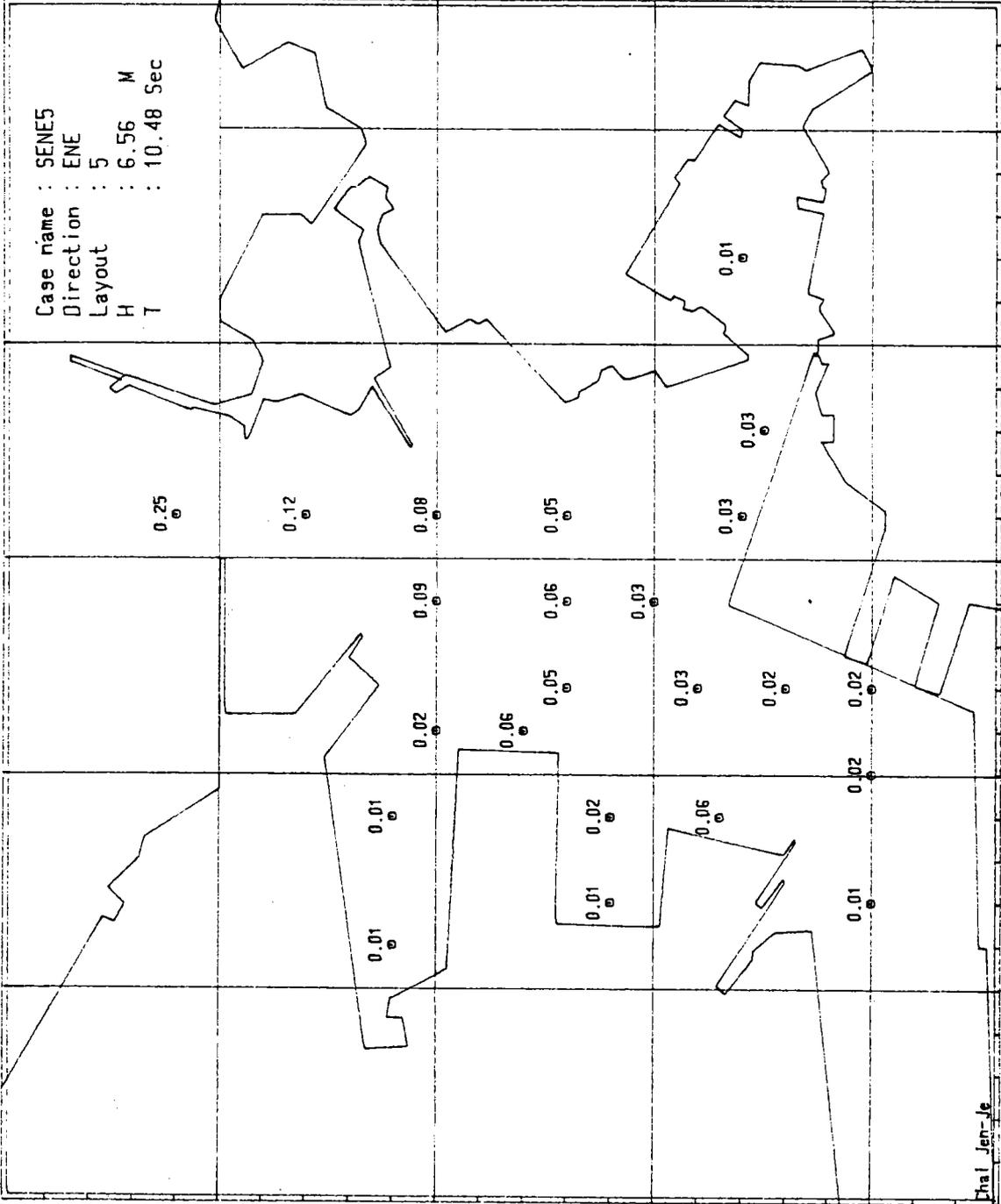


圖 A-56

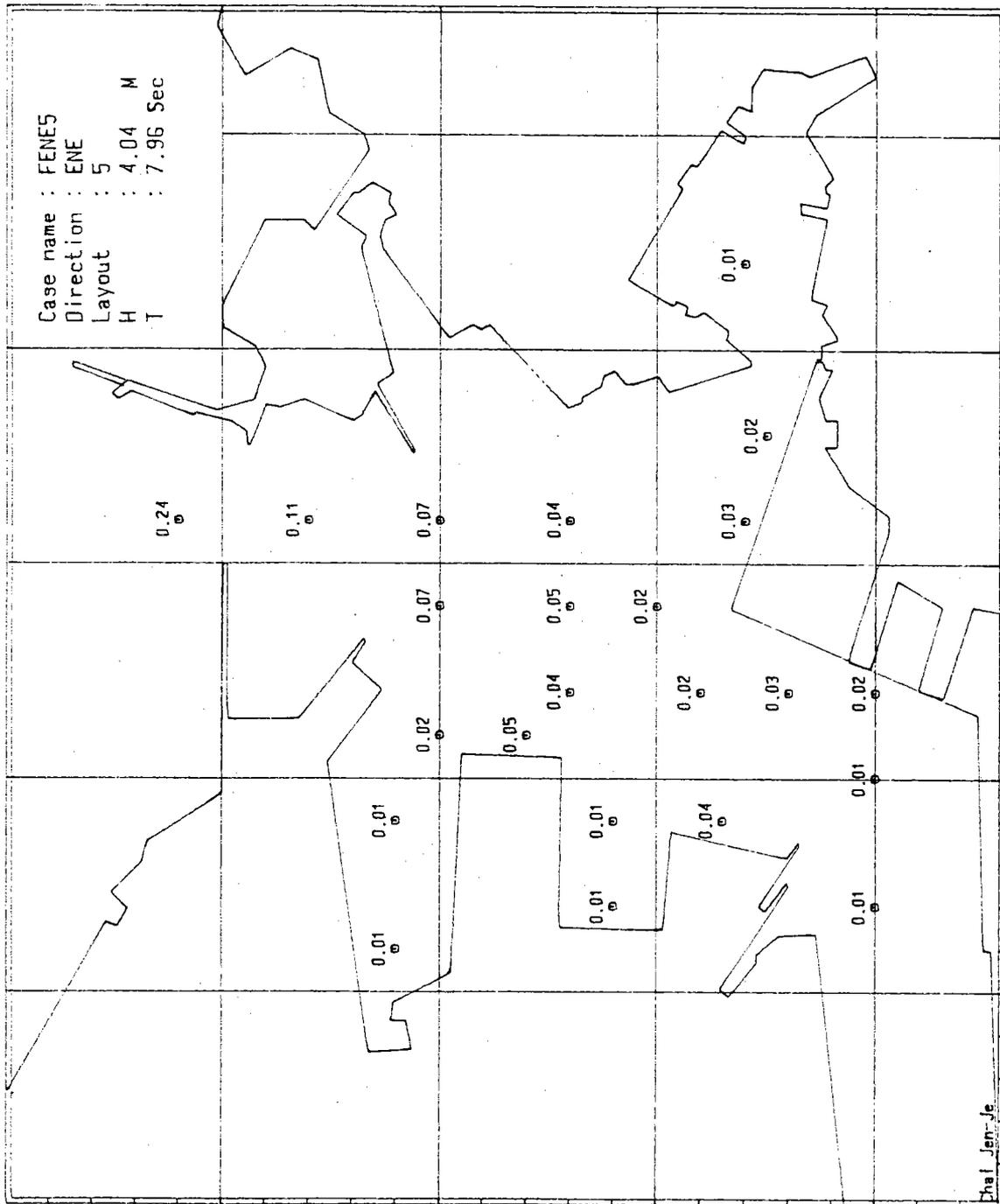


圖 A-57

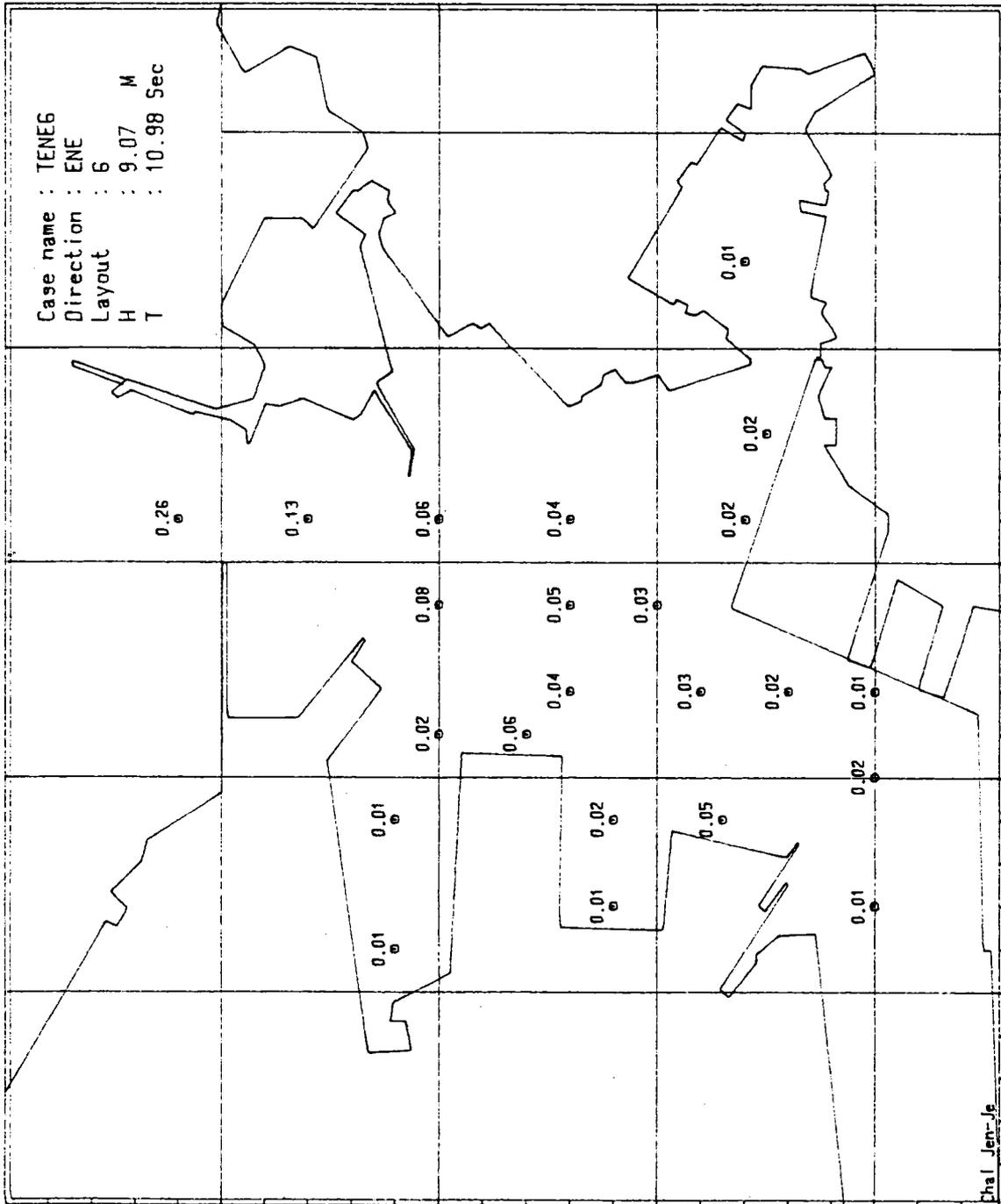


圖 A-58

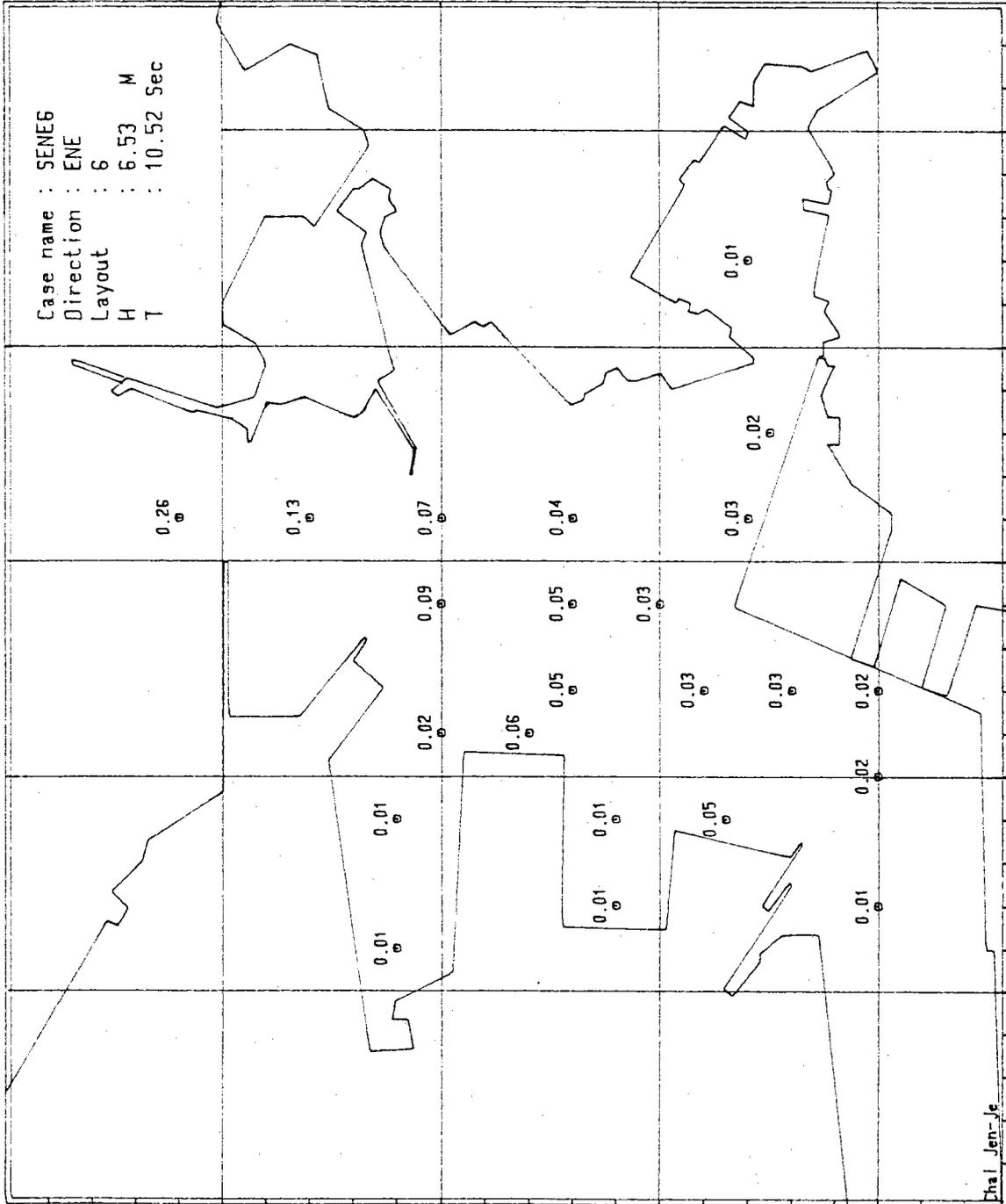


圖 A-59

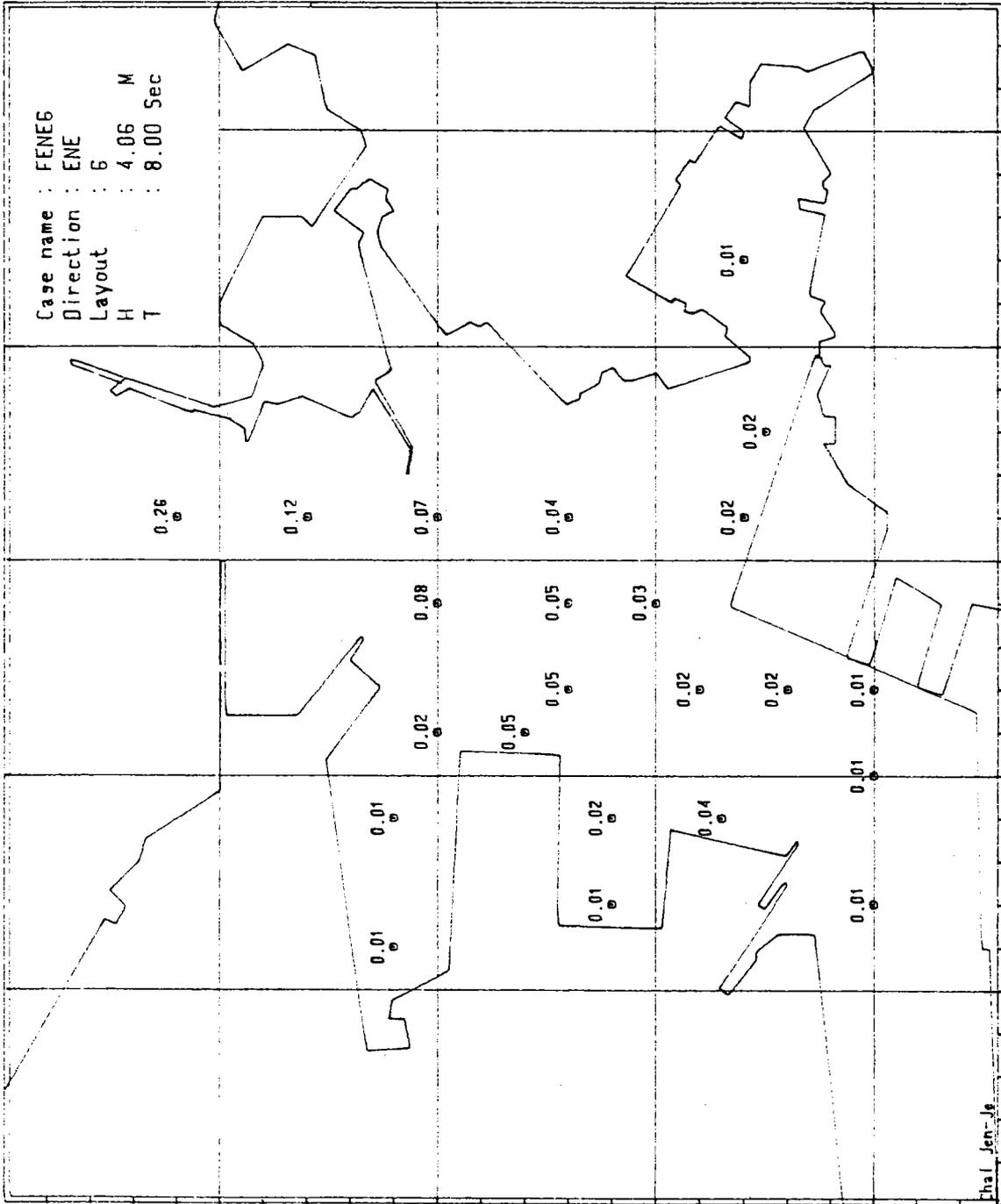


圖 A-60

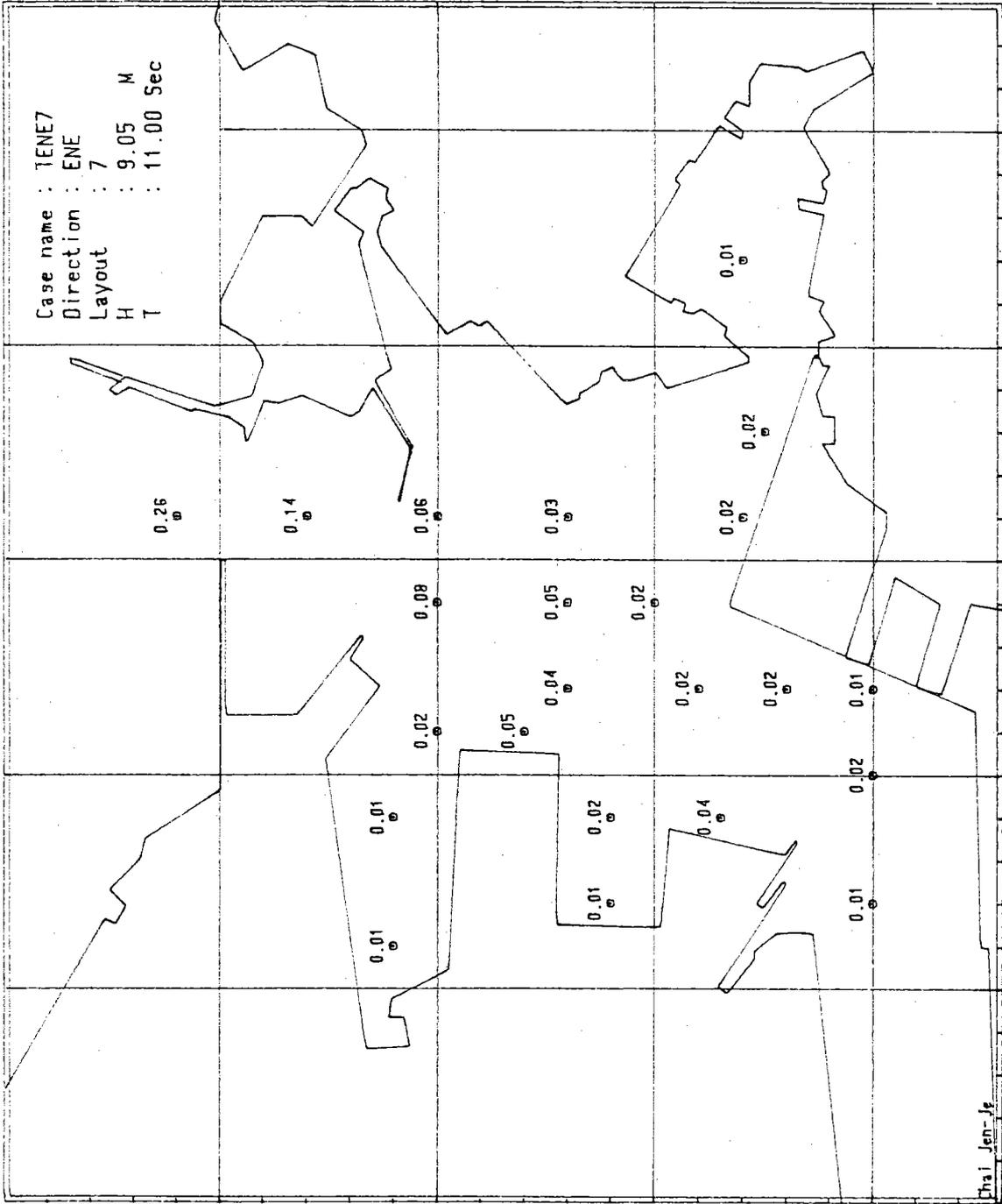


圖 A-61

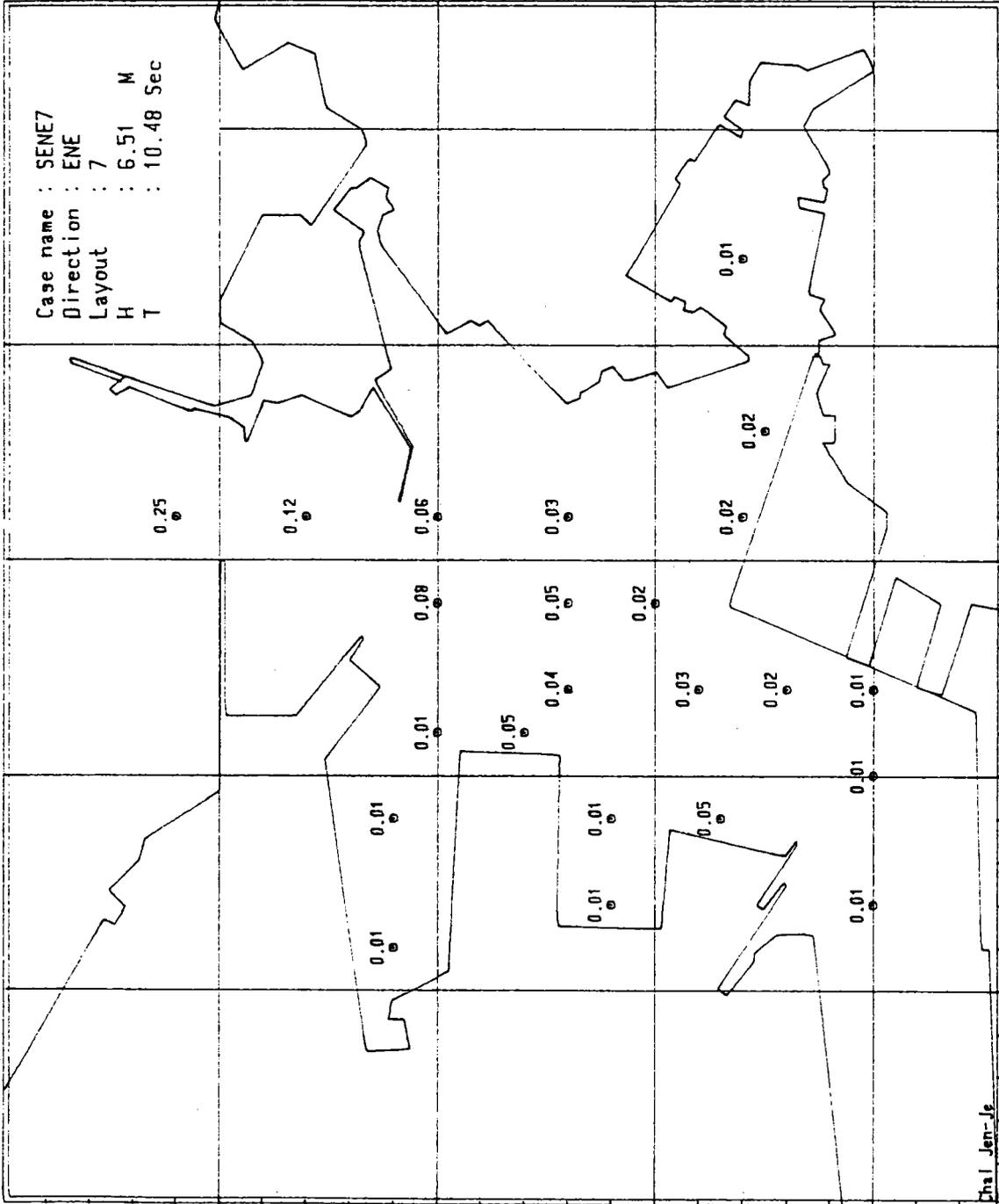


圖 A-62

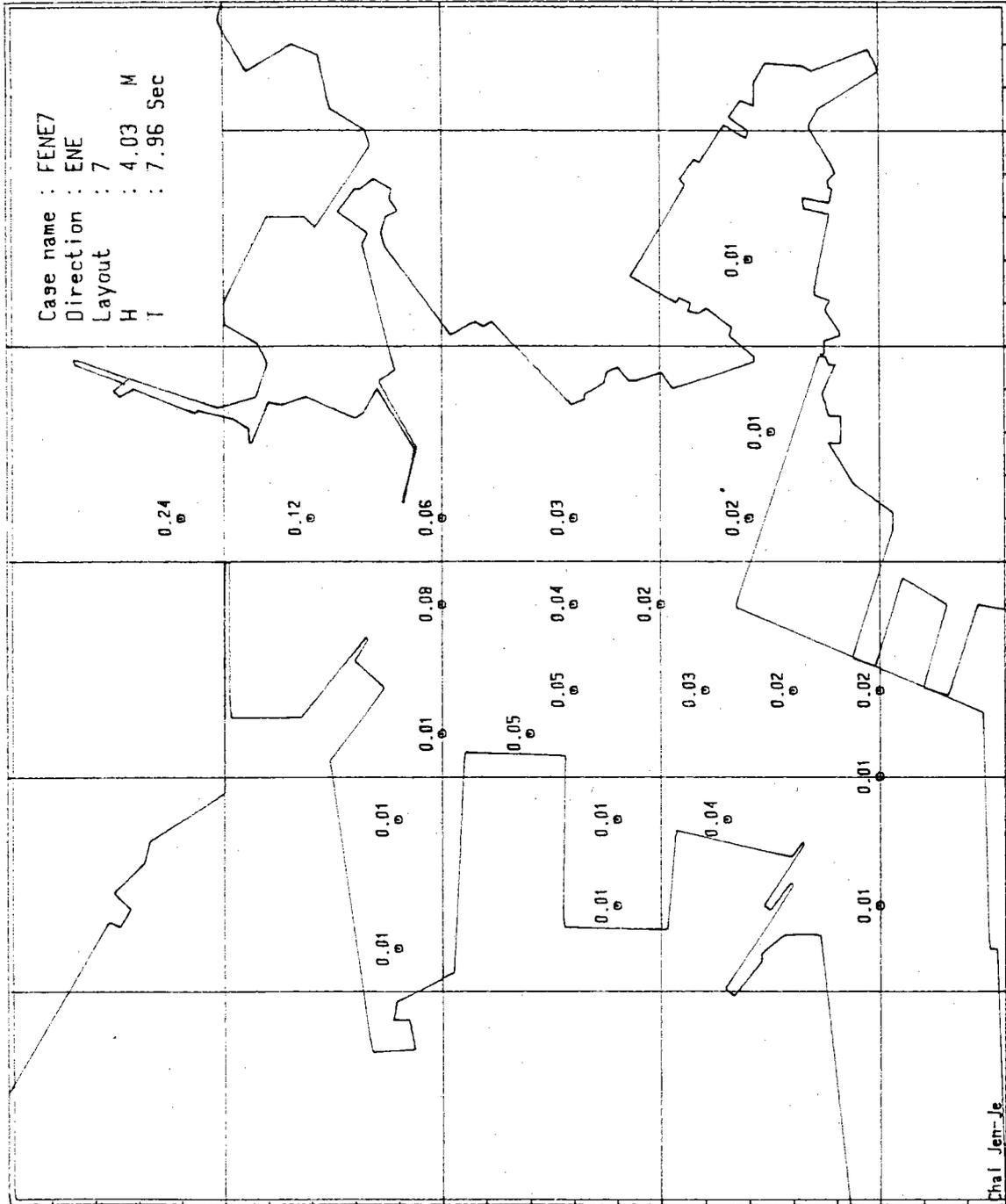


圖 A-63